

# LAMPIRAN

## **Daftar Lampiran 1**

1. Rangkuman wawancara narasumber
2. Hasil observasi pembelajaran fisika
3. Analisis kurikulum SMAN 1 Kandangserang
4. Pedoman pengembangan produk
5. Draf RPP Challenge-based learning berorientasi NGSS
6. Draf LKPD Challenge-based learning berorientasi NGSS
7. Draf bahan ajar Challenge-based learning berorientasi NGSS
8. Draf kisi-kisi instrumen penilaian kemampuan EAE dan OECI
9. Draf instrumen penilaian kemampuan EAE dan OECI
10. RPP Challenge-based learning berorientasi NGSS
11. LKPD Challenge-based learning berorientasi NGSS
12. Bahan ajar Challenge-based learning berorientasi NGSS
13. Kisi-kisi instrumen penilaian kemampuan EAE dan OECI
14. Instrumen penilaian kemampuan EAE dan OECI

### Hasil Wawancara Terhadap Guru Fisika Kelas X SMAN 1 Kandangserang

Pewawancara : Nino Munawanto

Tanggal : Januari 2017

Narasumber : Sunardi, S.Pd

Waktu : 09.20-10.00 WIB

#### a. Percakapan Wawancara

*Pertanyaan : Kurikulum apakah yang digunakan oleh sekolah saat ini? Apakah seluruh kelas di sekolah menggunakan kurikulum yang sama?*

*Jawaban : Saat ini, SMAN 1 Kandangserang masih menggunakan kurikulum 2006 yaitu KTSP. Kurikulum ini berlaku pada seluruh kelas baik kelas X, XI dan XII.*

*Pertanyaan : Saat implementasi kurikulum KTSP pada pembelajaran di kelas, apakah bapak/ibu guru mengalami kesulitan tertentu?*

*Jawaban : Penerapan kurikulum telah dilaksanakan selama sekolah berdiri sejak beberapa tahun lalu. Kami bertukar informasi dan berbagi tentang masalah-masalah melalui pertemuan-pertemuan para guru seperti KKG. Implementasi juga dibantu oleh kepala sekolah dan guru-guru lainnya melalui diskusi yang dilaksanakan sekolah.*

*Pertanyaan : Bagaimana pandangan menurut Bapak/Ibu mengenai kurikulum pendidikan (kurikulum 2013) yang terbaru saat ini?*

*Jawaban : Kurikulum 2013 memiliki perbedaan dengan kurikulum-kurikulum sebelumnya. Salah satu perbedaannya adalah pembelajaran dengan pendekatan saintifik (scientific approach). Pembelajaran ini menekankan agar siswa lebih aktif belajar dan tidak tergantung pada guru (teacher centered). Saya rasa model pembelajaran seperti ini merupakan inovasi dari pembelajaran yang biasanya dilaksanakan dengan ceramah.*

*Pertanyaan : Menurut Bapak/Ibu, bagaimanakah suatu pembelajaran fisika yang ideal?*

*Jawaban : Pembelajaran fisika yang ideal di kelas adalah pembelajaran yang mempunyai banyak manfaat bagi siswa. Tidak hanya untuk kepentingan mereka saja tetapi juga untuk lingkungan mereka. Menurut saya, pembelajaran dengan siswa aktif bertanya dan belajar juga sangat bagus.*

Manfaat?

*Pertanyaan : Saat melaksanakan kegiatan pembelajaran di kelas, apakah Bapak/Ibu menerapkan suatu model pembelajaran? Model pembelajaran apa sajakah yang pernah ibu terapkan?*

*Jawaban : Kebanyakan model pembelajaran yang digunakan adalah ceramah, diskusi dan praktikum. Saya jarang menggunakan model yang lain karena saya harus mempersiapkan banyak hal dan itu merepotkan. Namun, dahulu ada beberapa mahasiswa yang penelitian atau PPL. Pada saat itu, saya menerapkan metode pembelajaran Jigsaw.*

*Pertanyaan : Bagaimanakah langkah-langkah yang dilakukan oleh ibu saat menerapkan model pembelajaran tersebut?*

*Jawaban :* Model pembelajaran yang saya terapkan di kelas biasanya bergantung pada jenis materi yang saya ajarkan. Selain itu, langkah-langkah pelaksanaannya pun bergantung pada model pembelajarannya. Tentunya, langkah-langkah pembelajaran harus sesuai dengan modelnya. Misalnya saja model pembelajaran Jigsaw. Pertama-tama, saya membentuk dan membagi kelompok menjadi dua bagian, yaitu kelompok ahli dan ada kelompok asal. Kemudian saya membentuk kelompok belajar dengan kombinasi dari siswa yang pandai, sedang dan kurang. Setelah itu, saya memberikan materi pelajaran kepada kelompok-kelompok belajar tadi untuk didiskusikan. Masing-masing siswa yang berasal dari kelompok asal lalu saya gabungkan menjadi suatu kelompok ahli. Kelompok ini bertugas untuk menjelaskan materi-materi yang telah dipelajari mereka. Meskipun siswa yang mengajar materi, saya tetap meluruskan pemahaman seluruh siswa di kelas.

*Pertanyaan : Kesulitan atau kendala-kendala apa saja yang sering ibu temui saat pelajaran berlangsung dengan menggunakan suatu model pembelajaran?*

*Jawaban :* Saya memperoleh beberapa kesulitan yang mana kesulitan tersebut berasal dari siswa dan dari sarana sekolah. Kesulitan yang berasal dari siswa seperti masih ada beberapa siswa yang kurang percaya diri saat mengikuti pembelajaran. Siswa juga sering malu jika diminta untuk bergabung dengan teman-temannya yang lain. Hal ini mungkin karena siswa tidak terbiasa dengan diskusi yang dilaksanakan di kelas sehingga beberapa siswa merasa canggung dan kebingungan saat saya menerapkan suatu model pembelajaran. Kebanyakan siswa memiliki anggapan bahwa pembelajaran fisika itu sulit karena fisika menggunakan hitung-hitungan layaknya matematika. Waktu untuk menerapkan model itu saya rasa juga kurang karena model memang membutuhkan waktu yang agak lama di mana waktu pembelajarannya rata-rata hanya 2 x 45 menit.

Melihat dari segi sarana dan prasarana, SMA ini bukan termasuk SMA yang berada di tengah kota besar. Fasilitas yang dimiliki SMA kurang memadai yang mengakibatkan kesulitan saat saya ingin menerapkan model-model pembelajaran tertentu. Contoh kurangnya sarana seperti minimnya laptop dan infokus. Hal ini berimbas terhadap penyajian pembelajaran yang monoton seperti ceramah dan menulis di depan kelas. Hal lain seperti sumber belajar untuk referensi siswa juga kurang karena sekolah tidak memiliki banyak buku khusus fisika dan koneksi internet.

*Pertanyaan : Bagaimana rata - rata kemampuan siswa dalam menerima materi pelajaran dengan menggunakan model pembelajaran?*

*Jawaban :* Sekolah di sini adalah sekolah yang tergolong jauh dari kota. Siswa masih sangat baru untuk mengenal hal-hal di luar tempat tinggal mereka. Hal ini berbeda dengan siswa-siswa yang belajar di tengah kota. Mereka sangat terkini dengan berita-berita dan istilah-istilah baru. Hal seperti ini membuat



beberapa materi yang saya ajarkan dapat diterima dengan maksimal. Karena saya harus menyediakan contoh yang berhubungan dengan lingkungan di sekitar anak-anak tersebut.

*Pertanyaan : Pernahkah para siswa mengeluh tentang penerapan model-model pembelajaran yang ibu terapkan?*

*Jawaban : Mereka tidak pernah mengeluh langsung kepada saya. Mereka cenderung menurut dengan berbagai model pembelajaran yang diberikan oleh saya. Tetapi siswa tidak terlalu suka pembelajaran yang dilaksanakan pada siang hari. Siswa tidak terlalu suka pembelajaran yang pasif sehingga harus diajak melaksanakan kegiatan seperti latihan soal.*

*Pertanyaan : Apa rencana ibu untuk lebih memotivasi dan meningkatkan prestasi belajar siswa melalui model-model pembelajaran? Misalnya apakah ibu akan berinovasi dalam penerapan model-model itu?*

*Jawaban : Ya tentunya saya akan terus berusaha untuk mengembangkan model-model pembelajaran yang cocok untuk siswa-siswa saya. Saya selalu memantau sampai sejauh mana keefektifan model-model pembelajaran yang telah saya terapkan. Dan tentunya akan ada inovasi yang akan saya terapkan kemudian yang saya kondisikan dengan siswa.*

*Pertanyaan : Apakah model pembelajaran yang sering ibu gunakan untuk mengajarkan siswa materi gelombang elektromagnetik? Apakah terdapat alat-alat pembelajaran yang mendukung pembelajaran materi tersebut?*

*Jawaban : Kebanyakan model pembelajaran yang saya gunakan untuk mengajar materi GEM adalah model ceramah. Sepertinya cukup sulit untuk menggunakan model pembelajaran lain terhadap materi ini. Selain itu, saya juga tidak mempunyai pengalaman khusus di mana saya menggunakan suatu model pembelajaran tertentu terhadap materi gelombang elektromagnetik.*

*Pertanyaan : Apakah ada bahan ajar atau LKS pendukung khusus untuk materi gelombang elektromagnetik?*

*Jawaban : Kalau LKS yang digunakan khusus untuk materi pembelajaran gelombang elektromagnetik tidak ada. Sementara itu, bahan ajar yang digunakan untuk mendukung materi pembelajaran GEM adalah buku paket sekolah. Buku ini khusus untuk materi-materi fisika kelas XII.*

**b. Kesimpulan Wawancara**

Setelah pelaksanaan wawancara terhadap guru fisika, peneliti menyimpulkan kondisi dan kendala-kendala pembelajaran fisika yang dialami oleh guru. Sekolah menggunakan kurikulum yang dibuat pada tahun 2016 yaitu KTSP. Kurikulum ini masih belum menekankan pembelajaran yang berpusat kepada siswa sehingga kebanyakan pembelajaran masih bersifat ceramah. Guru merasa bahwa siswa perlu lebih aktif dan dilibatkan dalam suatu pembelajaran. Dalam pembelajaran tersebut, guru bertindak sebagai fasilitator sehingga arah pembelajaran dapat diatur. Guru berharap bahwa siswa tidak hanya belajar mengenai teori saja namun juga keterampilan-keterampilan lain. Keterampilan ini kelak dapat dimanfaatkan siswa dalam bermasyarakat. Keterampilan ini seperti keterampilan untuk berargumentasi di mana siswa dilibatkan dalam suatu kegiatan diskusi. Keadaan sekolah yang minim alat-alat pembelajaran juga mengakibatkan siswa hanya mengenal fisika melalui teori. Mereka kurang mengenal ilmu yang terkandung dalam fisika dapat ditemukan di kehidupan sehari-hari mereka. Selain itu, sekolah memiliki keadaan di mana sumber informasi fisika yang bisa diperoleh minim. Hal ini mengakibatkan siswa-siswa menjadi kurang terkini terhadap fenomena atau peristiwa fisika yang sedang terjadi di dunia. Guru fisika sering terhambat dalam pelaksanaan suatu model pembelajaran baru. Hal ini dikarenakan sumber acuan yang digunakan seperti perangkat pembelajaran belum tersedia.

**LEMBAR OBSERVASI  
KEGIATAN PEMBELAJARAN DAN PESERTA DIDIK**

Universitas Negeri Yogyakarta

Nama : Nino Munawanto Waktu : 07.15 - 08.45  
NIM : 15726251010 Lokasi : SMAN 1 Kandangserang  
Tanggal : Rabu, 11 Januari 2017 Kelas : XII IPA

No	Aspek yang diamati	Deskripsi Hasil Pengamatan
A	<b>Perangkat Pembelajaran</b>	
	1. Kurikulum	Sekolah menggunakan kurikulum 2013.
	2. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rencana Pelaksanaan Pembelajaran telah dirancang untuk dua semester dan mengacu pada kompetensi dasar.</li><li>• RPP telah mendapat persetujuan dari kepala sekolah dan menjadi arsip bagi sekolah.</li></ul>
B	<b>Proses Pembelajaran</b>	
	1. Membuka pelajaran	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pada awal pembelajaran, guru mengkondisikan kelas lalu membuka pembelajaran dengan kegiatan berdoa bersama.</li><li>• Setelah itu, guru melaksanakan apersepsi materi terhadap pembelajaran pada pertemuan sebelumnya.</li><li>• Review dilakukan untuk mengetahui mengecek tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang telah disampaikan.</li></ul>
	2. Penyajian materi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Guru menyampaikan materi fisika mengenai alat-alat optik. Materi yang disampaikan ini melanjutkan materi sebelumnya, guru menyampaikan materi mengenai titik fokus pada cermin cekung dan cermin cembung.</li><li>• Guru menjelaskan jalannya sinar-sinar istimewa pada cermin cekung dan cembung di papan tulis.</li><li>• Guru kemudian menjelaskan persamaan-persamaan yang berlaku pada peristiwa pemantulan kedua cermin tersebut.</li></ul>
	3. Metode pembelajaran	Metode yang digunakan oleh guru dalam menyampaikan materi adalah metode ceramah dan latihan soal.

**LEMBAR OBSERVASI  
KEGIATAN PEMBELAJARAN DAN PESERTA DIDIK**

Universitas Negeri Yogyakarta

No	Aspek yang diamati	Deskripsi Hasil Pengamatan
	4. Penggunaan bahasa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kebanyakan bahasa yang digunakan guru saat mengajar adalah bahasa Indonesia.</li><li>• Bahasa kedua yang digunakan guru untuk menegur dan berbincang kepada siswa adalah bahasa Jawa.</li></ul>
	5. Penggunaan waktu	<ul style="list-style-type: none"><li>• Guru memanfaatkan waktu pembelajaran secara maksimal yang mana pembelajaran berlangsung dari awal hingga akhir pembelajaran fisika.</li><li>• Kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan dalam pertemuan tersebut mencakup membuka pembelajaran, menyampaikan materi, latihan soal dan menutup pembelajaran.</li></ul>
	6. Gerak	<ul style="list-style-type: none"><li>• Guru sangat luwes dalam menyampaikan pembelajaran fisika di depan kelas. Guru tidak hanya terpaku di depan kelas saat pembelajaran namun guru juga sesekali bergerak ke bagian samping dan belakang kelas.</li><li>• Guru ikut mengawasi kegiatan siswa saat mencatat dan mengerjakan soal. Guru tidak hanya mengawasi perseorangan tetapi juga seluruh kelas.</li></ul>
	7. Cara memotivasi siswa	Guru memberi contoh penerapan materi yang sedang disampaikan dengan kehidupan sehari – hari dan juga guru memberi nilai kehidupan dan serta nilai agama terkait ilmu fisika yang sedang disampaikan. Selain itu, guru memberi motivasi siswa dengan pujian.
	8. Teknik bertanya	Teknik bertanya dalam kegiatan belajar mengajar yaitu dengan interaksi dua arah (guru dengan siswa), guru memberi pertanyaan kepada peserta didik untuk merangsang keingintahuannya terhadap masalah yang sedang dibahas kemudian mempersilakan peserta didik yang ingin menjawab dan mengizinkan bagi peserta didik yang ingin menanggapi jawaban temannya.
	9. Teknik penguasaan kelas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saat pembelajaran berlangsung, kelas cenderung memiliki suasana yang kondusif.</li></ul>

**LEMBAR OBSERVASI  
KEGIATAN PEMBELAJARAN DAN PESERTA DIDIK**

Universitas Negeri Yogyakarta

No	Aspek yang diamati	Deskripsi Hasil Pengamatan
		<p>Guru mengkondisikan kelas dengan cara memberikan pertanyaan kepada siswa agar siswa tetap fokus.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pertanyaan tidak hanya terfokus pada satu bagian kelas namun juga pada seluruh kelas.</li><li>• Selain itu, guru beberapa kali menegur kelompok siswa laki-laki yang berbincang saat pembelajaran.</li></ul>
	10. Penggunaan media	Guru memanfaatkan media yang tersedia di dalam kelas yaitu papan tulis, spidol, dan buku paket milik sekolah.
	11. Bentuk dan cara evaluasi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluasi yang digunakan guru untuk mengecek tingkat pemahaman materi pada siswa yaitu dengan memberikan pertanyaan langsung kepada siswa.</li><li>• Pertanyaan-pertanyaan lisan diberikan seputar materi-materi yang baru saja dipelajari.</li><li>• Pertanyaan yang diberikan juga berupa soal-soal yang diambil dari buku paket fisika milik sekolah.</li><li>• Pertanyaan berupa soal-soal digunakan agar siswa ikut berpikir mengenai suatu permasalahan.</li></ul>
	12. Menutup pelajaran	Kegiatan menutup pembelajaran yang dilakukan oleh guru yaitu meliputi menjelaskan secara singkat materi-materi yang telah dipelajari, memberi motivasi kepada siswa untuk belajar dan salam..
<b>C</b>	<b>Perilaku siswa</b>	
	1. Perilaku siswa di dalam kelas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suasana di dalam kelas cenderung kondusif untuk dilaksanakannya kegiatan belajar mengajar.</li><li>• Saat guru menyampaikan pertanyaan, siswa aktif untuk menjawab dan menanggapi materi yang telah disampaikan oleh guru.</li></ul>

**LEMBAR OBSERVASI  
KEGIATAN PEMBELAJARAN DAN PESERTA DIDIK**

Universitas Negeri Yogyakarta

No	Aspek yang diamati	Deskripsi Hasil Pengamatan
	2. Perilaku siswa di luar kelas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Di luar kegiatan pembelajaran, kebanyakan siswa sangat ramah dan mudah bergaul dengan teman sesamanya.</li><li>• Siswa kerap menyapa para guru mata pelajaran lainnya ketika berpapasan.</li><li>• Kebanyakan siswa berperilaku sopan dan berpenampilan rapi.</li><li>• Siswa juga aktif melaksanakan kegiatan kesiswaan seperti OSIS dan PRAMUKA.</li></ul>

Yogyakarta, Januari 2017

Guru Mata Pelajaran Fisika

Mahasiswa

Sunardi, S.Pd  
NIP. 198408092009021003

Nino Munawanto, S.Pd  
NIM. 15726251010

### Analisis Kurikulum SMAN 1 Kandangserang

Kelas : XII

Kurikulum : Kurikulum 2013

Mata Pelajaran : Fisika

Tahun Ajaran : 2016/2017

No	Analisis	Hasil
1	Kompetensi Inti	<p>KI 1: Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.</p> <p>KI 2: Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.</p> <p>KI 3: Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.</p> <p>KI 4: Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.</p>
2	Kompetensi Dasar	<p>1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan keseimbangan perubahan medan listrik dan medan magnet yang saling berkaitan sehingga memungkinkan manusia mengembangkan teknologi untuk mempermudah kehidupan</p> <p>2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan</p> <p>3.7 Mengevaluasi pemikiran dirinya tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi dan dampaknya pada kehidupan</p> <p>4.7 Menyajikan hasil analisis tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi,</p>

		dan dampaknya pada kehidupan
3	Indikator	<p>Spiritual:</p> <p>1.2.1 Menunjukkan rasa syukur terhadap kebesaran Tuhan YME atas adanya radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>1.2.2 Memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sebagai wujud rasa syukur terhadap ciptaan Tuhan</p> <p>Sikap:</p> <p>2.2.1 Menunjukkan sikap tanggung jawab dalam berdiskusi dan mengerjakan tugas-tugas baik secara individu maupun kelompok</p> <p>2.2.2 Menunjukkan sikap tekun dalam berdiskusi</p> <p>2.2.3 Menunjukkan sikap kreatif dalam berdiskusi</p> <p>2.2.4 Menunjukkan sikap kritis dalam hal bertanya, berpendapat, dan menjawab pertanyaan</p> <p>2.2.5 Menunjukkan sikap inovatif dalam setiap proses pembelajaran</p> <p>2.2.6 Menunjukkan sikap menghargai pendapat teman dalam diskusi</p> <p>2.2.7 Menunjukkan sikap kerja sama dalam diskusi</p> <p>Kognitif</p> <p>3.7.1 Menjelaskan gelombang elektromagnetik</p> <p>3.7.2 Menjelaskan sifat gelombang elektromagnetik</p> <p>3.7.3 Mengurutkan spektrum gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang dan frekuensi</p> <p>3.7.4 Mengurutkan spektrum sinar tampak dari frekuensi terendah ke tertinggi</p> <p>3.7.5 Menjelaskan manfaat radiasi elektromagnetik</p> <p>3.7.6 Menjelaskan bahaya radiasi elektromagnetik</p> <p>3.7.7 Menentukan penerapan spektrum gelombang elektromagnetik dalam teknologi</p> <p>3.7.8 Menguraikan spektrum gelombang elektromagnetik yang berbahaya dalam bidang pertanian</p> <p>3.7.9 Merangkum semua spektrum gelombang elektromagnetik yang dimanfaatkan dalam bidang keamanan</p> <p>3.7.10 Menjustifikasi radiasi spektrum gelombang elektromagnetik yang cocok digunakan dalam bidang komunikasi</p> <p>3.7.11 Menjustifikasi radiasi spektrum gelombang elektromagnetik yang cocok digunakan dalam bidang kesehatan</p> <p>3.7.12 Menjustifikasi cara proteksi radiasi gelombang elektromagnetik yang berbahaya bagi kehidupan</p>



		<p>Keterampilan</p> <p>4.7 Menunjukkan keterampilan dalam menyajikan hasil diskusi kelompok mengenai gelombang elektromagnetik</p> <p>4.7. Menunjukkan keterampilan dalam mengkomunikasikan tentang manfaat, dampak, dan cara menanggulangi radiasi gelombang elektromagnetik yang berbahaya bagi kehidupan dalam bentuk makalah</p>
4.	Materi Pokok	<p>Fakta :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokter menggunakan sinar gamma untuk membunuh sel kanker dan membersihkan alat-alat kedokteran</li> <li>• Pegawai rontgen menggunakan sinar-x untuk merontgen tubuh pasien</li> <li>• Pegawai bank menggunakan sinar ultraviolet untuk memeriksa tanda tangan nasabah pada buku tabungan</li> <li>• Penggunaan sinar laser dalam serat optik pada bidang komunikasi</li> <li>• Tentara menggunakan kamera inframerah untuk melihat di tempat yang gelap</li> <li>• Gelombang radar diaplikasikan untuk mendeteksi suatu objek, memandu pendaratan pesawat terbang, membantu pengamatan di kapal laut dan pesawat terbang pada malam hari atau cuaca kabut.</li> <li>• Koki menggunakan oven microwave untuk memasak</li> <li>• Orang berkomunikasi menggunakan telepon yang memanfaatkan gelombang radio</li> </ul> <p>Konsep :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang bisa merambat tanpa medium</li> <li>• Gelombang elektromagnetik termasuk dalam gelombang transversal</li> </ul> <p>Prinsip</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiasi elektromagnetik adalah kombinasi medan listrik dan medan magnet yang berosilasi dan merambat lewat ruang dan membawa energi dari satu tempat ke tempat yang lain</li> <li>• Gelombang elektromagnetik dapat bersifat seperti gelombang atau seperti partikel.</li> <li>• Sebagai gelombang, dicirikan oleh kecepatan, panjang gelombang, dan frekuensi.</li> <li>• Sebagai partikel, gelombang elektromagnetik</li> </ul>

		<p>diketahui sebagai foton, dan masing-masing mempunyai energi</p> <p>Prosedur</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Melakukan diskusi untuk membahas radiasi elektromagnetik</li></ul>
--	--	---

## **Pedoman Pengembangan Produk**

Berdasarkan hasil pada tahap *define*, pengembangan perangkat pembelajaran Challenge-based Learning berorientasi NGSS mengacu pada pedoman berikut:

### **A. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran**

Pengembangan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) Challenge-based Learning berorientasi NGSS dilaksanakan oleh peneliti dengan memperhatikan pedoman yang mengacu dari berbagai sumber. Komponen dan prinsip penyusunan RPP Challenge-based learning berorientasi NGSS mengacu pada Permendikbud nomor 22 tahun 2016 yang berisi tentang standar proses pendidikan dasar dan menengah. Sementara itu, pengintegrasian NGSS ke dalam RPP berdasarkan pada buku panduan implementasi NGSS yang disusun oleh Lead States (2013: 100-102) dan National Research Council (2015: 23-37). Pengintegrasian Challenge-based Learning memperhatikan pedoman pengembangan yang disusun oleh Johnson (2009: 30-33). Penyusunan RPP memperhatikan aspek kebahasaan yang mengacu pada Subali (2016: 15-17). Dengan demikian, pengembangan RPP berpedoman pada komponen berikut:

1. Komponen RPP
2. Prinsip Penyusunan RPP
3. Pengintegrasian NGSS
4. Pengintegrasian Challenge-based Learning
5. Bahasa

## B. Lembar Kerja Peserta Didik

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Challenge-based Learning berorientasi NGSS memperhatikan pedoman yang mengacu dari beberapa sumber. Pengembangan LKPD memperhatikan komponen lembar kerja yang mengacu pada pedoman oleh Prastowo (2011: 208). Pengembangan LKPD juga memperhatikan beberapa syarat pengembangan yang disampaikan oleh Darmojo dan Kaligis (1991: 41-46). Pengembangan tersebut perlu memperhatikan pengintegrasian NGSS yang berdasarkan pada pedoman oleh Lead States (2013: 100-102) dan National Research Council (2015: 23-37). Sedangkan pengintegrasian Challenge-based Learning ke dalam LKPD menyesuaikan dengan pedoman implementasi oleh Johnson (2009: 30-33). Dengan demikian, pengembangan LKPD berpedoman pada komponen berikut:

1. Komponen LKPD
2. Syarat Pengembangan Didaktik
3. Syarat Pengembangan Konstruksi
4. Syarat Pengembangan Teknis
  - a) Tulisan
  - b) Gambar
  - c) Penampilan
5. Pengintegrasian NGSS
6. Pengintegrasian Challenge-based Learning

### C. Bahan Ajar

Pengembangan bahan ajar Challenge-based Learning berorientasi NGSS mengikuti pedoman pengembangan dari berbagai sumber. Pengembangan bahan ajar tersebut memperhatikan struktur dan prinsip penyusunan bahan ajar yang dinyatakan dalam pedoman oleh Depdiknas (2008: 18). Sementara itu, pengintegrasian NGSS ke dalam bahan ajar mengacu pada pedoman oleh Lead States (2013: 100-102) dan National Research Council (2015: 23-37). Sedangkan, pengintegrasian Challenge-based Learning ke dalam bahan ajar mengacu pada pedoman oleh Johnson (2009: 30-33). Dengan demikian, pengembangan bahan ajar berpedoman pada komponen berikut:

- a) Struktur Bahan Ajar
- b) Prinsip Penyusunan Bahan Ajar
- c) Pengintegrasian NGSS
- d) Pengintegrasian Challenge-based Learning

### D. Instrumen Penilaian

Pengembangan instrumen penilaian keterampilan *Engaging in Argument from Evidence* (EAE) dan *Obtaining, Evaluating and Communicating Information* (OECI) mengikuti pedoman dari berbagai sumber. Kisi-kisi penilaian yang berbentuk uraian (non objektif) mengikuti pedoman oleh Azwar (1996: 56-59). Aspek keterampilan EAE dan OECI mengacu pada pedoman oleh National Research Council (2012: 72-76). Penyusunan soal mengikuti jenjang taksonomi Bloom yang mengacu pada pedoman oleh Azwar (1996: 59-60). Selain itu, pengembangan memperhatikan aspek materi, konstruksi dan bahasa yang mengacu pada pedoman oleh Subali (2016: 20-22). Dengan demikian, pengembangan instrumen penilaian berpedoman pada komponen berikut:

- a) Indikator soal (Azwar (1996: 56-59)
- b) Soal uraian dan rubrik penilaian (Azwar (1996: 106-109)
- c) Aspek keterampilan *Engaging in Argument from Evidence*
- d) Aspek keterampilan *Obtaining, Evaluating and Communicating Information*
- e) Jenjang taksonomi (Azwar (1996: 59-60))
- f) Aspek materi/subtansi (Subali, 2016: 20-22)
- g) Aspek konstruksi
- h) Aspek bahasa

**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN  
GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK  
MODEL PEMBELAJARAN CHALLENGE-BASED LEARNING (CBL)**

Nama Sekolah : SMA \_\_\_\_\_  
Mata Pelajaran : Fisika  
Kelas/Semester : XII/2  
Materi Pokok : Radiasi Elektromagnetik  
Alokasi Waktu : 4 JP (2 x 2 JP)

**A. Kompetensi Inti**

1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

**B. Kompetensi Dasar**

- 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan keseimbangan perubahan medan listrik dan medan magnet yang saling berkaitan sehingga memungkinkan manusia mengembangkan teknologi untuk mempermudah kehidupan.
- 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi.
- 3.9 Mengevaluasi pemikiran dirinya tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi, dan dampaknya pada kehidupan (HS-PS4-4) (HS-PS4-3).
- 4.9 Menyajikan hasil analisis tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi dan dampaknya pada kehidupan (HS-PS4-5).

**C. Indikator Pencapaian Kompetensi**

No.	Indikator	PEs
1	2.1.1 Menyajikan hasil pengamatan dan diskusi secara objektif dan apa adanya tentang pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-5
2	2.1.2 Mencari informasi ilmiah secara cermat dan teliti mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.	HS-PS4-3

3	3.9.1 Mengevaluasi informasi tentang sifat-sifat gelombang elektromagnetik dari suatu sumber, baik sebagai model gelombang maupun model partikel dalam suatu spektrum	HS-PS4-4
4	3.9.2 Mengkritik pernyataan dari suatu gagasan dalam diskusi mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-3
5	3.9.3 Memberikan evaluasi terhadap informasi dari suatu sumber mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	HS-PS4-4
6	4.9.1 Mempresentasikan hasil analisis di depan kelas tentang pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan	HS-PS4-5
7	4.9.2 Menyajikan hasil analisis tentang pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan dengan cara mempublikasikannya ke khalayak umum	HS-PS4-5

## D. Kegiatan Pembelajaran

### 1. Tujuan Pembelajaran

Setelah melaksanakan *project*, presentasi dan tanya jawab diharapkan siswa memiliki sikap ilmiah dan mampu:

- 1) Melalui studi pustaka siswa dengan cermat mengevaluasi informasi dari bacaan mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik
- 2) Melalui studi pustaka siswa dengan cermat menjelaskan sifat dan proses terbentuknya gelombang elektromagnetik
- 3) Melalui studi pustaka siswa dengan cermat mengurutkan jenis-jenis gelombang elektromagnetik dan bentuk radiasi yang dihasilkan
- 4) Melalui diskusi (*peer review*) siswa dengan kritis menyebutkan sumber penghasil radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
- 5) Melalui eksperimen siswa dapat melaporkan hasil analisisnya tentang pemanfaatan dan dampak gelombang elektromagnetik
- 6) Melalui presentasi siswa dengan objektif menampilkan hasil analisis mereka tentang pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan
- 7) Melalui diskusi (*peer review*) siswa dengan kritis mengkritik pernyataan dari suatu gagasan dalam diskusi mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik

### 2. Materi Pembelajaran

- 1) Spektrum gelombang elektromagnetik
- 2) Manfaat radiasi elektromagnetik
  1. Gelombang Radio dan Televisi  
Komunikasi radio. Komunikasi satelit.
  2. Gelombang Mikro  
Sinyal televisi. Pemanas microwave. Menganalisa struktur atomik dan molekul. Mengukur kedalaman laut. RADAR: mendeteksi suatu objek, memandu pendaratan pesawat, membantu pengamatan kapal dan pesawat di malam hari, menentukan arah dan posisi yang tepat.
  3. Sinar Inframerah  
Terapi fisik/kesehatan. Fotografi pemetaan bumi dan diagnosa penyakit. Remote control. Mengeringkan cat kendaraan dengan cepat. Teleskop night vision.
  4. Sinar Tampak



- Membantu penglihatan mata. Penggunaan sinar laser pada serat optik.
5. Sinar UV
    - Fotosintesis tumbuhan. Pembentukan vitamin D pada manusia. Mensterilkan peralatan. Memeriksa keaslian tanda tangan bank.
  6. Sinar X
    - Memotret organ dalam/Rontgen. Analisa struktur kristal. Mendeteksi keretakan pada logam. Memeriksa barang di bandara.
  7. Sinar Gamma
    - Manfaat: terapi kanker. Sterilisasi peralatan rumah sakit dan makanan kaleng. Pembuatan varietas tanaman unggul. Mengurangi populasi hama. Mendeteksi keretakan logam. Mendeteksi kebocoran.
- 3) Bahaya radiasi elektromagnetik
1. Sinar UV
    - Dapat menyebabkan kanker kulit dan katarak mata. Menyebabkan rendahnya produk ganggang. Dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh.
  2. Sinar X
    - Dapat menyebabkan kerusakan sel.
  3. Sinar Gamma
    - Dapat menyebabkan kemandulan. Dapat menyebabkan kerusakan sel.

### 3. Metode Pembelajaran

- 1) Model : Pembelajaran berbasis *challenge* (CBL)
- 2) Metode : Presentasi, tanya jawab, dan diskusi
- 3) Pendekatan : Saintifik

### 4. Media, Alat, dan Sumber Belajar

- 1) Media : Slide Power Point, papan tulis, LKS, video, dan gambar
- 2) Alat dan Bahan : -
- 3) Sumber Belajar :
  - a. Giancoli, Douglas. (2005). *PHYSICS: Principles with Application*. USA: 6<sup>th</sup> ed. Pearson Prentice Hall
  - b. Paul A, Tipler. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga
  - c. Siswanto. 2009. Kompetensi Fisika Kelas X, Penerbit: Pusat perbukuan departemen pendidikan nasional
  - d. Purwoko. Physics For Senior High School Year X. Penerbit: Yudhistira
  - e. Rosyid, Farchani. 2012. Kajian Konsep Fisika kelas X. Penerbit: Platinum

### 5. Langkah Pembelajaran

1. Pertemuan Pertama (2 JP)

Rincian Kegiatan	Waktu
a. Pendahuluan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembelajaran dibuka dengan mengucapkan salam dan berdoa, kemudian guru memeriksa kehadiran siswa.</li> <li>• Sebagai apersepsi, siswa diberi kesempatan untuk mengingat kembali konsep perpindahan kalor secara radiasi melalui pertanyaan yang diberikan guru sebagai berikut: “Masih ingatkah kalian mengapa panas matahari bisa sampai ke bumi? Telah kita pelajari sebelumnya pada kelas XI bahwa kalor dapat berpindah dengan cara radiasi. Peristiwa tersebut membuktikan bahwa sinar matahari yang merupakan gelombang elektromagnetik bergerak dengan membawa sejumlah energi berupa kalor.”</li> </ul>	10 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sebagai penggalian konsepsi awal, guru menampilkan video tentang bagaimana suatu gelombang elektromagnetik dihasilkan dan bagaimana energi bisa ditransfer misalnya seperti sinar matahari yang mampu menghangatkan permukaan bumi.</li> <li>Untuk memberikan motivasi pada siswa, guru menyampaikan: <i>“Setelah pembelajaran ini diharapkan tumbuh sikap ilmiah dalam diri kalian yaitu menghindari dan mengurangi bahaya radiasi elektromagnetik seperti menggunakan lotion anti UV ketika berada di bawah terik matahari. Selain itu, kalian diharapkan juga diharapkan mengerti tentang pemanfaatan radiasi elektromagnetik untuk berbagai tujuan”.</i></li> </ul>	
<p>b. Kegiatan Inti (Mengorganisasikan siswa agar duduk dalam tatanan pembelajaran kooperatif)</p> <p>Guru meminta siswa duduk dalam tatanan pembelajaran kooperatif sambil mengingatkan keterampilan kooperatif yang akan dilatihkan dan bagaimana cara mengikuti pelatihan keterampilan kooperatif.</p> <p>1) Big Ideas</p> <p>Guru memberikan informasi kepada siswa mengenai isu-isu hangat dunia yang berhubungan dengan radiasi elektromagnetik. Contohnya adalah seperti berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Guru menunjukkan isu-isu global yang sedang hangat terjadi yang ada kaitannya dengan radiasi gelombang elektromagnetik. Isu-isu disajikan dalam bentuk video yang bisa ditonton dan diunduh dari Youtube.</li> <li>Dari video tersebut, siswa mengamati bahwa gelombang elektromagnetik berperan sangat besar pada bidang telekomunikasi, misalnya HP. Di sisi lain, gelombang elektromagnetik dapat berdampak sangat buruk bagi kesehatan manusia, seperti kanker kulit. Siswa juga bisa mengamati bagaimana dan dari mana suatu gelombang elektromagnetik bisa dihasilkan.</li> </ul> <p>2) Essential Questions</p> <p>Guru memberikan pertanyaan mengenai permasalahan yang berkaitan dengan berbagai fenomena yang ada di lingkungan siswa, yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bagaimana bahaya radiasi elektromagnetik terhadap segi kesehatan di lingkunganmu? Misalnya pengaruh apa yang ditimbulkan oleh sinar UVB sehingga kita harus menggunakan lotion anti UV ketika siang hari?</li> <li>Bagaimana radiasi elektromagnetik bisa dimanfaatkan untuk menghadapi isu kekurangan energi? Misalnya bagaimana cara memanfaatkan perangkat <i>solar cell</i> (panel surya) untuk mengurangi penggunaan beban listrik di rumah?</li> </ul> <p>Kemudian, guru membagikan bahan ajar dan LKS untuk memperluas pengetahuan siswa tentang tantangan-tantangan yang berkaitan tentang radiasi elektromagnetik kepada tiap kelompok.</p>	70 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
<p>3) Challenge</p> <p>Guru membentuk Essential Questions menjadi bentuk kalimat dengan tujuan “menantang (challenge)”. Contoh Challenge dari Essential Question sebelumnya, yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengurangi/mencegah paparan sinar UVB penyebab kanker kulit dengan cara menggunakan lotion anti UV saat beraktivitas di siang hari</li> <li>• Menggunakan perangkat <i>solar cell</i> (panel surya) sebagai sumber energi alternatif di era kelangkaan sumber energi minyak</li> </ul> <p>4) Guiding Activities and Information</p> <p>Siswa mengumpulkan informasi untuk merencanakan solusi dari tantangan melalui kegiatan diskusi, tanya jawab, studi literatur, dan analisis secara berkelompok dengan menggunakan bahan ajar dan lembar kerja siswa tentang fenomena radiasi elektromagnetik.</p>	
<p>c. Kegiatan penutup</p> <p>Guru memberikan tugas kepada siswa yaitu melanjutkan mencari informasi dan melaksanakan aktivitas untuk merancang bagaimana tantangan tersebut akan dilaksanakan. Pada pertemuan berikutnya solusi akan dipresentasikan di depan kelas.</p>	10 menit

## 2. Pertemuan Kedua (2 JP)

Rincian Kegiatan	Waktu
<p>a. Pendahuluan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru membuka kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam dan berdoa, kemudian guru memeriksa kehadiran siswa.</li> <li>• Guru kembali melanjutkan fase pembelajaran berbasis Challenge yang telah dilaksanakan pada pertemuan berikutnya.</li> </ul>	10 menit
<p>c. Kegiatan Inti</p> <p>(Mengorganisasikan siswa agar duduk dalam tatanan pembelajaran kooperatif)</p> <p>1) Mengkomunikasikan Solusi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa menjelaskan informasi dan aktivitas yang telah mereka kumpulkan tentang fenomena radiasi elektromagnetik kemudian mengaitkannya dengan pemanfaatan dan dampak yang ditimbulkan radiasi.</li> <li>• Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil diskusi dan studi literatur mereka tentang solusi dari tantangan yang mereka pilih.</li> <li>• Guru memberikan kesempatan kepada kelompok lain untuk menyampaikan pertanyaan dan kelompok presenter untuk merespon pertanyaan/sanggahan yang dikemukakan.</li> <li>• Guru menyampaikan penguatan dan koreksi mengenai materi ajar, hasil tanya jawab, diskusi, dan studi literatur yang dilakukan mengenai radiasi elektromagnetik.</li> </ul> <p>2) Implementasi Solusi</p>	70 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
<ul style="list-style-type: none"> <li>Masing-masing kelompok melaksanakan solusi yang telah mereka rancang. Siswa mencatat dan mendokumentasikan saat mengimplementasikan solusi mereka.</li> <li>Siswa mengunggah video hasil implementasi solusi mereka ke seluruh dunia melalui Youtube.</li> </ul>	
d. Kegiatan penutup Guru memberikan kesempatan pada siswa untuk menyampaikan kesimpulan dan refleksi tentang pembelajaran berbasis Challenge yang telah dilakukan berkaitan dengan materi ajar radiasi elektromagnetik.	10 menit

## 6. Penilaian

### 1) Penilaian sikap

Dilaksanakan secara terpadu selama proses pembelajaran dengan menggunakan format observasi penilaian sikap dan rubrik sebagai berikut:

Pedoman observasi penilaian sikap

No	Aspek yang Dinilai	Nilai			
		4	3	2	1
1.	Keseriusan dalam pembelajaran				
2.	Kerjasama dalam kelompok				
3.	Kejujuran				
4.	Tanggung jawab				
Total skor					

### Rubrik

No	Aspek yang dinilai	Rubrik Penilaian sikap	Skor
1.	Keseriusan dalam pembelajaran	Siswa memperhatikan demonstrasi dengan baik dan memperhatikan apa yang dibicarakan oleh guru.	4
		Siswa memperhatikan demonstrasi dengan baik tetapi tidak memperhatikan apa yang dibicarakan oleh guru.	3
		Siswa tidak memperhatikan demonstrasi tetapi siswa masih memperhatikan guru.	2
		Siswa tidak memperhatikan demonstrasi dan tidak memperhatikan guru.	1
2.	Kerjasama dalam kelompok	Siswa terlibat aktif dalam diskusi kelompok dan menyelesaikan permasalahan pada LKS	4
		Siswa terlibat aktif dalam diskusi kelompok dan tidak terlibat menyelesaikan permasalahan pada LKS	3
		Siswa sesekali terlibat dalam diskusi kelompok dan menyelesaikan permasalahan pada LKS	2
		Siswa tidak terlibat aktif dalam diskusi kelompok dan menyelesaikan permasalahan pada LKS	1
3.	Kejujuran	Siswa mengisi LKS sesuai dengan pengamatannya	3
		Siswa mengisi LKS dengan melihat lembar kerja temannya	2
		Siswa tidak mengisi LKS	1
4.	Tanggung jawab	Siswa mengumpulkan LKS tepat waktu dan mengisi LKS dengan lengkap	4
		Siswa mengumpulkan LKS tepat waktu dan mengisi LKS hanya sebagian saja	3
		Siswa mengumpulkan LKS tidak tepat waktu dan mengisi LKS dengan lengkap	2
		Siswa tidak mengumpulkan LKS	1

### 2) Makalah dan Laporan Siswa

Penilaian dilakukan dengan mengoreksi makalah siswa tentang dampak radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari mereka dan hasil laporan implementasi dari solusi yang mereka pilih untuk menjawab tantangan.

**Bahan Ajar-1 : Lembar Kegiatan Siswa (lampiran-1)**

**Bahan Ajar-2 : Tugas Kelompok**

- Tugas yang diberikan yaitu membuat makalah dan laporan secara kelompok untuk pembelajaran berbasis Challenge.

- Makalah dan laporan siswa berisi tentang solusi yang telah dipilih dan diimplementasikan untuk mengatasi tantangan dengan topik radiasi elektromagnetik (tantangan yang berkaitan dengan cahaya tampak, sinar inframerah, microwave, radar, gelombang TV, dan gelombang radio).
- Pembuatan makalah dan laporan memperhatikan sistematika makalah yaitu judul, daftar isi, pendahuluan, isi, penutup, dan daftar pustaka.

Mengetahui;  
Kepala Sekolah,

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 2016  
Guru Bidang Studi,

NIP: \_\_\_\_\_

NIP: \_\_\_\_\_

**LEMBAR KERJA SISWA: GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**  
untuk siswa SMA/MA kelas XII

Disusun Oleh:

**Prof. Dr. Jumadi, M.Pd.**

**Nino Munawanto, S.Pd.**

## **BAB**

### Gelombang Elektromagnetik

## **SUBBAB**

### Pemanfaatan dan Bahaya Radiasi Elektromagnetik

## **TUJUAN PEMBELAJARAN**

Setelah proses pembelajaran ini diharapkan siswa memiliki sikap ilmiah dan mampu:

- 1) Menjelaskan sifat dan proses terbentuknya gelombang elektromagnetik
- 2) Menyebutkan sumber, jenis-jenis gelombang elektromagnetik dan bentuk radiasi yang dihasilkan
- 3) Menjelaskan pemanfaatan dan bahaya radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
- 4) Memberikan solusi terhadap masalah terkait radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
- 5) Menunjukkan perilaku ilmiah yaitu rasa ingin tahu, berhati-hati, kreatif, serta peduli terhadap lingkungan melalui kegiatan yang dilakukan dalam pembelajaran
- 6) Mengkomunikasikan solusi dengan mempublikasikan solusi dan implementasinya sebagai respon dari suatu tantangan (challenge)

## **PETUNJUK PEMBELAJARAN**

- 1) Pembelajaran berbasis Challenge meminta anda untuk mengerjakan sebuah *project* sehingga membutuhkan kerja sama kelompok. Buatlah kelompok kalian masing-masing. Setiap kelompok boleh terdiri dari sekitar 5-6 siswa.
- 2) Setelah anggota terkumpul, bagilah peran/tanggung jawab untuk setiap anggota kelompok. Secara umum, jenis peran/tanggung jawab kelompok ada di halaman. Isi juga lembar kontrak pada halaman sebagai bukti komitmen kamu dalam kelompok ini.
- 3) Kalian siap memulai pembelajaran berbasis Challenge. Gunakan lembar Panduan Challenge pada halaman untuk memandu *project* secara teratur. Manfaatkan Bahan Ajar Gelombang Radiasi Elektromagnetik sebagai sumber informasi *project*.
- 4) Sebagai refleksi pembelajaran berbasis Challenge, silahkan isi lembar refleksi setelah pembelajaran berakhir.

## **PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD**

- 1) **Jenis Peran dan Tanggung Jawab:** Berisi berbagai peran penting dalam suatu project yang dapat dipilih oleh siswa.
- 2) **Kontrak Kelompok Challenge:** Sebuah formulir yang diisi oleh peserta didik. Form ini merupakan perjanjian antar anggota dalam kelompok agar berkomitmen menjalankan perannya.
- 3) **Daftar Project:** Berisi berbagai project yang bisa dipilih oleh peserta didik.
- 4) **Storyline Proposal Challenge:** Lembar ini dapat digunakan untuk merencanakan Challenge sehingga project memiliki rencana dan tujuan yang jelas.
- 5) **Storyline untuk Solusi:** Lembar ini dapat digunakan untuk mencatat dan mendokumentasikan kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan saat proses implementasi.



## JENIS PERAN DAN TANGGUNG JAWAB ANGGOTA KELOMPOK

	<b>Project Manager</b>	Mengatur keseluruhan proses, termasuk menjaga perkembangan kelompok agar tetap sesuai tujuan dan tepat deadline, mengatur produktivitas kelompok, menjaga moral kelompok dan lainnya.
	<b>Ahli Dokumentasi</b>	Mengembangkan rencana dan strategi untuk mendokumentasikan seluruh peristiwa melalui teks, audio, dan video. Bekerja sama dengan tim produksi untuk merekam peristiwa penting.
	<b>Ahli Media</b>	Mengelola proses produksi untuk semua media ditangkap selama proses. Rencana bagaimana cara untuk merekam, mengedit, mengatur, dan mempublikasikan media.
	<b>Product Manager</b>	Bertanggung jawab untuk mengelola bahan akhir termasuk presentasi, bahan cetak, produk web, video, dan sebagainya.
	<b>Peneliti Pustaka</b>	Mengatur pengembangan guiding question serta proses dan sumber informasi yang diperlukan untuk menjawab guiding questions. Mengumpulkan dan mengatur konten dari para peneliti. Mengkonsultasikan project dengan guru secara langsung.
	<b>Peneliti</b>	Bekerja sama dengan Peneliti Pustaka untuk mengidentifikasi kegiatan dan mengumpulkan sumber informasi untuk menjawab guiding questions. Saling membantu dengan ahli dokumentasi dan berbagi jawaban.
	<b>Humas</b>	Menjaga relasi dengan para informan penting. Menjelaskan kepada sekolah dan masyarakat lokal mengenai tujuan proyek CBL kelompok. Menangani pertanyaan dari masyarakat dengan bantuan dari sekolah.
	<b>Social Media / Collaboration Director</b>	Mengelola komunitas online baik di dalam kelompok maupun publik. Memastikan bahwa ruang online tersedia untuk kerja sama dan dokumentasi. Merekomendasikan dan mengelola penggunaan penyebaran informasi, termasuk jejaring sosial dan situs video.

## KONTRAK KELOMPOK PEMBELAJARAN BERBASIS CHALLENGE

Big Idea : \_\_\_\_\_ Nama Kelompok : \_\_\_\_\_

Essential Question : \_\_\_\_\_

Challenge : \_\_\_\_\_

Kelompok kalian akan bekerja bersama selama Pembelajaran Berbasis Challenge berlangsung. Untuk menjadi anggota kelompok yang efektif, menaati segala peraturan kelompok sangat penting. Baca kebijakan/peraturan kelompok di bawah ini. Jika kalian setuju dengan kebijakan tersebut, tanda tangani pada bagian yang telah disediakan. Jika kelompok kalian ingin menambahkan kebijakan lain, silahkan tambahkan sendiri di daftar kebijakan di bawah ini.

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Berkompromi</b>       | Setiap peserta kelompok menjalankan peran dan tanggung jawabnya masing-masing. Dengan menjalankan perannya, setiap peserta berkontribusi terhadap kemajuan kelompok.   |
| <b>Bekerjasama</b>       | Setiap peserta kelompok diharapkan bekerjasama dengan kelompok.  |
| <b>Berkolaborasi</b>     | Bekerja bersama rekan kelompokmu agar menjadi sebuah kelompok sains.   |
| <b>Berkomitmen</b>       | Curahkan segala usahamu untuk kelompok ini dan kerjakan tugas-tugasmu.   |
| <b>Berkomunikasi</b>     | Bicara dalam kelompok dan bersedia berbagi pendapat. Setiap anggota kelompok memiliki kecerdasan yang luar biasa. Pastikan setiap anggota kelompok memahami apa yang sedang dikatakan.   |
| <b>Saling Menghargai</b> | Hargai perasaan teman satu kelompok. Ketika kamu tidak setuju dengan teman sekelompok, jangan menaruh dendam pribadi. Kamu boleh tidak menyukai ide orang tersebut, namun memanggil ide atau orang tersebut dengan kata-kata yang tidak pantas sangat tidak sopan. |
| <b>Hidup Bersama</b>     | Bekerja dengan cara bersama-sama satu dengan yang lain. Jika kelompok kalian mengalami masalah, segera bertanya kepada guru atau pemberi saran untuk meminta bantuan.  |

Anggota Kelompok	Peran dan Tanggung Jawab

Tanggal/Waktu Tenggat	Rencana Produk yang Dihasilkan

Tanda Tangan Kelompok:

---



---



---



---



---



---



---



---

## PANDUAN CHALLENGE UNTUK KELOMPOK

### **Langkah Kerja Challenge**

Agar kalian teratur dalam melaksanakan pembelajaran berbasis Challenge, silahkan ikuti langkah-langkah kerja berikut ini:

1. Pada awal pembelajaran berbasis Challenge, kelompok kalian harus menentukan Big Ideas dan Essential Questions. Kalian bisa menggunakan bahan ajar yang disediakan untuk menentukan Big Ideas dan Essential Questions milik kelompok kalian sendiri.
2. Tentukan Challenge dari Essential Questions yang sudah kalian pilih sebelumnya. Challenge merupakan tindakan yang akan kalian lakukan untuk menjawab Essential Questions.
3. Sebelum melaksanakan Challenge, kalian perlu memandu (*guiding*) kelompok untuk menemukan apa saja studi/penelitian yang dibutuhkan untuk melaksanakan Challenge. Tentukan Guiding Question, Guiding Activities dan Guiding Resources kelompok kalian.
  - ❖ Info: kalian bisa menggunakan Storyline yang disediakan pada halaman untuk mencatat apa saja yang dibutuhkan atau telah dilakukan.
4. Setelah kalian menemukan apa saja yang diperlukan untuk melaksanakan Challenge, sekarang saatnya kalian melaksanakan Challenge tersebut. Catat dan dokumentasikan Challenge kalian.
5. Publikasikan ke seluruh dunia tentang Challenge yang telah kelompok kalian lakukan dalam video singkat berdurasi 5 menit.

**“Accept the challenge to change the world better!”**

## DAFTAR PROJECT



Project 1. Menghindari Bahaya Sinar UV dengan Menggunakan Lotion Anti UV.

Isu rusaknya lingkungan telah menjadi ancaman yang serius bagi kehidupan manusia. Kerusakan atmosfer pada lapisan ozon memberikan ancaman bahaya radiasi matahari yang tidak diinginkan seperti sinar Ultraviolet B (UVB).



Project 3. Memanfaatkan Cahaya Matahari Untuk Mengatasi Krisis Energi.

Pada masa modern ini, dunia dihadapkan pada isu yang tengah menjadi sorotan yaitu ketahanan energi. Isu mengenai menipisnya cadangan minyak bumi, sumber energi alam yang tidak dapat diperbaharui, menjadi ancaman yang tidak mungkin dihindari.



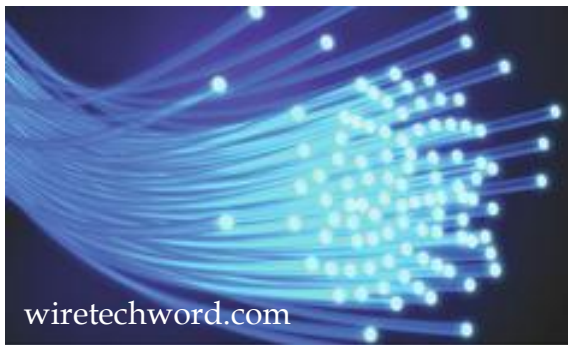
Project 2. Menghindari Bahaya Kebutaan Akibat Pantulan Sinar Matahari.

Kesibukan seseorang mampu memaksa dia berada seharian penuh di bawah sinar matahari. Meskipun telah menggunakan pelindung kepala, secara tidak langsung radiasi matahari masih bisa mengenai mereka. Sinar matahari yang terlalu terang tidak baik bagi kesehatan mata.



Project 4. Mengurangi Efek Rumah Kaca Akibat Radiasi Sinar Infra Merah.

Setiap harinya kendaraan menghasilkan gas buang yang buruk bagi lingkungan. Emisi gas oleh kendaraan menyumbang kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi. Keberadaan CO<sub>2</sub> yang berlebihan di atmosfer menyebabkan panas matahari terperangkap.



Project 5. Memanfaatkan jaringan kabel untuk komunikasi yang aman dan lancar.

Beberapa tahun yang lalu, sebuah isu tentang efek buruk gelombang telekomunikasi muncul. Base Transceiver Station (BTS) dikabarkan mempengaruhi menurunnya kesehatan penduduk di sekitarnya.

Beberapa ahli kesehatan mengklaim bahwa gelombang mikro telepon genggam dapat mengakibatkan migrain..



Project 7. Melestarikan biotik di dasar danau dengan menjaga kejernihan air.

Plankton, dasar dari seluruh rantai makanan yang ada di air, kehidupannya sangat bergantung pada cahaya matahari. Isu polusi air tidak hanya mengancam kehidupan manusia namun juga masa depan ekosistem di dasar air.



Project 6. Memanfaatkan Warna Untuk Menjaga Keseimbangan Suhu Saat Perubahan Musim.

Dunia memiliki siklus musim panas dan musim dingin yang berganti secara periodik. Pada beberapa dekade ini, dunia dihadapkan dengan isu perubahan iklim yang terlalu ekstrim. Hidup dalam iklim yang ekstrim ini mengakibatkan kita lebih mudah mengalami dehidrasi atau hipotermia.

## PROJECT 1. Menghindari Bahaya Sinar UV dengan Menggunakan Lotion Anti UV

### **BIG IDEA**

Pada masa modern ini, isu rusaknya lingkungan sudah menjadi ancaman yang serius bagi kehidupan manusia. Lapisan ozon adalah lapisan atmosfer yang penting karena melindungi ekosistem dari bahaya radiasi matahari yang tidak diinginkan seperti sinar Ultraviolet (UV). Alaminya, sebagian dari beberapa UV yang bermanfaat akan diteruskan ke bumi. Sedangkan sebagian gelombang yang berbahaya “ditolak” oleh lapisan ozon. Namun, kegiatan manusia menghasilkan gas buang seperti CFC pada mesin pendingin telah menyebabkan kerusakan ozon. Hal ini bisa menyebabkan lapisan ozon tidak bisa memilih antara UV baik dan jahat.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apakah yang bisa kita lakukan untuk menghindari bahaya sinar UV?

### **CHALLENGE**

Menghindari bahaya sinar UV dengan menggunakan lotion anti UV (*sunblock*).

### **MATERIAL**

- Beberapa *sunblock*/lotion anti UV dengan berbagai SPF (Sun Protection Factor) seperti 4, 15 dan 30
- Detektor sinar UV / manik berubah warna
- Bungkus plastik

### **GUIDING PLAN**

1. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan bahaya sinar UV pada kesehatan kulit manusia.
2. Melakukan eksperimen sederhana tentang *sunblock*:
  - a. Siapkan berbagai suatu merk lotion UV dengan berbagai kekuatan SPF (misal 4, 15 dan 30).
  - b. Oleskan lotion anti UV di permukaan plastik secara merata dan cukup tebal.
  - c. Letakkan detektor UV di dalam bungkus plastik. Detektor UV seperti manik akan berubah warna karena bereaksi secara sensitif dengan sinar UV. Deteksi UV bisa diamati dengan munculnya warna pada manik.
  - d. Tandai berapa kekuatan SPF yang digunakan dengan menggunakan spidol.



- e. Jemur bungkus plastik di bawah panas matahari dan tunggu selama 5 menit.
- f. Lakukan langkah a sampai d dengan lotion yang memiliki kekuatan SPF berbeda.
- g. Tulis hasil pengamatan perubahan warna manik pada tabel di bawah ini.

Waktu percobaan : pukul \_\_\_\_\_

	Tanpa Lotion	Plastik Hitam	SPF 4	SPF 15	SPF 30
Warna Manik					

- h. Tulis hasil pengamatan detektor sinar UV pada tabel di bawah ini.

No.	Tanpa Lotion	Plastik Hitam	SPF 4	SPF 15	SPF 30
1.					
2.					
3.					

- i. Amati perubahan warna pada masing-masing percobaan. Manik manakah yang paling cerah? Manik manakah yang paling gelap? Mengapa demikian?
3. Mencari sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel untuk mendukung argumentasi (solusi) kalian untuk menjawab essential question.
  4. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab essential question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian akan menemukan lotion mana yang paling baik untuk menghalangi bahaya sinar UV. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Catat dan monitor solusi yang kalian terapkan tersebut. Sebarkan hasil proyek anda ke seluruh dunia dengan cara membuat video durasi pendek.



## PROJECT 2. Menghindari Bahaya Kebutaan Akibat Pantulan Sinar Matahari

### **BIG IDEA**

Kesibukan di luar rumah menyebabkan seseorang harus berinteraksi langsung dengan radiasi sinar matahari. Meskipun mereka telah menggunakan pelindung kepala, secara tidak langsung bagian lain tubuh kita masih bisa terpapar oleh sinar matahari. Radiasi sinar matahari bisa mengenai tubuh kita melalui pantulan objek-objek di sekitar kita. Hal tersebut biasanya terjadi ketika seseorang berada di pantai, laut ataupun salju. Pantulan sinar matahari yang terik mampu mengakibatkan bahaya kebutaan pada mata tanpa kita sadari.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apakah yang harus dilakukan untuk menghindari kebutaan akibat pantulan sinar matahari?

### **CHALLENGE**

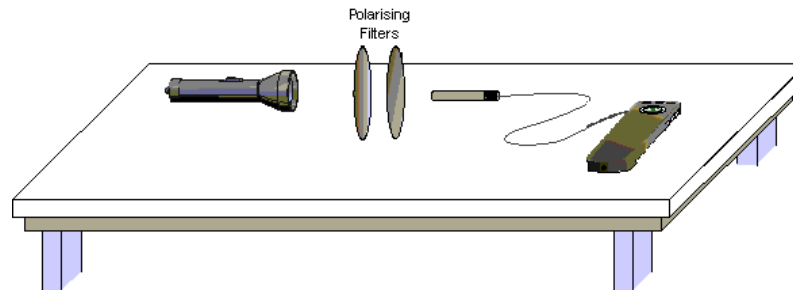
Melindungi diri dari bahaya pantulan sinar matahari yang bisa mengakibatkan kebutaan.

### **MATERIAL**

- Detektor intensitas cahaya / Light Dependent Resistance (LDR)
- Multimeter
- Lampu Bohlam
- Polarisator

### **ACTION PLAN**

1. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan pantulan radiasi matahari oleh objek-objek di sekitar kita. Informasi lainnya yang terkait adalah pantulan sinar matahari pada aspal yang bisa membahayakan pengemudi.
2. Melakukan eksperimen sederhana tentang pemantulan radiasi elektromagnetik:
  - a. Kalian dapat menyusun alat sederhana untuk mengukur intensitas cahaya dengan menggunakan komponen LDR.
  - b. Susun lampu, polarisator 1 & 2, dan LDR seperti pada gambar.



- c. Biarkan polarisator pertama. Putar polarisator kedua pada sudut tertentu ( $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ , dll).
- d. Catat besarnya hambatan yang ditampilkan oleh LDR menggunakan multimeter.
- e. Ulangi percobaan dengan memutar polarisator pada sudut yang berbeda. Pengamatan dapat dicatat dengan menggunakan format tabel di bawah.

No.	Sudut Putar ( $^\circ$ )	Hambatan (R)
1.	10	
2.	20	
3.	30	

- f. Amati data yang kalian peroleh. Sudut putar manakah yang menghasilkan hambatan paling besar? Apakah hubungannya dengan cara kerja kacamata anti silau?
3. Mencari sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel untuk mendukung argumentasi (solusi) kalian untuk menjawab essential question.
4. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab essential question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian akan menemukan cara berlandung yang tepat ketika berada di pantai, laut dan salju agar tidak terkena kebutaan. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Gunakan cara yang kalian temukan untuk melindungi diri dari bahaya kebutaan ketika berada di *outdoor* atau tempat wisata (pantai, laut dan salju). Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian. Sebarkan hasil proyek anda ke seluruh dunia dengan cara membuat video durasi pendek.

### PROJECT 3. Memanfaatkan Cahaya Matahari Untuk Mengatasi Krisis Energi

#### **BIG IDEA**

Sejak abad industri dimulai, manusia terus menggunakan sumber energi yang terdapat di alam untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka. Sumber energi seperti minyak bumi adalah energi yang paling populer karena mudah digunakan. Namun pada masa modern ini dunia dihadapkan pada isu ketahanan energi yang menjadi sorotan. Isu tersebut adalah menipisnya cadangan minyak bumi, sumber energi alam yang tidak dapat diperbaharui.

#### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apakah yang bisa kita lakukan untuk menghadapi krisis energi?

#### **CHALLENGE**

Menghadapi krisis energi dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari.

#### **MATERIAL**

- Solar Cell
- Lampu bohlam
- Multimeter
- Kabel buaya

#### **ACTION PLAN**

1. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan krisis energi dan penggunaan solar cell.
2. Melakukan eksperimen sederhana tentang solar cell:
  - a. Solar cell dapat digunakan sebagai sumber energi karena dapat menghasilkan arus ketika disinari cahaya matahari.
  - b. Posisikan solar cell pada permukaan datar dan letakkan lampu di atasnya. Atur ketinggian lampu pada ketinggian tetap, misal 30 cm.
  - c. Hubungkan solar cell ke multimeter dengan menggunakan kabel buaya.
  - d. Catat tiga kali pengukuran arus pada multimeter.
  - e. Ganti lampu dengan watt yang lebih rendah. Catat kembali pengukuran arus pada multimeter.
  - f. Lakukan pengukuran arus pada bohlam dengan watt rendah lainnya. Kemudian catat hasil pengamatanmu pada tabel di bawah ini.

Ketinggian lampu : \_\_\_\_\_ cm

No.	Daya Lampu (Watt)	Arus (ampere)
1.	Bohlam 10 Watt	
2.	Bohlam 15 Watt	
3.	Bohlam 20 Watt	

- g. Amati data yang kalian peroleh. Pada keadaan manakah arus yang dihasilkan paling tinggi? Apa yang bisa kalian usulkan dari percobaan solar cell ini?
3. Mencari sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel untuk mendukung argumentasi (solusi) kalian untuk menjawab essential question.
  4. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab essential question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian akan menemukan seberapa efektif solar cell mampu mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi yang kita butuhkan. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Gunakan energi solar cell untuk sebagai pengganti energi listrik untuk menghidupi alat elektronik. Monitor perubahan yang terjadi selama penggunaan solar cell tersebut. Sebarkan hasil proyek anda ke seluruh dunia dengan cara membuat video durasi pendek.

## **PROJECT 4. Mengurangi Efek Rumah Kaca Akibat Radiasi Sinar Infra Merah**

### **BIG IDEA**

Pada masa modern ini, setiap harinya kendaraan menghasilkan gas buang yang buruk bagi lingkungan. Gas buang yang dihasilkan kebanyakan mengandung CO<sub>2</sub> di dalamnya. Emisi gas oleh kendaraan menyumbang meningkatnya kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi. Panas matahari sampai ke bumi dengan cara radiasi dan baik bagi kehidupan makhluk bumi. Namun, keberadaan CO<sub>2</sub> yang berlebihan di atmosfer menyebabkan panas matahari terperangkap. Terperangkapnya panas menyebabkan atmosfer bumi memanas lebih kuat. Pencegahan kekeringan dan mencarinya es di kutub utara menjadi isu lingkungan utama saat ini.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apa yang bisa kalian lakukan untuk mengatasi efek rumah kaca akibat radiasi sinar inframerah matahari?

### **CHALLENGE**

Menghadapi pemanasan global dengan mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> pada kendaraan bermotor

### **MATERIAL**

- Termometer
- Plastik
- Kotak transparan
- Lampu bohlam
- Asap kendaraan bermotor
- Tanah berwarna hitam
- Selotip

### **ACTION PLAN**

1. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan efek rumah kaca.
2. Melakukan eksperimen sederhana tentang panas yang ditahan oleh gas CO<sub>2</sub>:
  - a. Siapkan plastik sebagai wadah gas CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> akan diambil dari ekskresi pernafasan kalian, gas kendaraan bermotor dan udara normal. Gas CO<sub>2</sub> adalah penyebab efek rumah kaca karena gas ini mampu menahan panas dalam jangka yang relatif lebih lama.

- b. Pisahkan gas CO<sub>2</sub> dari ekskresi pernafasan, gas kendaraan dan udara normal pada plastik yang berbeda. Konsentrasi CO<sub>2</sub> pada ekskresi pernafasan diperkirakan sebanyak 4%, gas kendaraan 12% dan udara normal 0,038%.
- c. Masukkan masing-masing gas pada kotak transparan yang berisi pasir hitam.
- d. Sinari pasir hitam dengan menggunakan lampu bohlam hingga suhu awal gas 32 Celcius.
- e. Hentikan penyinaran. Amati penurunan suhu yang terjadi selama 10 menit. Buatlah grafik temperatur vs waktu dari eksperimen tersebut.

Suhu gas mula-mula : 32 Celcius

No.	Jenis Gas	2 menit	6 menit	10 menit
1.	Ekskresi pernafasan			
2.	Emisi kendaraan			
3.	Udara normal			

- f. Amati data yang kalian peroleh dan tampilkan dalam bentuk grafik. Jenis gas manakah yang penurunan panasnya paling lama? Gas manakah yang penurunan panasnya paling cepat? Mengapa demikian?
3. Mencari sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel untuk mendukung argumentasi (solusi) kalian untuk menjawab essential question.
4. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab essential question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian akan menemukan cara untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> yang bertujuan memperlambat efek rumah kaca. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Gunakan cara yang kalian temukan untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub>. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian. Sebarkan hasil proyek anda ke seluruh dunia dengan cara membuat video durasi pendek.

## PROJECT 5. Memanfaatkan Fiber Optik Untuk Alternatif Jaringan Komunikasi Wireless

### **BIG IDEA**

Kebutuhan manusia dalam berkomunikasi pada masa modern ini sudah meningkat pesat. Seseorang tidak bisa lepas dari radio, televisi, telepon seluler dalam kehidupan sehari-harinya. Imbasnya, infrastruktur telekomunikasi seperti menara tower banyak dibangun dimana-mana. Beberapa tahun yang lalu, sebuah isu tentang efek buruk gelombang telekomunikasi muncul. Base Transceiver Station (BTS) dikabarkan mempengaruhi kesehatan penduduk di sekitarnya. Selain itu, beberapa ahli kesehatan mengklaim bahwa terlalu banyak terpapar oleh gelombang mikro saat menggunakan telepon genggam dapat mengakibatkan migrain.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apa yang bisa kalian lakukan untuk menghadapi isu dampak negatif gelombang mikro (*wireless*) terhadap kesehatan?

### **CHALLENGE**

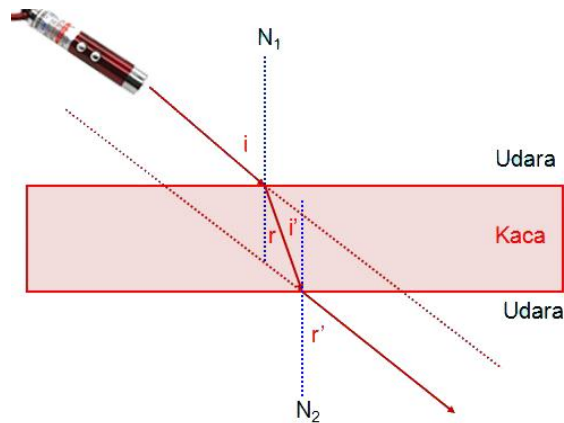
Menghadapi isu gangguan kesehatan akibat gelombang mikro dengan memanfaatkan fiber optik sebagai alternatif jaringan *wireless*

### **MATERIAL**

- Laser
- Kaca plan paralel
- Jarum
- Kertas milimeter blok dan sterofoam

### **ACTION PLAN**

1. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan fiber optik.
2. Melakukan eksperimen sederhana tentang cara kerja fiber optik dalam merambatkan gelombang elektromagnetik:
  - a. Siapkan peralatan dan susun seperti pada gambar.



- b. Arahkan laser menuju kaca plan paralel pada sudut tertentu.
- c. Garis cahaya laser mungkin tidak bisa kita lihat (apabila kalian menggunakan laser biasa). Kalian bisa menandai titik-titik laser dengan menggunakan bantuan jarum.
- d. Perjelas jejak laser dengan menggunakan bolpoin. Hitung besarnya sudut datang dan sudut bias.
- e. Ulangi percobaan dengan mengatur laser pada sudut yang berbeda. Catat hasil percobaan kalian pada tabel di bawah ini.

