

# **LAMPIRAN**

Lampiran 1. Kurikulum dan Silabus Diklat Bidang Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi

**KURIKULUM DAN SILABUS PENDIDIKAN DAN PELATIHAN  
BIDANG KETENAGALISTRIKAN, ENERGI BARU, TERBARUKAN,  
DAN KONSERVASI ENERGI**

**Kode Unit** : L.DIKLAT.24 Rev-1.14.KTL.2016

**Judul Unit** : DIKLAT TEKNIS INSPEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

**Uraian Unit** : Kurikulum dan Silabus ini berkaitan dengan Inspeksi Sistem Tenaga Listrik

**Waktu** : 48 Jam Pelajaran (1 JP= 45 Menit)

<b>I. Tujuan</b>	:	Menghasilkan tenaga teknik yang mampu melakukan Inspeksi Sistem Tenaga Listrik		
<b>II. Sasaran</b>	:	Setelah mengikuti pendidikan dan pelatihan ini, diharapkan peserta dapat memahami inspeksi pembangkit thermal, inspeksi pembangkit non-thermal, inspeksi pembangkit EBT, inspeksi transmisi, inspeksi distribusi tenaga listrik, inspeksi instalasi pemanfaatan, dan melakukan praktik inspeksi sistem tenaga listrik.		
<b>III. Prasyarat</b>	:	1. Minimal berpendidikan Strata 1 bidang Teknik yang bekerja pada sektor ketenagalistrikan. 2. Pejabat atau pegawai yang bertugas menangani inspeksi di bidang ketenagalistrikan.		
<b>IV. Kurikulum</b>	:	<table><tr><td>1. Inspeksi Pembangkit Thermal 1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)</td><td>6 JP</td></tr></table>	1. Inspeksi Pembangkit Thermal 1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)	6 JP
1. Inspeksi Pembangkit Thermal 1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)	6 JP			

	2. Inspeksi Pembangkit Non-Thermal	4 JP
	2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	
	2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM)	
	2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	
	3. Inspeksi Pembangkit Energi Baru Terbarukan	4 JP
	3.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	
	3.2. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)	
	4. Inspeksi Transmisi	6 JP
	4.1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)	
	4.2. Gardu Induk	
	5. Inspeksi Distribusi Tenaga Listrik	6 JP
	5.1. Tegangan Menengah (TM)	
	5.2. Tegangan Rendah (TR)	
	5.3. Gardu Distribusi	
	6. Inspeksi Instalasi Pemanfaatan	6 JP
	6.1. Tegangan Tinggi (TT)	
	6.2. Tegangan Menengah (TM)	
	6.3. Tegangan Rendah (TR)	
	7. Praktik Inspeksi Sistem Tenaga Listrik	8 JP
	7.1. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)	
	7.2. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	
	7.3. Inspeksi Distribusi Tegangan Menengah (TM), Tegangan Rendah (TR), dan Gardu Distribusi.	
	7.4. Inspeksi Instalasi Pemanfaatan.	
	8. Evaluasi	8 JP
	8.1. Uj Tulis	
	8.2. Uji Wawancara dan atau Praktik	

<b>Hasil Belajar</b>	:	Setelah menyelesaikan pelatihan ini, peserta mampu:
<b>Hasil Belajar 1</b>	:	Memahami Inspeksi Pembangkit Thermal
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)</li> <li>1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)</li> <li>1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)</li> </ul>
<b>Hasil Belajar 2</b>	:	Memahami Inspeksi Pembangkit Non-Thermal
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)</li> <li>2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM)</li> <li>2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)</li> </ul>
<b>Hasil Belajar 3</b>	:	Memahami Inspeksi Pembangkit Energi Baru, Terbarukan
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)</li> <li>3.2. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)</li> </ul>
<b>Hasil Belajar 4</b>	:	Memahami Inspeksi Transmisi
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: <ul style="list-style-type: none"> <li>4.1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)</li> <li>4.2. Gardu Induk</li> </ul>
<b>Hasil Belajar 5</b>	:	Memahami Inspeksi Distribusi Tenaga Listrik
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1. Tegangan Menengah (TM)</li> <li>5.2. Tegangan Rendah (TR)</li> <li>5.3. Gardu Distribusi</li> </ul>

<b>Hasil Belajar 6</b>	:	Memahami Inspeksi Instalasi Pemanfaatan
Kriteria Penilaian	:	<p>Mampu menjelaskan:</p> <p>6.1. Tegangan Tinggi (TT)</p> <p>6.2. Tegangan Menengah (TM)</p> <p>6.3. Tegangan Rendah (TR)</p>
<b>Hasil Belajar 7</b>	:	Melaksanakan Praktik Inspeksi Sistem Tenaga Listrik
Kriteria Penilaian	:	<p>Mampu menjelaskan:</p> <p>7.1. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)</p> <p>7.2. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)</p> <p>7.3. Inspeksi Distribusi Tegangan Menengah (TM), Tegangan Rendah (TR), dan Gardu Distribusi.</p> <p>7.4. Inspeksi Instalasi Pemanfaatan.</p>
<b>Hasil Belajar 8</b>	:	Melaksanakan Evaluasi
Kriteria Penilaian	:	<p>Mampu menjelaskan:</p> <p>8.1. Ujij Tulis</p> <p>8.2. Uji Wawancara dan atau Praktik</p>

<b>Strategi Pembelajaran</b>	:	Strategi pembelajaran dan tujuan pelatihan harus cocok, baik menurut teori maupun praktik. Proses pembelajaran dan pengujian disesuaikan dengan urutan dari materi mata ajar.
<b>Strategi Pelaksanaan Praktik</b>	:	Strategi pelaksanaan praktik dilakukan dengan Praktik Langsung di Lapangan.
<b>Referensi</b>	:	<p>1. Peraturan Bidang Ketenagalistrikan</p> <p>2. PUIL 2000 (SNI 04)</p>

<b>Sarana dan Prasarana</b>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alat Pelindung Diri (APD) untuk Peserta, Pendamping dan Instruksur (Pengajar).</li> <li>2. PLTD</li> <li>3. PLTMH</li> <li>4. Instalasi Pemanfaatan</li> <li>5. <i>Profit Test</i></li> <li>6. Megger (Pengukur Tahanan Isolasi)</li> <li>7. <i>Clamp Earth Tester</i></li> <li>8. Power Analyzer 3 Phase 4 Kawat</li> <li>9. <i>Earth Distance Meter/ Rol Meter</i></li> <li>10. <i>Micro Meter</i> Digital</li> <li>11. <i>Sound Level Meter</i></li> <li>12. Humidity Meter</li> <li>13. <i>Gas Analyzer</i></li> <li>14. <i>Water Current Meter</i></li> <li>15. GPS</li> <li>16. <i>Load Bank &amp; Kabel Konektor</i></li> <li>17. <i>Hands Tools</i></li> <li>18. Kamera Infrared</li> <li>19. Thermo Infrared</li> <li>20. Kendaraan untuk Praktik</li> <li>21. Laptop 5 Buah dan Printer 1 Buah</li> <li>22. Kamera 10 MP</li> </ol>
<b>Data yang Dibutuhkan</b>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buku Manual PLTD dan PLTMH 10 Set</li> <li>2. SOP Operasi dan pemeliharaan PLTD dan PLTMH 10 set</li> <li>3. Gambar Instalasi Pembangkit dan Instalasi Pemanfaatan 5 set</li> <li>4. Log Book/ Log Sheet</li> <li>5. Izin (IO/ IUPTL)</li> <li>6. SLO (Sertifikat Laik Operasi)</li> </ol>

<b>V. Lembaga Pelaksana</b>	:	Lembaga Penyelenggara Dilkat adalah Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru Terbarukan, dan Konservasi Energi (PPSDM KEBTKE).
-----------------------------	---	---

Ditetapkan di Jakarta  
Pada tanggal,

2016

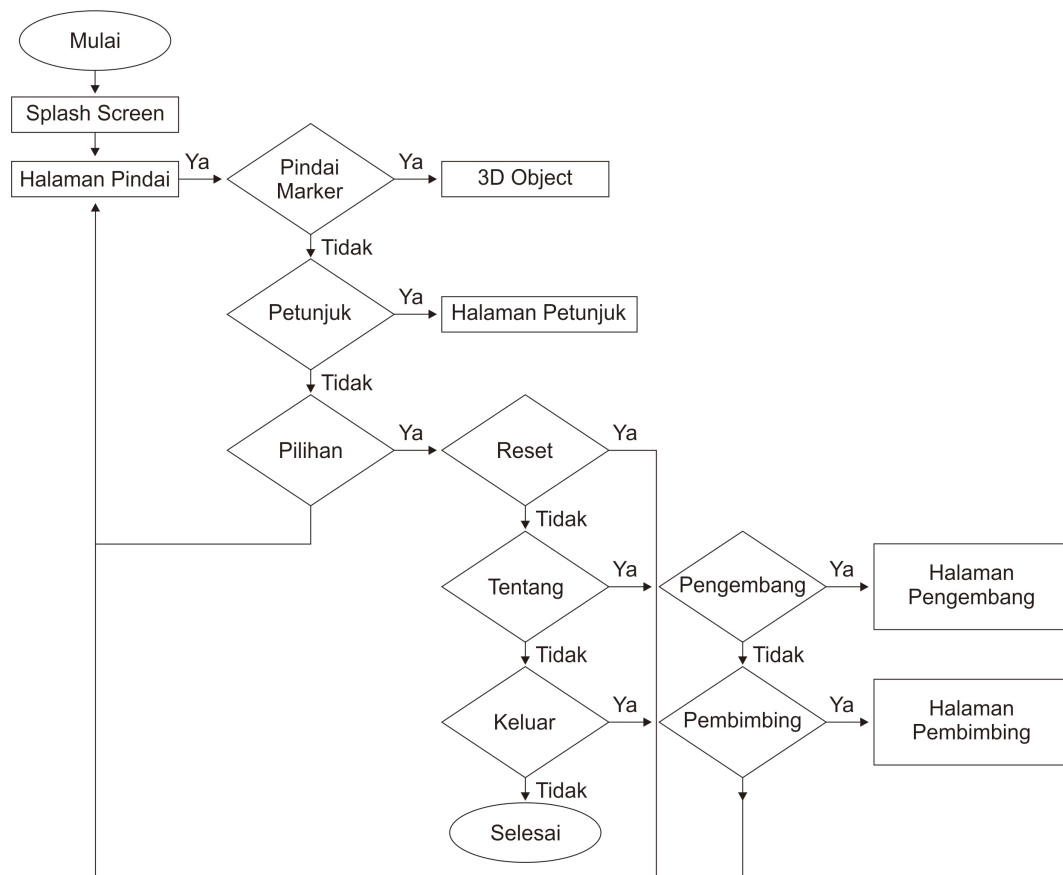
Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan  
Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan  
Konservasi Energi,



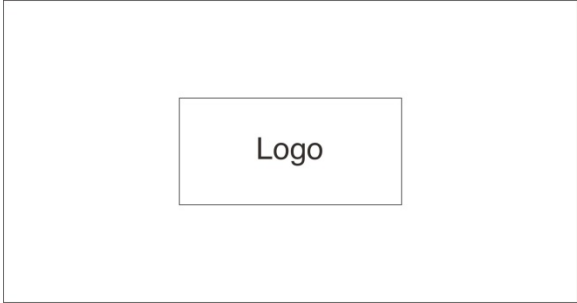
Ir. Tisnaldi  
NIP 19610205 198903 1 003


## Lampiran 2. Aplikasi *Augmented Reality*

### a. *Flowchart* Pengembangan Aplikasi

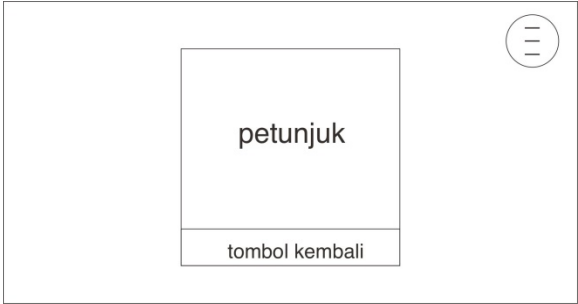



b. Story Board Pengembangan Aplikasi

1. Halaman <i>Splash Screen</i>			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Logo Unity	Ketika aplikasi dibuka, logo unity muncul pada layar sebagai pembuka aplikasi, lalu menghilang
	2.	Logo Aplikasi i2P	Logo aplikasi i2P dimunculkan setelah hilangnya logo unity pada layar pembuka.

2. Halaman Utama dan Halaman Pindai			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Tombol Petunjuk	Sebuah tombol navigasi pada pojok kiri atas layar yang berfungsi menampilkan halaman petunjuk untuk memberikan informasi cara meminadi <i>marker</i> atau gambar.
	2.	Tombol Pilihan	Sebuah tombol navigasi pada pojok kanan atas layar yang berfungsi menampilkan halaman peilihan yang didalamnya terdapat tombol Reset untuk AR, tombol tentang, dan tombol keluar dari aplikasi,

	3.	<i>Augmented Reality Mode</i>	AR mode adalah halaman pindai <i>marker</i> atau gambar yang aktif dengan diaktifkannya pula fitur kamera <i>smartphone</i> .
--	----	-------------------------------	---


3. Halaman Petunjuk			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	<i>Pop-up</i> halaman petunjuk	Halaman petunjuk yang berisikan gambar dan kalimat perintah untuk memindai <i>marker</i> dengan cara mengarahkan kamera ke gambar yang sudah diberi tanda.
	2.	Tombol Kembali	Sebuah tombol navigasi pada bagian bawah <i>pop-up</i> halaman petunjuk yang jika ditekan akan mengembalikan pada halaman utama dan halaman pindai.

4. Halaman Pilihan			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Tombol Reset	Sebuah tombol navigasi yang berfungsi untuk memuat ulang aplikasi i2P
	2.	Tombol Tentang	Sebuah tombol navigasi yang berfungsi menampilkan pop-up halaman tentang yang didalamnya terdapat dua tombol yaitu tombol info pengembang dan info pembimbing.
	3.	Tombol Keluar	Sebuah tombol navigasi yang berfungsi untuk menghentikan operasional aplikasi pada <i>smartphone</i> .
	4.	Tombol Kembali	Sebuah tombol navigasi pada bagian bawah <i>pop-up</i> halaman pilihan yang jika ditekan akan mengembalikan pada halaman utama dan halaman pindai.

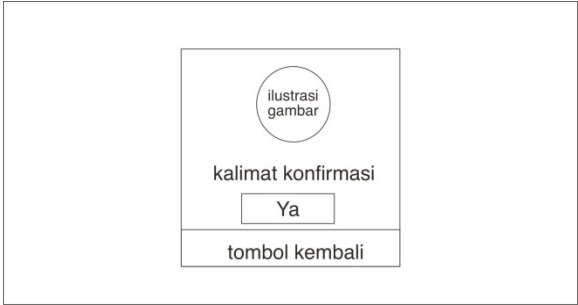
5. Halaman Tentang			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Logo i2P	Logo aplikasi i2P yang diberikan sebagai aksen identitas judul aplikasi pada halaman tentang.
	2.	Tombol Pengembang	Sebuah tombol navigasi yang berisikan tombol halaman identitas pengembang.
	3.	Tombol Pembimbing	Sebuah tombol navigasi yang berisikan tombol halaman identitas pembimbing.
	4.	Tombol Kembali	Sebuah tombol navigasi pada bagian bawah <i>pop-up</i> halaman tentang yang jika ditekan akan mengembalikan pada halaman utama dan halaman pindai.

6. Halaman Pengembang			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Konten Gambar	Gambar berupa foto diri pengembang aplikasi.
	2.	Konten Teks	Keterangan teks tentang identitas pengembang aplikasi yang terdiri dari nama dan NIM mahasiswa.
	3.	Tombol Kembali	Sebuah tombol navigasi pada bagian bawah <i>pop-up</i> halaman pengembang yang jika ditekan akan mengembalikan pada halaman utama dan halaman pindai.

7. Halaman Pembimbing			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Konten Gambar	Gambar berupa foto diri dosen pembimbing.
	2.	Konten Teks	Keterangan teks tentang identitas dosen pembimbing aplikasi yang terdiri dari nama dan NIP dosen.
	3.	Tombol Kembali	Sebuah tombol navigasi pada bagian bawah <i>pop-up</i> halaman pembimbing yang jika ditekan akan mengembalikan pada halaman utama dan halaman pindai.

8. Halaman Objek 3D			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Tombol Petunjuk	Sebuah tombol navigasi pada pojok kiri atas layar yang berfungsi menampilkan halaman petunjuk untuk memberikan informasi cara meminadi <i>marker</i> atau gambar.
	2.	Tombol Pilihan	Sebuah tombol navigasi pada pojok kanan atas layar yang berfungsi menampilkan halaman peilihan yang didalamnya terdapat tombol Reset untuk AR, tombol tentang, dan tombol keluar dari aplikasi,

	3.	<i>Augmented Reality Mode</i>	AR mode adalah halaman pindai <i>marker</i> atau gambar yang aktif dengan diaktifkannya pula fitur kamera <i>smartphone</i> .
--	----	-------------------------------	---

9. Halaman Keluar			
Desain Tata Letak	No.	Komponen	Deskripsi
	1.	Konten Gambar	Logo aplikasi i2P yang diberikan sebagai aksen identitas judul aplikasi pada halaman tentang.
	2.	Konten Teks	Keterangan berupa kalimat konfirmasi untuk menutup aplikasi.
	3.	Tombol Ya	Sebuah tombol navigasi yang menyatakan bahwa <i>user</i> setuju untuk menutup aplikasi.
	4.	Tombol Kembali	Sebuah tombol navigasi pada bagian bawah <i>pop-up</i> halaman keluar yang jika ditekan akan mengembalikan pada halaman utama dan halaman pindai.

### c. Source Code

#### Scene to scene navigation

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using DG.Tweening;

public class UImanager : MonoBehaviour {

    public RectTransform menu_dialog, menu_btn, guide_btn, exit_dialog, guide_dialog, about_dialog, dev_dialog, spv_dialog, firealarm;
    public GameObject btn_play, btn_stop, fire_alarm;
    public Animator animpanel;
    // Use this for initialization

    void Start () {
        btn_play.SetActive(true);
        btn_stop.SetActive(false);
    }
    public void fire_btn()
    {
        menu_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
        guide_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
        menu_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
;
        exit_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
;
        guide_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
);
        about_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
);
        dev_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
        spv_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
        firealarm.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
    }
    public void menuButton()
```

```

{
    menu_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
    guide_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
);
    guide_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
    menu_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
}
public void guideButton()
{
    guide_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
    guide_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
}
public void aboutButton()
{
    menu_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
;
    about_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.50f);
    menu_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);

}
public void kembaliButton()
{
    menu_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
    guide_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
    menu_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
;
    exit_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
;
    guide_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
);
    about_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
);
    dev_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
    spv_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
}
public void dev_btn()
{
    about_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
);
    dev_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
    spv_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
}
public void spv_btn()

```

```

    {
        about_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f
    );
        dev_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
        spv_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.25f);
    }
    public void exit_btn()
    {
        menu_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f)
;
        exit_dialog.DOAnchorPos(new Vector2(0,0), 0.50f);
        menu_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
        guide_btn.DOAnchorPos(new Vector2(0,1000), 0.25f);
    }
    public void exit_finalbtn()
    {
        Application.Quit();
    }
    public void play_btn(bool clicked)
    {
        if (clicked == true)
        {
            animpanel.Play("loop");
            btn_play.SetActive(false);
            btn_stop.SetActive(true);

        }

    }

    public void stop_btn(bool clicked)
    {
        if (clicked == true)
        {
            animpanel.Play("setup");
            btn_play.SetActive(true);
            btn_stop.SetActive(false);

        }

    }

    public void reset_btn()

```

```

    {
        Application.LoadLevel(Application.loadedLevel);
    }
    // Update is called once per frame
    void Update () {

    }
}

```

#### Auto Focus Cametra Code

```

using UnityEngine;
using System.Collections;
using Vuforia;

public class CameraFocusController : MonoBehaviour {

    private bool mVuforiaStarted = false;

    void Start ()
    {
        VuforiaARController vuforia = VuforiaARController.Instance;

        if (vuforia != null)
            vuforia.RegisterVuforiaStartedCallback(StartAfterVuforia);
    }

    private void StartAfterVuforia()
    {
        mVuforiaStarted = true;
        SetAutofocus();
    }

    void OnApplicationPause(bool pause)
    {
        if (!pause)
        {

```

```

        // App resumed
        if (mVuforiaStarted)
        {
            // App resumed and vuforia already started
            // but lets start it again...
            SetAutofocus(); // This is done because some
// android devices lose the auto focus after resume
            // this was a bug in vuforia 4 and 5. I haven't
// checked 6, but the code is harmless anyway
        }
    }

    private void SetAutofocus()
    {
        if (CameraDevice.Instance.SetFocusMode(CameraDevice
.FocusMode.FOCUS_MODE_CONTINUOUSAUTO))
        {
            Debug.Log("Autofocus set");
        }
        else
        {
            // never actually seen a device that doesn't su
pport this, but just in case
            Debug.Log("this device doesn't support auto foc
us");
        }
    }
}

```

### Lampiran 3. Lembar Observasi

## LEMBAR OBSERVASI

### Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis *Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi Sistem Tenaga Listrik

#### A. Tujuan Observasi

Observasi dilaksanakan untuk mengetahui proses kegiatan pembelajaran di kelas, perangkat pembelajaran yang digunakan, hingga bahan ajar pendukung kegiatan pembelajaran. Observasi dilaksanakan untuk mendapatkan data yang akan digunakan sebagai studi pendahuluan pengembangan Modul Diklat Teknis Inspeksi Sistem Tenaga Listrik. Observasi dilaksanakan dengan cara mewawancarai pembimbing lapangan, dalam hal ini diwakilkan dari pengajar diklat/ Widyaiswara PPSDM KEBTKE.

#### B. Aspek yang Diamati

No.	Aspek	Indikator	Deskripsi
1.	Perangkat Pembelajaran Diklat	a. Silabus	Kursil diklat yg memuat mata diklat, tujuan, prasarana, dan teknis diklat.
		b. Rencana pembelajaran mata diklat	Tidak ada RPPM, hanya ada kursil yang sangat sederhana.
		c. Bahan ajar	- Power point presentation - Modul diklat (dalam bentuk softfile) Dan ada yang belum update.

No.	Aspek	Indikator	Deskripsi
2.	Bahan Ajar	a. Penggunaan bahan ajar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pembagian ppt (softfile) dan modul (softfile)</li> <li>- Sebagai penunjang diklat dan ujian.</li> </ul>
		b. Bentuk bahan ajar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ppt dan modul dalam bentuk softcopy, tidak dicetak</li> <li>- modul sangat sederhana, kurang menarik dibaca</li> </ul>
3.	Kegiatan Pembelajaran	a. Capaian kompetensi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pada Kursi No.3, Peserta diklat diharapkan mampu memahami prosedur Inspeksi fisik PLTS</li> <li>- kurang detail / rinci</li> </ul>
		b. Metode mengajar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pembelajaran klasikal</li> <li>- Diskusi</li> <li>- Ceramah</li> <li>- Tanya jawab</li> <li>- Praktik.</li> </ul>
		c. Proses pembelajaran peserta diklat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mencatat paparan materi hasil presentasi pengajar pada ppt.</li> <li>- Tanya jawab, problem lapangan.</li> </ul>
		d. Efektifitas penggunaan waktu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kelas 2-4 hari</li> <li>- kelas, lapangan, ujian.</li> <li>- waktu yang padat membuat peserta susah belajar ser mandiri.</li> </ul>

No.	Aspek	Indikator	Deskripsi
		e. Motivasi peserta diklat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Belajar mandiri melalui Ppt dan modul yang dibenkan (softcopy)</li> <li>- Kurang tertarik dg modul</li> </ul>

**Catatan/Saran:**

Waktu diklat yang padat, dibutuhkan referensi belajar yang sesuai, baik, dan menarik.

Jakarta, 12 Agustus 2019

Penyamping Lapangan,



*[Signature]*  
198605262010121001

Daftar Pertanyaan:

**No. Pertanyaan**

1. Bagaimana pelaksanaan kegiatan pembelajaran diklat jika dilihat dari aspek proses pembelajaran hingga respon peserta diklat?
2. Kesulitan apakah yang sering terjadi pada saat pelaksanaan pembelajaran diklat?
3. Media pembelajaran apa saja yang digunakan dalam penyampaian materi?
4. Menurut Bapak/ Ibu, media pembelajaran seperti apa yang sesuai digunakan untuk menyampaikan materi diklat?
5. Apabila Bapak/ Ibu mengembangkan media atau bahan ajar, media atau bahan ajar seperti apa yang Bapak/ Ibu inginkan?

**No. Jawaban Pertanyaan**

1. Kelas berjalan lancar. proses pembelajaran yang dibangun sudah cukup baik dengan sesi tanya jawab yang selalu ditunggu dan peserta antusias.
2. Permasalahan minor seperti peserta diklat yang baru menanganinya bidang ketenagalistrikan. Tingkat kelancaran pemahaman materi berbeda. Dibutuhkan waktu belajar yang lebih.
3. Power point presentation (ppt) dan modul diklat, referensi lain dari peraturan PLN atau pemerintahan.
4. Media yang menarik minat peserta diklat untuk membuka dan mempelajarinya, dan dapat digunakan sebagai sumber belajar mandiri di luar kelas diklat.

No. Jawaban Pertanyaan

5. - Media yang dapat membedakan gambaran secara jelas, terkait suatu materi atau dipadukan dengan media penyampaian informasi yang lain.
- Media yang mampu membuat peserta fokus dan sibuk dengan media itu sendiri.

Jakarta, 12 Agustus 2019

Retno Hing Lapangan,



Budi Setyawan

NIP. 1986 05 26 2010 12 1001

#### Lampiran 4. Hasil Validitas dan Reliabel Instrumen

##### a. Hasil Validitas Angket oleh Ahli Instrumen

### **SURAT PERNYATAAN VALIDASI INSTRUMEN PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Edy Supriyadi, M.Pd.  
NIP : 19611003 198703 1 002  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa instrumen penelitian TAS atas nama mahasiswa:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru  
Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis  
*Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Setelah dilakukan kajian atas instrumen penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

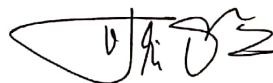
- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan catatan dan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 7 November 2019

Validator,



Dr. Edy Supriyadi, M.Pd.  
NIP. 19611003 198703 1 002

Catatan:

☐ Beri tanda ✓

### HASIL VALIDASI INSTRUMEN PENELITIAN TAS

Nama : Edwin Sukandung  
 NIM : 15501244008  
 Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
 Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis *Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi Sistem Tenaga Listrik

No.	Variabel	Saran/Tanggapan
1.	Kejelasan Konsep	①. Perlu diperjelas, yg dikembangkan itu modul atau media pembelajaran
2.	Kisi - Kisi	①. Kisi-kisi yg berkaitan dg media dan materi perlu diteliti dg baik → Perbaiki
3.	Bentuk	②. Lebih spesifik ke modul, dan media (ada 2 komponen utama) → Lihat Catatan pd Instrumen 1
		③. Instrumen disusun sendiri atau adopsi/adaptasi dari instrumen yg sudah ada?
Komentar Umum/Lain-lain: Selanjutnya Umum meniadai.		

Yogyakarta, 7 November 2019

Validator,



Dr. Edy Supriyadi, M.Pd.

NIP. 19611003 198703 1 002

**SURAT PERNYATAAN VALIDASI  
INSTRUMEN PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prof. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.  
NIP : 19600529 198403 1 003  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa instrumen penelitian TAS atas nama mahasiswa:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru  
Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis  
*Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Setelah dilakukan kajian atas instrumen penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan catatan dan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 7 November 2019

Validator,



Prof. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.  
NIP. 19600529 198403 1 003

Catatan:

☐ Beri tanda ✓

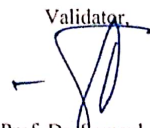
# HASIL VALIDASI INSTRUMEN PENELITIAN TAS

Nama : Edwin Sukandung  
 NIM : 15501244008  
 Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
 Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis *Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi Sistem Tenaga Listrik

No.	Variabel	Saran/Tanggapan
		1. Ciri kepala batu dlm. perulangan
		2. H. dari batu berulap dlm. perulangan
		3. Guna pola batu perulangan yg sama
		4. Guna batu/istilah tidak musti interpretasi
		5. Perbaiki: salah kekh
Komentar Umum/Lain-lain: lihat instruksi		

Yogyakarta, 7 November 2019

Validator



Prof. Dr. Samsul Hadi, M.Pd., M.T.  
 NIP. 19600529 198403 1 003

b. Hasil Validasi Ahli Materi

No Kode :

ANGKET AHLI MATERI



PENGEMBANGAN MODUL INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU  
TERBARUKAN (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS  
*AUGMENTED REALITY* GUNA Mendukung DIKLAT TEKNIS INSPEKSI  
SISTEM TENAGA LISTRIK

IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Toto Susno  
Instansi/lembaga :  
Status : ☒ Dosen ☐ Guru

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2019

### PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon kesediaan bapak/ibu untuk memberikan penilaian terhadap modul inspeksi fisik instalasi energi baru terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) berbasis *Augmented Reality* yang telah saya buat sesuai dengan kriteria yang telah termuat di dalam angket penelitian.
2. Angket terdiri atas 5 (enam) aspek yaitu : aspek *self instructional*, aspek *self contained*, aspek *independent*, aspek *self assessed*, dan aspek *user friendly*.
3. Berilah tanda centang ( ✓ ) pada hasil uji yang sesuai dengan pendapat anda!

Pilihan jawaban sebagai berikut.

- 1 : Tidak Setuju
- 2 : Kurang Setuju
- 3 : Setuju
- 4 : Sangat Setuju

Contoh:

No	Prosedur	Jawaban
1	Materi modul diklat disusun secara runtut	<input checked="" type="radio"/> ① <input type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④

4. Apabila terdapat kesalahan saat mengisi kolom angket, maka berilah tanda sama dengan (=) pada kolom jawaban yang akan diganti dan memberikan tanda centang ( ✓ ) pada kolom yang anda anggap benar!

Contoh:

No	Prosedur	Jawaban
1	Materi modul diklat disusun secara runtut	<input type="radio"/> ① <input checked="" type="radio"/> ② <input type="radio"/> ③ <input type="radio"/> ④

**A. Self Instructional**

No	Prosedur	Jawaban
1	Materi dalam modul diklat mendorong keaktifan belajar peserta diklat.	① ② ③✓ ④
2	Gambar dan ilustrasi lain dalam materi menambah minat belajar peserta diklat.	① ②✓ ③ ④
3	Gambar dan ilustrasi lain dalam materi meningkatkan pemahaman peserta diklat terhadap materi yang dipelajari.	① ②✓ ③ ④
4	Soal dan latihan meningkatkan kreativitas peserta didik.	① ②✓ ③ ④
5	Soal dan latihan menambah keaktifan belajar peserta diklat.	① ②✓ ③ ④
6	Soal dan latihan dalam modul, menambah pemahaman peserta diklat terhadap materi yang dipelajari.	① ②✓ ③ ④
7	Rangkuman materi meningkatkan pemahaman peserta diklat.	① ② ③✓ ④
8	Modul diklat menambah motivasi belajar peserta diklat.	① ②✓ ③ ④

**B. Self Contained**

No	Prosedur	Jawaban
9	Modul memuat materi sesuai judul diklat secara menyeluruh.	① ② ③✓ ④
10	Materi tiap bab dalam modul diklat disajikan secara khusus.	① ②✓ ③ ④
11	Materi dalam modul diklat disajikan secara runtut.	① ② ③✓ ④
12	Tujuan pembelajaran pada modul diklat sesuai dengan kurikulum dan silabus diklat.	① ② ③✓ ④
13	Materi tiap bab dalam modul diklat sesuai dengan tujuan diklat.	① ② ③✓ ④
14	Rangkuman materi tersedia dalam modul diklat.	① ② ③✓ ④
15	Rangkuman sesuai dengan materi setiap bab pada modul diklat.	① ② ③✓ ④
16	Rangkuman disusun secara jelas berdasarkan materi dalam modul diklat.	① ② ③✓ ④
17	Terdapat soal dan latihan untuk menguji pemahaman materi dalam diklat.	① ② ③✓ ④
18	Soal dan latihan disusun sesuai dengan materi dalam modul diklat.	① ② ③✓ ④
19	Terdapat daftar pustaka dalam modul diklat.	① ② ③✓ ④
20	Referensi muatan materi merujuk pada sumber pustaka yang jelas.	① ② ③✓ ④

**C. Independent**

No	Prosedur	Jawaban
21	Modul dapat digunakan tanpa media cetak lain.	(1) (2) (3) (4)
22	Soal dan latihan dalam modul dapat diselesaikan tanpa bantuan bahan ajar lain.	(1) (2) (3) (4)
23	Modul dapat digunakan tanpa bahan ajar audio dan atau video lain.	(1) (2) (3) (4)
24	Modul tidak dapat digunakan tanpa bantuan media interaktif lain.	(1) (2) (3) (4)

**D. Self Assessed**

No	Prosedur	Jawaban
25	Terdapat tes pemahaman materi yang memungkinkan peserta diklat mengetahui penguasaan materi.	(1) (2) (3) (4)
26	Tes pemahaman materi memiliki tingkat kesulitan yang berbeda.	(1) (2) (3) (4)
27	Tes pemahaman dalam modul tidak sesuai dengan materi yang disampaikan	(1) (2) (3) (4)

**E. User Friendly**

No	Prosedur	Jawaban
28	Modul mudah untuk digunakan	(1) (2) (3) (4)
29	Instruksi dalam modul memudahkan pengguna dalam menggunakan modul	(1) (2) (3) (4)
30	Istilah-istilah dalam modul mudah dipahami	(1) (2) (3) (4)

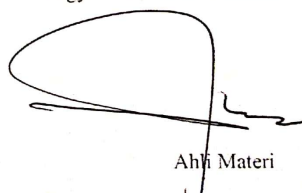
Setelah dilakukan kajian, media pembelajaran tersebut dapat dinyatakan:

- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

Catatan/Saran:

Mohon untuk lebih peninjauan kembali 2, & perbaikan lagi.

Yogyakarta, .....

  
 Ahli Materi

**SURAT PERNYATAAN VALIDASI  
MATERI PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Toto Sukisno, S.Pd., M.Pd.  
NIP : 19740828 200112 1 005  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa materi penelitian TAS atas nama mahasiswa:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru  
Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis  
*Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Setelah dilakukan kajian atas materi penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

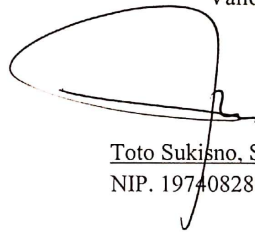
- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan catatan dan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, November 2019

Validator,



Toto Sukisno, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 19740828 200112 1 005

Catatan:

☐ Beri tanda ✓

No Kode :

ANGKET AHLI MATERI



PENGEMBANGAN MODUL INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU  
TERBARUKAN (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS  
*AUGMENTED REALITY* GUNA Mendukung DIKLAT TEKNIS INSPEKSI  
SISTEM TENAGA LISTRIK

IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Alex. S.J. Wachana  
Instansi/lembaga : PT UNY  
Status : ☒ Dosen ☐ Guru

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2019

### PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon kesediaan bapak/ibu untuk memberikan penilaian terhadap modul inspeksi fisik instalasi energi baru terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) berbasis *Augmented Reality* yang telah saya buat sesuai dengan kriteria yang telah termuat di dalam angket penelitian.
2. Angket terdiri atas 5 (enam) aspek yaitu : aspek *self instructional*, aspek *self contained*, aspek *independent*, aspek *self assessed*, dan aspek *user friendly*.
3. Berilah tanda centang (✓) pada hasil uji yang sesuai dengan pendapat anda!

Pilihan jawaban sebagai berikut.

- 1 : Tidak Setuju
- 2 : Kurang Setuju
- 3 : Setuju
- 4 : Sangat Setuju

Contoh:

No	Prosedur	Jawaban
1	Materi modul diklat disusun secara runtut	✓ ② ③ ④

4. Apabila terdapat kesalahan saat mengisi kolom angket, maka berilah tanda sama dengan (=) pada kolom jawaban yang akan diganti dan memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang anda anggap benar!

Contoh:

No	Prosedur	Jawban
1	Materi modul diklat disusun secara runtut	<del>1</del> ✓ ③ ④

**A. Self Instructional**

No	Prosedur	Jawaban
1	Materi dalam modul diklat mendorong keaktifan belajar peserta diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
2	Gambar dan ilustrasi lain dalam materi menambah minat belajar peserta diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
3	Gambar dan ilustrasi lain dalam materi meningkatkan pemahaman peserta diklat terhadap materi yang dipelajari.	(1) (2) (3) (4) ✓
4	Soal dan latihan meningkatkan kreativitas peserta didik.	(1) (2) (3) (4) ✓
5	Soal dan latihan menambah keaktifan belajar peserta diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
6	Soal dan latihan dalam modul, menambah pemahaman peserta diklat terhadap materi yang dipelajari.	(1) (2) (3) (4) ✓
7	Rangkuman materi meningkatkan pemahaman peserta diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
8	Modul diklat menambah motivasi belajar peserta diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓

**B. Self Contained**

No	Prosedur	Jawaban
9	Modul memuat materi sesuai judul diklat secara menyeluruh.	(1) (2) (3) (4) ✓
10	Materi tiap bab dalam modul diklat disajikan secara khusus.	(1) (2) (3) (4) ✓
11	Materi dalam modul diklat disajikan secara runtut.	(1) (2) (3) (4) ✓
12	Tujuan pembelajaran pada modul diklat sesuai dengan kurikulum dan silabus diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
13	Materi tiap bab dalam modul diklat sesuai dengan tujuan diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
14	Rangkuman materi tersedia dalam modul diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
15	Rangkuman sesuai dengan materi setiap bab pada modul diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