Jenis bahan plan pralel: \_\_\_\_\_

No.	Sudut Datang ( $^{\circ}$ )	Sudut Bias ( $^{\circ}$ )
1.	60	
2.	55	
3.	50	

- f. Hitung besar indeks bias kaca plan paralel yang kalian gunakan.
  - g. Atur laser pada sudut datang yang kecil. Pada kemiringan berapakah sinar laser yang datang akan dipantulkan (pemantulan total)?
  - h. Jelaskan hubungan percobaan kalian dengan cara kerja fiber optik!
3. Mencari sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel untuk mendukung argumentasi (solusi) kalian untuk menjawab essential question.
  4. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab essential question.



**IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian akan menemukan cara untuk menghadapi isu tentang dampak negatif gelombang mikro terhadap kesehatan. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Gunakan cara yang telah kalian temukan untuk menghadapi isu tersebut. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian. Sebarkan hasil proyek anda ke seluruh dunia dengan cara membuat video durasi pendek.

## PROJECT 6. Memanfaatkan Warna Untuk Menjaga Keseimbangan Suhu Saat Perubahan Musim

### **BIG IDEA**

Dunia memiliki siklus musim panas dan musim dingin yang berganti secara periodik. Pada beberapa dekade ini, dunia dihadapkan dengan isu perubahan iklim yang terlalu ekstrim. Suhu bumi pada saat musim panas lebih panas dari biasanya, begitu pula pada saat musim dingin. Suhu permukaan di Indonesia tercatat paling tinggi adalah 34 °C dan paling rendah yaitu 19 °C. Hidup dalam iklim yang ekstrim ini mengakibatkan kita lebih mudah mengalami dehidrasi atau hipotermia. Seiring dengan perubahan musim, manusia harus tahu bagaimana cara beradaptasi dengan lingkungan.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apa yang bisa kalian lakukan untuk menghadapi isu perubahan iklim yang ekstrim pada saat musim panas dan musim dingin?

### **CHALLENGE**

Menghadapi isu perubahan iklim yang ekstrim dengan memanfaatkan warna pakaian yang digunakan

### **MATERIAL**

- Kertas warna
- Toples kaca
- Termometer
- Air
- Lampu bohlam

### **ACTION PLAN**

1. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan serapan panas pada benda hitam dan warna-warna lainnya.
2. Melakukan eksperimen sederhana tentang serapan panas pada benda-benda yang berbeda warna:
  - a. Lubangi tutup toples dengan benda tajam agar ujung termometer bisa masuk.
  - b. Siapkan sebuah toples kaca dan kertas warna. Tutup seluruh permukaan toples dengan menggunakan kertas warna. Usahakan toples tidak terlalu kecil sehingga bisa memuat kertas yang cukup luas.

- c. Isi toples dengan menggunakan air yang memiliki suhu ruangan. Kalian bisa menyetok air dalam jumlah yang banyak dan mendinginkannya semalaman.
- d. Tutup toples dan masukkan termometer pada lubang yang telah dibuat. Pastikan ujung termometer menyentuh air. Tutup celah kecil yang terbuka pada lubang termometer dengan plastisin.
- e. Sinari toples dengan menggunakan lampu bohlam dalam ruang gelap. Hitung jarak toples dengan lampu tersebut.
- f. Catat suhu yang dibaca oleh termometer saat keadaan termometer sudah stabil.
- g. Ulangi percobaan dengan mengganti kertas yang memiliki warna berbeda. Catat hasil percobaan kalian pada tabel di bawah ini.

Jarak toples dengan lampu: \_\_\_\_\_ cm

No.	Kertas Warna	Suhu Air (°C)
1.	Putih	
2.	Hitam	
3.	Merah	

- h. Toples dengan kertas warna apakah yang memiliki suhu tertinggi? Toples manakah yang suhunya paling kecil?
3. Mencari sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel untuk mendukung argumentasi (solusi) kalian untuk menjawab essential question.
4. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab essential question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian akan menemukan cara untuk menghadapi isu tentang perubahan iklim yang ekstrim. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Gunakan cara yang telah kalian temukan untuk menghadapi isu tersebut. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian. Sebarkan hasil proyek anda ke seluruh dunia dengan cara membuat video durasi pendek.

## PROJECT 7. Melestarikan Biotik Di Dasar Danau Dengan Menjaga Kejernihan Air

### **BIG IDEA**

Sungai dan danau merupakan ekosistem air tawar dan tempat hidup dari berbagai macam biotik. Keberadaan suatu ekosistem bergantung pada terjaganya rantai makanan. Plankton merupakan dasar dari seluruh rantai makanan yang ada di air. Seperti layaknya tumbuhan, plankton juga sangat bergantung pada sinar UV yang dipancarkan matahari. Pada masa modern ini, kepadatan pemukiman menimbulkan isu tercemarnya air. Limbah cair rumah tangga tidak hanya berdampak buruk terhadap manusia namun juga terhadap lingkungan. Pembuangan limbah cair ke sungai atau danau mengakibatkan perubahan kandungan air tawar. Dalam keadaan perairan yang tidak jernih plankton mengalami kesulitan dalam memperoleh sinar UV. Keadaan ini bisa mengancam kehidupan biotik lainnya.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apa yang bisa kalian lakukan untuk menghadapi isu pencemaran ekosistem air tawar?

### **CHALLENGE**

Menghadapi isu pencemaran ekosistem air tawar dengan menjaga kejernihan air sungai dan danau

### **MATERIAL**

- Detektor Sinar UV (manik berubah warna)
- Wadah atau ember
- Berbagai macam jenis air (air cucian, limbah mandi, dll)

### **ACTION PLAN**

1. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan kemampuan sinar UV dalam menembus medium dan peranannya dalam ekosistem bawah air.
2. Melakukan eksperimen sederhana tentang kemampuan radiasi sinar UV dalam menembus berbagai macam jenis air:
  - a. Siapkan peralatan yang dibutuhkan. Isi wadah dengan satu jenis cairan yang ingin diteliti, misalnya air cucian. Catat kedalaman cairan tersebut.

- b. Bungkus detektor sinar UV dengan menggunakan plastik klik. Kemudian letakkan pada dasar wadah yang telah diisi cairan. Lakukan langkah ini pada tempat gelap sehingga manik tidak bereaksi terlebih dahulu.
- c. Letakkan wadah di bawah sinar matahari yang terik selama beberapa menit.
- d. Amati perubahan warna pada detektor UV. Simpan gambar manik tersebut dengan menggunakan foto.
- e. Ulangi percobaan dengan menggunakan berbagai jenis cairan. Catat hasil percobaan kalian pada tabel di bawah ini.

Kedalaman cairan: \_\_\_\_\_ cm

	Tanpa Air	Air Jernih	Air Cucian
Warna Manik			

- f. Tulis hasil pengamatan detektor UV pada tabel di bawah ini.

No.	Tanpa Air	Air Jernih	Air Cucian
1.			
2.			
3.			

- g. Cairan manakah yang memiliki warna manik paling terang? Sedangkan cairan manakah yang memiliki warna manik paling gelap? Mengapa hal tersebut bisa terjadi?
3. Mencari sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel untuk mendukung argumentasi (solusi) kalian untuk menjawab essential question.
  4. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab essential question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian akan menemukan cara untuk menghadapi isu tentang pencemaran ekosistem perairan air tawar. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Gunakan cara yang telah kalian temukan untuk menghadapi isu tersebut. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian. Sebarkan hasil proyek anda ke seluruh dunia dengan cara membuat video durasi pendek.

## Form Panduan Challenge

**Big Idea** : \_\_\_\_\_

**Essential Question :** \_\_\_\_\_

**Challenge** : \_\_\_\_\_

Anggota kelompok dan peran/tanggung jawab

(Tiap anggota kelompok dapat berperan seperti misalnya project manager, humas, ahli media, ahli dokumentasi atau peran lainnya yang dibutuhkan kelompok)

Nama Anggota dan Peran/Tanggung Jawab

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

## Guiding Questions Kami

(Pertanyaan-pertanyaan yang perlu dijawab – apa yang menurut kami perlu ketahui untuk menemukan sebuah solusi)

[illegible]

## Guding Activities Kami

(Rancangan dan rencana aktivitas belajar, penelitian, eksperimen, wawancara, penyelidikan – rencana bagaimana kami akan mendapatkan informasi)

[illegible]

## Guding Resources Kami

(Website, Audio, Video, PDF, Digital Radio, Film, Informan, Peralatan – sumber yang bisa kita akses untuk mendapatkan informasi)

[illegible]

## Latihan

(Keterampilan-keterampilan yang kami butuhkan dan rencana pengembangan kami – dapat berupa pembuatan video, teknik mewawancarai dan lain-lain)

[illegible]

## Jadwal Pembuatan Kami

(Acara-acara yang kami akan rekam, bentuk rekaman (video, audio, dll.), sumber informasi yang diperlukan dan tanggal pelaksanaan)

[illegible]



## **Hal yang Kami Pelajari dan Bagaimana Kami Mempelajarinya**

*(Informasi-informasi penting yang akan dipelajari dari Big Idea dan Challenge – daftar informasi-informasi penting dan cara memperolehnya)*

---

---

---

---

---

---

---

---

## STORYLINE PROPOSAL CHALLENGE

Template jalan cerita ini dapat digunakan oleh kelompok untuk merencanakan proposal video challenge kalian. Gunakan kotak besar untuk melukiskan ide atau pendapat, kotak kecil untuk catatan, dan garis di bawahnya untuk dialog/percakapan.

**1**

### **Big Idea**

Gambar atau pernyataan yang menarik minat pembaca.

---



---



---

**2**

### **Informasi Kelompok**

Nama kelompok, tempat tinggal, NIM, kelas dan sebagainya.

---



---



---

**3**

### **Essential Question**

Tuliskan pertanyaan yang kalian tertarik untuk diteliti.

**4**

### **Kebermaknaan**

Mengapa hal ini penting bagi kelompok kalian atau bagi sebuah komunitas?

**5**

### **Contoh**

Berikan sebuah contoh nyata mengapa tindakan ini penting untuk dilakukan.

**6**

### **Challenge**

Tuliskan pernyataan tantangan (challenge) yang menantang untuk kalian lakukan.

## STRORYLINE UNTUK SOLUSI

Template jalan cerita ini dapat digunakan oleh kelompok untuk merencanakan solusi kalian. Gunakan kotak besar untuk melukiskan ide atau pendapat, kotak kecil untuk catatan, dan garis di bawahnya untuk dialog/percakapan.

**1**

### **Informasi Kelompok**

Nama kelompok, tempat tinggal, NIM, kelas dan sebagainya.

**2**

### **Challenge**

Tuliskan pernyataan tantangan (challenge) yang menantang untuk kalian lakukan.

**3**

### **Proses**

Rangkum garis besar dari apa yang akan kelompok lakukan untuk menyelidiki tantangan.

**4**

### **Solusi**

Tuliskan solusi kelompok kalian.

**5**

**Implementasi /  
Pelaksanaan**

Tuliskan bagaimana, di mana  
dan dengan siapa solusi  
dilaksanakan.

**6**

**Pelajaran yang  
Dipelajari**

Tuliskan apa yang kalian  
pelajari.

## SPESIFIKASI VIDEO

Setelah kalian selesai membuat video, kalian perlu mengeksport video tersebut. Pengaturan yang Anda pilih saat mengeksport bervariasi tergantung dari bagaimana kalian akan menggunakan video tersebut. Panduan ini akan membantu Anda memutuskan apa pengaturan untuk digunakan.

Gunakan pengaturan berikut saat mengeksport video kalian:

- Frame size / resolution: 640 x 360 (16: 9)
- Aspect Ration: 16 x 9
- Frame rate: 30 frame per second
- Video format: H.264 (M4V)
- File size: 50MB atau kurang

Bagi pengguna iPhone dan Apple, kalian bisa mengikuti panduan seperti berikut:

- 1) Dalam iMovie, pilih Berbagi > Ekspor Film. Pilih Sedang dalam Ukuran untuk Ekspor dan kemudian klik Ekspor.
- 2) Di FCP X, pilih Berbagi > Perangkat Apple. Pilih iPhone dan kemudian klik Share.
- 3) Pada Quicktime, File > Export. Pilih iPod touch & iPhone dari menu Format dan klik Ekspor.

Jika Anda ingin menyimpan untuk cadangan atau arsip, Anda bisa menggunakan pengaturan video kualitas tinggi. Pengaturan ini dapat digunakan untuk menyimpan video dalam DVD saat pengumpulan portofolio.

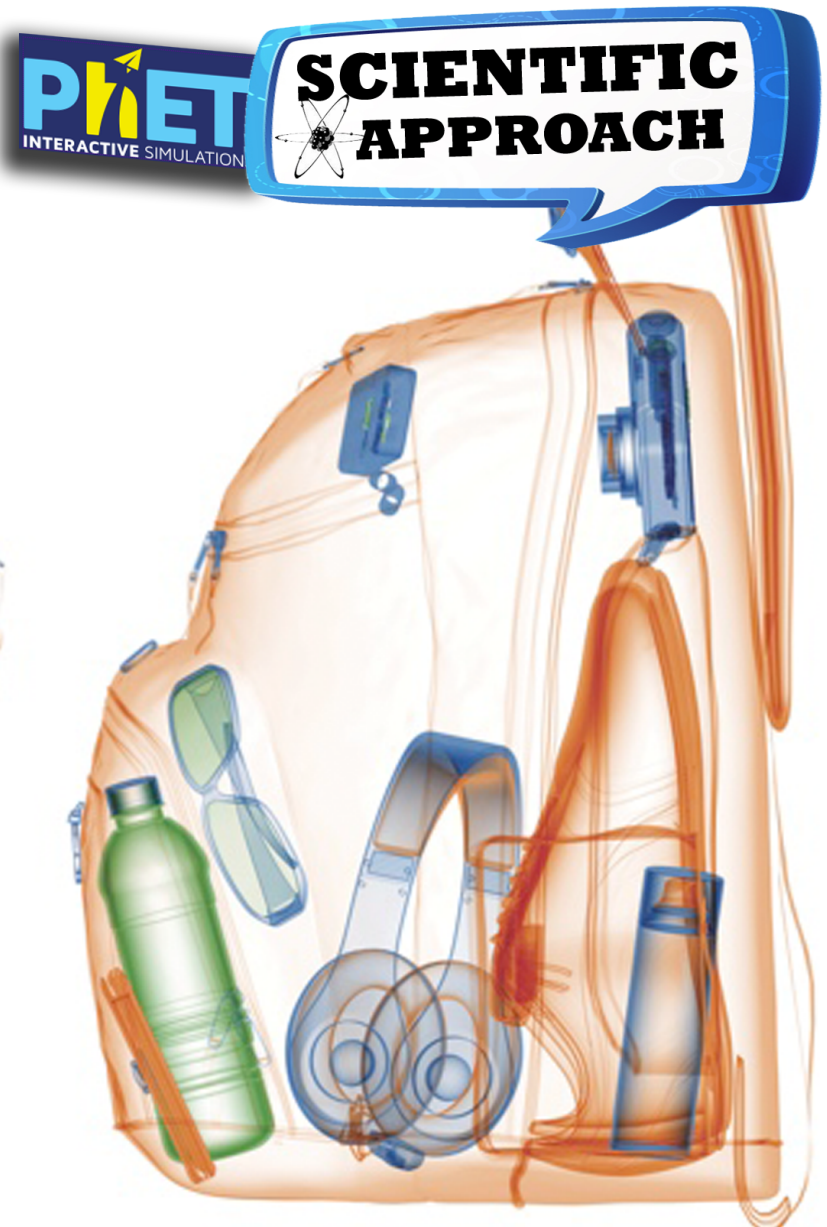
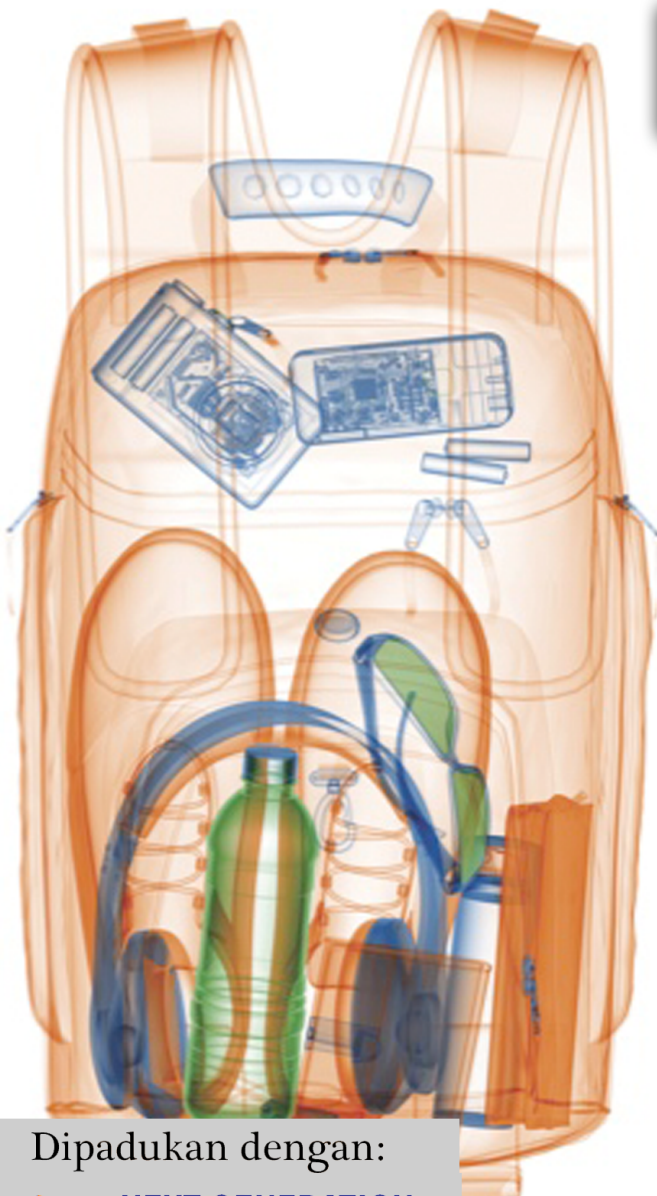
- Ukuran Bingkai / resolusi: 640 x 480 (4: 3) atau 1280 x 720 (16: 9 / HD)
- Aspek rasio: 4 x 3 atau 16 x 9
- Frame rate: Sama seperti sumber
- Format Video: AVI, MOV, atau MPEG
- Format Audio: MP3 atau MP4
- Ukuran file dan panjang video tidak terlalu penting karena Anda akan menyimpan film di sebuah DVD.





## BAHAN AJAR

# — SERI PENGAJARAN FISIKA — GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK — BERBASIS CHALLENGE-BASED LEARNING —



Dipadukan dengan:



# BAHAN AJAR BERBASIS CHALLENGE: GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Disusun Oleh:  
Nino Munawanto, S.Pd.  
Prof. Dr. Jumadi, M.Pd. (Dosen Pembimbing)



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

# TUJUAN PEMBELAJARAN

---

## BAB

Gelombang Elektromagnetik

## SUBBAB

Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik; Spektrum Gelombang;  
Pemanfaatan dan Bahaya Radiasi Elektromagnetik

## KOMPETENSI DASAR

- 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan keseimbangan perubahan medan listrik dan medan magnet yang saling berkaitan sehingga memungkinkan manusia mengembangkan teknologi untuk mempermudah kehidupan.
- 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi.
- 3.9 Mengevaluasi pemikiran dirinya tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi, dan dampaknya pada kehidupan.
- 4.9 Menyajikan hasil analisis tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi dan dampaknya pada kehidupan.

## PERFORMANCE EXPECTATIONS

- 1) Mengevaluasi pernyataan, bukti dan nalar dibalik suatu gagasan yang mendeskripsikan radiasi gelombang elektromagnetik baik sebagai model gelombang maupun model partikel dan contoh keadaan saat suatu model lebih bermanfaat dari model lain (HS-PS4-3).
- 2) Mengevaluasi validitas dan reliabilitas dari pernyataan di sumber yang diterbitkan tentang akibat-akibat yang ditimbulkan oleh radiasi elektromagnetik dengan frekuensi yang berbeda-beda ketika diserap oleh zat (HS-PS4-4).
- 3) Mengevaluasi kebenaran dan keakuratan informasi dari sumber yang dipublikasikan tentang serapan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang berbeda-beda oleh zat (HS-PS4-5).

# DAFTAR ISI



Daftar Gambar .....	
Glosarium .....	
Unit Korverter .....	
Pengantar .....	
Gelombang Elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	
Proses Terbentuknya .....	
Gelombang Elektromagnetik	
Panduan Challenge .....	
Kelompok	
Model Gelombang .....	
Radiasi Elektromagnetik	
Model Partikel .....	
Radiasi Elektromagnetik	
Spektrum .....	
Radiasi Elektromagnetik	
Pemanfaatan .....	
Radiasi Elektromagnetik	
Dampak .....	
Radiasi Elektromagnetik	



# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	.....
Osilasi	
Gambar 2	.....
Medan Listrik	
Gambar 3	.....
Medan Magnet	
Gambar 4	.....
Percobaan Maxwell	
Gambar 5	.....
Grafik Jarak dengan	
Medan Listrik dan Magnet	
Gambar 6	.....
Vektor Medan Listrik,	
Medan Magnet dan Jarak	
Gambar 7	.....
Gelombang Radio	
Gambar 8	.....
Gelombang Mikro	
Gambar 9	.....
Sinar Inframerah	
Gambar 10	.....
Sinar Tampak	
Gambar 11	.....
Sinar Ultraviolet	

# GLOSARIUM

---

<b>Panjang Gelombang</b>	: Sebuah jarak antara satuan berulang dari suatu pola gelombang.
<b>Frekuensi Gelombang</b>	: Banyaknya gelombang yang terbentuk setiap detiknya.
<b>Model Foton</b>	: Merupakan model modern yang menganggap bahwa cahaya merupakan paket-paket energi (foton).
<b>Model Gelombang</b>	: Merupakan model klasik yang menganggap bahwa cahaya merupakan gelombang transversal.
<b>Osilasi</b>	: Gerakan bolak-balik suatu benda secara teratur melewati titik setimbangnya.
<b>Medan Listrik</b>	: Daerah di sekeliling muatan yang dapat berinteraksi dengan muatan listrik lainnya
<b>Medan Magnetik</b>	: daerah di sekeliling magnet yang dapat berinteraksi dengan muatan magnet lainnya.
<b>Radiasi</b>	: Proses perpindahan energi melewati ruang hampa.
<b>Cepat Rambat</b>	: Kecepatan suatu gelombang saat melewati medium.
<b>Spektrum</b>	: Pola panjang gelombang cahaya yang diurutkan dari terendah ke paling tinggi.



# UNIT KONVERTER

## Fundamental Constants

Quantity	Symbol	Approximate Value	Current Best Value <sup>†</sup>
Speed of light in vacuum	$c$	$3.00 \times 10^8$ m/s	$2.99792458 \times 10^8$ m/s
Gravitational constant	$G$	$6.67 \times 10^{-11}$ N·m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>	$6.6742(10) \times 10^{-11}$ N·m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Avogadro's number	$N_A$	$6.02 \times 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>	$6.0221415(10) \times 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>
Gas constant	$R$	$8.314$ J/mol·K = $1.99$ cal/mol·K = $0.0821$ L·atm/mol·K	$8.314472(15)$ J/mol·K
Boltzmann's constant	$k$	$1.38 \times 10^{-23}$ J/K	$1.3806505(24) \times 10^{-23}$ J/K
Charge on electron	$e$	$1.60 \times 10^{-19}$ C	$1.60217653(14) \times 10^{-19}$ C
Stefan-Boltzmann constant	$\sigma$	$5.67 \times 10^{-8}$ W/m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup>	$5.670400(40) \times 10^{-8}$ W/m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup>
Permittivity of free space	$\epsilon_0 = (1/c^2\mu_0)$	$8.85 \times 10^{-12}$ C <sup>2</sup> /N·m <sup>2</sup>	$8.854187817 \dots \times 10^{-12}$ C <sup>2</sup> /N·m <sup>2</sup>
Permeability of free space	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}$ T·m/A	$1.2566370614 \dots \times 10^{-6}$ T·m/A
Planck's constant	$h$	$6.63 \times 10^{-34}$ J·s	$6.6260693(11) \times 10^{-34}$ J·s
Electron rest mass	$m_e$	$9.11 \times 10^{-31}$ kg = $0.000549$ u = $0.511$ MeV/ $c^2$	$9.1093826(16) \times 10^{-31}$ kg = $5.4857990945(24) \times 10^{-4}$ u
Proton rest mass	$m_p$	$1.6726 \times 10^{-27}$ kg = $1.00728$ u = $938.3$ MeV/ $c^2$	$1.67262171(29) \times 10^{-27}$ kg = $1.00727646688(13)$ u
Neutron rest mass	$m_n$	$1.6749 \times 10^{-27}$ kg = $1.008665$ u = $939.6$ MeV/ $c^2$	$1.67492728(29) \times 10^{-27}$ kg = $1.00866491560(55)$ u
Atomic mass unit (1 u)		$1.6605 \times 10^{-27}$ kg = $931.5$ MeV/ $c^2$	$1.66053886(28) \times 10^{-27}$ kg = $931.494043(80)$ MeV/ $c^2$

<sup>†</sup> CODATA (12/03), Peter J. Mohr and Barry N. Taylor, National Institute of Standards and Technology. Numbers in parentheses indicate one-standard-deviation experimental uncertainties in final digits. Values without parentheses are exact (i.e., defined quantities).

## Other Useful Data

Joule equivalent (1 cal)	4.186 J
Absolute zero (0 K)	-273.15°C
Acceleration due to gravity at Earth's surface (avg.)	9.80 m/s <sup>2</sup> (= $g$ )
Speed of sound in air (20°C)	343 m/s
Density of air (dry)	1.29 kg/m <sup>3</sup>
Earth: Mass	$5.98 \times 10^{24}$ kg
Radius (mean)	$6.38 \times 10^3$ km
Moon: Mass	$7.35 \times 10^{22}$ kg
Radius (mean)	$1.74 \times 10^3$ km
Sun: Mass	$1.99 \times 10^{30}$ kg
Radius (mean)	$6.96 \times 10^5$ km
Earth–Sun distance (mean)	$149.6 \times 10^6$ km
Earth–Moon distance (mean)	$384 \times 10^3$ km

## The Greek Alphabet

Alpha	A	$\alpha$	Nu	N	$\nu$
Beta	B	$\beta$	Xi	$\Xi$	$\xi$
Gamma	$\Gamma$	$\gamma$	Omicron	O	$o$
Delta	$\Delta$	$\delta$	Pi	$\Pi$	$\pi$
Epsilon	E	$\epsilon$	Rho	$\rho$	$\rho$
Zeta	Z	$\zeta$	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$
Eta	H	$\eta$	Tau	T	$\tau$
Theta	$\Theta$	$\theta$	Upsilon	Y	$\upsilon$
Iota	I	$\iota$	Phi	$\Phi$	$\phi, \varphi$
Kappa	K	$\kappa$	Chi	X	$\chi$
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	Psi	$\Psi$	$\psi$
Mu	M	$\mu$	Omega	$\Omega$	$\omega$

## Values of Some Numbers

$\pi = 3.1415927$	$\sqrt{2} = 1.4142136$	$\ln 2 = 0.6931472$	$\log_{10} e = 0.4342945$
$e = 2.7182818$	$\sqrt{3} = 1.7320508$	$\ln 10 = 2.3025851$	$1 \text{ rad} = 57.2957795^\circ$



## KONSEP BAB

- Proses Terbentuknya Gelombang Elektromagnetik
- Spektrum Gelombang Elektromagnetik

## PRASYARAT KONSEP DAN KETERAMPILAN

- Hukum Ampere
- Hukum Coulomb
- Hukum Faraday
- Getaran dan Gelombang

## Gelombang Elektromagnetik Dalam Kehidupan Sehari-hari

Dalam kehidupan sehari-hari, Anda sering memanfaatkan benda-benda elektronik seperti televisi, radio, telepon genggam, dan sebagainya. Tahukah Anda bahwa benda-benda tersebut memanfaatkan gelombang elektromagnetik?

Pada jenjang Sekolah Menengah Pertama, kita telah mempelajari sekilas tentang gelombang. Ingatkah Anda apa yang dimaksud dengan gelombang? Ada berapa jenis gelombang itu? Gelombang dapat dibedakan atas berapa jenis, baik berdasarkan arah rambatnya maupun medium perantaranya. Salah satunya, berdasarkan medium perantara, gelombang dibagi atas gelombang mekanik (gelombang yang merambat memerlukan medium atau zat perantara) dan gelombang elektromagnetik (gelombang yang merambat tanpa memerlukan medium). Pernahkah Anda berpikir, mengapa panasnya matahari dapat dirasakan manusia di bumi? Energi panas matahari merupakan salah satu contoh gelombang elektromagnetik yang merambat melalui kevakuman udara di luar angkasa (tidak ada medium dalam perambatannya).

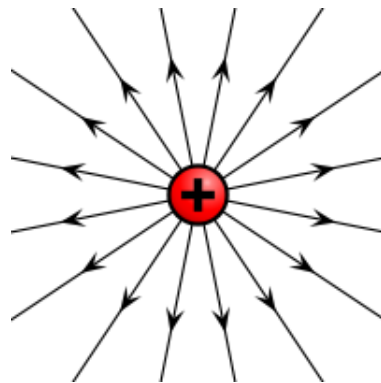
Di samping itu masih ingatkah Anda bahwa gejala-gejala kelistrikan dan kemagnetan memiliki hubungan erat satu sama lain? Gelombang elektromagnetik merupakan fenomena yang ada akibat gejala kelistrikan dan kemagnetan. Oleh karena itu, ingatlah kembali tentang bagaimana proses medan listrik dan medan magnet dapat terjadi.



## Proses Terbentuknya Gelombang Elektromagnetik

Jauh sebelum gelombang elektromagnetik ditemukan, medan listrik (E) dan medan magnet (B) dipandang sebagai besaran fisika yang berdiri sendiri dan tidak saling berhubungan. Seperti yang kita tahu, sebuah partikel bermuatan akan menghasilkan medan listrik (E) di sekelilingnya. Partikel yang bermuatan positif akan menghasilkan medan listrik ke arah luar secara radial. Di samping itu, kita juga tahu bahwa apabila sebuah kawat lurus yang sangat panjang dialiri listrik maka hal tersebut akan menghasilkan medan magnet (B) yang mengitari diameter kawat.

Pada tahun 1862, seorang peneliti asal Scotlandia mengembangkan persamaan yang dibuat oleh Michael Faraday tentang adanya hubungan kelistrikan dan kemagnetan. Melalui percobaannya, Maxwell menemukan cara lain untuk membuat medan listrik (E) dan medan magnet (B) selain dengan cara di atas. Maxwell mengemukakan suatu hipotesis yang intinya adalah sebagai berikut,



*“Dengan mengubah-ubah medan listrik maka medan magnet yang berubah-ubah akan dihasilkan. Sebaliknya, dengan mengubah-ubah medan magnet maka medan listrik yang berubah-ubah akan dihasilkan”.*

### TUJUAN PEMBELAJARAN

- Mendeskripsikan bagaimana radiasi elektromagnetik dihasilkan.
- Menganalisa perpindahan radiasi elektromagnetik.
- Mendefinisikan dan menjelaskan konsep gelombang dari radiasi elektromagnetik
- Mendeskripsikan bagaimana radiasi elektromagnetik sebagai energi yang berinteraksi dengan zat.

### KATA KUNCI

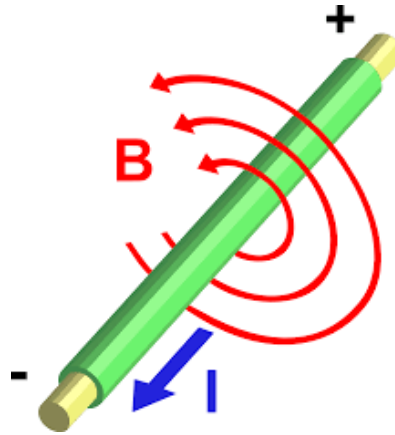
- Persamaan Maxwell
- Gelombang elektromagnetik
- Permittivitas elektrik
- Permeabilitas magnetik
- Photoelastic

### Gambar 1.

Sebuah muatan positif menghasilkan medan listrik yang arahnya ke luar.

**Gambar 2.**

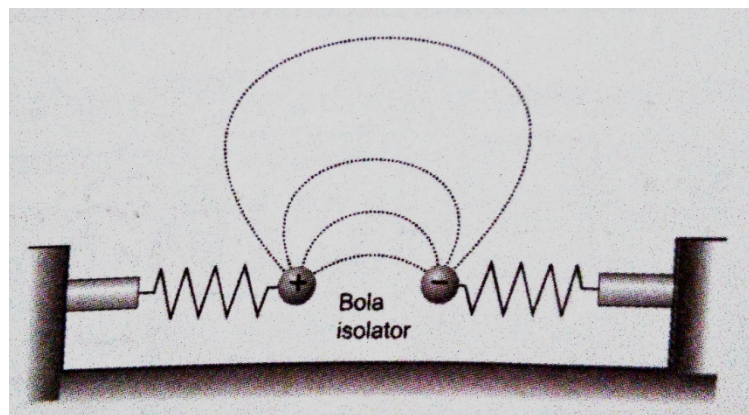
Sebuah kawat yang dialiri listrik sebesar  $I$  akan menghasilkan medan magnetik  $B$  di sekitar kawat.



Dengan hipotesis inilah Maxwell mengungkapkan terjadinya gelombang elektromagnetik. Percobaannya dilakukan dengan dua buah bola isolator yang diikatkan pada ujung pegas, kemudian diberi muatan listrik berbeda, salah satu bola diberikan muatan positif sedangkan bola yang lain diberi muatan negatif seperti pada gambar 1.

**Gambar 3.**

Percobaan yang dilakukan Maxwell untuk mengamati medan magnet yang ditimbulkan oleh medan listrik yang berosilasi.

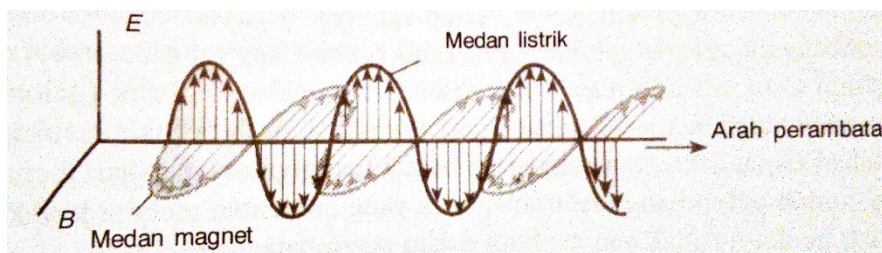


Selanjutnya, kedua bola digetarkan sehingga jarak kedua bola berubah-ubah terhadap waktu dan kedua muatan akan menimbulkan medan listrik di sekitarnya yang berubah terhadap waktu pula. Menurut Maxwell perubahan medan listrik ini akan menimbulkan perubahan medan magnet yang berubah terhadap waktu pula. Dengan adanya perubahan medan magnet maka akan timbul kembali medan listrik yang besarnya juga berubah-ubah. Demikian seterusnya, sehingga didapatkan proses berantai dari perubahan medan listrik dan medan magnet yang menjalar ke segala arah.

Apabila perubahan medan listrik dan medan magnet tersebut

ditinjau terhadap waktu maka dapat dilukiskan seperti gambar 2.

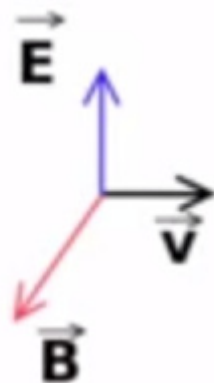
Maxwell adalah seorang ilmuwan yang menemukan hubungan (*unification*) antara medan magnet dan medan listrik. Pada masanya, Maxwell menemukan bahwa medan listrik dan medan magnet bisa dihasilkan oleh suatu sumber. Apabila suatu partikel yang bermuatan berosilasi maka akan menghasilkan medan listrik dan medan magnet yang berubah-ubah. Perpaduan medan listrik dan medan magnet ini mengakibatkan munculnya gelombang elektromagnetik.



**Gambar 4.**

Grafik yang menggambarkan pola dari perubahan medan listrik dan perubahan medan magnet versus arah perambatan yang dihasilkan oleh muatan yang berosilasi.

Dari percobaan Maxwell tersebut, kita bisa mengetahui bahwa suatu muatan yang berosilasi menghasilkan gelombang yang terdiri dari medan listrik (electro) dan medan magnet (magnetic) sehingga disebut electromagnetic wave. Pada Gambar 2, Medan listrik digambarkan berosilasi pada sumbu Y dan medan magnet berosilasi pada sumbu Z, vektor keduanya memiliki fase sama dan saling tegak lurus satu sama lain. Arah rambat gelombang elektro magnetik berhimpit dengan sumbu X sehingga tegak lurus dengan arah medan listrik (Y) dan medan magnet (Z). Vektor ketiga komponen dapat digambarkan sebagai pada gambar 3.



**Gambar 5.**

Vektor ketiga komponen medan listrik (E), medan magnet (B) dan kecepatan (v).

## Radiasi Elektromagnetik Dipandang Sebagai Model Gelombang dan Partikel

### Model Gelombang Radiasi Elektromagnetik

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan, Hertz berhasil mengukur bahwa radiasi gelombang elektromagnetik frekuensi radio (100 MHz) yang dibangkitkan memiliki kecepatan rambat sesuai dengan nilai yang diramalkan oleh Maxwell. Di samping itu, eksperimen Hertz ini juga menunjukkan sifat-sifat gelombang dari cahaya, yaitu pemantulan, pembiasan, interferensi, difraksi, dan polarisasi. Dengan demikian, hipotesis Maxwell mengenai gelombang elektromagnetik telah terbukti kebenarannya melalui eksperimen Hertz. Dari uraian ini, dapat ditulis sifat-sifat gelombang elektromagnetik yaitu:

#### Gambar 6.

Kumpulan parabola yang berada di gurun Nevada, USA. Parabola ini memancarkan gelombang radio yang sangat jauh panjang gelombangnya untuk mengamati luar angkasa.

- a. Dapat merambat dalam ruang hampa,
- b. Merupakan gelombang transversal,
- c. Dapat mengalami polarisasi,
- d. Dapat mengalami pemantulan (refleksi),
- e. Dapat mengalami pembiasan (refraksi),
- f. Dapat mengalami interferensi,
- g. Dapat mengalami lenturan atau hamburan (difraksi),
- h. Merambat dalam arah lurus. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan Maxwell,

kecepatan gelombang elektromagnetik diruang hampa adalah sebesar  $3 \times 10^8$  m/s yang nilainya sama dengan laju cahaya terukur.

## Model Partikel Radiasi Elektromagnetik

Setiap muatan listrik yang dipercepat, atau setiap perubahan medan magnet, menghasilkan radiasi elektromagnetik. Elektromagnetik informasi tentang biaya perjalanan dengan kecepatan cahaya. Pengobatan yang akurat sehingga mencakup sebuah konsep yang dikenal sebagai waktu terbelakang (sebagai lawan dari waktu maju, yang dalam terang unphysical kausalitas), yang menambah elektrodinamis pernyataan untuk medan listrik dan medan magnet. Istilah tambahan ini bertanggung jawab untuk radiasi elektromagnetik. Ketika setiap kawat (atau objek melakukan seperti antena) melakukan arus bolak-balik, radiasi elektromagnetik disebarkan pada frekuensi yang sama seperti arus listrik. Pada tingkat kuantum, radiasi elektromagnetik dihasilkan ketika wavepacket dari partikel bermuatan dipercepat berosilasi atau sebaliknya. Partikel bermuatan dalam keadaan diam tidak bergerak, melainkan suatu superposisi dari negara-negara tersebut dapat menghasilkan osilasi, yang bertanggung jawab atas fenomena radiasi transisi antara keadaan kuantum partikel bermuatan.

Tergantung pada keadaan, radiasi elektromagnetik dapat berperilaku sebagai gelombang atau seperti partikel. Sebagai gelombang, ini dicirikan oleh kecepatan (kecepatan cahaya), panjang gelombang, dan frekuensi. Ketika dianggap sebagai partikel, mereka diketahui sebagai foton, dan masing-masing mempunyai energi berhubungan dengan frekuensi gelombang yang diberikan oleh hubungan Planck  $E = h\nu$ , di mana  $E$  adalah energi foton,  $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J/s adalah konstanta Planck, dan  $\nu$  adalah frekuensi gelombang.

Satu aturan selalu dipatuhi terlepas dari keadaan: EM radiasi dalam ruang hampa selalu berjalan pada kecepatan cahaya, relatif terhadap pengamat, terlepas dari kecepatan pengamat. (Pengamatan ini menyebabkan perkembangan Albert Einstein dari teori relativitas khusus.)

Dalam medium (selain vakum), kecepatan faktor atau indeks bias dipertimbangkan, tergantung pada frekuensi dan aplikasi. Kedua rasio ini adalah kecepatan dalam medium untuk mempercepat dalam kekosongan.

Radiasi elektromagnetik mempunyai partikel-seperti properti sebagai paket diskrit energi, atau kuantum yang disebut foton. frekuensi gelombang sebanding dengan partikel energi. Karena foton dipancarkan dan diserap oleh partikel bermuatan, mereka bertindak sebagai transporter energi. Energi per

foton dapat dihitung dari persamaan Planck-Einstein.

$$E=hf$$

Di mana  $E$  adalah energi,  $h$  adalah konstanta Planck, dan  $f$  adalah frekuensi. Energi foton ini ekspresi adalah kasus tertentu tingkat energi yang lebih umum osilator elektromagnetik yang energi rata-rata, yang digunakan untuk memperoleh hukum radiasi Planck, dapat ditampilkan berbeda tajam dari yang diperkirakan oleh prinsip equipartition pada temperatur rendah, sehingga menetapkan kegagalan equipartition akibat efek kuantum pada temperatur rendah.

Sebagai foton diserap oleh sebuah atom, itu membangkitkan sebuah elektron, menaikkan ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi cukup besar, sehingga elektron melompat ke tingkat energi yang cukup tinggi, hal itu mungkin melarikan diri dari tarikan positif inti dan dibebaskan dari atom dalam proses yang disebut photoionisation. Sebaliknya, sebuah elektron yang turun ke tingkat energi yang lebih rendah dalam sebuah atom memancarkan foton cahaya sama dengan perbedaan energi. Karena tingkat energi elektron dalam atom terpisah, masing-masing elemen memancarkan dan menyerap frekuensi karakteristik sendiri.

Bersama-sama, efek ini menjelaskan spektrum emisi dan penyerapan cahaya. Band gelap dalam spektrum penyerapan disebabkan oleh atom dalam selang frekuensi yang berbeda menengah menyerap cahaya. Komposisi medium melalui mana cahaya menentukan sifat penyerapan spektrum. Sebagai contoh, band gelap dalam cahaya yang dipancarkan oleh suatu bintang yang jauh disebabkan oleh atom di atmosfer bintang. Band ini sesuai dengan tingkat energi yang diizinkan dalam atom. Fenomena serupa terjadi untuk emisi. Ketika elektron turun ke tingkat energi yang lebih rendah, sebuah spektrum yang dipancarkan yang mewakili lompatan antara tingkat energi elektron. Ini diwujudkan dalam spektrum emisi nebula. Saat ini, para ilmuwan menggunakan fenomena ini untuk mengamati unsur-unsur apa bintang tertentu terdiri dari. Hal ini juga digunakan dalam penentuan jarak bintang, dengan menggunakan pergeseran merah.



## Spektrum Gelombang Elektromagnetik

### 1. Gelombang Radio dan Televisi

Gelombang radio mempunyai frekuensi antara  $10^4 \text{ Hz}$  sampai  $10^5 \text{ Hz}$ . Gelombang televisi memiliki frekuensi sedikit lebih tinggi dari gelombang radio. Gelombang tersebut diaplikasikan sebagai alat komunikasi jarak jauh. Gelombang ini mampu membawa informasi dari satu tempat ke tempat lain yang jaraknya sangat jauh.



**Gambar 6.**

Kumpulan parabola yang berada di gurun Nevada, USA. Parabola ini memancarkan gelombang radio yang sangat jauh panjang gelombangnya untuk mengamati luar angkasa.

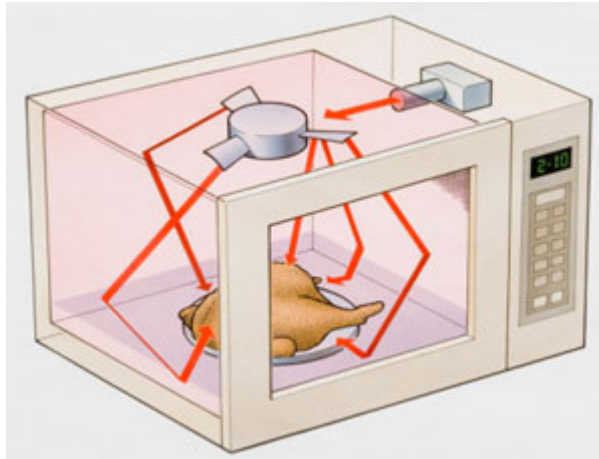
### 2. Gelombang Mikro

Gelombang mikro merupakan gelombang radio yang paling pendek. Panjang gelombangnya sekitar  $10^{-3} \text{ m}$  hingga  $10^{-1} \text{ m}$ . Manfaat dari gelombang mikro di antaranya adalah digunakan untuk memanaskan makanan (pada oven) dan sebagai radar.

Oven menggunakan gelombang mikro untuk memanaskan makanan dengan cepat. Di dalam oven, gelombang mikro dipantulkan oleh dinding oven dan diserap oleh makanan yang berada di dalamnya sehingga pemanasan makanan terjadi secara merata. Frekuensi gelombang mikro sekitar  $2500 \text{ Hz}$ . Pada frekuensi ini gelombang elektromagnetik diserap oleh molekul air di dalam makanan.

**Gambar 7.**

Ilustrasi dari sebuah microwave saat memasak sepotong ayam dengan menggunakan radiasi sinar inframerah.



### 3. Sinar Inframerah

Getaran-getaran atom suatu molekul dapat meradiasikan gelombang elektromagnetik pada frekuensi khas dalam daerah inframerah, sehingga dengan spektroskopi inframerah dapat dipelajari struktur molekul.

Dalam bidang kedokteran sinar inframerah diaplikasikan sebagai terapi medis, yaitu proses penyembuhan penyakit encok, terapi saraf dan lain-lain. Sinar inframerah tidak banyak dihamburkan oleh partikel-partikel udara, sehingga mampu menembus kabut dan awan yang cukup tebal. Dengan menggunakan plat-plat yang peka terhadap gelombang inframerah, pesawat udara yang terbang tinggi ataupun satelit mampu membuat potret permukaan bumi meskipun terhalang oleh kabut atau awan.

### 4. Sinar UV

Sinar ultraviolet ternyata membantu mengubah kolesterol yang tersimpan di kulit menjadi vitamin D. Hanya dengan berjemur selama 5 menit di pagi hari, tubuh kita mendapatkan 400 unit vitamin D. Vitamin D yang dibentuk melalui sinar matahari berfungsi meningkatkan penyerapan kalsium oleh tubuh sehingga memperbaiki komponen tulang dan mencegah penyakit rakhitis, osteoporosis, dan osteomalacia.

Sinar matahari mampu meningkatkan antibodi dalam tubuh dengan membentuk sel darah putih untuk melawan substansi asing yang merugikan di dalam tubuh. Membaiknya sistem pernafasan



melalui sinar matahari juga berperan dalam membasmi kuman-kuman secara lebih cepat. Selain itu, sinar matahari juga mampu menurunkan potensi terjangkit flu hingga 30-40 persen.

Sinar ultraviolet tidak selamanya bermanfaat. Lapisan ozon di atmosfer Bumi (pada lapisan atmosfer) berfungsi untuk mencegah supaya sinar ultraviolet tidak terlalu banyak sampai ke permukaan Bumi. Jika hal tersebut terjadi, akan menimbulkan berbagai penyakit pada manusia, terutama pada kulit. Sekarang, lapisan ozon telah berlubang-lubang sehingga banyak sinar ultraviolet yang tertahan untuk sampai ke permukaan Bumi. Berlubangnya lapisan ozon, di antaranya diakibatkan oleh penggunaan CFC (clorofluoro carbon) yang berlebihan, yang dihasilkan oleh kulkas atau mesin pengondisi udara (AC). Hal ini tentu saja dapat mengancam kehidupan makhluk hidup di Bumi. Oleh karena itu, diharapkan untuk mengurangi jumlah pemakaian yang menggunakan bahan CFC, seperti sekarang telah banyak mesin pendingin non CFC.

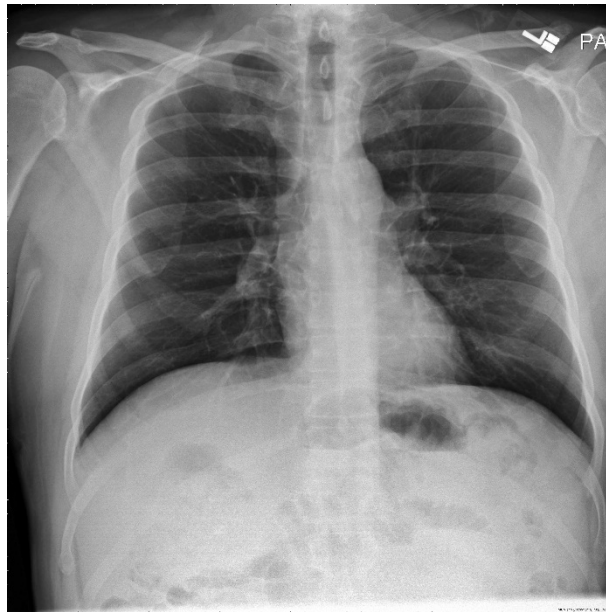
#### 4. Sinar X

Dalam ilmu kedokteran, sinar x dapat digunakan untuk melihat kondisi tulang, gigi serta organ tubuh yang lain tanpa melakukan pembedahan langsung pada tubuh pasien. Biasanya, masyarakat awam menyebutnya dengan sebutan foto rontgen.

Selain itu, Sinar-X lembut digunakan untuk mengambil gambar foto yang dikenal sebagai radiograf. Sinar-X boleh menembusi badan manusia tetapi diserap oleh bahagian yang lebih tumpat seperti tulang. Gambar foto sinar-X digunakan untuk mengesan kecacatan tulang, mengesan tulang yang patah dan menyiasat keadaan organ-organ dalam badan. Sinar-X keras digunakan untuk memusnahkan sel-sel kanser. Kaedah ini dikenal sebagai radioterapi.

**Gambar 8.**

Pemanfaatan sinar UV pada scan Rontgen untuk mengamati sesuatu yang ganjil yang ada di tubuh pasien.



Dalam bidang perindustrian, sinar-X boleh digunakan untuk mengscan kecacatan dalam struktur atau bagian-bagian dalam mesin. Mengamati rekahan dalam pipa logam, dinding padat dan tekanan tinggi. Memeriksa retakan dalam struktur plastik dan getah.

### 5. Sinar Gamma

Sinar gamma dihasilkan dari peristiwa peluruhan inti radioaktif. Inti atom unsur yang tidak stabil meluruh menjadi inti atom unsur lain yang stabil dengan memancarkan sinar radioaktif, di antaranya sinar alfa, sinar beta, dan sinar gamma. Di antara ketiga sinar radioaktif ini, yang termasuk gelombang elektromagnetik adalah sinar gamma. Sementara dua lainnya merupakan berkas partikel bermuatan listrik. Jika dibandingkan dengan sinar alfa dan sinar beta, sinar gamma memiliki daya tembus yang paling tinggi sehingga dapat menembus pelat logam hingga beberapa sentimeter.

Sinar gamma mempunyai daya tembus sangat tinggi, maka sinar gamma digunakan dalam berbagai bidang antara lain:

- a) Industri, untuk mengetahui struktur logam
- b) Pertanian, untuk membuat bibit unggul
- c) Teknik nuklir, untuk membuat radio isotop

- d) Kedokteran, untuk terapi, diagnosis, di antaranya untuk mengobati penyakit kanker dan mensterilkan peralatan rumah sakit.
- e) Farmasi, untuk sterilisasi
- f) Selain itu, sinar gamma dapat digunakan untuk melihat kerusakan pada logam.

### Kisi-Kisi Instrumen Evaluasi Kognitif Radiasi Gelombang Elektromagnetik

Sekolah : SMA Negeri 1 Kajen

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas : XII

Semester : 2

Kompetensi Inti : 3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingi tahunya tentang ilmu pengetahuan teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator	Strategi Asemen			
			No. Item	Bentuk Instrumen	Metode	Ranah
3.9 Mengevaluasi pemikiran dirinya tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi, dan dampaknya pada kehidupan (HS-PS4-4)	Radiasi gelombang elektromagnetik	3.9.1 Membangun penjelasan ilmiah tentang gelombang elektromagnetik dan sifat-sifatnya, baik sebagai model gelombang maupun model partikel dalam suatu spektrum	1, 2, 3, 4 & 5	Uraian	Tes Tertulis	Kognitif
	Manfaat dan dampak gelombang elektromagnetik	3.9.2 Menyusun suatu pernyataan berdasarkan penalaran ilmiah dan bukti terhadap pemanfaatan dan dampak radiasi gelombang elektromagnetik	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	Uraian	Tes Tertulis	
		3.9.3 Membangun suatu argumen yang didukung oleh data dan bukti tentang manfaat dan dampak radiasi gelombang	1, 2	Lembar Observasi	Observasi	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator	Strategi Asesmen			
			No. Item	Bentuk Instrumen	Metode	Ranah
(HS-PS4-3)		elektromagnetik				
		3.9.4 Mengkritik pernyataan dari suatu gagasan dalam diskusi mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik	3, 4	Lembar Observasi	Observasi	
		3.9.5 Mempertahankan argumen terhadap kritik yang diberikan mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik	5, 6	Lembar Observasi	Observasi	
		3.9.6 Memadukan informasi dari sumber yang valid dan kredibel mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	1, 2, 3, 4, 5 & 6	Uraian	Tes Tertulis	
		3.9.7 Menyimpulkan solusi terhadap suatu permasalahan dengan menggunakan kata-kata, tabel atau gambar dari sumber informasi mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	7, 8	Uraian	Tes Tertulis	
		3.9.8 Mengevaluasi data yang diperoleh dari suatu penerapan solusi mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	9	Uraian	Tes Tertulis	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator	Strategi Asesmen			
			No. Item	Bentuk Instrumen	Metode	Ranah
		3.9.9 Memproduksi tulisan yang mengkomunikasikan suatu ide pokok dari bacaan sains mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	10	Uraian	Tes tertulis	

## INSTRUMEN EVALUASI RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Kelas/Semester	: XII/II
Mata Pelajaran	: Fisika
Materi Pokok	: Radiasi Elektromagnetik
Sub Materi	: Bahaya dan Manfaat Radiasi Elektromagnetik
Alokasi Waktu	: 90 menit (5 soal)

---

**Petunjuk: Jawablah pertanyaan berikut dengan penjelasan yang tepat!**

1. Jelaskan secara ilmiah, bagaimana suatu sumber dapat memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
2. Jelaskan secara ilmiah, bahaya polarisasi gelombang elektromagnetik yang terbentuk karena pemantulan dapat membahayakan penglihatan! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
3. Jelaskan secara ilmiah, mengapa dampak gelombang elektromagnetik yang mengionisasi lebih berbahaya daripada gelombang yang tidak mengionisasi! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
4. Jelaskan secara ilmiah, mengapa gelombang radio memiliki panjang gelombang yang sangat panjang namun memiliki frekuensi yang kecil jika dibandingkan gelombang elektromagnetik lainnya! Gunakan persamaan gelombang untuk mendukung argumen kalian!
5. Jelaskan secara ilmiah, mengapa saat di pantai seseorang yang memakai pakaian hitam lebih merasakan panas daripada mereka yang memakai pakaian putih! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
6. Jelaskan secara ilmiah bahaya dari radiasi gelombang elektromagnetik bagi kesehatan kulit! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
7. Jelaskan secara ilmiah, dampak negatif gas rumah kaca terhadap naiknya suhu permukaan bumi! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
8. Jelaskan secara ilmiah, mengapa sinar gamma dan sinar X lebih berbahaya bagi manusia dibandingkan dengan gelombang radio dan mikro! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
9. Jelaskan secara ilmiah, mengapa biotik air di danau yang jernih lebih mudah bertahan hidup dibandingkan biotik air di danau yang keruh atau penuh eceng gondok! Lengkapi argumen kalian dengan data atau bukti yang relevan!
10. Justifikasi spektrum gelombang elektromagnetik yang cocok digunakan dalam bidang komunikasi! Dukung argumentasi kalian dengan informasi yang relevan.
11. Justifikasi spektrum gelombang elektromagnetik yang cocok digunakan sebagai energi alternatif untuk mengatasi krisis energi! Dukung argumentasi kalian dengan informasi yang relevan.
12. Pilihlah cara yang kalian pilih untuk melindungi diri dari radiasi sinar ultraviolet yang berbahaya bagi kehidupan! Dukung argumentasi kalian dengan informasi yang relevan.

13. Pilihlah cara yang kalian pilih untuk melindungi mata dari efek polarisasi gelombang elektromagnetik yang berbahaya penglihatan! Dukung argumentasi kalian dengan informasi yang relevan.
14. Justifikasi cara yang kalian pilih untuk mengurangi pemanasan global yang diakibatkan oleh terjebaknya gelombang elektromagnetik dalam atmosfer! Dukung argumentasi kalian dengan informasi yang relevan.



**KUNCI JAWABAN INSTRUMEN EVALUASI  
RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

No. Soal	Jawaban	Skor
1.	1. Menjelaskan bagaimana terbentuknya medan listrik 2. Menjelaskan bagaimana terbentuknya medan magnetik 3. Menjelaskan sumber radiasi elektromagnetik adalah partikel bermuatan yang berosilasi 4. Menjelaskan menggunakan gambar bahwa partikel bermuatan yang berosilasi menghasilkan medan listrik dan medan magnetik yang berubah terhadap waktu	1 1 1 1
2.	1. Menjelaskan bahwa cahaya tak terpolarisasi memiliki dua atau lebih arah getar medan listrik 2. Menjelaskan bahwa cahaya terpolarisasi memiliki hanya satu arah getar medan listrik 3. Menjelaskan bahwa sinar tak terpolarisasi dapat berubah menjadi sinar terpolarisasi karena dipantulkan oleh permukaan yang licin (dengan disertai gambar) 4. Menjelaskan sinar terpolarisasi berbahaya bagi penglihatan karena sifatnya yang silau	1 1 1 1
3.	1. Menjelaskan bahwa energi gelombang elektromagnetik meningkat seiring besarnya frekuensi gelombang tersebut ( $E=hf$ ) 2. Gelombang dengan energi tinggi seperti sinar UV bersifat mengionisasi terhadap suatu partikel 3. Gelombang dengan energi rendah seperti gelombang radio bersifat tidak mengionisasi 4. Gelombang dengan energi yang besar atau sinar pengion dapat menyebabkan kerusakan sel, terbakar atau mutasi genetik	1 1 1 1
4.	1. Menjelaskan bahwa seluruh gelombang elektromagnetik memenuhi persamaan gelombang ( $c=\lambda f$ ) 2. Persamaan gelombang menunjukkan bahwa panjang gelombang berbanding terbalik terhadap frekuensi 3. Gelombang elektromagnetik seperti gelombang radio memiliki frekuensi yang kecil sehingga memiliki panjang gelombang yang besar 4. Gelombang elektromagnetik seperti sinar gamma memiliki frekuensi yang besar sehingga memiliki panjang gelombang yang kecil	1 1 1 1
5.	1. Menjelaskan perilaku gelombang elektromagnetik sebagai partikel 2. Menjelaskan bahwa energi (foton) gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh inti atom (eksitasi) 3. Menjelaskan bahwa benda hitam dapat menyerap seluruh spektrum warna sinar tampak dan tidak memantulkan panjang gelombang warna 4. Gelombang yang diserapkan menjadikan partikel benda hitam mudah panas	1 1 1 1
6.	1. Menjelaskan bahwa semakin besar frekuensi suatu gelombang elektromagnetik maka energi yang dibawanya semakin besar	1

No. Soal	Jawaban	Skor
	2. Gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi seperti sinar UV, sinar X dan sinar gamma merupakan sinar pengion	1
	3. Sinar pengion mampu melepaskan elektron dari inti atom (ionisasi)	1
	4. Peristiwa ionisasi pada partikel di kulit dapat memicu timbulnya radikal bebas yang merupakan penyebab kanker	1
7.	1. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh atom (peristiwa eksitasi)	1
	2. Menjelaskan bahwa proses eksitasi diiringi proses deeksitasi, yaitu peristiwa memancarkan kembali gelombang elektromagnetik yang diserap	1
	3. Keberadaan partikel gas rumah kaca yang lebih banyak mengakibatkan gelombang infra merah tidak segera dilepaskan ke angkasa	1
	4. Gelombang infra merah (panas) yang terperangkap di atmosfer meningkatkan suhu permukaan bumi	1
8.	1. Menjelaskan bahwa semakin besar frekuensi suatu gelombang elektromagnetik maka energi yang dibawanya semakin besar	1
	2. Gelombang seperti gelombang radio dan mikro membawa energi yang rendah karena frekuensinya yang kecil sehingga tidak berbahaya	1
	3. Gelombang seperti sinar gamma membawa energi yang tinggi karena frekuensinya yang sangat besar sehingga berbahaya bagi manusia	1
	4. Terpapar gelombang dengan energi yang besar dapat menyebabkan kerusakan sel, terbakar atau mutasi genetik	1
9.	1. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik seperti sinar UV bermanfaat untuk proses fotosintesis bagi plankton	1
	2. Danau dengan perairan jernih dapat ditembus dengan mudah oleh sinar UV sehingga plankton yang berada di bawah air dapat melakukan fotosintesis	1
	3. Danau dengan perairan keruh sulit ditembus oleh sinar UV sehingga plankton kesulitan melakukan fotosintesis	1
	4. Ketersediaan plankton yang sedikit mempengaruhi populasi ikan di danau	1
10.	1. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik seperti gelombang radio dapat merambat melewati jarak yang jauh	1
	2. Gelombang radio dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer yang mendukung jangkauan siaran komunikasi	1
	3. Gelombang radio mudah dihasilkan dengan cara mengosilasikan muatan listrik pada antena	1
	4. Sinyal gelombang dapat ditangkap oleh antena penerima (receiver) yang susunannya sederhana dan kecil	1
11.	1. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik dapat bersifat sebagai partikel (foton) yang merupakan paket energi	1
	2. Sinar matahari merupakan gelombang elektromagnetik alami yang jumlahnya berlimpah (energi terbarukan)	1
		1

No. Soal	Jawaban	Skor
	<p>3. Sel-sel photovoltik yang terdapat pada panel surya dapat menyerap energi sinar matahari dengan baik (peristiwa eksitasi). Beda potensial pada kutub-kutub</p> <p>4. Energi sinar matahari dalam satu hari mampu untuk memenuhi kebutuhan listrik seperti memanaskan air, menghidupkan lampu jalan, dll. sehingga mampu mengurangi penggunaan listrik PLN</p>	1
12.	<p>1. Menjelaskan bahwa sinar ultra violet dapat berbahaya bagi kesehatan kulit karena sifat sinar yang mengionisasi</p> <p>2. Bahaya sinar UV masih bisa dicegah dengan cara menghindari atau menghalangi paparan sinar UV (seperti berteduh, mengurangi kegiatan outdoor, menggunakan lotion) Menggunakan lotion adalah cara paling efektif karena meskipun berteduh sinar UV masih bisa mengenai kita melalui pantulan benda sekitar</p> <p>3. Lotion dapat menyerap sinar UV (peristiwa ionisasi) sehingga mengurangi sinar yang mengenai kulit (dibuktikan dengan data atau gambar)</p> <p>4. Dengan berkurangnya paparan sinar UV, kulit terhindar dari penyakit seperti kanker</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
13.	<p>1. Menjelaskan bahwa cahaya terpolarisasi dapat terbentuk karena pemantulan oleh permukaan yang licin. Cahaya terpolarisasi hasil pantulan memiliki medan listrik dengan arah vertikal</p> <p>2. Menjelaskan cara kerja polarisator yang mampu menyeleksi/menyerap medan listrik dengan arah getar tertentu</p> <p>3. Kacamata anti silau bekerja seperti polarisator horizontal yang dapat menyeleksi/menyerap medan listrik dengan arah getar vertikal</p> <p>4. Cahaya terpolarisasi (vertikal) yang menuju mata diserap oleh kacamata anti silau (polarisator horizontal) sehingga mata menerima cahaya yang tidak menyilaukan</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
14.	<p>1. Menjelaskan peristiwa efek rumah kaca secara alami bermanfaat untuk menghangatkan suhu atmosfer (proses eksitasi dan deeksitasi)</p> <p>2. Keberadaan partikel gas rumah kaca yang lebih banyak dari keadaan normal mengakibatkan gelombang infra merah tidak segera dilepaskan ke angkasa sehingga atmosfer menjadi lebih hangat</p> <p>3. Konsentrasi gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub> dan metana meningkat akibat penggunaan kendaraan beremisi gas CO<sub>2</sub> yang berlebihan, asap pembakaran dan berkurangnya jumlah pohon.</p> <p>4. Usaha mengurangi pencemaran CO<sub>2</sub> di antaranya adalah menggunakan penggunaan kendaraan yang rendah emisi CO<sub>2</sub> dan memperbanyak lahan hijau</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>

**INSTRUMEN EVALUASI PROJECT  
RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

Kelas/Semester	: XII/II
Mata Pelajaran	: Fisika
Materi Pokok	: Radiasi Elektromagnetik
Sub Materi	: Bahaya dan Manfaat Radiasi Elektromagnetik
Alokasi Waktu	: 90 menit (5 soal)

---

**Petunjuk: Jawablah pertanyaan berikut dengan sesuai dengan project yang kalian lakukan!**

1. Kemukakan Big Idea kelompok kalian!
2. Analisis pertanyaan Essential Question yang akan dijawab oleh kelompok kalian!
3. Putuskan Challenge yang kelompok kalian akan lakukan!
4. Rumuskan Guiding Question kelompok kalian!
5. Rumuskan Guiding Activities kelompok kalian!
6. Rumuskan Guiding Resources kelompok kalian!
7. Putuskan solusi yang kelompok kalian pilih untuk menjawab challenge!
8. Rencanakan kegiatan apa saja yang akan kelompok kalian lakukan untuk implementasi!
9. Evaluasi kegiatan implementasi yang sudah kelompok kalian lakukan!
10. Kemukakan hal-hal yang kalian pelajari (topik, materi dan implementasi) dalam refleksi kelompok!

### RUBRIK PENILAIAN PROJECT RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

No.	Bagian Makalah	Skor			
		1	2	3	4
1.	Big Idea	Menunjukkan sebuah kepentingan saja	Menunjukkan kepentingan global tanpa mengetahui dampaknya bagi lingkungan lokal siswa	Menunjukkan kepentingan global dan mengetahui dampaknya bagi lingkungan lokal siswa	Menunjukkan kepentingan global dan lokal yang mempunyai arti bagi siswa dan kelompok mereka
2.	Essential Question	Hanya terdiri dari sejumlah pertanyaan	Mengidentifikasi apa saja yang perlu diketahui tentang Big Idea. Tidak mengkonteksualisasikan ide tersebut sehingga pertanyaan sulit dijawab	Mengidentifikasi apa saja yang perlu diketahui tentang Big Idea. Menyaring dan mengkonteksualisasikan ide tersebut	Mengidentifikasi apa saja yang perlu diketahui tentang Big Idea. Menyaring dan mengkonteksualisasikan ide tersebut. Pertanyaan jelas, singkat dan dapat dijawab
3.	Challenge	Tidak memiliki hubungan dengan Essential Question	Perluasan dari Essential Question. Menunjukkan tantangan “dunia nyata”	Perluasan dari Essential Question. Menunjukkan tantangan “dunia nyata”. Dapat menuntun kepada sebuah solusi yang dapat diimplementasikan dan diukur	Perluasan dari Essential Question. Menunjukkan tantangan “dunia nyata”. Dapat menunjukkan kepada suatu solusi yang dapat diimplementasikan dan diukur. Diampikan dengan jelas dan singkat dalam video pendek
4.	Guiding Questions	Hanya terdiri dari beberapa pertanyaan	Pertanyaan masih bersifat terlalu sempit. Pertanyaan hanya mengidentifikasi sebagian kecil solusi bagi Challenge	Pertanyaan secara luas menampilkan apa saja yang butuh untuk dipelajari. Bertujuan mengidentifikasi seluruh solusi bagi Challenge	Pertanyaan secara luas menampilkan apa saja yang butuh untuk dipelajari. Bertujuan mengidentifikasi seluruh solusi bagi Challenge. Sesuai dengan

					standar pendidikan
5.	Guiding Activities	Aktivitas kebanyakan hanya berada di dalam kelas dan tidak membantu menjawab Guiding Question.	Aktivitas berada di dalam maupun luar kelas namun hanya mampu membantu menjawab sedikit Guiding Question. Aktivitas tidak mengarahkan kepada solusi.	Aktivitas berada di dalam maupun luar kelas dan membantu menjawab Guiding Question. Aktivitas mengarahkan kepada solusi yang inovatif, berwawasan dan realistis.	Aktivitas berada di dalam maupun luar kelas dan membantu menjawab Guiding Question. Aktivitas mengarahkan kepada solusi yang inovatif, berwawasan dan realistis. Sesuai dengan standar pendidikan.
6.	Guiding Resources	Sumber informasi tidak jelas dan tidak dapat dipercaya.	Sumber informasi dapat dipercaya dan akurat.	Sumber informasi dapat dipercaya dan akurat. Menampilkan beragam perspektif yang luas.	Sumber informasi dapat dipercaya dan akurat. Menampilkan beragam perspektif yang luas. Melibatkan interaksi dengan ahli lokal, nasional dan internasional.
7.	Solusi	Solusi tidak berhubungan dengan penelitian.	Solusi menunjukkan hasil penelitian dari suatu pertimbangan yang teliti. Solusi terlalu sulit diimplementasikan.	Solusi menunjukkan hasil dari penelitian dari sebuah pertimbangan yang teliti. Dapat diimplementasikan oleh siswa dalam kelompoknya.	Solusi menunjukkan hasil dari penelitian dari sebuah pertimbangan yang teliti. Dapat diimplementasikan oleh siswa dalam kelompoknya. Melibatkan kerja sama dengan suatu kelompok.
8.	Implementasi	Implementasi berisi kegiatan-kegiatan tanpa disaksikan oleh orang lain.	Solusi diimplementasikan pada skala kecil sehingga hanya disaksikan oleh beberapa orang.	Solusi diimplementasikan dengan disaksikan oleh suatu kelompok selama selang waktu tertentu.	Solusi diimplementasikan dengan disaksikan oleh suatu kelompok selama selang waktu tertentu. Solusi ditambah dengan pengumpulan data (monitoring).
9.	Evaluasi	Kesimpulan tidak berhubungan dengan	Kesimpulan diperoleh menggunakan data saat	Kesimpulan diperoleh menggunakan data saat	Kesimpulan diperoleh menggunakan data saat

	Implementasi	data saat implementasi.	implementasi	implementasi. Temuan dipresentasikan dalam laporan tertulis yang jelas dan singkat.	implementasi. Temuan dipresentasikan dalam laporan tertulis dan video yang jelas dan singkat.
10.	Refleksi	Berisi kalimat yang tidak memberikan pandangan mengenai apa yang telah dipelajari.	Berisi kalimat yang jelas dan singkat terhadap topik apa yang telah dipelajari.	Berisi kalimat yang jelas dan singkat terhadap topik dan materi apa yang telah dipelajari.	Berisi kalimat yang jelas dan singkat terhadap topik apa yang telah dipelajari, materi dan implementasi.

**LEMBAR OBSERVASI DISKUSI  
RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

Big Idea :

Kelompok :

Kelas/semester :

**Berilah tanda cek (√) pada kolom yang sesuai dengan penilaian Anda!**

No .	Kategori	Skor			
		1	2	3	4
A. Kualitas					
1.	Pola berpikir siswa saat menyampaikan informasi				
2.	Pola berpikir siswa saat memberikan argumentasi				
3.	Kemampuan siswa dalam membangun kritikan				
4.	Kemampuan mengevaluasi sumber informasi				
5.	Kemampuan mempertahankan pernyataan siswa				
6.	Pola berpikir siswa saat menanggapi kritikan				
B. Sikap					
1.	Keobjektifan dalam menyampaikan informasi				
2.	Keterbukaan terhadap kritikan yang datang				
3.	Tidak menghina (menyela pembicaraan)				
4.	Secara aktif ikut terlibat				

**Keterangan skor :**

4: Baik sekali                      2: Cukup

3: Baik                                1: kurang

Yogyakarta,.....

(.....)



**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN  
GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK  
MODEL PEMBELAJARAN CHALLENGE-BASED LEARNING (CBL)**

Nama Sekolah : SMA \_\_\_\_\_  
Mata Pelajaran : Fisika  
Kelas/Semester : XII/2  
Materi Pokok : Radiasi Gelombang Elektromagnetik  
Alokasi Waktu : 6 JP (3 x 2 JP)

**A. Kompetensi Inti**

1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

**B. Kompetensi Dasar**

- 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan keseimbangan perubahan medan listrik dan medan magnet yang saling berkaitan sehingga memungkinkan manusia mengembangkan teknologi untuk mempermudah kehidupan.
- 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi.
- 3.9 Mengevaluasi pemikiran dirinya tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi, dan dampaknya pada kehidupan (HS-PS4-4) (HS-PS4-3).
- 4.9 Menyajikan hasil analisis tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi dan dampaknya pada kehidupan (HS-PS4-5).

**C. Indikator Pencapaian Kompetensi**

No.	Indikator	PEs
1	2.1.1 Menyajikan hasil pengamatan secara objektif dan apa adanya tentang pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-5
2	2.1.2 Menanggapi kritik yang diberikan oleh orang lain secara terbuka mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	HS-PS4-3

3	3.9.1 Membangun penjelasan ilmiah tentang sifat-sifat gelombang elektromagnetik, baik sebagai model gelombang maupun model partikel dalam suatu spektrum	HS-PS4-4
4	3.9.2 Menyusun suatu pernyataan berdasarkan penalaran ilmiah dan bukti terhadap pemanfaatan dan dampak radiasi gelombang elektromagnetik	HS-PS4-4
5	3.9.3 Membangun suatu argumen yang didukung oleh data dan bukti tentang manfaat dan dampak radiasi gelombang elektromagnetik	HS-PS4-4
6	3.9.4 Mengkritik pernyataan dari suatu gagasan dalam diskusi mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-4
7	3.9.5 Menyimpulkan ide pokok artikel sains dan engineering tentang pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-3
8	3.9.6 Memadukan informasi dari sumber yang valid dan kredibel mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	HS-PS4-3
9	3.9.7 Menyimpulkan solusi terhadap suatu permasalahan dengan menggunakan kata-kata, tabel atau gambar dari sumber informasi mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-3
10	3.9.8 Mengevaluasi data yang diperoleh dari suatu penerapan solusi mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-3
11	3.9.9 Memproduksi tulisan yang mengkomunikasikan suatu ide pokok dari bacaan sains baik dengan menggunakan kata-kata, tabel atau gambar mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	HS-PS4-3
12	4.9.1 Mengemas hasil analisis dalam bentuk presentasi di depan kelas tentang pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan	HS-PS4-5
13	4.9.2 Memproduksi hasil analisis dalam bentuk video tentang pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan serta mempublikasikannya ke khalayak umum	HS-PS4-5

#### D. Kegiatan Pembelajaran

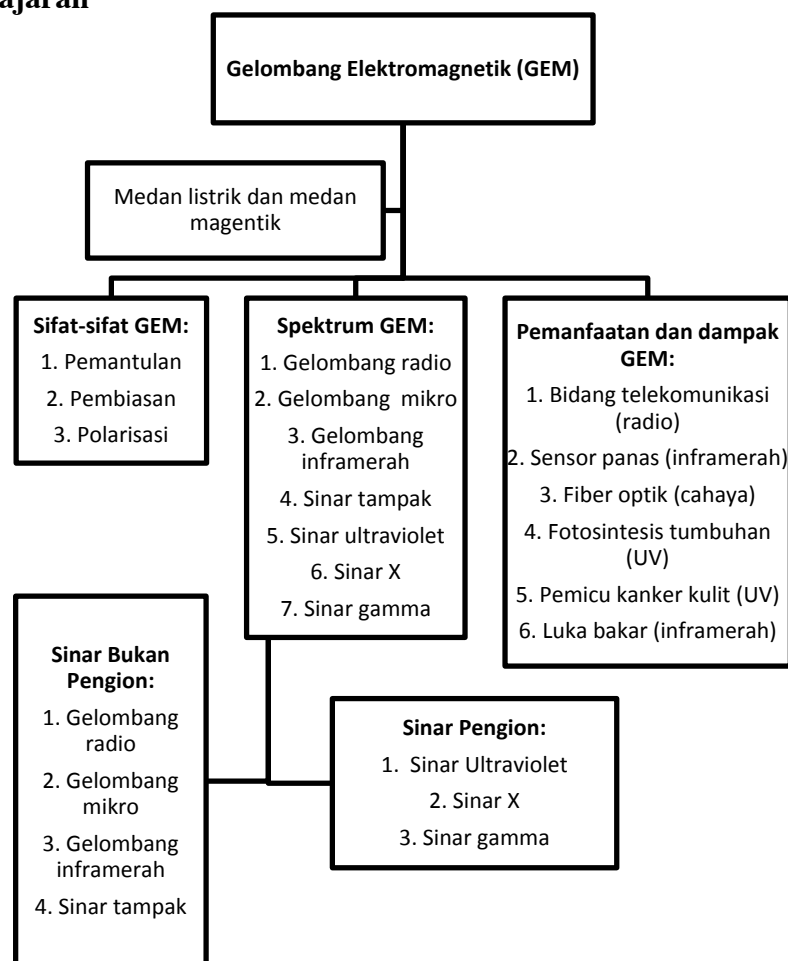
##### 1. Tujuan Pembelajaran

Setelah melaksanakan *project*, presentasi dan tanya jawab diharapkan siswa memiliki sikap ilmiah dan mampu:

- 1) Melalui studi pustaka, siswa dapat dengan cermat menjelaskan sifat dan proses terbentuknya gelombang elektromagnetik
- 2) Melalui diskusi (*peer review*), siswa dapat menjelaskan pemanfaatan dan dampak radiasi gelombang elektromagnetik dengan disertai bukti yang relevan
- 3) Melalui diskusi (*peer review*), siswa dapat menyampaikan gagasannya terhadap suatu permasalahan radiasi elektromagnetik dengan disertai data bukti yang relevan
- 4) Melalui diskusi (*peer review*), siswa dapat menyusun kritik terhadap suatu gagasan mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik
- 5) Melalui diskusi (*peer review*), siswa dapat secara terbuka menanggapi kritik terhadap gagasannya mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik
- 6) Melalui *project*, siswa dapat menyimpulkan ide pokok dari artikel, buku dan jurnal sains dan engineering tentang pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik di lingkungan mereka

- 7) Melalui studi pustaka, siswa dapat memahami pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik dari berbagai sumber informasi ilmiah
- 8) Melalui project, siswa dapat menggunakan kata-kata, tabel, diagram dan persamaan matematika yang ada dalam sumber bacaan ilmiah untuk mengkomunikasikan solusi mereka
- 9) Melalui project, siswa dapat mengevaluasi kekurangan dan kelebihan yang terdapat dalam pelaksanaan project mereka
- 10) Melalui presentasi, siswa dapat mengkomunikasikan secara objektif ide pokok dari berbagai sumber bacaan sains dan engineering tentang pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik di lingkungan mereka
- 11) Melalui studi pustaka, siswa dengan cermat mengurutkan jenis gelombang elektromagnetik berdasarkan besar frekuensinya dan bentuk radiasi yang dihasilkan
- 12) Melalui diskusi (*peer review*), siswa dapat menyebutkan sumber penghasil radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
- 13) Melalui *project*, siswa dapat menyebutkan contoh pemanfaatan dan dampak gelombang elektromagnetik
- 14) Melalui presentasi, siswa dengan objektif menampilkan contoh pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan

## 2. Materi Pembelajaran



## 3. Metode Pembelajaran

- 1) Model : Pembelajaran berbasis *challenge* (CBL)
- 2) Metode : Presentasi, tanya jawab, dan diskusi

3) Pendekatan : Saintifik

#### 4. Media, Alat, dan Sumber Belajar

- 1) Media : Slide Power Point, papan tulis, LKS, video, dan gambar
- 2) Alat dan Bahan : -
- 3) Sumber Bacaan :
  - a. Kanginan, Marthen. 2015. *FISIKA untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Erlangga
  - b. Lasmi, N. K. 2015. *Mandiri Fisika untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Erlangga
  - c. Handayani, S dan Damari, A. 2009. *FISIKA untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
  - d. Giancoli, Douglas. 2005. *PHYSICS: Principles with Application*. USA: 6<sup>th</sup> ed. Pearson Prentice Hall

#### 5. Langkah Pembelajaran

##### 1. Pertemuan Pertama (2 JP)

Rincian Kegiatan	Waktu
<p>a. Pendahuluan</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Guru mengkondisikan siswa untuk memulai pembelajaran (mengucapkan salam, berdoa, dan melakukan presensi siswa)</li> <li>2) Sebagai apersepsi, siswa diberi kesempatan untuk mengingat kembali dua jenis gelombang berdasarkan cara merambatnya yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik.          “Perlu kalian ketahui, terdapat dua jenis gelombang berdasarkan cara merambatnya. Pada pertemuan yang lalu, kalian sudah mempelajari tentang salah satu jenis gelombang yaitu gelombang suara. Suara dihasilkan oleh suatu benda yang bergetar secara periodik. Getaran tersebut mengakibatkan partikel udara di sekelilingnya ikut bergetar. Getaran diteruskan ke segala arah hingga sampai ke telinga kita. Tanpa udara, getaran tidak bisa diteruskan ke telinga.          Berbeda dengan gelombang suara, gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat dengan atau tanpa udara (perantara).”</li> <li>3) Guru mengaitkan peristiwa perpindahan gelombang elektromagnetik dapat berlaku seperti perpindahan kalor secara radiasi.          “Masih ingatkah kalian mengapa panas matahari bisa sampai ke bumi? Salah satu jenis perindahan kalor adalah dengan cara radiasi. Peristiwa tersebut membuktikan bahwa sinar matahari yang merupakan gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa melalui medium/perantara. Sinar matahari/cahaya akan terasa hangat apabila terkena kulit kita karena cahaya bergerak dengan membawa sejumlah energi berupa kalor.”</li> <li>4) Sebagai penggalan konsepsi awal, guru menampilkan <i>slide</i> tentang bagaimana suatu gelombang elektromagnetik dihasilkan dan bagaimana energi bisa ditransfer misalnya seperti sinar matahari yang mampu menghangatkan permukaan bumi.</li> <li>5) Guru menyampaikan tujuan pembelajaran.</li> </ol>	10 menit
<p>b. Kegiatan Inti</p> <p>Guru meminta siswa duduk dalam tatanan pembelajaran kooperatif sambil mengingatkan keterampilan kooperatif yang akan dilatihkan dan bagaimana cara mengikuti pelatihan keterampilan kooperatif.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Mengamati (10 menit)</li> </ol>	70 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
<ul style="list-style-type: none"> <li>Siswa menyimak informasi kegiatan pembelajaran dan menyepakati tata tertib pelaksanaan pembelajaran</li> <li>Kemudian siswa mengamati video animasi tentang proses terbentuknya gelombang radio dan sifat-sifat cahaya.</li> </ul> <p>2) Menanya (5 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Siswa (kelompok) dibimbing untuk merumuskan pertanyaan tentang proses terbentuknya gelombang radio dan sifat-sifat cahaya.</li> </ul> <p>3) Mengumpulkan Informasi (30 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Selanjutnya guru membentuk kelompok belajar minimal terdiri dari 5 siswa pada setiap kelompok.</li> <li>Membimbing siswa (kelompok) untuk menentukan sumber informasi yang diperlukan.</li> <li>Siswa (kelompok) berdiskusi mengenai informasi yang terkumpul dari berbagai sumber</li> <li>Siswa menyimak informasi kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan untuk menjawab berbagai pertanyaan yang muncul dan berkaitan dengan pengamatan yang mereka lakukan.</li> <li>Siswa (kelompok) menganalisis bahan ajar yang disediakan guru.</li> </ul> <p>4) Mengasosiasikan (15 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Membimbing siswa (kelompok) untuk mengolah informasi pada proses penemuan sumber dan sifat-sifat gelombang elektromagnetik.</li> <li>Siswa (kelompok) menganalisis kesesuaian antara informasi dari berbagai literatur dan referensi yang mendukung dengan konsep gelombang elektromagnetik.</li> <li>Siswa (kelompok) mencatat hasil diskusi.</li> </ul> <p>5) Mengkomunikasikan (10 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Secara bergiliran seorang perwakilan dari masing-masing kelompok mempresentasikan hasil studi pustaka mereka dan diikuti diskusi kelas yang dibimbing oleh guru.</li> <li>Siswa menyampaikan pendapat dan tanggapannya, menganalisis dan membandingkan hasil pengamatan yang dilakukan kelompoknya dengan kelompok lain.</li> </ul>	
<p>c. Kegiatan penutup</p> <p>Guru meminta siswa untuk membaca bahan ajar gelombang elektromagnetik yang telah diberikan. Guru mengatakan bahwa pada pertemuan berikutnya akan mempelajari pemanfaatan dan dampak gelombang elektromagnetik pada kehidupan sehari-hari.</p>	10 menit

## 2. Pertemuan Kedua (2 JP)

Rincian Kegiatan	Waktu
<p>a. Pendahuluan</p> <p>1) Guru membuka kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam dan berdoa, kemudian guru memeriksa kehadiran siswa.</p> <p>2) Guru mengingatkan kembali kepada siswa tentang materi yang diajarkan sebelumnya. Guru menjelaskan kepada siswa keberadaan gelombang elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari:</p> <p>“Gelombang elektromagnetik sangat dekat dengan kehidupan kita sehari-hari. Gelombang elektromagnetik yang paling mudah diamati adalah</p>	10 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
<p>cahaya. Cahaya mempunyai manfaat yang besar karena membantu penglihatan manusia. Namun, tahukah kalian bahwa spektrum gelombang elektromagnetik lainnya memiliki peran yang juga besar bagi kehidupan manusia? Di sisi lain, masing-masing spektrum memiliki sifat-sifat yang juga dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup.”</p> <p>3) Guru mengatakan kepada siswa bahwa materi radiasi elektromagnetik ini akan dipelajari melalui kegiatan project. Guru kemudian menjelaskan secara ringkas fase pembelajaran Challenge.</p> <p>4) Guru memulai fase pembelajaran berbasis Challenge. Topik <i>challenge</i> yang diambil bertujuan untuk mempelajari <b>sifat-sifat gelombang elektromagnetik</b>.</p>	
<p>b. Kegiatan Inti</p> <p>Guru meminta siswa duduk dalam tatanan pembelajaran kooperatif sambil mengingatkan keterampilan kooperatif yang akan dilatihkan dan bagaimana cara mengikuti pelatihan keterampilan kooperatif.</p> <p>1) Mengamati (Big Ideas) (10 menit)</p> <p>Guru menampilkan informasi mengenai permasalahan-permasalahan yang tengah menjadi sorotan dunia. Siswa diminta untuk mengamati permasalahan-permasalahan tersebut.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Guru menampilkan isu-isu global yang sedang hangat terjadi di dunia. Topik isu global yang diberikan berkaitan dengan sifat-sifat gelombang elektromagnetik. Isu yang dipilih seperti isu <b>dampak sinar matahari terhadap kesehatan mata, kelancaran komunikasi dan cuaca ekstrim</b>. Isu-isu disajikan dalam bentuk video yang bisa ditonton dan diunduh dari Youtube.</li> <li>Dari video tersebut, siswa dapat mengamati permasalahan-permasalahan yang sedang terjadi di dunia. Siswa diminta untuk mengaitkan permasalahan global tersebut dengan permasalahan yang ada di lingkungan mereka. Siswa dibimbing untuk menyadari bahwa permasalahan global tersebut juga ada di lingkungan mereka. Siswa diajak untuk mengerti bahwa untuk menyelesaikan permasalahan global tersebut dapat dilakukan dengan menyelesaikan permasalahan serupa yang ada di lingkungan mereka. Contoh permasalahan seperti kurangnya kesadaran turis dalam melindungi kesehatan mata saat berada di tempat wisata pantai atau laut.</li> </ul> <p>2) Menanya (Essential Questions) (5 menit)</p> <p>Dari video yang telah ditampilkan tadi, guru menjelaskan mengenai urgensi permasalahan gelombang elektromagnetik yang ada di dunia, misalnya:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>“Pada musim liburan, tempat wisata seperti pantai menjadi ramai oleh para pengunjung. Meskipun mereka telah menggunakan pelindung kepala, radiasi matahari yang berbahaya masih bisa mengenai mereka. Sinar matahari dapat dipantulkan oleh objek-objek yang ada di pantai seperti pasir berwarna putih. Sehingga secara tidak sadar mata telah mengalami gangguan penglihatan.”</li> <li>“Komunikasi merupakan hal yang penting bagi manusia. Teknologi yang populer digunakan untuk komunikasi adalah handphone. Perangkat ini praktis karena mudah dibawa ke mana saja (wireless). Namun, keadaan sinyal handphone mudah terganggu oleh kondisi cuaca yang buruk. Tidak jarang, kegiatan panggilan telepon dan browsing mengalami gangguan pada saat melakukan kegiatan penting.”</li> </ul>	70 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Dunia memiliki siklus musim panas dan musim dingin yang berganti secara periodik. Pada beberapa dekade ini, dunia dihadapkan dengan isu perubahan cuaca yang terlalu ekstrim. Hidup dalam iklim yang ekstrim ini mengakibatkan kita lebih mudah mengalami dehidrasi atau hipotermia. Manusia harus bisa beradaptasi dengan lingkungan dengan menjaga suhu tubuh mereka.”</li> </ul> <p>Guru membimbing siswa untuk bertanya mengenai permasalahan yang berkaitan dengan fenomena gelombang elektromagnetik yang ada di lingkungan siswa, misalnya:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bagaimana keadaan pantai di daerah kalian saat musim panas? Bagaimana sinar matahari dapat dipantulkan oleh objek-objek sekitar? Apakah yang bisa kita lakukan agar terlindung dari gangguan penglihatan akibat pantulan sinar matahari?</li> <li>• Bagaimana gelombang elektromagnetik bisa dimanfaatkan untuk komunikasi radio dan telepon di tempat kalian? Apa yang bisa kita lakukan untuk mengatasi masalah komunikasi yang kurang lancar pada jaringan <i>wireless</i> di daerah kalian?</li> <li>• Apakah di tempat kalian pernah mengalami cuaca yang sangat panas atau sangat dingin? Apa yang bisa kalian lakukan untuk menghadapi isu cuaca yang ekstrim pada saat musim kemarau dan musim penghujan? Bagaimana suatu benda berwarna hitam dapat lebih cepat panas ketika disinari cahaya?</li> </ul> <p>Kemudian, guru membagikan bahan ajar dan LKS untuk memperluas pengetahuan siswa tentang tantangan-tantangan yang berkaitan tentang radiasi elektromagnetik kepada tiap kelompok.</p> <p>3) Challenge (5 menit)</p> <p>Guru mengajak siswa untuk melaksanakan project yang berkaitan dengan isu-isu di lingkungannya. Guru memberikan contoh Challenge yang merupakan perubahan Essential Questions menjadi bentuk kalimat dengan tujuan “menantang (challenge)”. Contoh Challenge dari Essential Question sebelumnya, yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melindungi penglihatan dari pantulan sinar matahari dengan cara menggunakan kaca mata anti UV.</li> <li>• Menyarankan penggunaan fiber optik sebagai alternatif jaringan <i>wireless</i> untuk komunikasi yang lebih lancar.</li> <li>• Menghadapi isu cuaca yang ekstrim dengan memanfaatkan warna pakaian yang digunakan.</li> </ul> <p>4) Mengumpulkan Informasi (Guiding Activities and Information) (20 menit)</p> <p>Siswa mengumpulkan informasi untuk merencanakan solusi dari tantangan melalui kegiatan diskusi, tanya jawab, studi literatur, dan analisis secara berkelompok dengan menggunakan bahan ajar dan lembar kerja siswa tentang fenomena radiasi elektromagnetik.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru meminta kelompok untuk mengeksplorasi berbagai informasi yang diperlukan dengan menggunakan fasilitas yang disediakan sekolah. Informasi bisa diakses siswa melalui laboratorium, perpustakaan dan internet (PC lab, laptop atau smartphone).</li> </ul>	

Rincian Kegiatan	Waktu
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Di perpustakaan, siswa melaksanakan studi literatur. Siswa diminta untuk mencari satu sumber referensi terkait permasalahan yang dihadapi. Sedangkan untuk memberikan solusi, siswa diminta mencari tiga sumber referensi. Siswa kemudian membuat rangkuman singkat informasi yang diperoleh. Informasi boleh berasal dari buku teks yang tersedia di perpustakaan atau internet.</li> <li>• Di laboratorium, siswa melaksanakan kegiatan praktikum terkait permasalahan yang mereka atasi. Kegiatan siswa dipandu dengan lembar kerja siswa dan peralatan yang telah disediakan. Siswa memperoleh data yang diperlukan kemudian menganalisisnya. Dari hasil percobaan tersebut, siswa memperoleh kesimpulan yang dapat mendukung solusi siswa.</li> </ul> <p>5) Mengasosiasi (Solution) (15 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa mengaitkan informasi yang telah diperoleh dengan permasalahan radiasi elektromagnetik.</li> <li>• Dari kegiatan mengumpulkan informasi, siswa dapat mendiskusikan berbagai macam alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan radiasi elektromagnetik.</li> <li>• Siswa mengusulkan sebuah solusi nyata terbaik yang dapat diimplementasikan.</li> </ul> <p>6) Mengkomunikasikan (10 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa menjelaskan informasi yang telah dikumpulkan dan aktivitas yang telah dilakukan tentang sifat-sifat gelombang elektromagnetik.</li> <li>• Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil diskusi dan studi literatur mereka tentang solusi dari tantangan yang mereka pilih.</li> <li>• Guru memberikan kesempatan kepada kelompok lain untuk menyampaikan pertanyaan dan kelompok presenter untuk merespon pertanyaan/sanggahan yang dikemukakan.</li> <li>• Guru mendiskusikan dan mengoreksi kevalidan dan reliabilitas sumber informasi pada studi literatur yang dilakukan siswa.</li> <li>• Guru menyampaikan penguatan dan koreksi mengenai materi ajar, hasil tanya jawab dan diskusi yang dilakukan mengenai radiasi elektromagnetik.</li> </ul> <p>7) Implementasi (Implementation) (5 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masing-masing kelompok merencanakan bagaimana mereka akan menerapkan solusi mereka ke dunia nyata. Rencana implementasi solusi mencakup waktu, tempat, media dan objek pelaksanaan.</li> <li>• Masing-masing kelompok mempresentasikan rencana kegiatan yang akan mereka lakukan untuk menerapkan solusi yang telah mereka rancang.</li> <li>• Guru memastikan siswa agar benar-benar melaksanakan solusi mereka di luar jam sekolah. Guru memberikan tugas untuk mencatat hasil implementasi yang mereka lakukan di lapangan dengan video.</li> </ul>	
<p>c. Kegiatan penutup</p> <p>1) Guru memberikan kesempatan pada siswa untuk menyampaikan kesimpulan dan refleksi tentang pembelajaran berbasis Challenge yang telah dilakukan berkaitan dengan sifat-sifat gelombang elektromagnetik.</p>	10 menit



Rincian Kegiatan	Waktu
2) Guru memberikan tugas kepada siswa (bagi yang belum selesai) untuk melanjutkan kegiatan praktikum atau mencari informasi di luar jam sekolah. 3) Guru kembali mengingatkan kepada masing-masing kelompok untuk melaksanakan solusi yang telah mereka rancang dan mendokumentasikannya. 4) Siswa diminta mengumpulkan video hasil implementasi solusi mereka minggu depan.	

## 3. Pertemuan Ketiga (2 JP)

Rincian Kegiatan	Waktu
a. Pendahuluan 1) Guru membuka kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam dan berdoa, kemudian guru memeriksa kehadiran siswa. 2) Untuk memotivasi siswa, guru menampilkan salah satu video terbaik yang dibuat siswa. Guru menjelaskan bahwa ilmu yang mereka pelajari apabila diterapkan dapat bermanfaat bagi lingkungan sekitar. 3) Guru mereview secara singkat kegiatan project pertemuan sebelumnya tentang sifat-sifat gelombang elektromagnetik. 4) Guru kembali memulai fase pembelajaran berbasis Challenge seperti pada pertemuan sebelumnya. Topik <i>challenge</i> yang diambil bertujuan untuk mempelajari <b>pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik</b> .	10 menit
b. Kegiatan Inti (Mengorganisasikan siswa agar duduk dalam tatanan pembelajaran kooperatif) 1) Mengamati (Big Ideas) (10 menit) Guru menampilkan informasi mengenai permasalahan-permasalahan yang tengah menjadi sorotan dunia. Siswa diminta untuk mengamati permasalahan-permasalahan tersebut. <ul style="list-style-type: none"> <li>Guru menampilkan isu-isu global yang sedang hangat terjadi di dunia. Topik isu global yang diberikan berkaitan dengan pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik. Isu yang dipilih seperti <b>isu dampak sinar ultraviolet terhadap kanker kulit, ketahanan energi dan kualitas perairan danau</b>. Isu-isu disajikan dalam bentuk video yang bisa ditonton dan diunduh dari Youtube.</li> <li>Dari video tersebut, siswa dapat mengamati permasalahan-permasalahan yang sedang terjadi di dunia. Siswa diminta untuk mengaitkan permasalahan global tersebut dengan permasalahan yang ada di lingkungan mereka. Siswa dibimbing untuk menyadari bahwa permasalahan global tersebut juga ada di lingkungan mereka. Siswa diajak untuk mengerti bahwa untuk menyelesaikan permasalahan global tersebut dapat dilakukan dengan menyelesaikan permasalahan serupa yang ada di lingkungan mereka. Contoh permasalahan seperti kurangnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan air danau/sungai.</li> </ul> 2) Menanya (Essential Questions) (5 menit) Dari video yang telah ditampilkan tadi, guru menjelaskan mengenai urgensi permasalahan gelombang elektromagnetik yang ada di dunia, misalnya: <ul style="list-style-type: none"> <li>“Radiasi yang dipancarkan matahari memuat berbagai macam spektrum gelombang elektromagnetik. Radiasi dipancarkan mulai dari frekuensi rendah sampai yang berbahaya bagi makhluk hidup. Beberapa radiasi</li> </ul>	70 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
<p>seperti sinar X ditangkal oleh atmosfer bumi. Namun, sinar ultraviolet bisa sampai ke permukaan bumi.”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Bahan bakar minyak (BBM) merupakan sumber energi yang paling banyak digunakan, mulai untuk transportasi hingga pembangkit listrik. BBM terus dieksploitasi besar-besaran. Padahal, bahan bakar tersebut merupakan sumber energi tak terbarukan yang akan habis suatu saat.”</li> <li>• “Air merupakan sumber kehidupan bagi makhluk hidup yang ada di suatu planet. Kebutuhan air bagi makhluk hidup di daratan sangat bergantung pada danau atau sungai di sekitar mereka. Danau atau sungai yang memiliki air jernih akan dikelilingi oleh biota darat dan air yang beragam.”</li> </ul> <p>Guru membimbing siswa untuk bertanya mengenai permasalahan yang berkaitan dengan fenomena gelombang elektromagnetik yang ada di lingkungan siswa, misalnya:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bagaimana dampak sinar ultraviolet terhadap sektor kesehatan di lingkunganmu? Apa yang bisa kita lakukan untuk mengurangi potensi terkena kanker kulit akibat sinar ultraviolet?</li> <li>• Bagaimana radiasi elektromagnetik bisa dimanfaatkan untuk menghadapi isu kekurangan energi? Apa yang bisa kita lakukan untuk mengurangi penggunaan listrik PLN di rumah kalian?</li> <li>• Bagaimana keadaan danau/sungai di lingkunganmu? Apakah danau/sungai dalam keadaan kritis akibat pencemaran? Apa yang bisa kita lakukan untuk memperbaiki keadaan danau tersebut?</li> </ul> <p>3) Challenge (5 menit)</p> <p>Guru mengajak siswa untuk melaksanakan project yang berkaitan dengan isu-isu di lingkungannya. Guru memberikan contoh Challenge yang merupakan perubahan Essential Questions menjadi bentuk kalimat dengan tujuan “menantang (challenge)”. Contoh Challenge dari Essential Question sebelumnya, yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengurangi/mencegah paparan sinar UVB penyebab kanker kulit dengan cara menggunakan lotion anti UV saat beraktivitas di saing hari</li> <li>• Menyarankan pemanfaatan <i>solar cell</i> (panel surya) sebagai sumber energi alternatif di era kelangkaan sumber energi minyak</li> <li>• Menjaga kejernihan air danau/sungai dengan mengkonsumsi air bersih secara efektif (tidak berlebihan) dalam kegiatan sehari-hari</li> </ul> <p>4) Mengumpulkan Informasi (Guiding Activities and Information) (20 menit)</p> <p>Siswa mengumpulkan informasi untuk merencanakan solusi dari tantangan melalui kegiatan diskusi, tanya jawab, studi literatur, dan analisis secara berkelompok dengan menggunakan bahan ajar dan lembar kerja siswa tentang fenomena radiasi elektromagnetik.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guru meminta kelompok untuk mengeksplorasi berbagai informasi yang diperlukan dengan menggunakan fasilitas yang disediakan sekolah. Informasi bisa diakses siswa melalui laboratorium, perpustakaan dan internet (PC lab, laptop atau smartphone).</li> <li>• Di perpustakaan, siswa melaksanakan studi literatur. Siswa diminta untuk mencari satu sumber referensi terkait permasalahan yang dihadapi. Sedangkan untuk memberikan solusi, siswa diminta mencari tiga sumber</li> </ul>	

Rincian Kegiatan	Waktu
<p>referensi. Siswa kemudian membuat rangkuman singkat informasi yang diperoleh. Informasi boleh berasal dari buku teks yang tersedia di perpustakaan atau internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Di laboratorium, siswa melaksanakan kegiatan praktikum terkait permasalahan yang mereka atasi. Kegiatan siswa dipandu dengan lembar kerja siswa dan peralatan yang telah disediakan. Siswa memperoleh data yang diperlukan kemudian menganalisisnya. Dari hasil percobaan tersebut, siswa memperoleh kesimpulan yang dapat mendukung solusi siswa.</li> </ul> <p>5) Mengasosiasi (Solution) (15 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa mengaitkan informasi yang telah diperoleh dengan permasalahan radiasi elektromagnetik.</li> <li>• Dari kegiatan mengumpulkan informasi, siswa dapat mendiskusikan berbagai macam alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan radiasi elektromagnetik.</li> <li>• Siswa mengusulkan sebuah solusi nyata terbaik yang dapat diimplementasikan.</li> </ul> <p>6) Mengkomunikasikan (10 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siswa menjelaskan informasi yang telah dikumpulkan dan aktivitas yang telah dilakukan tentang pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik.</li> <li>• Masing-masing kelompok mempresentasikan hasil diskusi dan studi literatur mereka tentang solusi dari tantangan yang mereka pilih.</li> <li>• Guru memberikan kesempatan kepada kelompok lain untuk menyampaikan pertanyaan dan kelompok presenter untuk merespon pertanyaan/sanggahan yang dikemukakan.</li> <li>• Guru mendiskusikan dan mengoreksi kevalidan dan reliabilitas sumber informasi pada studi literatur yang dilakukan siswa.</li> <li>• Guru menyampaikan penguatan dan koreksi mengenai materi ajar, hasil tanya jawab dan diskusi yang dilakukan mengenai radiasi elektromagnetik.</li> </ul> <p>7) Implementasi (Implementation) (5 menit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Masing-masing kelompok merencanakan bagaimana mereka akan menerapkan solusi mereka ke dunia nyata. Rencana implementasi solusi mencakup waktu, tempat, media dan objek pelaksanaan.</li> <li>• Masing-masing kelompok mempresentasikan rencana kegiatan yang akan mereka lakukan untuk menerapkan solusi yang telah mereka rancang.</li> <li>• Guru memastikan siswa agar benar-benar melaksanakan solusi mereka di luar jam sekolah. Guru memberikan tugas untuk mencatat hasil implementasi yang mereka lakukan di lapangan dengan video.</li> </ul>	
<p>c. Kegiatan penutup</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Guru memberikan kesempatan pada siswa untuk menyampaikan kesimpulan dan refleksi tentang pembelajaran berbasis Challenge yang telah dilakukan berkaitan dengan pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik.</li> <li>2) Guru memberikan tugas kepada siswa (bagi yang belum selesai) untuk melanjutkan kegiatan praktikum atau mencari informasi di luar jam sekolah.</li> <li>3) Guru kembali mengingatkan kepada masing-masing kelompok untuk melaksanakan solusi yang telah mereka rancang dan mendokumentasikannya.</li> </ol>	10 menit

Rincian Kegiatan	Waktu
4) Siswa diminta mengumpulkan video hasil implementasi solusi mereka minggu depan.	

## 6. Penilaian

### A. Teknik Penilaian

Penilaian dilakukan dengan tes dan observasi terhadap proses diskusi

1. 8 soal uraian untuk mengukur kemampuan siswa dalam Enganging in Argumen from Evidence.
2. 8 soal uraian yang diperoleh dari pelaksanaan project untuk mengukur kemampuan siswa dalam Obtaining Evaluating and Communicating Information.

### B. Kisi-Kisi Instrumen Penilaian

Terlampir

### C. Rubrik Penilaian

Terlampir

Guru Mata Pelajaran Fisika

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 2016  
Mahasiswa

NIP.

Nino Munawanto, S.Pd  
NIM. 15726251014

Mengetahui,  
Kepala Sekolah SMA

NIP.



## LEMBAR KERJA SISWA

— PEMBELAJARAN FISIKA KELAS 12 —  
**GELOMBANG  
ELEKTROMAGNETIK**  
— BERBASIS CHALLENGE-BASED LEARNING —

**SCIENTIFIC  
APPROACH**



Dipadukan dengan:



**NEXT GENERATION  
SCIENCE  
STANDARDS**

**LEMBAR KERJA SISWA: GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**  
untuk siswa SMA/MA kelas XII

Disusun Oleh:

**Nino Munawanto, S.Pd.**

**Prof. Dr. Jumadi, M.Pd.**



## **BAB**

### Gelombang Elektromagnetik

## **SUBBAB**

### Pemanfaatan dan Bahaya Radiasi Elektromagnetik

## **TUJUAN PEMBELAJARAN**

Setelah melaksanakan *project*, presentasi dan tanya jawab diharapkan siswa memiliki sikap ilmiah dan mampu:

- 1) Melalui studi pustaka, siswa dengan cermat mengumpulkan informasi dari bacaan mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik
- 2) Melalui studi pustaka, siswa dengan cermat menjelaskan sifat dan proses terbentuknya gelombang elektromagnetik
- 3) Melalui studi pustaka, siswa dengan cermat mengurutkan jenis-jenis gelombang elektromagnetik dan bentuk radiasi yang dihasilkan
- 4) Melalui diskusi (*peer review*), siswa dapat menyebutkan sumber penghasil radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
- 5) Melalui *project*, siswa dapat menyebutkan pemanfaatan dan dampak gelombang elektromagnetik
- 6) Melalui presentasi, siswa dengan objektif menampilkan pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan
- 7) Melalui diskusi (*peer review*), siswa dapat mengkritik pernyataan dari suatu gagasan dalam diskusi mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik

## **PETUNJUK PEMBELAJARAN**

- 1) Pembelajaran berbasis Challenge meminta anda untuk mengerjakan sebuah *project* sehingga membutuhkan kerja sama kelompok. Buatlah kelompok kalian masing-masing. Setiap kelompok terdiri dari 5 siswa.
- 2) Setelah anggota terkumpul, bagilah peran/tanggung jawab untuk setiap anggota kelompok. Secara umum, jenis peran/tanggung jawab kelompok ada di halaman 4. Isi juga lembar kontrak pada halaman sebagai bukti komitmen kamu dalam kelompok ini.
- 3) Kalian siap memulai pembelajaran berbasis Challenge. Gunakan lembar Panduan Challenge pada halaman untuk memandu *project* secara teratur. Manfaatkan Bahan Ajar Gelombang Radiasi Elektromagnetik sebagai sumber informasi *project*.
- 4) Sebagai refleksi pembelajaran berbasis Challenge, silahkan isi lembar refleksi setelah pembelajaran berakhir.

### PETUNJUK PENGGUNAAN LKPD

- 1) **Jenis Peran dan Tanggung Jawab:** Berisi berbagai peran penting dalam suatu project yang dapat dipilih oleh siswa.
- 2) **Kontrak Kelompok Challenge:** Sebuah formulir yang diisi oleh peserta didik. Form ini merupakan perjanjian antar anggota dalam kelompok agar berkomitmen menjalankan perannya.
- 3) **Daftar Project:** Berisi berbagai macam project yang bisa dipilih oleh peserta didik. Satu kelompok melaksanakan satu project.
- 4) **Storyline Proposal Challenge:** Lembar ini dapat digunakan untuk merencanakan Challenge sehingga project memiliki rencana dan tujuan yang jelas.
- 5) **Storyline untuk Solusi:** Lembar ini dapat digunakan untuk mencatat dan mendokumentasikan kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan saat proses implementasi solusi.

### TARGET HARUS DICAPAI SISWA

- 1) Siswa mampu mengumpulkan informasi dari buku, artikel atau informan mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik
- 2) Siswa mampu menyebutkan sumber penghasil radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari melalui kegiatan diskusi
- 3) Siswa mampu menyebutkan pemanfaatan dan dampak gelombang elektromagnetik melalui kegiatan *project*
- 4) Siswa mampu menampilkan pemanfaatan radiasi elektromagnetik dalam teknologi dan dampaknya terhadap lingkungan
- 5) Siswa mampu mengkritik pernyataan dari suatu gagasan dalam diskusi mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik



## JENIS PERAN DAN TANGGUNG JAWAB ANGGOTA KELOMPOK

	<b>Project Manager</b>	Mengatur keseluruhan proses, termasuk menjaga perkembangan kelompok agar tetap sesuai dengan tujuan, selesai tepat <i>deadline</i> , mengatur produktivitas kelompok, menjaga moral kelompok dan lainnya.
	<b>Ahli Dokumentasi</b>	Mengembangkan rencana dan strategi untuk mendokumentasikan seluruh peristiwa melalui teks, audio, dan video. Bekerja sama dengan tim produksi untuk merekam peristiwa penting.
	<b>Ahli Media</b>	Mengelola proses produksi untuk semua media yang direkam selama proses <i>project</i> . Merencanakan bagaimana cara untuk merekam, mengedit, mengatur, dan mempublikasikan media.
	<b>Product Manager</b>	Bertanggung jawab untuk mengelola bahan akhir termasuk presentasi, bahan cetak, produk web, video, dan sebagainya.
	<b>Peneliti Pustaka</b>	Mengatur proses pengembangan Guiding Question. Mencari sumber informasi yang diperlukan untuk menjawab Guiding Questions. Mengumpulkan dan mengolah informasi dari <b>Peneliti</b> . Mengkonsultasikan <i>project</i> dengan guru secara langsung.
	<b>Peneliti</b>	Bekerja sama dengan <b>Peneliti Pustaka</b> untuk merencanakan kegiatan Guiding Activities. Membantu mengumpulkan sumber informasi untuk menjawab Guiding Questions. Saling membantu dengan <b>Ahli Dokumentasi</b> dan berbagi jawaban dengan lainnya.
	<b>Humas</b>	Menjaga relasi dengan informan-informan penting. Saat kegiatan implementasi, menjelaskan kepada siswa, sekolah dan masyarakat lokal mengenai tujuan <i>project</i> kelompok. Menangani pertanyaan dari masyarakat dengan dibantu dari pihak sekolah.
	<b>Social Media / Collaboration Director</b>	Mengelola komunitas <i>online</i> baik di dalam kelompok maupun publik. Memastikan bahwa ruang <i>online</i> tersedia untuk kerja sama dan dokumentasi. Merekomendasikan dan mengelola penggunaan penyebaran informasi, termasuk jejaring sosial dan situs video.

## KONTRAK KELOMPOK PEMBELAJARAN BERBASIS CHALLENGE

Big Idea : \_\_\_\_\_ Nama Kelompok : \_\_\_\_\_

Essential Question : \_\_\_\_\_

Challenge : \_\_\_\_\_

Kelompok kalian akan bekerja bersama selama Pembelajaran Berbasis Challenge berlangsung. Untuk menjadi anggota kelompok yang efektif, menaati segala peraturan kelompok sangat penting. Baca kebijakan/peraturan kelompok di bawah ini. Jika kalian setuju dengan kebijakan tersebut, tanda tangani pada bagian yang telah disediakan. Jika kelompok kalian ingin menambahkan kebijakan lain, silahkan tambahkan sendiri di daftar kebijakan di bawah ini.

- Berkompromi** Setiap peserta kelompok menjalankan peran dan tanggung jawabnya masing-masing. Dengan menjalankan perannya, setiap peserta berkontribusi terhadap kemajuan kelompok.
- Bekerjasama** Setiap peserta kelompok diharapkan bekerjasama dengan kelompok.
- Berkolaborasi** Bekerja bersama rekan kelompokmu agar menjadi sebuah kelompok sains.
- Berkomitmen** Curahkan segala usahamu untuk kelompok ini dan kerjakan tugas-tugasmu.
- Berkomunikasi** Bicara dalam kelompok dan bersedia berbagi pendapat. Setiap anggota kelompok memiliki kecerdasan yang luar biasa. Pastikan setiap anggota kelompok memahami apa yang sedang dikatakan.
- Saling Menghargai** Hargai perasaan teman satu kelompok. Ketika kamu tidak setuju dengan teman sekelompok, jangan menaruh dendam pribadi. Kamu boleh tidak menyukai ide orang tersebut, namun memanggil ide atau orang tersebut dengan kata-kata yang tidak pantas sangat tidak sopan.
- Hidup Bersama** Bekerja dengan cara bersama-sama satu dengan yang lain. Jika kelompok kalian mengalami masalah, segera bertanya kepada guru atau pemberi saran untuk meminta bantuan.

Anggota Kelompok	Peran dan Tanggung Jawab

Tanggal/Waktu Tenggat	Rencana Produk yang Dihasilkan

Tanda Tangan Kelompok:

No.	Nama Anggota	Tanda Tangan

**“Are you ready to accept the challenge? If you are, you already  
make a way to the better earth!”  
#ChallengeBasedLearning**

## PANDUAN CHALLENGE UNTUK KELOMPOK

### Langkah Kerja Challenge

Agar kalian teratur dalam melaksanakan pembelajaran berbasis Challenge, silahkan ikuti langkah-langkah kerja berikut ini:

1. Pada awal pembelajaran berbasis Challenge, kelompok kalian harus menentukan Big Ideas dan Essential Questions. Kalian bisa menggunakan bahan ajar yang disediakan untuk menentukan Big Ideas dan Essential Questions milik kelompok kalian sendiri. Contoh Big Idea dan Essential Question adalah sebagai berikut:
  - Big Idea: ketahanan energi, kesehatan, lingkungan, dll.
  - Essential Question: Apa yang bisa dilakukan untuk mengatasi krisis energi? Bagaimana cara kita mengurangi pencemaran udara?
2. Tentukan Challenge dari Essential Questions yang sudah kalian pilih sebelumnya. Challenge merupakan tindakan yang akan kalian lakukan untuk menjawab Essential Questions. Contoh Challenge adalah sebagai berikut:
  - Challenge: mengatasi krisis energi dengan memanfaatkan solar cell
3. Sebelum melaksanakan Challenge, kalian perlu memandu (*guiding*) kelompok untuk menemukan apa saja studi/penelitian yang dibutuhkan untuk melaksanakan Challenge. Tentukan Guiding Question, Guiding Activities dan Guiding Resources kelompok kalian.
  - ❖ Info: kalian bisa menggunakan Storyline yang disediakan pada halaman 29 untuk mencatat apa saja yang dibutuhkan atau telah dilakukan.
4. Setelah kalian menemukan apa saja yang diperlukan untuk melaksanakan Challenge, sekarang saatnya kalian melaksanakan Challenge tersebut. Kegiatan ini dinamakan implementasi. Catat dan dokumentasikan implementasi kelompok kalian.
5. Publikasikan ke seluruh dunia mengenai Challenge yang telah kalian lakukan dengan cara mengupload video singkat berdurasi 5 menit.
6. Masing-masing kelompok bisa melaksanakan kegiatan *project* baik di dalam maupun di luar kelas saat di luar jam pelajaran berlangsung
7. Target yang harus dicapai siswa adalah melaksanakan kegiatan *project* termasuk mengumpulkan informasi dari sumber (buku, artikel atau informan), melaksanakan eksperimen, mendiskusikan hasil kegiatan bersama kelompok lain di kelas dan menampilkan laporan kegiatan *project*.

## DAFTAR PROJECT



### **Project 1. Menghindari Bahaya Sinar UV dengan Menggunakan Lotion Anti UV**

Isu rusaknya lingkungan telah menjadi ancaman yang serius bagi kehidupan manusia. Kerusakan atmosfer pada lapisan ozon memberikan ancaman bahaya radiasi matahari yang tidak diinginkan seperti sinar Ultraviolet B (UVB).



### **Project 3. Memanfaatkan Cahaya Matahari Untuk Mengatasi Krisis Energi**

Pada masa modern ini, dunia dihadapkan pada isu yang tengah menjadi sorotan yaitu ketahanan energi. Isu mengenai menipisnya cadangan minyak bumi, sumber energi alam yang tidak dapat diperbaharui, menjadi ancaman yang tidak mungkin dihindari.



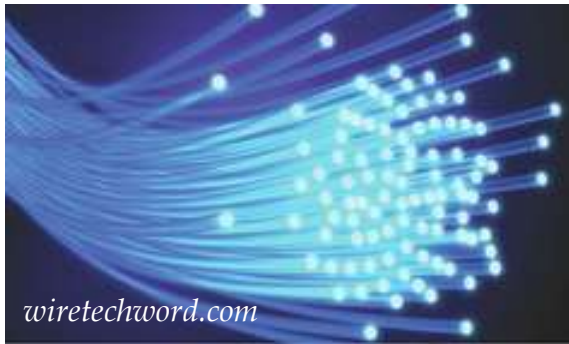
### **Project 2. Menghindari Bahaya Kebutaan Akibat Pantulan Sinar Matahari**

Kesibukan seseorang mampu memaksa dia berada seharian penuh di bawah sinar matahari. Meskipun telah menggunakan pelindung kepala, secara tidak langsung radiasi matahari masih bisa mengenai mereka. Sinar matahari yang terlalu terang tidak baik bagi kesehatan mata.



### **Project 4. Mengatasi Pemanasan Global Akibat Terperangkapnya Sinar Infra Merah**

Setiap harinya kendaraan menghasilkan gas buang yang buruk bagi lingkungan. Emisi gas oleh kendaraan menyumbang kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi. Keberadaan CO<sub>2</sub> yang berlebihan di atmosfer menyebabkan panas matahari terperangkap.



**Project 5. Menyarankan Penggunaan Fiber Optik untuk Komunikasi yang Lebih Lancar**

Komunikasi merupakan hal yang penting bagi manusia. Teknologi yang populer digunakan untuk komunikasi adalah handphone. Perangkat ini praktis karena mudah dibawa ke mana saja (wireless).

Namun, keadaan sinyal handphone mudah terganggu oleh kondisi cuaca yang buruk. Tidak jarang, kegiatan panggilan telepon dan browsing mengalami gangguan.



**Project 7. Melestarikan Biotik di Dasar Danau dengan Menjaga Kejernihan Air**

Plankton, dasar dari seluruh rantai makanan yang ada di air, kehidupannya sangat bergantung pada cahaya matahari. Isu polusi air tidak hanya mengancam kehidupan manusia namun juga masa depan ekosistem di dasar air.



**Project 6. Memanfaatkan Warna Untuk Menjaga Keseimbangan Suhu Saat Perubahan Musim**

Dunia memiliki siklus musim panas dan musim dingin yang berganti secara periodik. Pada beberapa dekade ini, dunia dihadapkan dengan isu perubahan iklim yang terlalu ekstrim. Hidup dalam iklim yang ekstrim ini mengakibatkan kita lebih mudah mengalami dehidrasi atau hipotermia.

## PROJECT 1. Menghindari Bahaya Sinar UV dengan Menggunakan Lotion Anti UV

### **BIG IDEA**

**Kesehatan.** Pada masa modern ini, isu rusaknya lingkungan sudah menjadi ancaman yang serius bagi kehidupan manusia. Lapisan ozon adalah lapisan atmosfer yang penting karena melindungi ekosistem dari bahaya radiasi matahari yang tidak diinginkan seperti sinar Ultraviolet (UV). Alaminya, sebagian dari beberapa UV yang bermanfaat akan diteruskan ke bumi. Sedangkan sebagian gelombang yang berbahaya “ditolak” oleh lapisan ozon. Namun, kegiatan manusia menghasilkan gas buang seperti CFC pada mesin pendingin telah menyebabkan kerusakan ozon. Hal ini bisa menyebabkan lapisan ozon tidak bisa memilih antara UV baik dan jahat.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apakah yang bisa kita lakukan untuk menghindari bahaya sinar UV?

### **CHALLENGE**

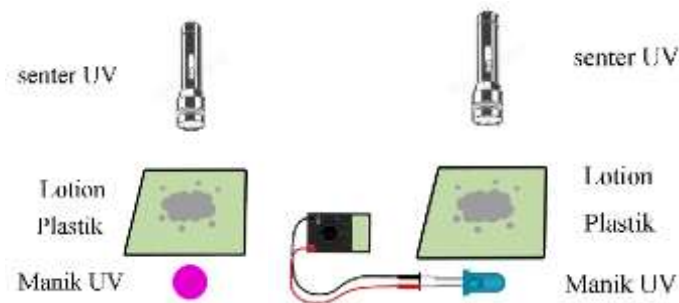
Menghindari bahaya sinar UV dengan menggunakan lotion anti UV (*sunblock*).

### **GUIDING ACTIVITIES**

- A. Mencari beberapa artikel atau media berita yang berhubungan dengan bahaya sinar UV pada kesehatan kulit manusia. Kemudian menjelaskan ide pokok dari artikel-artikel tersebut. Contohnya adalah seperti di bawah ini:
  - Sinar UV merupakan sinar yang sifatnya mengionisasi:  
<http://halosehat.com/penyakit/sumber-penyakit/bahaya-sinar-ultraviolet>
- B. Melakukan eksperimen sederhana di laboratorium: Menentukan Efektivitas Berbagai Kekuatan SPF *Sunblock* dalam Menghalangi Radiasi UV (*sumber: all-science-fair-projects.com*).
  - a. Alat dan Bahan Perobaan
    - 1) Beberapa *sunblock*/lotion anti UV dengan berbagai SPF (Sun Protection Factor) seperti 4, 15 dan 30
    - 2) Detektor sinar UV (manik berubah warna dan LED UV)
    - 3) Senter UV
    - 4) Bungkus plastik transparan
    - 5) Multimeter
  - b. Langkah Percobaan
    - 1) Siapkan lotion anti UV dengan berbagai kekuatan SPF (misal 4, 15 dan 30).
    - 2) Oleskan lotion anti UV di permukaan plastik transparan secara merata dan cukup tebal. Tandai besar SPF yang digunakan pada plastik tersebut dengan menggunakan spidol.



- 3) Letakkan detektor UV di dalam bungkus plastik tersebut. Detektor UV seperti manik akan berubah warna karena bereaksi secara sensitif dengan sinar UV. Deteksi UV bisa diamati dengan munculnya warna pada manik. Sedangkan detektor UV seperti LED UV akan menghasilkan arus listrik yang bisa diamati dengan menggunakan multimeter.
- 4) Letakkan bungkus plastik tersebut di bawah senter UV pada jarak tertentu dan tunggu selama 5 menit.



Gambar 1. Susunan peralatan percobaan dengan (a) menggunakan manik UV dan (b) menggunakan dioda UV

- 5) Ulangi kegiatan b sampai d dengan menggunakan lotion yang memiliki kekuatan SPF berbeda.
- 6) Tulis hasil pengamatan perubahan warna manik pada tabel di bawah ini.

Jarak senter UV : \_\_\_\_\_ cm

	Tanpa Lotion	SPF 4	SPF 15	SPF 30
Warna Manik				

- 7) Catat hasil pengamatan LED UV pada tabel di bawah ini.

No.	Perlindungan	Arus Listrik (Ampere)
1.	Tanpa Lotion	
2.	Lotion SPF 4	
3.	Lotion SPF 15	
4.	Lotion SPF 30	

- 8) Amati perubahan warna pada masing-masing percobaan. Catat dan tandai manik yang paling cerah dan manik yang paling gelap. Mengapa demikian?

C. Mengumpulkan sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel yang mendukung solusi kalian dalam menjawab Essential Question. Kemudian merangkum informasi-informasi tersebut.



No.	Informasi	Sumber Informasi
1.	Sinar UV dapat memicu kanker	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar gelombang elektromagnetik</li> <li><a href="https://cetaphil.co.id/id/mengetahui-radiasi-sinar-uv/">https://cetaphil.co.id/id/mengetahui-radiasi-sinar-uv/</a></li> </ul>
2.	Cara kerja lotion dalam menangkai sinar UV	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="https://www.rei.com/learn/expert-advice/sunscreen-how-it-works.html">https://www.rei.com/learn/expert-advice/sunscreen-how-it-works.html</a></li> <li><a href="http://tabloidnova.com/Mode-Dan-Kecantikan/Kecantikan/Sunblock-Atau-Sunscreen">http://tabloidnova.com/Mode-Dan-Kecantikan/Kecantikan/Sunblock-Atau-Sunscreen</a></li> </ul>
3.	Kemampuan lotion anti UV dalam menangkai sinar UV	Ahli farmasi, dokter spesialis kulit

D. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, lakukan diskusi untuk merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab Essential Question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian dapat menemukan solusi untuk menghindari bahaya sinar UV. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Catat dan monitor solusi yang kalian terapkan tersebut seperti tabel di bawah ini. Dokumentasikan *project* kalian dalam video berdurasi 5 menit dan upload video tersebut ke internet.

Implementasi : Meningkatkan kesadaran teman-teman akan bahaya sinar UV dengan cara menyarankan penggunaan lotion anti UV saat melakukan kegiatan di luar ruangan pada siang hari

No.	Nama	Aktivitas saat Siang Hari (10:00-14:00)					
		Hari Pertama			Hari Kedua		
		Kegiatan	Durasi (menit)	Lotion Anti UV	Kegiatan	Durasi (menit)	Lotion Anti UV
1.	Toni	Olah raga	100	X	Upacara	45	V
2.							
3.							

Keterangan:

X : Tidak menggunakan lotion anti UV

V : Menggunakan lotion anti UV

## PROJECT 2. Menghindari Gangguan Penglihatan Akibat Cahaya Silau Matahari

### **BIG IDEA**

**Kesehatan.** Kesibukan di luar rumah menyebabkan seseorang harus berinteraksi langsung dengan radiasi sinar matahari. Meskipun mereka telah menggunakan pelindung kepala, secara tidak langsung bagian lain tubuh kita masih bisa terpapar sinar matahari. Radiasi sinar matahari bisa mengenai tubuh kita melalui pantulan objek-objek di sekitar kita. Hal tersebut biasanya terjadi ketika seseorang melakukan kegiatan di tempat terbuka seperti bertamasya di pantai atau berlayar mencari ikan di laut. Pantulan sinar matahari yang terik mampu mengakibatkan bahaya kebutaan pada mata tanpa kita sadari.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

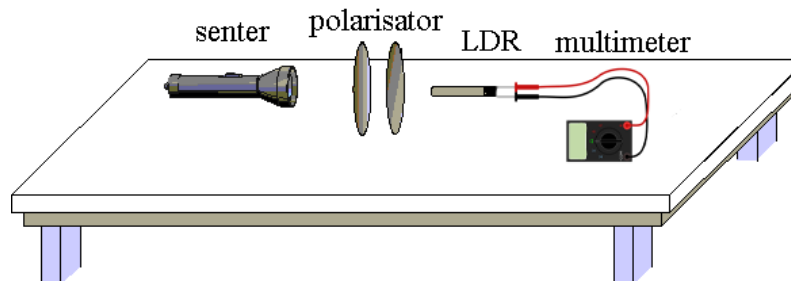
Apakah yang bisa kita lakukan agar terlindung dari gangguan penglihatan akibat pantulan sinar matahari?

### **CHALLENGE**

Melindungi penglihatan dari pantulan sinar matahari dengan cara menggunakan kaca mata anti UV.

### **GUIDING ACTIVITIES**

- A. Mencari beberapa artikel atau media berita yang berhubungan dengan bahaya sinar matahari bagi penglihatan dan kesehatan mata. Kemudian menjelaskan ide pokok dari artikel-artikel tersebut. Contohnya adalah seperti di bawah ini:
  - Sinar UV pada cahaya matahari dapat membahayakan kesehatan mata:  
<http://www.optikmelawai.com/kesehatan-mata/bahaya-sinar-uv-bagi-mata.html>
- B. Melakukan eksperimen sederhana di laboratorium: Pengaruh Sudut Polarisator terhadap Intensitas Cahaya (*sumber*: buku praktikum universitas).
  - a. Alat dan Bahan Percobaan
    - 1) Detektor intensitas cahaya / Light Dependent Resistance (LDR)
    - 2) Multimeter
    - 3) Lampu Bohlam
    - 4) Polarisator
  - b. Langkah-langkah Percobaan
    - 1) Kalian dapat menyusun alat sederhana untuk mengukur intensitas cahaya dengan menggunakan komponen LDR (Light Dependent Resistor). LDR adalah resistor yang nilainya berubah-ubah tergantung dari intensitas cahaya yang mengenainya.
    - 2) Susun lampu, polarisator 1 & 2, dan LDR seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Susunan peralatan percobaan polarisasi cahaya.

- 3) Biarkan polarisator pertama tetap dalam posisi awalnya. Putar polarisator kedua pada sudut  $15^\circ$ .
- 4) Catat besarnya hambatan yang ditampilkan oleh LDR menggunakan multimeter.
- 5) Kembalikan polarisator kedua pada sudut  $0^\circ$ . Ulangi percobaan dengan memutar polarisator pada sudut yang berbeda ( $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ , dst.). Pengamatan dapat dicatat dengan menggunakan format tabel di bawah.

No.	Sudut Putar ( $^\circ$ )	Hambatan (ohm)	Intensitas (lx)
1.	15		
2.	30		
...	...		
6.	90		

- 6) Konversikan hambatan yang diukur LDR menjadi besaran intensitas cahaya (lx) dengan persamaan berikut ini:

$$I = \frac{k}{R^{1,7}}$$

dengan nilai  $k = 0,464 \Omega \cdot \text{lx}$

- 7) Amati data yang kalian peroleh. Sudut putar manakah yang menghasilkan hambatan paling besar/intensitas paling kecil? Apakah hubungannya dengan cara kerja kaca mata anti silau?

C. Mengumpulkan sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel yang mendukung solusi kalian untuk menjawab Essential Question. Kemudian merangkum informasi-informasi tersebut.

No.	Informasi	Sumber Informasi
1.	Polarisasi cahaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar gelombang elektromagnetik</li> <li>Buku fisika SMA kelas 12</li> </ul>
2.	Cara kerja kaca mata anti silau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar gelombang elektromagnetik</li> <li><a href="http://www.kacamatapolaris.com/index.php?route=pavblog/blog&amp;id=11">http://www.kacamatapolaris.com/index.php?route=pavblog/blog&amp;id=11</a></li> </ul>

		• Toko optik terdekat
--	--	-----------------------

D. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, lakukan diskusi untuk merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab Essential Question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian dapat menemukan solusi untuk melindungi mata dari bahaya kebutaan ketika berada di pantai atau laut. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian seperti pada tabel di bawah ini. Dokumentasikan *project* kalian dalam video berdurasi 5 menit dan upload video tersebut ke internet.

Implementasi : Meningkatkan kesadaran teman-teman saya untuk peduli menjaga kesehatan mata dengan cara mensosialisasikan pentingnya menggunakan kaca mata anti UV saat berada di pantai dan laut

No.	Tanggal	Lokasi Wisata	Perkiraan Cuaca	Rekomendasi Kaca Mata Anti UV	Sasaran Sosialisasi	Media Sosialisasi
1.	01/01/2017	Pantai Parangtritis	Panas terik	Perlu	Siswa SMA dan wisatawan	Messenger, facebook, twitter, radio
		Pantai Kukup	Panas terik	Perlu		
		Pantai Wedi Ombo	Mendung	Tidak Perlu		
2.						
3.						

### PROJECT 3. Memanfaatkan Cahaya Matahari Untuk Mengatasi Krisis Energi

#### **BIG IDEA**

**Ketahanan Energi.** Manusia menggunakan sumber energi yang terdapat di alam untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka. Sumber energi seperti minyak bumi adalah energi yang paling populer karena mudah digunakan. Bahan bakar minyak bumi banyak dimanfaatkan untuk keperluan transportasi, bahan bakar industri, dan lain-lain. Meskipun demikian, pada masa modern ini dunia dihadapkan pada isu ketahanan energi. Setiap tahun, manusia mengonsumsi sekitar 11 milyar ton bahan bakar minyak. Sementara itu, cadangan bahan bakar minyak berkurang 4 milyar ton setiap tahunnya. Ilmuwan memprediksi bahwa bahan bakar minyak akan menjadi sulit ditemukan pada 40 tahun mendatang. Minyak bumi adalah sumber energi alam yang tidak dapat diperbaharui (energi tak terbarukan) dan jumlahnya semakin berkurang jika terus dieksploitasi besar-besaran.

#### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apakah yang bisa kita lakukan untuk menghadapi isu krisis energi yang sedang terjadi di dunia?

#### **CHALLENGE**

Menghadapi isu krisis energi dengan cara mendukung penggunaan solar cell yang memanfaatkan energi terbarukan (cahaya).

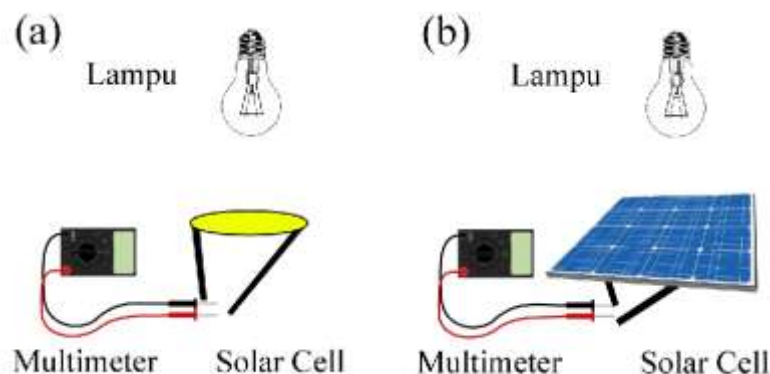
#### **GUIDING ACTIVITIES**

- A. Mencari beberapa artikel atau media berita yang berhubungan dengan krisis energi. Kemudian menjelaskan ide pokok dari artikel-artikel tersebut. Contohnya adalah seperti di bawah ini:
  - Sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang jumlahnya akan habis suatu saat:  
[https://id.wikipedia.org/wiki/Energi\\_tak\\_terbarukan](https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_tak_terbarukan)
- B. Melakukan eksperimen sederhana di laboratorium: Pengaruh Intensitas Cahaya dengan Arus Listrik yang Dihasilkan Solar Cell (*sumber: all-science-fair-projects.com*).
  - a. Alat dan Bahan Percobaan
 

1) Solar Cell	4) Multimeter
2) Light Diode Resistance (LDR)	5) Kabel penjepit buaya
3) Lampu bohlam	
  - b. Langkah-Langkah Percobaan
    - Mengukur Intensitas Cahaya Bohlam
    - 1) Rangkai lampu bohlam, LDR dan multimeter seperti pada gambar 3(a). Hubungkan kaki-kaki LDR dengan ujung-ujung multimeter (tanpa

mementingkan kutub). LDR adalah resistor yang nilainya berubah terhadap intensitas cahaya yang mengenainya.

- 2) Posisikan LDR pada permukaan datar dan letakkan di bawah lampu bohlam. Atur ketinggian lampu pada ketinggian tetap, misal 30 cm.
  - 3) Hidupkan lampu bohlam dan catat besar hambatan yang diukur multimeter.
  - 4) Lanjutkan percobaan dengan menggunakan beberapa variasi daya lampu (watt) berbeda. Kemudian catat hasil pengamatanmu pada tabel di bawah ini.
- Mengukur Arus yang Mengalir pada Solar Cell
- 1) Solar cell dapat digunakan sebagai sumber energi karena dapat menghasilkan arus listrik ketika solar cell disinari cahaya matahari.
  - 2) Posisikan solar cell pada permukaan datar dan letakkan di bawah lampu bohlam (menggantikan posisi LDR sebelumnya). Atur ketinggian lampu pada ketinggian yang sama (30 cm).
  - 3) Hubungkan solar cell ke multimeter dengan menggunakan kabel penjepit.
  - 4) Catat pengukuran arus pada multimeter.
  - 5) Lanjutkan percobaan dengan menggunakan beberapa variasi daya lampu (watt) berbeda. Kemudian catat hasil pengamatanmu pada tabel di bawah ini.



Gambar 3. Susunan peralatan percobaan solar cell. (a) Mengukur intensitas cahaya bohlam dengan menggunakan LDR. (b) Mengukur arus listrik yang mengalir pada solar cell.

Ketinggian lampu : \_\_\_\_\_ cm

No.	Daya Lampu (Watt)	Hambatan (Ohm)	Intensitas Cahaya (lx)	Arus (Ampere)
1.	Bohlam 10 Watt			
2.	Bohlam 25 Watt			
3.	Bohlam 60 Watt			

- 6) Konversikan hambatan yang diukur LDR menjadi besaran intensitas cahaya (lx) dengan persamaan berikut ini:

$$I = \frac{k}{R^{1,7}}$$

dengan nilai  $k = 0,464 \Omega \cdot \text{lx}$

- 7) Buatlah grafik intensitas cahaya vs arus listrik! Bagaimana hubungan intensitas cahaya yang mengenai solar cell dengan arus listrik yang dihasilkan solar cell? Apakah yang bisa kalian simpulkan?
- C. Mengumpulkan sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel yang mendukung solusi kalian untuk menjawab Essential Question. Kemudian merangkum informasi-informasi tersebut.

No.	Informasi	Sumber Informasi
1.	Model cahaya sebagai partikel (foton)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar</li> <li>Buku fisika SMA untuk kelas 12</li> <li><a href="http://www.onfisika.com/2013/01/dualisme-gelombang-cahaya-sebagai.html">http://www.onfisika.com/2013/01/dualisme-gelombang-cahaya-sebagai.html</a></li> </ul>
2.	Cara kerja sel photovoltaic	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://belajarelektroika.net/cara-kerja-solar-cell-panel-pembangkit-listrik-tenaga-surya/">http://belajarelektroika.net/cara-kerja-solar-cell-panel-pembangkit-listrik-tenaga-surya/</a></li> <li><a href="http://elektronika-dasar.web.id/solar-cell/">http://elektronika-dasar.web.id/solar-cell/</a></li> </ul>

- D. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, lakukan diskusi untuk merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab Essential Question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian dapat menemukan solusi untuk menghadapi isu krisis energi yang sedang terjadi di dunia. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian seperti pada tabel di bawah ini. Dokumentasikan *project* kalian dalam video berdurasi 5 menit dan upload video tersebut ke internet.

Implementasi : Meningkatkan kesadaran teman-teman saya dalam memanfaatkan energi alternatif dengan cara mendata kebutuhan daya listrik (watt) mereka dan menyarankan penggunaan solar cell

No.	Nama Siswa	Alat Elektronik dan Lama Penggunaannya Setiap Hari	Total Daya Per Hari (watt hour)	Jumlah Solar Cell yang Dibutuhkan
1.	Ani	Kipas angin: 80 watt x 1 jam Lampu belajar: 12 watt x 2 jam Laptop: 90 watt x 4 jam	464	2
2.				
3.				

Keterangan:

Solar cell yang disarankan adalah solar cell sederhana (50 watt peak) yang mampu menyediakan kapasitas daya 225 watt per hari.

## PROJECT 4. Mengatasi Efek Pemanasan Global Akibat Terperangkapnya Sinar Infra Merah

### **BIG IDEA**

**Lingkungan.** Setiap harinya, kendaraan seperti motor, mobil dan bus mengeluarkan gas buang. Gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan-kendaraan tersebut mengandung CO<sub>2</sub> di dalamnya. Penggunaan kendaraan bermotor turut menyumbang jumlah gas CO<sub>2</sub> yang ada di atmosfer bumi. Gas CO<sub>2</sub> merupakan kelompok gas rumah kaca yang memiliki sifat 'menahan' panas. Keberadaan CO<sub>2</sub> yang berlebihan di atmosfer menyebabkan panas matahari yang terperangkap menjadi lebih banyak. Terperangkapnya panas yang lebih banyak menyebabkan atmosfer bumi menjadi lebih hangat dari biasanya. Peristiwa kekeringan dan mencairnya es di kutub utara menjadi isu lingkungan saat ini.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apa yang bisa kalian lakukan untuk mengatasi isu pemanasan global?