16	Rangkuman disusun secara jelas berdasarkan materi dalam modul diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
17	Terdapat soal dan latihan untuk menguji pemahaman materi dalam diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
18	Soal dan latihan disusun sesuai dengan materi dalam modul diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
19	Terdapat daftar pustaka dalam modul diklat.	(1) (2) (3) (4) ✓
20	Referensi muatan materi merujuk pada sumber pustaka yang jelas.	(1) (2) (3) (4) ✓

C. *Independent*

No	Prosedur	Jawaban
21	Modul dapat digunakan tanpa media cetak lain.	(1) (2) (3) (4) ✓
22	Soal dan latihan dalam modul dapat diselesaikan tanpa bantuan bahan ajar lain.	(1) (2) (3) (4) ✓
23	Modul dapat digunakan tanpa bahan ajar audio dan atau video lain.	(1) (2) (3) (4) ✓
24	Modul tidak dapat digunakan tanpa bantuan media interaktif lain.	(1) (2) (3) (4) ✓

D. *Self Assessed*

No	Prosedur	Jawaban
25	Terdapat tes pemahaman materi yang memungkinkan peserta diklat mengetahui penguasaan materi.	(1) (2) (3) (4) ✓
26	Tes pemahaman materi memiliki tingkat kesulitan yang berbeda.	(1) (2) (3) (4) ✓
27	Tes pemahaman dalam modul tidak sesuai dengan materi yang disampaikan	(1) (2) (3) (4) ✓

E. *User Friendly*

No	Prosedur	Jawaban
28	Modul mudah untuk digunakan	(1) (2) (3) (4) ✓
29	Instruksi dalam modul memudahkan pengguna dalam menggunakan modul	(1) (2) (3) (4) ✓
30	Istilah-istilah dalam modul mudah dipahami	(1) (2) (3) (4) ✓

Setelah dilakukan kajian, media pembelajaran tersebut dapat dinyatakan:

- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

Catatan/Saran:

Sedikit kearahkan modul ini sudah baik, beberapa hal  
 terkait yg yang perlu diarahkan lihat pada lembar hasil validasi  
 Materi Pendidikan TIK

Yogyakarta, Desember 2019



Ahli Materi

**SURAT PERNYATAAN VALIDASI  
MATERI PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ir. Alex Sandria Jaya Wardhana, M.Eng.  
NIP : 19890609 201803 1 001  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa materi penelitian TAS atas nama mahasiswa:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru  
Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis  
*Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Setelah dilakukan kajian atas materi penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan catatan dan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, November 2019

Validator,



Ir. Alex Sandria Jaya Wardhana, M.Eng.  
NIP. 19890609 201803 1 001


Catatan:

☐ Beri tanda ✓

c. Hasil Validasi Ahli Media

No Kode :

**ANGKET AHLI MEDIA**



**PENGEMBANGAN MODUL INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU  
TERBARUKAN (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS  
AUGMENTED REALITY GUNA MENDUKUNG DIKLAT TEKNIS INSPEKSI  
SISTEM TENAGA LISTRIK**

**IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : ..... Ariadie Chandra Nugraha .....

Instansi/lembaga : ..... UNY .....

Status : ☒ Dosen ☐ Guru

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2019**

### PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon kesediaan bapak/ibu untuk memberikan penilaian terhadap modul inspeksi fisik instalasi energi baru terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) berbasis *Augmented Reality* yang telah saya buat sesuai dengan kriteria yang telah termuat di dalam angket penelitian.
2. Angket terdiri atas 7 (tujuh) aspek yaitu : format, sistematika dan tata letak, daya tarik, pemilihan jenis huruf, ruang, keajekan atau keteraturan, dan teknologi *augmented reality*.
3. Berilah tanda centang (✓) pada hasil uji yang sesuai dengan pendapat anda!

Pilihan jawaban sebagai berikut.

- 1 : Tidak Setuju
- 2 : Kurang Setuju
- 3 : Setuju
- 4 : Sangat Setuju

Contoh:

No	Prosedur	Jawaban
1	Materi modul diklat disusun secara runtut	✓ ② ③ ④

4. Apabila terdapat kesalahan saat mengisi kolom angket, maka berilah tanda sama dengan (=) pada kolom jawaban yang akan diganti dan memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang anda anggap benar!

Contoh:

No	Prosedur	Jawban
1	Materi modul diklat disusun secara runtut	<del>1</del> ✓ ③ ④

#### A. Format

No	Prosedur	Jawaban
1	Ukuran tabel disajikan secara proporsional sesuai <i>margin</i> kertas	① ② ③ ④✓
2	Ukuran <i>margin</i> kertas yang digunakan proporsional	① ② ③ ④✓
3	Tata letak tiap paragraf proporsional sesuai <i>margin</i> kertas	① ② ③✓ ④

#### B. Sistematika dan Tata Letak

No	Prosedur	Jawaban
4	Gambar disusun secara runtut	① ② ③✓ ④
5	Tabel disusun secara runtut	① ② ③ ④✓
6	Ilustrasi disusun secara runtut	① ② ③✓ ④
7	Modul diklat memuat deskripsi singkat modul, petunjuk penggunaan modul, peta kedudukan modul, manfaat modul, tujuan pelatihan, materi, rangkuman, latihan soal, evaluasi, glosarium, daftar pustaka.	① ② ③ ④✓
8	Ilustrasi peta kedudukan modul mudah dipahami	① ② ③✓ ④
9	Materi modul diklat disusun secara runtut	① ② ③ ④✓
10	Susunan antarparagraf sistematis	① ② ③ ④✓
11	Susunan antarbab sistematis	① ② ③ ④✓

#### C. Daya Tarik

No	Prosedur	Jawaban
12	Desain sampul modul diklat menarik	① ② ③ ④✓
13	Desain isi modul diklat menarik	① ② ③ ④✓
14	Keterpaduan antara pemilihan warna dengan tema modul diklat menarik	① ② ③ ④✓

#### D. Pemilihan Jenis Huruf

No	Prosedur	Jawaban
15	Jenis huruf yang digunakan mudah dibaca	① ② ③ ④✓
16	Ukuran huruf yang digunakan mudah dibaca	① ② ③ ④✓
17	Warna huruf yang digunakan mudah dibaca	① ② ③ ④✓
18	Ukuran huruf yang digunakan proporsional	① ② ③✓ ④

#### E. Ruang

No	Prosedur	Jawaban			
19	Ruang spasi kosong pada desain sampul proporsional	①	②	③	④ ✓
20	Ruang spasi kosong di dalam modul diklat proporsional	①	②	③ ✓	④
21	Ukuran spasi antarbaris modul diklat proporsional	①	②	③ ✓	④
22	Ukuran spasi antarparagraf modul diklat proporsional	①	②	③ ✓	④

#### F. Keajekan atau Keteraturan

No	Prosedur	Jawaban			
23	Pemilihan desain dalam materi modul diklat konsisten	①	②	③	④ ✓
24	Pemilihan jenis huruf pada modul diklat konsisten	①	②	③	④ ✓
25	Tata letak teks pada modul diklat konsisten	①	②	③ ✓	④
26	Tata letak gambar pada modul diklat konsisten	①	②	③ ✓	④
27	Tata letak tabel pada modul diklat konsisten	①	②	③ ✓	④
28	Gambar-gambar dalam modul diklat memiliki ukuran yang konsisten	①	②	③	④ ✓
29	Tabel pada modul diklat memiliki ukuran yang konsisten	①	②	③	④ ✓

#### G. Teknologi *Augmented Reality*

No	Prosedur	Jawaban			
30	Aplikasi i2P dapat terpasang pada <i>smartphone</i> android dengan minimal versi 4.0 ( <i>Ice Cream Sandwich</i> ).	①	②	③	④ ✓
31	Logo aplikasi i2P muncul dan tampil pada layar <i>smartphone</i> android setelah terpasang.	①	②	③	④ ✓
32	Aplikasi i2P dapat dibuka.	①	②	③	④ ✓
33	Muncul <i>splash screen</i> berupa logo Unity 3D dan logo i2P saat memulai aplikasi.	①	②	③	④ ✓
34	Muncul menu utama berupa kamera untuk memindai <i>marker</i> .	①	②	③	④ ✓
35	Kamera dalam aplikasi i2P dapat memindai <i>marker</i> pada modul.	①	②	③	④ ✓
36	Menggerak-gerakan <i>smartphone</i> saat memindai <i>marker</i> dan telah muncul objek 3D, objek 3D tidak berpindah dari lokasi muncul.	①	②	③	④ ✓
37	Menggerak-gerakan <i>smartphone</i> saat memindai <i>marker</i> dan telah muncul objek 3D, objek 3D tidak berubah posisi.	①	②	③	④ ✓

Scanned with

**SURAT PERNYATAAN VALIDASI  
MEDIA PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ariadie Chandra Nugraha, M.T.  
NIP : 19770913 200501 1 002  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa media penelitian TAS atas nama mahasiswa:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru  
Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis  
*Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Setelah dilakukan kajian atas media penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

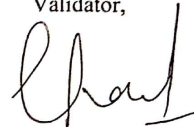
- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan catatan dan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 November 2019

Validator,



Ariadie Chandra Nugraha, M.T.  
NIP. 19770913 200501 1 002

Catatan:

- ☐ Beri tanda ✓

No Kode :

ANGKET AHLI MEDIA



PENGEMBANGAN MODUL INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU  
TERBARUKAN (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS  
*AUGMENTED REALITY* GUNA Mendukung DIKLAT TEKNIS INSPEKSI  
SISTEM TENAGA LISTRIK

IDENTITAS RESPONDEN

Nama : ..... DIDIK HARIYANTO .....  
Instansi/lembaga : ..... FT UNY .....  
Status : ☒ Dosen ☐ Guru

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2019

**A. Format**

No	Prosedur	Jawaban			
1	Ukuran tabel disajikan secara proporsional sesuai <i>margin</i> kertas	①	②	③	④ ✓
2	Ukuran <i>margin</i> kertas yang digunakan proporsional	①	②	③	④ ✓
3	Tata letak tiap paragraf proporsional sesuai <i>margin</i> kertas	①	②	③	④ ✓

**B. Sistematika dan Tata Letak**

No	Prosedur	Jawaban			
4	Gambar disusun secara runtut	①	②	③	④ ✓
5	Tabel disusun secara runtut	①	②	③	④ ✓
6	Ilustrasi disusun secara runtut	①	②	③	④ ✓
7	Modul diklat memuat deskripsi singkat modul, petunjuk penggunaan modul, peta kedudukan modul, manfaat modul, tujuan pelatihan, materi, rangkuman, latihan soal, evaluasi, glosarium, daftar pustaka.	①	②	③	④ ✓
8	Ilustrasi peta kedudukan modul mudah dipahami	①	②	③	④ ✓
9	Materi modul diklat disusun secara runtut	①	②	③ ✓	④
10	Susunan antarparagraf sistematis	①	②	③	④ ✓
11	Susunan antarbab sistematis	①	②	③	④ ✓

**C. Daya Tarik**

No	Prosedur	Jawaban			
12	Desain sampul modul diklat menarik	①	②	③	④ ✓
13	Desain isi modul diklat menarik	①	②	③	④ ✓
14	Keterpaduan antara pemilihan warna dengan tema modul diklat menarik	①	②	③ ✓	④

**D. Pemilihan Jenis Huruf**

No	Prosedur	Jawaban			
15	Jenis huruf yang digunakan mudah dibaca	①	②	③	④ ✓
16	Ukuran huruf yang digunakan mudah dibaca	①	②	③	④ ✓
17	Warna huruf yang digunakan mudah dibaca	①	②	③ ✓	④
18	Ukuran huruf yang digunakan proporsional	①	②	③ ✓	④

38 Menggerak-gerakan *smartphone* saat memindai  
marker dan telah muncul objek 3D, objek 3D  
menampilkan tampilan yang stabil. ① ② ③ ④

Setelah dilakukan kajian, media pembelajaran tersebut dapat dinyatakan:

- ☒ Layak digunakan untuk penelitian
- ☒ Layak digunakan dengan perbaikan
- ☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

Catatan/Saran:

- Masih ada cukup banyak salah ketik, salah pemilihan spasi (tidak  
ajeg)
- pembuatan tabel sebaiknya menggunakan line spacing yg  
lebih kecil sehingga lebih menghemat tempat!
- yg menjadi cukup menarik di modul ini adalah adanya  
AR, sebaiknya diperbanyak!  
saya melihat cuma ada 2.

Yogyakarta, ... 2 DESEMBER 2019

Ahli Media

**SURAT PERNYATAAN VALIDASI  
MEDIA PENELITIAN TUGAS AKHIR SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Didik Hariyanto, M.T.  
NIP : 19770502 200312 1 001  
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

menyatakan bahwa media penelitian TAS atas nama mahasiswa:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul TAS : Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru  
Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis  
*Augmented Reality* Guna Mendukung Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Setelah dilakukan kajian atas media penelitian TAS tersebut dapat dinyatakan:

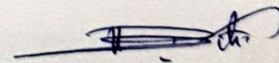
- ☐ Layak digunakan untuk penelitian  
☒ Layak digunakan dengan perbaikan  
☐ Tidak layak digunakan untuk penelitian yang bersangkutan

dengan catatan dan saran/perbaikan sebagaimana terlampir.

Demikian agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, November 2019

Validator,



Didik Hariyanto, M.T.  
NIP. 19770502 200312 1 001

Catatan:

☐ Beri tanda ✓

d. Hasil Respon Peserta Diklat

No Kode : 1

ANGKET RESPON PENILAIAN PESERTA DIKLAT



PENGEMBANGAN MODUL INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU  
TERBARUKAN (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS  
*AUGMENTED REALITY* GUNA MENDUKUNG DIKLAT TEKNIS INSPEKSI  
SISTEM TENAGA LISTRIK

IDENTITAS RESPONDEN

Nama : HERU ERDIANTO, ST  
Nomor Presensi : .....

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2019

### PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon kesediaan Saudara untuk memberikan penilaian terhadap aplikasi dan modul inspeksi fisik instalasi energi baru terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) berbasis *Augmented Reality* yang telah peneliti buat sesuai dengan kriteria yang telah termuat di dalam angket penelitian.
2. Angket terdiri atas 5 (lima) aspek yaitu: aspek standar isi dalam modul, aspek standar penyajian dalam modul, aspek standar grafik dalam modul, aspek standar bahasa penulisan dalam modul, dan aspek aplikasi dan teknologi *augmented reality*.
3. Berilah tanda centang (✓) pada hasil uji yang sesuai dengan pendapat anda!  
**Pilihan jawaban sebagai berikut.**

- 1 : Tidak Setuju
- 2 : Kurang Setuju
- 3 : Setuju
- 4 : Sangat Setuju

Contoh:

No	Prosedur	Jawaban
1	Tata letak tulisan sudah tepat.	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4

4. Apabila terdapat kesalahan saat mengisi kolom angket, maka berilah tanda sama dengan (=) pada kolom jawaban yang akan diganti dan memberikan tanda centang (✓) pada kolom yang anda anggap benar!

Contoh:

No	Prosedur	Jawaban
1	Tata letak tulisan sudah tepat.	<del>1</del> <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4

#### A. Standar Isi dalam Modul

No	Prosedur	Jawaban
1	Modul diklat memuat kurikulum dan silabus diklat.	① ② ③ ④
2	Modul diklat memuat materi yang sesuai dengan kurikulum dan silabus diklat.	① ② ③ ④
3	Materi dalam modul diklat sesuai dengan tujuan pelatihan.	① ② ③ ④
4	Manfaat modul diklat sesuai dengan tujuan diklat.	① ② ③ ④
5	Modul diklat sesuai dengan indikator hasil pelatihan.	① ② ③ ④
6	Modul diklat disusun menggunakan simbol atau satuan yang konsisten.	① ② ③ ④
7	Modul diklat memuat indikator hasil pelatihan bagi peserta diklat.	① ② ③ ④
8	Modul diklat memuat tujuan pelatihan bagi peserta diklat.	① ② ③ ④
9	Modul diklat meningkatkan interaksi antar peserta diklat.	① ② ③ ④
10	Modul diklat membantu peserta diklat terkait materi inspeksi fisik instalasi pada PLTS.	① ② ③ ④

#### B. Standar Penyajian dalam Modul

No	Prosedur	Jawaban
11	Modul diklat memuat deskripsi singkat modul secara jelas.	① ② ③ ④
12	Modul diklat memuat petunjuk penggunaan modul secara jelas.	① ② ③ ④
13	Peta kedudukan modul sesuai dengan materi yang disajikan.	① ② ③ ④
14	Modul diklat memuat manfaat penggunaan modul secara jelas.	① ② ③ ④
15	Tujuan pelatihan dicantumkan secara jelas.	① ② ③ ④
16	Rangkuman mudah dipahami.	① ② ③ ④
17	Soal dan latihan pada modul menarik untuk dikerjakan.	① ② ③ ④
18	Terdapat glosarium dan mudah dipahami.	① ② ③ ④
19	Materi pelatihan dalam modul diuraikan secara sistematis.	① ② ③ ④
20	Terdapat ilustrasi guna mendukung materi pelatihan.	① ② ③ ④
21	Materi dalam modul meningkatkan pemahaman peserta diklat.	① ② ③ ④
22	Materi dalam modul membantu memudahkan peserta diklat untuk mengerjakan soal dan latihan yang tersedia.	① ② ③ ④
23	Terdapat sumber rujukan gambar dan ilustrasi lain yang digunakan dalam modul.	① ② ③ ④

24	Materi dihimpun dari sumber belajar yang jelas dan terpercaya.	①	②	③	④
----	--	---	---	---	---

### C. Standar Grafik dalam Modul

No	Prosedur	Jawaban			
25	Modul diklat memiliki desain tampilan yang menarik	①	②	③	④
26	Tata letak gambar dan ilustrasi tertata rapi dan nyaman dilihat.	①	②	③	④
27	Gambar dan ilustrasi sangat membantu mempermudah penguasaan materi.	①	②	③	④
28	Gambar dan ilustrasi menarik.	①	②	③	④
29	Pemilihan warna pada gambar dan ilustrasi nyaman dilihat.	①	②	③	④
30	Komposisi warna pada keseluruhan modul diklat sudah tepat.	①	②	③	④
31	Gambar dan ilustrasi memiliki ukuran yang proporsional.	①	②	③	④
32	Ukuran gambar dan ilustrasi terlalu kecil, sehingga sulit dimengerti.	①	②	③	④

### D. Standar Bahasa Penulisan dalam Modul

No	Prosedur	Jawaban			
33	Tulisan pada modul diklat terbaca dengan jelas.	①	②	③	④
34	Tata letak tulisan sudah tepat.	①	②	③	④
35	Tulisan memudahkan pembaca untuk belajar.	①	②	③	④
36	Jenis huruf pada modul diklat sudah tepat.	①	②	③	④
37	Ukuran huruf pada modul diklat proporsional.	①	②	③	④
38	Tulisan pada modul diklat menggunakan ejaan dan kalimat yang baku.	①	②	③	④
39	Pemakaian bahasa yang mudah dimengerti.	①	②	③	④

### E. Aplikasi dan Teknologi Augmented Reality

No	Prosedur	Jawaban			
40	Teknologi <i>augmented reality</i> memberikan pengalaman belajar yang baru.	①	②	③	④
41	Teknologi <i>augmented reality</i> menarik untuk dioperasikan.	①	②	③	④
42	Modul Inspeksi berbasis <i>augmented reality</i> ini menumbuhkan kebersamaan dalam belajar.	①	②	③	④
43	Teknologi <i>augmented reality</i> meningkatkan motivasi untuk belajar.	①	②	③	④

44 Proses belajar lebih menarik dengan adanya teknologi *augmented reality* berupa aplikasi "i2P (Inspeksi Instalasi PLTS)" pada modul. ① ② ③ ✓

Jakarta, 04 des 2019

  
HERU EPPANTO, ST  
Peserta Diklat

e. Hasil Pengujian *Black Box*

No Kode : 03.

ANGKET *BLACK BOX*



PENGEMBANGAN MODUL INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU  
TERBARUKAN (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS  
*AUGMENTED REALITY* GUNA MENDUKUNG DIKLAT TEKNIS INSPEKSI  
SISTEM TENAGA LISTRIK

IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Sita Kusuma D.  
Instansi/lembaga :  
Merk HP/Rasio : Xiaomi Redmi 7

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2019

### PETUNJUK PENGISIAN

1. Mohon kesediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan penilaian terhadap aplikasi dan modul inspeksi fisik instalasi energi baru terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) berbasis *Augmented Reality* yang telah peneliti buat sesuai dengan kriteria yang telah termuat di dalam angket penelitian.
2. Angket terdiri atas 2 (dua) aspek yaitu : aspek pemasangan dan aspek pengoperasian.
3. Berilah tanda centang (☑) pada hasil uji yang sesuai dengan pendapat anda!

Contoh:

No	Pernyataan	Sesuai	Tidak
1	Logo aplikasi i2P muncul dengan jelas.	☑	○

4. Apabila terdapat kesalahan saat mengisi kolom angket, maka berilah tanda sama dengan (=) pada kolom jawaban yang akan diganti dan memberikan tanda centang (☑) pada kolom yang anda anggap benar!

Contoh:

No	Pernyataan	Sesuai	Tidak
1	Logo aplikasi i2P muncul dengan jelas.	=	☑

#### A. Aspek Pemasangan

No	Pernyataan	Sesuai	Tidak
1	Aplikasi i2P dapat terpasang pada <i>smartphone</i> android dengan minimal versi 4.0 ( <i>Ice Cream Sandwich</i> ).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Logo aplikasi i2P muncul dan tampil pada layar <i>smartphone</i> android setelah terpasang.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Logo aplikasi i2P muncul dan tampil dengan jelas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Aplikasi i2P dapat dibuka.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### B. Aspek Pengoperasian

No	Pernyataan	Sesuai	Tidak
5	Muncul <i>splash screen</i> berupa logo Unity 3D saat memulai aplikasi i2P.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Muncul <i>splash screen</i> berupa logo aplikasi i2P/ Inspeksi Instalasi PLTS saat memulai aplikasi i2P.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Muncul menu utama berupa kamera untuk memindai <i>marker</i> .	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Terdapat tombol petunjuk yang disimbolkan dengan tanda “?” (berada di pojok kiri atas layar).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Tombol “?” dapat ditekan.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Tombol “?” ditekan, muncul kotak dialog.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Tombol “?” berfungsi dengan baik.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Kotak dialog memuat petunjuk memindai <i>marker</i> pada modul.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Kotak dialog memuat perintah memindai <i>marker</i> , yaitu: “pindai <i>marker</i> pada modul inspeksi PLTS dengan mengarahkan kamera”.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Terdapat tombol “kembali” pada kotak dialog.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Tombol “kembali” ditekan, menuju ke kamera pemindai.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Terdapat tombol pilihan yang disimbolkan dengan tanda “opsi” (berada di pojok kanan atas layar).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Tombol “opsi” dapat ditekan.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Tombol “opsi” ditekan, muncul kotak dialog.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Tombol “opsi” berfungsi dengan baik.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Kotak dialog memuat tombol “Reset”.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Kotak dialog memuat tombol “Tentang”.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Kotak dialog memuat tombol “Keluar”.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

No	Pernyataan	Sesuai	Tidak
23	Kotak dialog memuat tombol "Kembali".	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	Tombol "Reset" ditekan, aplikasi memuat ulang dan kembali menuju kamera pemindai.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	Tombol "Tentang" ditekan, muncul kotak dialog dan muncul tombol "Pengembang" dan tombol "Pembimbing", dan tombol "Kembali".	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	Tombol "Pengembang" ditekan, muncul profil pengembang aplikasi i2P.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	Tombol "Pembimbing" ditekan, muncul profil pembimbing dari pengembang aplikasi i2P.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	Tombol "Keluar" ditekan, muncul halaman konfirmasi untuk keluar dari aplikasi.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	Halaman konfirmasi memuat dua tombol "Ya" dan "Kembali".	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	Tombol "Ya" ditekan, aplikasi i2P tertutup dan kembali pada menu utama <i>smartphone</i> .	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	Kamera dalam aplikasi i2P dapat memindai <i>marker</i> pada modul.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	Menggerak-gerakan <i>smartphone</i> saat memindai <i>marker</i> dan telah muncul objek 3D, objek 3D tidak berpindah dari lokasi muncul.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	Menggerak-gerakan <i>smartphone</i> saat memindai <i>marker</i> dan telah muncul objek 3D, objek 3D tidak berubah posisi.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	Menggerak-gerakan <i>smartphone</i> saat memindai <i>marker</i> dan telah muncul objek 3D, objek 3D menampilkan tampilan yang stabil.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Yogyakarta, 16 November 2019

  
 Sita K. Dewi  
 Responden

Lampiran 5. Tabel Pengukuran Kelayakan dan Respon Produk

**Ahli Materi**

<b>Statistik Deskriptif</b>	<b>Self Instructional</b>	<b>Self Contained</b>	<b>Independent</b>	<b>Self Assessed</b>	<b>User Friendly</b>	<b>Total</b>
Jumlah Butir	8	12	4	3	3	30
Skor Tertinggi	32	48	16	12	12	120
Skor Terendah	8	12	4	3	3	30
Rerata Ideal (Mn)	20,00	30,00	10,00	7,50	7,50	75,00
Simpangan Baku (SBn)	4,00	6,00	2,00	1,50	1,50	15,00

<b>Kategori</b>	<b>Interval Skor</b>				
	<b>Self Instructional</b>	<b>Self Contained</b>	<b>Independent</b>	<b>Self Assessed</b>	<b>User Friendly</b>
Sangat Layak	$32 > x \geq 26$	$48 > x \geq 39$	$16 > x \geq 13$	$12 > x \geq 9,75$	$12 > x \geq 9,75$
Layak	$26 > x \geq 20$	$39 > x \geq 30$	$13 > x \geq 10$	$9,75 > x \geq 8$	$9,75 > x \geq 8$
Cukup Layak	$20 > x \geq 14$	$30 > x \geq 21$	$10 > x \geq 7$	$8 > x \geq 5,25$	$8 > x \geq 5,25$
Kurang Layak	$14 > x \geq 8$	$21 > x \geq 12$	$7 > x \geq 4$	$5,25 > x \geq 3$	$5,25 > x \geq 3$

### Ahli Media

Statistik Deskriptif	Format	Sistematika dan Tata Letak	Daya Tarik	Pemilihan Jenis Huruf	Ruang	Keajekan atau Keteraturan	Teknologi Augmented Reality	Total
Jumlah Butir	3	8	3	4	4	7	9	38
Skor Tertinggi	12	32	12	16	16	28	36	152
Skor Terendah	3	8	3	4	4	7	9	38
Rerata Ideal (Mn)	7,50	20,00	7,50	10,00	10,00	17,50	22,50	95,00
Simpangan Baku (SBn)	1,50	4,00	1,50	2,00	2,00	3,50	4,50	19,00

Kategori	Interval Skor						
	Format	Sistematika dan Tata Letak	Daya Tarik	Pemilihan Jenis Huruf	Ruang	Keajekan atau Keteraturan	Teknologi Augmented Reality
Sangat Layak	$12 > x \geq 9,75$	$32 > x \geq 26$	$12 > x \geq 9,75$	$16 > x \geq 13$	$16 > x \geq 13$	$28 > x \geq 22,75$	$36 > x \geq 29,25$
Layak	$9,75 > x \geq 8$	$26 > x \geq 20$	$9,75 > x \geq 8$	$13 > x \geq 10$	$13 > x \geq 10$	$22,75 > x \geq 18$	$29,25 > x \geq 23$
Cukup Layak	$8 > x \geq 5,25$	$20 > x \geq 14$	$8 > x \geq 5,25$	$10 > x \geq 7$	$10 > x \geq 7$	$18 > x \geq 12,25$	$23 > x \geq 15,75$
Kurang Layak	$5,25 > x \geq 3$	$14 > x \geq 8$	$5,25 > x \geq 3$	$7 > x \geq 4$	$7 > x \geq 4$	$12,25 > x \geq 7$	$15,75 > x \geq 9$

### Black Box

Statistik Deskriptif	Aspek Pemasangan	Aspek Pengoperasian	Total
Jumlah Butir	4	30	34
Skor Tertinggi	4	30	34
Skor Terendah	0	0	0
Rerata Ideal (Mn)	2,00	15,00	17,00
Simpangan Baku (SBn)	0,67	5,00	5,67

Kategori	Interval Skor	
	Aspek Pemasangan	Aspek Pengoperasian
Sangat Layak	$4 > x \geq 3$	$30 > x \geq 22,5$
Layak	$3 > x \geq 2$	$22,5 > x \geq 15$
Cukup Layak	$2 > x \geq 1$	$15 > x \geq 7,5$
Kurang Layak	$1 > x \geq 0$	$7,5 > x \geq 0$

**Peserta Diklat**

<b>Statistik Deskriptif</b>	<b>Standar Isi dalam Modul</b>	<b>Standar Penyajian dalam Modul</b>	<b>Standar Grafik dalam Modul</b>	<b>Standar Bahasa Penulisan dalam Modul</b>	<b>Aplikasi dan Teknologi Augmented Reality</b>	<b>Total</b>
Jumlah Butir	10	14	8	7	5	44
Skor Tertinggi	40	56	32	28	20	176
Skor Terendah	10	14	8	7	5	44
Rerata Ideal (Mn)	25,00	35,00	20,00	17,50	12,50	110,00
Simpangan Baku (SBn)	5,00	7,00	4,00	3,50	2,50	22,00

<b>Kategori</b>	<b>Interval Skor</b>				
	<b>Standar Isi dalam Modul</b>	<b>Standar Penyajian dalam Modul</b>	<b>Standar Grafik dalam Modul</b>	<b>Standar Bahasa Penulisan dalam Modul</b>	<b>Aplikasi dan Teknologi Augmented Reality</b>
Sangat Layak	$40 > x \geq 32,5$	$56 > x \geq 45,5$	$32 > x \geq 26$	$28 > x \geq 22,75$	$20 > x \geq 16,25$
Layak	$32,5 > x \geq 25$	$45,5 > x \geq 35$	$26 > x \geq 20$	$22,75 > x \geq 18$	$16,25 > x \geq 13$
Cukup Layak	$25 > x \geq 17,5$	$35 > x \geq 24,5$	$20 > x \geq 14$	$18 > x \geq 12,25$	$13 > x \geq 8,75$
Kurang Layak	$17,5 > x \geq 10$	$24,5 > x \geq 11,42$	$14 > x \geq 8$	$12,25 > x \geq 7$	$8,75 > x \geq 5$

Lampiran 6. Tabel Reliabilitas Instrumen Peserta Diklat

**Uji Reliabilitas Instrumen Peserta Diklat**

Responden	No Item																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	4	4	3	3	3	3	4	4	2	3	4	4	3	4	4	3	2	4	4	4	3	4
3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	4	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3
7	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4
8	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4
9	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3
10	3	2	2	2	3	4	2	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	1	3	3	3	3

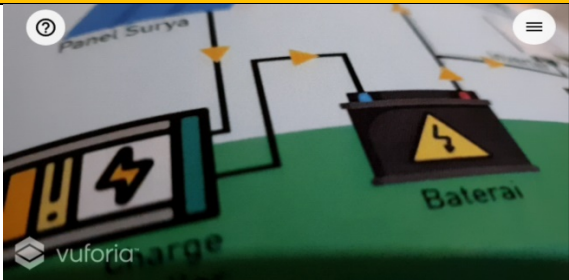
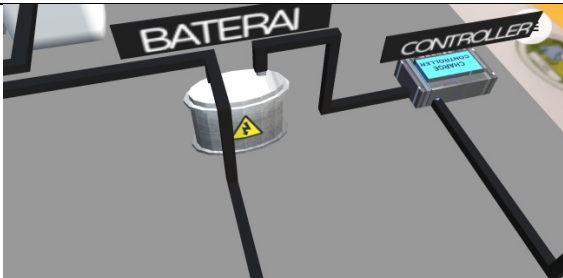
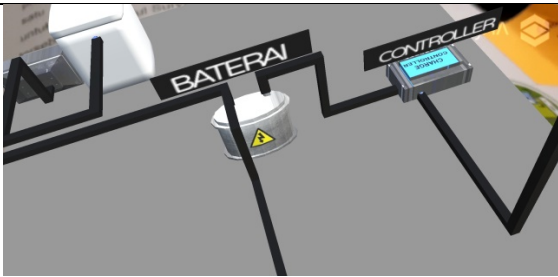
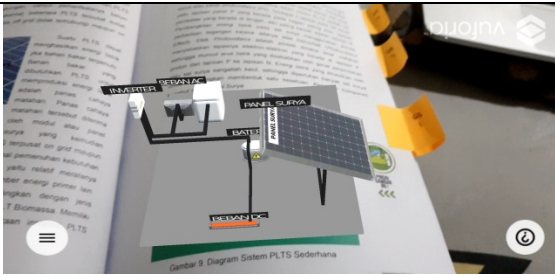
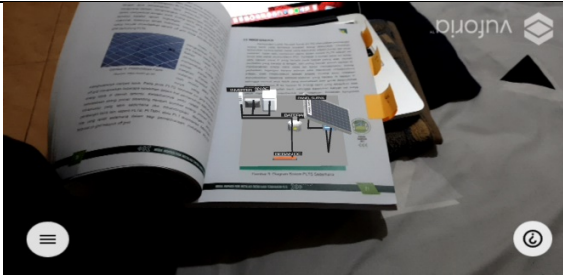
Varian Item	0,278	0,489	0,444	0,222	0,100	0,267	0,456	0,267	0,322	0,278	0,233	0,233	0,178	0,267	0,267	0,278	0,489	0,900	0,233	0,278	0,233	0,267
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

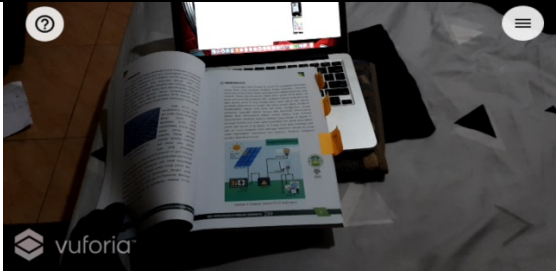


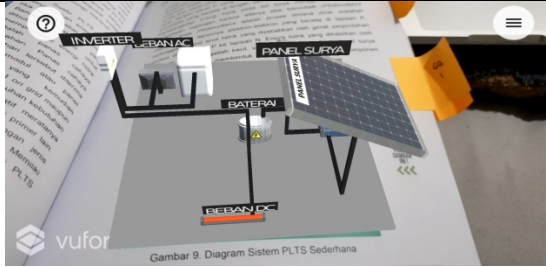
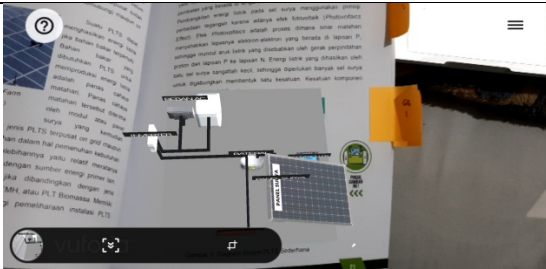
Responden	No Item																						Jumlah
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	133
2	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	2	3	4	3	3	3	3	149
3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	149
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	180
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	137
6	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	156
7	4	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	157
8	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	4	4	163
9	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4	4	163
10	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	2	2	3	4	151

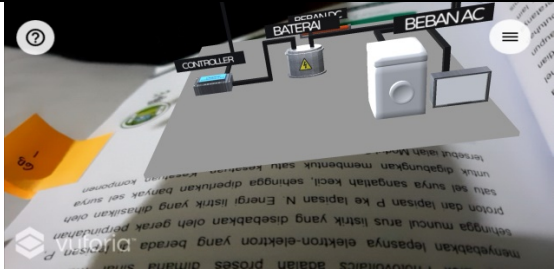
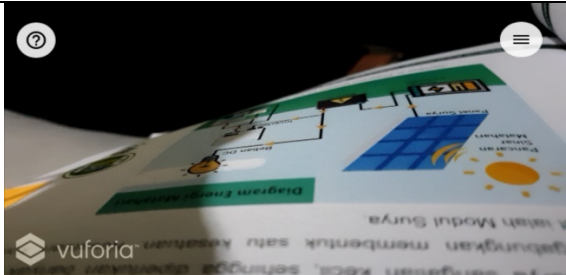
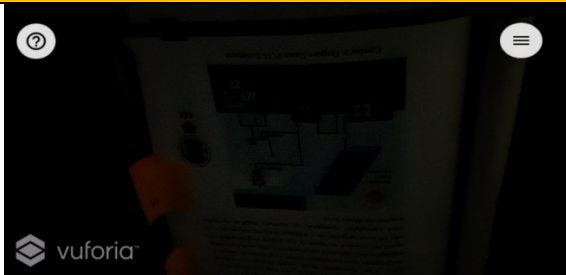
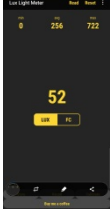
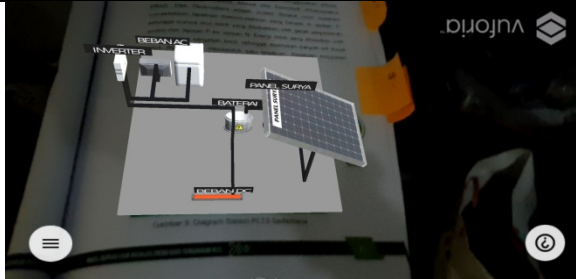

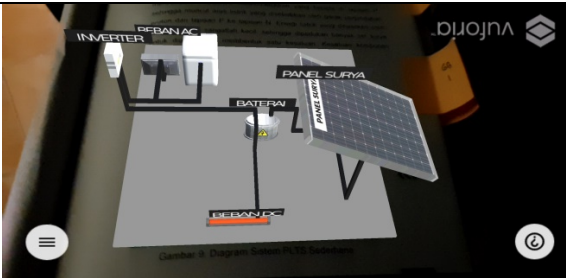
Varian Item	0,267	0,489	0,233	0,267	0,267	0,278	0,233	0,233	0,233	0,500	0,267	0,267	0,267	0,100	0,233	0,400	0,233	0,233	0,400	0,400	0,267	0,278
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

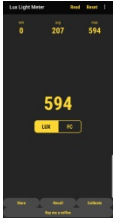
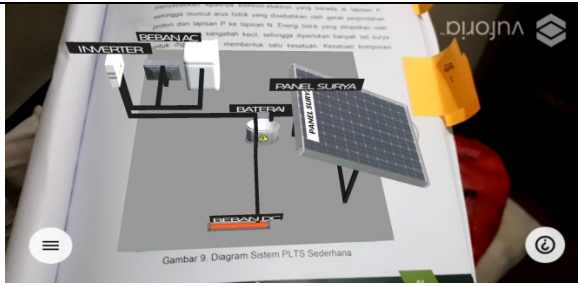
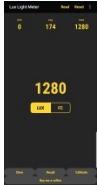
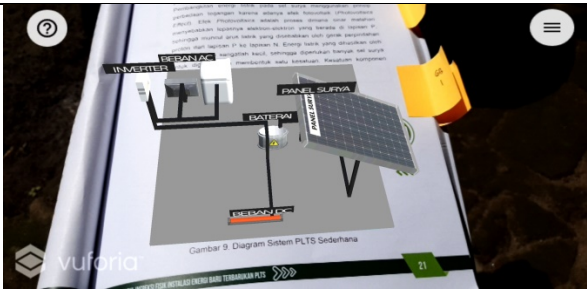

Jumlah Var Item	13,322
Jumlah Var Total	182,178
Reliabilitas	0,948

Lampiran 7. Pengujian Jarak, Sudut, dan Intensitas Cahaya

No.	Jarak	Tampilan	Keterangan
1.	3 cm		Gagal
2.	5 cm		Berhasil
3.	10 cm		Berhasil
4.	30 cm		Berhasil
5.	55 cm		Berhasil

6.	58 cm		Gagal
No.	Sudut	Tampilan	Keterangan
1.	25°		Gagal
2.	30°		Berhasil
3.	60°		Berhasil
4.	90°		Berhasil

5.	150°		Berhasil
6.	155°		Gagal
No.	Intensitas Cahaya	Tampilan	Keterangan
1.	22 Lux		Gagal
2.	52 Lux 		Berhasil
3.	138 Lux 		Berhasil

4.	<b>594 Lux</b> 		Berhasil
5.	<b>1.280 Lux</b> 		Berhasil
6.	<b>1.500 Lux</b>		Gagal

## Lampiran 8. Surat Izin Penelitian Fakultas Teknik



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK**

Alamat : Kampus Karangmalang, Yogyakarta, 55281  
Telp. (0274) 586168 psw, 276,289,292 (0274) 586734 Fax, (0274) 586734  
Laman: ft.uny.ac.id E-mail: ft@uny.ac.id, teknik@uny.ac.id

Nomor : 555/UN34.15/LT/2019  
Lamp. : 1 Bendel Proposal  
Hal : Izin Penelitian

29 Oktober 2019

Yth. Kepala Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (PPSDM KEBTKE), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral  
Jl. Poncol Raya No. 39, Ciracas, Jakarta Timur 13740, (021) 8729101 s.d. 6

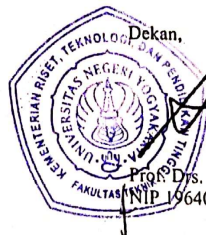
Kami sampaikan dengan hormat, bahwa mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Program Studi : Pend. Teknik Elektro - SI  
Tujuan : Memohon izin mencari data untuk penulisan Tugas Akhir Skripsi (TAS)  
Judul Tugas Akhir : PENGEMBANGAN MODUL INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU TERBARUKAN (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) BERBASIS AUGMENTED REALITY GUNA Mendukung DIKLAT TEKNIS INSPEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK  
Waktu Penelitian : 31 Oktober - 6 Desember 2019

Untuk dapat terlaksananya maksud tersebut, kami mohon dengan hormat Bapak/Ibu berkenan memberi izin dan bantuan seperlunya.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terima kasih.

Tembusan :  
1. Sub. Bagian Pendidikan dan Kemahasiswaan ;  
2. Mahasiswa yang bersangkutan.



Dekan,  
Prof. Drs. Herman Dwi Surjono, M.Sc., MT., Ph.D.  
NIP. 19640205 198703 1 001

Lampiran 9. Surat Keterangan Telah Selesai Melakukan Penelitian di PPSDM  
KEBTKE



KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
REPUBLIK INDONESIA  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA  
ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA  
KETENAGALISTRIKAN, ENERGI BARU, TERBARUKAN DAN  
KONSERVASI ENERGI

JALAN PONCOL RAYA NO. 39 CIRACAS JAKARTA TIMUR 13740

TELEPON: (021) 8729101 s.d. 06 FAKSIMILE: (021) 8729109 <http://www.ppsdmkebtke.esdm.go.id> email: [informasi.ppsdmkebtke@esdm.go.id](mailto:informasi.ppsdmkebtke@esdm.go.id)

**SURAT KETERANGAN**

Nomor: 26 Ket/05/BPE/2019

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Laode Sulaeman, S.T., M.T  
NIP : 19710525 199803 1 002  
Pangkat/Gol Ruang : Pembina Tingkat I, IV/b  
Jabatan : Kepala PPSDM KEBTKE  
Unit Kerja : PPSDM KEBTKE

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Edwin Sukandung  
NIM : 15501244008  
Institusi : Universitas Negeri Yogyakarta  
Program Studi : Pend. Teknik Elektro – S1

Telah selesai melaksanakan penelitian dalam rangka penulisan tugas akhir pada tanggal 31 Oktober 2019 s.d 6 Desember 2019 bertempat di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi dengan judul "Pengembangan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Berbasis *Augmented Reality* guna mendukung Diklat Teknis Inspeksi Sistem Tenaga Listrik".

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 6 Desember 2019  
Kepala,  
  
Laode Sulaeman  
NIP. 19710525 199803 1 002



Lampiran 10. Dokumentasi Uji Coba Produk oleh Peserta Diklat



Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)) berbasis *Augmented Reality* ini adalah salah satu jenis bahan ajar yang memuat dan merangkum materi ajar mengenai prosedur pemeriksaan, inspeksi bagian PLTS, hingga penyusunan laporan kegiatan inspeksi. Kumpulan materi tersebut dirangkum dari berbagai buku dan sumber belajar lainnya yang kemudian dijadikan satu di dalam modul diklat ini.

Dengan adanya modul diklat ini, peserta diklat pada khususnya dan pembaca pada umumnya dapat belajar secara mandiri diluar kelas tanpa harus didampingi oleh pengajar/Widyaiswara, sehingga proses pembelajaran dalam diklat dapat berlangsung secara fleksibel.