### **CHALLENGE**

Mengatasi isu pemanasan global dengan cara mengurangi penggunaan kendaraan yang mengeluarkan emisi gas CO<sub>2</sub>

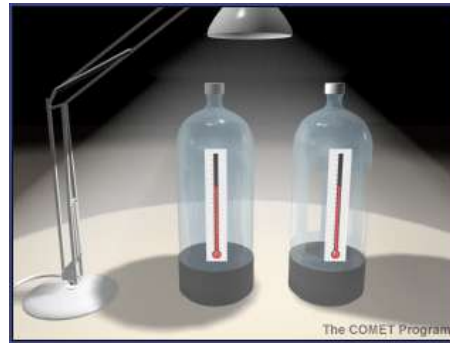
### **GUIDING ACTIVITIES**

- A. Mencari beberapa artikel atau media berita yang berhubungan dengan efek rumah kaca. Kemudian menjelaskan ide pokok dari artikel-artikel tersebut. Contohnya adalah seperti di bawah ini:
  - Meningkatkan suhu permukaan bumi akibat efek rumah kaca:  
[https://id.wikipedia.org/wiki/Efek\\_rumah\\_kaca](https://id.wikipedia.org/wiki/Efek_rumah_kaca)
- B. Melakukan eksperimen sederhana di laboratorium: Hubungan Penurunan Suhu Terhadap Waktu pada Beberapa Sumber CO<sub>2</sub> (*sumber: juliantrubin.com*).
  - a. Alat dan Bahan Percobaan
    - 1) Termometer ruangan
    - 2) Plastik
    - 3) Kotak transparan
    - 4) Lampu bohlam
    - 5) Asap kendaraan bermotor
    - 6) Pasir berwarna hitam
    - 7) Selotip
  - b. Langkah-Langkah Percobaan
    - 1) Siapkan plastik sebagai wadah untuk mengambil gas CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> akan diambil dari gas buang kendaraan bermotor (mobil). Konsentrasi CO<sub>2</sub> pada gas buang mobil diperkirakan sebanyak 12%. Gas CO<sub>2</sub> adalah penyebab efek



rumah kaca karena gas ini mampu menahan panas dalam jangka waktu yang relatif lebih lama.

- 2) Pindahkan gas CO<sub>2</sub> pada plastik tersebut ke dalam wadah transparan yang berisi pasir hitam.
- 3) Sinari pasir hitam dengan menggunakan lampu bohlam hingga suhu awal gas mencapai 30° Celcius.



Gambar 4. Susunan peralatan percobaan efek rumah kaca.

- 4) Hentikan penyinaran. Amati penurunan suhu yang terjadi setiap dua menit selama sepuluh menit.
- 5) Catat perubahan suhu yang terjadi dengan menggunakan tabel di bawah ini.
- 6) Ulangi percobaan dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub> dari sumber yang berbeda. Gas CO<sub>2</sub> dapat diperoleh dari ekskresi pernafasan dan udara normal. Konsentrasi CO<sub>2</sub> pada ekskresi pernafasan diperkirakan sebanyak 4% dan udara normal sebanyak 0,038%.

Suhu gas mula-mula : \_\_\_\_\_ Celcius

No.	Sumber CO <sub>2</sub>	Persentase Konsentrasi CO <sub>2</sub>	Suhu Udara dalam Kotak (°C)					
			2 menit	4 menit	6 menit	8 menit	10 menit	12 menit
1.	Ekskresi pernafasan	0,038%						
2.	Gas buang mobil	4%						
3.	Udara normal	12%						

- 7) Buatlah grafik temperatur vs waktu dari eksperimen tersebut!
- 8) Amati data yang kalian peroleh dan tampilkan dalam bentuk grafik. Jenis gas manakah yang penurunan panasnya paling lama? Gas manakah yang penurunan panasnya paling cepat? Apa hubungannya dengan fenomena pemanasan global?

C. Mengumpulkan sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel yang mendukung solusi kalian untuk menjawab Essential Question. Kemudian merangkum informasi-informasi tersebut.

No.	Informasi	Sumber Informasi
1.	Radiasi sinar inframerah	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar gelombang elektromagnetik</li> <li>Buku fisika SMA kelas 12</li> </ul>
2.	Proses efek rumah kaca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buku fisika SMA kelas 11</li> <li><a href="http://fisikazone.com/efek-rumah-kaca-pada-atmosfer/">http://fisikazone.com/efek-rumah-kaca-pada-atmosfer/</a></li> </ul>
3.	Gas penyusun efek rumah kaca	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://blogs.itb.ac.id/pencemud1klp5/2016/03/10/parameter-sumber-dan-dampak-gas-rumah-kaca-2/">http://blogs.itb.ac.id/pencemud1klp5/2016/03/10/parameter-sumber-dan-dampak-gas-rumah-kaca-2/</a></li> </ul>

D. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, lakukan diskusi untuk merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab Essential Question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian dapat menemukan solusi untuk mengatasi isu pemanasan global. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian seperti pada tabel di bawah ini. Dokumentasikan *project* kalian dalam video berdurasi 5 menit dan upload video tersebut ke internet.

Implementasi : Meningkatkan kesadaran teman-teman saya dalam mengurangi polusi gas CO<sub>2</sub> dengan cara mendata transportasi yang mereka gunakan dan menyarankan penggunaan transportasi rendah emisi CO<sub>2</sub> pada saat berangkat sekolah

No.	Nama	Jarak Tempuh ke Sekolah	Transportasi yang Digunakan					Sosialisasi Pemanasan Global
			Mode Transportasi A		Mode Transportasi B			
			Motor	Mobil	Jalan Kaki	Sepeda	Mikrolet/ Bus	
1.	Susi	4 km	√					√
2.								
3.								

Keterangan:

- Mode transportasi A adalah jenis mode transportasi yang banyak menyumbang gas CO<sub>2</sub> di atmosfer.
- Mode transportasi B adalah jenis mode transportasi yang disarankan untuk meminimalisir emisi gas CO<sub>2</sub> di atmosfer.

## PROJECT 5. Menyarankan Penggunaan Fiber Optik untuk Komunikasi yang Lebih Lancar

### **BIG IDEA**

**Komunikasi.** Komunikasi merupakan hal yang sangat penting bagi manusia. Melalui komunikasi manusia dapat saling berhubungan satu sama lain baik untuk tujuan silaturahmi, bisnis atau lainnya. Tidak ada manusia yang tidak terlibat dalam komunikasi. Salah satu teknologi yang populer digunakan untuk komunikasi adalah handphone. Perangkat ini praktis karena memanfaatkan sinyal dari antena pemancar sehingga mudah dibawa ke mana saja (*wireless*). Meskipun demikian, keadaan sinyal handphone mudah terganggu oleh kondisi cuaca yang buruk. Tidak jarang, kegiatan panggilan telepon dan *browsing* mengalami gangguan. Di Indonesia, kelancaran koneksi internet masih tergolong rendah dibandingkan negara-negara lain. Survei menunjukkan bahwa dalam kecepatan internet, Indonesia menduduki peringkat ke-142 di bawah negara-negara Afrika.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

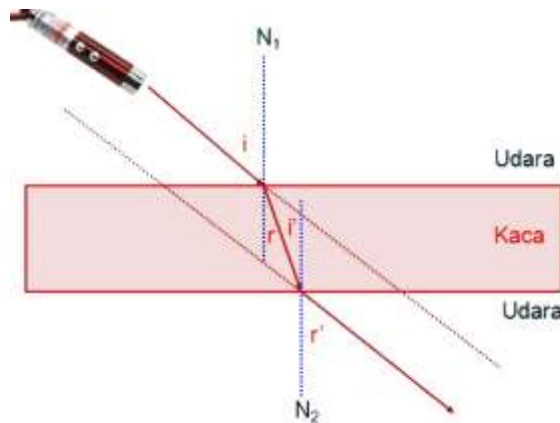
Apa yang bisa kalian lakukan untuk mengatasi masalah komunikasi yang kurang lancar pada jaringan *wireless*?

### **CHALLENGE**

Menyarankan penggunaan fiber optik sebagai alternatif jaringan *wireless* untuk komunikasi yang lebih lancar

### **GUIDING ACTIVITIES**

- A. Mencari beberapa artikel atau media berita yang berhubungan dengan masalah komunikasi yang kurang lancar pada jaringan *wireless*. Kemudian menjelaskan ide pokok dari artikel-artikel tersebut. Contohnya adalah seperti di bawah ini:
  - Jaringan internet di Indonesia jauh tertinggal:  
<http://www.jikn.go.id/Forum/tabid/99/forumid/5/threadid/673/scope/posts/Default.aspx>
- B. Melakukan eksperimen sederhana di laboratorium: Hubungan Sudut Datang Terhadap Sudut Bias pada Kaca Plan Paralel (*sumber*: buku praktikum).
  - a. Alat dan Bahan Percobaan
    - 1) Laser
    - 2) Kaca plan paralel
    - 3) Jarum
    - 4) Kertas milimeter blok dan sterofoam
  - b. Langkah-Langkah Percobaan
    - 1) Siapkan peralatan dan susun seperti pada gambar.



Gambar 5. Susunan peralatan percobaan fiber optik.

- 2) Arahkan laser menuju kaca plan paralel pada sudut tertentu.
- 3) Garis cahaya laser mungkin tidak bisa kita lihat (apabila kalian menggunakan laser biasa). Kalian bisa menandai titik-titik laser dengan menggunakan bantuan jarum.
- 4) Perjelas jejak laser dengan menggunakan bolpoin. Hitung besarnya sudut datang ( $i$ ) dan sudut bias ( $r$ ). Hitung juga besarnya pergeseran laser ( $t$ ).
- 5) Ulangi percobaan dengan mengatur laser pada sudut yang berbeda. Catat hasil percobaan kalian pada tabel di bawah ini.

Jenis bahan plan paralel: \_\_\_\_\_

No.	Sudut Datang ( $^{\circ}$ )	Sudut Bias ( $^{\circ}$ )	$t$ (cm)
1.	60		
2.	50		
...	...		
6.	10		

- 6) Hitung besar indeks bias kaca plan paralel yang kalian gunakan.
  - 7) Atur laser pada sudut datang yang kecil. Pada kemiringan berapakah sinar laser yang datang akan dipantulkan (pemantulan total)?
  - 8) Jelaskan hubungan percobaan kalian dengan cara kerja fiber optik!
- C. Mengumpulkan sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel yang mendukung solusi kalian untuk menjawab Essential Question. Kemudian merangkum informasi-informasi tersebut.

No.	Informasi	Sumber Informasi
1.	Pembiasan dan pemantulan total	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar gelombang elektromagnetik</li> <li>Buku fisika untuk SMA kelas 12</li> </ul>

2.	Cara kerja fiber optik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="http://optika-fisika.blogspot.in/2013/04/pemantulan-internal-sempurna-pada-serat.html">http://optika-fisika.blogspot.in/2013/04/pemantulan-internal-sempurna-pada-serat.html</a></li> <li>• <a href="http://mafia.mafiaol.com/2013/02/sudut-kritis-dan-pemantulan-sempurna.html">http://mafia.mafiaol.com/2013/02/sudut-kritis-dan-pemantulan-sempurna.html</a></li> <li>• Teknisi pemasangan fiber optik</li> </ul>
----	------------------------	--

D. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, lakukan diskusi untuk merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab Essential Question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian dapat menemukan solusi untuk mengatasi masalah komunikasi yang kurang lancar pada jaringan *wireless*. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian seperti pada tabel di bawah ini. Dokumentasikan *project* kalian dalam video berdurasi 5 menit dan upload video tersebut ke internet.

Implementasi : Mendata aktivitas dan kelancaran komunikasi pada smartphone atau gadget lain milik siswa dan mensosialisasikan keunggulan menggunakan fiber optik untuk komunikasi yang lebih lancar

No.	Nama	Panggilan Telepon		Internet		Sosialisasi Fiber Optik
		Total Durasi	Kelancaran Komunikasi	Pemakaian Data	Kelancaran komunikasi	
1.	Doni	100 menit/bulan	Terkadang terputus-putus	3 GB/bulan	10 kbps	√
2.						
3.						

Keterangan:

- Aktivitas panggilan telepon dengan durasi 121-180 menit/bulan dikategorikan sangat aktif. Sementara panggilan dengan durasi 61-120 menit/bulan dikategorikan aktif. Panggilan dengan durasi 1-60 menit/bulan dikategorikan kurang aktif.
- Aktivitas internet dengan pemakaian data 2,7-4 GB/bulan dikategorikan sebagai sangat aktif. Sementara internet dengan pemakaian 1,4-2,6 GB/bulan dikategorikan sebagai aktif. Internet dengan pemakaian kurang dari 1,3 GB/bulan dikategorikan sebagai kurang aktif.

## **PROJECT 6. Memanfaatkan Warna Pakaian Untuk Menjaga Keseimbangan Suhu Badan Saat Cuaca Ekstrim**

### **BIG IDEA**

**Lingkungan.** Dunia memiliki siklus musim yang berganti secara periodik. Akhir-akhir ini, dunia dihadapkan dengan isu perubahan iklim yang terlalu ekstrim. Cuaca pada saat musim kemarau lebih panas dari biasanya, begitu pula pada saat musim penghujan. BMKG mencatat bahwa, pada keadaan ekstrim, suhu permukaan di Indonesia bisa mencapai paling tinggi yaitu 34 °C dan paling rendah yaitu 19 °C. Hidup dalam lingkungan dengan suhu yang panas mengakibatkan kita lebih mudah mengalami dehidrasi. Dehidrasi terjadi karena tubuh kita kekurangan cairan akibat badan terus mengeluarkan keringat. Sedangkan hidup dalam lingkungan yang dingin mengakibatkan kita lebih mudah terkena hipotermia yang diakibatkan badan kita kekurangan panas. Seiring dengan perubahan musim, manusia harus tahu bagaimana cara beradaptasi dengan lingkungan.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apa yang bisa kalian lakukan untuk menghadapi isu cuaca yang ekstrim pada saat musim kemarau dan musim penghujan?

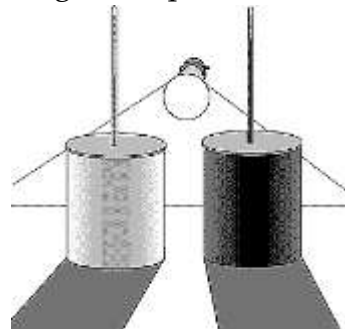
### **CHALLENGE**

Menghadapi isu cuaca yang ekstrim dengan memanfaatkan warna pakaian yang digunakan

### **GUIDING ACTIVITIES**

- A. Mencari beberapa artikel atau media berita yang berhubungan dengan bahaya cuaca ekstrim. Kemudian menjelaskan ide pokok dari artikel-artikel tersebut. Contohnya adalah seperti di bawah ini:
  - Cuaca panas ekstrim melanda beberapa lokasi di Indonesia:  
<http://manadopostonline.com/m/berita/10864/Udara-Sulut-Makin-Panas-Waspada-Kanker-Kulit>
- B. Melakukan eksperimen sederhana di laboratorium: Menentukan Hubungan Warna Suatu Benda dengan Suhu yang Diserap Benda Tersebut (*sumber: sciencebuddies.org*).
  - a. Alat dan Bahan Percobaan
    - 1) Kertas warna
    - 2) Toples kaca
    - 3) Termometer
    - 4) Air
    - 5) Lampu bohlam
  - b. Langkah-Langkah Percobaan

- 1) Lubangi tutup toples dengan benda tajam agar ujung termometer bisa masuk.
- 2) Siapkan sebuah toples kaca dan kertas warna. Tutup seluruh permukaan toples dengan menggunakan kertas warna. Usahakan toples tidak terlalu kecil sehingga bisa memuat kertas yang cukup luas.
- 3) Isi toples dengan menggunakan air yang memiliki suhu ruangan. Kalian bisa menyetok air dalam jumlah yang banyak dan mendinginkannya semalaman.
- 4) Tutup toples dan masukkan termometer pada lubang yang telah dibuat. Pastikan ujung termometer menyentuh air. Tutup celah kecil yang terbuka pada lubang termometer dengan plastisin.
- 5) Sinari toples dengan menggunakan lampu bohlam 150 watt dalam ruang gelap. Hitung jarak toples dengan lampu tersebut.



Gambar 6. Susunan peralatan percobaan serapan panas pada benda berwarna.

- 6) Catat suhu yang dibaca oleh termometer saat keadaan termometer sudah stabil.
- 7) Ulangi percobaan dengan mengganti kertas yang memiliki warna berbeda. Catat hasil percobaan kalian pada tabel di bawah ini.

Jarak toples dengan lampu: \_\_\_\_\_ cm

No.	Kertas Warna	Suhu Air (°C)
1.	Putih	
2.	Hitam	
3.	Merah	

- 8) Toples dengan kertas warna manakah yang mudah menyerap panas? Toples manakah sulit menyerap panas? Apakah yang bisa anda simpulkan?

C. Mengumpulkan sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel yang mendukung solusi kalian untuk menjawab Essential Question. Kemudian merangkum informasi-informasi tersebut.

No.	Informasi	Sumber Informasi
1.	Cahaya sebagai foton (paket-paket energi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar</li> <li>Buku fisika SMA untuk kelas 12</li> <li><a href="http://www.onfisika.com/2013/01/dualisme-gelombang-cahaya-sebagai.html">http://www.onfisika.com/2013/01/dualisme-gelombang-cahaya-sebagai.html</a></li> </ul>

2.	Serapan panas pada benda hitam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buku fisika SMA kelas 10</li> <li>• <a href="https://id.wikipedia.org/wiki/Benda_hitam">https://id.wikipedia.org/wiki/Benda_hitam</a></li> <li>• <a href="http://mafia.mafiaol.com/2015/01/pengertian-radiasi-panas-dan-benda-hitam.html">http://mafia.mafiaol.com/2015/01/pengertian-radiasi-panas-dan-benda-hitam.html</a></li> </ul>
----	--------------------------------	--

D. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, lakukan diskusi untuk merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab Essential Question.

### **IMPLEMENTATION**

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian dapat menemukan solusi untuk menghadapi isu tentang cuaca ekstrim. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian seperti pada tabel di bawah ini. Dokumentasikan *project* kalian dalam video berdurasi 5 menit dan upload video tersebut ke internet.

Implementasi : Meningkatkan kewaspadaan teman-teman saya dalam menghadapi cuaca ekstrim dengan cara mensosialisasikan pentingnya menggunakan warna pakaian yang tepat

No.	Tanggal	Lokasi	Perkiraan Cuaca		Rekomendasi Berpakaian Outdoor	Media Sosialisasi
			Cuaca	Suhu Udara (°C)		
1.	01/01/2017	Kabupaten	Panas terik	32	Pakaian warna cerah (putih, biru muda, kuning), topi dan payung	Messenger, facebook, twitter, radio
		Kota	Panas terik	32		
		Pesisir Pantai	Cerah berawan	31		
2.						
3.						



## PROJECT 7. Melestarikan Biotik Di Dasar Danau Dengan Menjaga Kejernihan Air

### **BIG IDEA**

**Lingkungan.** Sungai dan danau merupakan ekosistem air tawar dan tempat hidup dari berbagai macam biotik. Keberadaan suatu ekosistem bergantung pada terjaganya rantai makanan. Plankton merupakan dasar dari seluruh rantai makanan yang ada di air. Seperti layaknya tumbuhan, plankton juga sangat bergantung pada sinar matahari. Pada zaman sekarang ini, kepadatan pemukiman menimbulkan isu tercemarnya air. Limbah cair rumah tangga tidak hanya berdampak buruk terhadap manusia namun juga terhadap lingkungan. Pembuangan limbah cair ke sungai atau danau mengakibatkan perubahan kandungan air tawar. Dalam keadaan perairan yang tidak jernih, plankton mengalami kesulitan dalam memperoleh sinar matahari. Keadaan ini bisa mengancam kehidupan biotik lainnya.

### **ESSENTIAL QUESTIONS**

Apa yang bisa kalian lakukan untuk menghadapi isu pencemaran ekosistem air tawar?

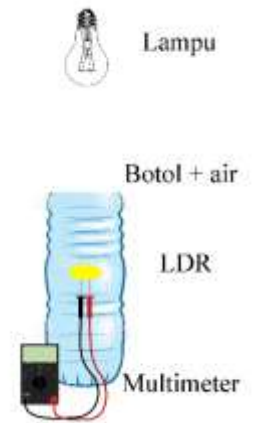
### **CHALLENGE**

Menghadapi isu pencemaran ekosistem air tawar dengan menjaga kejernihan air sungai dan danau

### **ACTION PLAN**

- A. Mencari artikel atau media berita yang berhubungan dengan pencemaran danau atau sungai yang mengganggu ekosistem bawah air. Kemudian menjelaskan ide pokok dari artikel-artikel tersebut. Contohnya adalah seperti di bawah ini:
  - <http://www.radarpekalongan.com/10234/warna-warni-sungaiku/>
- B. Melakukan eksperimen sederhana di laboratorium: Menentukan Hubungan Kedalaman Air dengan Intensitas Cahaya pada Berbagai Jenis Cairan (*sumber: eprints.usq.edu.au*).
  - a. Alat dan Bahan Percobaan
    - 1) Detektor Intensitas Cahaya (Light Dependent Resistance/LDR)
    - 2) Multimeter
    - 3) Wadah air dengan kedalaman 60 cm
    - 4) Air jernih seperti air PDAM dan berbagai macam jenis air keruh (air cucian, limbah mandi, dll)
  - b. Langkah-Langkah Percobaan
    - a. Siapkan peralatan yang dibutuhkan. Isi wadah dengan satu jenis cairan yang ingin diteliti, misalnya air cucian. Isi wadah dengan cairan hingga mencapai kedalaman 60 cm.

- b. Hubungkan LDR dengan multimeter dengan menggunakan kabel yang cukup panjang. Bungkus LDR dengan menggunakan plastik agar air tidak bisa masuk saat dicelupkan nanti.
- c. Letakkan LDR yang telah dibungkus plastik pada dasar wadah yang telah diisi cairan. Gunakan tongkat sebagai bantuan karena LDR akan mengambang.
- d. Letakkan wadah di bawah sinar matahari yang terik. Apabila keadaan matahari tidak kondusif, lampu bohlam bisa digunakan.
- e. Catat nilai hambatan LDR yang diukur dengan multimeter pada kedalaman 60 cm.
- f. Catat kembali nilai hambatan LDR pada kedalaman 55 cm, 50 cm dan seterusnya hingga permukaan (0 cm).
- g. Tulis hasil pengamatan pada tabel di bawah ini.  
 Jenis cairan : \_\_\_\_\_  
 Kedalaman cairan : \_\_\_\_\_ cm



Gambar 7. Susunan peralatan percobaan untuk mengamati kejernihan air.

No.	Kedalaman Cairan (cm)	Hambatan (ohm)
1.	60	
2.	50	
...	...	
6.	0	

- h. Ulangi percobaan dengan menggunakan berbagai jenis cairan (air limbah, air mandi, air PDAM, dll.).
  - i. Konversikan hambatan yang diukur LDR menjadi besaran intensitas cahaya (lux) dengan persamaan berikut ini:
 
$$I = \frac{k}{R^{1,7}}$$
 dengan nilai  $k = 0,464 \Omega \cdot \text{lx}$
  - j. Buatlah grafik intensitas cahaya vs kedalaman air. Bagaimanakah bentuk grafik setiap cairan? Cairan manakah yang memiliki bentuk grafik paling melengkung? Mengapa demikian?
- C. Mengumpulkan sumber informasi dari informan atau jurnal penelitian yang menyertakan gambar, grafik, tabel yang mendukung solusi kalian untuk menjawab Essential Question. Kemudian merangkum informasi-informasi tersebut.

No.	Informasi	Sumber Informasi
1.	Peran sinar matahari bagi tumbuhan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan ajar gelombang elektromagnetik</li> <li>Buku Fisika SMA Kelas 12</li> <li><a href="http://aquascapedecor.blogspot.co.id/2015/05/spektrum-cahaya-yang-dibutuhkan-untuk.html">http://aquascapedecor.blogspot.co.id/2015/05/spektrum-cahaya-yang-dibutuhkan-untuk.html</a></li> </ul>
2.	Dampak pencemaran limbah pada sungai dan danau	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="https://alamendah.org/2010/09/27/penyebab-dan-dampak-pencemaran-air-oleh-limbah-pemukiman/">https://alamendah.org/2010/09/27/penyebab-dan-dampak-pencemaran-air-oleh-limbah-pemukiman/</a></li> <li><a href="http://ilmulingkungan.com/apa-itu-pencemaran-air-dan-sumber-penyebabnya/">http://ilmulingkungan.com/apa-itu-pencemaran-air-dan-sumber-penyebabnya/</a></li> </ul>

D. Dari studi pustaka dan eksperimen yang sudah dilakukan, lakukan diskusi untuk merancang sebuah solusi yang digunakan untuk menjawab Essential Question.

### IMPLEMENTATION

Dari kesimpulan proyek yang kalian lakukan, kalian dapat menemukan cara untuk menghadapi isu tentang pencemaran ekosistem perairan air tawar. Terapkan solusi kalian tersebut pada kelompok atau teman kalian. Monitor kegiatan yang terjadi selama penerapan solusi kalian seperti pada tabel di bawah ini. Dokumentasikan *project* kalian dalam video berdurasi 5 menit dan upload video tersebut ke internet.

Implementasi : Meningkatkan kesadaran teman-teman saya untuk menjaga kualitas kejernihan air dengan cara mendata penggunaan air dan mensosialisasikan pentingnya menggunakan air secara efisien

No.	Nama	Kegiatan Penggunaan Air			Komitmen Mengurangi Penggunaan Air		
		Jenis Kegiatan	Durasi (menit)	Total (liter)	Jenis Kegiatan	Durasi (menit)	Total (liter)
1.	Budi	Mandi	15	90+	Mandi	8	48+
		Cuci motor(selang)	20	150+	Cuci mobil(ember)	20	40+
		Cuci Piring(keran)	15	90=330	Cuci Piring(sink)	15	45=133
2.							
3.							

Keterangan kegiatan dan jumlah air yang digunakan tiap satuan waktu:

Mandi : 6 liter/menit  
 Cuci motor (dengan ember) : 40 liter/20 menit  
 Cuci motor (dengan selang) : 150 liter/20 menit  
 Cuci piring (dengan sink) : 45 liter/15 menit  
 Cuci piring (dengan keran) : 90 liter/15 menit

## FORM PANDUAN CHALLENGE

**Big Idea** : \_\_\_\_\_

**Essential Question :** \_\_\_\_\_

**Challenge** : \_\_\_\_\_

## Anggota Kelompok

(Nama dan peran tiap anggota kelompok seperti misalnya project manager, humas, ahli media, ahli dokumentasi atau peran lainnya yang dibutuhkan kelompok)

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_

## Guiding Questions Kami

(Pertanyaan-pertanyaan yang perlu dijawab – apa yang menurut kami perlu ketahui untuk menemukan sebuah solusi)

[illegible]

## Guiding Activities Kami

(Rencana aktivitas belajar, kajian pustaka, praktikum, wawancara, survey – rencana bagaimana kami akan mendapatkan informasi)

[illegible]

## Guiding Resources Kami

(Website, Audio, Video, PDF, Digital Radio, Film, Informan, Peralatan – sumber yang bisa kita akses untuk mendapatkan informasi)

[illegible]

## Jadwal Pembuatan Kami

(Acara-acara yang kami akan rekam, bentuk rekaman (video, audio, dll.), sumber informasi yang diperlukan dan tanggal pelaksanaan)

[illegible]

## Daftar Informasi Penting

(Mencatat informasi penting yang baru saja dipelajari dari kegiatan project – membuat daftar informasi penting dan bagaimana cara memperolehnya)

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

## STORYLINE PROPOSAL CHALLENGE

Template ini dapat digunakan oleh kelompok untuk merencanakan Big Idea, Essential Questions dan Challenge dalam video kalian. Gunakan kotak besar untuk melukiskan ide atau pendapat, kotak kecil untuk catatan, dan garis di bawahnya untuk informasi yang kalian kumpulkan.

1	Ide atau pendapat:	<b><u>BIG IDEA</u></b>
		Gambar atau pernyataan yang menarik minat pembaca.
Big Idea:		catatan:



## 2

Ide atau pendapat:

## ESSENTIAL QUESTIONS

Tuliskan pertanyaan yang menarik kalian untuk diteliti.

catatan:

### Essential Questions:

# 3

Ide atau pendapat:

## CHALLENGE

Tuliskan pernyataan tantangan (challenge) yang menurut kalian menantang untuk dilakukan.

catatan:

Challenge:

## STORYLINE UNTUK SOLUSI

Template ini dapat digunakan oleh kelompok untuk merencanakan solusi kalian. Gunakan kotak besar untuk melukiskan ide atau pendapat, kotak kecil untuk catatan, dan garis di bawahnya untuk informasi yang kalian kumpulkan.

1	Ide atau pendapat:	<u><b>SOLUSI</b></u>
		Tuliskan solusi kelompok kalian.
		catatan:

## 2

Ide atau pendapat:

## IMPLEMENTASI / PELAKSANAAN

Tuliskan bagaimana, di mana dan dengan siapa solusi dilaksanakan.

catatan:

Implementasi:

# 3

Ide atau pendapat:

## EVALUASI IMPLEMENTASI

Tuliskan hal-hal apa saja yang telah kalian pelajari.

catatan:

Evaluasi:

4

Ide atau pendapat:

## HAL YANG TELAH DIPELAJARI

Tuliskan hal-hal apa saja yang telah kalian pelajari.

catatan:

Hal yang Telah Dipelajari:

## SPESIFIKASI VIDEO PROJECT

Setelah kalian selesai melaksanakan implementasi, kalian diminta untuk mempublikasikan hasil challenge dalam bentuk video berdurasi 5 menit. Maka dari itu, kalian perlu memilah-milah penggalan video yang akan ditampilkan. Cara yang kalian gunakan untuk mengedit dan mengekspor video tergantung dari alat rekam yang kalian gunakan. Kalian disarankan merekam menggunakan smartphone Android atau iPhone.

### A. Mengedit dan mengekspor video dengan Android (VivaVideo)

1. Unduh VivaVideo di Google Playstore
2. Masuk ke menu Edit, menu ini digunakan untuk mengedit video yang sudah ada dan tersimpan pada memori di smartphone. Kita juga bisa memotong beberapa bagian video yang tidak ingin kita tampilkan pada hasil akhir video
3. Pada menu ini, anda juga bisa menggabungkan bagian-bagian video. Untuk video *challenge*, durasinya adalah 5 menit.
4. Untuk membuat video dari beberapa foto, pilih menu Tampilan Slide.
5. Pilihlah beberapa foto yang kita inginkan lalu pilih tombol selesai
6. Setelah itu kita akan masuk ke menu pengeditan lalu pilih Export untuk menyimpannya ke perangkat Android yang kita miliki.
7. Kalian bisa menambahkan beberapa konten pada video seperti Tema, Teks, FX, Filter, Stiker, Transisi dan juga huruf.

### B. Mengedit dan mengekspor video dengan iPhone (iMovie)

1. Unduh iMovie di AppStore
2. Klik Create (logo tambah) untuk membuat Project baru
3. Kemudian klik Movie untuk membuat film. Selanjutnya anda akan memilih jenis tema film apa yang akan anda buat, ada tema yang sudah ditentukan sesuai dengan namanya dan ada juga yang tidak
4. Anda dapat memasukkan file-file video pada Libraries yang terletak pada jendela sebelah kiri bagian atas.
5. Untuk memasukkan ke dalam video, anda cukup menggeser foto yang akan dipilih dari Libraries jika foto atau video sudah tersimpan di dalam Libraries anda.
6. Dalam iMovie, Anda dapat memasukkan Transition, Titles, Maps & Backgrounds, iTunes, Sound Effects, dan Garage Band yang terdapat pada Content Library.
7. Setelah selesai mengedit video, anda dapat mengekspor video yang telah anda buat dengan cara klik tombol Share.

## CONTOH PROJECT

### Membantu Pengendara Menentukan Jarak Aman Kendaraan dengan Memanfaatkan Sifat-Sifat Bayangan Cermin Cembung (Kaca Spion)

- Big Idea** : Transportasi
- Seiring dengan berjalannya waktu, jumlah para pengguna kendaraan di jalan raya semakin meningkat. Meningkatnya volume kendaraan itu kurang diimbangi dengan infrastruktur yang memadai. Baik itu dari segi kualitas jalan raya ataupun rambu-rambu lalu lintas yang ada. Tidak sedikit jalan-jalan yang memiliki lebar yang sempit dilewati oleh begitu banyak kendaraan bermotor seperti mobil ataupun kendaraan-kendaraan yang lain. Hal itu menyebabkan jarak antara kendaraan yang satu dengan kendaraan yang lain semakin dekat, sehingga risiko akan kecelakaan juga semakin tinggi. Kecelakaan sering terjadi karena pengendara tidak memperkirakan jarak kendaraan dengan kendaraan di depannya atau di belakangnya. Dilansir dari [ragam.analisadaily.com](http://ragam.analisadaily.com), lembaga kesehatan dunia (WHO) baru-baru ini merilis The Global Report on Road Safety yang menampilkan angka kecelakaan lalu lintas yang terjadi sepanjang tahun di 180 negara. Faktanya Indonesia menjadi negara ketiga di Asia di bawah Tiongkok dan India dengan total 38.279 total kematian akibat kecelakaan lalu lintas di tahun 2015.
- Essential Question** : Apakah yang bisa kita lakukan untuk membantu pengendara menentukan jarak aman kendaraan mereka?
- Challenge** : Membantu pengendara menentukan jarak aman kendaraan dengan memanfaatkan sifat-sifat bayangan cermin cembung (kaca spion)
- Guiding Question** :
- 1) Apa saja sifat bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung?
  - 2) Mengapa kaca spion menggunakan cermin cembung? Mengapa kaca spion tidak menggunakan cermin cekung atau cermin datar?
  - 3) Bagaimana pengendara memperkirakan jarak objek di belakangnya dengan melihat kaca spion?
- Guiding Activities** :
- 1) Melaksanakan sebuah eksperimen untuk menentukan sifat-sifat bayangan pada cermin cekung dan cermin cermin cembung
  - 2) Mencari informasi di buku fisika tentang pembentukan bayangan pada cermin cembung
  - 3) Mencari informasi di internet tentang pemanfaatan cermin cembung pada kaca spion
- Guiding Resources** :
- 1) Susanto, Ignatius E. (2014), Percobaan Cermin Cekung dan Cermin Cembung, Petunjuk Praktikum Optika, Jurusan Pendidikan Fisika FKIP-USD, Yogyakarta.



- 2) Kanginan, Marthen. 2015. FISIKA untuk SMA/MA Kelas X. Jakarta: Erlangga
- 3) Eamon, Don. 2016. What are the main functions of convex mirror?, (Online), (<http://quorra.com>, diakses 15 Desember 2016).
- 4) Analisadaily. 2016. Angka Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Tertinggi Se-Asia, (Online), (<http://ragam.analisadaily.com>, diakses 15 Desember 2016).
- 5) Sopir mini bus agen travel

### Solusi

: Dari eksperimen yang telah dilaksanakan (Lampiran A), dapat diketahui beberapa sifat bayangan pada cermin cekung dan cembung. Pada cermin cekung, bayangan dari objek di ruang I memiliki sifat maya, tegak dan diperbesar. Sementara untuk objek di ruang II, bayangan sifatnya nyata, terbalik dan diperbesar. Objek di ruang III memiliki bayangan yang sifatnya nyata, terbalik dan diperkecil. Dengan sifat seperti ini, cermin cekung tidak cocok digunakan sebagai kaca spion karena benda yang letaknya jauh akan menghasilkan bayangan yang nyata. Cermin cembung selalu memiliki sifat maya, tegak dan diperkecil, baik saat objek berada di ruang I, II dan III. Bayangan yang dibentuk cermin datar memiliki sifat maya, tegak dan sama besar (buku fisika kelas 10).

Kaca spion sekarang ini banyak menggunakan cermin cembung karena pengemudi dapat melihat pemandangan yang lebih luas daripada bayangan cermin datar (Quorra.com). Cermin cembung memiliki sifat divergen yaitu menyebarkan cahaya sehingga pengemudi bisa melihat pemandangan lebih luas. Meskipun demikian, eksperimen menunjukkan bahwa ukuran objek pada cermin cembung terlihat lebih kecil daripada aslinya. Hal ini bisa memberikan persepsi kepada pengemudi bahwa objek yang berada di belakangnya lebih jauh daripada aslinya. Persepsi ini dapat menyebabkan pengemudi gagal menentukan jarak aman kendaraan yang berakibat kecelakaan.

Para pengemudi perlu diingatkan agar selalu berhati-hati saat memperkirakan jarak dengan menggunakan kaca spion. Selain itu, pengemudi juga harus diingatkan agar tidak boleh terlalu dekat dengan kendaraan di depan. Oleh karena itu, solusi yang diberikan kelompok adalah memberikan tanda peringatan di kaca spion dan belakang kendaraan. Tanda peringatan ini berfungsi agar pengemudi selalu menjaga jarak dengan pengemudi lainnya.

**Implementasi** : Kebanyakan kendaraan sekarang ini telah menggunakan cermin cembung sebagai kaca spion. Pada kaca spion cermin cembung, letak objek yang sebenarnya lebih dekat daripada letak bayangan yang dibentuk oleh kaca spion. Oleh karena itu, pengemudi harus sadar seberapa jauh jarak kendaraannya dengan kendaraan di belakangnya.

Di negara seperti Australia, Amerika dan India, pemerintah mewajibkan warganya yang memiliki mobil pribadi untuk menempel stiker dengan tulisan "Objects in mirror are closer than they appear" pada kaca spion. Sebuah survei kecil yang dilaksanakan oleh kelompok memperlihatkan bahwa kebanyakan teman-teman (90%) masih menganggap letak objek yang terlihat pada cermin cembung lebih jauh daripada letak objek yang sebenarnya (Lampiran B). Oleh karena itu, kelompok merasa bahwa pengendara perlu untuk setiap saat diingatkan meskipun pengendara telah mengetahui fakta tersebut. Kelompok membagikan stiker yang bertulisan "Objects in mirror are closer than they appear" kepada teman-teman.

### **Evaluasi**

**Implementasi** : Dari hasil survei saat kegiatan implementasi, kelompok dapat mengetahui bahwa kebanyakan teman-teman belum menyadari sifat bayangan yang dibentuk oleh kaca spion. Kelompok mengamati bahwa semua teman-teman menggunakan kendaraan roda dua sebagai alat transportasi sehari-hari. Kelompok juga mengamati bahwa kaca spion pada kendaraan mereka tidak ada yang dilengkapi dengan tulisan peringatan. Sosialisasi pentingnya menjaga jarak antar kendaraan bermotor mendapat antusias positif dari teman-teman. Semua kaca spion pada kendaraan mereka kini dipasang stiker tanda peringatan yang sebelumnya telah dibagikan oleh kelompok. Hasil kegiatan implementasi dapat dilihat pada Lampiran C dan video project.

### **Refleksi**

: Dari kegiatan project yang telah dilakukan, kelompok memperoleh beberapa poin penting yang bisa dipelajari. Kelompok menyadari pentingnya pemanfaatan alat-alat optik pada kehidupan sehari-hari. Dengan mempelajari sifat-sifatnya, alat optik dapat digunakan untuk membantu kegiatan manusia. Sebagai contoh, cermin cembung memiliki sifat menyebarkan cahaya (divergen). Akibatnya, cermin cembung mampu menangkap pemandangan yang lebih luas daripada cermin lainnya. Sifat ini dapat dimanfaatkan untuk kaca spion, cermin lalu lintas dan cermin pengawas mini market. Cermin cembung juga memiliki sifat membentuk bayangan yang lebih kecil dari objek aslinya. Sifat ini agak membahayakan saat cermin cembung digunakan sebagai spion. Biasanya, pengendara akan spontan berpikir bahwa jarak objek asli terlihat lebih jauh saat melihatnya di kaca spion. Dengan memahami sifat tersebut, pengendara seharusnya dapat mengantisipasi jarak aman kendaraan. Kelompok berinisiatif membagikan stiker peringatan kepada teman-teman kelompok yang kebanyakan adalah pengemudi roda dua. Stiker peringatan diharapkan dapat selalu mengingatkan pengendara akan sifat tersebut. Stiker diberikan dan disertai sosialisasi pentingnya berkendara yang aman dengan cara memberikan jarak yang cukup antar kendaraan.

## Lampiran A.

# LAPORAN EKSPERIMEN SIFAT-SIFAT BAYANGAN PADA CERMIN CEKUNG DAN CERMIN CEMBUNG

Tujuan : Mengetahui sifat-sifat bayangan pada cermin cekung dan cermin cembung

Alat dan Bahan : 1) Bangku optika 4) Cermin cekung  
2) Lampu 5) Cermin cembung  
3) Cermin datar 6) Layar

Prosedur : A) Percobaan cermin cekung:  
Menentukan sifat-sifat bayangan di ruang I  
1. Letakkan benda di antara cermin cekung dan titik fokus.  
2. Amati bayangan yang dibentuk oleh cermin cekung.  
3. Catat hasil pengamatan tersebut.

Menentukan sifat-sifat bayangan di ruang II dan III  
1. Berdasarkan perhitungan jari-jari kelengkungan cermin atau jarak titik api yang anda dapatkan pada percobaan sebelumnya, letakkan benda di ruang II.  
2. Carilah bayangan yang dibentuk oleh cermin.  
3. Ukurlah jarak benda ke cermin ( $s$ ) dan jarak bayangan ke cermin ( $s'$ ).  
4. Catat data pengamatan tersebut.  
5. Ulangi langkah 1 sampai 4 sebanyak lima kali.  
6. Lakukan langkah 1 sampai 6 dengan memindahkan benda ke ruang III.

B) Percobaan cermin cembung  
Menentukan sifat-sifat bayangan di ruang I, II dan III  
1. Letakkan benda di depan lensa cembung. Ukur jarak benda ke lensa sebagai  $s$ .  
2. Carilah bayangannya. Ukurlah jarak bayangan ke lensa sebagai  $s'$ .  
3. Letakkan cermin cembung di antara lensa dan bayangan.  
4. Geserlah cermin cembung sehingga tampak bayangan di tempat benda di depan lensa. Ukurlah jarak cermin ke lensa sebagai  $d$ .  
5. Catat data pengamatan tersebut.  
6. Ulangi langkah 1 sampai 5 untuk berbagai nilai  $s$ .

Data dan

Pembahasan : A) Percobaan cermin cekung:  
Pembentukan Bayangan di Ruang I  
Dari hasil pengamatan, bayangan benda yang dibentuk pada ruang ini adalah maya, tegak dan diperbesar.

Pembentukan Bayangan di Ruang II

No.	S (cm)	S' (cm)	Titik fokus (cm)	Perbesaran	Sifat Bayangan
1.	43	183	34,82	4,3	Nyata, terbalik, diperbesar
2.	45	144,5	34,31	3,2	
3.	47	131,5	34,62	2,8	
4.	49	119,5	34,75	2,4	
5.	51	99,5	33,71	2,0	

Fokus cermin ( $\bar{f}$ ) diperoleh dengan menghitung nilai rata-rata titik fokus pada data yang diperoleh. Nilai tersebut adalah ( $\bar{f}$ ) = 34,44 cm.

#### Pembentukan Bayangan di Ruang III

No.	S (cm)	S' (cm)	Titik fokus (cm)	Perbesaran	Sifat Bayangan
1.	70	52,5	29,75	0,75	Nyata, terbalik, diperkecil
2.	70,5	49,5	29,08	0,70	
3.	71	48	28,64	0,68	
4.	72	46,8	28,36	0,65	
5.	72,5	42,5	26,80	0,59	

Fokus cermin ( $\bar{f}$ ) diperoleh dengan menghitung nilai rata-rata titik fokus pada data yang diperoleh. Nilai tersebut adalah ( $\bar{f}$ ) = 28,53 cm.

#### B) Percobaan cermin cembung

##### Pembentukan bayangan di Ruang I, II dan III

No.	S (cm)	S' (cm)	d (cm)	r (cm)	Titik fokus (cm)	Sifat Bayangan
1.	50	93,5	42	51,5	25,75	Maya, tegak, diperkecil
2.	51	93	41	52	26	
3.	52	92	39	53	26,5	
4.	53	85,5	38	47,5	23,75	
5.	54	82	35	47	23,5	

Fokus cermin ( $\bar{f}$ ) diperoleh dengan menghitung nilai rata-rata titik fokus pada data yang diperoleh. Nilai tersebut adalah ( $\bar{f}$ ) = 25,10 cm.

Kesimpulan : Dari eksperimen yang telah dilakukan, peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Objek yang diletakkan di ruang I cermin cekung memiliki sifat bayangan maya, tegak, diperbesar
- 2) Objek yang diletakkan di ruang II cermin cekung memiliki sifat bayangan nyata, terbalik, diperbesar

- 3) Objek yang diletakkan di ruang III cermin cekung memiliki sifat bayangan nyata, terbalik, diperkecil
- 4) Objek yang diletakkan di ruang I, II dan III cermin cembung memiliki sifat bayangan maya, tegak, diperkecil

## Lampiran B.

**IMPLEMENTASI: SURVEY PEMAHAMAN TEMAN-TEMAN  
TERHADAP PEMBENTUKAN BAYANGAN PADA KACA SPION**

Tempat : Universitas Negeri Yogyakarta

Waktu : 8-15 Desember 2016

Deskripsi survey : Teman-teman mahasiswa diminta untuk mengira-ngira jarak objek yang ada pada dua buah gambar seperti yang ada di bawah ini. Gambar pertama (Gambar A) memuat bayangan dari sebuah objek yang dipantulkan oleh cermin cembung. Gambar kedua (Gambar B) memuat bayangan dari sebuah objek yang dipantulkan oleh cermin datar. Kedua gambar tersebut sebenarnya memuat bayangan dari sebuah objek yang diletakkan pada jarak yang sama yaitu 2,5 m.



Gambar A

Gambar B

No.	Nama	Perkiraan Jarak Objek	
		Cermin Cembung	Cermin Datar
1.	Purwoko Haryadi S.	2 m	1,5 m
2.	Maria Eni	3	2
3.	Silviani Aulia A.	4,5	3
4.	Indah Kurnia Putri D.	2,5	1,5
5.	M. Habibie	3	2
6.	Havid Noor Pamungkas	4	2
7.	Rattiwizal Alpin Y.	5	4
8.	Falihatun Rafika D.	3	1
9.	Ardyan Permana Putra	5	4
10.	Febriana Widya A. S.	2,5	2

## Lampiran C.

## EVALUASI IMPLEMENTASI: SOSIALISASI PENTINGNYA MENJAGA KESELAMATAN BERKENDARA DENGAN CARA MENJAGA JARAK ANTAR KENDARAAN BERMOTOR

Sosialisasi dilaksanakan kepada teman-teman satu universitas yang jumlahnya 10 orang. Sosialisasi berisi tentang sifat-sifat bayangan yang dibentuk oleh kaca spion dan pentingnya menjaga jarak antar kendaraan. Di akhir sosialisasi, kelompok memberikan teman-teman stiker yang bertuliskan "Objects in mirror are closer than they appear" untuk dipasang pada kaca spion mereka.

No.	Nama	Implementasi Project		
		Sosialisasi	Pemberian Stiker	Pemasangan Stiker
1.	Purwoko	√	√	√
2.	Maria Eni	√	√	√
3.	Silviani Aulia A.	√	√	√
4.	Indah Kurnia Putri D.	√	√	√
5.	M. Habibie	√	√	√
6.	Havid Noor Pamungkas	√	√	√
7.	Rattiwizal Alpin Y.	√	√	√
8.	Falihatun Rafika D.	√	√	√
9.	Ardyan Permana Putra	√	√	√
10.	Febriana Widya A. S.	√	√	√

## PEMBELAJARAN FISIKA KELAS 12

# GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

### BERBASIS CHALLENGE-BASED LEARNING

Lembar Kerja Siswa (LKS) ini berisi kegiatan-kegiatan *challenge* yang dapat menambah pemahaman siswa mengenai materi gelombang elektromagnetik. Kegiatan *challenge* yang ada dalam LKS ini disinkronkan dengan materi di bahan ajar yang dikembangkan bersamaan. Dengan demikian, siswa dapat melaksanakan kegiatan *challenge* dengan dibantu oleh bahan ajar.

LKS ini mengajak siswa untuk memahami materi gelombang elektromagnetik melalui project-project yang berhubungan dengan lingkungan tempat tinggal siswa. Dalam project setiap project, siswa diajak agar melakukan sebuah aksi nyata terhadap suatu permasalahan. Dengan melakukan sebuah aksi nyata, siswa diharapkan dapat tanggap terhadap suatu permasalahan yang ada di lingkungan mereka.



**Nino Munawanto, S.Pd.** memperoleh pendidikan S1 pada jurusan Pendidikan Fisika di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta pada tahun 2014. Penulis saat ini sedang menjalani pendidikan untuk memperoleh gelar master pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis saat ini aktif dalam kegiatan pendidikan dan menjadi staf pengajar di salah satu bimbingan belajar di Yogyakarta.



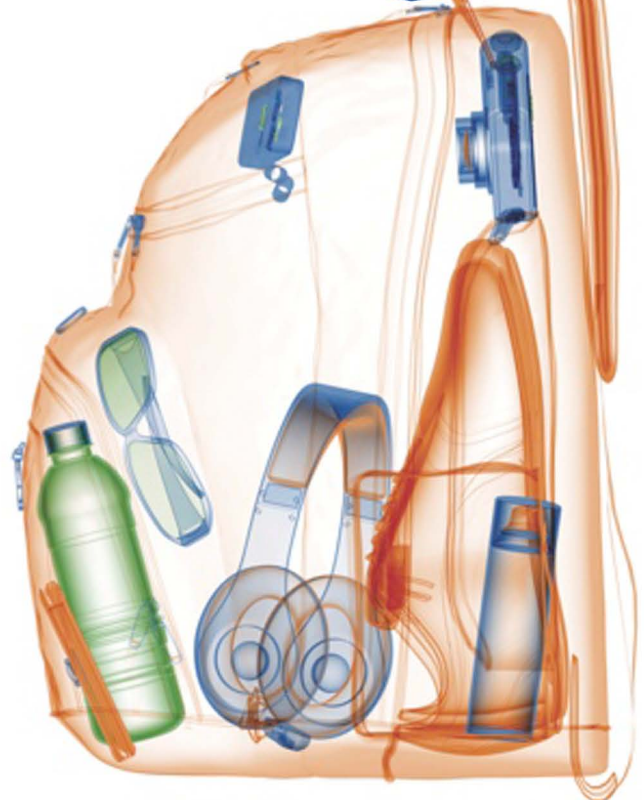
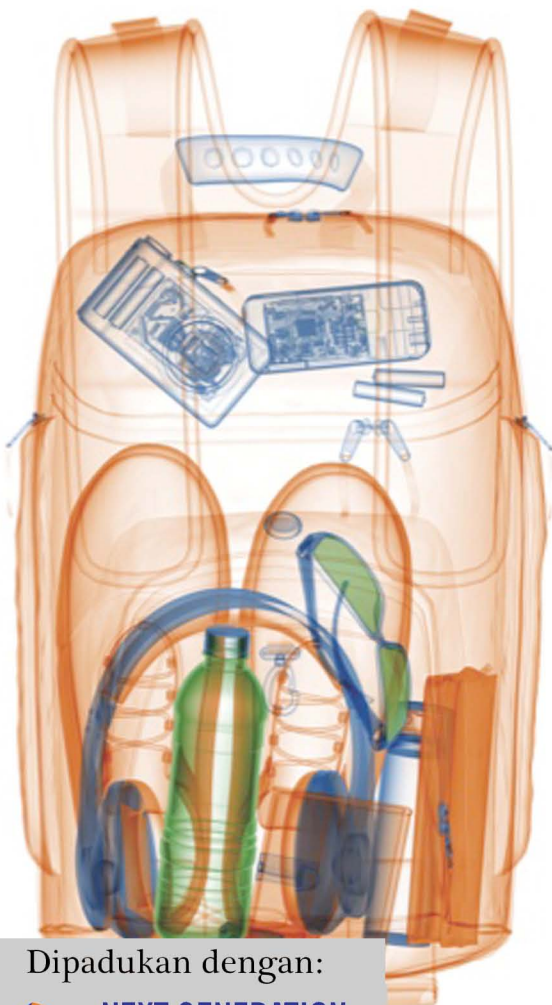
UNIVERSITAS NEGERI  
YOGYAKARTA





## BAHAN AJAR

— PEMBELAJARAN FISIKA KELAS 12 —  
**GELOMBANG  
ELEKTROMAGNETIK**  
— BERBASIS CHALLENGE-BASED LEARNING —



Dipadukan dengan:



## **BAHAN AJAR: GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

untuk siswa SMA/MA kelas XII

Disusun Oleh:

**Nino Munawanto, S.Pd.**

**Prof. Dr. Jumadi, M.Pd.**

## **BAB**

### **Gelombang Elektromagnetik**

## **SUBBAB**

### **Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik; Spektrum Gelombang; Pemanfaatan dan Bahaya Radiasi Elektromagnetik**

## **KOMPETENSI DASAR**

- 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan keseimbangan perubahan medan listrik dan medan magnet yang saling berkaitan sehingga memungkinkan manusia mengembangkan teknologi untuk mempermudah kehidupan.
- 2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi.
- 3.9 Mengevaluasi pemikiran dirinya tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi, dan dampaknya pada kehidupan.
- 4.9 Menyajikan hasil analisis tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi dan dampaknya pada kehidupan.

## **PERFORMANCE EXPECTATIONS**

- 1) Mengevaluasi pernyataan, bukti dan nalar dibalik suatu gagasan yang mendeskripsikan radiasi gelombang elektromagnetik baik sebagai model gelombang maupun model partikel dan contoh keadaan saat suatu model lebih bermanfaat dari model lain (HS-PS4-3).
- 2) Mengevaluasi validitas dan reliabilitas dari pernyataan di sumber yang diterbitkan tentang akibat-akibat yang ditimbulkan oleh radiasi elektromagnetik dengan frekuensi yang berbeda-beda ketika diserap oleh zat (HS-PS4-4).
- 3) Mengevaluasi kebenaran dan keakuratan informasi dari sumber yang dipublikasikan tentang serapan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang berbeda-beda oleh zat (HS-PS4-5).

## DAFTAR ISI

<b>Daftar Isi.....</b>	<b>III</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>IV</b>
<b>Pengantar .....</b>	<b>1</b>
<b>Proses Terbentuknya Gelombang Elektromagnetik.....</b>	<b>2</b>
<b>Sifat-sifat Gelombang Elektromagnetik .....</b>	<b>6</b>
Radiasi Elektromagnetik Model Gelombang .....	6
Radiasi Elektromagnetik Model Partikel .....	13
<b>Spektrum Gelombang Elektromagnetik .....</b>	<b>17</b>
Gelombang Radio .....	18
Gelombang Mikro .....	19
Gelombang Inframerah.....	19
Cahaya Tampak .....	19
Sinar Ultraviolet (UV) .....	20
Sinar X.....	20
Sinar Gamma .....	21
<b>Pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik .....</b>	<b>22</b>
<b>Dampak Negatif Gelombang Elektromagnetik .....</b>	<b>30</b>
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>38</b>
<b>Glosarium .....</b>	<b>39</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Garis-garis medan listrik dan medan magnet .....	2
Gambar 2. Induksi listrik .....	3
Gambar 3. Garis medan magnetik pada kawat lurus .....	3
Gambar 4. Percobaan Hertz tentang gelombang elektromagnetik.....	4
Gambar 5. Diagram gelombang elektromagnetik .....	5
Gambar 6. Vektor gelombang elektromagnetik .....	5
Gambar 7. Cahaya terpolarisasi dan tidak terpolarisasi .....	8
Gambar 8. Cara kerja polarisator .....	9
Gambar 9. Polarisasi akibat pemantulan .....	10
Gambar 10. Perbandingan penglihatan dengan dan tanpa kacamata anti silau .....	10
Gambar 11. Pemantulan gelombang elektromagnetik.....	11
Gambar 12. Pemantulan total pada fiber optik .....	12
Gambar 13. Ilustrasi dualisme cahaya .....	14
Gambar 14. Eksitasi dan deeksitasi pada atom .....	16
Gambar 15. Serapan cahaya oleh benda hitam dan putih.....	16
Gambar 16. Spektrum gelombang elektromagnetik .....	18
Gambar 17. Spektrum sinar tampak.....	20
Gambar 18. Transmisi gelombang radio .....	22
Gambar 19. Pemantulan sinar infra merah pada oven.....	24
Gambar 20. Perbandingan penglihatan dengan dan tanpa sensor inframerah .....	24
Gambar 21. Intensitas cahaya pada dasar perairan .....	26
Gambar 22. Foto rontgen paru-paru pasien.....	28
Gambar 23. Efek rumah kaca .....	31

## A. Gelombang Elektromagnetik Dalam Kehidupan Sehari-hari

Dalam kehidupan sehari-hari, Anda sering memanfaatkan benda-benda elektronik seperti televisi, radio, telepon genggam, dan sebagainya. Tahukah Anda bahwa benda-benda tersebut memanfaatkan gelombang elektromagnetik?

Pada jenjang Sekolah Menengah Pertama, kita telah mempelajari sekilas tentang gelombang. Ingatkah Anda apa yang dimaksud dengan gelombang? Ada berapa jeniskah gelombang itu? Gelombang dapat dibedakan atas berapa jenis, baik berdasarkan arah rambatnya maupun medium perantaranya. Salah satunya, berdasarkan medium perantara, gelombang dibagi atas gelombang mekanik (gelombang yang merambat memerlukan medium atau zat perantara) dan gelombang elektromagnetik (gelombang yang merambat tanpa memerlukan medium). Pernahkah Anda berpikir, mengapa panasnya matahari dapat dirasakan manusia di bumi? Energi panas matahari merupakan salah satu contoh gelombang elektromagnetik yang merambat melalui kevakuman udara di luar angkasa (tidak ada medium dalam perambatannya).

Di samping itu masih ingatkah Anda bahwa gejala-gejala kelistrikan dan kemagnetan memiliki hubungan erat satu sama lain? Berdasarkan eksperimennya, Hertz mengamati bahwa arus listrik yang mengalir pada kawat lurus dapat menghasilkan medan magnet. Di sisi lain, magnet yang keluar masuk kumparan bisa menghasilkan medan listrik. Medan listrik dan medan magnet merupakan syarat terjadinya fenomena gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu, ingatlah kembali tentang bagaimana proses medan listrik dan medan magnet dapat terjadi.

## KONSEP BAB

- Proses terbentuknya gelombang elektromagnetik
- Spektrum Gelombang Elektromagnetik

## PRASYARAT KONSEP DAN KETERAMPILAN

- Hukum Ampere
- Hukum Coulomb
- Hukum Faraday
- Getaran dan gelombang

## TUJUAN PEMBELAJARAN

- Menjelaskan sifat dan proses terbentuknya gelombang elektromagnetik
- Mengurutkan jenis-jenis gelombang elektromagnetik dan bentuk radiasi yang dihasilkan
- Menyebutkan sumber penghasil radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
- Menyebutkan pemanfaatan dan dampak gelombang elektromagnetik

## KATA KUNCI

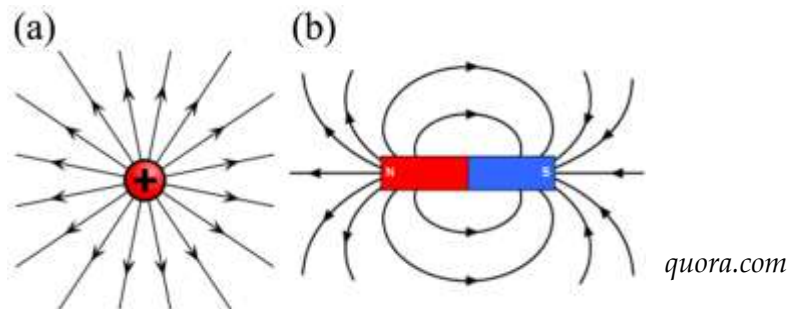
- Persamaan Maxwell
- Gelombang elektromagnetik
- Permittivitas elektrik
- Permeabilitas magnetik
- Eksitasi
- Deeksitasi

### Gambar 1.

(a) Sebuah muatan positif menghasilkan medan listrik yang arahnya radial ke luar.  
(b) Sebuah magnet batang menghasilkan medan magnet di sekitarnya.

## B. Gelombang Elektromagnetik

Seperti yang kita tahu, medan listrik adalah daerah di sekitar partikel bermuatan positif atau negatif yang masih terpengaruh oleh muatan listrik. Sementara medan magnet merupakan daerah di sekitar benda bersifat magnetik yang masih terpengaruh gaya magnet.



Pada tahun 1860, Maxwell, seorang peneliti asal Scotlandia, mengembangkan persamaan tentang adanya hubungan kelistrikan dan kemagnetan. Secara matematis, Maxwell menemukan bahwa medan listrik dapat dihasilkan oleh medan magnet dan medan magnet juga dapat dihasilkan oleh medan listrik. Maxwell mengemukakan suatu hipotesis yang intinya adalah sebagai berikut:

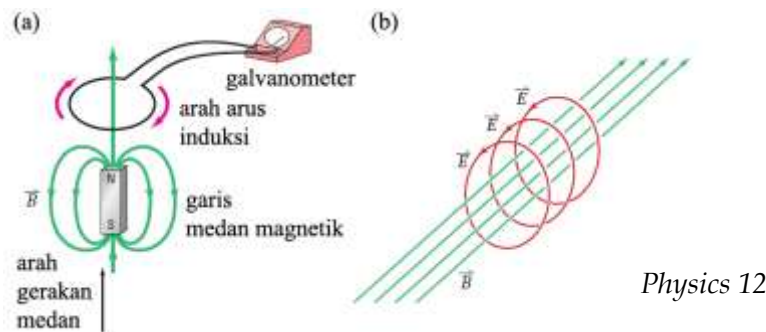
“Dengan mengubah-ubah medan listrik maka medan magnet yang berubah-ubah akan dihasilkan. Sebaliknya, dengan mengubah-ubah medan magnet maka medan listrik yang berubah-ubah akan dihasilkan”.

Dengan hipotesis ini, Maxwell mengungkapkan terjadinya gelombang elektromagnetik.

Maxwell menemukan bahwa medan listrik dapat dihasilkan dengan menggerakkan batang magnet keluar masuk ke dalam suatu kumparan. Medan listrik dapat dihasilkan karena



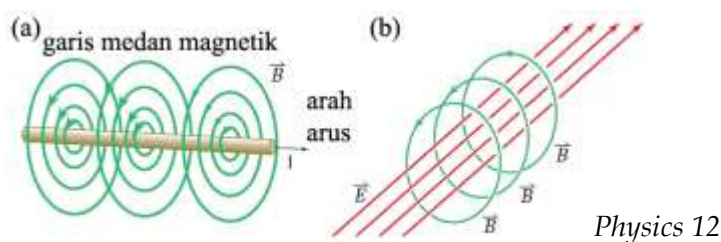
terdapat perubahan fluks magnetik pada kumparan. Kumparan akan menghasilkan arus yang bisa dilihat dari simpangan jarum galvanometer.



**Gambar 2.**

(a) Sebuah kawat yang dialiri listrik sebesar  $I$  akan menghasilkan medan magnetik  $B$  di sekitar kawat. (b) Vektor medan listrik ( $E$ ) yang dihasilkan tegak lurus dengan vektor medan magnet ( $B$ ).

Di sisi lain, suatu medan magnet dapat dihasilkan dengan cara mengalirkan arus pada sebuah kawat lurus. Medan magnet muncul karena ada partikel bermuatan bergerak lurus. Medan magnet di sekitar kawat dapat diamati secara sederhana dengan kompas. Kompas akan menunjukkan bahwa medan magnet mengelilingi sekitar kawat.



**Gambar 3.**

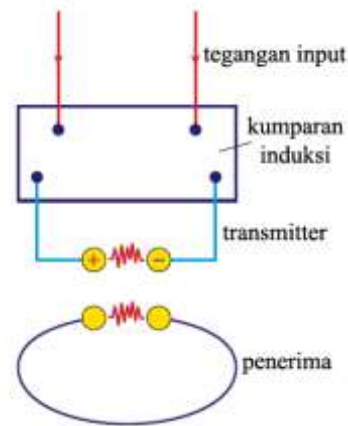
(a) Sebuah kawat yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang mengelilingi kawat tersebut. (b) Vektor medan magnet ( $B$ ) yang dihasilkan oleh kawat tegak lurus dengan vektor medan listrik ( $E$ ).

Pada tahun 1880, seorang ilmuwan yang bernama Hertz melakukan eksperimen tentang gelombang elektromagnetik. Eksperimen ini sekaligus bisa menjadi bukti kebenaran hipotesis Maxwell tentang gelombang elektromagnetik. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan dua buah bola bermuatan yang digetarkan seperti pada gambar 4. Kedua bola diberikan muatan listrik berbeda. Salah satu bola diberikan muatan positif sedangkan bola yang lain diberi muatan negatif.



**Gambar 4.**

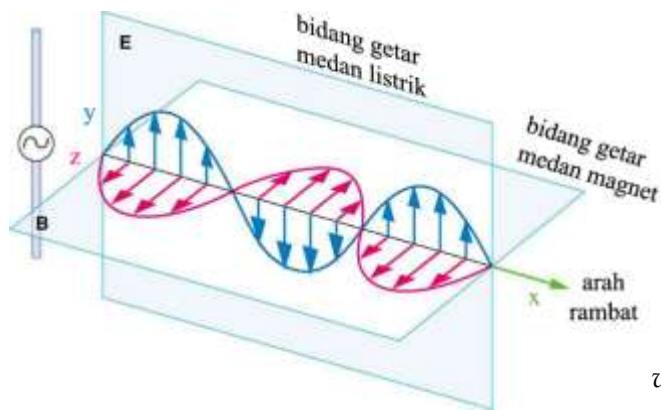
Percobaan yang dilakukan Hertz untuk mengamati medan magnet yang ditimbulkan oleh medan listrik yang berosilasi



*Physics 12*

Selanjutnya, kedua bola digetarkan sehingga jarak kedua bola berubah-ubah terhadap waktu. Dengan demikian, kedua muatan akan menimbulkan medan listrik di sekitarnya yang berubah-ubah setiap waktu. Hertz mengamati bahwa ternyata perubahan medan listrik ini juga akan menimbulkan perubahan medan magnet yang berubah-ubah. Dengan adanya perubahan medan magnet maka akan timbul kembali medan listrik yang besarnya juga berubah-ubah. Demikian seterusnya, sehingga didapatkan proses berantai dari perubahan medan listrik dan medan magnet yang merambat ke segala arah.

Melalui percobaan ini, Hertz mampu membuktikan bahwa medan listrik dan medan magnet bisa dihasilkan oleh suatu sumber. Apabila suatu partikel yang bermuatan berosilasi maka akan menghasilkan medan listrik dan medan magnet yang berubah-ubah. Perubahan medan listrik dan medan magnet terhadap waktu dapat ditampilkan seperti gambar 5. Perpaduan medan listrik dan medan magnet ini mengakibatkan munculnya gelombang elektromagnetik.



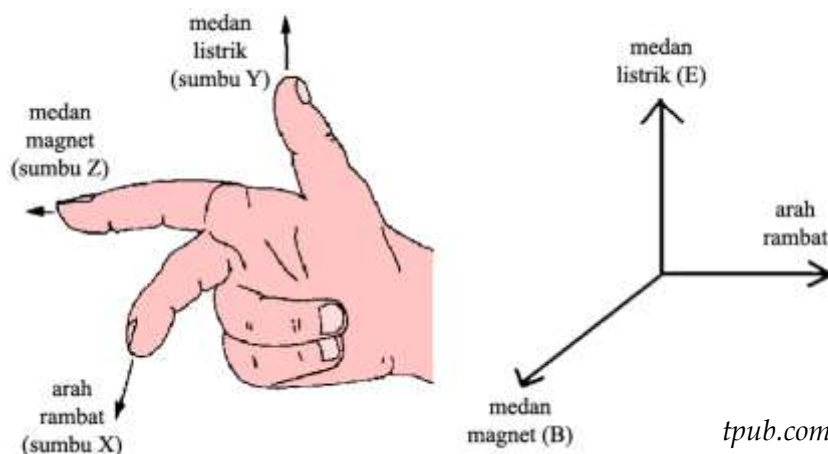
voer.edu.vn

**Gambar 5.**

Grafik yang menggambarkan pola dari perubahan medan listrik dan perubahan medan magnet versus arah perambatan yang dihasilkan oleh muatan yang berosilasi.

Dari pembahasan ini, kita bisa mengetahui bahwa ternyata gelombang elektromagnetik dihasilkan dari suatu muatan yang berosilasi/bergetar. Muatan yang berosilasi menghasilkan perubahan medan listrik (*electro*) dan medan magnet (*magnetic*) sehingga disebut *electromagnetic wave*.

Medan listrik digambarkan berosilasi pada sumbu Y dan medan magnet berosilasi pada sumbu Z, vektor keduanya memiliki fase sama dan saling tegak lurus satu sama lain. Arah rambat gelombang elektro magnetik berhimpit dengan sumbu X sehingga tegak lurus dengan arah medan listrik dan medan magnet. Vektor ketiga komponen dapat digambarkan seperti pada gambar 6.



tpub.com

**Gambar 6.**

Vektor ketiga komponen medan listrik (E), medan magnet (B) dan arah rambat (v).

### C. Sifat-sifat Radiasi Elektromagnetik

Kalian pasti pernah diberi tahu guru SMP kalian bahwa cahaya dapat dipantulkan, bukan? Cahaya dapat dipantulkan karena cahaya merupakan gelombang yang memiliki sifat dapat dipantulkan. Berkaca di depan cermin atau melihat spion motor sebelum berbelok adalah kegiatan yang memanfaatkan pemantulan gelombang cahaya. Tapi tahukah kalian bahwa kita juga bisa merasakan panas saat berada di bawah terik sinar matahari? Adakah sifat gelombang yang seperti itu?

Cahaya tampak yang dihasilkan oleh sumber cahaya seperti matahari dapat berperilaku sebagai gelombang maupun partikel. Perilaku ini disebut sebagai dualisme cahaya. Perilaku dualisme ini telah dibuktikan dan diteliti oleh ilmuwan de Broglie pada sekitar abad ke-18.

Dualisme cahaya memperlihatkan kepada kita bahwa cahaya tidak hanya bisa berperilaku seperti gelombang namun juga bisa berperilaku seperti partikel. Karena cahaya berlaku sebagai gelombang elektromagnetik, maka berdasarkan sifatnya gelombang elektromagnetik dibedakan menjadi model gelombang dan model partikel.