Modul ini terangkum beberapa prosedur penginspeksian bagian atau komponen PLTS, diantaranya:

1. Pemeriksaan Dokumen
2. Pemeriksaan Visual
3. Inspeksi Modul PV
4. Inspeksi Inverter
5. Inspeksi Storage (Baterai) dan BCU/ BCR
6. Inspeksi Sistem Proteksi
7. Inspeksi Sistem Instalasi atau Pengawatan

Selain materi terkait inspeksi PLTS, ditambahkan juga materi tentang:

1. PLTS di Indonesia
2. Prinsip kerja, klasifikasi, dan komponen PLTS
3. Sistem pengawatan instalasi PLTS
4. Jenis perlindungan instalasi PLTS
5. Penyusunan laporan inspeksi instalasi PLTS

## MODUL DIKLAT

# INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU TERBARUKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

Mendukung  
Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Penyusun:

Dr. phil. Nurhening Yuniarti, M.T.  
Edwin Sukandung



DILENGKAPI DENGAN  
TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY

PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA KETENAGALISTRIKAN,  
ENERGI BARU, TERBARUKAN, DAN KONSERVASI ENERGI  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA, ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

YOGYAKARTA  
2020

FAKULTAS TEKNIK UNY DAN PPSDM KEBTEK

MODUL DIKLAT

INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU TERBARUKAN  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

DR. PHIL. NURHENING YUNIARTI, M.T.  
EDWIN SUKANDUNG



**MODUL DIKLAT**



# INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU TERBARUKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

Mendukung  
Diklat Teknis Inspeksi  
Sistem Tenaga Listrik

Penyusun:

Dr. phil. Nurhening Yuniarti, M.T.  
Edwin Sukandung



DILENGKAPI DENGAN  
TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY

PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA KETENAGALISTRIKAN,  
ENERGI BARU, TERBARUKAN, DAN KONSERVASI ENERGI  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA, ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

YOGYAKARTA  
2020



Modul Diklat Teknis Sistem Tenaga Listrik

# **INSPEKSI FISIK INSTALASI ENERGI BARU TERBARUKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)**

Penyusun	: Dr. phil. Nurhening Yuniarti, M.T. Edwin Sukandung
Program Studi	: Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas	: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
Gambar Sampul	: Biro Komunikasi, Layanan Informasi Publik dan Kerjasama, Kementerian ESDM
Ukuran Buku	: A4
Jumlah Halaman	: 141 halaman
Instansi	: Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ijin-Nya penulis dapat menyelesaikan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Penulis mengembangkan modul ini dengan sederhana dan tentunya dikemas lebih praktis, lengkap, dan sistematis. Pengembangan modul pada Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (PPSDM KEBTKE) pada tahun 2020 ini bermaksud untuk mendukung dan melengkapi perangkat pembelajaran pada Diklat, serta diharapkan Pembaca/Peserta Diklat dapat mempelajari modul ini secara mandiri.

Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) ini penulis kembangkan dengan tujuan untuk membantu pembaca dalam memahami dan menjelaskan materi diklat inspeksi pada PLTS, khususnya bagi peserta Diklat Teknis Inspeksi Sistem Tenaga Listrik dan inspektur atau pembimbing dengan baik dan benar.

Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu masih perlu dilakukan perbaikan secara ajek. Kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan Modul ini akan sangat membantu proses penyempurnaan modul inspeksi ini. Harapan penulis, semoga Modul yang telah disusun ini dapat memberikan manfaat berupa peningkatan pengetahuan, kemampuan, dan sikap kerja bagi setiap Pembaca atau Peserta Diklat di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Republik Indonesia.

Yogyakarta, 7 Februari 2020

Penulis,





## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	2
B. Deskripsi Singkat Modul.....	4
C. Prasyarat .....	5
D. Petunjuk Penggunaan Modul .....	5
E. Manfaat Modul .....	7
F. Tujuan Pelatihan .....	7
<b>BAB I PLTS DI INDONESIA .....</b>	<b>9</b>
1.1. Energi Baru dan Terbarukan (EBT).....	10
1.2. Potensi Surya dan PLTS di Indonesia.....	11
1.2.1. PLTS di Bali .....	12
1.2.2. PLTS di Nusa Tenggara Timur .....	13
1.2.3. PLTS di Nusa Tenggara Barat.....	13
1.2.4. PLTS di Jawa.....	14
1.2.5. PLTS di Sulawesi.....	14
1.3. Rangkuman.....	15
1.4. Latihan Soal .....	16
1.5. Evaluasi.....	17



<b>BAB II PLTS</b> .....	19
2.1. Pengertian PLTS .....	20
2.2. Prinsip Kerja PLTS .....	21
2.3. Rangkuman .....	23
2.4. Latihan Soal .....	24
2.5. Evaluasi .....	25
<b>BAB III JENIS DAN KOMPONEN PLTS</b> .....	27
3.1. Klasifikasi PLTS .....	28
3.2. Komponen PLTS .....	29
3.2.1. Modul Surya .....	29
3.2.1.1. Modul <i>Monocrystalline</i> .....	30
3.2.1.2. Modul <i>Polycrystalline</i> .....	31
3.2.1.3. <i>Thin Film Solar Cell</i> (TFSC) .....	31
3.2.2. Inverter .....	32
3.2.2.1. <i>Square Wave Inverter</i> .....	33
3.2.2.2. <i>Modified Square Wave Inverter</i> .....	33
3.2.2.3. <i>Pure Sine Wave Inverter</i> .....	33
3.2.2.4. <i>Grid Tie Inverter</i> atau <i>Synchronous Inverter</i> .....	34
3.2.3. Baterai ( <i>Storage</i> ) .....	34
3.2.4. BCU/BCR ( <i>Battery Control Unit/Battery Charge Regulator</i> ) .....	36
3.2.5. Sistem Instalasi (Pengawatan) .....	37
3.2.6. Sistem Pembumian .....	37
3.2.6.1. Sambaran Petir Langsung ( <i>Direct Lightning Strike</i> ) .....	37
3.2.6.2. Sambaran Petir Tidak Langsung ( <i>Indirect Lightning Strike</i> ): Induksi Elektromagnet .....	38



3.2.6.3. Sambaran Petir Tidak Langsung ( <i>Indirect Lightning Strike</i> ): Induksi Elektrostatik .....	39
3.3. Rangkuman.....	41
3.4. Latihan Soal .....	42
3.5. Evaluasi.....	43
<b>BAB IV JENIS DAN KOMPONEN PLTS .....</b>	<b>45</b>
4.1. Skema PLTS Mandiri/ <i>Off-Grid</i> (dengan Sistem Proteksi Petir) .....	46
4.2. Skema PLTS <i>Grid Connected/On-Grid</i> (dengan Sistem Proteksi Petir) .....	47
4.3. Rangkuman.....	49
4.4. Latihan Soal .....	49
4.5. Evaluasi.....	50
<b>BAB V JENIS PERLINDUNGAN INSTALASI PLTS.....</b>	<b>52</b>
5.1. Jenis Perlindungan.....	53
5.1.1. Terhadap Hubung Singkat .....	53
5.1.2. Terhadap Bahaya Benda Bertegangan .....	53
5.2. Tindakan Pencegahan .....	54
5.3. Tindakan Penanggulangan .....	54
5.4. Rangkuman.....	55
5.5. Latihan Soal .....	55
5.6. Evaluasi.....	56
<b>BAB VI PROSEDUR PEMERIKSAAN .....</b>	<b>58</b>
6.1. Prosedur Pemeriksaan.....	59
6.2. Pemeriksaan Dokumen .....	60
6.3. Pemeriksaan Visual .....	65
6.4. Rangkuman.....	66



6.5. Latihan Soal .....	67
6.6. Evaluasi.....	68
<b>BAB VII INSPEKSI BAGIAN PLTS .....</b>	<b>72</b>
7.1. Inspeksi Modul <i>Photovoltaics</i> .....	71
7.1.1. Rangkaian (Seri dan Seri-Paralel) .....	71
7.1.2. Tata Letak.....	72
7.1.3. Kemiringan.....	74
7.1.4. Hal-Hal yang Diperiksa pada Modul <i>Photovoltaics</i> : .....	76
7.1.5. Hal-hal yang diinspeksi pada Modul <i>Photovoltaics</i> : .....	77
7.2. Inspeksi Inverter .....	78
7.2.1. Hal-hal yang Diperiksa pada Inverter:.....	78
7.2.2. Hal-hal yang diinspeksi pada Inverter: .....	79
7.3. Inspeksi Baterai dan BCU/BCR.....	80
7.3.1. Hal-hal yang diperiksa pada baterai:.....	80
7.3.2. Hal-hal yang diinspeksi pada baterai: .....	81
7.3.3. Hal-hal yang diperiksa pada BCU:.....	83
7.3.4. Hal-hal yang diinspeksi pada BCU:.....	84
7.4. Inspeksi Sistem Proteksi .....	85
7.4.1. Hal-hal yang Diinspeksi: .....	85
7.5. Inspeksi Perlengkapan Pengamanan Kebakaran.....	87
7.5.1. Hal-hal yang diinspeksi Terkait Perlengkapan atau Peralatan Pengamanan Kebakaran .....	87
7.6. Inspeksi Perlengkapan atau Pelindung Terhadap Bahaya Benda Bertegangan.....	89
7.6.1. Hal-hal yang Diinspeksi pada Perlengkapan Terhadap Bahaya Benda Bertegangan .....	89
7.7. Inspeksi Sistem Instalasi atau Pengawatan .....	90



7.7.1. Sistem Instalasi .....	90
7.7.2. Sistem Pengawatan .....	91
7.8. Rangkuman .....	94
7.9. Latihan Soal .....	95
7.10. Evaluasi.....	96
<b>BAB VIII PENYUSUNAN LAPORAN .....</b>	<b>98</b>
8.1. Laporan Inspeksi Fisik Instalasi PLTS.....	99
8.2. Format Laporan Inspeksi Fisik Instalasi PLTS .....	100
<b>PENUTUP.....</b>	<b>102</b>
<b>KUNCI JAWABAN LATIHAN SOAL.....</b>	<b>105</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>106</b>
<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>108</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>113</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Photovoltaics (PV) Farm</i> di Indonesia .....	108
Gambar 2. Sebaran Potensi Energi Matahari di Indonesia .....	12
Gambar 3. PLTS di Pulau Bali .....	12
Gambar 4. PLTS di Kepulauan Nusa Tenggara Timur .....	13
Gambar 5. PLTS di Kepulauan Nusa Tenggara Barat .....	13
Gambar 6. PLTS di Pulau Jawa .....	14
Gambar 7. PLTS di Pulau Sulawesi .....	14
Gambar 8. <i>Photovoltaics Farm</i> .....	20
Gambar 9. Diagram Sistem PLTS Sederhana .....	21
Gambar 10. Efek <i>Photovoltaics</i> .....	22
Gambar 11. Klasifikasi PLTS secara Umum .....	29
Gambar 12. Jenis-jenis Sel Surya .....	29
Gambar 13. Modul <i>Monocrystalline</i> .....	30
Gambar 14. Modul <i>Polycrystalline</i> .....	31
Gambar 15. Thin Film Solar Cell .....	32
Gambar 16. Bentuk Gelombang Tegangan Inverter .....	34
Gambar 17. Baterai pada <i>Storage Room</i> .....	35
Gambar 18. Instalasi Baterai Rangkaian Seri, Paralel, Seri-Paralel .....	36
Gambar 19. Proteksi Sambaran Petir Langsung dengan Kawat Bumi yang Digelar Diatas Instalasi .....	38
Gambar 20. Sambaran Petir dengan Induksi Elektromagnet .....	38
Gambar 21. Sambaran Petir dengan Induksi Elektrostatis .....	39
Gambar 22. Proteksi Akibat Sambaran Petir Tidak Langsung menggunakan <i>Surge Absorber</i> .....	40
Gambar 23. <i>Line Diagram</i> PLTS Mandiri (dengan Sistem Proteksi Petir) .....	47
Gambar 24. <i>Line Diagram</i> PLTS <i>Grid Connected</i> .....	48
Gambar 25. Rangkaian <i>Array PV</i> Secara Seri-Paralel dan Seri .....	71
Gambar 26. Grafik Arus dan Tegangan pada Rangkaian Seri <i>Array PV</i> (V Besar) .....	72





Gambar 27. Grafik Arus dan Tegangan pada Rangkaian Paralel <i>Array</i> PV (I Besar) .....	72	
Gambar 28. Letak <i>Array</i> PV Mudah Dijangkau .....	73	
Gambar 29. Kerangka dan Tata Letak <i>Array</i> PV .....	73	
Gambar 30. Pengaturan Kemiringan Modul Surya .....	74	
Gambar 31. <i>Automatic Suntracking</i> .....	75	
Gambar 32. Contoh <i>Nameplate</i> Modul <i>Photovoltaics</i> .....	76	
Gambar 33. Kerusakan pada Modul <i>Photovoltaics</i> .....	77	
Gambar 34. Inverter dan Lokasi <i>Nameplate</i> .....	79	
Gambar 35. <i>Bi-Directional</i> Inverter .....	80	
Gambar 36. <i>Battery Bank</i> , Pengawatan, dan Terminal Baterai .....	82	
Gambar 37. BCU dan Spesifikasi BCU .....	83	
Gambar 38. Posisi Alat Pemadam Api di Ruang Kendali .....	88	
Gambar 39. <i>Disconnecting Switch</i> DC <i>Side</i> dan AC <i>Side</i> .....	89	
Gambar 40. Inspeksi Perlengkapan Perlindungan Komponen Instalasi .....	90	
Gambar 41. (Bagian a, b, c, d, e, f) Inspeksi Sistem Pengawatan .....	92	
Gambar 42. (Bagian g, h, i) Inspeksi Sistem Pengawatan .....	93	



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Dokumen Lembar Isian Komponen yang Perlu di Inspeksi.....	60
Tabel 2. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada Modul <i>Photovoltaics</i> .....	76
Tabel 3. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada Inverter .....	78
Tabel 4. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Inverter .....	79
Tabel 5. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada Baterai.....	80
Tabel 6. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Baterai .....	81
Tabel 7. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada BCU .....	83
Tabel 8. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada BCU .....	84
Tabel 9. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem Proteksi (Pembumian) ....	85
Tabel 10. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem dan Tahanan Pembumian.....	86
Tabel 11. Isian Hal-hal yang diinspeksi Terkait Perlengkapan Pengamanan Kebakaran.....	87
Tabel 12. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada <i>Disconnecting Switch</i> .....	88
Tabel 13. Isian Hal-hal yang Diinspeksi pada Perlengkapan terhadap Bahaya Benda Bertegangan .....	89
Tabel 14. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem Instalasi.....	90
Tabel 15. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem Pengawatan.....	91



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurikulum dan Silabus Pendidikan dan Pelatihan Bidang Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi .....	114
Lampiran 2. Mata Uji Sertifikasi Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	119
Lampiran 3. Contoh Dokumen Pemeriksaan (Laporan Inspeksi Teknik) .....	121

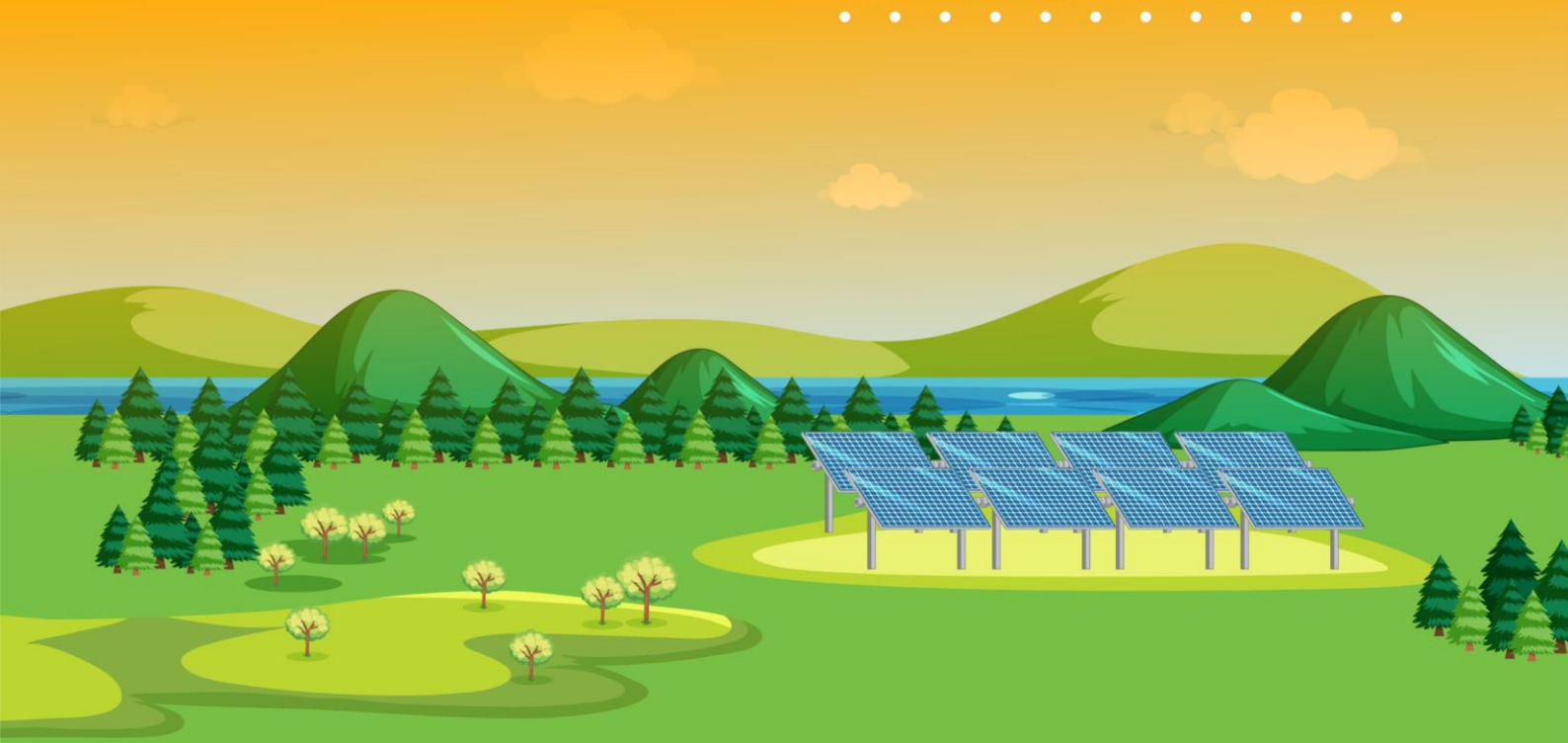
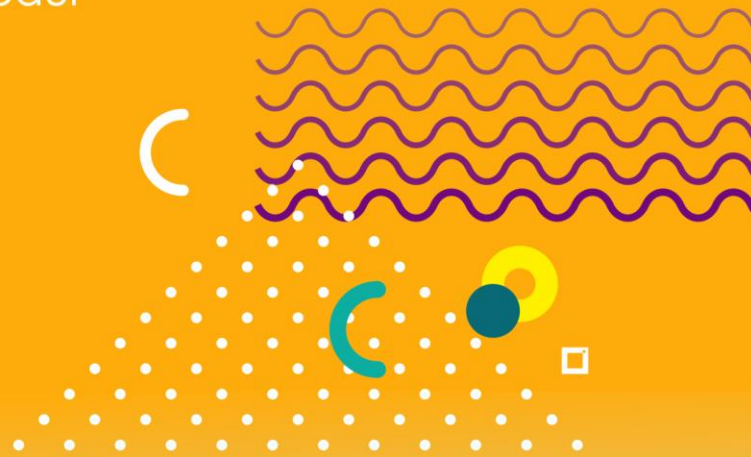
# PENDAHULUAN

Latar Belakang

Deskripsi Singkat Modul

Prasyarat

Petunjuk Penggunaan Modul





## A. LATAR BELAKANG

Kebutuhan energi khususnya tenaga listrik pada masyarakat harus dipenuhi oleh Pemerintah. Beberapa upaya yang dilakukan Pemerintah adalah menekan konsumsi energi listrik yang berasal dari bahan fosil. Langkah selanjutnya ialah gencar dalam pembangunan pembangkit listrik dengan bahan yang terbarukan yang kemudian hasilnya disebut dengan Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Sesuai dengan Pasal 1 Undang-undang nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, menjelaskan bahwa sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan antara lain, panas bumi, angin, bionergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan pembangunan pembangkit listrik terbarukan, seluruh komponen diwajibkan untuk tetap memperhatikan aspek keselamatan yang sudah ditetapkan oleh Pemerintah. Salah satu regulasi tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Listrik di Tempat Kerja yang masuk dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Pasal 9 ayat 1 dan 2 Nomor 12 Tahun 2015 yaitu, pemeriksaan dan pengujian yang merupakan kegiatan penilaian dan pengukuran terhadap instalasi, perlengkapan, dan peralatan listrik untuk memastikan terpenuhinya standar bidang kelistrikan dan ketentuan perundang-undangan. Selain itu dijelaskan pula bahwa setiap kegiatan usaha ketenagalistrikan wajib memenuhi ketentuan keselamatan ketenagalistrikan (Pasal 44, ayat 1, Undang-undang nomor 30 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan). Tujuan yang dimaksud dalam ketentuan keselamatan ketenagalistrikan adalah untuk mewujudkan kondisi pembangkit listrik yang ramah lingkungan, andal dan aman bagi instalasi, dan aman dari bahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Selain itu, sesuai dengan Pasal 8, ayat 2, Undang-undang nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi, menyebutkan bahwa setiap kegiatan pengelolaan energi wajib memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam peraturan perundang-undangan di bidang



keselamatan yang meliputi standarisasi, pengaman dan keselamatan instalasi, serta keselamatan dan kesehatan kerja.

Kegiatan atau upaya yang dilakukan untuk mewujudkan aspek keselamatan ketenagalistrikan disebut dengan Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik, yang pada konteks ini dikaitkan pada inspeksi instalasi pembangkit energi baru dan terbarukan. Merujuk kembali pada Pasal 44, ayat 4, Undang-undang nomor 30 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan, menyebutkan bahwa setiap instalasi tenaga listrik yang beroperasi wajib memiliki sertifikat laik operasi. Sertifikat tersebut akan diberikan jika suatu sistem instalasi tenaga listrik telah memenuhi standar yang berlaku melalui pemeriksaan dan pengujian sebelumnya.

Salah satu bentuk kegiatan inspeksi instalasi pembangkit energi baru dan terbarukan, ditujukan kepada pegawai di lingkungan Pemerintah Pusat sampai Pemerintah Daerah yang bekerja pada sektor ketenagalistrikan hingga masyarakat umum yang memenuhi syarat sebagai peserta diklat. Kegiatan tersebut bertujuan untuk meningkatkan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM). Pengetahuan tersebut bisa didapatkan dalam Diklat Teknis Inspeksi Sistem Tenaga Listrik, yang merupakan salah satu Diklat Teknis pada Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (PPSDM KEBTKE), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Guna mendukung peningkatan mutu tersebut, maka disusunlah Modul Inspeksi Instalasi Energi Baru dan Terbarukan untuk jenis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

PLTS merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan salah satu alternatif untuk menggantikan pembangkitan listrik berbahan bahan bakar fosil yang polutif. Sumber energi PLTS dapat menghasilkan energi listrik adalah melalui pancaran panas cahaya matahari dengan bantuan panel sel surya. Komponen pendukung yang digunakan pada instalasi listrik PLTS antara lain inverter dan *storage*/baterai. PLTS dibangun pada instalasi listrik yang sederhana dan



memiliki usia pakai yang cukup lama. Usia dan performa suatu PLTS ditentukan pada kualitas komponen yang dipakai dan intensitas kegiatan inspeksi yang dilakukan. Kegiatan inspeksi yang dimaksud adalah untuk mengetahui ketahanan fungsi komponen, keamanan dan kerapian instalasi. Inspeksi PLTS yang dilakukan ditujukan untuk PLTS terpusat, baik jenis *on grid* maupun *off grid*.

## **B. DESKRIPSI SINGKAT MODUL**

Modul pembelajaran yang disusun mencakup pengetahuan mengenai tahapan-tahapan inspeksi instalasi PLTS, serta standar instalasi pembangkit maupun prosedur dan tata cara penginspeksian fisik instalasi pembangkit untuk daerah *housekeeping* dan *standard operating procedure*, rangkuman, latihan soal, evaluasi, sampai dengan tata cara pembuatan laporan. Materi yang disampaikan akan ditampilkan secara sistematis supaya mempermudah pembaca dalam mempelajari dan memahami substansi yang ingin disampaikan. Selain itu, modul juga dilengkapi dengan teknologi *augmented reality* yang dapat membantu peserta diklat atau pembaca untuk menampilkan visualisasi gambar secara 3D. Penambahan teknologi atau media ini bertujuan untuk memudahkan peserta dalam menyaksikan gambar yang biasanya tampil secara 2 dimensi dan terkadang sulit untuk memahami dan bertujuan untuk menambah motivasi belajar peserta diklat karena adanya media belajar yang berbeda. Tersedia empat gambar yang dapat dipindai oleh aplikasi “i2P” untuk ditampilkan secara 3D. Keempat gambar tersebut antara lain; 1) Gambar 9. Diagram Sistem PLTS Sederhana; 2) Gambar 10. Efek Photovoltaik; 3) Gambar 33. Kerusakan pada Modul Photovoltaik; 4) Gambar 38. Posisi Alat Pemadam Api di Ruang Kendali.



### **C. PRASYARAT**

Ketentuan sebelum melaksanakan Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), peserta harus memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Pendidikan minimal Strata-1 (S1) Teknik yang bekerja di bidang ketenagalistrikan.
2. Pejabat atau pegawai yang bertugas menangani inspeksi di bidang ketenagalistrikan.

### **D. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL**

#### **1. Bagi Peserta Diklat**

Modul inspeksi yang disusun ini mengacu pada Kurikulum dan Silabus yang berlaku di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi. Modul inspeksi Instalasi PLTS dimaksudkan membantu peserta Diklat atau pembaca untuk dapat mencapai kompetensi sesuai dengan tujuan dan sasaran pelatihan. Berdasarkan hal tersebut, peserta Diklat atau pembaca perlu memperhatikan beberapa petunjuk penggunaan modul inspeksi secara baik dan benar.

- a. Modul inspeksi ini terdiri dari satu bagian pendahuluan dan sembilan bab. Bab I, II, III, IV, dan V membahas materi pengantar tentang energi baru terbarukan di Indonesia, pengertian dan cara kerja PLTS, komponen PLTS, sistem instalasi pengawatan, hingga sistem perlindungan pada PLTS. Bab VI berisikan jenis prosedur yang perlu diketahui sebelum melakukan kegiatan inspeksi. Bab VII berisikan lembar kerja yang diperlukan ketika melakukan kegiatan inspeksi fisik. Bab VIII mengandung materi tentang langkah penyusunan laporan hasil kegiatan inspeksi, dan bagian penutup pada Bab IX.
- b. Pelajari dan pahami dengan seksama setiap bab yang terdapat pada modul ini secara runtut. Setiap bagian dari





modul ini saling berkaitan, maka dari itu usahakan tidak memaksakan diri untuk melewati bahasan pada modul pelatihan inspeksi ini.

- c. Beberapa bab dilengkapi dengan soal latihan beserta evaluasi pemahaman terkait materi pelatihan inspeksi. Apabila masih menemukan kesulitan, tanyakan langsung kepada pengajar atau pembimbing dilapangan yang dalam hal ini ditangani oleh Widyaiswara PPSDM KEBTKE.
- d. Untuk menggunakan teknologi *Augmented Reality*, peserta diwajibkan untuk memasang aplikasi “i2P” atau Inspeksi Instalasi PLTS pada *smartphone* Android masing-masing. Aplikasi “i2P” dapat diunduh dengan cara mengakses tautan “[bit.ly/i2PModulDiklat](https://bit.ly/i2PModulDiklat)”, atau dengan me-mindai *barcode* berikut pada *smartphone*:



- e. Syarat pengoperasian aplikasi i2P adalah menggunakan *smartphone* Android dengan minimal android versi 4.0 *Ice Cream Sandwich*.
  - f. Untuk menampilkan gambar menjadi 3 dimensi, pindai gambar yang sudah diberikan perintah untuk dipindai, dan arahkan kamera dalam aplikasi i2P ke gambar.
2. Peran Pengajar

Peran pengajar atau pembimbing yang mengajarkan modul inspeksi ini adalah sebagai pelaksana langsung dalam kegiatan pelatihan. Dalam metode ini peran seorang pengajar atau pembimbing sangat vital, sehingga dituntut untuk mempersiapkan diri sebaik mungkin sebelum mengajarkan materi kepada peserta



Diklat atau pembaca. Persiapan untuk membangun strategi yang dilakukan antara lain penguasaan materi, pemilihan metode pembelajaran, hingga pemilihan media pembelajaran yang sesuai.

#### **E.**



Manfaat modul bagi pembaca dan atau peserta Pendidikan dan Pelatihan (Diklat) yaitu:

1. Memperoleh pengetahuan dan pemahaman tentang Inspeksi Instalasi PLTS.
2. Memperoleh pengetahuan dan pemahaman tentang standar maupun prosedur dalam melakukan inspeksi sesuai dengan kewenangannya.
3. Dapat dijadikan sebagai pedoman inspeksi instalasi PLTS yang baik dan benar.

#### **F. TUJUAN PELATIHAN**

##### **1. Hasil Pelatihan**

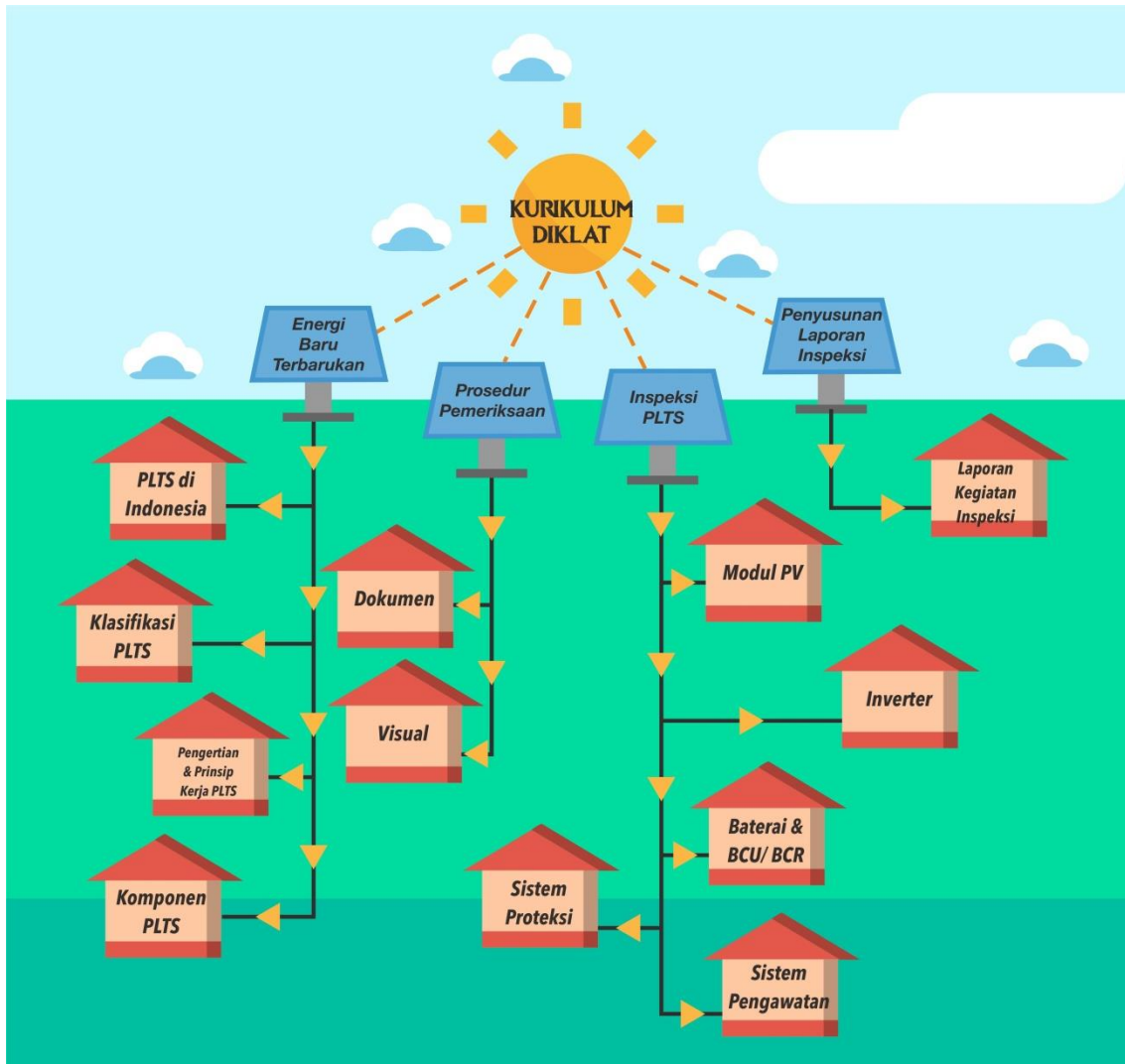
Setelah menggali informasi terkait inspeksi instalasi PLTS, peserta Diklat dapat mendemonstrasikan prosedur inspeksi fisik instalasi PLTS sesuai dengan modul pelatihan inspeksi instalasi PLTS secara mandiri.

##### **2. Indikator Hasil Pelatihan**

Setelah membaca modul pelatihan inspeksi instalasi PLTS, peserta Diklat diharapkan mampu:

- a. Menjelaskan Inspeksi Fisik Instalasi PLTS terpusat
- b. Membedakan prosedur pemeriksaan dokumen dan visual
- c. Melakukan Inspeksi Fisik Instalasi PLTS
- d. Mengintegrasikan dengan jenis perlindungan yang sesuai
- e. Membuat dan menyusun laporan kegiatan inspeksi

## PETA KEDUDUKAN MODUL





# BABI



## PLTS DI INDONESIA

Energi Baru dan Terbarukan (EBT)

Potensi Surya dan PLTS di Indonesia

Rangkuman

Latihan Soal

Evaluasi



x

x

### Fakta:

Gedung Ditjen Ketenagalistrikan sudah dipasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap bekapasitas total 110 kWp sejak tahun 2010. Dengan adanya PLTS atap ini, biaya listrik Ditjen Ketenagalistrikan menghemat sekitar 10 juta rupiah atau 8% setiap bulannya.

*Sumber: infogatrik*



## 1.1. ENERGI BARU DAN TERBARUKAN (EBT)

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (misalnya untuk energi listrik dan mekanika) atau daya (kekuatan) yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan, misalnya dapat merupakan bagian suatu bahan atau tidak terikat pada bahan (seperti sinar matahari) atau tenaga (KBB). Energi dapat tercipta karena adanya sumber energi langsung maupun tidak langsung. Sumber energi memiliki berbagai macam jenisnya. Beberapa yang dibahas pada modul ini adalah sumber energi baru yang menghasilkan energi baru dan sumber energi terbarukan yang pastinya menghasilkan energi yang bersifat terbarukan.



Gambar 1. *Photovoltaics (PV) Farm* di Indonesia

(Sumber: Biro Komunikasi, Layanan Informasi Publik dan Kerjasama Kementerian ESDM)

Sumber energi baru dapat diartikan sebagai sumber energi yang mampu di produksi oleh alat atau teknologi baru. Contoh sumber energi baru antara lain; batubara tercairkan, gas metana batubara, batubara tergaskan, nuklir, dan hidrogen. Sedangkan yang dimaksud dengan sumber energi terbarukan yaitu sumber energi yang di produksi oleh sumber daya energi yang memiliki

sifat berkelanjutan jika dikelola dengan maksimal. Sumber energi terbarukan antara lain panas bumi, aliran dan terjunan air, bioenergi, sinar matahari, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Selain sumber energi baru dan terbarukan, terdapat juga jenis sumber energi tak terbarukan. Sumber energi tak terbarukan adalah jenis sumber energi yang akan menipis dan akhirnya akan habis jika dikonsumsi atau dieksploitasi terus menerus. Contoh sumber energi tak terbarukan adalah sumber daya energi fosil seperti gas bumi, minyak bumi, batubara, serpih bitumen, dan gambut yang memerlukan waktu yang sangat lama untuk bisa mendapatkannya kembali jika sudah tidak tersedia.



Lingkup energi baru dan terbarukan dalam menghasilkan energi terutama energi listrik cukup luas. Jenis atau macam cara pembangkitannya sesuai dengan sumber energi terbarukan cukup bervariasi, contohnya Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLT Biomassa), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dan yang belum dikembangkan di Indonesia yaitu Konversi Energi Termal Lautan atau dalam Bahasa Inggris disebut *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC). Dari sekian banyak macam pembangkitan tersebut, PLTS menjadi fokus bahasan pada modul ini.

## 1.2. POTENSI SURYA DAN PLTS DI INDONESIA

Indonesia diuntungkan sebagai negara tropis dan menerima paparan sinar matahari sepanjang tahun untuk mengembangkan bahkan mendirikan pembangkitan listrik bersumber cahaya matahari atau surya. Sumber daya energi surya yang cukup melimpah ini dapat dijadikan sebagai pilihan untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik nasional. Indonesia memiliki dua kelompok kawasan terhadap penyebaran sumber daya energi surya, yaitu kawasan barat Indonesia dan kawasan timur Indonesia. Potensi yang ditawarkan sumber energi panas matahari di Indonesia memiliki nilai kurang lebih  $4,8 \text{ kWh/m}^2$  pada setiap harinya. Nilai ini didapat dari rata-rata dari kedua kawasan yaitu barat dan timur. Sumber daya energi surya di kawasan barat Indonesia memiliki nilai sekitar  $4,5 \text{ kWh/m}^2$  pada setiap harinya dengan nilai variasi per bulan sebesar kurang lebih 10%, sedangkan pada kawasan timur Indonesia  $5,1 \text{ kWh/m}^2$  dengan variasi bulanan kurang lebih pada nilai 9%. (Outlook Energi Indonesia 2016, Dewan Energi Nasional).



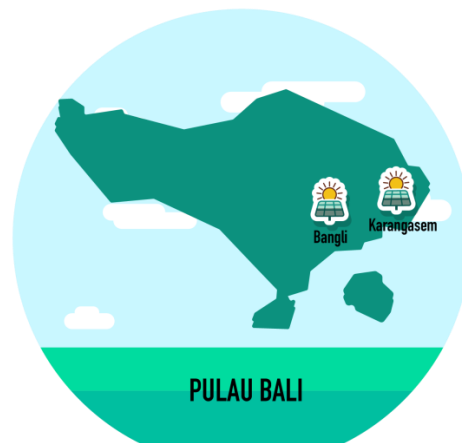
Gambar 2. Sebaran Potensi Energi Matahari di Indonesia

(Sumber: <https://globalsolaratlas.info>)

Berdasarkan data tersebut, dibangunlah beberapa PLTS yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerahnya masing-masing. Berikut beberapa PLTS dengan nilai produksi besar yang ada di Indonesia:

### 1.2.1. PLTS DI BALI

Terdapat dua lokasi PLTS *On Grid* besar di Provinsi Bali dengan total daya yang dihasilkan sebesar 2 MW. Lokasi tersebut terletak di Kabupaten Bangli dan Kabupaten Karangasem yang masing-masing memproduksi daya kurang lebih 1 MW. Proyek PLTS *On Grid* tersebut diresmikan oleh Menteri ESDM pada tahun 2013 yang kala itu dipimpin oleh Bapak Jero Wacik.



Gambar 3. PLTS di Pulau Bali



### 1.2.2. PLTS DI NUSA TENGGARA TIMUR

PLTS terbesar yang ada di Indonesia saat ini (januari 2019) berada di Desa Oelpuah, Kupang Tengah, Nusa Tenggara Timur dengan kapasitas produksi daya sebesar kurang lebih 5 MW pada. Dibangun pada lahan



Gambar 4. PLTS di Kepulauan Nusa Tenggara Timur

kurang lebih 36.614 m<sup>2</sup> dan dilengkapi *Photovoltaics Module* sebanyak 22.008 buah dengan masing-masing 230 Wp. *Independent Power Producer* (IPP) PLTS Kupang diresmikan oleh Presiden Joko Widodo pada tanggal 27 Desember 2015 dan mulai beroperasi pada 1 Maret 2016. Selain IPP PLTS Kupang, terdapat juga PLTS Atambua (1 MW), PLTS Maumere (2 MW), dan PLTS Sumba Timur (1 MW).

### 1.2.3. PLTS DI NUSA TENGGARA BARAT

Tiga PLTS dengan kapasitas cukup besar yang berdiri di Nusa Tenggara Barat memiliki total daya 820 kiloWatt peak (kWp). Ketiga PLTS tersebut berlokasi di Gili Trawangan, Gili Air, dan Gili Meno dengan kapasitas masing-masing sebesar 600 kWp, 160 kWp, dan 60 kWp. PLTS tersebut tidak dilengkapi dengan baterai penyimpanan, sehingga daya listrik yang dihasilkan langsung dialirkan ke beban. Hal ini membuat PLTS-PLTS tersebut hanya beroperasi sampai sore hari ketika matahari akan terbenam.



Gambar 5. PLTS di Kepulauan Nusa Tenggara Barat



#### 1.2.4. PLTS DI JAWA

PLTS Terapung Cirata yang masih dalam proses pembangunan dan ditargetkan selesai secara keseluruhan pada pertengahan tahun 2021



Gambar 6. PLTS di Pulau Jawa

hingga 2022 ini akan menjadi PLTS Terapung terbesar di Indonesia bahkan di Dunia dengan kapasitas pembangkitan sebesar 200 MW pada lahan kurang lebih 200 hektare. Dibangun oleh PT. Pembangkitan Jawa Bali (PJB) dengan bantuan Masdar anak perusahaan Madabala asal Uni Emirat Arab (UEA) yang juga bergerak pada sektor energi baru terbarukan.

#### 1.2.5. PLTS DI SULAWESI

Indonesia bagian timur memiliki banyak PLTS, tidak terkecuali di Pulau Sulawesi tepatnya Kabupaten Gorontalo Utara. PLTS Sumalata memiliki kapasitas terpasang kurang lebih 2 MWp dan menjadi PLTS terbesar di Sulawesi. Mulai dibangun sejak bulan April 2015 di lahan seluas 5 hektare oleh PT. Brantas Adya Surya Energi dengan menggunakan panel surya.



Gambar 7. PLTS di Pulau Sulawesi



## >>> 1.3. RANGKUMAN <<<



1. Sumber energi merupakan bahan utama untuk menghasilkan energi.
2. Sumber energi baru adalah sumber energi yang dapat di produksi oleh teknologi baru. Contoh: batubara tercairkan, gas metana batubara, batubara tergaskan, nuklir, dan hidrogen.
3. Sumber energi terbarukan yaitu sumber energi yang di produksi oleh sumber daya energi yang memiliki sifat berkelanjutan jika dikelola dengan baik dan maksimal. Contoh: panas bumi, aliran dan terjunan air, bioenergi, sinar matahari, serta gerakan, dan perbedaan suhu lapisan laut.
4. Jenis-jenis Pembangkitan Listrik:
  - a. PLTS
  - b. PLTA
  - c. PLTMH
  - d. PLTB
  - e. PLT Biomassa
  - f. PLTU
  - g. OTEC
5. Potensi yang ditawarkan sumber energi panas matahari di Indonesia memiliki nilai kurang lebih  $4,8 \text{ kWh/m}^2$  pada setiap harinya.
6. PLTS yang ada di Indonesia:
  - a. PLTS Bangli (1 MW)
  - b. PLTS Karangasem (1 MW)
  - c. PLTS Kupang (5 MW)
  - d. PLTS Atambua (1 MW)
  - e. PLTS Sumba Timur (1 MW)
  - f. PLTS Maumere (2 MW)
  - g. PLTS Gili Trawangan (600 kW)
  - h. PLTS Gili Air (160 kW)
  - i. PLTS Gili Meno (60 kW)
  - j. PLTS Terapung Cirata (200 MW) (masih dalam pengerjaan)
  - k. PLTS Sumalata (2 MW)



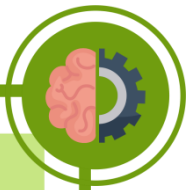


## >>> 1.4. LATIHAN SOAL <<<

1. Sebutkan 5 jenis sumber energi baru!
2. Sebutkan 3 jenis pembangkitan listrik dengan sumber energi terbarukan!
3. Jelaskan mengapa wilayah Indonesia diuntungkan jika membangun pembangkit listrik tenaga surya?
4. Sebutkan dua lokasi PLTS *On Grid* yang memproduksi daya cukup besar di Provinsi Bali!
5. Sebutkan jenis sumber energi lain selain sumber energi baru dan sumber energi terbarukan, dan berikan contohnya!
6. Mengapa perlu dilakukan pengelompokan kawasan terhadap sebaran sumber daya energi surya di Indonesia?
7. Seberapa besar dampak jika kita memanfaatkan energi terbarukan dan ramah lingkungan walaupun potensi yang ditawarkan tidak sebesar energi fosil?
8. Jelaskan keuntungan pemanfaatan energi surya pada PLTS atap rumah atau gedung!

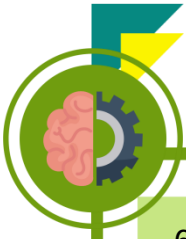


## 1.5. EVALUASI



1. Panas bumi, sinar matahari, dan biomassa termasuk kedalam jenis sumber energi...
  - a. Baru
  - b. Terbarukan
  - c. Tak terbarukan
  - d. Fosil
  - e. Hewani
2. Berikut merupakan jenis-jenis sumber energi fosil, kecuali...
  - a. Minyak Bumi
  - b. Surya
  - c. Batubara
  - d. Gas bumi
  - e. serpih bitumen
3. Berdasarkan data dari Outlook Energi Indonesia 2016, berapa nilai rata-rata potensi sumber energi surya di Indonesia?
  - a. 4,5 kWh/m<sup>2</sup>
  - b. 4,8 kWh/ m<sup>2</sup>
  - c. 5,0 kWh/ m<sup>2</sup>
  - d. 5,1 kWh/ m<sup>2</sup>
  - e. 5,8 kWh/ m<sup>2</sup>
4. PLTS terbesar yang dibangun di Provinsi Nusa Tenggara Timur adalah...
  - a. PLTS Maumere
  - b. PLTS Sumba Timur
  - c. PLTS Atambua
  - d. PLTS Kupang Tengah
  - e. PLTS Sumba Barat
5. Contoh sumber energi baru yaitu...
  - a. Nuklir
  - b. Biomassa
  - c. Angin
  - d. Batubara