#### 1. Radiasi Elektromagnetik Model Gelombang

Hertz merupakan seorang ilmuwan yang banyak melakukan percobaan tentang gelombang. Dia berhasil mengukur frekuensi gelombang elektromagnetik jenis radio (100 MHz). Selain itu, eksperimen Hertz ini juga menunjukkan bahwa cahaya memiliki sifat-sifat gelombang, yaitu pemantulan, pembiasan, interferensi, difraksi, dan polarisasi. Hertz menggunakan cahaya sebagai gelombang elektromagnetik dalam setiap eksperimennya. Melalui eksperimen tersebut, kita dapat mengetahui sifat-sifat gelombang elektromagnetik yaitu:

- a) Dapat merambat dalam ruang hampa
- b) Merupakan gelombang transversal
- c) Dapat mengalami polarisasi

- d) Dapat mengalami pemantulan (refleksi)
- e) Dapat mengalami pembiasan (refraksi)
- f) Dapat mengalami interferensi
- g) Dapat mengalami lenturan atau hamburan (difraksi)
- h) Merambat dalam arah lurus

#### a. Gelombang Elektromagnetik Mampu Merambat dalam Ruang Hampa

Dasar teori dari perambatan gelombang elektromagnetik pertama kali dijelaskan pada 1873 oleh James Clerk Maxwell, seorang fisikawan Skotlandia, di Royal Society. Dalam teorinya itu, dia mengemukakan bahwa perubahan medan magnet dapat menimbulkan medan listrik.

Berdasarkan perhitungan teoritis, Maxwell menyimpulkan bahwa cepat rambat gelombang elektromagnetik itu bergantung pada dua besaran, yaitu permitivitas listrik ( $\epsilon$ ) dan permeabilitas magnet ( $\mu$ ). Dalam ruang hampa di mana permitivitas listriknya dan permeabilitas magnetnya, kecepatan perambatan elektromagnetik ( $c$ ) memenuhi persamaan:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

dengan nilai  $\epsilon_0$  dan  $\mu_0$  sebagai berikut:

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C/Nm}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

Hasil persamaan tersebut memperoleh nilai  $c$  sebesar  $2,99 \times 10^8$  m/s. Dari perhitungan tersebut, cepat rambat gelombang elektromagnetik dibulatkan menjadi  $c = 3 \times 10^8$  m/s. Cepat rambat gelombang elektromagnetik sama dengan cepat rambat cahaya di ruang hampa.

Heinrich Rudolf Hertz adalah yang pertama kali membuktikan teori Maxwell melalui eksperimen. Hertz memperagakan bahwa gelombang radio memiliki seluruh sifat-sifat gelombang. Hertz juga menemukan bahwa kecepatan gelombang radio besarnya sangat mendekati kecepatan cahaya di ruang hampa. Hubungan antara cepat rambat ( $c$ ), frekuensi ( $f$ ), serta panjang gelombang ( $\lambda$ ) adalah sebagai berikut:

$$c = \lambda f$$

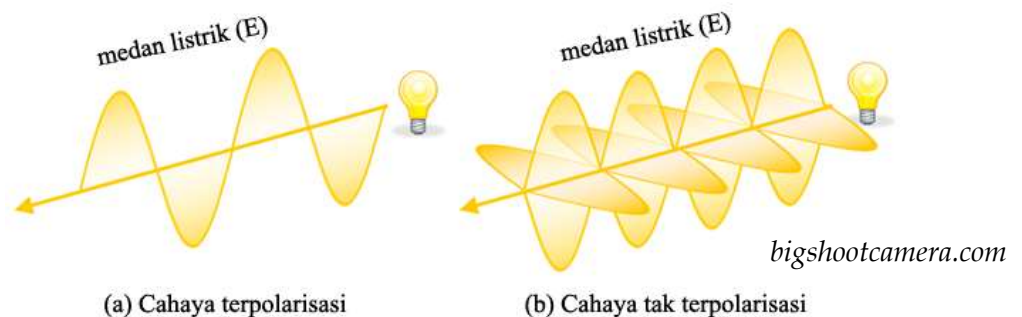
Karena cahaya dan gelombang elektromagnetik memiliki sifat-sifat dan pembuktian teori serta eksperimen yang sama, maka cahaya dipastikan adalah salah satu bentuk dari gelombang elektromagnetik yang bisa dilihat oleh mata manusia.

### b. Polarisasi Gelombang Elektromagnetik

Seperti yang telah kalian ketahui, gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal. Medan listrik, medan magnet dan arah rambat pada gelombang elektromagnetik saling tegak lurus. Polarisasi terjadi saat medan listrik dan medan magnetnya hanya memiliki satu arah getar. Gambar di bawah ini hanya menunjukkan perubahan medan listrik pada cahaya terpolarisasi dan tidak terpolarisasi. Cahaya terpolarisasi hanya memiliki satu arah getaran medan listrik yaitu horizontal. Cahaya yang tidak terpolarisasi memiliki dua (bisa lebih) arah getaran medan listrik yaitu horizontal dan vertikal.

**Gambar 7.**

(a) Cahaya yang terpolarisasi memiliki satu arah getar medan listrik. (b) Cahaya yang tidak terpolarisasi memiliki dua arah getar medan listrik.

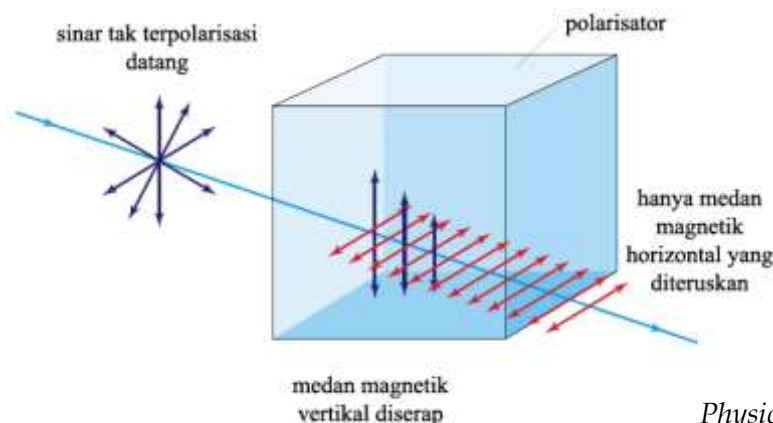


Peristiwa polarisasi cahaya bisa dengan mudah diamati menggunakan mata kita. Mata kita melihat cahaya yang terpolarisasi sebagai cahaya yang menyilaukan. Peristiwa tersebut terjadi saat mata melihat pantulan sinar matahari pada *whiteboard*. Sebagai contoh cahaya yang tidak terpolarisasi adalah sinar matahari. Cahaya matahari tidak terpolarisasi karena cahaya mengalami hamburan saat melewati atmosfer bumi. Cahaya ini sifatnya tidak menyilaukan

saat dilihat oleh mata (kecuali menatap langsung matahari). Mata kita bisa melihat dengan jelas pegunungan, tulisan tagan atau objek lainnya.

Perlu kalian ketahui, kalian juga bisa membuat cahaya terpolarisasi dengan menggunakan polarisator. Cahaya terpolarisasi dapat dibuat dengan melewati cahaya tak terpolarisasi seperti sinar matahari pada polarisator.

Awalnya, cahaya tak terpolarisasi memiliki medan listrik dengan arah getar beragam. Saat melewati polarisator, arah-arah getaran yang beragam tersebut akan diseleksi. Polariser menyeleksi beragam arah getaran medan listrik menjadi hanya satu arah getaran saja yang tersisa. Pada keadaan inilah cahaya bisa dikatakan terpolarisasi.



Physics 12

Kalian sudah tahu bahwa polarisator bisa digunakan untuk memfilter sinar matahari, lalu di mana polarisator biasa dimanfaatkan? Polariser biasa dimanfaatkan dalam kacamata anti silau karena polarisator mampu mengurangi cahaya silau yang datang ke mata kita.

Saat sinar matahari mengenai permukaan suatu bidang seperti permukaan air atau aspal di jalan raya, medan listrik yang tegak lurus dengan permukaan berkurang sementara medan listrik yang arahnya

#### WEB LINK

Polarisasi Cahaya dan Penyebab Polarisasi Cahaya:  
[fisikazone.com/polarisasi-cahaya](http://fisikazone.com/polarisasi-cahaya)



Cara Kerja Kacamata Polarizer (Anti UV):  
[centraloptical.co.id/polarizer](http://centraloptical.co.id/polarizer)



**Gambar 8.**

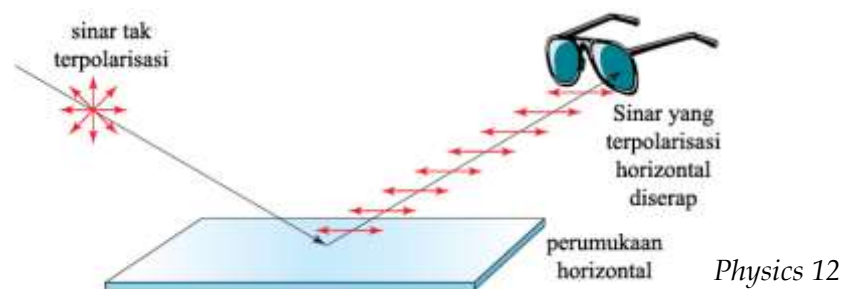
Polarisator digunakan untuk mengubah cahaya yang tidak terpolarisasi menjadi cahaya yang terpolarisasi.

horizontal akan tetap dipantulkan. Karena cahaya pantulan ini hanya memiliki medan listrik horizontal, maka cahaya akan terlihat silau ketika mengenai mata kita.

Seperti pada gambar di bawah ini, polariastor yang ada pada kacamata telah diatur sehingga cahaya-cahaya yang melewati kacamata hanya yang memiliki medan listrik vertikal saja. Sehingga pada akhirnya, mata kita hanya akan melihat cahaya dengan medan listrik vertikal yang tidak terlalu kuat.

**Gambar 9.**

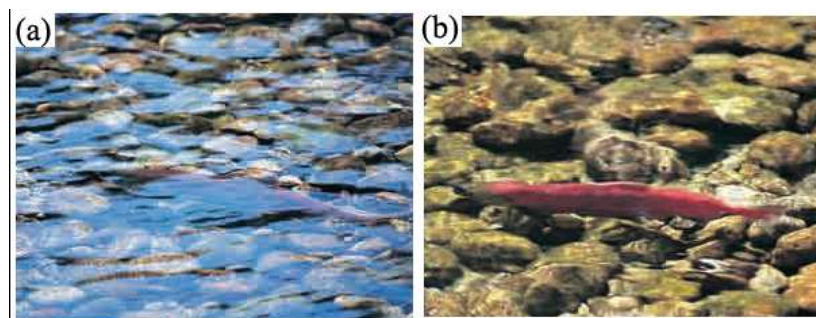
Cahaya matahari (tak terpolarisasi) yang dipantulkan oleh permukaan licin berubah menjadi cahaya terpolarisasi yang menyilaukan mata.



Gambar di bawah ini adalah foto yang diambil dengan dan tanpa kacamata anti silau. Ikan yang berada di bawah permukaan air secara jelas terlihat dengan menggunakan kacamata anti silau. Di sisi lain, jika kita melihat tanpa kacamata anti silau, ikan akan tertutupi oleh silaunya cahaya pantulan.

**Gambar 10.**

(a) Pemandangan yang ditangkap menggunakan mata telanjang. (b) Pemandangan menggunakan kaca mata anti silau.



### c. Pemantulan Gelombang Elektromagnetik

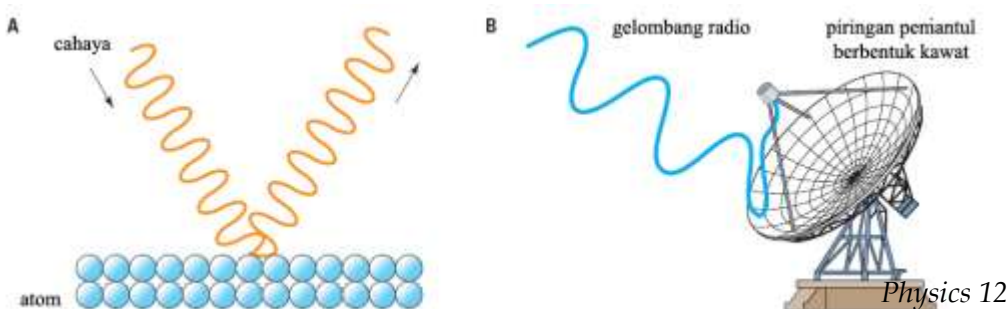
Pemantulan cahaya pada cermin adalah suatu hal yang umum bagi kita. Peristiwa yang sama juga terjadi pada satelit atau parabola televisi *channel* berlangganan. Jika kalian mengamati dengan teliti,



piringan satelit biasanya berwarna abu-abu. Permukaan satelit pun tidak selicin permukaan kaca. Padahal piringan dibuat dengan tujuan agar gelombang radio dapat dipantulkan ke alat penerima. Faktanya, meskipun piringan berwarna abu-abu tidak secara efektif memantulkan cahaya, piringan tersebut sangat efektif memantulkan gelombang radio.

Perlu kalian tahu bahwa besar gelombang yang dipantulkan bergantung pada panjang gelombang datang dan jenis bahan yang disinari. Suatu gelombang dapat dipantulkan oleh suatu bahan apabila bahan memiliki atom yang ukurannya jauh lebih kecil daripada panjang gelombang yang datang.

Cahaya dapat dipantulkan oleh cermin. Hal tersebut berarti bahwa atom-atom pada permukaan cermin jauh lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya. Sebuah retakan yang ada pada kaca sangat mudah terlihat karena celah retakan jauh lebih besar daripada panjang gelombang cahaya. Sebaliknya, apabila atom-atom suatu bahan lebih besar daripada panjang gelombang yang menyinari maka sulit terjadi peristiwa pemantulan.



Parabola radio bekerja dengan cara memantulkan gelombang radio ke pusat penerima. Gelombang radio memiliki panjang gelombang dengan ukuran beberapa meter. Oleh karena itu, piringan pemantul dapat berupa bahan menyerupai pagar metalik. Bagi gelombang dengan panjang gelombang besar, pagar metalik berperan

### AKSI CHALLENGE !

Komunikasi merupakan hal yang penting bagi manusia. Teknologi yang populer digunakan untuk komunikasi adalah handphone. Perangkat ini praktis karena mudah dibawa ke mana saja (*wireless*). Namun, keadaan sinyal handphone mudah terganggu oleh kondisi cuaca yang buruk. Tidak jarang, kegiatan panggilan telepon dan *browsing* mengalami gangguan. Tentukan apa aksi kalian!

**Gambar 11.**

(a) Gelombang cahaya mengenai atom-atom yang lebih kecil dari panjang gelombang cahaya kemudian dipantulkan. (b) Piringan kawat pada parabola berfungsi memantulkan gelombang radio.

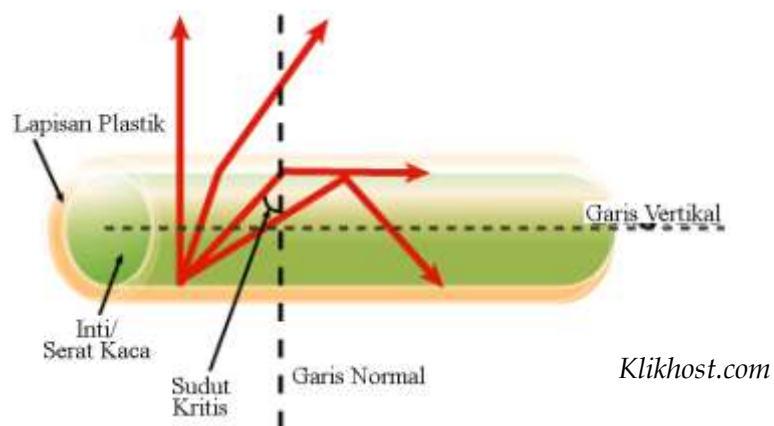


sebagai pemantul yang baik. Sebaliknya, semakin pendek panjang gelombang maka permukaan pantul harus semakin halus.

Peristiwa pemantulan gelombang elektromagnetik juga terjadi pada telekomunikasi menggunakan fiber optik. Cara kerja fiber optik adalah memantulkan dan membiaskan gelombang elektromagnetik yang ada di dalam kabel. Dengan cara tersebut, gelombang elektromagnetik yang berisi informasi-informasi penting bisa diantarkan dari pemancar hingga sampai ke penerima.

**Gambar 12.**

Gelombang elektromagnetik dalam fiber optik akan terus dipantulkan hingga mencapai ujung atau penerima.



#### WEB LINK

Pemantulan Total atau Pemantulan Sempurna:  
[mafia.mafiaol.com](http://mafia.mafiaol.com)



Cara Kerja fiber optik:  
[Klikhost.com/cara-kerja-fiber-optic/](http://Klikhost.com/cara-kerja-fiber-optic/)



Sebuah kabel fiber optik terbuat dari serat kaca murni sehingga cahaya dapat dipancarkan dari ujung ke ujung lainnya meskipun panjang kabel beratus-ratus meter. Sehelai serat kaca dilapisi oleh lapisan plastik yang sangat penting. Fungsi lapisan plastik ini adalah memantulkan gelombang elektromagnetik. Lapisan plastik ini menjaga agar gelombang elektromagnetik yang dirambatkan tidak keluar jalur (tetap pada inti kabel).

Pemantulan pada lapisan plastik ini adalah pemantulan total. Berbeda dengan pemantulan oleh cermin, pemantulan ini disebabkan oleh kaca yang bening. Bayangkan kalian berada pada ruangan gelap dengan sebuah jendela kaca, kemudian kalian mengarahkan cahaya senter tegak lurus dengan kaca. Cahaya senter akan tembus ke luar ruangan. Akan tetapi jika cahaya senter tersebut diarahkan dengan

sudut yang rendah (hampir sejajar dengan kaca), maka kaca tersebut akan berfungsi menjadi cermin yang akan memantulkan cahaya senter ke dalam ruangan. Demikian pada serat optik, cahaya berjalan melalui serat kaca pada sudut yang rendah.



## Apa yang Sedang Terjadi di Dunia?

### Jaringan Internet di Indonesia Jauh Tertinggal

**JKN.go.id** - Dibanding negara-negara di ASEAN, kecepatan rata-rata koneksi internet di Indonesia termasuk juga nomor tiga paling lambat. Mengutip data Household Download Index pada Rabu (6/8) lantas, rata-rata kecepatan akses internet di Indonesia cuma 4, 65 Mbps. Koneksi internet Indonesia cuma lebih cepat daripada Laos serta Filipina, yang semasing mempunyai kecepatan rata-rata sebesar 4, 09 Mbps serta 3, 41 Mbps.



Didunia, peringkat kecepatan rata-rata koneksi internet Indonesia juga tak membanggakan. Dari 192 negara yang masuk dalam Household Download Index, Indonesia cuma ada di peringkat ke-142. Menurut indeks itu, posisi Indonesia ada dibawah negara-negara Afrika, seperti Zimbabwe serta Kenya.

Walau sebenarnya, jaringan internet Indonesia sekarang ini masihlah memercayakan mobile broadband. Jaringan nirkabel seperti 3G, semisal, paling banter cuma dapat sediakan kecepatan koneksi sebesar 1 Mbps. Diluar itu, jaringan 3G juga belum rata dikarenakan cuma ada di kota-kota besar.

Tidak sama dengan jaringan nirkabel, jaringan fixed broadband dengan kata lain pita lebar tetaplah dapat berikan kecepatan sampai 50 Mbps. Pemakai internet yang memanfaatkan jaringan serat optik pasti dapat nikmati akses internet supercepat. Masalahnya, seputar 90% jaringan internet di Indonesia tak memanfaatkan jaringan serat optik. "Itu penyebabnya, bila dibikin rata-rata, kecepatan koneksi internet kita selamanya paling lambat," kata Budi.

Minimnya pemanfaatan jaringan internet lewat kabel serat optik pasti bukanlah tanpa ada argumen. Kasubdit Pos, Telekomunikasi, serta Informatika Kementerian Rencana Pembangunan Nasional Mira Tayyiba menuturkan, keadaan geografis Indonesia yang luas serta berwujud kepulauan jadi halangan dalam pembangunan jaringan serat optik. Itu penyebabnya, sebagai jalan keluar, penyelenggara jaringan internet lebih pilih memanfaatkan jaringan nirkabel. "Vietnam dapat menyelenggarakan jaringan kabel optik lantaran wilayahnya daratan semuanya," tambah Budi.

## 2. Radiasi Elektromagnetik Sebagai Partikel (Paket Energi/Foton)

Perlu kalian ketahui bahwa radiasi elektromagnetik dapat berperilaku sebagai gelombang atau seperti partikel. Sifat inilah yang disebut dengan dualisme. Kita telah mengetahui bahwa cahaya sebagai gelombang elektromagnetik mempunyai sifat-sifat gelombang (dipantulkan, merambat, polarisasi, dll.). Namun di sisi lain radiasi elektromagnetik dapat dianggap sebagai partikel, mereka disebut sebagai foton.

Foton adalah paket atau kumpulan-kumpulan energi. Tentunya, kalian pernah merasakan betapa panasnya berdiri di bawah sinar matahari saat upacara bukan?

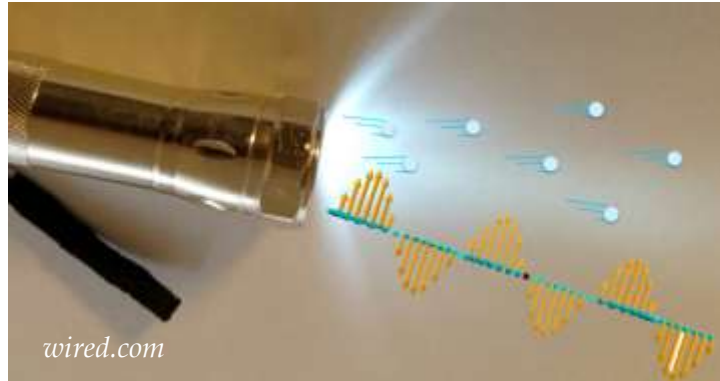
Foton memiliki ukuran yang mana besar atau kecilnya tergantung dari frekuensi gelombang elektromagnetik tersebut. Menurut ilmuwan Planck, besarnya foton memenuhi persamaan di bawah ini:

$$E = hf$$

di mana  $E$  adalah energi foton,  $h = 6,626 \times 10^{-34}$  J.s adalah konstanta Planck, dan  $f$  adalah frekuensi gelombang.

### Gambar 13.

Sebuah ilustrasi dualisme cahaya. Cahaya bisa bersifat baik seperti gelombang maupun partikel (foton).



### WEB LINK

Pengertian Energi Cahaya:  
[budisma.net/pengertian-energi-cahaya](http://budisma.net/pengertian-energi-cahaya)



Spektrum Cahaya:  
[elektronika-dasar.web.id/spektrum-cahaya](http://elektronika-dasar.web.id/spektrum-cahaya)



Dari persamaan de Broglie, kita bisa tahu bahwa besar energi yang dibawa suatu gelombang elektromagnetik bergantung dari frekuensinya. Misalnya, cahaya tampak yang setiap siang mengenai badan kita memiliki frekuensi sebesar  $6 \times 10^{13}$  Hz. Hal tersebut berarti bahwa cahaya tampak memiliki energi sekitar  $3,97 \times 10^{-20}$  Joule. Gelombang elektromagnetik yang lainnya adalah sinar gamma yang memiliki frekuensi  $2,4 \times 10^{20}$  Hz. Sinar gamma memiliki energi sebesar  $1,59 \times 10^{-13}$  Joule. Dengan energi sebesar ini, sinar gamma tergolong destruktif dan mampu merusak sel hidup.



## Apa yang Sedang Terjadi di Dunia?

### Terancam Krisis Energi, Indonesia Percepat Pengembangan EBT

**Elshinta** – Pemerintah mengajak seluruh kalangan untuk mempercepat pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT) sebagai solusi atas krisis energi yang mengancam Indonesia.

Menurut Ketua Gugus Kerja Percepatan Pembangunan Energi Terbarukan Kementerian ESDM, William Sabandar, bahwa pengembangan energi baru dan terbarukan merupakan fokus pemerintah saat ini.



"EBT ditargetkan mencapai 23% komposisi energi nasional pada tahun 2050, saat ini hanya 6% dan selama ini tumbuh lambat. Oleh karena itu, EBT harus tumbuh 70% dan tidak bisa dilakukan dengan *business as usual*," tuturnya di Jakarta.

Pada saat sesi diskusi Sustainable Energy and Infrastructure for Climate Change Mitigation and Adaptation pada acara Tropical Landscapes Summit 2015 beberapa waktu lalu, CEO Medco Energy Fazil Alfitri menyampaikan hal senada. Ia mengingatkan Indonesia akan dilanda krisis energi pada tahun 2030 karena saat itu Indonesia sudah kehabisan cadangan migas.

Menurutnya, pada tahun 2030 Indonesia akan berubah dari negara penghasil minyak menjadi negara pengimpor energi terbesar di dunia. Sehingga satu-satunya cara dalam perspektif komersial yang dapat ditempuh pemerintah adalah mengembangkan energi terbarukan.

Konsultan Energi Roland Berger, Anthoine Versluis juga menyatakan bahwa potensi pengembangan EBT di daerah tropis seharusnya lebih tinggi dibandingkan belahan bumi lainnya karena dapat memanfaatkan potensi energi matahari. Ia menganggap Indonesia memang sudah seharusnya beralih dari energi konvensional ke energi baru dan terbarukan.

### 3. Penyerapan Gelombang Elektromagnetik

Kita mungkin bertanya-tanya, jika cahaya adalah gelombang, mengapa pakaian yang dijemur di belakang rumah bisa menjadi kering? Di pembahasan sebelumnya, kita telah mengetahui bahwa gelombang memiliki beberapa sifat. Tapi apakah gelombang memiliki sifat "dapat diserap"? Sifat ini sangat sulit dijelaskan oleh teori cahaya sebagai gelombang. Namun, de Broglie dapat dengan mudah menjelaskannya melalui teori cahaya sebagai partikel.

#### AKSI CHALLENGE !

Pada masa modern ini, dunia dihadapkan pada isu yang tengah menjadi sorotan yaitu ketahanan energi. Isu mengenai menipisnya cadangan minyak bumi, sumber energi alam yang tidak dapat diperbaharui, menjadi ancaman yang tidak mungkin dihindari. Tentukan apa aksi kalian!

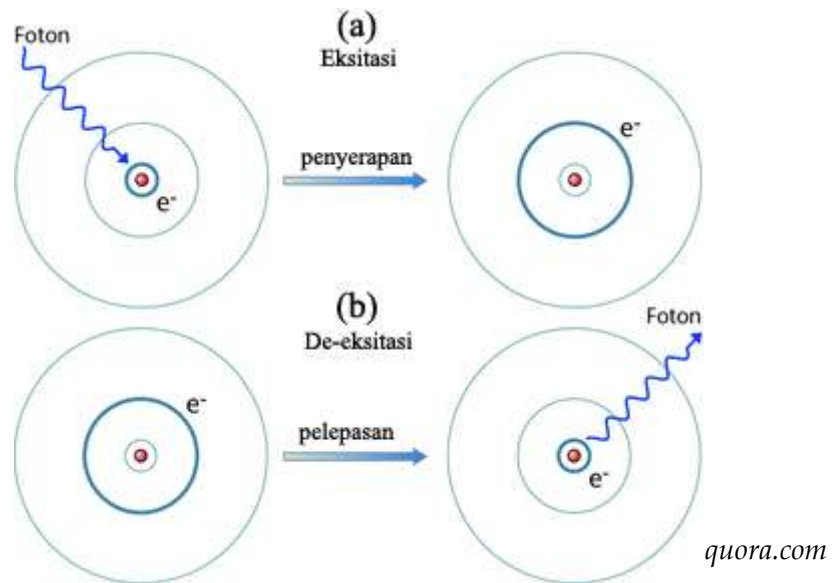
De Broglie menjelaskan bahwa cahaya adalah sekumpulan energi yang disebut foton. Gambar di bawah ini menunjukkan bahwa cahaya (atau sebut saja foton) mengenai sebuah inti atom. Inti atom yang dikenai bisa berasal dari atom penyusun benda padat, cair maupun gas. Foton atau paket energi tersebut diserap oleh inti atom. Saat foton diserap, satu elektron dari atom tersebut akan mengalami eksitasi. Eksitasi adalah naiknya satu elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Namun eksitasi hanya akan terjadi apabila energi foton yang diberikan sama dengan energi yang dibutuhkan oleh elektron untuk naik ke tingkat energi lebih tinggi. Misalnya, suatu foton dengan besar energi 10 MeV mengenai sebuah elektron. Untuk naik ke tingkat energi kedua, elektron tersebut memerlukan energi sebesar 10 MeV. Karena besar energi cukup, foton yang datang tersebut akan diserap oleh elektron dan elektron naik ke tingkat energi kedua (tidak lagi berada di tingkat energi

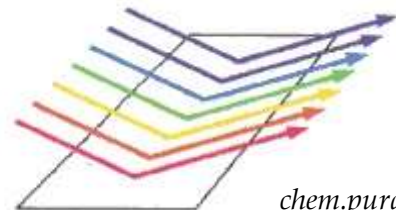
pertama). Sebaliknya, apabila energi foton tidak cukup (kurang dari 10 MeV) maka elektron tetap berada di tingkat energi pertama.

**Gambar 14.**

(a) Foton yang diterima akan diserap oleh atom. (b) Segera setelah diserap, atom memancarkan kembali foton yang diserap tadi.



Peristiwa eksitasi elektron hanya terjadi sementara. Elektron tidak tinggal tetap di tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron sesegera mungkin akan kembali ke tingkat energi semula. Peristiwa turunnya elektron ke tingkat energi yang lebih rendah disebut deeksitasi. Ketika deeksitasi elektron, atom akan memancarkan kembali foton atau gelombang elektromagnetik yang telah diserap olehnya. Besarnya energi foton yang dipancarkan sesuai dengan besarnya tingkat energi di mana elektron tersebut turun.



chem.purdue.edu

**Gambar 15.**

(a) Seluruh panjang gelombang cahaya yang diterima benda hitam akan diserap. (b) Seluruh panjang gelombang cahaya yang diterima benda putih akan dipantulkan kembali seperti semula.

Cahaya seperti yang kita tahu dapat diubah menjadi energi panas. Sebuah benda hitam menyerap semua panjang gelombang cahaya (merah, biru, hijau, dll.). Semua panjang gelombang cahaya yang diserap kemudian diubah menjadi energi panas sehingga benda akan menjadi lebih hangat. Di sisi lain, sebuah benda putih akan



memantulkan semua panjang gelombang cahaya. Kemampuan memantulkan semua panjang gelombang mengakibatkan benda putih sangat sedikit menyerap cahaya. Hal ini menyebabkan benda putih tidak mudah panas.



## Apa yang Sedang Terjadi di Dunia?

### Lupakan Baju Hitam, Jika Tak Ingin Kepanasan

**BANJARMASIN**--Badan Meteorologi dan Geofisika Banjarmasin Kalimantan Selatan (Kalsel) mengingatkan agar warga menghindari baju warna hitam saat berada di luar ruangan dalam beberapa hari ke depan karena warna hitam menyerap cahaya.

Hal itu disampaikan Prakirawan BMG Doni Widyasmoro di Banjarmasin Selasa, menanggapi tentang panas yang cukup menyengat di Kota Banjarmasin khususnya dan di Kalsel umumnya yang terjadi dalam beberapa hari terakhir.



Menurut dia, saat ini cuaca panas di kota Banjarmasin bersuhu mencapai antara 33-34 derajat celcius dengan batas minimal 24 derajat Celcius, atau lebih panas dibanding batas normal panas pada musim penghujan yang biasanya hanya sampai 32 derajat derajat Celcius.

"Kalau sekarang batas maksimal maupun minimalnya cukup tinggi, makanya panasnya terasa pengap dan menyengat, karena kelembaban udaranya juga cukup tinggi," katanya.

Karena panas yang cukup menyengat tersebut, kata dia, sebaiknya masyarakat menghindari baju warna hitam dan mengurangi aktivitas di luar ruangan.

Cuaca yang cukup panas tersebut, kata dia, terjadi karena faktor peralihan angin pada musim pancaroba yaitu peralihan musim penghujan ke musim kemarau yang diperkirakan sekitar bulan Juli hingga Agustus.

Pada saat perubahan cuaca tersebut, kata dia, biasanya warga mudah terkena berbagai penyakit bila daya tahan tubuh tidak dijaga secara benar.

## D. Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Apakah kalian masih ingat bahwa warna-warna pada cahaya tampak terbagi atas MEJIKUHIBINIU? Semua warna tersebut adalah cahaya tampak yang bergerak dengan kecepatan sama. Hal yang membedakan antara satu warna dengan warna lain adalah panjang gelombang dan frekuensi masing-masing warna.

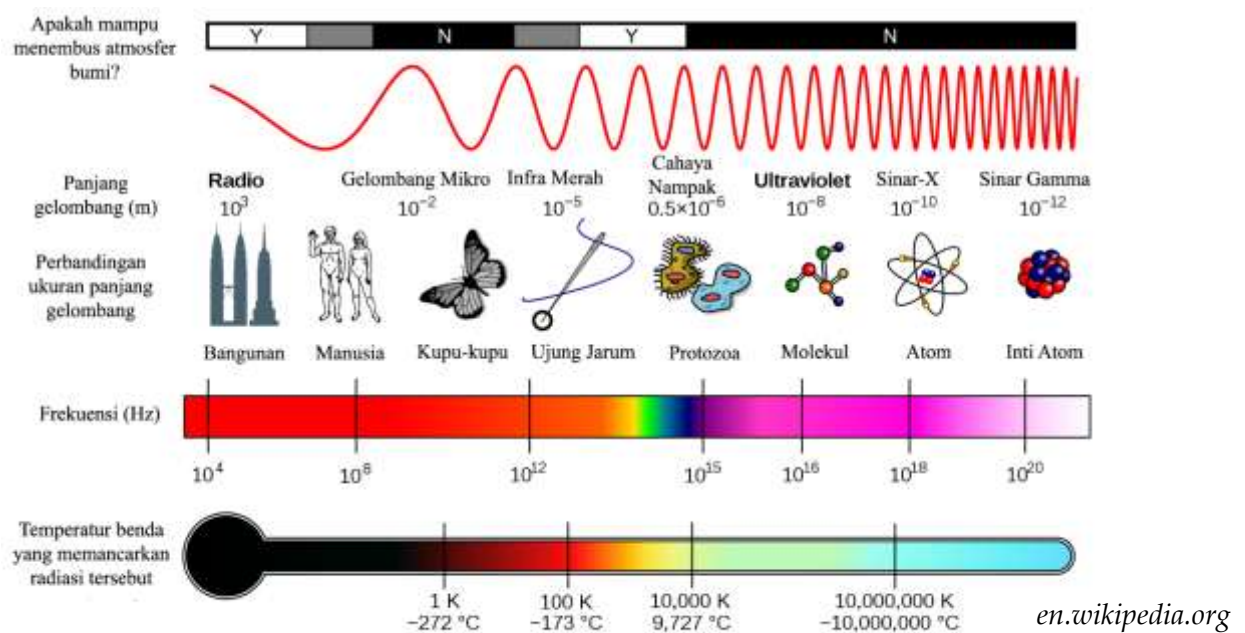
Begitu juga dengan gelombang elektromagnetik. Hertz telah memberi tahu kita bahwa kecepatan semua gelombang

### AKSI CHALLENGE !

Dunia memiliki siklus musim panas dan musim dingin yang berganti secara periodik. Pada beberapa dekade ini, dunia dihadapkan dengan isu perubahan iklim yang terlalu ekstrim. Hidup dalam iklim yang ekstrim ini mengakibatkan kita lebih mudah mengalami dehidrasi atau hipotermia. Tentukan apa aksi kalian!

elektromagnetik di ruang hampa adalah sama yaitu  $3 \times 10^8$  m/s. Hal yang membedakan mereka masing-masing adalah panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan frekuensinya ( $f$ ). Sinyal radio adalah gelombang elektromagnetik paling lebar yang besarnya mencapai satu lapangan sepak bola. Gelombang elektromagnetik lainnya adalah sinar X. Panjang gelombang ini cukup kecil yang mana ukurannya menyerupai ujung sebuah jarum jahit.

Selain kedua gelombang tadi, masih banyak gelombang elektromagnetik lainnya dengan ukuran panjang gelombang dan frekuensi yang bervariasi. Ilmuwan telah mengurutkan berbagai macam gelombang elektromagnetik dari yang panjangnya paling kecil hingga terbesar. Kumpulan berbagai macam gelombang elektromagnetik yang telah diurutkan disebut spektrum gelombang elektromagnetik.



**Gambar 16.** Spektrum gelombang elektromagnetik yang dari frekuensi terkecil hingga terbesar.

## 1. Gelombang Radio

Gelombang radio memiliki panjang gelombang 1.000 m dan frekuensi antara  $10^4$  Hz sampai  $10^5$  Hz. Gelombang tersebut biasa diaplikasikan sebagai alat komunikasi jarak jauh. Gelombang ini mampu membawa informasi dari satu tempat ke tempat lain yang jaraknya sangat jauh. Sesuai dengan namanya, gelombang ini

digunakan di dalam kepentingan penyiaran radio. Gelombang televisi memiliki panjang gelombang yang lebih kecil dari dari gelombang radio.

## **2. Gelombang Mikro**

Gelombang mikro sebenarnya merupakan gelombang radio yang ukurannya pendek. Panjang gelombangnya sekitar 0,1 m hingga 1 m. Frekuensi gelombang mikro sekitar 2500 Hz. Pada frekuensi ini gelombang elektromagnetik diserap oleh molekul air di dalam makanan. Gelombang mikro biasa digunakan untuk memanaskan makanan pada oven).

## **3. Sinar Inframerah**

Sinar infra merah memiliki daerah dengan jangkauan frekuensi 1011 Hz sampai 1014 Hz. Sinar infra merah dihasilkan oleh elektron dari atom-atom yang bergetar karena panas. Atom yang bergetar bisa terdapat pada bara api, nyala api, tubuh manusia. Semakin panas suatu benda maka sinar infra merah yang dipancarkan semakin besar.

Matahari adalah sumber infra merah terbesar. Sinar ini memiliki sifat membawa energi panas, sehingga dengan intensitas yang tinggi bisa membakar kulit. Sinar ini memiliki frekuensi yang lebih kecil dari cahaya tampak sehingga sinar bisa tidak terlihat oleh mata manusia.

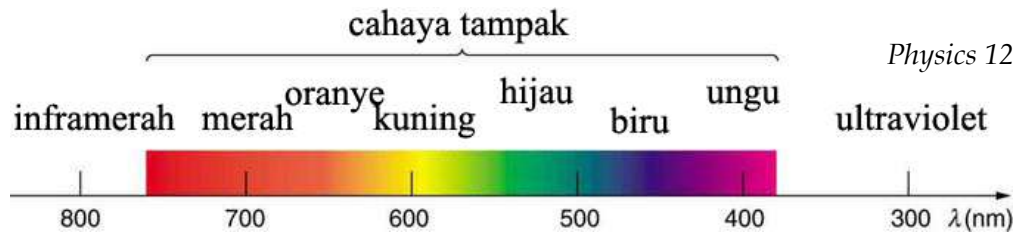
## **4. Sinar Tampak**

Sinar tampak adalah satu-satunya spektrum gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh manusia. Sinar tampak memiliki frekuensi di mana mata manusia peka terhadapnya. Frekuensi sinar tampak membentang antara 40.000 dan 80.000 GHz atau bersesuaian dengan panjang gelombang antara 380 dan 780 nm.



**Gambar 17.**

Spektrum sinar tampak  
terdiri atas warna  
MEJIKUHIBINIU.



Cahaya tampak terdiri dari tujuh spektrum warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Sinar merah memiliki panjang gelombang terpanjang tetapi frekuensi terkecil. Sementara itu, sinar ungu memiliki panjang gelombang terpendek tapi frekuensi terbesar.

### 5. Sinar Ultraviolet (UV)

Sinar ultraviolet atau ultraungu memiliki rentang frekuensi yang berkisar antara 80.000 GHz sampai puluhan juta GHz. Sinar ultraviolet berasal dari matahari dan memiliki energi yang cukup kuat. Besarnya energi sinar ultraviolet mampu mengionisasi atom-atom yang berada di lapisan atmosfer. Dari proses ionisasi atom-atom tersebut dihasilkan ion-ion, yaitu atom yang bermuatan listrik. Ion-ion ini membentuk lapisan khusus pada atmosfer yang disebut ionosfer. Pada lapisan ionosfer, gelombang elektromagnetik frekuensi rendah (gelombang radio) dapat dipantulkan.

### 6. Sinar X

Sinar X berada pada rentang frekuensi 300 juta GHz dan 50 miliar GHz. Penemuan sinar X dianggap sebagai salah satu penemuan penting dalam fisika. Sinar X ditemukan oleh ahli fisika Jerman bernama Wilhelm Rontgen saat sedang mempelajari sinar katoda. Cara paling umum untuk memproduksi sinar X adalah melalui mekanisme yang disebut radiasi perlambatan. Mekanisme ini yang ditempuh oleh Rontgen saat pertama kali menghasilkan sinar X. Dalam teori radiasi

gelombang elektromagnetik diketahui bahwa muatan listrik yang dipercepat (atau diperlambat) akan menghasilkan gelombang elektromagnetik.

## 7. Sinar Gamma

Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi paling besar, yaitu sekitar  $2,4 \times 10^{18}$  Hz hingga  $2,4 \times 10^{21}$  Hz. Panjang gelombang sinar gamma sangat kecil menyerupai ukuran inti atom. Sinar gamma dihasilkan dari peristiwa peluruhan inti radioaktif. Suatu inti atom yang tidak stabil meluruh menjadi inti atom unsur lain yang stabil diikuti dengan pancaran sinar radioaktif. Sinar radioaktif tersebut adalah sinar alfa, sinar beta, dan sinar gamma. Di antara ketiga sinar radioaktif ini, yang termasuk gelombang elektromagnetik adalah sinar gamma. Sementara sinar alfa dan beta merupakan partikel bermuatan listrik.

Jika dibandingkan dengan sinar alfa dan sinar beta, sinar gamma memiliki daya tembus yang paling tinggi. Sinar alfa hanya mampu menembus selembar kertas. Sinar beta mampu menembus hingga plat logam. Sementara itu, sinar gamma mampu menembus hingga setebal dinding beton.

## E. Pemanfaatan Gelombang Elektromagnetik

### 1. Gelombang Radio

Gelombang radio memiliki amplitudo yang sangat panjang. Karakter gelombang dengan amplitudo yang panjang sangat baik dimanfaatkan dalam komunikasi jarak jauh. Bahkan gelombang ini bisa digunakan untuk komunikasi antar benua. Mengapa gelombang radio bisa sampai ke tempat yang sangat jauh?

Sebenarnya, gelombang radio tidak bisa berjalan lurus ke bagian bumi yang jauh karena bentuk bumi yang bulat. Kemampuan gelombang radio dalam mencapai tempat yang sangat jauh dibantu oleh keberadaan lapisan Kennelly-Heaviside. Lapisan Kennelly-Heaviside memiliki kemampuan unik yang bisa memantulkan kembali gelombang radio dengan sangat baik. Pantulan tersebut dimanfaatkan agar gelombang mencapai bagian lain dari sisi bumi. Dengan melihat gambar di bawah ini, kalian bisa tahu bagaimana pantulan tersebut dimanfaatkan.

**Gambar 18.**

Gelombang radio dipancarkan oleh antena pemancar kemudian dipantulkan oleh lapisan Kennelly-Heaviside. Gelombang yang dipantulkan kemudian diterima oleh antena penerima.



Perlu kalian ketahui bahwa variasi gelombang radio tidak hanya berdasarkan frekuensinya saja. Gelombang radio juga bisa divariasi berdasarkan amplitudonya. Berdasarkan cara memancarkannya, gelombang radio dibagi menjadi dua jenis:

### 1) Gelombang Radio Amplitudo Modulation (AM)

Gelombang radio ini menggunakan perubahan amplitudo dalam penyampaian sinyal ke antena penerima. Gelombang tersebut memiliki sifat mudah dipantulkan oleh lapisan ionosfer bumi, sehingga mampu mencapai jangkauan yang sangat jauh dari stasiun pemancar radio. Kelemahan gelombang radio AM adalah sering terganggu oleh gejala kelistrikan di udara, sehingga gelombang yang ditangkap pesawat radio kadang terdengar berisik.

### 2) Gelombang Radio Frequency Modulation (FM)

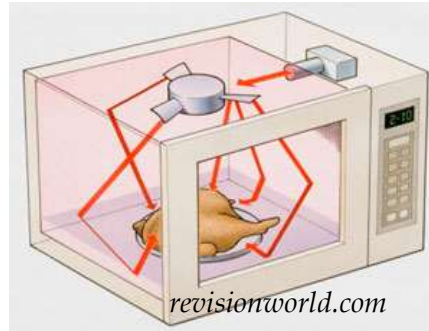
Gelombang radio ini dipancarkan dengan frekuensi gelombang tertentu dan akan diterima oleh antena yang memiliki frekuensi sama. Pemancar FM lebih jernih jika dibandingkan dengan pemancar AM karena gelombang tidak terpengaruh oleh gejala kelistrikan di udara. Gelombang radio ini tidak dapat dipantulkan oleh ionosfer bumi, sehingga tidak dapat menjangkau tempat-tempat yang jauh ( $\pm 75$  km). Gelombang ini juga tidak bisa menjangkau penerima dibalik gunung atau bukit sehingga memerlukan bantuan stasiun penghubung (relay).

## 2. Gelombang Mikro

Oven menggunakan gelombang mikro untuk memanaskan makanan dengan cepat. Di dalam oven, gelombang mikro dipantulkan oleh dinding oven dan diserap oleh makanan yang berada di dalamnya. Penyerapan panas terjadi karena makanan yang dimasak mengandung molekul-molekul air baik di dalam maupun di luar makanan. Oleh karena itu, pemanasan dengan menggunakan oven lebih merata karena panas bukan diberikan dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam makanan tersebut. Di dalam oven, gelombang mikro dipantulkan oleh dinding oven sehingga mengenai seluruh bagian makanan.

**Gambar 19.**

Microwave oven memanfaatkan pantulan sinar infra merah untuk memanaskan seluruh bagian daging.



### 3. Sinar Infra Merah

Sinar inframerah tidak banyak dihamburkan oleh partikel-partikel udara, sehingga mampu menembus kabut dan awan yang cukup tebal. Dengan menggunakan plat-plat yang peka terhadap gelombang inframerah, pesawat udara yang terbang tinggi ataupun satelit mampu membuat potret permukaan bumi meskipun terhalang oleh kabut atau awan.

Atom-atom yang bergetar dapat meradiasikan gelombang elektromagnetik pada frekuensi inframerah. Getaran atom-atom pada benda tersebut disebabkan oleh panas. Peristiwa ini bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi panas dari suatu objek. Ahli mesin menerapkan sensor infra merah pada CCTV agar kamera tetap bisa merekam jelas saat gelap. Selain itu, ilmuwan juga dapat mempelajari struktur molekul dengan spektroskopi infra merah.

**Gambar 20.**

(a) Pemandangan yang diambil dengan mata telanjang. (b) Pemandangan yang diambil menggunakan sensor panas/inframerah.



Pemanasan dengan menggunakan sinar infra merah dapat bersifat selektif atau tergantung pada jenis bahan. Hal tersebut berarti bahwa pemanasan bisa diberikan kepada bahan yang dikehendaki.

Misalnya, sinar infra merah dipakai untuk pemanasan bahan *body* mobil. *Chamber* yang digunakan untuk pemanasan tidak akan panas tapi *body* mobil akan panas sesuai dengan suhu diinginkan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan. Sistem konvensional sangat boros energi karena *chamber* ikut panas sehingga perlu proses pendinginan yang memakan energi juga.

#### 4. Sinar Tampak

Sinar tampak meliputi frekuensi antara sekitar  $3,85 \times 10^{14}$  Hz dan  $7,7 \times 10^{14}$  Hz dan biasa disebut sebagai cahaya. Mata manusia sensitif terhadap gelombang elektromagnetik dalam rentang ini. Teknologi yang memanfaatkan cahaya terlalu banyak untuk disebutkan. Kalian mungkin tahu lebih banyak tentang cahaya daripada gelombang elektromagnetik lainnya. Seluruh percobaan fisika yang kalian lakukan seperti pemantulan, pembiasan atau difraksi didasarkan pada sifat-sifat cahaya. Cahaya tampak dapat dipancarkan dari benda-benda yang sangat panas seperti bara api. Hal ini disebabkan karena proses deeksitasi elektron yang memancarkan energi berupa cahaya.

Cahaya juga berperan penting dalam menjaga kelangsungan hidup organisme di bumi. Cahaya dibutuhkan dalam proses fotosintesis bagi setiap tumbuhan berklorofil seperti pohon, plankton dan tanaman paku. Untuk memulai proses fotosintesis, tumbuhan membutuhkan cahaya, molekul air dan  $\text{CO}_2$ . Proses dimulai dengan menangkap foton yang dilakukan oleh pigmen klorofil. Di dalam daun, cahaya yang diserap oleh klorofil kemudian dikumpulkan pada pusat-pusat reaksi. Fotosintesis dimulai pada saat cahaya mulai mengionisasi molekul klorofil dan kemudian terjadi pelepasan elektron. Proses fotosintesis menghasilkan energi yang penting bagi tumbuhan.

Plankton dan tumbuhan dasar air lebih sulit memperoleh cahaya dibandingkan tumbuhan di darat. Hanya 70% sinar matahari yang dapat menembus

permukaan air (30% sinar matahari dipantulkan). Selain itu, sinar matahari yang menuju dasar perairan intensitasnya semakin sedikit karena penyerapan dan hamburan partikel air. Pada perairan yang keruh, cahaya yang diserap dan dihamburkan lebih banyak lagi sehingga cahaya hanya menjangkau bagian permukaan. Hal tersebut mengakibatkan tumbuhan di dasar perairan keruh kesulitan melakukan fotosintesis.

**Gambar 21.**

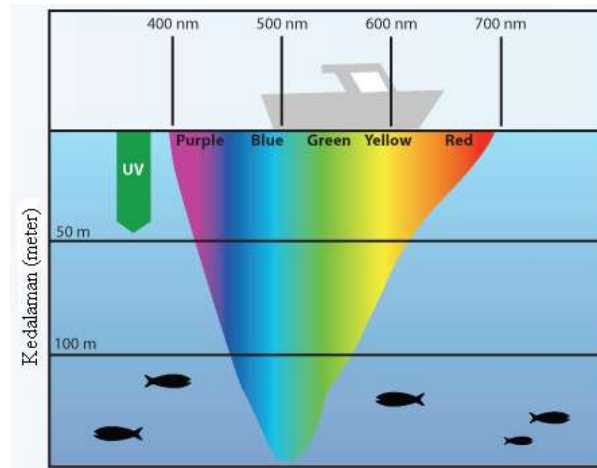
Intensitas cahaya pada dasar danau lebih sedikit daripada intensitas cahaya di permukaan di danau yang jernih saat cuaca cerah.

#### WEB LINK

Pentingnya Cahaya Matahari untuk Tanaman Hias: [tanamanhiasan.com/pentingnya-cahaya-matahari-untuk-tanaman-hias](http://tanamanhiasan.com/pentingnya-cahaya-matahari-untuk-tanaman-hias)



Indikator Kecerahan Perairan: [tneutron.net/indikator-kecerahan-perairan](http://tneutron.net/indikator-kecerahan-perairan)



*seagrant.umn.edu*

#### 5. Sinar Ultraviolet (UV)

Salah satu sumber alami sinar ultraviolet adalah matahari. Di atmosfer, sinar ini membantu pembentukan lapisan ionosfer yang berfungsi melindungi bumi dari meteor. Bagi tumbuhan, sinar UV sangat berguna karena sinar memulai proses reaksi fotosintesis. Bagi manusia, sinar UV membantu mengubah kolesterol yang tersimpan di kulit menjadi vitamin D. Hanya dengan berjemur selama 5 menit di pagi hari, tubuh kita mendapatkan 400 unit vitamin D. Vitamin D yang dibentuk melalui sinar matahari berfungsi meningkatkan penyerapan kalsium oleh tubuh sehingga memperbaiki komponen tulang dan mencegah penyakit tulang.



## Apa yang Sedang Terjadi di Dunia?

### Rawapening Kritis, Nelayan Ingin "Ngobrol" Langsung dengan Jokowi

**AMBARAWA, KOMPAS.com** - Para petani dan nelayan di Rawapening, Kabupaten Semarang, berharap dapat menyampaikan keluhan seputar permasalahan di perairan darat terluas di pulau Jawa itu kepada presiden Joko Widodo saat berkunjung ke Ungaran, 29 April mendatang.

Salah satu nelayan Rawapening, Syafi'i (50), mengatakan, kondisi nelayan dan peternak ikan karamba Rawapening saat ini semakin sulit untuk bertahan. Dengan banyaknya gulma enceng gondok dan laju sedimentasi yang tidak terkendali membuat ikan sulit untuk hidup.



"Sekarang ikan semakin sedikit, karamba juga banyak yang rusak karena diterjang rumpun Enceng Gondok yang tertiuip angin. Rawapening tidak seperti dulu, bisa menghidupi masyarakat sekitar," ungkap Syafi'i, Senin (27/4/2015) siang.

Keberadaan enceng gondok, menurut Syafi'i, memang menunjang adanya industri kreatif berupa kerajinan tangan oleh warga sekitar. Namun, bagi para nelayan, secara ekonomis justru merugi. Sebab harga enceng gondok tidak sebanding dengan resiko dan tenaganya saat mencari di Rawa.

Satu kilogram Enceng Gondok basah, imbuh Syafi'i, hanya dihargai Rp 100 oleh perajin.

"Sebenarnya kami ingin menyampaikan masalah ini langsung kepada Pak Presiden Jokowi saat akan datang ke Ungaran," pungkas Syafi'i.

#### AKSI CHALLENGE !

Plankton adalah dasar dari seluruh rantai makanan yang ada di air. Kehidupannya sangat bergantung pada cahaya matahari. Isu pencemaran air tidak hanya mengancam kehidupan manusia namun juga masa depan ekosistem di dasar air. Tentukan apa aksi kalian!

#### 6. Sinar X

Dalam ilmu kedokteran, sinar X dapat dimanfaatkan untuk melihat kondisi organ dalam tubuh kita. Hal ini memungkinkan dokter melihat organ dalam tanpa perlu melakukan pembedahan pada tubuh pasien. Masyarakat biasa menyebutnya dengan sebutan foto rontgen.

Sinar X juga bisa digunakan untuk mengambil gambar foto yang dikenal sebagai radiograf. Sinar X bisa menembus badan manusia namun sinar akan diserap oleh bagian padat seperti tulang. Gambar foto sinar X digunakan untuk memindai kecacatan tulang atau tulang yang patah.

Selain itu, sinar X dengan frekuensi tinggi digunakan untuk memusnahkan sel-sel kanker. Pengobatan ini dikenal sebagai radioterapi. Dalam bidang perindustrian, sinar X bisa digunakan untuk memindai kecacatan pada bagian-bagian mesin. Sinar X juga memiliki kegunaan yang sama dengan sinar gamma yaitu dapat digunakan untuk mengamati tebal pipa logam.



**Gambar 22.**

Foto rontgen pada organ paru-paru milik seorang pasien rumah sakit.

## 7. Sinar Gamma

Sinar gamma merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi paling tinggi (mulai dari  $2,4 \times 10^{18}$  Hz hingga  $2,4 \times 10^{21}$  Hz). Sinar gamma hampir menyerupai sinar X karena hanya berbeda sumber penghasilnya. Sinar X yang diproduksi oleh percepatan elektron sementara sinar gamma dihasilkan oleh inti atom. Kita masih ingat bahwa elektron yang ada di dalam atom dapat mengalami eksitasi ketika menyerap energi (foton). Sama seperti elektron, inti atom (nukleus) juga bisa mengalami eksitasi. Sebuah atom dengan inti yang mengalami eksitasi disebut “radioaktif”. Saat inti atom tadi kembali ke keadaan normalnya (deeksitasi), atom akan mengeluarkan sinar dengan energi tinggi yaitu sinar gamma.

Karena kemampuan menembusnya yang baik, sinar gamma bisa digunakan untuk menghancurkan sel tumor ganas di dalam tubuh. Atom radioaktif juga digunakan dalam penelitian untuk melacak dan mengidentifikasi elemen tertentu. Sinar gamma dari alam semesta memberikan informasi tentang kehidupan dan kematian bintang-bintang. Sinar gamma sangat kuat dan bisa sangat berbahaya bagi kehidupan.

Sinar gamma juga dapat dimanfaatkan dalam bidang-bidang lainnya, antara lain:

- a) Dalam bidang industri, sinar dimanfaatkan untuk mengetahui struktur logam dan melihat kerusakan pada logam
- b) Dalam bidang pertanian, sinar dimanfaatkan untuk membuat bibit unggul
- c) Dalam bidang teknik nuklir, sinar dimanfaatkan untuk membuat radio isotop
- d) Dalam bidang kedokteran, sinar dimanfaatkan untuk memusnahkan sel kanker dan mensterilkan peralatan rumah sakit

## **F. Dampak Negatif Gelombang Elektromagnetik**

Sebelumnya, kalian telah mengetahui bahwa gelombang elektromagnetik merambat dengan membawa energi. Menurut persamaan Planck-Einstein, besarnya energi gelombang elektromagnetik bergantung pada frekuensinya. Kalian bisa tahu bahwa semakin besar frekuensi gelombang maka energi yang dibawa semakin besar. Gelombang dengan energi yang besar bisa berbahaya jika mengenai organisme hidup.

### **1. Gelombang Radio**

Dilihat dari besar frekuensinya, gelombang radio merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki bahaya paling kecil. Gelombang ini tidak berbahaya apabila mengenai secara langsung tubuh kita. Sekarang ini banyak sekali pihak yang menggunakan gelombang radio untuk broadcasting. Peningkatan jumlah penggunaan pemancar radio ini kadang mengganggu komunikasi pilot saat mengudara.

### **2. Gelombang Mikro**

Hampir menyerupai gelombang radio, gelombang mikro tidak terlalu berbahaya bagi tubuh kita. Gelombang mikro memiliki frekuensi yang tergolong kecil. Karena memiliki frekuensi yang kecil, energi yang dibawa gelombang mikro tergolong rendah. Gelombang mikro tidak bisa menyebabkan kerusakan sel secara langsung. Energi gelombang mikro pada telepon genggam juga terlalu kecil untuk memicu bunga api. Kalian mungkin pernah melihat sebuah video yang memperlihatkan bahwa gelombang telepon genggam dapat memicu ledakan di pom bensin. Kebenaran bahwa kebakaran tersebut disebabkan oleh radiasi gelombang telepon genggam masih diragukan.

Gelombang telepon justru berbahaya jika kita menggunakan komunikasi telepon yang terlalu lama. Kepala kita bisa mengalami migrain ringan apabila terlalu dekat dengan pemancar telepon genggam. Beberapa isu seperti dampak negatif kesehatan pada pemukiman di sekitar BTS belum memiliki bukti ilmiah yang cukup. Gelombang mikro memang bisa memanaskan partikel-partikel air seperti pada oven namun gelombang pada oven memiliki frekuensi yang lebih tinggi.

### 3. Sinar Inframerah

Seperti yang sudah kalian tahu, radiasi elektromagnetik dapat diserap oleh atom-atom yang menyusun setiap benda di bumi. Matahari adalah sumber energi bagi tata surya kita. Matahari kita setiap detiknya memancarkan gelombang elektromagnetik dengan berbagai spektrum. Salah satunya adalah sinar inframerah. Melalui atmosfer, sinar tersebut sampai ke permukaan bumi.

Kita mungkin masih ingat bahwa di lapisan atmosfer terdapat lapisan ozon yang tersusun atas gas karbon dioksida. Atom-atom gas karbon dioksida sangat efektif dalam menyerap sinar inframerah yang sampai ke bumi. Hal tersebut dikarenakan atom gas karbon dioksida sangat mudah tereksitasi oleh foton sinar infra merah.

Kalian sudah tahu bahwa atom yang tereksitasi akan segera mengalami deeksitasi. Pada saat deeksitasi, atom memancarkan kembali foton sinar infra merah yang telah diserap. Secara alami, sinar infra merah yang diserap atmosfer bumi akan kembali dilepaskan ke luar angkasa. Namun, kondisi atmosfer dengan konsentrasi gas karbon dioksida yang tinggi mengakibatkan sinar infra merah justru terperangkap dalam atmosfer bumi.



#### AKSI CHALLENGE !

Setiap harinya kendaraan menghasilkan gas buang yang buruk bagi lingkungan. Emisi gas oleh kendaraan menyumbang kandungan  $\text{CO}_2$  di atmosfer bumi. Keberadaan  $\text{CO}_2$  yang berlebihan di atmosfer menyebabkan permukaan bumi lebih panas dari biasanya. Tentukan apa aksi kalian!

#### WEB LINK

Efek Rumah Kaca Terhadap Atmosfer:  
[klikma.com/efek-rumah-kaca-terhadap-atmosfer](http://klikma.com/efek-rumah-kaca-terhadap-atmosfer)



Efek Rumah Kaca Pada Atmosfer:  
[fisikazone.com/efek-rumah-kaca-pada-atmosfer](http://fisikazone.com/efek-rumah-kaca-pada-atmosfer)



**Gambar 23.**

(a) Di alam, efek rumah kaca berfungsi untuk menghangatkan permukaan bumi. (b) Efek rumah kaca yang berlebihan mengakibatkan naiknya temperatur permukaan bumi.

Sinar infra merah yang sampai ke bumi tidak segera dilepaskan ke luar angkasa sehingga terjadi penumpukan di atmosfer kita. Hal ini mengakibatkan atmosfer bumi lebih hangat daripada biasanya.

Lalu bagaimana dengan gelombang elektromagnetik yang lainnya? Apakah cahaya tampak dan sinar UV juga ikut terperangkap? Ingat, suatu gelombang elektromagnetik hanya akan diserap oleh atom-atom yang memiliki energi eksitasi sama. Hanya sinar infra merah yang akan diserap oleh atom-atom gas karbon dioksida. Oleh karena itu, sinar infra merah yang datang ke bumi terus terperangkap.



### Apa yang Sedang Terjadi di Dunia?

#### Pemanasan Global Ancam Pulau-Pulau Kecil di Indonesia



**Badan Lingkungan Hidup, Grobogan:** Pemanasan global memberi ancaman serius pada pulau-pulau kecil di Indonesia. Dampak yang paling ditakutkan dari pemanasan global adalah tenggelamnya pulau-pulau kecil di Indonesia. Padahal, Indonesia dengan lebih dari 13.000 pulau, sebagian besar di antaranya merupakan pulau-pulau kecil.

Pemanasan global atau dalam bahasa Inggris disebut global warming adalah meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, bumi, dan lautan. Pemanasan ini diakibatkan oleh peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat kegiatan manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan.

Salah satu dampak dari pemanasan global adalah mencairnya es abadi di kutub. Mencairnya es di kutub ini berakibat pada naiknya permukaan air laut. Muka laut yang menjadi lebih tinggi dapat menenggelamkan pulau-pulau kecil di Indonesia.

Pemanasan global pun memberi dampak pada kerusakan terumbu karang. Ini mengingat terumbu karang sangat rentan akan perubahan suhu di laut. Rusaknya terumbu karang pun memberikan dampak yang serius bagi pulau-pulau di Indonesia.

Ancaman serius pemanasan global terhadap keberlangsungan pulau-pulau kecil ini telah menjadi perhatian serius berbagai pihak. Bahkan UNEP (United Nations Environment Programme; Badan Lingkungan Hidup Dunia) mengangkatnya menjadi tema Hari Lingkungan Hidup Sedunia 2014. Tema tersebut adalah “Raise your voice, not the sea level” yang disesuaikan di Indonesia menjadi “Satukan Langkah, Lindungi Ekosistem Pesisir dari Dampak Perubahan Iklim”.

Pulau-pulau kecil di Indonesia sebenarnya memegang peranan penting bagi Indonesia. Tidak hanya dari segi lingkungan hidup dan ekonomi belaka. Pulau-pulau tersebut terkait erat dengan kedaulatan negara. Hilangnya sebuah pulau kecil, apalagi pulau terluar Indonesia, dapat mengubah garis batas negara. Hilangnya sebuah pulau kecil bisa jadi berpindahnya berpuluh-puluh kilometer persegi wilayah negara Indonesia ke tangan negara lain.

#### 4. Cahaya Tampak

Sebelumnya, kita tahu bahwa cahaya sangat bermanfaat untuk membantu penglihatan manusia. Meskipun demikian, cahaya dapat membahayakan mata bila intensitasnya terlalu kuat. Galileo, ilmuwan asal Italia, pernah mengalami kebutaan

akibat mengamati langsung matahari dengan menggunakan teropong. Cahaya yang dipancarkan matahari sangat kuat sehingga mampu merusak retina mata kita. Kalian harus menggunakan kacamata anti silau jika kalian ingin mengamati matahari, terutama saat gerhana matahari.

Cahaya silau tidak hanya berasal dari cahaya langsung matahari tetapi juga bisa dari pantulan-pantulan benda sekitar. Benda-benda seperti kaca, kristal atau benda mengkilap lainnya bisa memantulkan cahaya dengan baik. Benda-benda dengan permukaan rata dan halus memantulkan cahaya yang terpolarisasi. Cahaya terpolarisasi inilah yang menyebabkan silau pada mata. Kalian bisa kembali mereview bagian dari buku ini tentang bagaimana benda mengkilap bisa memantulkan cahaya terpolarisasi. Kalian sangat disarankan menggunakan kacamata anti silau saat berada di laut atau berkendara di pagi hari.

Benda berwarna terang seperti warna putih juga dapat memantulkan cahaya matahari. Benda warna hitam menyerap seluruh panjang gelombang cahaya. Sedangkan warna putih tidak menyerap seluruh panjang gelombang cahaya melainkan memantulkan seluruhnya. Perlu kalian ketahui, saat bertamasya di pegunungan salju, turis-turis harus menggunakan kacamata anti silau untuk melihat pemandangan sekitar. Cahaya matahari yang dipantulkan oleh salju dapat membutakan mata mereka apabila terkena terlalu lama.

#### AKSI CHALLENGE !

Kesibukan orang-orang mampu memaksa mereka berada seharian penuh di bawah sinar matahari. Meskipun telah menggunakan pelindung kepala, secara tidak langsung radiasi matahari masih bisa mengenai mereka. Sinar matahari yang terlalu terang dapat mengganggu penglihatan dan berbahaya bagi kesehatan mereka. Tentukan apa aksi kalian!



### Apa yang Sedang Terjadi di Dunia?

#### Gangguan Mata yang Timbul Akibat Pantulan Sinar Matahari

**Analisadaily** - Saat musim panas seperti sekarang ini, penting bagi Anda untuk menjaga mata dari paparan sinar matahari yang berlebihan. Sebelum mencari perlindungan untuk mata Anda, ada baiknya terlebih dahulu Anda mengetahui jenis-jenis gangguan mata yang bisa timbul akibat paparan sinar matahari.

Tahukah Anda, radiasi sinar matahari dapat meningkatkan peluang Anda untuk terkena katarak, penyakit yang mengeruhkan bagian lensa mata sehingga menyebabkan berkurangnya penglihatan. Hal ini juga berkaitan dengan



degenerasi makula, sebuah penyakit yang dapat diobati tetapi tidak dapat disembuhkan dari makula. Makula sendiri adalah bagian dari retina yang sangat penting untuk penglihatan yang tajam.

Sinar matahari akan menjadi lebih berbahaya apabila memantul dari permukaan yang sangat reflektif, seperti salju, air, pasir ataupun trotoar.

Photokeratitis adalah salah satu gangguan pada kornea yang diakibatkan oleh pantulan sinar matahari dari salju atau biasa disebut kebutaan salju. Sesuai dengan namanya, pemain ski dan *snowboarder* adalah yang paling rentan terhadap kondisi sementara tapi sangat menyakitkan ini.

“Dalam photokeratitis, lepuh kecil akan terbentuk pada permukaan kornea,” kata Gail Royal, MD, dokter mata di Myrtle Beach, S.C., dilansir dari *Web MD*.

“Ini adalah sebuah kondisi yang secara umum dapat sembuh dengan sendirinya melalui perawatan medis yang tepat. Tapi kondisi ini cukup merusak liburan Anda.”

## 5. Sinar Ultraviolet

Pada pembahasan sebelumnya, kalian telah mengetahui bahwa sinar ultraviolet sangat bermanfaat bagi kulit. Meskipun demikian, terlalu lama terpapar oleh sinar ultraviolet justru membahayakan sel kulit. Perlu kalian ketahui bahwa sinar ultraviolet yang berasal dari matahari terbagi atas sinar UV A, UV B. Sinar UV B memiliki kemampuan mengionisasi cukup tinggi. Sel yang terlalu lama terpapar sinar UV B bisa menyebabkan munculnya radikal bebas yang memicu tumbuhnya sel kanker.

Sekarang kita telah mengetahui bagaimana sinar UV bisa menyebabkan tumbuhnya sel kanker. Beberapa tindakan pencegahan dapat dilakukan dan salah satunya adalah menghindari sinar UV yang mengenai kulit kita. Sumber terbesar sinar UV adalah matahari yang bersinar terik pada siang hari. Sinar pagi matahari mungkin bagus bagi kulit kita namun tidak demikian ketika siang hari. Pancaran gelombang elektromagnetik oleh matahari, termasuk sinar UV, mencapai puncaknya pada pukul 11:00 hingga 13:00. Oleh karena itu, kita sangat dianjurkan untuk tidak terlalu lama di luar ruangan pada siang hari.

Usaha pencegahan lainnya adalah menghalangi sinar UV yang mengenai tubuh kita. Katakanlah, kalian sedang bertamasya ke

### WEB LINK

Bahaya Sinar Matahari Pada Kulit:  
[klikdokter.com/bahaya-sinar-matahari-pada-kulit](http://klikdokter.com/bahaya-sinar-matahari-pada-kulit)



Efek Radiasi Terhadap Manusia:  
[batan.go.id/proteksiradiasi/pengenalan\\_radiasi](http://batan.go.id/proteksiradiasi/pengenalan_radiasi)



### AKSI CHALLENGE !

Isu rusaknya lingkungan telah menjadi ancaman yang serius bagi kehidupan manusia. Kerusakan atmosfer pada lapisan ozon memberikan ancaman bahaya radiasi matahari yang tidak diinginkan seperti sinar Ultraviolet B (UVB). Tentukan apa aksi kalian!



pantai dan hanya akan bisa sampai saat siang hari. Kalian bisa menggunakan pakaian panjang yang menutupi hampir seluruh tubuh. Hal ini yang dilakukan oleh para nelayan saat harus berlayar pada siang hari. Namun, beberapa di antara kalian ada yang beranggapan bahwa gaya berpakaian para nelayan cukup kuno dan lebih suka sedikit terbuka. Kalian bisa menggunakan lotion anti UV yang banyak dijual di pasaran. Kemampuan lotion dalam menghalangi sinar UV tergantung dari besarnya nilai Sun Protection Factor (SPF) yang bisa kalian lihat di produk. Semakin besar nilai SPF lotion maka semakin sedikit pula sinar UV yang mengenai kulit kita.