  - e. Minyak bumi





6. Indonesia memiliki dua kelompok kawasan penyebaran sumber daya energi surya, yaitu...
  - a. Barat dan Timur
  - b. Timur dan Utara
  - c. Utara dan Selatan
  - d. Utara dan Barat
  - e. Barat dan Selatan
7. Berdasarkan data dari Outlook Energi Indonesia 2016, berapa nilai rata-rata potensi sumber energi surya di kawasan timur Indonesia?
  - a. 4,5 kWh/m<sup>2</sup>
  - b. 4,8 kWh/ m<sup>2</sup>
  - c. 5,0 kWh/ m<sup>2</sup>
  - d. 5,1 kWh/ m<sup>2</sup>
  - e. 5,8 kWh/ m<sup>2</sup>
8. PLTS Kupang Tengah di NTT dipasang panel surya sejumlah...
  - a. 20.500 buah
  - b. 21.008 buah
  - c. 22.008 buah
  - d. 23.508 buah
  - e. 25.008 buah
9. PLTS Sumalata memiliki kapasitas terpasang sebesar...
  - a. 1 MWp
  - b. 2 MWp
  - c. 2,5 MWp
  - d. 3 MWp
  - e. 1,5 MWp
10. OTEC merupakan salah satu jenis pembangkitan listrik dalam energi baru dan terbarukan yang bersumber dari...
  - a. Angin
  - b. Panas bumi
  - c. Aliran air
  - d. Uap
  - e. Thermal lautan

\*peserta diklat dikatakan menguasai materi jika dapat menjawab 80% soal evaluasi dengan benar

# »»»»»»»»»» BAB II



## PLTS

Pengertian PLTS

Prinsip Kerja PLTS

Rangkuman

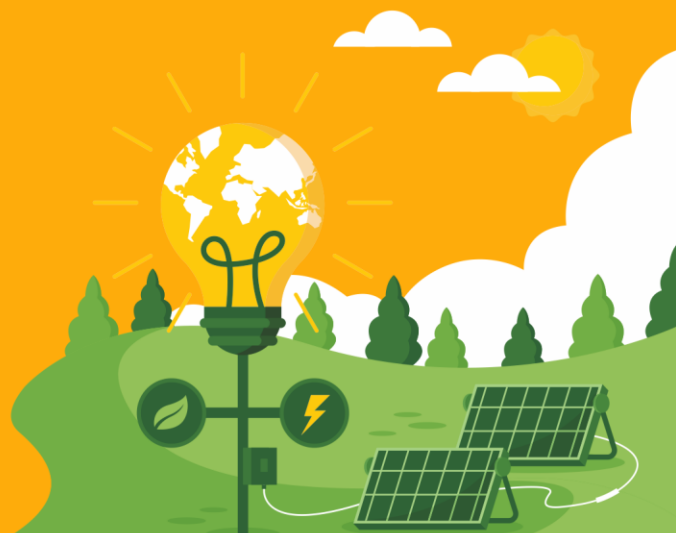
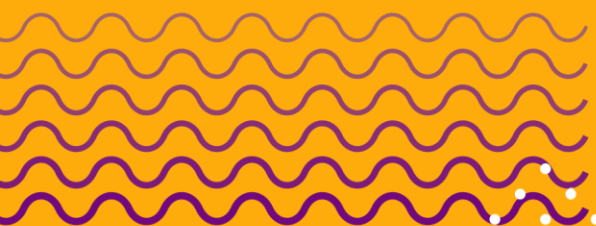
Latihan Soal

Evaluasi

### Fakta:

Panel surya dapat memproduksi energi secara ideal selama waktu puncak penyinaran yaitu antara pukul 09.00-14.00 setiap harinya dan energi yang dihasilkan yaitu 4,8 jam/ dan setara dengan 4,8 kWh/ hari.

Sumber: <https://janaloka.com/bagaimana-cara-kerja-sistem-panel-surya/>





## 2.1. PENGERTIAN PLTS

Potensi pengembangan pembangkit energi terbarukan di Indonesia cukup beragam, salah satunya yaitu jenis pembangkitan listrik bertenaga surya (matahari). Pembangunan PLTS terpusat memiliki tujuan yang sama dengan jenis pembangkitan listrik terbarukan lainnya, yaitu untuk mengurangi bahkan, menghilangkan ketergantungan terhadap energi fosil dalam memperkuat jaringan listrik. Energi listrik yang dihasilkan dari PLTS tersebut bersifat ramah lingkungan, namun pemanfaatannya belum maksimal. Walaupun belum maksimal, beberapa PLTS terpusat sudah cukup banyak dimanfaatkan secara *off grid* (tidak terhubung) maupun *on grid* (terhubung PLN).



Gambar 8. *Photovoltaics Farm*

(Sumber: <https://esdm.go.id>)

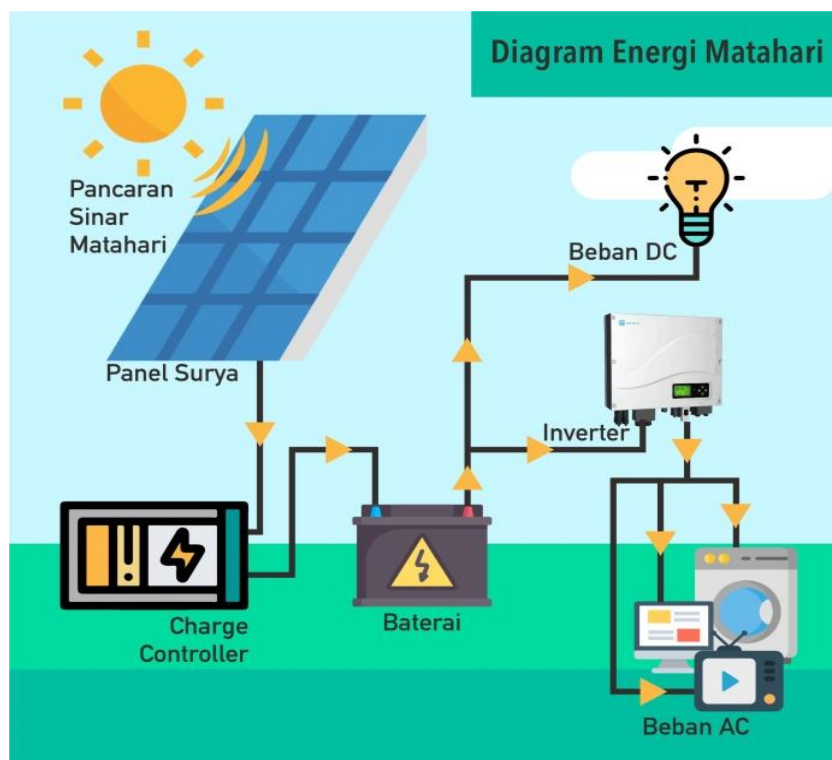
Suatu PLTS dapat menghasilkan energi listrik jika bahan bakar terpenuhi. Bahan bakar yang dibutuhkan PLTS untuk memproduksi energi listrik adalah panas cahaya matahari. Panas cahaya matahari tersebut diterima oleh modul atau panel surya yang kemudian

memprosesnya menjadi listrik. Pada jenis PLTS terpusat *on grid* maupun *off grid* menawarkan beberapa kelebihan dalam hal pemenuhan kebutuhan energi listrik di daerah tertentu. Kelebihannya yaitu relatif meratanya ketersediaan energi primer dibanding dengan sumber energi primer lain. Infrastruktur yang lebih sederhana jika dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lain, seperti PLTB, PLTMH, atau PLT Biomassa. Memiliki nilai yang relatif sederhana dalam segi pemeliharaan instalasi PLTS terpusat *on grid* maupun *off grid*.



## 2.2. PRINSIP KERJA PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit energi listrik yang termasuk kedalam energi terbarukan. Dikatakan terbarukan karena bahan bakar yang digunakan adalah panas dari sinar matahari. Salah satu komponen utama dalam sistem PLTS adalah sel surya atau panel *photovoltaics* (PV). Terdapat 3 lapisan pada sel surya, yaitu lapisan panel P yang berada pada bagian paling atas, lapisan pembatas yang berada di tengah, dan paling bawah adalah lapisan N. Pembangkitan energi listrik pada sel surya menggunakan prinsip perbedaan tegangan karena adanya efek fotovoltaiik (*Photovoltaics Effect*). Efek *Photovoltaics* adalah proses dimana sinar matahari menyebabkan lepasnya elektron-elektron yang berada di lapisan P, sehingga muncul arus listrik yang disebabkan oleh gerak perpindahan proton dari lapisan P ke lapisan N. Energi listrik yang dihasilkan oleh satu sel surya sangatlah kecil, sehingga diperlukan banyak sel surya untuk digabungkan membentuk satu kesatuan. Kesatuan komponen tersebut ialah Modul Surya.

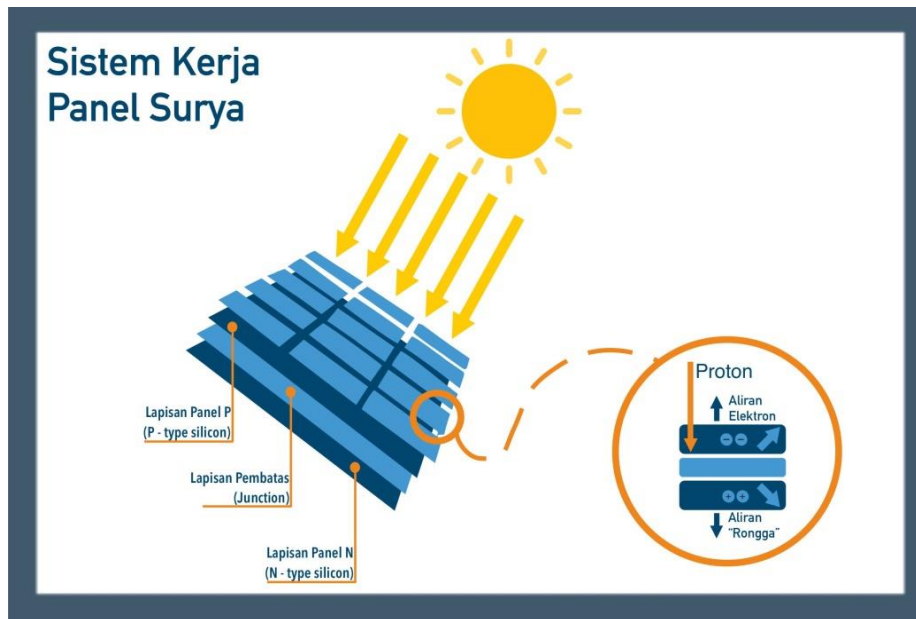


Gambar 9. Diagram Sistem PLTS Sederhana





PINDAI  
GAMBAR  
INI!



Gambar 10. Efek *Photovoltaics*



## 2.3. RANGKUMAN



1. PLTS merupakan akronim dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya
2. PLTS merupakan jenis pembangkit listrik yang ramah lingkungan, karena memanfaatkan panas sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik.
3. Infrastruktur yang dibutuhkan untuk membangun PLTS lebih sederhana jika dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lain, seperti PLTB, PLTMH, atau PLT Biomassa.
4. PLTS dalam menghasilkan energi listrik menggunakan prinsip perbedaan tegangan karena adanya efek *photovoltaics*.
5. Efek *photovoltaics* adalah proses dimana sinar matahari menyebabkan lepasnya elektron-elektron yang berada di lapisan P, sehingga muncul arus listrik yang disebabkan oleh gerak perpindahan proton dari lapisan P ke lapisan N.





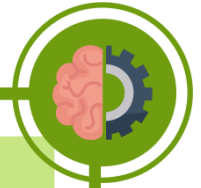
## 2.4. LATIHAN SOAL



1. Jelaskan prinsip kerja PLTS secara runtut dari sinar matahari sampai ke beban!
2. Jelaskan bagaimana 3 jenis lapisan pada sel surya dapat menghasilkan energi listrik!
3. Apa yang dimaksud dengan PLTS *Off Grid*?
4. Apa yang dimaksud dengan PLTS *On Grid*?
5. Sebutkan beberapa peralatan listrik di tempat umum yang dapat memanfaatkan PLTS sederhana sebagai sumber energi listriknya!
6. Jelaskan cara kerja efek photovoltaic hingga dapat menghasilkan listrik menggunakan kalimatmu sendiri!
7. Bagaimana cara menghasilkan energi listrik yang besar dengan cara menggunakan sel surya? Mengingat listrik yang dihasilkan oleh satu sel surya sangatlah kecil.
8. Menurut Anda, apa saja kriteria yang harus dipenuhi untuk membangun PLTS *Off Grid*?



## 2.5. EVALUASI



1. Pembangkitan listrik yang memanfaatkan panas sinar matahari adalah...
  - a. PLTA
  - b. PLTB
  - c. PLTS
  - d. PLTMH
  - e. PLTU
2. Prinsip kerja sistem PLTS adalah...
  - a. Mengubah cahaya matahari menjadi energi mekanik
  - b. Menubah energi listrik menjadi energi mekanik
  - c. Mengubah sinar matahari menjadi energi listrik
  - d. Mengubah energi mekanis menjadi energi listrik
  - e. Mengubah energi listrik menjadi kalor
3. 3 jenis lapisan yang disusun dalam sel surya antara lain, kecuali...
  - a. P – tengah – N
  - b. P – tengah – P
  - c. N – tengah – N
  - d. P – N – P
  - e. N – P – N
4. PLTS merupakan pembangkit listrik yang bersifat...
  - a. Efisien
  - b. Polutif
  - c. Mahal
  - d. Tidak ramah lingkungan
  - e. Ramah lingkungan
5. Terdapat dua jenis pemanfaatan energi listrik oleh PLTS, salah satunya yaitu...
  - a. *PV Farm*
  - b. IPP
  - c. PLTS atap
  - d. *Off grid*
  - e. *Up grid*





6. Komponen utama dalam sistem PLTS adalah...
  - a. *Off grid*
  - b. Sel surya
  - c. Baterai
  - d. Inverter
  - e. *Charge Controller*
7. PLTS dikatakan sederhana dan murah dalam segi...
  - a. Pemeliharaan
  - b. Instalasi
  - c. Komponen
  - d. Produksi
  - e. Semua jawaban benar
8. Energi listrik yang dihasilkan oleh satu sel surya memiliki nilai yang...
  - a. Signifikan
  - b. Besar
  - c. Kecil
  - d. Baik
  - e. Buruk
9. Sel surya yang dirangkai menjadi satu kesatuan sistem kecil untuk menghasilkan energi listrik adalah...
  - a. Efek *Photovoltaics*
  - b. Panel surya
  - c. Inverter
  - d. PV Farm
  - e. Baterai
10. Proses dimana sinar matahari menyebabkan lepasnya elektron-elektron yang berada di lapisan P, sehingga muncul arus listrik yang disebabkan oleh gerak perpindahan proton dari lapisan P ke lapisan N disebut sebagai...
  - a. Efek Compton
  - b. Hukum Coloumb
  - c. Efek *Photovoltaics*
  - d. Hukum Gauss
  - e. Efek Dopler

\*peserta diklat dikatakan menguasai materi jika dapat menjawab 80% soal evaluasi dengan benar

# BAB III

## JENIS DAN KOMPONEN PLTS

Klasifikasi PLTS

Komponen PLTS

Rangkuman

Latihan Soal

Evaluasi



### Mitos:

Panel surya menimbulkan permasalahan terkait limbah yang sangat besar.

### Fakta:

Panel surya dapat bertahan selama kurang lebih 40 Tahun dan hampir seluruh komponennya dapat didaur ulang dan digunakan kembali.

Sumber: <https://greenpeace.org/india/en/story/2177/breaking-renewable-energy-myths/>

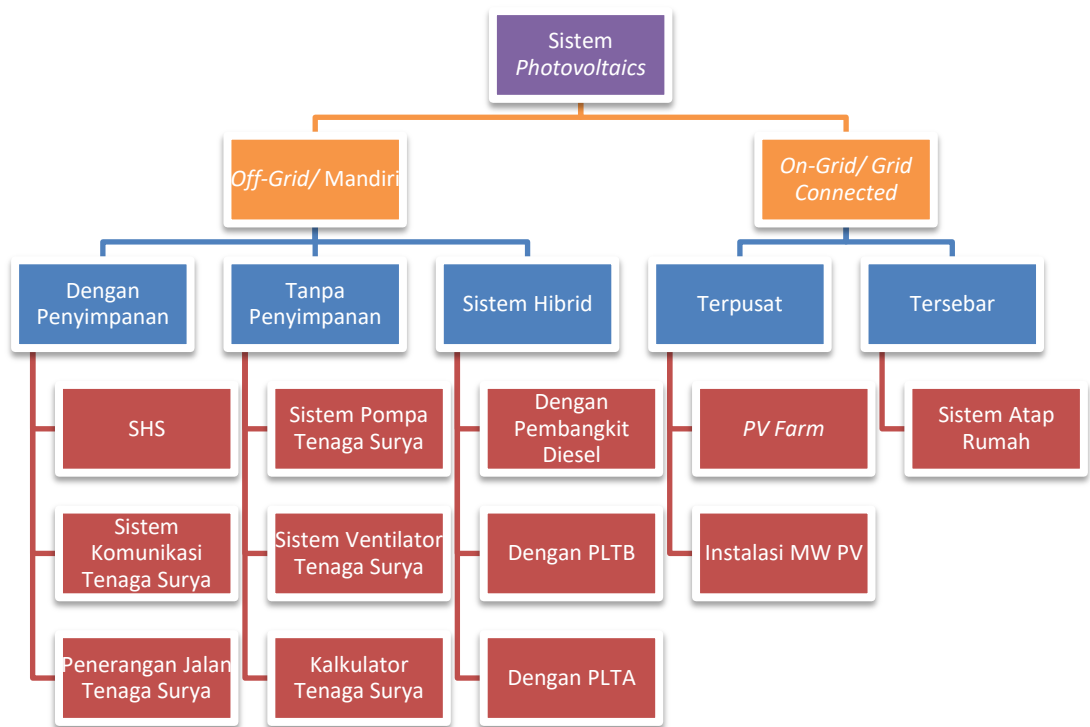


### 3.1. KLASIFIKASI PLTS

Instalasi PLTS secara mendasar dibagi menjadi dua bagian, yaitu PLTS *On Grid* atau PLTS yang dihubungkan dengan jaringan listrik (*grid connected*) dan PLTS *Off Grid* atau PLTS yang berdiri sendiri atau bisa juga disebut PLTS Mandiri. PLTS dengan sistem *off grid* atau mandiri sendiri dijabarkan kembali menjadi tiga jenis yang berbeda. Tiga jenis ini dibagi berdasarkan adanya kelengkapan unit penyimpanan daya. Sistem PLTS berbasis *off grid* yang dilengkapi dengan unit penyimpanan daya atau baterai antara lain SHS atau *Solar Home System* (yang dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada tempat tinggal yang terpencil, kapal, mobil listrik, dan lainnya.), Sistem Komunikasi Tenaga Surya, Penerangan Jalan Tenaga Surya (bisa juga untuk suplai listrik lampu lalu lintas), dan PLTS skala kecil lainnya.

Terdapat pula sistem PLTS *off grid* namun tidak dilengkapi oleh unit penyimpanan daya, yaitu seperti Sistem Ventilator Tenaga Surya, Kalkulator Tenaga Surya, dan Sistem Pompa Tenaga Surya. Jenis ketiga pada PLTS *off grid* ini adalah sistem berbasis *hybrid*. Sistem *Hybrid* ini merupakan gabungan dari dua macam pembangkitan listrik atau lebih, seperti PLTS dengan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu), PLTS dengan PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), dan PLTS dengan pembangkitan listrik menggunakan diesel.

PLTS dengan *grid connected* kemudian dibagi menjadi dua macam jenis berdasarkan topologinya, yaitu Sistem Terpusat seperti PV *farm*, PV dengan skala besar (Megawatt PV) dan Sistem Tersebar. Sistem PV yang tersebar ini biasa kita jumpai pada gedung-gedung perkantoran bahkan rumah-rumah pribadi, sehingga sering disebut juga sebagai sistem atap rumah.



Gambar 11. Klasifikasi PLTS secara Umum

## 3.2. KOMPONEN PLTS

### 3.2.1. MODUL SURYA



Gambar 12. Jenis-jenis Sel Surya

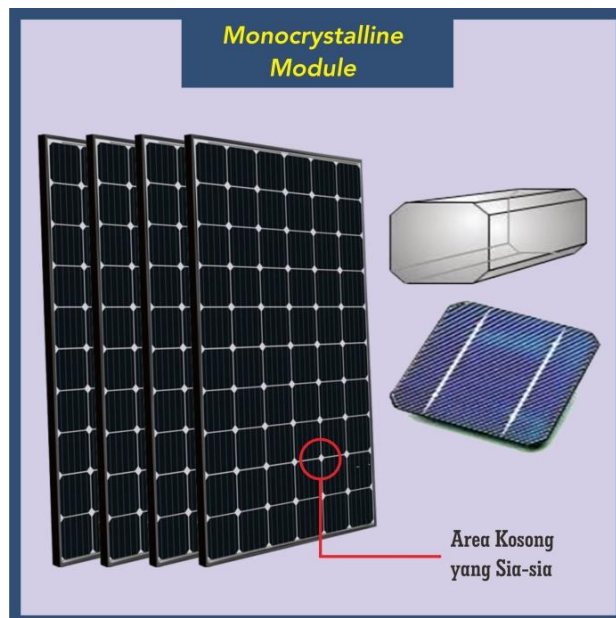
Energi listrik yang dihasilkan oleh panas sinar matahari dibangkitkan oleh komponen penting yang disebut sel surya. Satu buah sel surya hanya dapat menghasilkan energi listrik sangat kecil, maka dari itu dibutuhkan



banyak sel surya untuk dapat menghasilkan listrik yang lebih besar. Sel surya yang berjumlah banyak ini kemudian digabungkan menjadi satu kesatuan komponen yang selanjutnya disebut modul surya. Pengaturan tata letak antar sel surya biasanya membentuk persegi atau persegi panjang. Modul surya yang berisi banyak sel surya tersebut dihubungkan secara seri atau secara seri-paralel. Langkah selanjutnya ketika sel-sel surya telah ditata dan dihubungkan satu dengan yang lain adalah proses laminasi modul surya. Penambahan kaca khusus pada bagian permukaan modul surya berfungsi sebagai pelindung sistem kerja sel surya supaya tetap bekerja baik dalam waktu yang cukup lama. Proses terakhir adalah pemasangan penguat modul surya berupa bingkai pada keempat sisi modul surya. Setiap modul surya dirancang memiliki daya puncak spesifik (SPLN D5.005: 2012). Berdasarkan bahan dasarnya, modul surya dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain sebagai berikut:

### 3.2.1.1 MODUL *MONOCRYSTALLINE*

Jenis *Monocrystalline* berasal dari kristal silikon murni yang kemudian diproses menggunakan Metode Czochralski untuk mendapatkan hasil berbentuk silinder atau batang yang memiliki delapan sisi. Guna mendapatkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi, dibutuhkan alat pemotong yang sesuai. Alat pemotong berupa gergaji tersebut mampu untuk memotong kedua sisi batang sekaligus dengan kapasitas 4.000 lapisan/jam. Keuntungan lain jika menggunakan modul jenis ini adalah



Gambar 13. Modul Monocrystalline

(Sumber: <https://weamerisolar.eu>)



memiliki nilai efisiensi sekitar 16% sampai dengan 17%. Kelemahannya, sel surya jenis *monocrystalline* jika disusun membentuk modul surya akan menyisakan banyak ruang kosong. Hal ini disebabkan karena pada umumnya sel surya *monocrystalline* berbentuk segi delapan atau bulat.

### 3.2.1.2. MODUL *POLYCRYSTALLINE*

Komposisi *Polycrystalline* terdiri atas hasil peleburan atau pencairan dari beberapa batang kristal silikon, kemudian dicetak dalam cetakan yang berbentuk persegi atau persegi panjang. Proses selanjutnya adalah membentuk menjadi keping silikon poli kristal. Keping silikon tersebut



Gambar 14. Modul *Polycrystalline*

(Sumber: <https://weamerisolar.eu>)

didapat dari proses pemotongan balok silikon dengan teknologi *casting*. Kepingan tersebut memiliki ketebalan sekitar 250-350 mikrometer (SPLN D3.002-1: 2012). Kelemahan yang didapat jika menggunakan sel surya jenis *Polycrystalline* adalah nilai efisiensi lebih rendah, sekitar 13% sampai

16%, namun ada juga keuntungan yang ditawarkan. Keuntungannya berupa harga lebih murah, hal ini dikarenakan proses pembuatan yang lebih mudah dibanding dengan jenis *monocrystalline*. Tidak heran jika jenis *Polycrystalline* merupakan jenis yang paling banyak digunakan saat ini.

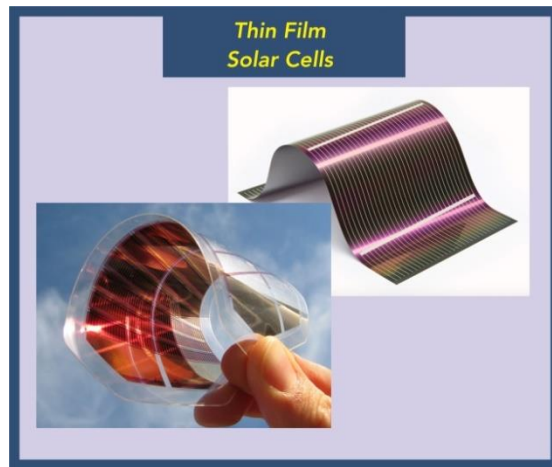
### 3.2.1.3. *THIN FILM SOLAR CELL (TFSC)*

*Thin Film Solar Cell* atau sel surya lapisan tipis merupakan teknologi sel *photovoltaics* yang memiliki material semikonduktor. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*). Proses pembuatan sel *photovoltaics* dengan lapisan tipis ini terblang lebih sederhana dan lebih



murah. Hal ini dikarenakan komponen bahan baku yaitu silikon, lebih sedikit jika dibandingkan dengan bahan untuk membuat tipe silikon *wafer*.

Proses untuk membuat silikon jenis lapisan tipis ini menggunakan metode *Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD) yang berasal dari gas silane dan hidrogen. Hasil yang didapat adalah *Amorphous silicon*. *Amorphous silicon* adalah



jenis silikon yang tidak memiliki arah orientasi kristal (non kristal). Nilai efisiensi sel *Amorphous*

Gambar 15. *Thin Film Solar Cell*

(Sumber: <https://rotterdam.materialdistrict.com>)

*Silicon* berkisar antara 6% - 9%. Sesuai dengan namanya, sel surya jenis ini sangat tipis sehingga sangat ringan dan fleksibel. Pengaplikasian sederhana sel surya jenis ini yaitu pada kalkulator surya dan jam tangan surya.

### 3.2.2. INVERTER

Tegangan keluaran dari Sel-sel surya yang terpapar panas sinar matahari atau baterai (pada proses setelahnya) akan menghasilkan tegangan searah atau *Direct Current* (DC). Sumber listrik DC ini perlu diubah menjadi tegangan AC atau *Alternating Current* atau arus bolak balik, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber listrik untuk beban, seperti lampu penerangan, mesin cuci, komputer, televisi, dan lainnya. Guna mengkonversi tegangan DC menjadi AC, diperlukan komponen elektrik yang disebut Inverter. Umumnya, nilai konversi tegangannya adalah 120V atau 220V. Nilai efisiensi yang dimiliki setiap jenis Inverter berbeda-beda tergantung tipe dan beban keluarannya, yaitu sekitar 50% sampai dengan 90%. Nilai efisiensi tinggi didapat jika beban keluaran mendekati



nilai beban kerja sebuah inverter yang telah tertera pada *nameplate* dan berlaku sebaliknya.

Pemilihan inverter yang sesuai sangat penting dalam instalasi pembangkitan listrik, khususnya pada PLTS. Hal yang perlu dipertimbangkan antara lain, efisiensi inverter, bentuk keluaran gelombang, dan *surge capability*. Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Inverter terbagi menjadi beberapa jenis keluaran gelombangnya, antara lain:

### **3.2.2.1. SQUARE WAVE INVERTER**

Merupakan jenis inverter yang memiliki keluaran gelombang yang berbentuk persegi (warna hijau pada Gambar. 16). Penggunaan inverter jenis ini tidak sesuai jika diperuntukan untuk transformator atau motor induksi. Tidak sesuai karena selain alat tidak mampu bekerja, dapat juga merusak sistem dari alat tersebut.

### **3.2.2.2. MODIFIED SQUARE WAVE INVERTER**

Merupakan jenis inverter yang memiliki keluaran gelombang yang berbentuk persegi yang kuasi atau hampir sempurna (warna biru pada Gambar. 16). Inverter ini juga biasa disebut sebagai *Modified Sine Wave* karena terbentuk atas kombinasi antara *square wave* dan *sine wave*. Penggunaan Inverter ini tidak sesuai jika dimanfaatkan untuk perangkat elektronik yang bersifat khusus dan lebih sensitif, seperti peralatan audio dan laser pada mesin percetakan.