## Apa yang Sedang Terjadi di Dunia?

### Bahaya Paparan Sinar UV Lebih dari Sekadar Kulit Terbakar

**Jakarta, CNN Indonesia** -- Ketika berada di bawah paparan sinar matahari yang begitu terik, menemukan seberkas bayangan seperti menemukan sebuah oase di tengah gurun yang gersang. Tak peduli apakah itu bayangan dari bangunan sekitar, dedaunan pohon yang rindang, atau bayangan orang yang berdiri di sebelah Anda, bisa seolah menjadi sebuah perisai yang dapat melindungi Anda dari matahari yang seolah 'terlalu semangat' menyinari bumi.

Anda pasti berpikir dengan menemukan tempat berteduh dari paparan sinar matahari dapat membuat Anda benar-benar terlindung dari efek buruknya.

Tapi, sekarang, ilmu pengetahuan telah membuktikan bahwa kerusakan kulit yang diakibatkan oleh sinar ultraviolet atau sinar UV akan berlanjut selama beberapa jam setelah Anda terpapar sinarnya, meski Anda sudah menemukan tempat berteduh yang benar-benar sejuk. Akibatnya, risiko kanker kulit pun masih mengintai.

Profesor dari Yale School of Medicine, Douglas E. Brash, menjelaskan, ketika sinar UV menyentuh kulit, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan rusaknya melanin, yang merupakan sebuah perisai untuk mencegah kanker yang disebabkan mutasi DNA.

"Struktur kimia DNA berubah dan hasilnya DNA pun membengkok," ujarnya, seperti dilansir dari laman Prevention. Proses ini akan berlanjut selama tiga sampai empat jam setelah paparan sinar UVA atau UVB meskipun Anda sudah berada di dalam bangunan sekalipun. Pembengkokan DNA ternyata dapat menyebabkan meningkatnya risiko kanker kulit dengan.

Saat ini, cara terbaik untuk tetap dilindungi adalah dengan memakai tabir surya pada kulit yang terkena paparan sinar matahari ketika Anda berada di luar ruangan. Gunakanlah tabir surya dengan SPF 30 atau lebih pada wajah Anda, bibir, tangan, dada, dan lindungi diri Anda dengan topi, payung, atau dengan mencari tempat berteduh, meski di bayangan orang yang berdiri di sebelah Anda.



## 6. Sinar X

Sinar X merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki energi yang tergolong tinggi. Dengan energi yang tinggi ini, sinar X mampu mengionisasi atom. Ionisasi yang terjadi pada atom di lapisan ionosfer mengakibatkan lapisan ini bersifat



elektrik. Meskipun berbahaya, sinar X yang dipancarkan matahari tidak sampai ke permukaan bumi.

Sumber sinar X lainnya bisa kalian temukan di rumah sakit yang memiliki fasilitas foto rontgen. Meski sangat bermanfaat, penggunaan rontgen pada seorang pasien harus dibatasi. Hal ini bertujuan agar tubuh pasien tidak terkena terlalu banyak radiasi. Seseorang yang terlalu banyak terkena radiasi akan mengamali overdosis. Meskipun demikian, mesin rontgen hanya memproduksi sinar X dengan energi yang rendah. Hal ini dapat mengurangi risiko rusaknya jaringan manusia.

Staf rumah sakit berisiko terkena paparan sinar X tingkat rendah yang berulang-ulang. Dinding yang terbuat dari timbal dibangun untuk melindungi orang-orang di luar ruangan. Untuk itu, mereka memberikan tanda bahaya radiasi saat ruang sedang digunakan sehingga tidak ada orang yang masuk. Staf spesialis (radiografer) adalah orang yang diperbolehkan untuk menggunakan mesin sinar X. Mereka secara rutin meninggalkan ruangan, atau berdiri di belakang dinding timah, setiap kali mesin digunakan.

Sinar X yang lebih rendah berasal dari televisi yang menggunakan tabung katoda. Televisi ini menggunakan sinar x untuk menampilkan gambar di layar. Meskipun radiasinya kecil, kalian sangat tidak disarankan melihat layar televisi terlalu dekat.

## **7. Sinar Gamma**

Sinar gamma adalah gelombang elektromagnetik yang paling berbahaya. Karena energinya yang sangat besar, sinar ini mampu mengionisasi suatu atom. Sinar ini lebih berbahaya dari sinar X karena kemampuan menembusnya yang luar biasa. Sinar gamma dapat menembus sangat jauh hingga ke dalam sel tubuh manusia dan kemudian merusak sel tersebut. Sinar ini merusak sel hingga level DNA sehingga bisa menyebabkan kanker. Sinar ini menghasilkan kerusakan yang mirip dengan yang disebabkan oleh sinar-X seperti terbakar dan mutasi genetika.

Sinar ini dapat merambat lebih jauh dan menembus bahan lebih dalam daripada sinar alfa dan beta. Sinar gamma hanya dapat dihentikan dengan dinding timah yang tebalnya beberapa sentimeter atau dinding beton dengan tebal beberapa meter. Bahan timah dan beton mampu menyerap sinar gamma dengan baik.

Kalian telah tahu bahwa terpapar langsung sinar gamma dapat merusak sel dan menyebabkan kematian seketika. Meskipun demikian, sinar gamma dalam ukuran kecil bisa meracuni tubuh dan menyebabkan kematian dalam jangka waktu dekat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dick, Greg. 2006. McGraw-Hill Ryeson Physics 12. McGraw-Hill: Canada.
- Rachman, Taufik. 2010. *Lupakan Baju Hitam, Jika Tak Ingin Kepanasan*, (Online), (<http://nasional.republika.co.id>, diakses 10 Oktober 2016).
- Dewi, Siti N. dan Rachman, Rizki A. 2015. *Krisis Energi Bisa Picu Krisis Ekonomi Jangka Panjang*, (Online), (<http://bisnis.news.viva.co.id>, diakses 10 Oktober 2016).
- Novita, Lely. 2015. *Gangguan Mata yang Timbul Akibat Sinar UV*, (Online), (<http://lifestyle.analisadaily.com>, diakses 10 Oktober 2016).
- Rafid. 2015. *Jaringan Internet di Indonesia Jauh Tertinggal*, (Online), (<http://www.jikn.go.id>, diakses 10 Desember 2016).
- Wahyuni, Tri. 2015. *Bahaya Paparan Sinar UV Lebih dari Sekadar Kulit Terbakar*, (Online), (<http://www.cnnindonesia.com>, diakses 10 Oktober 2016).
- AdminGro. 2014. *Pemanasan Global Ancam Pulau-Pulau Kecil Indonesia*, (Online), (<https://blh.grobogan.go.id>, diakses 10 Desember 2016).

## GLOSARIUM

AM (Amplitude Modulation)	: Proses memasukkan data pada gelombang elektromagnetik dengan mengubah-ubah amplitudo gelombang
Cepat Rambat	: Kecepatan suatu gelombang saat melewati medium.
FM (Frequency Modulation)	: Proses memasukkan data pada gelombang elektromagnetik dengan mengubah-ubah frekuensi gelombang
Frekuensi Gelombang	: Banyaknya gelombang yang terbentuk setiap detiknya.
Medan Listrik	: Daerah di sekeliling muatan yang dapat berinteraksi dengan muatan listrik lainnya
Medan Magnetik	: daerah di sekeliling magnet yang dapat berinteraksi dengan muatan magnet lainnya.
Model Foton	: Merupakan model modern yang menganggap bahwa cahaya merupakan paket-paket energi (foton).
Model Gelombang	: Merupakan model klasik yang menganggap bahwa cahaya merupakan gelombang transversal.
Osilasi	: Gerakan bolak-balik suatu benda secara teratur melewati titik setimbangnya.
Panjang Gelombang	: Sebuah jarak antara satuan berulang dari suatu pola gelombang.
Radiasi	: Proses perpindahan energi melewati ruang hampa.
Spektrum	: Pola panjang gelombang cahaya yang diurutkan dari terendah ke paling tinggi.

PEMBELAJARAN FISIKA KELAS 12

# GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

BERBASIS CHALLENGE-BASED LEARNING

Bahan ajar ini disajikan dalam bahasa yang lugas dan komunikatif. Sehingga memudahkan siswa untuk memahami materi gelombang elektromagnetik. Bahan ajar ini mengajak siswa untuk memahami materi gelombang elektromagnetik lebih dalam dengan memberikan contoh-contoh yang dekat dengan lingkungan siswa. Oleh karena itu, ilmu yang diajarkan dapat mudah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari siswa.

Bahan ajar ini berisi kegiatan-kegiatan *challenge* yang dapat menambah pemahaman siswa mengenai materi gelombang elektromagnetik. Kegiatan *challenge* disinkronkan dengan kegiatan-kegiatan di Lembar Kerja Siswa yang dikembangkan bersamaan. Dengan demikian, siswa dapat melaksanakan kegiatan *challenge* dengan dibantu oleh bahan ajar ini.

Bahan ajar juga berisi kotak-kotak buletin yang memuat tentang berbagai permasalahan yang sedang menjadi sorotan dunia. Dengan kotak buletin, siswa diharapkan akan bertambah wawasannya. Siswa juga merasa tertantang untuk mengatasi masalah-masalah serupa di lingkungan mereka.



**Nino Munawanto, S.Pd.** memperoleh pendidikan S1 pada jurusan Pendidikan Fisika di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta pada tahun 2014. Penulis saat ini sedang menjalani pendidikan untuk memperoleh gelar master pendidikan di Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis saat ini aktif dalam kegiatan pendidikan dan menjadi staf pengajar di salah satu bimbingan belajar di Yogyakarta.



**Kisi-Kisi Instrumen Evaluasi Kognitif  
Radiasi Gelombang Elektromagnetik**

Sekolah : SMA Negeri 1 Kandangsarang

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas : XII

Semester : 2

Komptensi Inti : 3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingi tahunya tentang ilmu pengetahuan teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator	Strategi Asemen			
			No. Item	Bentuk Instrumen	Metode	Ranah
3.9 Mengevaluasi pemikiran dirinya tentang radiasi elektromagnetik, pemanfaatannya dalam teknologi, dan dampaknya pada kehidupan (HS-PS4-4)	Radiasi gelombang elektromagnetik	3.9.1 Membangun penjelasan ilmiah tentang gelombang elektromagnetik dan sifat-sifatnya, baik sebagai model gelombang maupun model partikel dalam suatu spektrum	1A & 2A	Uraian	Tes Tertulis	Kognitif
		3.9.2 Menyusun suatu pernyataan berdasarkan penalaran ilmiah dan bukti terhadap pemanfaatan dan dampak radiasi gelombang elektromagnetik	3A & 4A	Uraian	Tes Tertulis	
	Manfaat dan dampak gelombang elektromagnetik	3.9.3 Membangun suatu argumen yang	5A & 6A	Uraian	Tes	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator	Strategi Asesmen			
			No. Item	Bentuk Instrumen	Metode	Ranah
(HS-PS4-3)		didukung oleh data dan bukti tentang manfaat dan dampak radiasi gelombang elektromagnetik			Tertulis	
		3.9.4 Mengkritik pernyataan dari suatu gagasan dalam diskusi mengenai manfaat dan dampak radiasi elektromagnetik	7A & 8A	Uraian	Tes Tertulis	
		3.9.5 Menyimpulkan ide pokok artikel sains dan engineering tentang pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	1C & 5C	Uraian	Tes Tertulis	
		3.9.6 Memadukan informasi dari sumber yang valid dan kredibel mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 2C & 6C	Uraian	Tes Tertulis	
		3.9.7 Menyimpulkan solusi terhadap suatu permasalahan dengan menggunakan kata-kata, tabel atau gambar dari sumber informasi mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	7B, 8B, 3C & 7C	Uraian	Tes Tertulis	
		3.9.8 Mengevaluasi data yang diperoleh dari suatu penerapan solusi mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	9B	Uraian	Tes Tertulis	

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator	Strategi Asesmen			
			No. Item	Bentuk Instrumen	Metode	Ranah
		3.9.9 Menghasilkan tulisan yang mengkomunikasikan suatu ide pokok dari bacaan sains mengenai pemanfaatan dan dampak radiasi elektromagnetik	10B, 4C & 8C	Uraian	Tes tertulis	



**INSTRUMEN PRETEST/POSTTEST**  
**KETERAMPILAN ENGAGING IN ARGUMENT FROM EVIDENCE**  
**RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

Kelas/Semester	: XII/II
Mata Pelajaran	: Fisika
Materi Pokok	: Radiasi Elektromagnetik
Sub Materi	: Bahaya dan Manfaat Radiasi Elektromagnetik
Alokasi Waktu	: 60 menit (8 soal)

---

**Petunjuk Pengerjaan:**

- 1) Berdoalah sebelum memulai ujian.
- 2) Ujian terdiri dari 8 butir soal berbentuk essay.
- 3) Soal-soal dikerjakan dengan padat, jelas dan tepat.
- 4) Tulis jawaban dengan tulisan yang rapi dan mudah dibaca.
- 5) Masing-masing soal mempunyai bobot penilaian sebesar 4 poin.

**Jawablah pertanyaan berikut dengan penjelasan yang padat, jelas dan tepat!**

1. Jelaskan mengapa dampak sinar X yang sifatnya mengionisasi lebih berbahaya daripada gelombang radio yang sifatnya tidak mengionisasi! Lengkapi jawaban kalian dengan fakta dan gambar yang relevan!
2. Jelaskan mengapa gelombang radio memiliki panjang gelombang yang sangat panjang namun memiliki frekuensi yang kecil sedangkan sinar gamma memiliki panjang gelombang yang sangat pendek tetapi frekuensinya besar! Gunakan persamaan gelombang untuk mendukung jawaban kalian!
3. Jelaskan dampak negatif gas rumah kaca terhadap naiknya suhu permukaan bumi! Lengkapi jawaban kalian dengan data atau bukti yang relevan!
4. Jelaskan mengapa hewan dan tumbuhan di dasar danau yang jernih lebih mudah bertahan hidup dibandingkan mereka yang hidup di dasar danau yang keruh atau penuh eceng gondok! Lengkapi jawaban kalian dengan data atau bukti yang relevan!
5. Spektrum GEM mengurutkan berbagai macam gelombang elektromagnetik berdasarkan frekuensi dan panjang gelombangnya. Di antara spektrum tersebut, manakah gelombang elektromagnetik yang paling cocok dimanfaatkan dalam bidang komunikasi? Jelaskan pilihan kalian tersebut. Lengkapi jawaban dengan data atau bukti yang relevan.
6. Pilihlah sebuah cara untuk melindungi mata dari efek polarisasi gelombang elektromagnetik yang membahayakan mata! Jelaskan pilihan kalian tersebut. Lengkapi jawaban dengan data atau bukti yang relevan.
7. Suatu diskusi dilaksanakan dengan topik “Menghadapi Dampak Negatif Sinar Ultraviolet Saat di Pantai”. Seorang teman kalian berpendapat bahwa cara terbaik untuk menghindari radiasi sinar ultraviolet saat di pantai adalah dengan cara menggunakan pelindung kepala. Sinar ultraviolet berasal dari matahari sehingga arah datangnya dapat dihalangi dengan menggunakan payung atau topi pantai. Kritik pernyataan temanmu ini dengan disertai data atau bukti yang mendukung!

8. Suatu diskusi dilaksanakan dengan topik “Mengantisipasi Cuaca Ekstrim dengan Menjaga Keseimbangan Suhu Tubuh”. Seorang teman kalian berpendapat bahwa cara terbaik untuk menghadapi cuaca panas yang ekstrim saat berada di luar ruangan adalah dengan menggunakan pakaian warna gelap. Mereka juga menambahkan bahwa warna gelap adalah warna yang paling sedikit menyerap panas.  
Kritik pernyataan temanmu ini dengan disertai data atau bukti yang mendukung!

**PANDUAN PENSKORAN INSTRUMEN PRETEST/POSTTEST  
KETERAMPILAN ENGAGING IN ARGUMENT FROM EVIDENCE  
RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

No. Soal	Jawaban	Skor
1.	1. Menjelaskan bahwa energi gelombang elektromagnetik meningkat seiring besarnya frekuensi gelombang tersebut ( $E=hf$ )	1
	2. Sinar UV merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi	1
	3. Gelombang dengan energi tinggi seperti sinar UV bersifat mengionisasi terhadap suatu partikel	1
	4. Gelombang dengan energi rendah seperti gelombang radio bersifat tidak mengionisasi	1
	5. Gelombang dengan energi yang besar atau sinar pengion dapat menyebabkan kerusakan sel, terbakar atau mutasi genetik	1
2.	1. Menjelaskan bahwa seluruh gelombang elektromagnetik memenuhi persamaan gelombang ( $c=\lambda f$ )	1
	2. Persamaan gelombang menunjukkan bahwa panjang gelombang berbanding terbalik terhadap frekuensi	1
	3. Semakin besar frekuensi suatu gelombang elektromagnetik maka semakin kecil panjang gelombangnya	1
	4. Gelombang elektromagnetik seperti gelombang radio memiliki frekuensi yang kecil sehingga memiliki panjang gelombang yang besar	1
	5. Gelombang elektromagnetik seperti sinar gamma memiliki frekuensi yang besar sehingga memiliki panjang gelombang yang kecil	1
3.	1. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh atom (peristiwa eksitasi)	1
	2. Menjelaskan bahwa proses eksitasi diiringi proses deeksitasi, yaitu peristiwa memancarkan kembali gelombang elektromagnetik yang diserap	1
	3. Keberadaan partikel gas rumah kaca yang lebih banyak mengakibatkan gelombang infra merah tidak segera dilepaskan ke angkasa	1
	4. Gelombang infra merah yang merupakan panas tertahan di atmosfer bumi	1
	5. Terperangkapnya panas di atmosfer menyebabkan meningkatnya suhu permukaan bumi	1
4.	1. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik seperti sinar tampak bermanfaat untuk proses fotosintesis bagi plankton	1
	2. Gelombang elektromagnetik yang mengenai suatu permukaan bening dapat diteruskan	1
	3. Danau dengan perairan jernih dapat ditembus dengan mudah oleh sinar tampak sehingga plankton yang berada di bawah air dapat melakukan fotosintesis	1
	4. Danau dengan perairan keruh sulit ditembus oleh sinar tampak sehingga plankton kesulitan melakukan fotosintesis	1
	5. Ketersediaan plankton yang sedikit mempengaruhi populasi ikan di danau	1

No. Soal	Jawaban	Skor
5.	<p>Siswa boleh menjawab sesuai dengan salah satu dari dua jawaban berikut:</p> <p>A. Gelombang Radio atau Gelombang Mikro</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gelombang radio/mikro mudah dihasilkan dengan cara mengosilasikan muatan listrik pada antena</li> <li>2. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik seperti gelombang radio/mikro memiliki kemampuan merambat hingga jarak jauh</li> <li>3. Gelombang radio/mikro dapat dipantulkan oleh lapisan di atmosfer yang bernama Kennelly-Heaviside</li> <li>4. Pemantulan ini dimanfaatkan untuk mencapai daerah yang jauh atau lokasi yang tidak rata</li> <li>5. Sinyal gelombang kemudian dapat ditangkap oleh antena penerima (receiver) yang bentuknya kecil dan mudah dibawa ke mana saja</li> </ol> <p>B. Cahaya (Sinar Laser)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan bahwa cahaya yang dihasilkan oleh laser merupakan gelombang elektromagnetik yang mengandung informasi digital</li> <li>2. Informasi digital dikirimkan dengan cara merambatkan cahaya laser melalui kabel fiber optik. Merambatnya cahaya dalam kabel fiber optik memanfaatkan prinsip pemantulan total.</li> <li>3. Pemantulan total dalam kabel fiber optik dapat terjadi karena lapisan luar kabel lebih rapat daripada lapisan dalam kabel</li> <li>4. Sinar laser akan terus dipantulkan hingga sampai ujung penerima</li> <li>5. Dengan merambat di dalam kabel fiber optik, pengiriman informasi tidak terganggu oleh cuaca sehingga komunikasi menjadi lebih lancar</li> </ol>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
6.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan bahwa cahaya terpolarisasi dapat terbentuk karena pemantulan oleh permukaan yang licin.</li> <li>2. Cahaya terpolarisasi hasil pantulan memiliki medan listrik dengan arah vertikal</li> <li>3. Menjelaskan cara kerja polarisator yang mampu menyeleksi/menyerap medan listrik dengan arah getar tertentu</li> <li>4. Kacamata anti silau bekerja seperti polarisator horizontal yang dapat menyeleksi/menyerap medan listrik dengan arah getar vertikal</li> <li>5. Cahaya terpolarisasi (vertikal) yang menuju mata diserap oleh kacamata anti silau (polarisator horizontal) sehingga mata menerima cahaya yang tidak menyilaukan</li> </ol>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
7.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik seperti sinar ultraviolet mempunyai sifat dapat dipantulkan</li> <li>2. Menjelaskan bahwa sinar ultraviolet dapat dipantulkan oleh objek-objek di sekitar seperti air, pasir pantai dan salju. Benda-benda tersebut dapat memantulkan sinar ultraviolet dengan baik karena berwarna cerah dan mempunyai permukaan yang halus (permukaan air).</li> <li>3. Sinar ultraviolet yang dipantulkan berbahaya jika terkena kulit karena sinar</li> </ol>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>

No. Soal	Jawaban	Skor
	ultraviolet memiliki sifat dapat mengionisasi	
	4. Menjelaskan bahwa pelindung kepala seperti payung dan topi tidak bisa melindungi seluruh badan dari bahaya radiasi.	1
	5. Cara terbaik mencegah dampak sinar ultraviolet adalah dengan menggunakan lotion anti UV karena dapat menghalangi radiasi dari berbagai arah.	1
8.	1. Menjelaskan bahwa cahaya dapat berperilaku sebagai gelombang dan partikel (foton/paket energi). Cahaya terdiri dari paket-paket energi yang disebut foton.	1
	2. Cahaya yang mengenai benda berwarna hitam tidak dipantulkan kembali. Cahaya tersebut diserap dan diubah menjadi energi panas.	1
	3. Cahaya yang mengenai benda berwarna putih akan dipantulkan kembali dengan panjang gelombang yang sama. Benda berwarna putih tidak mudah panas karena tidak menyerap cahaya.	1
	4. Pakaian warna hitam akan lebih mudah panas sehingga seseorang akan mengalami kepanasan saat menggunakannya di bawah terik matahari	1
	5. Untuk menghindari dehidrasi akibat kepanasan, disarankan menggunakan pakaian berwarna putih atau cerah saat berada di luar ruangan.	1

**Kriteria Penilaian:**

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal (40)}} \times 100$$

**INSTRUMEN EVALUASI PROJECT  
RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

Kelas/Semester	: XII/II
Mata Pelajaran	: Fisika
Materi Pokok	: Radiasi Elektromagnetik
Sub Materi	: Bahaya dan Manfaat Radiasi Elektromagnetik
Alokasi Waktu	: 90 menit ( soal)

---

**Petunjuk: Jawablah pertanyaan berikut dengan tepat dan jelas!**

1. Carilah Jelaskan sebuah peristiwa penting yang sedang terjadi di dunia tentang bahaya dan manfaat gelombang elektromagnetik! Bagaimana dampak peristiwa tersebut pada lingkungan kalian?
2. Analisis pertanyaan Essential Question yang akan dijawab oleh kelompok kalian!
3. Putuskan Challenge yang kelompok kalian akan lakukan!
4. Rumuskan Guiding Question kelompok kalian!
5. Rumuskan Guiding Activities kelompok kalian!
6. Rumuskan Guiding Resources kelompok kalian!
7. Putuskan solusi yang kelompok kalian pilih untuk menjawab challenge!
8. Rencanakan kegiatan apa saja yang akan kelompok kalian lakukan untuk implementasi!
9. Simpulkan hasil kegiatan implementasi yang sudah kelompok kalian lakukan!
10. Kemukakan hal-hal yang kalian pelajari (topik, materi dan implementasi) dalam refleksi kelompok!

### RUBRIK PENILAIAN PROJECT RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

No.	Bagian Makalah	Skor			
		1	2	3	4
1.	Big Idea	Menunjukkan sebuah kepentingan saja	Menunjukkan kepentingan global tanpa mengetahui dampaknya bagi lingkungan lokal siswa	Menunjukkan kepentingan global dan mengetahui dampaknya bagi lingkungan lokal siswa	Menunjukkan kepentingan global dan lokal yang mempunyai arti bagi siswa dan kelompok mereka
2.	Essential Question	Hanya terdiri dari sejumlah pertanyaan	Mengidentifikasi apa saja yang perlu diketahui tentang Big Idea. Tidak mengkonteksualisasikan ide tersebut sehingga pertanyaan sulit dijawab	Mengidentifikasi apa saja yang perlu diketahui tentang Big Idea. Menyaring dan mengkonteksualisasikan ide tersebut	Mengidentifikasi apa saja yang perlu diketahui tentang Big Idea. Menyaring dan mengkonteksualisasikan ide tersebut. Pertanyaan jelas, singkat dan dapat dijawab
3.	Challenge	Tidak memiliki hubungan dengan Essential Question	Perluasan dari Essential Question. Menunjukkan tantangan “dunia nyata”	Perluasan dari Essential Question. Menunjukkan tantangan “dunia nyata”. Dapat menuntun kepada sebuah solusi yang dapat diimplementasikan dan diukur	Perluasan dari Essential Question. Menunjukkan tantangan “dunia nyata”. Dapat menunjukkan kepada suatu solusi yang dapat diimplementasikan dan diukur. Diampikan dengan jelas dan singkat dalam video pendek
4.	Guiding Questions	Hanya terdiri dari beberapa pertanyaan	Pertanyaan masih bersifat terlalu sempit. Pertanyaan hanya mengidentifikasi sebagian kecil solusi bagi Challenge	Pertanyaan secara luas menampilkan apa saja yang butuh untuk dipelajari. Bertujuan mengidentifikasi seluruh solusi bagi Challenge	Pertanyaan secara luas menampilkan apa saja yang butuh untuk dipelajari. Bertujuan mengidentifikasi seluruh solusi bagi Challenge. Sesuai dengan

					standar pendidikan
5.	Guiding Activities	Aktivitas kebanyakan hanya berada di dalam kelas dan tidak membantu menjawab Guiding Question.	Aktivitas berada di dalam maupun luar kelas namun hanya mampu membantu menjawab sedikit Guiding Question. Aktivitas tidak mengarahkan kepada solusi.	Aktivitas berada di dalam maupun luar kelas dan membantu menjawab Guiding Question. Aktivitas mengarahkan kepada solusi yang inovatif, berwawasan dan realistis.	Aktivitas berada di dalam maupun luar kelas dan membantu menjawab Guiding Question. Aktivitas mengarahkan kepada solusi yang inovatif, berwawasan dan realistis. Sesuai dengan standar pendidikan.
6.	Guiding Resources	Sumber informasi tidak jelas dan tidak dapat dipercaya.	Sumber informasi dapat dipercaya dan akurat.	Sumber informasi dapat dipercaya dan akurat. Menampilkan beragam perspektif yang luas.	Sumber informasi dapat dipercaya dan akurat. Menampilkan beragam perspektif yang luas. Melibatkan interaksi dengan ahli lokal, nasional dan internasional.
7.	Solusi	Solusi tidak berhubungan dengan penelitian.	Solusi menunjukkan hasil penelitian dari suatu pertimbangan yang teliti. Solusi terlalu sulit diimplementasikan.	Solusi menunjukkan hasil dari penelitian dari sebuah pertimbangan yang teliti. Dapat diimplementasikan oleh siswa dalam kelompoknya.	Solusi menunjukkan hasil dari penelitian dari sebuah pertimbangan yang teliti. Dapat diimplementasikan oleh siswa dalam kelompoknya. Melibatkan kerja sama dengan suatu kelompok.
8.	Implementasi	Implementasi berisi kegiatan-kegiatan tanpa disaksikan oleh orang lain.	Solusi diimplementasikan pada skala kecil sehingga hanya disaksikan oleh beberapa orang.	Solusi diimplementasikan dengan disaksikan oleh suatu kelompok selama selang waktu tertentu.	Solusi diimplementasikan dengan disaksikan oleh suatu kelompok selama selang waktu tertentu. Solusi ditambah dengan pengumpulan data (monitoring).
9.	Evaluasi	Isi kalimat tidak berhubungan dengan	Isi kalimat ditulis dengan menggunakan data,	Isi kalimat ditulis dengan menggunakan data,	Isi kalimat ditulis dengan menggunakan data, pengamatan



	Implementasi	kegiatan yang dilakukan saat implementasi.	pengamatan atau pengalaman yang diperoleh saat kegiatan implementasi	pengamatan atau pengalaman yang diperoleh saat kegiatan implementasi. Temuan dipresentasikan dalam laporan tertulis yang jelas dan singkat.	atau pengalaman yang diperoleh saat kegiatan implementasi. Temuan dipresentasikan dalam laporan tertulis dan video yang jelas dan singkat.
10.	Refleksi	Berisi kalimat yang tidak memberikan pandangan mengenai apa yang telah dipelajari.	Berisi kalimat yang jelas dan singkat terhadap topik apa yang telah dipelajari.	Berisi kalimat yang jelas dan singkat terhadap topik dan materi apa yang telah dipelajari.	Berisi kalimat yang jelas dan singkat terhadap topik apa yang telah dipelajari, materi dan implementasi.

**Kriteria Penilaian:**

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal (40)}} \times 100$$

**INSTRUMEN PRETEST/POSTTEST**  
**KETERAMPILAN OBTAINING, EVALUATING AND COMMUNICATING**  
**INFORMATION**  
**RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

Kelas/Semester	: XII/II
Mata Pelajaran	: Fisika
Materi Pokok	: Radiasi Elektromagnetik
Sub Materi	: Bahaya dan Manfaat Radiasi Elektromagnetik
Alokasi Waktu	: 90 menit (4 soal)

---

**Petunjuk Pengerjaan:**

- 1) Bentuklah kelompok yang terdiri dari lima orang untuk mengerjakan ujian.
- 2) Ujian terdiri dari 4 butir soal berbentuk essay.
- 3) Sebelum menjawab pertanyaan di bawah ini, kalian diminta untuk memperhatikan video yang ditampilkan oleh guru kalian di depan kelas
- 4) Video berisi tentang sebuah permasalahan yang ditimbulkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik dan tengah menjadi sorotan dunia.
- 5) Tulis jawaban dengan tulisan yang rapi dan mudah dibaca.
- 6) Masing-masing soal mempunyai bobot penilaian sebesar 4 poin.

**Bagian 1: Perhatikan video yang ditampilkan oleh guru kalian. Jawablah pertanyaan berikut dengan tulisan yang singkat, jelas dan tepat!**

1. Carilah dua artikel ilmiah yang sesuai dengan permasalahan dalam video tersebut! Simpulkan permasalahan utama radiasi gelombang elektromagnetik yang menjadi ide pokok di dalam artikel-artikel tersebut! (catatan: lampirkan artikel ilmiah yang diperoleh)
2. Pikirkan sebuah rencana untuk menyelesaikan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik dalam video tersebut. Carilah sumber informasi ilmiah yang kalian butuhkan untuk menyelesaikan permasalahan (minimal dua). Rangkum informasi yang kalian dapatkan dan sertakan sumbernya (catatan: lampirkan informasi yang diperoleh)
3. Jelaskan bagaimana rencana kalian bisa menjadi solusi bagi permasalahan tersebut! Dukung penjelasan kalian menggunakan informasi-informasi dari sumber bacaan ilmiah yang telah dikumpulkan.
4. Tuangkan pekerjaan kalian ke dalam sebuah makalah pendek yang berisikan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik dan solusinya! Gunakan format sesuai dengan contoh makalah yang terlampir pada soal ujian.

**Bagian 2: Perhatikan video yang ditampilkan oleh guru kalian. Jawablah pertanyaan berikut dengan tulisan yang singkat, jelas dan tepat!**

5. Carilah dua artikel ilmiah yang sesuai dengan permasalahan dalam video tersebut! Simpulkan permasalahan utama radiasi gelombang elektromagnetik yang menjadi ide pokok di dalam artikel-artikel tersebut! (catatan: lampirkan artikel ilmiah yang diperoleh)
6. Pikirkan sebuah rencana untuk menyelesaikan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik dalam video tersebut. Carilah sumber informasi ilmiah yang kalian

butuhkan untuk menyelesaikan permasalahan (minimal dua). Rangkum informasi yang kalian dapatkan dan sertakan sumbernya (catatan: lampirkan informasi yang diperoleh)

7. Jelaskan bagaimana rencana kalian bisa menjadi solusi bagi permasalahan tersebut! Dukung penjelasan kalian menggunakan informasi-informasi dari sumber bacaan ilmiah yang telah dikumpulkan.
8. Tuangkan pekerjaan kalian ke dalam sebuah makalah pendek yang berisikan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik dan solusinya! Gunakan format sesuai dengan contoh makalah yang terlampir pada soal ujian.

Nama Belakang dan

Halaman

Pamungkas 1

Nama Panjang Siswa → Havid N. Pamungkas

Nama Guru Fisika → Nino Munawanto, S.Pd

Kelas Siswa → Kelas X4

Tanggal, Bulan dan → 10 Januari 2017

Tahun

Judul Makalah → Membantu Pengendara Menentukan Jarak Aman Kendaraan dengan Memanfaatkan Sifat-Sifat Bayangan Cermin Cembung (Kaca Spion)

Bagian  
Permasalahan

Seiring dengan berjalannya waktu, jumlah para pengguna kendaraan di jalan raya semakin meningkat. Meningkatnya volume kendaraan itu kurang diimbangi dengan infrastruktur yang memadai (Otomotif.tempo.co). Tidak sedikit jalan-jalan yang memiliki lebar yang sempit dilewati oleh begitu banyak kendaraan bermotor seperti mobil ataupun kendaraan-kendaraan yang lain. Hal itu menyebabkan jarak antara kendaraan yang satu dengan kendaraan yang lain semakin dekat, sehingga risiko akan kecelakaan juga semakin tinggi. Dilansir dari ragam.analisadaily.com, lembaga kesehatan dunia (WHO) baru-baru ini merilis laporan kecelakaan lalu lintas yang terjadi sepanjang tahun di 180 negara. Faktanya Indonesia menjadi negara ketiga di Asia dengan total 38.279 total kematian akibat kecelakaan lalu lintas di tahun 2015. Salah satu penyebab kecelakaan adalah pengendara tidak memahami fungsi kaca spion motor/mobil mereka (Metrotvnews.com).

Bagian Solusi

Kaca spion sekarang ini banyak menggunakan cermin cembung karena pengendara dapat melihat pemandangan yang lebih luas daripada bayangan cermin datar (Quorra.com). Dari eksperimen pembentukan bayangan pada cermin, kita dapat diketahui sifat bayangan pada cermin cembung. Cermin cembung selalu memiliki sifat maya, tegak dan diperkecil, baik saat objek berada di ruang I, II dan III. Cermin cembung memiliki sifat divergen yaitu menyebarkan cahaya sehingga pengendara bisa melihat pemandangan lebih luas (Kanginan). Meskipun demikian, eksperimen menunjukkan bahwa ukuran objek pada cermin cembung terlihat lebih kecil daripada aslinya. Sifat bayangan yang diperkecil pada cermin cembung bisa memberikan persepsi bahwa objek di belakang lebih jauh daripada aslinya. Oleh karena itu, kelompok merasa bahwa pengendara perlu untuk setiap saat diingatkan tentang fakta tersebut. Pengendara perlu memasang stiker yang bertulisan “Objects in mirror are closer than they appear” di kaca spion.

Daftar Pustaka  
(Diurutkan secara  
alfabet)

Daftar Pustaka

- Sumber Online → Analisadaily. 2016. *Angka Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Tertinggi Se-Asia*, (Online), (<http://ragam.analisadaily.com>, diakses 15 Desember 2016).
- Arianto, Arif. 2011. *Kendaraan bermotor di Indonesia Terbanyak di ASEAN*, (Online), (<http://otomotif.tempo.co>, diakses 15 Desember 2016).
- Eamon, Don. 2016. *What are the main functions of convex mirror?*, (Online), (<http://quorra.com>, diakses 15 Desember 2016).
- Sumber Buku Teks → Kanginan, Marthen. 2015. *FISIKA untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Erlangga
- Raharja, Ekawan. 2015. *Waspadai Pakai Kaca Spion Kecil, Zona Blind Spot Membesar*, (Online), (<http://m.metronews.com>, diakses 15 Desember 2016).
- Buku Praktikum → Susanto, Ignatius E. (2014), *Percobaan Cermin Cekung dan Cermin Cembung, Petunjuk Praktikum Optika*, Jurusan Pendidikan Fisika FKIP-USD, Yogyakarta.

**RUBRIK PENILAIAN PRETEST/POSTTEST  
KETERAMPILAN OBTAINING, EVALUATING AND COMMUNICATING INFORMATION  
RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK**

No.	Skor				
	1	2	3	4	5
1.	Tulisan tidak memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah yang dicari.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel tidak berhubungan dengan permasalahan dalam video.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel berhubungan dengan permasalahan dalam video. Sumber artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel berhubungan dengan permasalahan dalam video. Satu dari dua sumber artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel berhubungan dengan permasalahan dalam video. Sumber artikel ilmiah yang diperoleh valid dan reliabel.
2.	Tulisan tidak merangkum inti dari sumber informasi yang dicari.	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari permasalahan.	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari permasalahan. Sumber artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari permasalahan. Satu dari dua sumber artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari permasalahan. Sumber artikel ilmiah yang diperoleh valid dan reliabel.
3.	Solusi tidak berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik	Solusi berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi.	Solusi berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi. Solusi logis dan	Solusi berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi. Solusi logis dan	Solusi berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi. Solusi logis dan dapat diimplementasikan.

	yang dihadapi.		dapat diimplementasikan.	dapat diimplementasikan. Solusi dipaparkan dengan jelas dan rinci.	Solusi dipaparkan dengan jelas dan rinci. Pemaparan solusi disertai dengan sumber informasi yang relevan.
4.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai. Judul menggambarkan permasalahan yang dikaji.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai. Judul menggambarkan permasalahan yang dikaji. Isi makalah memaparkan permasalahan yang terjadi.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai. Judul menggambarkan permasalahan yang dikaji. Isi makalah memaparkan permasalahan dan disertai dengan solusi yang diberikan.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai. Judul menggambarkan permasalahan yang dikaji. Isi makalah memaparkan permasalahan yang terjadi dan solusi yang diberikan. Sitasi dan daftar pustaka ditulis sesuai dengan kaedah yang ditentukan.
5.	Tulisan tidak memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah yang dicari.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel tidak berhubungan dengan permasalahan dalam video.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel berhubungan dengan permasalahan dalam video. Sumber artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel berhubungan dengan permasalahan dalam video. Satu dari dua sumber artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	Tulisan memaparkan ide pokok dari artikel ilmiah. Topik artikel berhubungan dengan permasalahan dalam video. Sumber artikel ilmiah yang diperoleh valid dan reliabel.
6.	Tulisan tidak merangkum inti dari sumber informasi yang dicari.	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari permasalahan. Sumber	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari permasalahan. Satu dari dua sumber	Tulisan merangkum inti dari seluruh sumber informasi. Sumber informasi tidak mendukung solusi dari permasalahan. Sumber artikel ilmiah yang diperoleh valid

	permasalahan.	artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	artikel ilmiah yang diperoleh tidak valid dan reliabel.	dan reliabel.
7.	Solusi tidak berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi.	Solusi berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi.	Solusi berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi. Solusi logis dan dapat diimplementasikan.	Solusi berhubungan dengan permasalahan radiasi gelombang elektromagnetik yang dihadapi. Solusi logis dan dapat diimplementasikan. Solusi dipaparkan dengan jelas dan rinci. Pemaparan solusi disertai dengan sumber informasi yang relevan.
8.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai. Judul menggambarkan permasalahan yang dikaji.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai. Judul menggambarkan permasalahan yang dikaji. Isi makalah memaparkan permasalahan yang terjadi.	Makalah ditulis dengan format yang sesuai. Judul menggambarkan permasalahan yang dikaji. Isi makalah memaparkan permasalahan yang terjadi dan solusi yang diberikan. Sitasi dan daftar pustaka ditulis sesuai dengan kaidah yang ditentukan.

**Kriteria Penilaian:**

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal (40)}} \times 100$$

## **Daftar Lampiran 2**

1. Kisi-kisi lembar validasi RPP
2. Kisi-kisi lembar validasi LKPD
3. Kisi-kisi lembar validasi bahan ajar
4. Kisi-kisi lembar validasi instrumen penilaian
5. Lembar validasi instrumen kelayakan RPP
6. Lembar validasi instrumen kelayakan LKPD
7. Lembar validasi instrumen kelayakan bahan ajar
8. Lembar validasi instrumen penilaian
9. Lembar validasi RPP
10. Lembar validasi LKPD
11. Lembar validasi bahan ajar
12. Lembar validasi instrumen penilaian
13. Angket respon peserta didik terhadap LKPD
14. Angket respon peserta didik terhadap bahan ajar
15. Keterlaksanaan pembelajaran



### Kisi-Kisi Lembar Validasi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Next Generation Science Standards Model Challenge-based

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
I. Aspek Kualitas Tujuan Pembelajaran	A. Kelengkapan Identitas RPP	1, 2
	B. Kesesuaian tujuan pembelajaran	3
	C. Kesesuaian indikator	4, 5, 6
II. Aspek Kualitas Isi	A. Kelengkapan Isi RPP	1
	B. Kesesuaian materi ajar	2, 3
	C. Kesesuaian sumber belajar	4, 5
	D. Kesesuaian media pembelajaran	6, 7
	E. Kesesuaian model pembelajaran	8, 9
	F. Kesesuaian langkah-langkah pembelajaran	10, 11
	G. Kesesuaian alokasi waktu	12, 13
	H. Kesesuaian teknik penilaian	14, 15, 16
III. Aspek Kualitas Bahasa	A. Penggunaan bahasa	1
	B. Susunan kalimat	2

Deskripsi Butir Penilaian Validasi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)  
Next Generation Science Standards Model Challenge-based

Butir Penilaian	Deskripsi
<b>I. Aspek Kualitas Tujuan Pembelajaran</b>	
<b>A. Kelengkapan Identitas RPP</b>	
1. Identitas RPP (jenis perangkat pembelajaran, satuan pendidikan, kelas/semester, mata pelajaran, materi pokok, alokasi waktu)	Identitas RPP mencakup bagian-bagian seperti jenis perangkat pembelajaran, satuan pendidikan, kelas/semester, mata pelajaran, materi pokok dan alokasi waktu.
2. Kelengkapan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar	RPP mencantumkan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar dengan jelas.
<b>B. Kesesuaian tujuan pembelajaran</b>	
3. Ketepatan penjabaran tujuan pembelajaran mengacu pada indikator pencapaian kompetensi	Dalam menjabarkan tujuan pembelajaran, tujuan disesuaikan dengan indikator pencapaian kompetensi.
<b>C. Kesesuaian indikator</b>	
4. Penggunaan kata kerja operasional yang dapat diukur/diamati	Dalam menjabarkan indikator pencapaian, indikator menggunakan kata kerja operasional yang dapat diukur/diamati.
5. Ketepatan penjabaran indikator pencapaian kompetensi mengacu pada kompetensi dasar	Dalam menjabarkan indikator pencapaian, indikator disesuaikan dengan kompetensi dasar.
6. Kesesuaian indikator dan tujuan pembelajaran dengan PEs dalam NGSS	Indikator dan tujuan pembelajaran yang termuat dalam RPP sesuai dengan Performance Expectations (PEs) yang terdapat pada NGSS.
<b>II. Aspek Kualitas Isi</b>	
<b>A. Kelengkapan Isi RPP</b>	
1. Sistematika Penyusunan RPP	RPP terdiri dari bagian-bagian (identitas, Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, tujuan pembelajaran, dll.) yang disusun secara runtut.
<b>B. Kesesuaian materi ajar</b>	
2. Kesesuaian materi ajar dengan tujuan pembelajaran	Materi pembelajaran yang disajikan dalam RPP memuat fakta, konsep, prinsip, dan prosedur yang relevan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

3. Kesesuaian materi ajar dengan DCIs pada NGSS	Materi pembelajaran yang digunakan dalam RPP sesuai dengan Disciplinary Core Ideas (DCIs) pada NGSS.
<b>C. Kesesuaian sumber belajar</b>	
4. Kesesuaian sumber belajar dengan tujuan pembelajaran	Sumber belajar yang dicantumkan dalam RPP dapat membantu siswa untuk mencapai tujuan-tujuan pembelajaran.
5. Kesesuaian sumber belajar dengan materi pembelajaran	Sumber belajar yang mendukung pembelajaran sesuai dengan materi pembelajaran yang akan dikembangkan.
<b>D. Kesesuaian media pembelajaran</b>	
6. Kesesuaian media pembelajaran dengan tujuan pembelajaran	Media belajar yang dicantumkan dalam RPP dapat membantu siswa untuk mencapai tujuan-tujuan pembelajaran.
7. Kesesuaian media pembelajaran dengan materi pembelajaran	Media belajar yang mendukung pembelajaran sesuai dengan materi pembelajaran yang akan dikembangkan.
<b>E. Kesesuaian model pembelajaran</b>	
8. Kesesuaian model pembelajaran dengan tujuan pembelajaran	Pendekatan pembelajaran dan model pembelajaran dalam RPP disesuaikan dengan tujuan pembelajaran.
9. Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model CBL	Urutan kegiatan pembelajaran (awal, inti dan penutup) pada RPP mencakup seluruh tahapan kegiatan pembelajaran model CBL (Big Idea, Essential Question, dll.).
<b>F. Kesesuaian langkah-langkah pembelajaran</b>	
10. Kesesuaian uraian kegiatan siswa dan guru untuk setiap tahap pembelajaran dengan model CBL	Uraian kegiatan pembelajaran (awal, inti dan penutup) pada RPP sesuai dengan uraian kegiatan pada tahapan pembelajaran model CBL (Big Idea, Essential Question, dll.).
11. Kejelasan skenario pembelajaran (tahap-tahap kegiatan pembelajaran; awal, inti penutup)	Setiap kegiatan pembelajaran yang dimuat dalam RPP harus mencakup tiga bagian pokok, yaitu bagian awal, inti dan penutup.
<b>G. Kesesuaian alokasi waktu</b>	
12. Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan	Alokasi waktu yang terdapat pada kegiatan pembelajaran sesuai dengan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap tahap kegiatan (awal: 10-15 menit, inti: 60-70

	menit, penutup: 10-15 menit).
13. Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran	RPP mencantumkan secara detail rincian waktu untuk setiap tahapan pembelajaran termasuk kegiatan awal, inti dan penutup.
<b>H. Kesesuaian teknik penilaian</b>	
14. Kesuaian teknik penilaian dengan indikator pembelajaran	Teknik penilaian dalam RPP disesuaikan dengan tujuan pembelajaran.
15. Kejelasan prosedur penilaian	Prosedur penilaian (kisi-kisi, teknik penilaian dan cara penskoran) dalam RPP disampaikan secara jelas.
16. Kelengkapan instrument evaluasi (soal, kunci, pedoman pensekoran)	RPP dilengkapi dengan instrumen, kunci jawaban, dan rubrik penilaian yang jelas.
<b>III. Aspek Kualitas Bahasa</b>	
<b>A. Penggunaan bahasa</b>	
1. Penggunaan bahasa sesuai dengan EYD	Bahasa yang digunakan dalam penulisan RPP (indikator, tujuan, kegiatan, dll.) sesuai dengan Ejaan Yang Disempurnakan (EYD).
<b>B. Susunan kalimat</b>	
2. Kesederhanaan struktur kalimat	Kalimat yang digunakan dalam penulisan RPP (indikator, tujuan, kegiatan, dll.) menggunakan struktur kalimat SPOK.

**Kisi-Kisi Lembar Validasi Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)  
Next Generation Science Standards Model Challenge-based**

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
I. Aspek Kualitas Isi	A. Kesesuaian kegiatan dengan Kompetensi Dasar dan PEs	1, 2
	B. Teknik penyajian materi/tugas	3
	C. Mendorong siswa untuk berpikir	4
	D. Kesesuaian setiap kegiatan pembelajaran dengan model Challenge-based	5
	E. Kemampuan setiap kegiatan dalam mendorong tercapainya keterampilan EAE dan OEI	6, 7
II. Aspek Kelayakan Didaktik	A. Kesesuaian dengan kemampuan siswa	1, 2
	B. Kegiatan yang merangsang pengetahuan siswa	3, 4, 5
III. Aspek Penilaian Teknis	A. Ukuran dan tata letak	1
	B. Ketepatan penggunaan notasi, simbol gambar dan ilustrasi	2, 3, 4, 5, 6
	C. Ukuran huruf dan tulisan	7
IV. Aspek Konstruksi	A. Penggunaan bahasa	1, 2
	B. Tingkat kesukaran kalimat	3
	C. Kesesuaian kalimat	4
	D. Kejelasan instruksi pada kegiatan	5
	E. Pendukung kegiatan menulis siswa	6

Deskripsi Butir Penilaian Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Next Generation Science  
Standards Model Challenge-based

Butir Penilaian	Deskripsi
<b>I. Aspek Kualitas Isi</b>	
<b>A. Kesesuaian Kegiatan dengan KD dan PEs</b>	
1. Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan Kompetensi Dasar	LKPD menyajikan kegiatan-kegiatan belajar yang sesuai dengan Kompetensi Dasar yang akan dicapai.
2. Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan PEs dalam NGSS	LKPD memuat berbagai macam kegiatan belajar yang sesuai dengan Performance Expectations (PEs) pada NGSS yang akan dicapai.
<b>B. Teknik Penyajian Materi/Tugas</b>	
3. Sifat esensial dari materi/tugas yang disampaikan	LKPD menyajikan kegiatan-kegiatan belajar yang penting untuk dilakukan atau dipelajari oleh siswa Sekolah Menengah Atas.
<b>C. Mendorong Siswa untuk Berpikir</b>	
4. Kemampuan kegiatan dalam mendorong penyelidikan secara kelompok	LKPD memfasilitasi siswa untuk dapat melaksanakan kegiatan belajar yang dilakukan secara kelompok.
<b>D. Kesesuaian Setiap Kegiatan Pembelajaran dengan Model Challenge-based</b>	
5. Kesesuaian fase kegiatan yang disajikan LKPD dengan fase pembelajaran CBL	LKPD menyajikan tahapan-tahapan belajar yang sesuai dengan fase pembelajaran CBL secara lengkap dan runtut.
<b>E. Kemampuan setiap kegiatan dalam mendorong tercapainya keterampilan EAE dan OEI</b>	
6. Kemampuan kegiatan dalam mendorong pengembangan keterampilan berargumentasi (EAE)	LKPD memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan mereka dalam berargumentasi.
7. Kemampuan kegiatan dalam mendorong pengembangan keterampilan mencari, mengolah dan mengkomunikasikan informasi (OEI)	LKPD memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan mereka dalam mencari, mengolah dan mengkomunikasikan informasi.
<b>II. Aspek Kelayakan Didaktik</b>	
<b>A. Kesesuaian dengan kemampuan siswa</b>	
1. Kemampuan isi agar dapat dipahami	LKS dapat digunakan oleh siswa yang memiliki kemampuan rendah, sedang dan

individu yang berbeda	tinggi.
2. Penyesuaian masalah yang diangkat dengan tingkat kognitif siswa	LKPD menyajikan materi yang sesuai untuk dipelajari oleh siswa Sekolah Menengah Atas (tidak terlalu sulit dan tidak terlalu mudah).
<b>B. Kegiatan yang merangsang pengetahuan siswa</b>	
3. Kemampuan setiap kegiatan untuk mendorong menemukan konsep-konsep melalui penekanan pada proses	LKPD yang dikembangkan menekankan pada proses menemukan konsep, pemecahan masalah dan komunikasi matematis.
4. Kemampuan setiap kegiatan untuk menstimulus siswa untuk menulis, menggambar, berdiskusi, menggunakan alat, dan sebagainya melalui berbagai media dan kesempatan	LKPD menyajikan kegiatan yang mampu merangsang siswa untuk mengembangkan keterampilan-keterampilan saintifik seperti menulis, menggambar, berdiskusi dan menggunakan alat.
5. Kemampuan setiap kegiatan dalam mengembangkan komunikasi sosial, moral dan estetika pada anak	LKPD menyajikan kegiatan-kegiatan belajar yang memungkinkan untuk terciptanya komunikasi dan kerja sama antar anggota kelompoknya.
<b>III. Aspek Penilaian Teknis</b>	
<b>A. Ukuran dan tata letak</b>	
1. Sistematisa penyajian LKPD	LKPD memiliki tata letak yang sederhana, lengkap dan runtut sehingga tidak membingungkan peserta didik yang menggunakannya.
<b>B. Ketepatan penggunaan notasi, simbol gambar dan ilustrasi</b>	
2. Kelengkapan gambar dan ilustrasi dalam penyajian LKPD	LKPD dilengkapi dengan gambar-gambar atau ilustrasi yang mampu membantu siswa untuk memahami konsep fisika yang bersifat abstrak.
3. Keefektifan penggunaan gambar	LKPD menggunakan gambar untuk membantu memahami materi-materi yang sifatnya esensial dan perlu untuk divisualisasikan.
4. Keakuratan gambar dan ilustrasi	Gambar-gambar atau ilustrasi yang disajikan dalam LKPD sesuai dengan materi atau konsep yang sedang divisualisasikan.
5. Kesesuaian gambar dengan keterangan gambar	Gambar-gambar yang disajikan dalam LKPD dilengkapi dengan keterangan gambar yang menjelaskan gambar tersebut.

6. Keakuratan notasi, simbol dan ikon	Tulisan yang terdapat dalam isi LKPD menggunakan notasi, simbol atau ikon yang sesuai dengan tujuan penggunaannya.
<b>C. Ukuran huruf dan tulisan</b>	
7. Keserasian penggunaan ukuran huruf antar tulisan	Tulisan yang terdapat dalam isi LKPD menggunakan ukuran huruf yang sesuai dengan standar penulisan.
<b>IV. Aspek Konstruksi</b>	
<b>A. Penggunaan bahasa</b>	
1. Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD	Kata-kata yang terdapat dalam LKPD menggunakan bahasa yang sesuai dengan Ejaan Yang Disempurnakan (EYD) sehingga siswa dapat dengan mudah memahami kalimat.
2. Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan	Bahasa yang digunakan dalam LKPD mudah dipahami dan tidak menimbulkan makna ganda.
<b>B. Tingkat kesukaran kalimat</b>	
3. Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa	Tulisan dalam LKPD menggunakan kata, istilah maupun kalimat yang sesuai dengan tingkat umur dan satuan pendidikan.
<b>C. Kesesuaian kalimat</b>	
4. Kejelasan kalimat yang digunakan	Penulisan menghindari kalimat kompleks, kalimat negatif dan tidak membingungkan
<b>D. Kejelasan instruksi pada kegiatan</b>	
5. Kejelasan petunjuk atau arahan	Petunjuk atau arahan yang terdapat dalam LKPD memiliki tahapan yang runtut dan saling berhubungan.
<b>E. Pendukung kegiatan menulis siswa</b>	
6. Ketersediaan ruangan terbuka yang cukup untuk menulis/menggambar	LKPD menyediakan ruang yang cukup untuk menjawab pertanyaan dan menggambarkan masalah.



Kisi-Kisi Lembar Validasi Bahan Ajar NGSS

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
I. Aspek Kelayakan Isi	A. Kesesuaian materi dengan KI, KD, dan PEs	1, 2
	B. Keakuratan materi	3, 4, 5
	C. Kemutakhiran materi	6, 7
	D. Mendorong keingintahuan	8, 9
II. Aspek Kelayakan Penyajian	A. Teknik penyajian	1, 2
	B. Pendukung penyajian	3, 4
	C. Penyajian pembelajaran	5
	D. Koherensi dan Keruntutan Alur Pikir	6, 7
III. Aspek Kelayakan Kebahasaan	A. Komunikatif	1
	B. Kesesuaian dengan perkembangan peserta didik	2
	C. Kesesuaian dengan kaidah bahasa	3, 4
IV. Aspek Kelayakan Kefrafikan	A. Ukuran bahan ajar	1
	B. Desain sampul bahan ajar	2, 3, 4
	C. Desain isi bahan ajar	5, 6, 7, 8, 9

## Deskripsi Butir Penilaian Bahan Ajar NGSS

Butir Penilaian	Deskripsi
<b>I. Aspek Kelayakan Isi</b>	
<b>A. Kesesuaian Materi dengan SK, KD dan PEs</b>	
1. Kelengkapan materi sesuai dengan KI, KD dan PEs	Materi yang disajikan mencakup materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Performance Expectations (PEs).
2. Keluasan materi pada KD	Materi yang disajikan mencerminkan jabaran yang mendukung pencapaian semua Kompetensi Dasar (KD).
<b>B. Keakuratan Materi</b>	
3. Keakuratan konsep dan definisi	Konsep dan definisi yang disajikan tidak menimbulkan banyak tafsir dan sesuai dengan konsep dan definisi yang berlaku dalam bidang/ilmu fisika.
4. Keakuratan fakta dan data	Fakta dan data yang disajikan sesuai dengan kenyataan dan bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.
5. Keakuratan gambar, diagram, dan ilustrasi	Gambar, diagram, dan ilustrasi yang disajikan sesuai dengan kenyataan dan bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.
<b>C. Kemutakhiran Materi</b>	
6. Contoh dan kasus dalam kehidupan sehari-hari	Contoh dan kasus aktual yaitu sesuai dengan perkembangan keilmuan fisika dan terdapat dalam kehidupan sehari-hari.
7. Gambar, diagram dan ilustrasi dalam kehidupan sehari-hari	Gambar, diagram dan ilustrasi diutamakan yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari., namun juga dilengkapi penjelasan.
<b>D. Mendorong Keingintahuan</b>	
8. Kemampuan mendorong rasa ingin tahu	Isi bahan ajar yang disajikan mendorong peserta didik untuk mengerjakannya lebih jauh dan menumbuhkan kreativitas.
<b>II. Aspek kelayakan penyajian</b>	

<b>A. Teknik Penyajian</b>	
1. Konsistensi sistematika sajian dalam kegiatan belajar	Sistematika penyajian dalam setiap kegiatan belajar taat asas (memiliki pendahuluan, isi dan penutup).
2. Keruntutan konsep	Penyajian konsep disajikan secara runtut mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang konkret ke abstrak dan dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal. Materi bagian sebelumnya bisa membantu pemahaman materi pada bagian selanjutnya.
<b>B. Pendukung Penyajian</b>	
3. Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar	Soal-soal yang diberikan dapat melatih kemampuan memahami dan menerapkan konsep yang berkaitan dengan materi dalam kegiatan belajar.
4. Glosarium	Glosarium berisi istilah-istilah penting dalam teks dengan penjelasan arti istilah tersebut, dan ditulis alfabetis.
<b>C. Penyajian Pembelajaran</b>	
5. Keterlibatan peserta didik	Penyajian materi bersifat interaktif dan partisipatif (ada bagian yang mengajak pembaca untuk berpartisipasi).
<b>D. Koherensi dan Keruntutan Alur Pikir</b>	
6. Keterkaitan antar kegiatan belajar / sub kegiatan belajar/ alinea	Penyampaian pesan antar kegiatan belajar, sub kegiatan belajar dan alinea mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi.
7. Keutuhan makna dalam kegiatan belajar / sub kegiatan belajar/ alinea	Pesan atau materi yang disajikan dalam satu kegiatan belajar / sub kegiatan belajar / alinea harus mencerminkan kesatuan tema.
<b>III. Aspek Kelayakan Kebahasaan</b>	
<b>A. Komunikatif</b>	
1. Pemahaman terhadap pesan atau informasi	Pesan atau informasi disampaikan dengan bahasa yang menarik dan lazim dalam komunikasi tulis Bahasa Indonesia.
<b>B. Kesesuaian dengan Perkembangan Peserta Didik</b>	

2. Kesesuaian dengan perkembangan intelektual peserta didik	Bahasa yang digunakan dalam menjelaskan suatu konsep harus sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik.
<b>C. Kesesuaian dengan Kaidah Bahasa</b>	
3. Ketepatan tata bahasa	Tata kalimat yang digunakan untuk menyampaikan pesan mengacu kepada kaidah tata Bahasa Indonesia yang baik dan benar.
4. Ketepatan ejaan	Ejaan yang digunakan mengacu kepada pedoman Ejaan Yang Disempurnakan.
<b>IV. Aspek Kelayakan Kegrafikan</b>	
<b>A. Ukuran Bahan Ajar</b>	
1. Kesesuaian ukuran bahan ajar dengan standar ISO	Ukuran bahan ajar A4 (210 x 297 mm), A5 (148 x 210 mm), B5 (176 x 250 mm).
<b>B. Desain Sampul Bahan Ajar</b>	
2. Kesesuaian tulisan (judul dan keterangan judul) pada sampul bahan ajar dengan isi materi	Tulisan judul dan keterangan pada sampul bahan ajar memberikan informasi secara tepat tentang isi materi.
3. Ketepatan penggunaan ukuran dan jenis huruf pada sampul	Tulisan judul dan keterangan lain pada sampul ditulis dengan menggunakan variasi huruf yang sederhana dan warna yang tepat sehingga lebih mudah dalam menyampaikan informasi yang disampaikan.
4. Kesesuaian dan kejelasan ilustrasi gambar pada sampul bahan ajar dengan isi materi	Ilustrasi gambar pada sampul bahan ajar menggunakan warna, ukuran dan dapat memberikan gambaran tentang isi materi.
<b>C. Desain Isi Bahan Ajar</b>	
5. Kejelasan dan kekonsistenan jenjang judul	Menunjukkan urutan/hierarki susunan teks secara berjenjang sehingga mudah dipahami. Hierarki susunan teks dapat dibuat dengan perbedaan jenis huruf, ukuran huruf dan variasi huruf ( <i>bold, italic, all capital, small caps</i> ).
6. Kejelasan ilustrasi isi	Ilustrasi digunakan untuk memperjelas penyajian materi baik dengan bentuk, ukuran yang sesuai dan menggunakan warna yang menarik. Ilustrasi disertai dengan keterangan

	gambar yang diletakkan berdekatan dan menggunakan huruf yang berbeda dan mudah dibaca.
7. Kesederhanaan tipografi isi	Jenis huruf yang digunakan dalam penulisan isi bahan ajar tidak terlalu banyak (dua atau tiga jenis huruf) sehingga tidak mengganggu siswa dalam menyerap informasi.
8. Ketepatan penggunaan variasi huruf ( <i>bold</i> dan <i>italic</i> )	Variasi huruf digunakan untuk membedakan jenjang/ hirarki judul, dan subjudul serta memberikan tekanan pada susunan teks yang dianggap penting dalam bentuk tebal dan miring.
9. Kesesuaian penggunaan jarak antar paragraf	Jarak spasi antara satu paragraf dengan paragraf yang lainnya tidak terlalu lebar atau tidak terlalu sempit sehingga memudahkan dalam membaca.

Kisi-Kisi Lembar Validasi Instrumen Evaluasi  
Next Generation Science Standards Model Challenge-based

Kriteria	Indikator	Nomor Soal
I. Kesesuaian Teknik Penilaian	1. Ketepatan pemilihan teknik penilaian dengan indikator dan tujuan pembelajaran NGSS	1
	2. Kesesuaian butir instrumen dengan indikator dan tujuan pembelajaran NGSS	2
II. Kelengkapan Instrumen	1. Ketersediaan kunci jawaban	1
	2. Kecukupan tempat yang disediakan untuk jawaban soal	2
III. Kesesuaian Isi	1. Kesesuaian pertanyaan dengan materi	1
	2. Kesesuaian kunci jawaban dengan pertanyaan soal	2
IV. Konstruksi Soal	1. Kesesuaian petunjuk pengerjaan soal	1
	2. Kejelasan penulisan pokok soal (stem)	2
	3. Penulisan alternatif jawaban soal	3
	4. Kesesuaian pertanyaan dengan tingkat kognitif peserta didik	4
V. Kebahasaan	1. Penggunaan kaidah bahasa Indonesia	1
	2. Susunan penulisan kalimat soal	2
	3. Kemudahan memahami bahasa yang digunakan	3

Deskripsi Butir Penilaian Validasi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)  
Next Generation Science Standards Model Challenge-based

Butir Penilaian	Deskripsi
<b>I. Kesesuaian Teknik Penilaian</b>	
1. Ketepatan pemilihan teknik penilaian dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	Teknik penilaian yang digunakan sesuai dengan seluruh indikator dan tujuan belajar yang terdapat dalam pembelajaran NGSS model CBL.
2. Kesesuaian butir instrumen dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	Butir-butir soal yang terdapat dalam instrumen evaluasi sesuai dengan indikator dan tujuan belajar yang terdapat dalam pembelajaran NGSS model CBL.
<b>II. Kelengkapan Instrumen</b>	
1. Ketersediaan kunci jawaban	Instrumen evaluasi menyertakan kunci jawaban.
2. Kecukupan tempat yang disediakan untuk jawaban soal	Instrumen evaluasi menyediakan ruang yang cukup untuk menjawab butir-butir soal.
<b>III. Kesesuaian Isi</b>	
1. Kesesuaian pertanyaan dengan materi gelombang elektromagnetik	Butir-butir soal dalam instrumen mengukur pemahaman siswa mengenai materi gelombang elektromagnetik.
2. Kesesuaian kunci jawaban dengan pertanyaan soal	Instrumen menyajikan butir-butir soal yang disertai dengan kunci jawaban yang sesuai.
<b>IV. Konstruksi Soal</b>	
1. Kesesuaian petunjuk pengerjaan soal	Instrumen menyertakan petunjuk pengerjaan soal yang sesuai sehingga memudahkan siswa untuk mengerjakan butir-butir soal.
2. Kejelasan penulisan pokok soal ( <i>stem</i> )	Butir-butir soal dalam instrumen berisi pokok soal yang dirumuskan dengan jelas.
3. Penulisan alternatif jawaban soal	Butir-butir soal dalam instrumen dilengkapi dengan alternatif jawaban yang disusun secara urut dan homogen.
4. Kesesuaian pertanyaan dengan tingkat kognitif peserta didik	Butir-butir soal yang disajikan dalam instrumen memiliki tingkat kesulitan soal yang sesuai dengan tingkat kognitif peserta didik.

<b>V. Kebahasaan</b>	
1. Penggunaan kaidah bahasa Indonesia	Bahasa yang digunakan oleh instrumen sesuai dengan EYD sehingga peserta didik lebih mudah memahami butir soal.
2. Susunan penulisan kalimat soal	Penulisan butir soal menggunakan susunan kalimat yang sederhana (SPOK) sehingga pembaca dapat memahami soal dengan baik.
3. Kemudahan memahami bahasa yang digunakan	Kata yang digunakan dalam penulisan butir instrumen menggunakan bahasa yang sesuai dengan jenjang pendidikan peserta didik. Sehingga peserta didik dapat dengan mudah memahami maksud tulisan tersebut.



**LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN KELAYAKAN  
RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)**

**A. Tujuan**

Tujuan lembar validasi ini adalah untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu tentang kevalidan instrumen-instrumen yang akan digunakan untuk mengukur kelayakan perangkat pembelajaran (RPP, LKPD dan bahan ajar).

**B. Petunjuk**

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna penilaian “valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah pada instrumen valid. Sedangkan, makna penilaian “tidak valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah perlu diperbaiki.

**C. Penilaian**

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
I. Perumusan Tujuan Pembelajaran				
1.	Kesesuaian Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar dengan tujuan pembelajaran			
2.	Ketepatan penjabaran Kompetensi Dasar ke dalam indikator			
3.	Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran			

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
4.	Kesesuaian indikator dan tujuan pembelajaran dengan PES			
5.	Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan siswa			
<b>II. Isi Yang Disajikan</b>				
1.	Sistematika Penyusunan RPP			
2.	Kelengkapan instrument evaluasi (soal, kunci, pedoman penskoran)			
3.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model CBL			
4.	Kesesuaian uraian kegiatan siswa dan guru untuk setiap tahap pembelajaran dengan model CBL			
5.	Kejelasan skenario pembelajaran (tahap-tahap kegiatan pembelajaran; awal, inti penutup)			
<b>III. Bahasa</b>				

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
1.	Penggunaan bahasa sesuai dengan EYD			
2.	Bahasa yang digunakan komunikatif			
3.	Kesederhanaan struktur kalimat			
<b>IV. Waktu</b>				
1.	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan			
2.	Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran			

**D. Komentar/Saran**

.....

.....

.....

.....

**E. Kesimpulan**

Instrumen kelayakan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran CBL berorientasi NGSS ini dinyatakan \*) :

- 1. Dapat digunakan tanpa adanya revisi
- 2. Dapat digunakan dengan revisi
- 3. Tidak dapat digunakan

\*) lingkari salah satu

Yogyakarta,.....

Validator  
(.....)

**LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN KELAYAKAN  
LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)**

**A. Tujuan**

Tujuan lembar validasi ini adalah untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu tentang kevalidan instrumen-instrumen yang akan digunakan untuk mengukur kelayakan perangkat pembelajaran (RPP, LKPD dan bahan ajar).

**B. Petunjuk**

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna penilaian “valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah pada instrumen valid. Sedangkan, makna penilaian “tidak valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah perlu diperbaiki.

**C. Penilaian**

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
I. Komponen Isi				
1.	Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan PES dan Kompetensi Dasar			
2.	Sifat esensial dari materi/tugas yang disampaikan			
3.	Penyesuaian masalah yang diangkat dengan tingkat kognitif siswa			

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
II. Komponen Penyajian				
1.	Sistematika penyajian LKPD			
2.	Kejelasan tujuan setiap kegiatan yang disajikan			
3.	Kemampuan kegiatan yang disajikan dalam menumbuhkan rasa ingin tahu siswa			
4.	Kesesuaian fase kegiatan yang disajikan LKPD dengan fase pembelajaran CBL			
5.	Kelengkapan gambar dan ilustrasi dalam penyajian LKPD			
III. Bahasa				
1.	Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD			

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
2.	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa			
3.	Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan			
4.	Kejelasan kalimat yang digunakan			
5.	Kejelasan petunjuk atau arahan			

D. Komentar/Saran

.....

.....

.....

.....

E. Kesimpulan

Instrumen kelayakan Lembar Kerja Peserta Didik CBL berorientasi NGSS ini dinyatakan \*) :

- 1. Dapat digunakan tanpa adanya revisi
- 2. Dapat digunakan dengan revisi
- 3. Tidak dapat digunakan

\*) lingkari salah satu

Yogyakarta,.....

Validator  
(.....)



**LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN KELAYAKAN  
BAHAN AJAR**

**A. Tujuan**

Tujuan lembar validasi ini adalah untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu tentang kevalidan instrumen-instrumen yang akan digunakan untuk mengukur kelayakan perangkat pembelajaran (RPP, LKPD dan bahan ajar).

**B. Petunjuk**

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna penilaian “valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah pada instrumen valid. Sedangkan, makna penilaian “tidak valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah perlu diperbaiki.

**C. Penilaian**

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
I. Struktur Bahan ajar				
1.	Organisasi penyajian secara umum			
2.	Kemampuan tampilan dalam menarik pembaca			
3.	Keterkaitan yang konsisten antar materi bahasan			

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
II. Organisasi Penulisan Materi				
1.	Cakupan materi			
2.	Kejelasan dan urutan materi			
3.	Ketepatan materi dengan KI, KD dan PES			
4.	Keterkaitan antara masalah yang termuat dalam bahan ajar dengan konteks kehidupan/kognisi siswa			
III. Bahasa				
1.	Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD			
2.	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa			
3.	Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan			

**D. Komentar/Saran**

.....

.....

.....

.....

**E. Kesimpulan**

Instrumen kelayakan Lembar Kerja Peserta Didik CBL berorientasi NGSS ini dinyatakan \*) :

- 1. Dapat digunakan tanpa adanya revisi
- 2. Dapat digunakan dengan revisi
- 3. Tidak dapat digunakan

\*) lingkari salah satu

Yogyakarta,.....

Validator  
(.....)

LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN PENILAIAN

A. Tujuan

Tujuan lembar validasi ini adalah untuk mengetahui pendapat Bapak/Ibu tentang kevalidan instrumen yang akan digunakan untuk mengukur kemampuan siswa dalam pembelajaran berbasis NGSS dengan model Challenge.

B. Petunjuk

- 1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang tersedia.
- 2. Makna penilaian “valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah pada instrumen valid. Sedangkan, makna penilaian “tidak valid” berarti bahwa aspek yang ditelaah perlu diperbaiki.

C. Penilaian

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
I. Kesesuaian Teknik Penilaian				
1.	Ketepatan pemilihan teknik penilaian dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL			
2.	Kesesuaian butir instrumen dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL			
II. Kelengkapan Instrumen				

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
1.	Ketersediaan kunci jawaban			
2.	Kecukupan tempat yang disediakan untuk jawaban soal			
<b>III. Kesesuaian Isi</b>				
1.	Kesesuaian pertanyaan dengan materi gelombang elektromagnetik			
2.	Kesesuaian kunci jawaban dengan pertanyaan soal			
<b>IV. Konstruksi Soal</b>				
1.	Kesesuaian petunjuk pengerjaan soal			
2.	Kejelasan penulisan pokok soal (stem)			
3.	Kesesuaian pertanyaan dengan tingkat kognitif peserta didik			
<b>V. Kebahasaan</b>				

No.	Aspek yang Ditelaah	Kategori		Saran
		Valid	Tidak Valid	
1.	Penggunaan kaidah bahasa Indonesia			
2.	Kejelasan penulisan bahasa soal			
3.	Kemudahan memahami bahasa yang digunakan			

D. Komentar/Saran

.....

.....

.....

.....

E. Kesimpulan

Instrumen Penilaian Pembelajaran CBL berorientasi NGSS ini dinyatakan \*) :

- 1. Dapat digunakan tanpa adanya revisi
- 2. Dapat digunakan dengan revisi
- 3. Tidak dapat digunakan

\*) lingkari salah satu

Yogyakarta,.....

Validator  
(.....)

**LEMBAR VALIDASI**  
**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN**  
**NEXT GENERATION SCIENCE STANDARDS MODEL CHALLENGE-BASED**

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kevalidan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dalam pelaksanaan pembelajaran berorientasi NGSS yang implementasinya menggunakan model pembelajaran Challenge-based (CBL).

**B. Petunjuk**

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan skor pada kolom yang tersedia.
2. Makna poin validitas dapat dilihat pada kotak keterangan masing-masing kriteria skor.

**C. Penilaian**

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Aspek Kualitas Tujuan Pembelajaran					
1.	Identitas RPP (jenis perangkat pembelajaran, satuan pendidikan, kelas/semester, mata pelajaran, materi pokok, alokasi waktu)				
2.	Kelengkapan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar				
3.	Ketepatan penjabaran tujuan pembelajaran mengacu pada indikator pencapaian kompetensi				
4.	Penggunaan kata kerja operasional yang dapat diukur/diamati				
5.	Ketepatan penjabaran indikator pencapaian kompetensi mengacu pada kompetensi dasar				
6.	Kesesuaian indikator dan tujuan pembelajaran dengan PEs dalam NGSS				
II. Aspek Kualitas Isi					
1.	Sistematika Penyusunan RPP				
2.	Kesesuaian materi ajar dengan tujuan pembelajaran				
3.	Kesesuaian materi ajar dengan DCIs pada NGSS				
4.	Kesesuaian sumber belajar dengan tujuan pembelajaran				



No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
5.	Kesesuaian sumber belajar dengan materi pembelajaran				
6.	Kesesuaian media pembelajaran dengan tujuan pembelajaran				
7.	Kesesuaian media pembelajaran dengan materi pembelajaran				
8.	Kesesuaian model pembelajaran dengan tujuan pembelajaran				
9.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model CBL				
10.	Kesesuaian uraian kegiatan siswa dan guru untuk setiap tahap pembelajaran dengan model CBL				
11.	Kejelasan skenario pembelajaran (tahap-tahap kegiatan pembelajaran; awal, inti penutup)				
12.	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan				
13.	Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran				
14.	Kesuaian teknik penilaian dengan tujuan pembelajaran				
15.	Kejelasan prosedur penilaian				
16.	Kelengkapan instrument evaluasi (soal, kunci, pedoman pensekoran)				
<b>IV. Aspek Kualitas Bahasa</b>					
1.	Penggunaan bahasa sesuai dengan EYD				
2.	Kesederhanaan struktur kalimat				

**D. Komentaris/Saran**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Yogyakarta,.....

(.....)

### RUBRIK PENILAIAN RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
I. Aspek Kualitas Tujuan Pembelajaran					
1.	Identitas RPP (jenis perangkat pembelajaran, satuan pendidikan, kelas/semester, mata pelajaran, materi pokok, alokasi waktu)	(1) RPP <b>tidak</b> mencantumkan hanya satu identitas	(2) RPP hanya mencantumkan <b>2-3</b> identitas	(3) RPP hanya mencantumkan <b>4-5</b> identitas	(4) RPP mencantumkan <b>seluruh</b> identitas
2.	Kelengkapan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar	(1) RPP <b>tidak</b> mencantumkan KI dan KD	(2) RPP mencantumkan <b>salah satu</b> dari KI dan KD	(3) RPP mencantumkan KI dan KD namun <b>tidak</b> sempurna	(4) RPP mencantumkan KI dan KD
3.	Ketepatan penjabaran tujuan pembelajaran mengacu pada indikator pencapaian kompetensi	(1) seluruh tujuan pembelajaran yang ditampilkan <b>tidak</b> sesuai dengan indikator	(2) cukup banyak tujuan pembelajaran yang ditampilkan <b>tidak</b> sesuai dengan indikator	(3) terdapat sedikit tujuan pembelajaran yang ditampilkan <b>tidak</b> sesuai dengan indikator	(4) seluruh tujuan pembelajaran yang ditampilkan sesuai indikator
4.	Penggunaan kata kerja operasional yang dapat diukur/diamati	(1) seluruh indikator yang ditampilkan <b>tidak</b> menggunakan kata kerja operasional	(2) cukup banyak indikator yang ditampilkan <b>tidak</b> menggunakan kata kerja operasional	(3) terdapat sedikit indikator yang ditampilkan <b>tidak</b> menggunakan kata kerja operasional	(4) seluruh indikator yang ditampilkan menggunakan kata kerja operasional
5.	Ketepatan penjabaran indikator pencapaian kompetensi mengacu pada kompetensi dasar	(1) seluruh indikator pembelajaran <b>tidak</b> sesuai dengan Kompetensi Dasar	(2) cukup banyak indikator pembelajaran <b>tidak</b> sesuai dengan Kompetensi Dasar	(3) terdapat sedikit indikator pembelajaran <b>tidak</b> sesuai dengan Kompetensi Dasar	(4) seluruh indikator pembelajaran dijabarkan sesuai dengan Kompetensi Dasar

6.	Kesesuaian indikator dan tujuan pembelajaran dengan PEs dalam NGSS	(1) seluruh indikator dan tujuan pembelajaran yang ditampilkan <b>tidak</b> sesuai dengan PEs	(1) cukup banyak indikator dan tujuan pembelajaran yang ditampilkan <b>tidak</b> sesuai dengan PEs	(3) sedikit indikator dan tujuan pembelajaran yang ditampilkan <b>tidak</b> sesuai dengan PEs	(4) seluruh indikator dan tujuan pembelajaran yang ditampilkan sesuai dengan PEs
<b>II. Aspek Kualitas Isi</b>					
1.	Sistematika Penyusunan RPP	(1) seluruh bagian-bagian RPP (KI, KD, dll.) <b>tidak</b> disusun dengan sistematika yang tepat	(2) cukup banyak bagian-bagian RPP (KI, KD, dll.) <b>tidak</b> disusun dengan sistematika yang tepat	(3) sedikit bagian-bagian RPP (KI, KD, dll.) <b>tidak</b> disusun dengan sistematika yang tepat	(4) seluruh bagian-bagian RPP (KI, KD, dll.) disusun dengan sistematika yang tepat
2.	Kesesuaian materi ajar dengan tujuan pembelajaran	(1) Banyak sub materi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan tujuan pembelajaran	(2) Terdapat cukup banyak sub materi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan tujuan pembelajaran	(3) Terdapat sedikit sub materi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan tujuan pembelajaran	(4) Seluruh sub materi ajar yang disajikan sesuai dengan tujuan pembelajaran
3.	Kesesuaian materi ajar dengan DCIs pada NGSS	(1) Banyak sub materi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan DCIs pada NGSS	(2) Terdapat cukup banyak sub materi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan DCIs pada NGSS	(3) Terdapat sedikit sub materi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan DCIs pada NGSS	(4) Seluruh sub materi yang disajikan sesuai dengan DCIs pada NGSS
4.	Kesesuaian sumber belajar dengan tujuan pembelajaran	(1) Terdapat <b>tiga</b> sumber belajar yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan tujuan pembelajaran	(2) Terdapat <b>dua</b> sumber belajar yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan tujuan pembelajaran	(3) Terdapat <b>satu</b> sumber belajar yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan tujuan pembelajaran	(4) <b>Empat</b> sumber belajar yang digunakan sesuai dengan tujuan pembelajaran
5.	Kesesuaian sumber belajar dengan materi pembelajaran	(1) Terdapat <b>tiga</b> sumber belajar yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan materi pembelajaran	(2) Terdapat <b>dua</b> sumber belajar yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan materi pembelajaran	(3) Terdapat <b>satu</b> sumber belajar yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan materi pembelajaran	(4) <b>Empat (seluruh)</b> sumber belajar yang digunakan sesuai dengan materi pembelajaran
6.	Kesesuaian media pembelajaran dengan	(1) Media pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai	(2) Media pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai	(3) Media pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b>	(4) Media pembelajaran yang digunakan sesuai

	tujuan pembelajaran	dengan beberapa ( <b>banyak</b> ) tujuan pembelajaran	dengan beberapa ( <b>cukup banyak</b> ) tujuan pembelajaran	sesuai dengan beberapa ( <b>sedikit</b> ) tujuan pembelajaran	dengan <b>seluruh</b> tujuan pembelajaran
7.	Kesesuaian media pembelajaran dengan materi pembelajaran	(1) Media pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan banyak sub materi pembelajaran	(2) Media pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan <b>cukup banyak</b> sub materi pembelajaran	(3) Media pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan sedikit sub materi pembelajaran	(4) Media pembelajaran yang digunakan sesuai dengan <b>seluruh</b> sub materi pembelajaran
8.	Kesesuaian model pembelajaran dengan tujuan pembelajaran	(1) Model pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan banyak tujuan pembelajaran	(2) Model pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan cukup banyak tujuan pembelajaran	(3) Model pembelajaran yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan sedikit tujuan pembelajaran	(4) Model pembelajaran yang digunakan sesuai dengan seluruh tujuan pembelajaran
9.	Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model CBL	(1) RPP <b>tidak</b> berisi seluruh urutan kegiatan yang sesuai dengan model pembelajaran CBL	(2) RPP hanya berisi beberapa urutan kegiatan yang sesuai dengan model pembelajaran CBL	(3) RPP berisi urutan kegiatan model pembelajaran CBL namun disusun <b>tidak</b> urut	(4) RPP berisi seluruh urutan kegiatan yang sesuai dengan model pembelajaran CBL
10.	Kesesuaian uraian kegiatan siswa dan guru untuk setiap tahap pembelajaran dengan model CBL	(1) seluruh uraian kegiatan siswa dan guru pada tahap pembelajaran <b>tidak</b> sesuai dengan model CBL	(2) cukup banyak uraian kegiatan siswa dan guru pada tahap pembelajaran <b>tidak</b> sesuai dengan model CBL	(3) sedikit uraian kegiatan siswa dan guru pada tahap pembelajaran <b>tidak</b> sesuai dengan model CBL	(4) seluruh uraian kegiatan siswa dan guru pada tahap pembelajaran sesuai dengan model CBL
11.	Kejelasan skenario pembelajaran (tahap-tahap kegiatan pembelajaran; awal, inti penutup)	(1) seluruh skenario pembelajaran <b>tidak</b> jelas dan <b>tidak</b> sesuai dengan tahapan kegiatan pembelajaran	(2) cukup banyak skenario pembelajaran (tahap awal, inti dan penutup) <b>tidak</b> jelas dan <b>tidak</b> sesuai dengan tahapan kegiatan pembelajaran	(3) sedikit skenario pembelajaran (tahap awal, inti atau penutup) <b>tidak</b> jelas dan <b>tidak</b> sesuai dengan tahapan kegiatan pembelajaran	(4) seluruh skenario pembelajaran jelas dan sesuai dengan tahapan kegiatan pembelajaran
12.	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan	(1) Alokasi waktu yang digunakan terlalu singkat untuk mengajarkan seluruh	(2) Alokasi waktu yang digunakan terlalu singkat untuk mengajarkan cukup	(3) Alokasi waktu yang digunakan terlalu singkat untuk mengajarkan sedikit	(4) Alokasi waktu yang digunakan sesuai untuk mengajarkan seluruh sub

		sub materi	banyak sub materi	sub materi	materi
13.	Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran	(1) rincian waktu untuk seluruh tahap pembelajaran (awal, inti dan penutup) terlalu lama atau terlalu pendek	(2) rincian waktu untuk beberapa tahap pembelajaran (salah <b>dua</b> dari awal, inti dan penutup) terlalu lama atau terlalu pendek	(3) rincian waktu pada beberapa tahap pembelajaran (salah <b>satu</b> dari awal, inti dan penutup) terlalu lama atau terlalu pendek	(4) rincian waktu untuk seluruh tahap pembelajaran sudah tepat
14.	Kesuaian teknik penilaian dengan indikator pembelajaran	(1) Teknik penilaian yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan seluruh indikator dalam pembelajaran	(2) Teknik penilaian yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan beberapa (cukup banyak) indikator dalam pembelajaran	(3) Teknik penilaian yang digunakan <b>tidak</b> sesuai dengan beberapa (sedikit) indikator dalam pembelajaran	(4) Teknik penilaian yang digunakan sesuai dengan seluruh indikator dalam pembelajaran
15.	Kejelasan prosedur penilaian	(1) Prosedur penilaian (kisi-kisi, teknik penilaian dan cara penskoran) dalam RPP <b>tidak</b> dapat dipahami dengan jelas.	(2) Beberapa prosedur penilaian (salah <b>dua</b> dari kisi-kisi, teknik penilaian atau cara penskoran) dalam RPP <b>tidak</b> dapat dipahami dengan jelas.	(3) Beberapa prosedur penilaian (salah <b>satu</b> dari kisi-kisi, teknik penilaian atau cara penskoran) dalam RPP <b>tidak</b> dapat dipahami dengan jelas.	(4) Seluruh prosedur penilaian yang disampaikan dapat dipahami
16.	Kelengkapan instrument evaluasi (soal, kunci, pedoman penskoran)	(1) RPP <b>tidak</b> dilengkapi dengan instrumen evaluasi	(2) RPP dilengkapi dengan instrumen evaluasi namun hanya soal, kunci atau pedoman penskoran saja	(3) RPP dilengkapi dengan instrumen evaluasi namun hanya dua diantara tiga kelengkapan (soal, kunci atau pedoman penskoran)	(4) RPP dilengkapi dengan dengan instrumen evaluasi yang lengkap termasuk soal, kunci dan pedoman penskoran
<b>III. Aspek Kualitas Bahasa</b>					
1.	Penggunaan bahasa sesuai dengan EYD	(1) banyak kalimat yang digunakan dalam RPP ditulis	(2) cukup banyak kalimat yang digunakan dalam RPP	(3) sedikit kalimat yang digunakan dalam RPP	(4) seluruh kalimat yang digunakan dalam RPP

		dengan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai EYD	ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai EYD	ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai EYD	ditulis dengan bahasa yang sesuai EYD
2.	Kesederhanaan struktur kalimat	(1) seluruh kalimat yang digunakan dalam RPP ditulis dengan struktur yang rumit sehingga sulit dibaca	(2) cukup banyak kalimat yang digunakan dalam RPP ditulis dengan struktur yang rumit sehingga sulit dibaca	(3) sedikit kalimat yang digunakan dalam RPP ditulis dengan struktur yang rumit sehingga sulit dibaca	(4) seluruh kalimat yang digunakan dalam RPP ditulis dengan struktur yang sederhana sehingga mudah dibaca

**LEMBAR VALIDASI**

**LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK NEXT GENERATION SCIENCE STANDARDS**  
**MODEL CHALLENGE-BASED**

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kevalidan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam pelaksanaan pembelajaran berorientasi NGSS yang implementasinya menggunakan model pembelajaran Challenge-based (CBL).

**B. Petunjuk**

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan tanda cek (✓) pada kolom yang tersedia.
2. Makna poin validitas adalah 1 (tidak baik); 2 (kurang baik); 3 (cukup baik); 4 (baik).

**C. Penilaian**

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Aspek Kualitas Isi					
1.	Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan Kompetensi Dasar				
2.	Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan PEs dalam NGSS				
3.	Sifat esensial dari materi/tugas yang disampaikan				
4.	Kemampuan kegiatan dalam mendorong penyelidikan secara kelompok				
5.	Kesesuaian fase kegiatan yang disajikan LKPD dengan fase pembelajaran CBL				
6.	Kemampuan kegiatan dalam mendorong pengembangan keterampilan berargumentasi (EAE)				
7.	Kemampuan kegiatan dalam mendorong pengembangan keterampilan mencari, mengolah dan mengkomunikasikan informasi (OECI)				
II. Aspek Kelayakan Didaktik					
1.	Kemampuan isi agar dapat dipahami individu yang berbeda				
2.	Penyesuaian masalah yang diangkat dengan tingkat kognitif siswa				



No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
3.	Kemampuan setiap kegiatan untuk mendorong menemukan konsep-konsep melalui penekanan pada proses				
4.	Kemampuan setiap kegiatan untuk menstimulus siswa untuk menulis, menggambar, berdiskusi, menggunakan alat, dan sebagainya melalui berbagai media dan kesempatan				
5.	Kemampuan setiap kegiatan dalam mengembangkan komunikasi sosial, moral dan estetika pada anak				
<b>III. Aspek Kelayakan Teknis</b>					
1.	Sistematika penyajian LKPD				
2.	Kelengkapan gambar dan ilustrasi dalam penyajian LKPD				
3.	Keefektifan penggunaan gambar				
4.	Keakuratan gambar dan ilustrasi				
5.	Kesesuaian gambar dengan keterangan gambar				
6.	Keakuratan notasi, simbol dan ikon				
7.	Keserasian penggunaan ukuran huruf antar tulisan				
<b>IV. Aspek Kelayakan Konstruksi</b>					
1.	Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD				
2.	Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan				
3.	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa				
4.	Kejelasan kalimat yang digunakan				
5.	Kejelasan petunjuk atau arahan				
6.	Ketersediaan ruangan terbuka yang cukup untuk menulis/menggambar				

**D. Komentari/Saran**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Yogyakarta,.....

(.....)

RUBRIK PENILAIAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

No.	Aspek yang Ditelaah	Pilihan Skor			
		1	2	3	4
I. Aspek Kelayakan Isi					
1.	Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan Kompetensi Dasar	(1) seluruh kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> sesuai dengan Kompetensi Dasar	(2) cukup banyak kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> sesuai dengan Kompetensi Dasar	(3) sedikit kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> sesuai dengan Kompetensi Dasar	(4) seluruh kegiatan dalam LKPD sesuai dengan Kompetensi Dasar
2.	Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan Pes dalam NGSS	(1) seluruh kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> sesuai dengan Pes dalam NGSS	(2) cukup banyak kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> sesuai dengan Pes dalam NGSS	(3) sedikit kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> sesuai dengan Pes dalam NGSS	(4) seluruh kegiatan dalam LKPD sesuai dengan Pes dalam NGSS
3.	Sifat esensial dari materi/tugas yang disampaikan	(1) seluruh materi/tugas yang disampaikan dalam LKPD <b>tidak</b> bersifat esensial	(2) cukup banyak materi/tugas yang disampaikan dalam LKPD <b>tidak</b> bersifat esensial	(3) sedikit materi/tugas yang disampaikan dalam LKPD <b>tidak</b> bersifat esensial	(4) seluruh materi/tugas yang disampaikan dalam LKPD bersifat esensial
4.	Kemampuan kegiatan dalam mendorong penyelidikan secara kelompok	(1) Banyak kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk melaksanakan penyelidikan secara kelompok	(2) Cukup kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk melaksanakan penyelidikan secara kelompok	(3) Sedikit kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk melaksanakan penyelidikan secara kelompok	(4) Seluruh kegiatan yang disajikan dapat mendorong siswa untuk melaksanakan penyelidikan secara kelompok
5.	Kesesuaian fase kegiatan yang disajikan LKPD dengan fase pembelajaran CBL	(1) Seluruh kegiatan memuat <b>3</b> dari 6 tahapan pembelajaran CBL (ide besar, pertanyaan dasar, challenge, guiding activities, solusi dan implementasi)	(2) Seluruh kegiatan memuat <b>4</b> dari 6 tahapan pembelajaran CBL (ide besar, pertanyaan dasar, challenge, guiding activities, solusi dan implementasi)	(3) Seluruh kegiatan memuat <b>5</b> dari 6 tahapan pembelajaran CBL (ide besar, pertanyaan dasar, challenge, guiding activities, solusi dan implementasi)	(4) Seluruh kegiatan memuat <b>6</b> tahapan pembelajaran CBL (ide besar, pertanyaan dasar, challenge, guiding activities, solusi dan implementasi)

No.	Aspek yang Ditelaah	Pilihan Skor			
		1	2	3	4
6.	Kemampuan kegiatan dalam mendorong pengembangan keterampilan berargumentasi (EAE)	(1) Banyak kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berargumentasi	(2) Terdapat cukup banyak kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berargumentasi	(3) Terdapat sedikit kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berargumentasi	(4) Seluruh kegiatan dalam LKPD dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berargumentasi
7.	Kemampuan kegiatan dalam mendorong pengembangan keterampilan mencari, mengolah dan mengkomunikasikan informasi (OECI)	(1) Banyak kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan OECI	(2) Terdapat cukup banyak kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan OECI	(3) Terdapat sedikit kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan OECI	(4) Seluruh kegiatan dalam LKPD dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan OECI
<b>II. Aspek Kelayakan Didaktik</b>					
1.	Kemampuan isi agar dapat dipahami individu yang berbeda	(1) Seluruh isi yang disajikan <b>tidak</b> dapat dipahami oleh semua siswa SMA dari tingkat kognitif yang berbeda	(2) Cukup banyak isi yang disajikan <b>tidak</b> dapat dipahami oleh semua siswa SMA dari tingkat kognitif yang berbeda	(3) Sedikit isi yang disajikan <b>tidak</b> dapat dipahami oleh semua siswa SMA dari tingkat kognitif yang berbeda	(4) Seluruh isi yang disajikan dapat dipahami oleh semua siswa SMA dari tingkat kognitif yang berbeda
2.	Penyesuaian masalah yang diangkat dengan tingkat kognitif siswa SMA	(1) Banyak masalah-masalah yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan tingkat kognitif siswa SMA (terlalu sulit/terlalu mudah)	(2) Cukup banyak masalah-masalah yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan tingkat kognitif siswa SMA (terlalu sulit/terlalu mudah)	(3) Sedikit masalah yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan tingkat kognitif siswa SMA (terlalu sulit/terlalu mudah)	(4) Seluruh masalah-masalah yang disajikan sesuai dengan tingkat kognitif siswa SMA

No.	Aspek yang Ditelaah	Pilihan Skor			
		1	2	3	4
3.	Kemampuan setiap kegiatan untuk mendorong menemukan konsep-konsep melalui penekanan pada proses	(1) Seluruh kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> berisi serangkaian aktivitas yang dapat mendorong siswa untuk menemukan konsep-konsep	(2) Terdapat cukup banyak kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> berisi serangkaian aktivitas yang dapat mendorong siswa untuk menemukan konsep-konsep	(3) Terdapat sedikit kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> berisi serangkaian aktivitas yang dapat mendorong siswa untuk menemukan konsep-konsep	(4) Seluruh kegiatan yang disajikan berisi serangkaian aktivitas yang dapat mendorong siswa untuk menemukan konsep-konsep
4.	Kemampuan setiap kegiatan untuk menstimulus siswa dalam menulis, menggambar, berdiskusi, menggunakan alat melalui berbagai media dan kesempatan	(1) Banyak kegiatan <b>tidak</b> dapat menstimulus siswa untuk melakukan kegiatan menulis, menggambar, berdiskusi, menggunakan alat	(2) Terdapat cukup banyak kegiatan <b>tidak</b> dapat menstimulus siswa untuk melakukan kegiatan menulis, menggambar, berdiskusi, menggunakan alat	(3) Terdapat sedikit kegiatan <b>tidak</b> dapat menstimulus siswa untuk melakukan kegiatan menulis, menggambar, berdiskusi, menggunakan alat	(4) Seluruh kegiatan dapat menstimulus siswa untuk melakukan kegiatan menulis, menggambar, berdiskusi, menggunakan alat
5.	Kemampuan setiap kegiatan dalam mengembangkan komunikasi sosial, moral dan estetika pada anak	(1) Banyak kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> dapat mendorong siswa dalam mengembangkan komunikasi sosial, moral dan estetika	(2) Terdapat cukup banyak kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> dapat mendorong siswa dalam mengembangkan komunikasi sosial, moral dan estetika	(3) Terdapat sedikit kegiatan yang disajikan <b>tidak</b> dapat mendorong siswa dalam mengembangkan komunikasi sosial, moral dan estetika	(4) Seluruh kegiatan yang disajikan dapat mendorong siswa dalam mengembangkan komunikasi sosial, moral dan estetika
<b>III. Aspek Kelayakan Teknis</b>					
1.	Sistematis penyajian LKPD	(1) seluruh bagian-bagian dalam LKPD (judul, daftar isi, dll.) disajikan secara <b>tidak</b> sistematis	(2) cukup banyak bagian-bagian dalam LKPD (judul, daftar isi, dll.) disajikan <b>tidak</b> sistematis	(3) sedikit bagian-bagian dalam LKPD (judul, daftar isi, dll.) disajikan <b>tidak</b> sistematis	(4) seluruh bagian-bagian dalam LKPD (judul, daftar isi, dll.) disajikan secara sistematis

No.	Aspek yang Ditelaah	Pilihan Skor			
		1	2	3	4
2.	Kelengkapan gambar dan ilustrasi dalam penyajian LKPD	(1) Seluruh kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dilengkapi dengan gambar dan ilustrasi yang relevan	(2) Terdapat cukup banyak kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dilengkapi dengan gambar dan ilustrasi yang relevan	(3) Terdapat sedikit kegiatan dalam LKPD <b>tidak</b> dilengkapi dengan gambar dan ilustrasi yang relevan	(4) Seluruh kegiatan dalam LKPD dilengkapi dengan gambar dan ilustrasi yang relevan
3.	Keefektifan penggunaan gambar	(1) Seluruh gambar pada setiap kegiatan <b>tidak</b> dapat digunakan untuk membantu pemahaman siswa	(2) Terdapat cukup banyak gambar pada setiap kegiatan <b>tidak</b> dapat digunakan untuk membantu pemahaman siswa	(3) Terdapat sedikit gambar pada setiap kegiatan <b>tidak</b> dapat digunakan untuk membantu pemahaman siswa	(4) Seluruh gambar pada setiap kegiatan dapat digunakan untuk membantu pemahaman siswa
4.	Kecakuran gambar dan ilustrasi	(1) Banyak gambar yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan ilustrasi yang dijelaskan	(2) Terdapat cukup banyak gambar yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan ilustrasi yang dijelaskan	(3) Terdapat sedikit gambar yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan ilustrasi yang dijelaskan	(4) Seluruh gambar yang disajikan sesuai dengan ilustrasi yang dijelaskan
5.	Kesesuaian gambar dengan keterangan gambar	(1) Banyak gambar yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan keterangan gambar yang menyertainya	(2) Terdapat cukup banyak gambar yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan keterangan gambar yang menyertainya	(3) Terdapat sedikit gambar yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan keterangan gambar yang menyertainya	(4) Seluruh gambar yang disajikan sesuai dengan keterangan gambar yang menyertainya
6.	Kecakuran notasi, simbol dan ikon	(1) Banyak notasi, simbol dan ikon yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan penulisan yang benar	(2) Terdapat cukup banyak notasi, simbol dan ikon yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan penulisan yang benar	(3) Terdapat sedikit notasi, simbol dan ikon yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan penulisan yang benar	(4) Seluruh notasi, simbol dan ikon yang disajikan sesuai dengan penulisan yang benar

No.	Aspek yang Ditelaah	Pilihan Skor			
		1	2	3	4
7.	Keserasian penggunaan ukuran huruf antar tulisan	(1) Banyak tulisan yang terpadat di dalam LKPD <b>tidak</b> menggunakan ukuran huruf yang sesuai	(2) Terdapat cukup banyak tulisan yang terpadat di dalam LKPD <b>tidak</b> menggunakan ukuran huruf yang sesuai	(3) Terdapat sedikit tulisan yang terpadat di dalam LKPD <b>tidak</b> menggunakan ukuran huruf yang sesuai	(4) Seluruh tulisan yang terpadat di dalam LKPD menggunakan ukuran huruf yang sesuai
<b>III. Aspek Kelayakan Konstruksi</b>					
1.	Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD	(1) seluruh kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai EYD	(2) cukup banyak kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai EYD	(3) sedikit kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai EYD	(4) seluruh kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang sesuai EYD
2.	Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan	(1) seluruh kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> komunikatif	(2) cukup banyak kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> komunikatif	(3) sedikit kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang <b>tidak</b> komunikatif	(4) seluruh kegiatan dalam LKPD ditulis dengan bahasa yang komunikatif
3.	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa	(1) seluruh kegiatan dalam LKPD menggunakan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai dengan kemampuan berpikir siswa	(2) cukup banyak kegiatan dalam LKPD menggunakan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai dengan kemampuan berpikir siswa	(3) sedikit kegiatan dalam LKPD menggunakan bahasa yang <b>tidak</b> sesuai dengan kemampuan berpikir siswa	(4) seluruh kegiatan dalam LKPD menggunakan bahasa yang sesuai dengan kemampuan berpikir siswa
4.	Kejelasan kalimat yang digunakan	(1) seluruh kegiatan dalam LKPD ditulis dengan kalimat yang <b>tidak</b> jelas dan sulit dipahami	(2) cukup banyak kegiatan dalam LKPD ditulis dengan kalimat yang <b>tidak</b> jelas dan sulit dipahami	(3) sedikit kegiatan dalam LKPD ditulis dengan kalimat yang <b>tidak</b> jelas dan sulit dipahami	(4) seluruh kegiatan dalam LKPD ditulis dengan kalimat yang jelas dan mudah dipahami

No.	Aspek yang Ditelaah	Pilihan Skor			
		1	2	3	4
5.	Kejelasan petunjuk atau arahan	(1) seluruh petunjuk atau arahan dalam LKPD ditulis dengan <b>kurang</b> runtut dan <b>kurang</b> jelas	(2) cukup banyak petunjuk atau arahan dalam LKPD ditulis dengan <b>kurang</b> runtut dan <b>kurang</b> jelas	(3) sedikit petunjuk atau arahan dalam LKPD ditulis dengan <b>kurang</b> runtut dan <b>kurang</b> jelas	(4) seluruh petunjuk atau arahan dalam LKPD ditulis dengan runtut dan jelas
6.	Ketersediaan ruangan terbuka yang cukup untuk menulis/menggambar	(1) LKPD <b>tidak</b> menyediakan ruang terbuka yang dapat digunakan untuk menulis/menggambar	(2) LKPD menyediakan sedikit ruang terbuka yang dapat digunakan untuk menulis/menggambar	(3) LKPD menyediakan cukup banyak ruang terbuka yang dapat digunakan untuk menulis/menggambar	(4) LKPD menyediakan banyak ruang terbuka yang dapat digunakan untuk menulis/menggambar



**LEMBAR VALIDASI**  
**BAHAN AJAR NEXT GENERATION SCIENCE STANDARDS**  
**MODEL CHALLENGE-BASED**

**A. Tujuan**

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kevalidan bahan ajar dalam pelaksanaan pembelajaran berorientasi NGSS yang implementasinya menggunakan model pembelajaran Challenge-based (CBL).

**B. Petunjuk**

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan skor pada kolom yang tersedia.
2. Makna poin validitas dapat dilihat pada kotak keterangan pada masing-masing kriteria skor.

**C. Penilaian**

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Aspek Kelayakan Isi					
1.	Kelengkapan materi sesuai dengan KI, KD dan PEs				
2.	Keluasan materi pada KD				
3.	Keakuratan konsep dan definisi				
4.	Keakuratan fakta dan data				
5.	Keakuratan gambar, diagram, dan ilustrasi				
6.	Contoh dan kasus dalam kehidupan sehari-hari				
7.	Gambar, diagram dan ilustrasi dalam kehidupan sehari-hari				
8.	Kemampuan mendorong rasa ingin tahu				
II. Aspek Kelayakan Penyajian					
1.	Konsistensi sistematika sajian dalam kegiatan belajar				
2.	Keruntutan konsep				
3.	Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar				
4.	Glosarium				

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
5.	Keterlibatan peserta didik				
6.	Ketertautan antar kegiatan belajar / sub kegiatan belajar/ alinea				
7.	Keutuhan makna dalam kegiatan belajar / sub kegiatan belajar/ alinea				
<b>III. Aspek Kelayakan Kebahasaan</b>					
1.	Pemahaman terhadap pesan atau informasi				
2.	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik				
3.	Ketepatan tata bahasa				
4.	Ketepatan ejaan				
<b>IV. Aspek Kelayakan Kegrafikan</b>					
1.	Kesesuaian ukuran bahan ajar dengan standar ISO				
2.	Kesesuaian tulisan (judul dan keterangan judul) pada sampul bahan ajar dengan isi materi				
3.	Ketepatan penggunaan ukuran dan jenis huruf pada sampul				
4.	Kesesuaian dan kejelasan ilustrasi gambar pada sampul bahan ajar dengan isi materi				
5.	Kejelasan dan kekonsistenan jenjang judul				
6.	Kejelasan ilustrasi isi				
7.	Kesederhanaan tipografi isi				
8.	Ketepatan penggunaan variasi huruf ( <i>bold</i> dan <i>italic</i> )				
9.	Kesesuaian penggunaan jarak antar paragraf				

**D. Komentar/Saran**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Yogyakarta,.....

(.....)

## RUBRIK PENILAIAN BAHAN AJAR

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
I. Aspek Kelayakan isi					
1.	Kelengkapan materi sesuai dengan KI, KD dan PEs	(1) Banyak materi yang disajikan <b>tidak</b> mencakup materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Performance Expectations (PEs).	(2) Terdapat cukup banyak materi yang disajikan <b>tidak</b> mencakup materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Performance Expectations (PEs).	(3) Terdapat sedikit materi yang disajikan <b>tidak</b> mencakup materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Performance Expectations (PEs).	(4) Semua materi yang disajikan mencakup materi yang terkandung dalam Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan Performance Expectations (PEs).
2.	Keluasan materi	(1) Banyak materi yang disajikan <b>tidak</b> mencerminkan jabatan yang mendukung pencapaian semua Kompetensi Dasar (KD).	(2) Terdapat cukup banyak materi yang disajikan <b>tidak</b> mencerminkan jabatan yang mendukung pencapaian semua Kompetensi Dasar (KD).	(3) Terdapat sedikit materi yang disajikan <b>tidak</b> mencerminkan jabatan yang mendukung pencapaian semua Kompetensi Dasar (KD).	(4) Semua materi yang disajikan mencerminkan jabatan yang mendukung pencapaian semua Kompetensi Dasar (KD).
3.	Keakuratan konsep dan definisi	(1) Banyak konsep dan definisi yang disajikan menimbulkan banyak tafsir dan <b>tidak</b> sesuai dengan konsep dan definisi yang berlaku dalam bidang/ilmu fisika.	(2) Terdapat cukup banyak konsep dan definisi yang disajikan menimbulkan banyak tafsir dan <b>tidak</b> sesuai dengan konsep dan definisi yang berlaku dalam bidang/ilmu fisika.	(3) Terdapat sedikit konsep dan definisi yang disajikan menimbulkan banyak tafsir dan <b>tidak</b> sesuai dengan konsep dan definisi yang berlaku dalam bidang/ilmu fisika.	(4) Semua konsep dan definisi yang disajikan tidak menimbulkan banyak tafsir dan sesuai dengan konsep dan definisi yang berlaku dalam bidang/ilmu fisika.

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
4.	Keakuratan fakta dan data	(1) Banyak fakta dan data yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan kenyataan sehingga tidak bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.	(2) Terdapat cukup banyak fakta dan data yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan kenyataan sehingga kurang bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.	(3) Terdapat sedikit fakta dan data yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan kenyataan sehingga cukup bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.	(4) Semua fakta dan data yang disajikan sesuai dengan kenyataan sehingga bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.
5.	Keakuratan gambar, diagram, dan ilustrasi	(1) Banyak gambar, diagram, dan ilustrasi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan kenyataan sehingga tidak bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.	(2) Terdapat cukup banyak gambar, diagram, dan ilustrasi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan kenyataan sehingga kurang bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.	(3) Terdapat sedikit gambar, diagram, dan ilustrasi yang disajikan <b>tidak</b> sesuai dengan kenyataan sehingga cukup bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.	(4) Semua gambar, diagram, dan ilustrasi yang disajikan sesuai dengan kenyataan dan bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman peserta didik.
6.	Contoh dan kasus dalam kehidupan sehari-hari	(1) Banyak contoh dan kasus <b>tidak</b> sesuai dengan perkembangan keilmuan fisika dan <b>tidak</b> terdapat dalam kehidupan sehari-hari.	(2) Terdapat cukup banyak contoh dan kasus <b>tidak</b> sesuai dengan perkembangan keilmuan fisika dan <b>tidak</b> terdapat dalam kehidupan sehari-hari.	(3) Terdapat sedikit contoh dan kasus <b>tidak</b> sesuai dengan perkembangan keilmuan fisika dan <b>tidak</b> terdapat dalam kehidupan sehari-hari.	(4) Semua contoh dan kasus sesuai dengan perkembangan keilmuan fisika dan terdapat dalam kehidupan sehari-hari.

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
7.	Gambar, diagram dan ilustrasi dalam kehidupan sehari-hari	(1) Seluruh peristiwa fisika dalam kehidupan sehari-hari yang dimuat <b>tidak</b> disertai dengan gambar, diagram atau ilustrasi.	(2) Cukup banyak peristiwa fisika dalam kehidupan sehari-hari yang dimuat <b>tidak</b> disertai dengan gambar, diagram atau ilustrasi.	(3) Terdapat sedikit peristiwa fisika dalam kehidupan sehari-hari yang dimuat <b>tidak</b> disertai dengan gambar, diagram atau ilustrasi.	(4) Seluruh peristiwa fisika dalam kehidupan sehari-hari yang dimuat disertai dengan gambar, diagram atau ilustrasi.
8.	Kemampuan mendorong rasa ingin tahu	(1) Seluruh sub materi yang disajikan pada bahan ajar <b>tidak</b> memungkinkan untuk mendorong peserta didik menelusuri lebih jauh dan menumbuhkan kreativitas.	(2) Cukup banyak sub materi yang disajikan pada bahan ajar <b>tidak</b> memungkinkan untuk mendorong peserta didik menelusuri lebih jauh dan menumbuhkan kreativitas.	(3) Terdapat sedikit sub materi yang disajikan pada bahan ajar <b>tidak</b> memungkinkan untuk mendorong peserta didik menelusuri lebih jauh dan menumbuhkan kreativitas.	(4) Seluruh sub materi yang disajikan pada bahan ajar memungkinkan untuk mendorong peserta didik menelusuri lebih jauh dan menumbuhkan kreativitas.
<b>II. Aspek Kelayakan Penyajian</b>					
1.	Konsistensi sistematika sajian dalam kegiatan belajar	(1) Banyak sistematika penyajian dalam setiap kegiatan belajar <b>tidak</b> taat asas ( <b>tidak</b> memiliki pendahuluan, isi dan penutup).	(2) Terdapat cukup banyak sistematika penyajian dalam setiap kegiatan belajar <b>tidak</b> taat asas ( <b>tidak</b> memiliki dua dari pendahuluan, isi dan penutup).	(3) Terdapat sedikit sistematika penyajian dalam setiap kegiatan belajar <b>tidak</b> taat asas ( <b>tidak</b> memiliki satu dari pendahuluan, isi dan penutup).	(4) Semua sistematika penyajian dalam setiap kegiatan belajar taat asas (memiliki pendahuluan, isi dan penutup).

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
2.	Keruntutan konsep	(1) Banyak konsep disajikan secara <b>tidak</b> runtut (mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang konkret ke abstrak dan dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal).	(2) Terdapat cukup banyak konsep disajikan secara <b>tidak</b> runtut (mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang konkret ke abstrak dan dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal).	(3) Terdapat sedikit konsep disajikan secara <b>tidak</b> runtut (mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang konkret ke abstrak dan dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal).	(4) Semua konsep disajikan secara runtut (mulai dari yang mudah ke sukar, dari yang konkret ke abstrak dan dari yang sederhana ke kompleks, dari yang dikenal sampai yang belum dikenal).
3.	Soal latihan pada setiap akhir kegiatan belajar	(1) Banyak soal-soal yang diberikan <b>tidak</b> dapat melatih kemampuan memahami dan menerapkan konsep yang berkaitan dengan materi dalam kegiatan belajar.	(2) Terdapat cukup banyak soal-soal yang diberikan <b>tidak</b> dapat melatih kemampuan memahami dan menerapkan konsep yang berkaitan dengan materi dalam kegiatan belajar.	(3) Terdapat sedikit soal-soal yang diberikan <b>tidak</b> dapat melatih kemampuan memahami dan menerapkan konsep yang berkaitan dengan materi dalam kegiatan belajar.	(4) Soal-soal yang diberikan dapat melatih kemampuan memahami dan menerapkan konsep yang berkaitan dengan materi dalam kegiatan belajar.
4.	Glosarium	(1) Glosarium banyak berisi istilah-istilah <b>tidak</b> penting dalam teks, <b>tidak</b> disertai penjelasan arti istilah tersebut, atau <b>tidak</b> ditulis alfabetis.	(2) Glosarium cukup banyak berisi istilah-istilah <b>tidak</b> penting dalam teks, <b>tidak</b> disertai penjelasan arti istilah tersebut, atau <b>tidak</b> ditulis alfabetis.	(3) Glosarium sedikit berisi istilah-istilah <b>tidak</b> penting dalam teks, <b>tidak</b> disertai penjelasan arti istilah tersebut, atau <b>tidak</b> ditulis alfabetis.	(4) Seluruh glosarium berisi istilah-istilah penting dalam teks, disertai penjelasan arti istilah tersebut, dan ditulis alfabetis.
5.	Keterlibatan peserta didik	(1) Banyak materi yang	(2) Terdapat cukup banyak	(3) Terdapat sedikit	(4) Semua materi yang

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
		disajikan <b>tidak</b> bersifat interaktif dan partisipatif (ada bagian yang mengajak pembaca untuk berpartisipasi).	materi yang disajikan <b>tidak</b> bersifat interaktif dan partisipatif.	materi yang disajikan <b>tidak</b> bersifat interaktif dan partisipatif.	disajikan bersifat interaktif dan partisipatif (ada bagian yang mengajak pembaca untuk berpartisipasi).
6.	Keterkaitan antar kegiatan belajar / sub kegiatan belajar/ alinea	(1) Banyak penyampaian pesan (antar kegiatan belajar, sub kegiatan belajar dan alinea) <b>tidak</b> mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi.	(2) Terdapat cukup banyak penyampaian pesan (antar kegiatan belajar, sub kegiatan belajar dan alinea) <b>tidak</b> mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi.	(3) Terdapat sedikit penyampaian pesan (antar kegiatan belajar, sub kegiatan belajar dan alinea) <b>tidak</b> mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi.	(4) Semua penyampaian pesan (antar kegiatan belajar, sub kegiatan belajar dan alinea) mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi.
7.	Keutuhan makna dalam kegiatan belajar / sub kegiatan belajar/ alinea	(1) Banyak materi yang disajikan dalam satu kegiatan belajar / sub kegiatan belajar / alinea <b>tidak</b> mencerminkan kesatuan tema.	(2) Terdapat cukup banyak materi yang disajikan dalam satu kegiatan belajar / sub kegiatan belajar / alinea <b>tidak</b> mencerminkan kesatuan tema.	(3) Terdapat sedikit materi yang disajikan dalam satu kegiatan belajar / sub kegiatan belajar / alinea <b>tidak</b> mencerminkan kesatuan tema.	(4) Semua materi yang disajikan dalam satu kegiatan belajar / sub kegiatan belajar / alinea mencerminkan kesatuan tema.
III. Aspek Kelayakan Kebahasaan					



No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
1.	Pemahaman terhadap pesan atau informasi	(1) Banyak informasi disampaikan dengan bahasa yang <b>kurang</b> menarik dan <b>tidak</b> mengikuti penulisan Bahasa Indonesia.	(2) Terdapat cukup banyak informasi disampaikan dengan bahasa yang <b>kurang</b> menarik dan <b>tidak</b> mengikuti penulisan Bahasa Indonesia.	(3) Terdapat sedikit informasi disampaikan dengan bahasa yang <b>kurang</b> menarik dan <b>tidak</b> mengikuti penulisan Bahasa Indonesia.	(4) Seluruh informasi disampaikan dengan bahasa yang menarik dan lazim dalam komunikasi tulis Bahasa Indonesia.
2.	Kesesuaian dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik	(1) Banyak bahasa yang digunakan dalam menjelaskan suatu konsep <b>tidak</b> sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik.	(2) Terdapat cukup banyak bahasa yang digunakan dalam menjelaskan suatu konsep <b>tidak</b> sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik.	(3) Terdapat sedikit bahasa yang digunakan dalam menjelaskan suatu konsep <b>tidak</b> sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik.	(4) Seluruh bahasa yang digunakan dalam menjelaskan suatu konsep sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual peserta didik.
3.	Ketepatan tata bahasa	(1) Banyak tata kalimat yang digunakan untuk menyampaikan pesan <b>tidak</b> mengacu kepada kaidah tata Bahasa Indonesia yang baik dan benar.	(2) Cukup banyak tata kalimat yang digunakan untuk menyampaikan pesan <b>tidak</b> mengacu kepada kaidah tata Bahasa Indonesia yang baik dan benar.	(3) Sedikit tata kalimat yang digunakan untuk menyampaikan pesan <b>tidak</b> mengacu kepada kaidah tata Bahasa Indonesia yang baik dan benar.	(4) Seluruh tata kalimat yang digunakan untuk menyampaikan pesan mengacu kepada kaidah tata Bahasa Indonesia yang baik dan benar.
4.	Ketepatan ejaan	(1) Banyak kata dalam kalimat <b>tidak</b>	(2) Terdapat cukup banyak kata dalam kalimat <b>tidak</b>	(3) Terdapat sedikit kata dalam kalimat <b>tidak</b>	(4) Seluruh kata dalam kalimat menggunakan

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
		menggunakan ejaan yang mengacu kepada pedoman Ejaan Yang Disempurnakan	menggunakan ejaan yang mengacu kepada pedoman Ejaan Yang Disempurnakan	menggunakan ejaan yang mengacu kepada pedoman Ejaan Yang Disempurnakan	ejaan yang mengacu kepada pedoman Ejaan Yang Disempurnakan
<b>IV. Aspek Kelayakan Kegrafikan</b>					
1.	Kesesuaian ukuran dengan standar ISO	(1) Panjang dan lebar bahan ajar <b>tidak</b> sesuai dengan standar ISO ukuran apapun.	(2) Panjang dan lebar bahan ajar <b>tidak</b> sesuai dengan standar ISO A4 (210 x 297 mm).	(3) Salah satu dari panjang atau lebar bahan ajar sesuai dengan standar ISO A4 (210 x 297 mm).	(4) Panjang dan lebar bahan ajar sesuai dengan standar ISO A4 (210 x 297 mm).
2.	Kesesuaian tulisan (judul dan keterangan judul) pada sampul bahan ajar dengan isi materi	(1) Tulisan judul dan keterangan judul pada sampul <b>tidak</b> dapat memberikan informasi secara tepat tentang isi materi.	(2) Tulisan judul dapat memberikan informasi secara tepat tentang isi materi namun keterangan judul <b>tidak</b> sesuai.	(3) Terdapat beberapa keterangan judul yang <b>tidak</b> memberikan informasi secara tepat tentang isi materi.	(4) Tulisan judul dan keterangan judul memberikan informasi secara tepat tentang isi materi.
3.	Ketepatan penggunaan ukuran dan jenis huruf pada sampul	(1) Banyak tulisan menggunakan ukuran dan jenis huruf yang <b>tidak</b> sesuai sehingga tulisan menjadi tidak komunikatif.	(2) Terdapat cukup banyak tulisan menggunakan ukuran dan jenis huruf yang <b>tidak</b> sesuai sehingga tulisan menjadi kurang komunikatif.	(3) Terdapat sedikit tulisan menggunakan ukuran dan jenis huruf yang <b>tidak</b> sesuai sehingga tulisan menjadi cukup komunikatif.	(4) Seluruh tulisan menggunakan ukuran dan jenis huruf yang sesuai sehingga tulisan lebih komunikatif.
4.	Kesesuaian dan kejelasan ilustrasi gambar pada	(1) Ilustrasi gambar pada sampul bahan ajar <b>tidak</b>	(2) Ilustrasi gambar menggunakan warna yang	(3) Ilustrasi gambar pada sampul bahan ajar	(4) Ilustrasi gambar pada sampul bahan ajar

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
	sampul bahan ajar dengan isi materi	memberikan gambaran tentang isi materi.	sesuai <b>namun</b> ukurannya tidak sesuai.	menggunakan warna dan ukuran yang sesuai.	menggunakan warna, ukuran dan dapat memberikan gambaran tentang isi materi.
5.	Kejelasan dan konsistensi jenjang judul	(1) Banyak judul dan sub materi <b>tidak</b> menunjukkan hierarki susunan teks secara berjenjang sehingga sulit dipahami.	(2) Terdapat cukup banyak judul dan sub materi <b>tidak</b> menunjukkan hierarki susunan teks secara berjenjang.	(3) Terdapat sedikit judul dan sub materi <b>tidak</b> menunjukkan hierarki susunan teks.	(4) Seluruh judul dan sub materi menunjukkan hierarki susunan teks secara berjenjang sehingga mudah dipahami.
6.	Kejelasan ilustrasi isi	(1) Banyak ilustrasi dan keterangan gambar yang disajikan <b>tidak</b> berfungsi untuk memperjelas materi.	(2) Terdapat cukup banyak ilustrasi dan keterangan gambar yang disajikan <b>tidak</b> berfungsi untuk memperjelas materi.	(3) Terdapat sedikit ilustrasi dan keterangan gambar yang disajikan <b>tidak</b> berfungsi untuk memperjelas materi.	(4) Seluruh ilustrasi dan keterangan gambar yang disajikan berfungsi untuk memperjelas materi.
7.	Kesederhanaan tipografi isi	(1) Isi bahan ajar menggunakan terlalu banyak ( <b>lima atau lebih</b> ) jenis huruf sehingga mengganggu siswa dalam menyerap informasi.	(2) Isi bahan ajar menggunakan cukup banyak ( <b>empat</b> ) jenis huruf sehingga cukup mengganggu siswa dalam menyerap informasi.	(3) Isi bahan ajar menggunakan <b>tiga</b> jenis huruf sehingga tidak terlalu mengganggu siswa dalam menyerap informasi.	(4) Isi bahan ajar menggunakan <b>dua</b> jenis huruf sehingga tidak mengganggu siswa dalam menyerap informasi.
8.	Ketepatan penggunaan variasi huruf ( <i>bold</i> dan <i>italic</i> )	(1) Banyak judul, sub judul atau kata dalam kalimat <b>tidak</b> tepat untuk	(2) Terdapat cukup banyak judul, sub judul atau kata dalam kalimat <b>tidak</b> tepat	(3) Terdapat sedikit judul, sub judul atau kata dalam kalimat <b>tidak</b>	(4) Seluruh judul, sub judul atau kata dalam kalimat secara tepat

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria Skor			
		1	2	3	4
		ditulis dalam bentuk tebal dan miring.	untuk ditulis dalam bentuk tebal dan miring.	tepat untuk ditulis dalam bentuk tebal dan miring.	ditulis dalam bentuk tebal dan miring.
9.	Kesesuaian penggunaan jarak antar paragraf	(1) Banyak paragraf menggunakan spasi yang terlalu lebar atau terlalu sempit.	(2) Terdapat cukup banyak paragraf menggunakan spasi yang terlalu lebar atau terlalu sempit.	(3) Terdapat sedikit paragraf menggunakan spasi yang terlalu lebar atau terlalu sempit.	(4) Seluruh paragraf menggunakan spasi yang sesuai (tidak terlalu lebar atau terlalu sempit).

## LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN EVALUASI

### A. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kevalidan instrumen evaluasi dalam pelaksanaan pembelajaran berorientasi NGSS yang implementasinya menggunakan model pembelajaran Challenge-based (CBL).

### B. Petunjuk

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan skor pada kolom yang tersedia.
2. Makna poin validitas dapat dilihat pada kotak keterangan pada masing-masing kriteria skor.

### C. Penilaian

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Kesesuaian Teknik Penilaian					
1.	Ketepatan pemilihan teknik penilaian dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL				
2.	Kesesuaian butir instrumen dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL				
II. Kelengkapan Instrumen					
1.	Ketersediaan kunci jawaban				
2.	Kecukupan tempat yang disediakan untuk jawaban soal				
III. Kesesuaian Isi					
1.	Kesesuaian pertanyaan dengan materi gelombang elektromagnetik				
2.	Kesesuaian kunci jawaban dengan pertanyaan soal				
IV. Konstruksi Soal					
1.	Kesesuaian petunjuk pengerjaan soal				
2.	Kejelasan penulisan pokok soal (stem)				
3.	Kesesuaian pertanyaan dengan tingkat kognitif peserta didik				
V. Kebahasaan					

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
1.	Penggunaan kaidah bahasa Indonesia				
2.	Kejelasan penulisan bahasa soal				
3.	Kemudahan memahami bahasa yang digunakan				

**D. Komentar/Saran**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Yogyakarta,.....

(.....)

### RUBRIK PENILAIAN INSTRUMEN EVALUASI

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
I. Kesesuaian Teknik Penilaian					
1.	Ketepatan pemilihan teknik penilaian dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	(1) teknik penilaian tidak sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran	(2) teknik penilaian kurang sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran	(3) teknik penilaian cukup sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran	(4) teknik penilaian sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran
2.	Kesesuaian butir instrumen dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran	(2) cukup banyak butir dalam instrumen yang tidak sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran	(3) sedikit butir dalam instrumen yang tidak sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran	(4) seluruh butir dalam instrumen sesuai dengan indikator dan tujuan pembelajaran
II. Kelengkapan Instrumen					
1.	Ketersediaan kunci jawaban	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak disertai dengan kunci jawaban	(2) cukup banyak butir dalam instrumen yang tidak disertai dengan kunci jawaban	(3) sedikit butir dalam instrumen yang tidak disertai dengan kunci jawaban	(4) seluruh butir dalam instrumen disertai dengan kunci jawaban
2.	Kecukupan tempat yang disediakan untuk jawaban soal	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak disediakan tempat yang cukup untuk menjawab soal	(2) cukup banyak butir dalam instrumen tidak disediakan tempat yang cukup untuk menjawab soal	(3) sedikit butir dalam instrumen tidak disediakan tempat yang cukup untuk menjawab soal	(4) seluruh butir dalam instrumen disediakan tempat yang cukup untuk menjawab soal

No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
III. Kesesuaian Isi					
1.	Kesesuaian pertanyaan dengan materi gelombang elektromagnetik	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak berisi pertanyaan yang sesuai dengan materi	(2) cukup banyak butir dalam instrumen tidak berisi pertanyaan yang sesuai dengan materi	(3) sedikit butir dalam instrumen tidak berisi pertanyaan yang sesuai dengan materi	(4) seluruh butir dalam instrumen berisi pertanyaan yang sesuai dengan materi
2.	Kesesuaian kunci jawaban dengan pertanyaan soal	(1) seluruh butir dalam instrumen memiliki kunci jawaban yang tidak sesuai	(2) cukup banyak butir dalam instrumen memiliki kunci jawaban yang tidak sesuai	(3) sedikit butir dalam instrumen memiliki kunci jawaban yang tidak sesuai	(4) seluruh butir dalam instrumen memiliki kunci jawaban yang sesuai
IV. Konstruksi Soal					
1.	Kesesuaian petunjuk pengerjaan soal	(1) petunjuk pengerjaan soal tidak sesuai dengan instrumen	(2) petunjuk pengerjaan soal sesuai dengan instrumen namun kurang lengkap	(3) petunjuk pengerjaan soal sesuai dengan instrumen namun tidak teratur	(4) petunjuk pengerjaan soal sesuai dengan instrumen dan teratur
2.	Kejelasan penulisan pokok soal (stem)	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak berisi pokok soal yang dirumuskan dengan jelas	(2) cukup banyak butir dalam instrumen tidak berisi pokok soal yang dirumuskan dengan jelas	(3) sedikit butir dalam instrumen tidak berisi pokok soal yang dirumuskan dengan jelas	(4) seluruh butir dalam instrumen berisi pokok soal yang dirumuskan dengan jelas
3.	Kesesuaian pertanyaan dengan tingkat kognitif peserta didik	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak menggunakan	(2) cukup banyak butir dalam instrumen tidak menggunakan	(3) sedikit butir dalam instrumen tidak menggunakan	(4) seluruh butir dalam instrumen menggunakan



No.	Aspek yang Ditelaah	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
		pertanyaan yang sesuai dengan tingkat kognitif peserta didik	pertanyaan yang sesuai dengan tingkat kognitif peserta didik	pertanyaan yang sesuai dengan tingkat kognitif peserta didik	pertanyaan yang sesuai dengan tingkat kognitif peserta didik
<b>V. Kebahasaan</b>					
1.	Penggunaan kaidah bahasa Indonesia	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar	(2) cukup banyak butir dalam instrumen tidak menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar	(3) sedikit butir dalam instrumen tidak menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar	(4) seluruh butir dalam instrumen menggunakan kaidah bahasa Indonesia yang benar
2.	Susunan penulisan kalimat soal	(1) seluruh butir dalam instrumen tidak ditulis dengan susunan kalimat yang benar	(2) cukup banyak butir dalam instrumen tidak ditulis dengan susunan kalimat yang benar	(3) sedikit butir dalam instrumen tidak ditulis dengan susunan kalimat yang benar	(4) seluruh butir dalam instrumen ditulis dengan susunan kalimat yang benar
3.	Kemudahan memahami bahasa yang digunakan	(1) seluruh butir dalam instrumen ditulis dengan menggunakan bahasa yang sulit dipahami	(2) cukup banyak butir dalam instrumen ditulis dengan menggunakan bahasa yang sulit dipahami	(3) sedikit butir dalam instrumen ditulis dengan menggunakan bahasa yang sulit dipahami	(4) seluruh butir dalam instrumen ditulis dengan menggunakan bahasa yang mudah dipahami

ANGKET RESPON PESERTA DIDIK TERHADAP LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Nama :

Kelas :

Lampiran 2.13

A. Petunjuk Pengisian

Tolong berikan pendapat kamu tentang LKPD yang digunakan pada pembelajaran tadi. Berilah pendapat kamu dengan cara memberi tanda centang (✓) pada kolom disediakan (kolom paling kanan). Berilah centang pada kolom **SS** jika anda **Sangat Setuju** dengan pernyataan, kolom **S** jika anda **Setuju** dengan pernyataan, kolom **TS** jika anda **Tidak Setuju** dengan pernyataan dan kolom **STS** jika anda **Sangat Tidak Setuju** dengan pernyataan.

Contoh:

Anda menyukai tampilan yang disajikan dalam LKPD.

Kriteria	STS	TS	S	SS
4. LKPD memiliki tampilan yang menarik				✓

B. Angket Respon Peserta Didik

No.	Aspek	Kriteria	Nilai			
			STS	TS	S	SS
1	Kegiatan Pembelajaran	1. LKPD mengarahkan saya untuk aktif dalam melakukan praktikum. 2. LKPD mengarahkan saya untuk mencapai tujuan pembelajaran. 3. Saya merasa tertantang untuk melakukan kegiatan dalam LKPD				
2	Tampilan	4. LKPD memiliki tampilan yang menarik 5. Saya merasa bahwa tata letak ( <i>layout</i> ) LKPD rapi dan enak dilihat				
3.	Bahasa	6. Bahasa yang digunakan dalam LKPD mudah dipahami. 7. LKPD menggunakan kalimat yang sederhana dan jelas 8. Bahasa dalam LKPD mudah dipahami karena sesuai dengan EYD.				
4	Ketersediaan Ruang	9. Tersedianya ruangan untuk memberi keleluasaan menulis pada LKPD. 10. Tersedianya ruangan untuk menuliskan identitas				

Saran :

## ANGKET RESPON PESERTA DIDIK TERHADAP BAHAN AJAR

Nama / Kelas : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

### A. Petunjuk Pengisian

Tolong berikan pendapat kamu tentang bahan ajar yang digunakan pada pembelajaran tadi. Berilah pendapat kamu dengan cara memberi tanda centang (✓) pada kolom disediakan (kolom paling kanan). Berilah centang pada kolom **SS** jika anda **Sangat Setuju** dengan pernyataan, kolom **S** jika anda **Setuju** dengan pernyataan, kolom **TS** jika anda **Tidak Setuju** dengan pernyataan dan kolom **STS** jika anda **Sangat Tidak Setuju** dengan pernyataan.

*Contoh:*

Anda menyukai tampilan yang disajikan dalam bahan ajar.

Kriteria	STS	TS	S	SS
4. Bahan ajar disajikan dengan cara yang menarik sehingga membuat saya berminat membacanya.				✓

### B. Angket Respon Peserta Didik

No.	Aspek	Kriteria	Nilai			
			STS	TS	S	SS
1.	Kualitas Materi	1. Materi dalam bahan ajar disajikan secara runtut/sistematis sehingga mudah saya pahami. 2. Masalah yang disajikan dalam bahan ajar sesuai dengan perkembangan saya (semua masalah tidak terlalu sulit). 3. Materi yang disajikan dalam bahan ajar dapat saya jumpai dalam kehidupan sehari-hari saya.				
2.	Tampilan	4. Bahan ajar disajikan dengan cara yang menarik sehingga membuat saya berminat membacanya. 5. Bahan ajar disajikan dengan gambar, tabel dan ilustrasi yang lengkap.				
3.	Konstruksi Bahan Ajar	6. Bahan ajar dilengkapi dengan daftar isi yang memudahkan saya mencari materi. 7. Bahan ajar menyertakan dengan lengkap glosarium yang memudahkan saya memahami arti-arti istilah gelombang elektromagnetik. 8. Bahan ajar dilengkapi dengan latihan soal untuk melatih pemahaman saya.				
4.	Bahasa	9. Bahan ajar dilengkapi dengan daftar pustaka dan cara penulisannya tepat. 10. Bahasa yang disajikan dalam bahan ajar sesuai dengan EYD. 11. Bahasa yang disajikan dalam bahan ajar mudah saya cerna sehingga saya mengerti. 12. Bahan ajar mampu menyajikan informasi dengan cara yang komunikatif.				

Saran :

---



---



---



---

**LEMBAR OBSERVASI****KETERLAKSANAAN PEMBELAJARAN NGSS MODEL CHALLENGE-BASED**

Hari/Tanggal : \_\_\_\_\_ Kelas : \_\_\_\_\_

Sekolah : \_\_\_\_\_ Nama Pengajar : \_\_\_\_\_

Nama Observer : \_\_\_\_\_

**Petunjuk:** Berilah tanda centang (√) sesuai dengan hasil pengamatan, pada kolom yang tersedia.

No.	Kegiatan Guru	Keterlaksanaan	
		Ya	Tidak
Pertemuan Pertama			
1.	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa.		
2.	Siswa mendengarkan penjelasan atau menyampaikan pertanyaan.		
3.	Guru menyampaikan informasi mengenai konsep gelombang elektromagnetik.		
4.	Siswa mendengarkan penjelasan atau menyampaikan pertanyaan.		
5.	Guru menyampaikan Big Idea dan menjelaskan proses/fase pembelajaran Challenge-based (CBL).		
6.	Siswa mendengarkan penjelasan atau menyampaikan gagasan mengenai Big Idea.		
7.	Guru membagi siswa ke dalam kelompok secara heterogen.		
8.	Siswa berkumpul sesuai kelompok yang telah dibagi.		
9.	Guru memberikan lembar kerja kepada masing-masing kelompok sebagai pedoman kerja kelompok.		
10.	Siswa membaca lembar kerja yang diterima atau menyampaikan gagasan.		
11.	Guru memandu seluruh kelompok dalam menentukan peran/tanggung jawab tiap-tiap anggota kelompok.		
12.	Siswa menentukan peran/tanggung jawab dari tiap-tiap anggota kelompok.		
Pertemuan Kedua			
13.	Guru memandu siswa dalam membuat atau memilih Essential Question dan Challenge.		

14.	Siswa membuat atau memilih Essential Question dan Challenge.		
15.	Guru membantu dan mengarahkan siswa dalam fase Guiding Questions, Activities dan Resources.		
16.	Siswa merancang Guiding Questions, Activities dan Resources sebagai pondasi dari solusi kelompok.		
17.	Guru menunjuk setiap kelompok untuk mempresentasikan solusi yang mereka rancang untuk menjawab Essential Questions.		
18.	Setiap kelompok dari siswa mempresentasikan solusi yang mereka rancang untuk menjawab Essential Questions.		
<i>Pertemuan Ketiga</i>			
19.	Guru mengajak seluruh siswa untuk mendiskusikan solusi yang dipresentasikan oleh suatu kelompok.		
20.	Siswa berdiskusi mengenai solusi yang dipresentasikan oleh suatu kelompok.		
21.	Guru memberikan tugas yaitu berupa makalah yang berisi keseluruhan proyek siswa.		
22.	Siswa membuat makalah tentang proyek yang siswa lakukan.		
23.	Guru memberikan perintah untuk menyebarluaskan solusi dari setiap kelompok yang berupa video pendek ke dunia luar.		
24.	Siswa membuat video berdurasi pendek mengenai solusi mereka dan mengunggah di sosial media/Youtube.		
25.	Guru melakukan penilaian pembelajaran CBL dengan mengacu pada rubrik penilaian dan memberi apresiasi kepada kelompok terbaik.		
26.	Siswa memperoleh nilai akademik dan kelompok terbaik menerima apresiasi dari guru.		
<b>Jumlah Kegiatan Terlaksana / Tidak Terlaksana</b>			

Yogyakarta,.....  
Validator

(.....)

### **Daftar Lampiran 3**

1. Analisis validasi instrumen kelayakan RPP
2. Analisis validasi instrumen kelayakan LKPD
3. Analisis validasi instrumen kelayakan bahan ajar
4. Analisis validasi instrumen kelayakan penilaian
5. Analisis validasi RPP oleh validator
6. Analisis validasi LKPD oleh validator
7. Analisis validasi bahan ajar oleh validator
8. Analisis validasi instrumen penilaian oleh validator
9. Tabel data penilaian kemampuan EAE dan OECI saat uji coba empirik
10. Analisis penilaian kemampuan EAE dan OECI saat uji coba empirik menggunakan QUEST
11. Analisis respon siswa terhadap RPP saat uji pilot
12. Analisis respon siswa terhadap LKPD saat uji pilot
13. Analisis respon siswa terhadap bahan ajar saat uji pilot
14. Analisis reliabilitas LKPD saat uji coba pilot
15. Analisis respon siswa terhadap RPP saat uji implementasi
16. Analisis respon siswa terhadap LKPD saat uji implementasi
17. Analisis respon siswa terhadap bahan ajar saat uji implementasi
18. Analisis data keterlaksanaan RPP Challenge-based learning berorientasi NGSS
19. Analisis reliabilitas LKPD saat uji implementasi
20. Data pretest kemampuan EAE kelas kontrol saat uji implementasi
21. Data pretest kemampuan OECI kelas kontrol saat uji implementasi
22. Data posttest kemampuan EAE kelas kontrol saat uji implementasi
23. Data posttest kemampuan OECI kelas kontrol saat uji implementasi
24. Data pretest kemampuan EAE kelas eksperimen saat uji implementasi
25. Data pretest kemampuan OECI kelas eksperimen saat uji implementasi
26. Data posttest kemampuan EAE kelas eksperimen saat uji implementasi
27. Data posttest kemampuan OECI kelas eksperimen saat uji implementasi
28. Analisis posttest kemampuan EAE dan OECI saat uji implementasi menggunakan QUEST

Analisis Validasi Instrumen Kelayakan RPP

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria	Validator			CVR	CVI	Kategori
			1	2	3			
1	Perumusan Tujuan Pembelajaran	Kesesuaian Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar dengan tujuan pembelajaran	1	1	1	1,00	0,89	Baik
		Ketepatan penjabaran Kompetensi Dasar ke dalam indikator	1	1	1	1,00		
		Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran	1	1	1	1,00		
		Kesesuaian indikator dan tujuan pembelajaran dengan PES	1	1	1	1,00		
		Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan siswa	1	1	1	1,00		
2	Isi yang Disajikan	Sistematika Penyusunan RPP	1	0	1	0,33	0,87	Baik
		Kelengkapan instrument evaluasi (soal, kunci, pedoman penskoran)	1	1	1	1,00		
		Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model CBL	1	1	1	1,00		
		Kesesuaian uraian kegiatan siswa dan guru untuk setiap tahap pembelajaran dengan model CBL	1	1	1	1,00		
		Kejelasan skenario pembelajaran (tahap-tahap kegiatan pembelajaran; awal, inti penutup)	1	1	1	1,00		
3	Bahasa	Penggunaan bahasa sesuai dengan EYD	1	1	1	1,00	0,78	Baik
		Bahasa yang digunakan komunikatif	1	1	1	1,00		
		Kesederhanaan struktur kalimat	1	1	0	0,33		
4	Waktu	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan	1	0	1	0,33	0,67	Baik
		Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran	1	1	1	1,00		

SARAN-SARAN

1. Cek ulang jawaban soal dan penulisan kalimat agar tidak terlalu panjang.
2. Perlu tambahan waktu.
3. Alokasi waktu perlu disesuaikan dengan tahapan kegiatan pembelajaran.

VALIDATOR

1. Dr. Suparwoto
2. Ardyan Permama, S. Pd
3. Yoakhim Riwityoso, S. Pd

Analisis Validasi Instrumen Kelayakan LKPD

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria	Validator			CVR	CVI	Kategori
			1	2	3			
1	Komponen Isi	Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan PES dan Kompetensi Dasar	1	1	1	1,0	1,0	Baik
		Sifat esensial dari materi/tugas yang disampaikan	1	1	1	1,0		
		Penyesuaian masalah yang diangkat dengan tingkat kognitif siswa	1	1	1	1,0		
		Sistematika penyajian LKPD	1	1	1	1,0		
2	Komponen Penyajian	Kejelasan tujuan setiap kegiatan yang disajikan	1	1	1	1,0	0,9	Baik
		Kemampuan kegiatan yang disajikan dalam menumbuhkan rasa ingin tahu siswa	1	1	1	1,0		
		Kesesuaian fase kegiatan yang disajikan LKPD dengan fase pembelajaran CBL	1	1	1	1,0		
		Kelengkapan gambar dan ilustrasi dalam penyajian LKPD	1	1	0	0,3		
		Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD	1	1	1	1,0		
3	Bahasa	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa	1	0	1	0,3	0,9	Baik
		Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan	1	1	1	1,0		
		Kejelasan kalimat yang digunakan	1	1	1	1,0		
		Kejelasan petunjuk atau arahan	1	1	1	1,0		

SARAN-SARAN

1. Cek konsep mengenai frekuensi dalam gelombang elektromagnetik selalu berbanding terbalik dengan kecepatan gelombang.
2. Perhatikan konsep sinar x dan sinar gamma.
3. Bisa diujicoba sesudah revisi kecil.

VALIDATOR

1. Dr. Suparwoto
2. Ardyan Permata, S. Pd
3. Yoakim Riwiyo, S. Pd



Analisis Validasi Instrumen Kelayakan Bahan Ajar

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria	Validator			CVR	CVR	Kategori
			1	2	3			
1	Struktur Bahan Ajar	Organisasi penyajian secara umum	1	1	1	1,00	0,78	Baik
		Kemampuan tamplian dalam menarik pembaca	1	1	0	0,33		
		Keterkaitan yang konsisten antar materi bahasan	1	1	1	1,00		
		Cakupan materi	1	0	1	0,33		
2	Organisasi Penulisan Materi	Kejelasan dan urutan materi	1	1	1	1,00	0,83	Baik
		Ketepatan materi dengan KI, KD dan Pes	1	1	1	1,00		
		Keterkaitan antara masalah yang termuat dalam bahan ajar dengan konteks kehidupan/kognisi siswa	1	1	1	1,00		
		Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD	1	1	0	0,33		
3	Bahasa	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa	1	1	1	1,00	0,78	Baik
		Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan	1	1	1	1,00		

SARAN-SARAN

1. Sudah sesuai namun perlu diperhatikan persamaan matematis yang sesuai dengan materi.
2. Beberapa ejaan dan penulisan kata perlu diperbaiki.
3. Bisa diujicoba sesudah revisi kecil.

VALIDATOR

1. Dr. Suparwoto
2. Ardyan Permana, S. Pd
3. Yoakhim Riwityoso, S. Pd

Analisis Validasi Instrumen Kelayakan Penilaian

No.	Aspek yang Ditelaah	Kriteria	Validator			CVR	CVI	Kategori
			1	2	3			
1	Kesesuaian Teknik Penilaian	Ketepatan pemilihan teknik penilaian dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	1	1	1	1,0	1,0	Baik
		Kesesuaian butir instrumen dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	1	1	1	1,0		
2	Kelengkapan Instrumen	Ketersediaan kunci jawaban	1	1	1	1,0	1,0	Baik
		Kecukupan tempat yang disediakan untuk jawaban soal	1	1	1	1,0		
3	Kesesuaian Isi	Kesesuaian pertanyaan dengan materi gelombang elektromagnetik	1	0	1	0,3	0,7	Baik
		Kesesuaian kunci jawaban dengan pertanyaan soal	1	1	1	1,0		
		Kesesuaian petunjuk pengerjaan soal	1	1	1	1,0		
4	Konstruksi Soal	Kejelasan penulisan pokok soal (stem)	1	1	1	1,0	0,8	Baik
		Kesesuaian pertanyaan dengan tingkat kognitif peserta didik	1	1	0	0,3		
5	Kebahasaan	Penggunaan kaedah bahasa Indonesia	1	1	1	1,0	1,0	Baik
		Kejelasan penulisan bahasa soal	1	1	1	1,0		
		Kemudahan memahami bahasa yang digunakan	1	1	1	1,0		

SARAN-SARAN

- 1. Cek ulang kunci jawaban.
- 2. Seratakan sumber gambar.
- 3. Bisa diujicoba sesudah revisi kecil.

VALIDATOR

- 1. Dr. Suparwoto
- 2. Ardyan Permana, S. Pd
- 3. Yoakhim Riwityoso, S. Pd

ANALISIS VALIDASI RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN

No.	Aspek	Kriteria	Skor Validator						V	CVI	Kategori
			1	2	3	4	5	6			
1.	Perumusan Tujuan Pembelajaran	Kesesuaian Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar dengan tujuan pembelajaran	4	3	4	4	4	4	3	0,81	valid
		Ketepatan penjabaran Kompetensi Dasar ke dalam indikator	3	4	4	4	4	3	4		
		Kesesuaian indikator dengan tujuan pembelajaran	3	4	3	4	4	3	4		
		Kesesuaian indikator dan tujuan pembelajaran dengan PEs	3	3	3	3	4	4	3		
		Kesesuaian indikator dengan tingkat perkembangan siswa	3	3	3	3	3	3	4		
2.	Isi Yang Disajikan	Sistematika Penyusunan RPP	3	3	4	4	4	4	4	0,80	valid
		Kelengkapan instrument evaluasi (soal, kunci, pedoman penskoran)	3	3	4	4	3	4	4		
		Kesesuaian urutan kegiatan pembelajaran dengan model CBL	3	3	4	3	3	3	3		
		Kesesuaian uraian kegiatan siswa dan guru untuk setiap tahap pembelajaran dengan model CBL	3	3	3	4	4	3	3		
		Kejelasan skenario pembelajaran (tahap-tahap kegiatan pembelajaran; awal, inti penutup)	3	3	4	4	3	4	4		
3.	Bahasa	Penggunaan bahasa sesuai dengan EYD	3	4	4	3	4	4	0,89	0,81	valid
		Bahasa yang digunakan komunikatif	3	3	3	4	3	3	3		
		Kesederhanaan struktur kalimat	3	4	4	4	3	3	3		
4.	Waktu	Kesesuaian alokasi waktu yang digunakan	3	3	4	3	4	4	3	0,81	valid
		Rincian waktu untuk setiap tahap pembelajaran	3	4	3	3	4	4	4		
		TOTAL									

SARAN-SARAN

1. Pada kegiatan penutup dari RPP, sebaiknya ada contoh soal, latihan soal, dan kunci jawaban. Sehingga setelah anak mendapatkan pemahaman dari animasi, dapat langsung diterapkan dan guru mengetahui kualitas pemahaman siswa.
2. Urutan pembelajaran perlu disesuaikan dengan pemahaman teori, praktik kelompok dan diskusi terapan.
3. Bisa diujicoba sesudah revisi kecil.

VALIDATOR

1. Dr. Suparwoto
2. Dr. Ariswan
3. Dr. Insih Wilujeng
4. Supardi, S. Pd
5. Yoakhim Riwityoso, S. Pd
6. Ardyan Permana, S. Pd

ANALISIS VALIDASI LEMBAR KERJA SISWA

No.	Aspek	Kriteria	Skor Validator						V	CVI	Kategori
			1	2	3	4	5	6			
1.	Komponen Isi	Kesesuaian tujuan setiap kegiatan dengan PEs dan Kompetensi Dasar	3	4	4	4	4	4	3	0,81	valid
		Sifat esensial dari materi/tugas yang disampaikan	3	3	3	3	4	3	0,72		
		Penyesuaian masalah yang diangkat dengan tingkat kognitif siswa	3	4	3	4	3	4	0,83		
2.	Komponen Penyajian	Sistematika penyajian LKPD	3	3	4	4	4	3	0,83	0,81	valid
		Kejelasan tujuan setiap kegiatan yang disajikan	3	3	4	3	4	3	0,78		
		Kemampuan kegiatan yang disajikan dalam menumbuhkan rasa ingin tahu siswa	3	4	3	3	3	4	0,78		
		Kesesuaian fase kegiatan yang disajikan LKPD dengan fase pembelajaran CBL	3	4	4	4	3	4	0,89		
		Kelengkapan gambar dan ilustrasi dalam penyajian LKPD	3	3	3	4	3	4	0,78		
		Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD	3	4	4	4	4	3	0,89		
3.	Bahasa	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa	3	4	3	3	4	4	0,83	0,83	valid
		Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan	3	3	3	4	3	3	0,72		
		Kejelasan kalimat yang digunakan	3	3	4	4	4	4	0,89		
		Kejelasan petunjuk atau arahan	3	4	3	3	4	4	0,83		
		TOTAL									

SARAN-SARAN

1. Pada kegiatan penutup dari RPP, sebaiknya ada contoh soal, latihan soal, dan kunci jawaban. Sehingga setelah anak mendapatkan pemahaman dari animasi, dapat langsung diterapkan dan guru mengetahui kualitas pemahaman siswa.

2. Sudah bagus.

3. Bisa diujicobakan setelah revisi kecil.

VALIDATOR

- 1. Dr. Suparwoto
- 2. Dr. Ariswan
- 3. Dr. Insih Wiliujeng
- 4. Supardi, S. Pd
- 5. Yoakhim Riwiyyoso, S. Pd
- 6. Ardyan Permama, S. Pd

ANALISIS VALIDASI BAHAN AJAR

No.	Aspek	Kriteria	Skor Validator						V	CVI	Kategori
			1	2	3	4	5	6			
1.	Struktur Bahan ajar	Organisasi penyajian secara umum	4	4	4	4	3	3	4	0,87	valid
		Kemampuan tampilan dalam menarik minat pembaca	4	4	4	4	4	4	3		
		Keterkaitan yang konsisten antar materi bahasan	3	3	3	3	4	4	3		
		Cakupan materi gelombang elektromagnetik	3	4	3	4	4	4	3		
2.	Organisasi Penulisan Materi	Kejelasan dan urutan materi	3	3	3	3	3	4	3	0,81	valid
		Ketepatan materi dengan KI, KD dan PES	3	3	4	3	3	3	4		
		Keterkaitan antara isi yang termuat dalam bahan ajar dengan konteks kehidupan siswa	4	3	3	4	4	4	4		
		Kesesuaian penggunaan bahasa dengan EYD	3	4	3	4	4	4	3		
3.	Bahasa	Kesesuaian bahasa yang digunakan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa	3	3	4	4	4	3	4	0,87	valid
		Kemampuan komunikatif bahasa yang digunakan	3	4	4	4	4	4	4		
		TOTAL									

SARAN-SARAN

1. Pada kegiatan penutup dari RPP, sebaiknya ada contoh soal, latihan soal, dan kunci jawaban. Sehingga setelah anak mendapatkan pemahaman dari animasi, dapat langsung diterapkan dan guru mengetahui kualitas pemahaman siswa.
2. Simbol perlu dijelaskan.
3. Penyusunan materi pembelajaran perlu dipertimbangkan dengan pemahaman siswa. Misalnya, terapan teori perlu disusun menjadi lebih mudah dipahami oleh siswa.
4. Bisa diujicobakan setelah revisi kecil.

VALIDATOR

1. Dr. Suparwoto
2. Dr. Ariswan
3. Dr. Insih Wilujeng
4. Supardi, S. Pd
5. Yoakhin Riwitiyoso, S. Pd
6. Ardyan Permama, S. Pd

ANALISIS VALIDASI INSTRUMEN EVALUASI

No.	Aspek	Kriteria	Skor Validator						V
			1	2	3	4	5	6	
1.	Kesesuaian Teknik Penilaian	Ketepatan pemilihan teknik penilaian dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	3	3	3	3	4	3	0,72
		Kesesuaian butir instrumen dengan indikator dan tujuan pembelajaran berorientasi NGSS dengan model CBL	3	4	3	3	3	4	0,78
2.	Kelengkapan Instrumen	Ketersediaan kunci jawaban	4	4	4	4	4	4	1,00
		Kecukupan tempat yang disediakan untuk jawaban soal	4	3	3	4	4	4	0,89
3.	Kesesuaian Isi	Kesesuaian pertanyaan dengan materi gelombang elektromagnetik	3	3	3	3	4	3	0,72
		Kesesuaian kunci jawaban dengan pertanyaan soal	3	4	4	4	3	4	0,89
4.	Konstruksi Soal	Kesesuaian petunjuk pengerjaan soal	3	4	3	4	4	3	0,83
		Kejelasan penulisan pokok soal (stem)	3	3	4	3	4	4	0,83
		Kesesuaian pertanyaan dengan tingkat kognitif peserta didik	3	3	3	3	4	3	0,72
		Penggunaan kaidah bahasa Indonesia	3	4	4	4	4	3	0,89
5.	Kebahasaan	Kejelasan penulisan bahasa soal	3	3	3	4	4	3	0,78
		Kemudahan memahami bahasa yang digunakan	3	3	3	3	4	3	0,72
TOTAL									0,81

SARAN-SARAN

1. Pada kegiatan penutup dari RPP, sebaiknya ada contoh soal, latihan soal, dan kunci jawaban. Sehingga setelah anak mendapatkan pemahaman dari animasi, dapat langsung diterapkan dan guru mengetahui kualitas pemahaman siswa.
2. Bagus. Mohon perhatikan korelasi instrumen dengan kegiatan di sekolah.
3. Bisa diujicobakan setelah revisi kecil.

VALIDATOR

1. Dr. Suparwoto
2. Dr. Ariswan
3. Dr. Insih Wiliujeng
4. Supardi, S. Pd
5. Yoakhim Riwitiyoso, S. Pd
6. Ardyan Permama, S. Pd

**Tabel Analisis Data pada Posttest Uji Coba Empirik terhadap 20 Siswa Kelas XII SMAN 1 Kandangserang**  
Instrumen Penilaian Engaging in Argument from Evidence

No.	Nama Siswa	Skor								Skor Total	Nilai	Rata2
		Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8			
1	Siswa 1	3	3	4	4	2	2	3	2	23	57,5	75,25
2	Siswa 2	4	5	3	4	4	4	5	4	33	82,5	
3	Siswa 3	5	4	3	3	3	3	1	1	23	57,5	
4	Siswa 4	3	3	5	4	2	2	2	2	23	57,5	
5	Siswa 5	5	4	5	4	4	4	3	3	32	80	
6	Siswa 6	4	4	4	3	4	4	3	2	28	70	
7	Siswa 7	5	4	4	3	3	1	3	3	26	65	
8	Siswa 8	5	5	5	4	5	4	3	4	35	87,5	
9	Siswa 9	5	3	3	4	3	4	3	3	28	70	
10	Siswa 10	3	5	5	4	5	3	4	4	33	82,5	
11	Siswa 11	3	5	5	4	2	3	2	4	28	70	
12	Siswa 12	5	5	5	5	5	4	4	4	37	92,5	
13	Siswa 13	5	5	5	5	4	4	4	4	36	90	
14	Siswa 14	5	5	5	4	4	3	4	4	34	85	
15	Siswa 15	5	4	5	4	4	4	4	4	34	85	
16	Siswa 16	5	5	4	4	4	4	4	4	34	85	
17	Siswa 17	5	5	5	4	5	5	5	4	38	95	
18	Siswa 18	4	5	4	4	4	4	3	4	32	80	
19	Siswa 19	3	3	5	4	4	2	2	2	25	62,5	
20	Siswa 20	3	3	3	4	3	2	1	1	20	50	

Instrumen Penilaian Obtaining, Evaluating and Communicating Information

No.	Nama Siswa	Skor								Skor Total	Nilai	Rata2
		Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8			
1	Siswa 1	3	3	4	4	2	2	3	2	23	57,5	75,25
2	Siswa 2	4	5	3	4	4	4	5	4	33	82,5	
3	Siswa 3	5	4	3	3	3	3	1	1	23	57,5	
4	Siswa 4	3	3	5	4	2	2	2	2	23	57,5	
5	Siswa 5	5	4	5	4	4	4	3	3	32	80	
6	Siswa 6	4	4	4	3	4	4	3	2	28	70	
7	Siswa 7	5	4	4	3	3	1	3	3	26	65	
8	Siswa 8	5	5	5	4	5	4	3	4	35	87,5	
9	Siswa 9	5	3	3	4	3	4	3	3	28	70	
10	Siswa 10	3	5	5	4	5	3	4	4	33	82,5	
11	Siswa 11	3	5	5	4	2	3	2	4	28	70	
12	Siswa 12	5	5	5	5	5	4	4	4	37	92,5	
13	Siswa 13	5	5	5	5	4	4	4	4	36	90	
14	Siswa 14	5	5	5	4	4	3	4	4	34	85	
15	Siswa 15	5	4	5	4	4	4	4	4	34	85	
16	Siswa 16	5	5	4	4	4	4	4	4	34	85	
17	Siswa 17	5	5	5	4	5	5	5	4	38	95	
18	Siswa 18	4	5	4	4	4	4	3	4	32	80	
19	Siswa 19	3	3	5	4	4	2	2	2	25	62,5	
20	Siswa 20	3	3	3	4	3	2	1	1	20	50	



Tampilan Keluaran Analisis Kecocokan Butir Instrumen Penilaian dengan Model Rasch Menggunakan Bantuan Program QUEST pada Hasil Posttest Uji Coba Empirik

Summary of item Estimates			
Mean			.52
SD			.62
SD (adjusted)			.54
Reliability of estimate			.70
Fit Statistics			
Infit Mean Square		Outfit Mean Square	
Mean	1.00	Mean	1.01
SD	.15	SD	.16
Infit t		outfit t	
Mean	-.01	Mean	.09
SD	.78	SD	.67
0 items with zero scores			
0 items with perfect scores			
INSTRUMEN			
Case Estimates			
17/ 2/19 21:11			
all on all (N = 60 L = 16 Probability Level = .50)			
Summary of case Estimates			
Mean			.85
SD			.87
SD (adjusted)			.77
Reliability of estimate			.79

ITEM NAME				SCORE MAXSCR		D
INFT	OUTFT	INFT				
MNSQ		MNSQ	t			
1	item 1	1.11	1.16	.7	84	120
2	item 2	1.14	1.23	.9	82	120
3	item 3	1.15	1.14	.9	67	120
4	item 4	1.30	1.36	1.2	116	180
5	item 5	.82	.89	-1.1	82	120
6	item 6	.90	.92	-.4	200	240
7	item 7	.92	.92	-.4	151	240
8	item 8	.84	.86	-.8	178	240
9	item 9	.83	.82	-.9	128	180
10	item 10	.91	.88	-.6	67	120
11	item 11	1.20	1.18	1.1	108	180
12	item 12	.95	.95	-.2	112	180
13	item 13	1.13	1.15	.6	190	240
14	item 14	.92	.92	-.4	151	240
15	item 15	.95	.95	-.2	112	180
16	item 16	.86	.86	-.8	122	180
Mean						
SD						
.15 .16 .8						

ANALISIS ANGKET RESPON SISWA TERHADAP RPP

No.	Aspek	Kriteria	Nilai																											CVR	CVI	Kategori		
		1. Saya mudah memahami materi gelombang elektromagnetik ketika materi dikaitkan dengan permasalahan dunia nyata.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27					
1.	Materi Pembelajaran	2. Model pembelajaran mendorong saya mempelajari materi gelombang elektromagnetik secara menyeluruh.	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	1	2	3	2	3	4	3	0,48	0,80	Sangat baik		
		3. Materi yang dipelajari dalam pembelajaran project tidak terlalu sulit bagi saya.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	1,00					
		4. Saya selalu terlibat aktif dalam belajar kelompok pada pembelajaran.	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	4	3	0,85				
2.	Kegiatan Pembelajaran	5. Tahap-tahap pembelajaran membantu saya dalam proses penyerapan pengetahuan.	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4	4	3	1,00	0,95	Sangat baik		
		6. Belajar dalam kelompok kecil pada pembelajaran lebih baik karena bisa berdiskusi, bertukar ide dan pikiran dengan teman sekelompok.	3	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	1,00				
		7. Model pembelajaran dengan model project memberikan saya pengalaman belajar lebih banyak dari pada pembelajaran lainnya.	3	3	4	4	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	0,93				
3.	Kebermanfaatan	8. Pembelajaran project mendorong saya lebih peduli dengan lingkungan sekitar.	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	0,85	0,65	Sangat baik		
		9. Kegiatan implementasi memotivasi saya untuk bergerak mengubah lingkungan menjadi lebih baik.	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	2	2	1	2	3	3	3	4	3	0,33					
		10. Model pembelajaran membuat saya terdapat permasalahan-permasalahan yang sedang terjadi di dunia.	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	1	2	3	2	3	4	3			0,48	
4.	Alokasi Waktu	11. Saya mempelajari materi gelombang elektromagnetik melalui project dalam waktu yang tidak terlalu lama atau terlalu singkat saat di sekolah.	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	2	4	4	2	0,85	0,85	Sangat baik		
		12. Saya tidak membutuhkan waktu luang yang terlalu banyak di luar sekolah dalam pembelajaran project ini.	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	4	3	0,85				
																														0,81	Sangat baik			

- Saran-saran :
- 1. Pembelajaran menarik dan menyenangkan
  - 2. Kegiatan belajar terlalu banyak diskusi.
  - 3. Memberikan panduan guru dalam melakukan beberapa kegiatan

ANALISIS ANGKET RESPON SISWA TERHADAP LKPD

No.	Aspek	Kriteria	Nilai																											N <sub>e</sub>	CVR	CVI	Kategori
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27				
1.	Kegiatan Pembelajaran	1. LKPD mengarahkan saya untuk aktif dalam melakukan praktikum.	3	3	4	4	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	26	0,93	0,70	Sangat Baik
		2. LKPD mengarahkan saya untuk mencapai tujuan pembelajaran.	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	25	0,85		
		3. Saya merasa tertantang untuk melakukan kegiatan dalam LKPD	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	1	2	3	3	3	4	3	18	0,33		
2.	Tampilan	4. LKPD memiliki tampilan yang menarik	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	1	2	3	2	3	4	3	20	0,48	0,70	Sangat Baik
		5. Saya merasa bahwa tata letak (layout) LKPD rapi dan enak dilihat	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	2	3	2	3	4	3	4	4	26	0,93		
		6. Bahasa yang digunakan dalam LKPD mudah dipahami.	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	25	0,85		
3.	Bahasa	7. LKPD menggunakan kalimat yang sederhana dan jelas	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	27	1,00	0,95	Sangat Baik
		8. Bahasa dalam LKPD mudah dipahami karena sesuai dengan EYD.	3	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	27	1,00		
		9. Tersedianya ruangan untuk memberi keleluasaan menulis pada LKPD.	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	2	4	4	2	25	0,85		
4.	Ruangan	10. Tersedianya ruangan untuk menuliskan identitas	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	27	1,00	0,82	Sangat Baik

- Saran-saran :
1. LKS membantu siswa dalam kegiatan praktikum, pengarahannya sudah jelas
  2. LKS memiliki tampilan yang menarik, semoga bisa lebih menarik
  3. Ilustrasinya sudah menarik

ANALISIS ANGKET RESPON SISWA TERHADAP BAHAN AJAR

No.	Aspek	Kriteria	Nilai																											N <sub>e</sub>	CVR	CVI	Kategori
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27				
1.	Kualitas Materi	1. Materi dalam bahan ajar disajikan secara runtut/sistematis sehingga mudah saya pahami.	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	2	4	4	2	25	0,85	0,73	Sangat baik
		2. Masalah yang disajikan dalam bahan ajar sesuai dengan perkembangan saya (semua masalah tidak terlalu sulit).	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	27	1,00		
		3. Materi yang disajikan dalam bahan ajar dapat saya jumpai dalam kehidupan sehari-hari saya.	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	1	2	3	3	3	4	3	18	0,33		
		4. Bahan ajar disajikan dengan cara yang menarik sehingga membuat saya berniat membacanya.	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	1	2	3	2	3	4	3	20	0,48		
		5. Bahan ajar disajikan dengan gambar, tabel dan ilustrasi yang lengkap.	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	25	0,85		
2.	Tampilan	6. Bahan ajar dilengkapi dengan daftar isi yang memudahkan saya mencari materi.	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	1	2	3	2	3	4	3	20	0,48	0,67	Sangat baik
		7. Bahan ajar menyertakan dengan lengkap glosarium yang memudahkan saya memahami arti-arti istilah gelombang elektromagnetik.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3	4	3	4	26	0,93		
		8. Bahan ajar dilengkapi dengan latihan soal untuk melatih pemahaman saya.	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	4	3	3	3	3	3	4	2	2	2	1	2	3	3	3	4	3	18	0,33		
		9. Bahan ajar dilengkapi dengan daftar pustaka dan cara penulisannya tepat.	3	3	4	4	2	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	26	0,93		
		10. Bahasa yang disajikan dalam bahan ajar sesuai dengan EYD.	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	25	0,85		
3.	Konstruksi Bahan Ajar	11. Bahasa yang disajikan dalam bahan ajar mudah saya pahami saya mengerti.	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	25	0,85	0,87	Sangat baik
		12. Bahan ajar mampu menyajikan informasi dengan cara yang komunikatif.	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	25	0,85		
4.	Bahasa																															0,71	Sangat baik

- Saran-saran :
- 1. Gambar berwarna dan menarik
  - 2. Contoh peristiwa fisika bagus.
  - 3. Isi bahan ajar menarik untuk dibaca

Tabel Data Analisis Reliabilitas LKPD Challenge-based berorientasi NGSS saat Uji Coba Pilot

No.	Responden	Skor										Skor Total	Nilai
		Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10		
1	Siswa 1	3	3	4	4	2	2	3	2	4	4	31	62
2	Siswa 2	4	5	3	4	4	4	5	4	2	4	39	78
3	Siswa 3	5	4	3	3	3	3	1	1	4	4	31	62
4	Siswa 4	3	3	5	4	2	2	2	2	4	4	31	62
5	Siswa 5	5	4	5	4	4	4	3	3	4	4	40	80
6	Siswa 6	4	4	4	3	4	4	3	2	4	4	36	72
7	Siswa 7	5	4	4	3	3	1	3	3	4	4	34	68
8	Siswa 8	5	5	5	4	5	4	3	4	5	4	44	88
9	Siswa 9	5	3	3	4	3	4	3	3	3	4	35	70
10	Siswa 10	3	5	5	4	5	3	4	4	2	2	37	74
11	Siswa 11	3	5	5	4	2	3	2	4	1	1	30	60
12	Siswa 12	5	5	5	5	5	4	4	4	3	4	44	88
13	Siswa 13	5	5	5	5	4	4	4	4	5	3	44	88
14	Siswa 14	5	5	5	4	4	3	4	4	4	3	41	82
15	Siswa 15	5	4	5	4	4	4	4	4	3	5	42	84
16	Siswa 16	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	43	86
17	Siswa 17	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	46	92
18	Siswa 18	4	5	4	4	4	4	3	4	4	4	40	80
19	Siswa 19	3	3	5	4	4	2	2	2	5	5	35	70
20	Siswa 20	3	3	3	4	3	2	1	1	3	3	26	52
21	Siswa 21	3	3	4	4	2	2	3	2	5	5	33	66
22	Siswa 22	4	5	3	4	4	4	5	4	5	3	41	82
23	Siswa 23	5	4	3	3	3	3	1	1	3	5	31	62
24	Siswa 24	3	3	5	4	2	2	2	2	3	5	31	62
25	Siswa 25	5	4	5	4	4	4	3	3	5	5	42	84
26	Siswa 26	4	4	4	3	4	4	3	2	5	5	38	76
27	Siswa 27	5	4	4	3	3	1	3	3	5	5	36	72

Tabel Data Analisis Angket Respon Siswa terhadap RPP Challenge-based berorientasi NGSS pada Kelas Eksperimen saat Uji Implementasi

Aspek	Kriteria	Nilai																											N <sub>e</sub>	V
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
Materi Pembelajaran	1. Saya mudah memahami materi gelombang elektromagnetik ketika materi dikaitkan dengan permasalahan dunia nyata.	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	23	0,70
	2. Model pembelajaran mendorong saya mempelajari materi gelombang elektromagnetik secara menyeluruh.	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	26	0,93
	3. Materi yang dipelajari dalam pembelajaran project tidak terlalu sulit bagi saya.	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	27	1,00
Kegiatan Pembelajaran	4. Saya selalu terlibat aktif dalam belajar kelompok pada pembelajaran.	3	2	3	4	3	3	2	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	25	0,85
	5. Takap-takap pembelajaran membantu saya dalam proses penyerapan pengetahuan.	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	27	1,00
	6. Belajar dalam kelompok kecil pada pembelajaran lebih baik karena bisa berdiskusi, bertukar ide dan pikiran dengan teman sekelompok	3	3	3	4	4	3	3	2	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	26	0,93
Kebermanfaatan	7. Model pembelajaran dengan model project memberikan saya pengalaman belajar lebih banyak dari pada pembelajaran lainnya.	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	4	4	2	3	3	3	4	4	3	3	3	26	0,93
	8. Pembelajaran project mendorong saya lebih peduli dengan lingkungan sekitar.	3	2	3	4	3	3	2	4	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	25	0,85
	9. Kegiatan implementasi memotivasi saya untuk bergerak mengubah lingkungan menjadi lebih baik	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	3	3	3	23	0,70
Alokasi Waktu	10. Model pembelajaran membuat saya terdapat terhadap permasalahan-permasalahan yang sedang terjadi di dunia.	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	23	0,70
	11. Saya mempelajari materi gelombang elektromagnetik melalui project dalam waktu yang tidak terlalu lama atau terlalu singkat saat di sekolah.	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	2	4	4	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	25	0,85
	12. Saya tidak membutuhkan waktu luang yang terlalu banyak di luar sekolah dalam pembelajaran project ini.	3	2	3	4	3	3	2	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	25	0,85

**Tabel Data Analisis Angket Respon Siswa terhadap LKPD Challenge-based berorientasi NGSS pada Kelas Eksperimen saat Uji Implementasi**

Aspek	Kriteria	Nilai																											N <sub>e</sub>	V
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
Kegiatan Pembelajaran	1. LKPD mengarahkan saya untuk aktif dalam melakukan praktikum.	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	4	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3	26	0,93
	2. LKPD mengarahkan saya untuk mencapai tujuan pembelajaran.	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	25	0,85	
	3. Saya merasa tertantang untuk melakukan kegiatan dalam LKPD.	3	3	3	4	2	2	2	4	2	3	3	4	3	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	3	3	3	3	19	0,41
	4. LKPD memiliki tampilan yang menarik.	3	3	3	4	3	2	3	3	2	3	2	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	21	0,56
Tampilan	5. Saya merasa bahwa tata letak (layout) LKPD rapi dan enak dilihat.	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27	1,00
Bahasa	6. Bahasa yang digunakan dalam LKPD mudah dipahami.	3	2	3	4	3	3	2	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	25	0,85
	7. LKPD menggunakan kalimat yang sederhana dan jelas.	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	27	1,00
	8. Bahasa dalam LKPD mudah dipahami karena sesuai dengan EYD.	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	27	1,00
Ketersediaan Ruang	9. LKPD menyediakan ruangan untuk keleluasaan menulis.	3	3	3	4	3	4	4	3	3	2	4	4	2	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	25	0,85
	10. LPD memberikan ruangan yang cukup untuk memisalkan identitas.	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	27	1,00



Tabel Data Analisis Angket Respon Siswa terhadap Bahan Ajar Challenge-based berorientasi NGSS pada Kelas Eksperimen saat Uji Implementasi

Aspek	Kriteria	Nilai																											N <sub>e</sub>	V	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
Kualitas Materi	1. Materi dalam bahan ajar disajikan secara runtut/sistematis sehingga mudah saya pahami.	4	3	4	3	3	3	4	4	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	26	0,93	
	2. Masalah yang disajikan dalam bahan ajar sesuai dengan perkembangan saya (semua masalah tidak terlalu sulit).	4	3	4	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	27	1,00	
	3. Materi yang disajikan dalam bahan ajar dapat saya jumpai dalam kehidupan sehari-hari saya.	3	2	2	1	2	3	4	3	4	3	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	19	0,41
Tampilan	4. Bahan ajar disajikan dengan cara yang menarik sehingga membuat saya berminat membacanya.	4	2	3	1	2	3	4	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	21	0,56	
	5. Bahan ajar disajikan dengan gambar, tabel dan ilustrasi yang lengkap.	4	3	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	25	0,85
	6. Bahan ajar dilengkapi dengan daftar isi yang memudahkan saya mencari materi.	4	2	3	1	2	3	3	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	21	0,56
Konstruksi Bahan Ajar	7. Bahan ajar menyertakan dengan lengkap glosarium yang memudahkan saya memahami arti-arti istilah gelombang elektromagnetik.	3	3	3	2	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	26	0,93	
	8. Bahan ajar dilengkapi dengan latihan soal untuk melatih pemahaman saya.	4	2	2	1	2	3	3	3	4	3	2	3	3	3	2	2	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	4	19	0,41	
	9. Bahan ajar dilengkapi dengan daftar pustaka dan cara penulisannya tepat.	3	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3	4	4	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	26	0,93
Bahasa	10. Bahasa yang disajikan dalam bahan ajar sesuai dengan EYD.	4	3	2	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	2	3	4	25	0,85
	11. Bahasa yang disajikan dalam bahan ajar mudah saya cerna sehingga saya mengerti.	3	3	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	25	0,85
	12. Bahan ajar mampu menyajikan informasi dengan cara yang komunikatif.	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	25	0,85

## Analisis Data Keterlaksanaan Pembelajaran Challenge-based Learning Berorientasi NGSS saat Uji Implementasi

**LEMBAR OBSERVASI**

**KETERLAKSANAAN PEMBELAJARAN NGSS MODEL CHALLENGE-BASED**

Hari/Tanggal : Senin, 24 Desember 2021 Kelas : VI - 5A  
 Sekolah : DIA N 1 KOTABANGSA Nama Pengajar : Mrs. Nurhidayah  
 Nama Observer : Hasbi Tanjung

**Petunjuk:** Berilah tanda centang (✓) sesuai dengan hasil pengamatan, pada kolom yang tersedia.

No.	Kegiatan Guru	Keterlaksanaan	
		Ya	Tidak
<i>Pertemuan Pertama</i>			
1.	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran kepada siswa.	✓	
2.	Siswa mendengarkan penjelasan atau menyampaikan pertanyaan.	✓	
3.	Guru menyampaikan informasi mengenai konsep gelombang elektromagnetik.	✓	
4.	Siswa mendengarkan penjelasan atau menyampaikan pertanyaan.	✓	
5.	Guru menyampaikan Big Idea dan menjelaskan proses/tipe pembelajaran Challenge-based (CBL).	✓	
6.	Siswa mendengarkan penjelasan atau menyampaikan gagasan mengenai Big Idea.	✓	
7.	Guru membagi siswa ke dalam kelompok secara heterogen.	✓	
8.	Siswa berkumpul sesuai kelompok yang telah dibagi.	✓	
9.	Guru memberikan lembar kerja kepada masing-masing kelompok sebagai pedoman kerja kelompok.	✓	
10.	Siswa membuka lembar kerja yang diterima atau menyampaikan gagasan.	✓	
11.	Guru memandu seluruh kelompok dalam menentukan peran/tanggung jawab tiap-tiap anggota kelompok.	✓	
12.	Siswa menentukan peran/tanggung jawab dari tiap-tiap anggota kelompok.	✓	
<i>Pertemuan Kedua</i>			
13.	Guru memandu siswa dalam membuat atau memilih Essential Question dan Challenge.	✓	

14.	Siswa membuat atau memilih Essential Question dan Challenge.	✓	
15.	Guru membantu dan mengarahkan siswa dalam fase Guiding Questions, Activities dan Resources.	✓	
16.	Siswa merancang Guiding Questions, Activities dan Resources sebagai pondasi dari solusi kelompok.	✓	
17.	Guru menunjuk setiap kelompok untuk mempresentasikan solusi yang mereka rancang untuk menjawab Essential Questions.	✓	
18.	Setiap kelompok dari siswa mempresentasikan solusi yang mereka rancang untuk menjawab Essential Questions.		✓
<i>Pertemuan Ketiga</i>			
19.	Guru mengajak seluruh siswa untuk mendiskusikan solusi yang dipresentasikan oleh suatu kelompok.	✓	
20.	Siswa berdiskusi mengenai solusi yang dipresentasikan oleh suatu kelompok.	✓	
21.	Guru memberikan tugas yaitu berupa makalah yang berisi keseluruhan proyek siswa.	✓	
22.	Siswa membuat makalah tentang proyek yang siswa lakukan.	✓	
23.	Guru memberikan perintah untuk menyebarkan solusi dari setiap kelompok yang berupa video pendek ke dunia luar.	✓	
24.	Siswa membuat video berdurasi pendek mengenai solusi mereka dan mengunggah di sosial media/YouTube.		✓
25.	Guru melakukan penilaian pembelajaran CBL dengan mengacu pada rubrik penilaian dan memberi apresiasi kepada kelompok terbaik.	✓	
26.	Siswa memperoleh nilai akademik dan kelompok terbaik menerima apresiasi dari guru.	✓	
<b>Jumlah Kegiatan Terlaksana / Tidak Terlaksana</b>		24	2

$$\begin{aligned}
 DA &= \frac{\text{Jumlah Kegiatan Terlaksana}}{\text{Jumlah Kegiatan}} \times 100\% \\
 &= \frac{24}{26} \times 100\% \\
 &= 92\%
 \end{aligned}$$

Wakatong, 24 Januari 2017

(*Handwritten Signature*)  
(*Handwritten Name*)

Tabel Data Analisis Reliabilitas LKPD Challenge-based berorientasi NGSS pada Kelas Eksperimen saat Uji Implementasi

No.	Responden	Skor										Skor Total	Nilai
		Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10		
1	Siswa 1	3	3	2	4	4	3	3	4	4	2	32	64
2	Siswa 2	3	5	4	2	4	4	5	3	4	4	38	76
3	Siswa 3	4	2	2	4	4	5	4	3	3	3	34	68
4	Siswa 4	3	2	2	4	4	3	3	5	4	2	32	64
5	Siswa 5	3	3	3	4	4	5	4	5	4	4	39	78
6	Siswa 6	3	3	2	4	4	4	4	4	3	4	35	70
7	Siswa 7	2	3	3	4	4	5	4	4	3	3	35	70
8	Siswa 8	3	3	4	5	4	5	5	5	4	5	43	86
9	Siswa 9	3	3	3	3	4	5	3	3	4	3	34	68
10	Siswa 10	4	4	4	2	2	3	5	5	4	5	38	76
11	Siswa 11	4	2	4	2	2	3	5	5	4	3	34	68
12	Siswa 12	3	4	4	3	4	5	5	5	5	5	43	86
13	Siswa 13	3	4	4	5	3	5	5	5	5	4	43	86
14	Siswa 14	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	42	84
15	Siswa 15	3	4	4	3	5	5	4	5	4	4	41	82
16	Siswa 16	3	4	4	4	5	5	5	4	4	4	42	84
17	Siswa 17	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	46	92
18	Siswa 18	5	3	4	4	4	4	5	4	4	4	41	82
19	Siswa 19	3	2	2	5	5	3	3	5	4	4	36	72
20	Siswa 20	3	2	2	3	3	3	3	3	4	3	29	58
21	Siswa 21	3	3	2	5	5	3	3	4	4	2	34	68
22	Siswa 22	3	5	4	5	3	4	5	3	4	4	40	80
23	Siswa 23	3	2	2	3	5	5	4	3	3	3	33	66
24	Siswa 24	3	2	2	3	5	3	3	5	4	2	32	64

DATA PRETEST UJI COBA IMPLEMENTASI KELAS KONTROL  
Instrumen Penilaian Kemampuan Engaging in Argument from Evidence

Siswa	item 1	item 2	item 3	item 4	item 5	item 6	item 7	item 8	Skor	Nilai	Rata2
1	4	1	4	2	3	3	2	3	22	55	62
2	3	3	4	4	4	4	4	2	28	70	Nilai tertinggi
3	2	2	4	3	3	3	2	0	19	48	78
4	2	4	4	4	3	4	4	3	28	70	Nilai Terendah
5	3	3	4	3	4	4	3	3	27	68	45
6	3	3	4	2	2	2	1	1	18	45	Standar Deviasi
7	3	3	3	3	3	3	3	3	24	60	8,94
8	4	3	2	4	5	4	3	3	28	70	
9	4	3	3	3	2	1	2	2	20	50	
10	3	4	4	3	3	3	3	1	24	60	
11	3	4	3	2	3	3	1	1	20	50	
12	3	3	4	4	2	4	1	2	23	58	
13	3	4	3	4	4	4	4	3	29	73	
14	4	3	4	4	3	4	3	3	28	70	
15	2	3	4	2	3	1	3	1	19	48	
16	4	2	4	3	3	2	3	3	24	60	
17	3	2	2	4	4	4	3	3	25	63	
18	3	3	4	4	5	4	4	4	31	78	
19	2	4	3	4	4	4	3	3	27	68	
20	3	4	3	4	4	4	3	2	27	68	
21	4	4	4	4	4	3	4	3	30	75	
22	4	2	4	3	3	2	3	3	24	60	
23	4	1	4	2	3	3	3	2	22	55	
24	4	4	4	3	3	3	3	1	25	63	
25	3	2	3	3	4	4	3	2	24	60	
26	4	3	4	3	3	2	3	3	25	63	

**DATA PRETEST KELAS UII COBA IMPLEMENTASI KELAS KONTROL**  
**Instrumen Penilaian Kemampuan Obtaining, Evaluating and Communicating Information**

Siswa	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Skor Total	Nilai	Rata2
1	4	5	3	4	5	4	3	3	31	78	64
2	3	4	3	4	3	3	3	3	26	65	Nilai tertinggi
3	4	3	3	3	5	4	3	3	28	70	80
4	2	2	3	3	2	4	4	4	24	60	Nilai terendah
5	4	3	3	3	4	3	4	4	28	70	48
6	3	3	1	5	4	4	2	4	26	65	Standar deviasi
7	3	3	1	3	4	4	2	3	23	58	9,63
8	3	2	2	3	3	1	2	3	19	48	
9	4	4	4	3	5	4	3	4	31	78	
10	4	1	2	3	3	3	2	2	20	50	
11	5	4	1	4	4	4	3	3	28	70	
12	4	1	3	3	2	4	5	4	26	65	
13	3	3	1	3	4	4	2	3	23	58	
14	3	4	4	3	3	4	4	4	29	73	
15	3	3	3	3	3	3	3	3	24	60	
16	2	2	3	3	4	3	3	3	23	58	
17	3	2	2	4	4	2	2	4	23	58	
18	3	4	1	3	3	2	3	3	22	55	
19	3	1	2	3	4	2	3	3	21	53	
20	5	3	4	4	4	4	4	4	32	80	
21	4	3	3	3	5	4	3	4	29	73	
22	2	3	3	3	4	2	2	3	22	55	
23	2	2	3	3	2	3	4	4	23	58	
24	2	3	4	5	4	4	4	5	31	78	
25	2	3	3	3	3	4	4	4	26	65	
26	5	3	3	5	4	4	4	4	32	80	

**DATA POSTTEST UJI COBA IMPLEMENTASI KELAS KONTROL**  
**Instrumen Penilaian Kemampuan Engaging in Argument from Evidence**

Siswa	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Skor Total	Nilai	<i>rata2</i>
1	4	4	4	4	5	3	4	5	33	82,5	<b>79</b>
2	5	5	5	4	4	4	4	3	34	85	<b>Nilai tertinggi</b>
3	5	4	4	4	4	4	4	3	32	80	<b>93</b>
4	4	4	4	3	4	4	4	5	32	80	<b>Nilai terendah</b>
5	4	4	4	4	5	3	4	3	31	77,5	<b>70</b>
6	3	5	4	4	3	4	4	3	30	75	<b>Standar deviasi</b>
7	4	4	5	5	5	4	5	3	35	87,5	<b>5,46</b>
8	4	5	4	4	5	4	3	3	32	80	
9	4	5	4	4	5	3	3	3	31	77,5	
10	5	5	3	2	5	4	2	4	30	75	
11	4	4	5	5	5	5	5	4	37	92,5	
12	4	4	5	3	5	4	4	3	32	80	
13	5	5	5	4	4	4	4	3	34	85	
14	4	4	4	4	5	3	4	5	33	82,5	
15	4	5	3	2	5	3	3	3	28	70	
16	4	5	5	4	5	4	3	5	35	87,5	
17	4	4	2	3	5	4	2	5	29	72,5	
18	4	4	5	3	5	4	4	5	34	85	
19	5	4	3	3	4	3	5	5	32	80	
20	4	5	4	4	4	2	3	3	29	72,5	
21	4	4	4	4	4	3	3	4	30	75	
22	4	5	4	4	5	3	3	3	31	77,5	
23	4	5	4	4	4	2	3	3	29	72,5	
24	4	5	4	4	3	4	2	5	31	77,5	
25	3	5	4	4	3	4	4	3	30	75	
26	4	5	4	4	5	3	3	3	31	77,5	

**DATA POSTEST OECEI UJI COBA IMPLEMENTASI KELAS KONTROL**  
**Instrumen Penilaian Kemampuan Obtaining, Evaluating and Communicating Information**

Siswa	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Skor Total	Nilai	Rata2
1	3	4	5	4	3	4	5	4	32	80	81
2	3	3	4	5	4	3	5	5	32	80	Nilai tertinggi
3	4	3	4	5	3	4	4	4	31	78	90
4	3	3	4	5	3	3	4	3	28	70	Nilai terendah
5	4	3	4	5	3	4	5	4	32	80	70
6	4	3	4	5	3	3	5	4	31	78	Standar deviasi
7	3	3	4	4	3	4	5	4	30	75	4,76
8	3	2	4	4	3	4	5	4	29	73	
9	3	4	4	4	4	4	4	4	31	78	
10	4	4	4	5	3	4	5	4	33	83	
11	4	3	4	4	4	4	5	5	33	83	
12	3	3	4	5	3	3	4	5	30	75	
13	4	4	5	4	4	4	5	4	34	85	
14	4	4	5	5	4	4	5	5	36	90	
15	3	3	5	4	3	3	5	4	30	75	
16	4	4	5	4	4	4	5	5	35	88	
17	4	3	5	5	4	4	5	3	33	83	
18	4	4	5	4	3	4	5	4	33	83	
19	5	3	4	4	3	5	5	4	33	83	
20	4	4	3	5	3	4	5	4	32	80	
21	4	4	5	4	4	5	5	4	35	88	
22	5	4	4	5	3	4	5	4	34	85	
23	2	3	5	5	4	4	5	5	33	83	
24	5	3	5	5	4	3	3	4	32	80	
25	4	3	5	4	3	4	5	4	32	80	
26	5	4	4	5	4	3	5	4	34	85	



DATA PRETEST EAE UII COBA IMPLEMENTASI KELAS EKSPERIMEN  
Instrumen Penilaian Kemampuan Engaging in Argument from Evidence

Siswa	item 1	item 2	item 3	item 4	item 5	item 6	item 7	item 8	Skor	Nilai	Rata2
1	4	4	2	4	3	3	1	2	23	58	59 Tertinggi
2	3	4	4	4	3	4	4	3	29	73	
3	3	4	4	4	2	3	3	3	26	65	
4	3	4	4	4	3	3	3	2	26	65	38 Terendah
5	4	3	4	4	3	3	3	3	27	68	
6	2	4	4	4	2	2	3	3	24	60	
7	4	4	5	4	2	3	4	4	30	75	10,00 Standar Deviasi
8	4	4	3	4	3	2	3	3	26	65	
9	4	2	2	2	2	3	3	1	19	48	
10	4	2	1	1	3	1	2	1	15	38	
11	3	2	3	2	3	4	1	1	19	48	
12	2	4	5	4	4	1	3	3	26	65	
13	3	3	1	1	4	1	2	2	17	43	
14	4	2	2	2	3	3	1	1	18	45	
15	3	3	3	3	3	3	3	3	24	60	
16	4	3	3	2	2	2	3	3	22	55	
17	4	3	3	3	3	2	2	0	20	50	
18	4	4	3	4	3	4	4	3	29	73	
19	4	2	3	3	3	1	2	3	21	53	
20	4	4	4	4	3	3	4	2	28	70	
21	4	4	2	4	3	3	1	2	23	58	
22	4	4	2	4	3	3	1	2	23	58	
23	4	4	2	4	3	3	1	2	23	58	
24	2	4	4	4	2	2	3	3	24	60	

**DATA PRETEST UJI COBA IMPLEMENTASI KELAS EKSPERIMEN**  
**Instrumen Penilaian Kemampuan Obtaining, Evaluating and Communicating Information**

Siswa	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Skor Total	Nilai	Rata2
1	4	3	3	3	4	3	2	3	25	63	62 <i>Tertinggi</i>
2	3	4	3	3	3	3	4	4	27	68	
3	3	3	3	3	5	4	3	3	27	68	
4	4	3	4	4	2	4	3	3	27	68	48 <i>Terendah</i>
5	4	2	4	4	4	3	2	4	27	68	
6	3	2	2	4	2	4	3	3	23	58	
7	4	2	2	3	4	4	3	3	25	63	8,50 <i>Standar Deviasi</i>
8	3	2	2	3	3	1	4	4	22	55	
9	2	4	3	4	5	4	3	4	29	73	
10	4	2	2	2	3	3	2	3	21	53	65
11	2	3	3	3	4	3	4	4	26	65	
12	4	4	5	4	2	4	4	5	32	80	
13	4	3	3	4	4	5	3	3	29	73	73
14	3	4	3	4	4	4	4	3	29	73	
15	3	3	3	3	4	3	3	3	25	63	
16	2	2	3	3	2	2	3	3	20	50	60
17	3	2	3	3	4	3	2	4	24	60	
18	3	4	1	5	3	3	1	3	23	58	
19	3	1	1	3	3	3	2	3	19	48	65
20	5	3	2	3	3	2	4	4	26	65	
21	4	3	4	3	3	4	3	3	27	68	
22	2	3	2	3	2	1	3	3	19	48	53
23	2	2	1	4	2	4	3	3	21	53	
24	2	3	3	3	4	1	4	5	25	63	

DATA POSTTEST UJI COBA IMPLEMENTASI KELAS EKSPERIMEN  
Instrumen Penilaian Kemampuan Engaging in Argument from Evidence

Siswa	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Skor Total	Nilai	Rata2
1	4	5	4	4	4	3	3	3	30	75	84
2	4	5	4	4	3	5	2	5	32	80	Nilai Tertinggi
3	5	4	3	3	4	4	5	5	33	82,5	95
4	4	5	4	4	4	4	3	3	31	77,5	Nilai Terendah
5	5	4	4	4	4	4	3	4	32	80	75
6	4	5	4	4	5	5	3	3	33	82,5	Standar Deviasi
7	4	3	4	2	5	5	4	4	31	77,5	5,55
8	4	5	5	4	5	5	3	5	36	90	
9	4	4	2	3	5	5	2	5	30	75	
10	4	4	5	3	5	5	4	5	35	87,5	
11	4	4	4	4	5	4	4	5	34	85	
12	5	5	5	4	4	5	4	5	37	92,5	
13	5	4	4	4	4	5	4	5	35	87,5	
14	4	4	4	3	4	5	4	5	33	82,5	
15	4	4	4	4	5	4	4	5	34	85	
16	5	5	4	4	5	5	3	4	35	87,5	
17	4	4	5	5	5	5	5	5	38	95	
18	4	5	4	4	5	5	3	3	33	82,5	
19	4	5	4	4	5	5	3	3	33	82,5	
20	5	5	3	2	5	5	2	4	31	77,5	
21	4	4	5	5	4	5	5	4	36	90	
22	5	5	5	4	4	5	4	4	36	90	
23	5	5	4	4	4	5	4	5	36	90	
24	4	4	4	4	5	4	4	5	34	85	

**DATA POSTTEST UJI COBA IMPLEMENTASI KELAS EKSPERIMEN**  
**Instrumen Penilaian Kemampuan Obtaining, Evaluating and Communicating Information**

Siswa	item 1	item 2	item 3	item 4	item 5	item 6	item 7	item 8	total	nilai	rata2
1	5	5	4	4	5	4	3	4	34	85	86 <i>Nilai tertinggi</i>
2	4	5	4	4	5	5	4	4	35	87,5	
3	4	4	4	4	5	5	4	4	34	85	
4	5	4	4	4	5	5	4	4	35	87,5	75 <i>Nilai terendah</i>
5	5	5	5	5	5	5	4	5	39	97,5	
6	5	4	3	4	4	5	3	4	32	80	
7	5	4	3	4	5	5	4	4	34	85	5,33 <i>Standar deviasi</i>
8	4	4	3	4	5	5	4	4	33	82,5	
9	5	5	3	4	5	5	4	5	36	90	
10	5	5	3	4	4	4	3	4	32	80	95
11	5	5	4	5	5	5	4	5	38	95	
12	5	4	4	4	5	5	4	4	35	87,5	
13	5	4	4	5	5	5	4	4	36	90	92,5
14	5	5	4	4	5	5	4	5	37	92,5	
15	4	4	4	4	5	5	4	4	34	85	
16	4	3	4	4	4	5	3	4	31	77,5	85
17	4	5	4	4	5	5	3	4	34	85	
18	5	5	3	4	4	4	3	4	32	80	
19	4	4	3	4	4	4	3	4	30	75	85
20	5	4	3	4	5	5	4	4	34	85	
21	5	5	4	5	4	5	4	4	36	90	
22	4	5	3	4	5	4	4	4	33	82,5	82,5
23	5	4	3	4	4	5	4	4	33	82,5	
24	4	4	4	4	5	5	4	5	35	87,5	

Tampilan Keluaran Analisis Kecocokan Butir Instrumen Evaluasi dengan Model Rasch Menggunakan Bantuan Program QUEST pada Uji Implementasi

Summary of item Estimates			
Mean			.00
SD			.25
SD (adjusted)			.21
Reliability of estimate			.75
Fit Statistics			
Infit Mean Square		Outfit Mean Square	
Mean	1.00	Mean	1.22
SD	.11	SD	.49
Infit t		outfit t	
Mean	.08	Mean	.42
SD	.37	SD	.86
0 items with zero scores			
0 items with perfect scores			
OEI			
Case Estimates			
24 / 2/19 21: 9			
all on all (N = 24 L = 16 Probability level= .50)			
Summary of case Estimates			
Mean			.59
SD			.18
SD (adjusted)			.17
Reliability of estimate			.81

ITEM NAME		SCORE MAXSCR	
INFT	OUTFT INFT		
MNSQ	MNSQ t		
1 item 1	.2	17	24
1.02 2.10			
2 item 2	.1	34	48
1.00 .94			
3 item 3	-.1	50	72
.93 .95			
4 item 4	.0	42	72
.96 .89			
5 item 5	.0	42	72
.96 .89			
6 item 6	-.1	50	72
.93 .95			
7 item 7	-.5	37	72
.84 .81			
8 item 8	.2	32	48
1.03 1.67			
9 item 9	-.5	37	72
.84 .81			
10 item 10	.1	34	48
1.00 .94			
11 item 11	-.2	15	48
.94 .94			
12 item 12	.1	34	48
1.00 .94			
13 item 13	.4	17	24
1.06 2.14			
14 item 14	.6	19	24
1.16 1.15			
15 item 15	.2	17	24
1.02 2.10			
16 item 16	.9	5	24
1.29 1.31			
Mean	.1		
1.00 1.22			
SD	.4		
.11 .49			

## **Daftar Lampiran 4**

1. Surat keputusan penunjukkan pembimbing
2. Surat izin pra survei
3. Berita acara seminar proposal tesis
4. Surat keterangan penilaian kelayakan oleh validator
5. Surat izin penelitian
6. Surat keterangan penelitian
7. Dokumentasi penelitian

## Surat Keputusan Penunjukkan Pembimbing

Lampiran Keputusan Direktur PPs  
Universitas Negeri Yogyakarta  
Nomor : 56 Tahun 2016  
Tanggal : 13 Januari 2016

DAFTAR JUDUL TESIS DAN PEMBIMBING PENULISAN TESIS S-2  
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA ANGKATAN TAHUN 2015

NO	NAMA MAHASISWA	NIM	JUDUL TESIS	NAMA DOSEN PEMBIMBING
1.	Indah Kurnia Putri Damayanti	15726251001	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika pada <i>Outdoor Learning</i> melalui <i>Project</i> Berbasis <i>Local Wisdom</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Desain Eksperimen, Mengumpulkan, dan Menganalisis Data	Prof. Dr. Mundilarto, M.Pd
2.	Muhammad Zaini	15726251006	Pengembangan Materi Ajar Fluida Statis Berbantuan Aplikasi Android untuk Meningkatkan Kemampuan Argumentasi dan Interpretasi Diagram Fisika	Prof. Dr. Mundilarto
3.	Ardyan Permana Putra	15726251009	Pembelajaran Fisika Berorientasi <i>Next Generation Science Standards</i> (NGSS): Pengembangan Perangkat Pembelajaran <i>Inquiry Based Learning</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa SMA dalam <i>Asking Question and Defining Problems</i> dan <i>Engaging In Argument From Evidence</i> pada Materi Gelombang	Prof. Dr. Jumadi, M.Pd
4.	Nino Munawanto	15726251010	Pembelajaran Fisika Berorientasi <i>Next Generation Science Standards</i> (NGSS): Pengembangan Perangkat Pembelajaran <i>Challenge Based Learning</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa SMA dalam <i>Planning And Carrying Out Investigation</i> dan <i>Obtaining, Evaluating, and Communicating Information</i> pada Materi Gelombang Elektromagnetik	Prof. Dr. Jumadi, M.Pd
5.	Rahayu Fahmi	15726251011	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika pada <i>Outdoor Learning</i> melalui Game Berbasis <i>Local Wisdom</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Mengumpulkan, Menganalisis dan Mengkomunikasikan Data	Prof. Dr. Mundilarto, M.Pd
6.	Yudi Guntara	15726251012	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Model <i>Inductive Thinking</i> untuk Meningkatkan Kemampuan <i>Multiple Representation</i> dan <i>Inductive Reasoning</i> Siswa SMA	Dr.Insih Wilujeng
7.	Febrina rahayu widya A.S	15726251013	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika pada <i>Outdoor Learning</i> melalui <i>Fieldwork</i> Berbasis <i>Local Wisdom</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Rekonstruksi Diagram dan Menyusun Persamaan	Prof. Dr. Mundilarto, M.Pd
8.	Purwoko Haryadi Santoso	15726251014	Pembelajaran Fisika Berorientasi <i>Next Generation Science Standards</i> (NGSS): Pengembangan Perangkat Pembelajaran <i>Project-Based Learning</i> untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa SMA dalam <i>Planning and Carrying Out Investigation</i> dan <i>Constructing Explanation and Designing Solution</i> pada Materi Hukum Newton tentang Gerak	Prof. Dr. Jumadi, M.Pd
9.	Maria Magdalena Nona	15726251016	Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Model <i>Inquiry Training</i> untuk Meningkatkan Kemampuan <i>Multiple Representation</i> dan Kemampuan Komunikasi Fisika	Dr.Insih Wilujeng



## Surat Izin Pra Survei



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
**PROGRAM PASCASARJANA**  
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281  
Telp. Direktur (0274) 550835, Asdir/TU (0274) 550836 Fax. (0274) 520326  
Laman: pps.uny.ac.id Email: pps@uny.ac.id, kerjasama\_pasca@yahoo.com

Nomor : 11762/UN34.17/LT/2016  
Hal : Izin Prasurvei

22 Desember 2016

Yth. Kepala SMAN 1 KANDANGSERANG

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu/Saudara berkenan memberikan izin kepada mahasiswa jenjang S-2 Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta:

Nama : NINO MUNAWANTO, S.PD.  
NIM : 15726251010  
Program Studi : Pendidikan Fisika

untuk melaksanakan kegiatan prasurvei dalam rangka penulisan tesis yang dilaksanakan pada:

Waktu : Januari 2017  
Lokasi/Objek : SMAN 1 KANDANGSERANG  
Judul Penelitian : Pembelajaran Fisika Berorientasi NGSS: Pengembangan Perangkat Pembelajaran SMA Model Challenge-Based untuk Mencapai Kemampuan Siswa dalam *Engaging In Argument from Evidence* dan *Obtaining, Evaluating and Communicating Information*  
Pembimbing : Prof. Dr. Jumadi, M.Pd.

Demikian atas perhatian, bantuan dan izin yang diberikan, kami ucapkan terima kasih

Asisten Direktur I,




Tembusan:  
Mahasiswa Ybs.

Dr. Sugito, MA.  
NIP 19600410 198503 1 002

22/12/2016 14:21

## Berita Acara Seminar Proposal Tesis

	<b>PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA</b> <b>PROGRAM PASCASARJANA</b> <b>UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA</b> <b>BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL</b>
---	---


  

1 Nama Peneliti	: Nino Munawanto, S.Pd.												
2 Jurusan / Prodi	: Pendidikan Fisika												
3 Fakultas	: Program Pascasarjana												
4 Judul Tesis	PEMBELAJARAN FISIKA BERORIENTASI NGSS: PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN SMA MODEL CHALLENGE-BASED UNTUK MENCAPI KEMAMPUAN SISWA DALAM ENGAGING IN ARGUMENT FROM EVIDENCE DAN OBTAINING, EVALUATING, AND COMMUNICATING INFORMATION												
5 Pelaksanaan	: Selasa, 29 Maret 2016 Pukul 13.40 - 15.20												
6 Tempat	: Ruang 1.14 Gedung Baru												
7 Dipimpin oleh	: Falihatun Rafika Dewi, S.Pd.Si												
8 Peserta yang hadir	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">a. Dosen pengampu</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 30%;">Orang</td> </tr> <tr> <td>b. Pemakalah</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Orang</td> </tr> <tr> <td>c. Peserta lain</td> <td style="text-align: center;">14</td> <td>Orang</td> </tr> <tr> <td>Jumlah</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td>Orang</td> </tr> </table>	a. Dosen pengampu	2	Orang	b. Pemakalah	2	Orang	c. Peserta lain	14	Orang	Jumlah	18	Orang
a. Dosen pengampu	2	Orang											
b. Pemakalah	2	Orang											
c. Peserta lain	14	Orang											
Jumlah	18	Orang											

Saran-saran dari peserta :

- Bidang Teknologi Untuk NGSS perlu dijelaskan lebih detail lagi.
- Gambar yang digunakan baik pada LKPD dan Bahan Ajar harus bersifat kontekstual.
- Keterlaksanaan RPP untuk guru harus dijelaskan dan dibuat.
- Untuk mengukur literasi informasi dari siswa harus dijelaskan dan dibuat instrumen evaluasinya.
- Untuk mengetahui ketercapaian kemampuan siswa dalam Argument, obtaining, Evaluating and communicating information menggunakan instrumen seperti apa.

	<b>PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA</b> <b>PROGRAM PASCASARJANA</b> <b>UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA</b>
<b>BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL</b>	

<b>SARAN – SARAN</b>
<p>Saran Dosen Pembimbing dan Pengampu :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jelaskan hubungan antara NGSS dengan kurikulum 2013 yang menggunakan KI1-3.</li> <li>- Jelaskan kajian Fisika sehingga dapat dihubungkan dengan NGSS</li> <li>- Belum terlihat kajian mengenai NGSS baik pada Instrumen, RPP, dan Bahan Ajar.</li> <li>- Konsep challenge pada perangkat sudah ada tapi belum mengarah ke NGSS.</li> </ul>





9. Hasil Seminar

Seminar mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi, serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan: proposal dan instrument penelitian


- a. Diterima, tanpa revisi / pembenahan proposal / instrument
- b. Diterima dengan revisi / pembenahan
- c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Mengetahui,

Dosen Pengampu I	Dosen Pengampu II	Pembimbing	Notulen
 (Prof. Dr. Jumadi)	 (Dr. Heru Kuswanto, M.Si.)	 (Prof. Dr. Jumadi)	 (Febrina Rahayu Widya A.S, S.Pd)

## Surat Keterangan Penilaian Kelayakan oleh Validator



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
**PROGRAM PASCASARJANA**  
 Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281  
 Telepon (0274) 550836 pesawat 229, Fax (0274) 520326  
 Laman: pps.uny.ac.id E-mail: pps@uny.ac.id

---

**SURAT KETERANGAN VALIDASI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prof. Suparwoto, M.Pd  
 Jabatan/Pekerjaan : Guru Besar FISIKA-UNG  
 Instansi Asal : FISIKA-UNG

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pembelajaran Fisika Berorientasi NGSS: Pengembangan Perangkat Pembelajaran SMA Model Challenge untuk Mencapai Kemampuan Siswa dalam Engaging in Argument from Evidence dan Obtaining, Evaluating, and Communicating Information


dari mahasiswa:

Nama : Nino Munawanto  
 Program Studi : Pendidikan Fisika  
 NIM : 15726251010

(sudah siap/belum siap)\* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. lebat draft, perbaiki secara
2. total

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 29/12 2016  
 Validator,  
  
Prof. Suparwoto, M.Pd

\*) coret yang tidak perlu



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281  
Telepon (0274) 550836 pesawat 229, Fax (0274) 520326  
Laman: pps.uny.ac.id E-mail: pps@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ariswan  
Jabatan/Pekerjaan : Lektor Kepala / PWS  
Instansi Asal : FMIPA UNY

Menyatakan bahwa produk pembelajaran dengan judul:

Pembelajaran Fisika Berorientasi NGSS: Pengembangan Perangkat Pembelajaran SMA Model Challenge untuk Mencapai Kemampuan Siswa dalam Engaging in Argument from Evidence dan Obtaining, Evaluating, and Communicating Information dari mahasiswa:

Nama : Nino Munawanto  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
NIM : 15726251010

(sudah siap/~~belum siap~~)\* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Urutan pembahasan teori - Aplikasi
2. Simbol diberikan arti fisiknya
3. Gambar harus jelas

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 23/3- 2017

Validator,

Dr. Ariswan

\*) coret yang tidak perlu



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281

Telepon (0274) 550835, 550836, Fax (0274) 520326

Laman: pps.uny.ac.id E-mail: pps@uny.ac.id, humas\_pps@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Yniah Wuluyeng  
Jabatan/Pekerjaan : Ketua Prodi S2 PPs UNY  
Instansi Asal : FMIPA UNY

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pembelajaran Fisika Berorientasi NGSS: Pengembangan Perangkat Pembelajaran SMA Model  
Challenge-based untuk Mencapai Kemampuan Siswa dalam Engaging in Argument from  
Evidence dan Obtaining, Evaluating, and Communicating Information  
dari mahasiswa:

Nama : Nino Munawanto  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
NIM : 15726251010

(sudah siap/~~belum siap~~)\* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran  
sebagai berikut:

1. Bisa diujicobakan
- 2.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 31-8-2018

Validator,

*Yniah Wuluyeng*

Copy 2x / 1 untuk  
keuangan  
2 B Yniah

## Surat Izin Penelitian



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
PROGRAM PASCASARJANA  
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281  
Telp. Direktur (0274) 550835, Asdir/TU (0274) 550836 Fax. (0274)520326  
Laman: pps.uny.ac.id Email: pps@uny.ac.id, kerjasama\_pasca@yahoo.com

Nomor : 11773 /UN34.17/LT/2016  
Hal : Izin Penelitian

23 Desember 2016

Yth. Kepala SMAN 1 KANDANGSERANG

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu/Saudara berkenan memberikan izin kepada mahasiswa jenjang S-2 Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta:

Nama : NINO MUNAWANTO, S.PD.  
NIM : 15726251010  
Program Studi : Pendidikan Fisika

untuk melaksanakan kegiatan penelitian dalam rangka penulisan tesis yang dilaksanakan pada:

Waktu : Desember 2016 s.d Januari 2017  
Lokasi/Objek : SMAN 1 KANDANGSERANG  
Judul Penelitian : Pembelajaran Fisika Berorientasi NGSS: Pengembangan Perangkat Pembelajaran SMA Model Challenge-Based untuk Mencapai Kemampuan Siswa dalam *Engaging in Argument from Evidence* dan *Obtaining, Evaluating and Communicating Information*  
Pembimbing : Prof. Dr. Jumadi, M.Pd.

Demikian atas perhatian, bantuan dan izin yang diberikan, kami ucapkan terima kasih

Asisten Direktur I,



Tembusan:  
Mahasiswa Ybs.

Dr. Sugito, MA.  
NIP 19600410 198503 1 002

23/12/2016 7:22

## Surat Keterangan Penelitian



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH**  
**DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**SMA NEGERI 1 KANDANGSERANG**  
 Jl. Raya Kandangserang Kecamatan Kandangserang smansertu@yahoo.co.id  
 Kode Pos 51163

---

**SURAT KETERANGAN PENELITIAN**  
 No: 800/088/2017

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Drs. Daenuri, M.Pd.I  
 NIP : 19610115 199412 1001A  
 Jabatan : Kepala SMA N 1 Kandangserang

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : NINO MUNAWANTO  
 NIM : 15726251010  
 Program Studi : Pendidikan Fisika S2  
 Universitas : Universitas Negeri Yogyakarta

Adalah benar telah melakukan penelitian di SMA N 1 Kandangserang sejak tanggal 24 Januari sampai dengan tanggal 31 Januari 2017 dalam rangka penulisan tesis yang berjudul:

**Pembelajaran Fisika Berorientasi NGSS: Pengembangan Perangkat Pembelajaran SMA Model Challenge-Based untuk Mencapai Kemampuan Siswa dalam Engaging in Argument from Evidence and Obtaining, Evaluating and Communicating Information**

Demikian surat keterangan ini kami buat dengan sebenarnya, dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Kandangserang, 31 Januari 2017  
 Kepala SMA Negeri 1 Kandangserang,



Drs. Daenuri, M.Pd.I  
 NIP 19610115 199412 1 001



## Dokumentasi Penelitian