### **3.2.2.3. PURE SINE WAVE INVERTER**

Merupakan jenis inverter yang menghasilkan keluaran gelombang berbentuk sinus murni yang setara PLN (warna merah pada Gambar. 16). Penggunaan inverter jenis ini diperuntukan bagi piranti elektrik dengan beban-beban yang didalamnya menggunakan kumparan induksi supaya alat bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas.

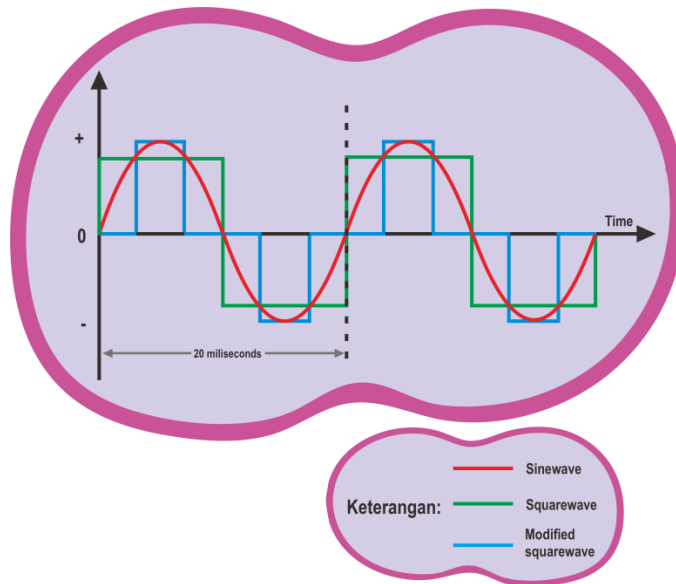


#### 3.2.2.4. GRID TIE INVERTER ATAU SYNCHRONOUS INVERTER

Merupakan tipe khusus sebuah Inverter yang diproduksi untuk dapat menyalurkan energi listrik pada pembangkit menuju rangkaian sistem distribusi yang telah terpasang. Contohnya adalah ketika PLTS dengan sistem atap rumah atau

*PV Farm* memproduksi listrik dan kemudian di salurkan ke sistem distribusi PLN. Energi listrik yang di sinkronkan ini perlu memenuhi persyaratan berupa nilai frekuensi grid yang harus sama. Inverter jenis ini didalamnya terdapat fitur maksimum *point tracking* yang berfungsi sebagai pengatur jumlah nilai

maksimum daya yang tersedia, selain itu juga berfungsi fitur proteksi keselamatan rangkaian instalasi listrik. Manfaat utama pemasangan *Synchronous Inverter* yaitu apabila PLTS menghasilkan listrik yang berlebih, dapat disalurkan kembali ke jaringan PLN yang selanjutnya dapat digunakan bersama-sama kembali. *Synchronous Inverter* memiliki nilai efisiensi yang sangat tinggi yang diklaim mencapai 95-97% dengan ketentuan jika nilai beban outputnya hampir mendekati batas bebannya.



Gambar 16. Bentuk Gelombang Tegangan Inverter

#### 3.2.3. BATERAI (STORAGE)

Komponen lain yang tidak kalah penting adalah baterai atau alat yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dari sistem PV. Baterai digunakan untuk menyimpan energi listrik pada kondisi tertentu, antara lain saat cuaca berawan, malam hari, dan bahkan saat kondisi beban yang berlebih pada siang hari. Berdasarkan hal tersebut, dapat di jelaskan

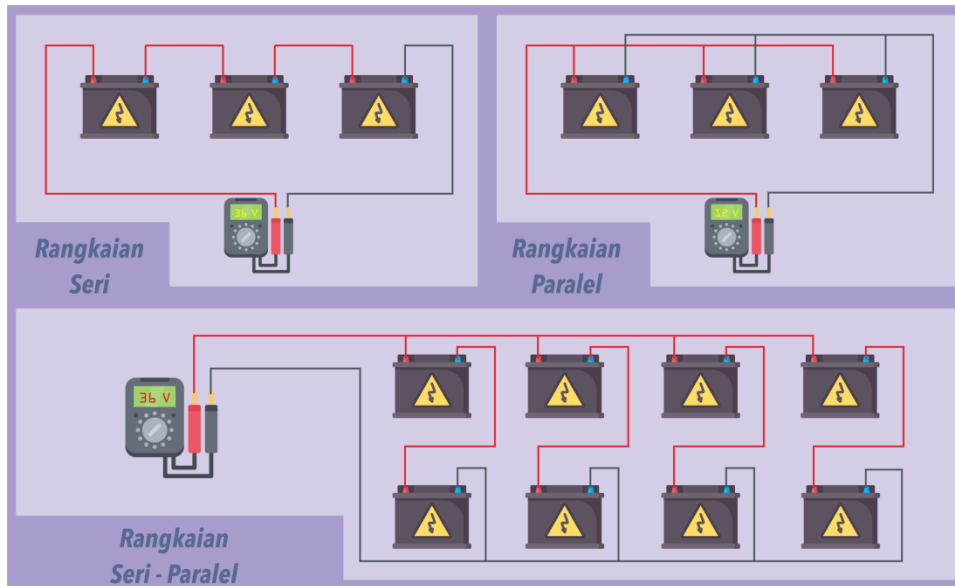


bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan oleh modul PV memiliki nilai yang berubah-ubah tergantung kondisi sinar matahari pada hari tersebut.



Gambar 17. Baterai pada *Storage Room*

Fungsi lain pemasangan baterai adalah menjaga supaya sistem instalasi listrik tetap dalam keadaan stabil dan andal. Stabil dalam hal ini yaitu terjadinya keseimbangan antara jumlah energi yang dibangkitkan, terhadap jumlah energi yang dibutuhkan. Keandalan sistem didapat ketika peralatan listrik tetap berfungsi dengan baik. Peralatan listrik ini tidak mudah rusak karena nilai frekuensi tegangan dan arus listrik pada sistem instalasi PLTS rata-rata konstan.



Gambar 18. Instalasi Baterai Rangkaian Seri, Paralel, Seri-Paralel

Sistem pengawatan dari baterai biasanya disusun secara seri, paralel, dan seri-paralel. Setiap baterai yang disusun seri maupun seri-paralel memiliki kapasitas tertentu. Satuan kapasitas baterai dinyatakan dalam *Ampere hour* (*Ah*). *Ah* sendiri merupakan besaran energi listrik yang mampu untuk disimpan pada kondisi tegangan nominal tertentu. Ilustrasi rangkaian baterai diatas dijelaskan bahwa pada rangkaian seri, terdapat masing-masing dari tiga buah baterai memiliki tegangan 2 Volt dan berkapasitas 1.000 Ah, maka tegangan akhirnya adalah 6 Volt dan berkapasitas tetap yaitu 1.000 Ah atau 6.000 *Watt-hour*. Kondisi lain diberikan oleh baterai yang dihubungkan secara paralel. Masing-masing dari ketiga baterai memiliki tegangan 2 Volt dan berkapasitas 1.000 Ah, maka *output* tegangan akan tetap 2 Volt namun kapasitasnya berubah menjadi 3.000 Ah atau setara dengan 6.000 *watt-hour*.

### 3.2.4. BCU/BCR (*BATTERY CONTROL UNIT/BATTERY CHARGE REGULATOR*)

Sering disebut juga sebagai *Charge Controller* yang berfungsi sebagai piranti proteksi baterai. Komponen tersebut akan bekerja ketika terjadi overcharge atau kelebihan pengisian daya yang dilakukan oleh sel-sel surya. *Charge Controller* yang dipasang pada sistem instalasi



pembangkit listrik tenaga surya tersebut memiliki banyak varian ukuran, fungsi lain, dan fitur yang dimiliki. Salah satu fitur yang ditawarkan BCR adalah sebagai piranti *recording system* atau pencatatan data. Fungsi lain dari BCR yaitu, mencegah baterai dalam keadaan *Overcharge* dan *Underdischarge*, mencegah beban berlebih dan terjadinya hubung singkat, membantu distribusi listrik dari modul PV hingga ke beban secara efisien, pembatas daerah tegangan kerja baterai, dan lain-lain. Banyak fungsi tersebut dimaksudkan untuk melindungi baterai dan memperpanjang usia kerja baterai.

### 3.2.5. SISTEM INSTALASI (PENGAWATAN)

Merupakan sistem instalasi yang meghubungkan antar komponen-komponen diatas. Pengawatan atau pengkabelan instalasi PLTS biasanya terdapat piranti lain, yaitu *junction box*, *disconnecting switch*, *surge protector*, *fuse*, dan piranti pendukung lainnya.

### 3.2.6. SISTEM PEMBUMIAN

Piranti proteksi yang diperlukan untuk melindungi dan menunjang kinerja suatu sistem instalasi pembangkitan baik pembumian terhadap sambaran petir langsung, tidak langsung (*surge protection*) maupun pembumian terhadap sistem instalasi pembangkit itu sendiri.

Berikut terdapat tiga tipe sambaran petir:

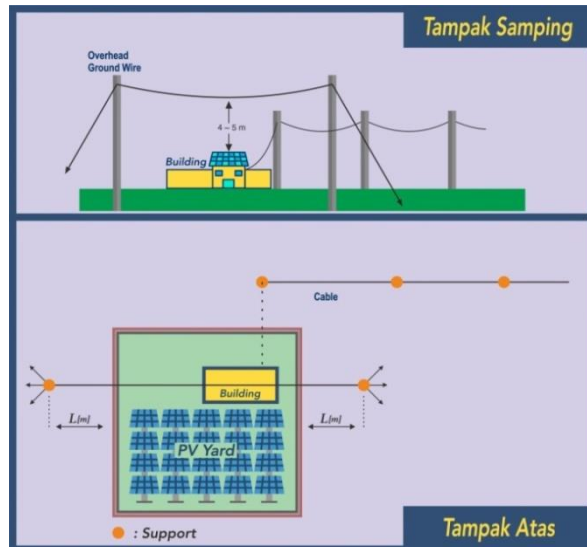
#### 3.2.6.1. SAMBARAN PETIR LANGSUNG (*DIRECT LIGHTNING STRIKE*)

- 1) Tinggi dari gelombang arus 50% dari serangan petir memiliki tinggi gelombang arus 15 sampai dengan 20 kA.
- 2) Namun demikian, be-beberapa gelombang arus petir memiliki arus hingga 200 ~ 300 kA.



- 3) Adalah tidak mungkin untuk melindungi fasilitas yang terkena sambaran petir secara langsung.
- 4) Dibutuhkan proteksi dengan penangkal petir atau kawat bumi yang digelar diatas instalasi.

(Erisman, 2014)



Gambar 19. Proteksi Sambaran Petir Langsung dengan Kawat Bumi yang Digelar Diatas Instalasi

### 3.2.6.2. SAMBARAN PETIR TIDAK LANGSUNG (*INDIRECT LIGHTNING STRIKE*): INDUKSI ELEKTROMAGNET

- 1) Arus petir yang diakibatkan oleh pelepasan muatan antara awan dan bumi menginduksikan medan magnet.
- 2) Surja petir diinduksikan pada penghantar oleh medan magnet didekatnya.

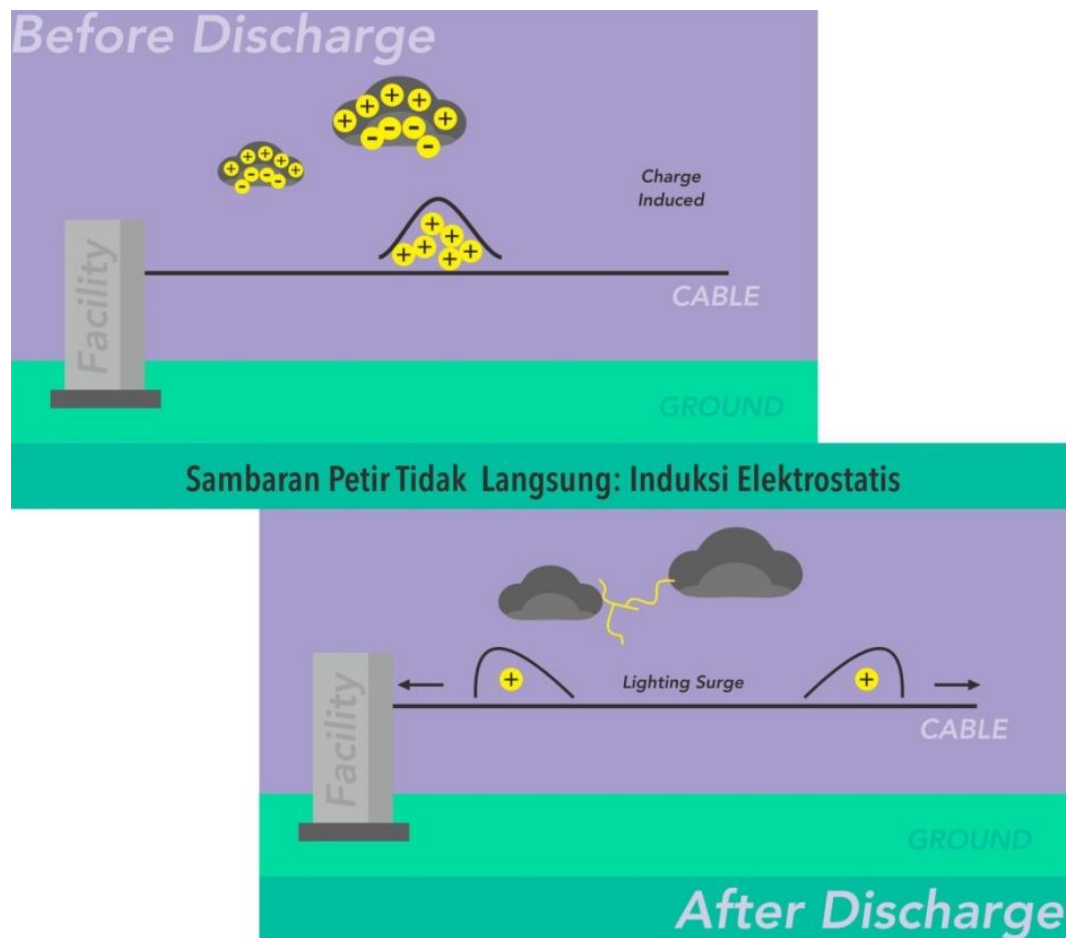
(Erisman, 2014)



Gambar 20. Sambaran Petir dengan Induksi Elektromagnet

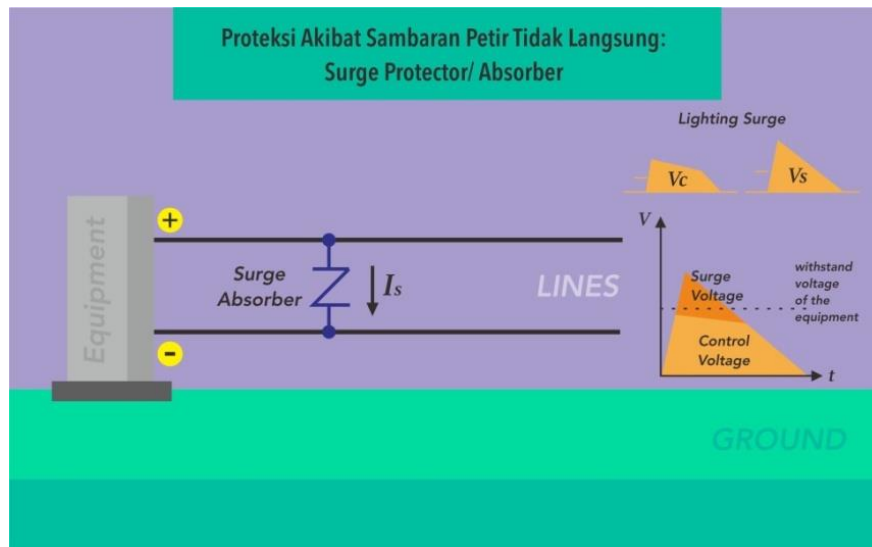


### 3.2.6.3. SAMBARAN PETIR TIDAK LANGSUNG (*INDIRECT LIGHTNING STRIKE*): INDUKSI ELEKTROSTATIK



Gambar 21. Sambaran Petir dengan Induksi Elektrostatis

- 1) Muatan positif diinduksikan pada penghantar oleh awan badai di atasnya.
- 2) Setelah hilangnya muatan di awan karena pelepasan beban, muatan positif pada penghantar mengalir ke dua arah penghantar sebagai surja petir.



Gambar 22. Proteksi Akibat Sambaran Petir Tidak Langsung menggunakan *Surge Absorber*

(Erisman, 2014)



1. Sistem *Photovoltaics* terbagi menjadi Sistem Pembangkitan Mandiri dan *Grid Connected*.
2. Sistem pembangkitan mandiri dibedakan jenisnya seperti jenis pembangkitan dengan penyimpanan, tanpa penyimpanan, dan digabungkan dengan jenis pembangkitan jenis lain atau sistem *hybrid*.
3. Sistem *Grid Connected* terbagi menjadi sistem *photovoltaics* terpusat (pembangkitan skala besar) dan tersebar (sistem atap rumah).
4. Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* merupakan gabungan dari dua jenis pembangkit atau lebih.
5. Komponen utama PLTS terdiri dari:
  - a. Modul Surya
  - b. Inverter
  - c. Baterai
  - d. BCU/ BCR (*Battery Control Unit/ Battery Charge Regulator*)
  - e. Sistem Instalasi Pengawatan
  - f. Sistem Penumian

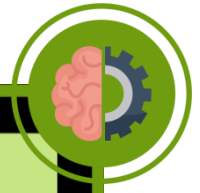




### 3.4. LATIHAN SOAL

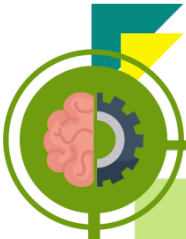


1. Jelaskan bagaimana sel surya dapat menghasilkan listrik!
2. Dari ketiga jenis tipe modul, lebih baik menggunakan tipe yang mana? Mengapa?
3. Sebutkan tiga peralatan listrik yang memanfaatkan PLTS *Off Grid* namun tanpa adanya sistem penyimpanan daya didalamnya!
4. Jelaskan fungsi Inverter dalam sistem suatu PLTS!
5. Sebutkan dan jelaskan manfaat pemasangan baterai dalam sistem instalasi PLTS!
6. Sebutkan keuntungan jika suatu rumah memasang modul surya (sistem atap rumah) yang terkoneksi dengan jaringan listrik PLN!
7. Jelaskan keuntungan dan kerugian jika suatu PLTS tidak memiliki sistem penyimpanan daya!
8. Jelaskan perbedaan yang mendasar terkait sistem kerja PLTS *On Grid* secara terpusat dan tersebar!



1. Berikut yang bukan termasuk komponen PLTS adalah...
  - a. Sel surya
  - b. *Brake system*
  - c. Inverter
  - d. *Charge Controller*
  - e. Baterai
2. Salah satu contoh PLTS *On Grid* dengan sistem tersebar adalah...
  - a. PV farm
  - b. Sistem atap
  - c. Sistem Komunikasi Tenaga Surya
  - d. Instalasi MegaWatt *Photovoltaik*
  - e. Hibrid
3. Nilai efisiensi dari modul *Monocrystalline* adalah...
  - a. 16%-17%
  - b. 13%-16%
  - c. 9%-13%
  - d. 6%-9%
  - e. 1%-2%
4. Nilai efisiensi dari modul *Polycrystalline* adalah...
  - a. 16%-17%
  - b. 13%-16%
  - c. 9%-13%
  - d. 6%-9%
  - e. 1%-2%
5. Nilai efisiensi dari TFSC adalah...
  - a. 16%-17%
  - b. 13%-16%
  - c. 9%-13%
  - d. 6%-9%
  - e. 1%-2%
6. Komponen pada PLTS yang berfungsi sebagai pengubah arus listrik DC menjadi arus listrik AC disebut...
  - a. Sel Surya
  - b. Accu
  - c. *Charge Control*
  - d. Inverter
  - e. Modul Surya





7. Berikut merupakan jenis-jenis bahan sel surya antara lain, kecuali...
  - a. *Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition*
  - b. *Polycrystalline*
  - c. *Monocrystalline*
  - d. *Thin Film Solar Cell*
  - e. *Thin Film Photovoltaic*
8. Komponen PLTS yang berfungsi sebagai piranti proteksi pada baterai adalah...
  - a. Inverter
  - b. Konverter
  - c. Modul surya
  - d. BCU/ BCR
  - e. Baterai
9. Sistem yang terdapat pada instalasi PLTS dan berfungsi sebagai proteksi arus bocor hingga sambaran petir adalah...
  - a. Pemanfaatan
  - b. Pengujian
  - c. Pemeliharaan
  - d. Pengawatan
  - e. Pembedaan
10. Pada sistem *photovoltaics*, kerja PLTS dapat dikombinasikan dengan sistem pembangkitan tenaga yang lain seperti angin, bayu, dan diesel. Sistem yang dikombinasikan ini disebut dengan...
  - a. Sistem Tersebar
  - b. Sistem *Hybrid*
  - c. Sistem Terpusat
  - d. *With Storage Systems*
  - e. *Without Storage System*

\*peserta diklat dikatakan menguasai materi jika dapat menjawab 80% soal evaluasi dengan benar



## SISTEM INSTALASI PENGAWATAN

Skema PLTS Mandiri/Off Grid  
(Dengan Sistem Proteksi terhadap Petir)

Skema PLTS Grid Connected/On Grid  
(Dengan Sistem Proteksi terhadap Petir)

Rangkuman

Latihan Soal

Evaluasi



### 5 Alasan utama menggunakan Panel Surya:

1. Sumber energi yang melimpah dan tanpa biaya
2. Biaya pemeliharaan dan operasional yang kecil
3. Sumber energi tersedia dan datang sendiri
4. Tidak membutuhkan pemeliharaan yang intens
5. ramah lingkungan

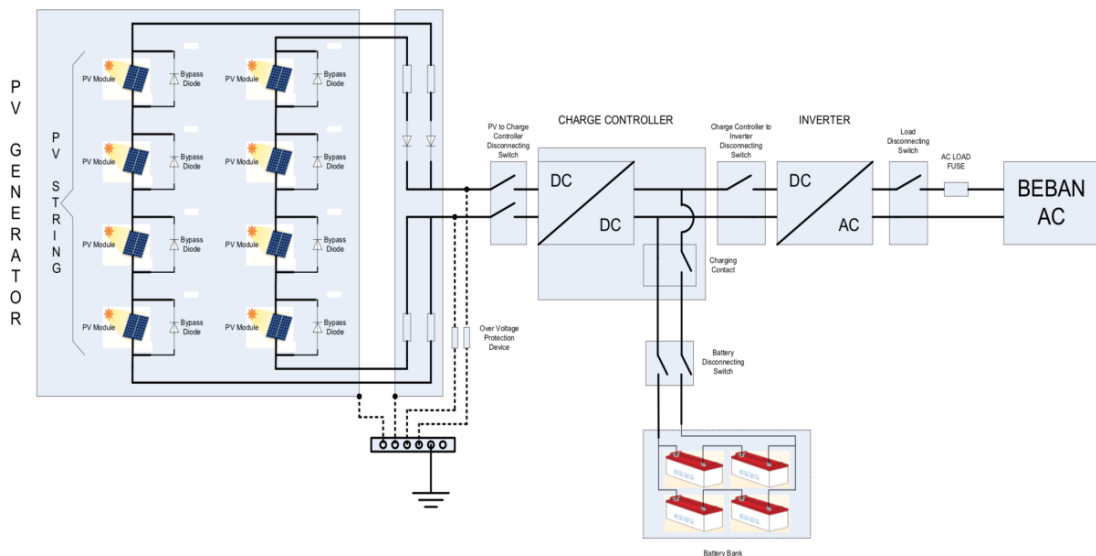




#### 4.1. SKEMA PLTS MANDIRI/*OFF-GRID* (DENGAN SISTEM PROTEKSI PETIR)

Komponen lengkap suatu PLTS Mandiri biasanya terdiri dari:

1. Modul PV/ *Photovoltaic Module* jika hanya terdiri dari modul tunggal atau *Array Module* jika terdiri dari beberapa Modul PV
2. Komponen pengubah arus searah menjadi arus bolak-balik atau biasa disebut Inverter. Pemilihan Inverter tergantung pada jenis rangkaian yang akan digunakan. Terdapat inverter yang harus memiliki kemampuan *grid connected* dan Inverter biasa atau yang tidak memiliki kemampuan untuk *grid connected*. Suatu Inverter yang digunakan untuk sistem *grid connect* biasanya dipasang pada instalasi hibrid atau digabungkan dengan jenis pembangkit lainnya.
3. BCU (*Battery Control Unit*) atau BCR (*Battery Charge Regulator*), seperti penjelasan diatas diterangkan bahwa BCU/BCR merupakan komponen yang memiliki fungsi sebagai pengubah nilai tegangan. Nilai tegangan yang diubah merupakan nilai tegangan yang dihasilkan oleh Modul PV, sehingga sama dengan nilai tegangan baterai dan selanjutnya untuk mengisi baterai.
4. Baterai atau *Accumulator*, merupakan komponen yang dipasang guna menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh Modul PV.
5. Sistem Instalasi atau Sistem Pengawatan, yang berfungsi menghubungkan satu komponen dengan komponen lain. Komponen utama instalasi listrik seperti fuse, junction box, disconnecting switch, surge protector, dan lain-lain termasuk kedalam bagian sistem ini.
6. *Grounding System* atau Sistem Pembumian, merupakan salah satu sistem pembumian yang penting dan harus selalu diperhatikan. Terkait dengan sistem keamanan suatu instalasi pembangkit tenaga listrik maupun terhadap bahaya sambaran petir langsung dan tidak langsung.



Gambar 23. Line Diagram PLTS Mandiri (dengan Sistem Proteksi Petir)

(Sumber: Erisman, 2014)

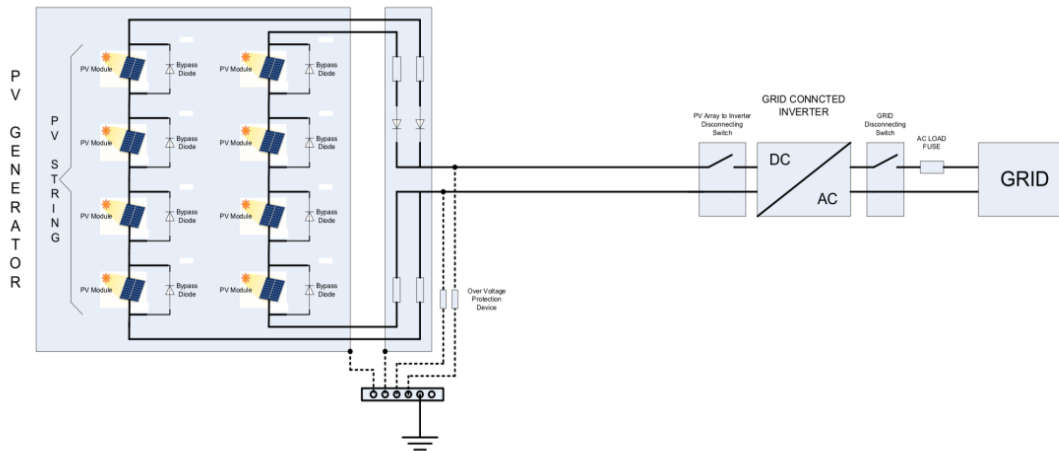
#### 4.2. SKEMA PLTS *GRID CONNECTED/ON-GRID* (DENGAN SISTEM PROTEKSI PETIR)

Komponen lengkap suatu PLTS Mandiri biasanya terdiri dari:

1. Modul PV/ *Photovoltaic Module* jika hanya terdiri dari modul tunggal atau *Array Module* jika terdiri dari beberapa Modul PV
2. Komponen pengubah arus searah menjadi arus bolak-balik atau biasa disebut Inverter. Pemilihan Inverter tergantung pada jenis rangkaian yang akan digunakan. Terdapat inverter yang harus memiliki kemampuan *grid connected* dan Inverter biasa atau yang tidak memiliki kemampuan untuk *grid connected*. Suatu Inverter yang digunakan untuk sistem *grid connect* biasanya dipasang pada instalasi hibrid atau digabungkan dengan jenis pembangkit lainnya.
3. Sistem Instalasi atau Sistem Pengawatan, yang berfungsi menghubungkan satu komponen dengan komponen lain. Komponen utama instalasi listrik seperti *fuse*, *junction box*, *disconnecting switch*, *surge protector*, dan lain-lain termasuk kedalam bagian sistem ini.
4. *Grounding System* atau Sistem Pembumian, merupakan salah satu sistem pembumian yang penting dan harus selalu diperhatikan. Terkait dengan sistem keamanan suatu instalasi pembangkit tenaga



listrik maupun terhadap bahaya sambaran petir langsung dan tidak langsung.



Gambar 24. *Line Diagram PLTS Grid Connected*  
(Dengan Sistem Proteksi Petir)

(Sumber: Erisman, 2014)



### >>> 4.3. RANGKUMAN <<<



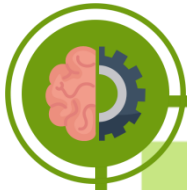
Berdasarkan uraian materi diatas dijelaskan bahwa PLTS dengan sistem Mandiri atau *Off Grid* membutuhkan komponen yang lebih banyak daripada PLTS dengan sistem *On Grid*. Tertera bahwa PLTS *On Grid* tidak memiliki sistem penyimpanan energi listrik.

### >>> 4.4. LATIHAN SOAL <<<



1. Sebutkan 3 keuntungan jika suatu rumah atau gedung menggunakan PLTS *On Grid* dengan sistem atap rumah untuk suplai energi listrik!
2. Lampu lalu lintas dan penerangan jalan umum berbasis energi surya termasuk kedalam pembangkitan listrik dengan sistem ....
3. Beberapa kerugian yang didapat jika memasang PLTS dengan sistem *Off Grid* pada rumah atau gedung yang sudah disuplai listrik oleh PLN, yaitu ...
4. Jelaskan manfaat utama pemasangan *Synchronous Inverter* pada sebuah instalasi PLTS!
5. Sebutkan beberapa fungsi dari BCU/BCR dalam suatu instalasi PLTS!
6. Mengapa sistem *off-grid* membutuhkan baterai?
7. Sebut dan jelaskan perbedaan yang terdapat dari *PLTS On Grid* dan *PLTS Off Grid*!
8. Sebutkan hal-hal apa saja yang perlu diperhatikan dan dipersiapkan dalam pembangunan sebuah PLTS atap rumah/gedung!

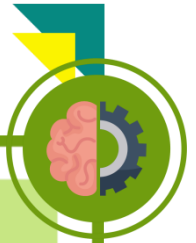




## 4.5. EVALUASI



1. *Array Module* merupakan...
  - a. Kumpulan sel surya
  - b. Kumpulan modul surya
  - c. Rangkaian baterai
  - d. Kumpulan PLTS atas
  - e. PV Farm
2. Yang dimaksud dengan PLTS *On Grid* adalah...
  - a. PLTS yang hasil energi listriknya terhubung dengan jaringan listrik dari PLN
  - b. PLTS yang hasil energi listriknya tidak terhubung dengan jaringan listrik dari PLN
  - c. PLTS mandiri
  - d. PLTS berdiri sendiri
  - e. PLTS yang memiliki banyak baterai
3. Yang dimaksud dengan PLTS *Off Grid* adalah...
  - a. PLTS yang hasil energi listriknya terhubung dengan jaringan listrik dari PLN
  - b. PLTS yang hasil energi listriknya tidak terhubung dengan jaringan listrik dari PLN
  - c. PLTS mandiri
  - d. PLTS berdiri sendiri
  - e. PLTS yang memiliki banyak baterai
4. Pemilihan jenis Inverter dalam suatu instalasi PLTS berdasarkan...
  - a. Jenis rangkaian instalasi
  - b. Efisiensi
  - c. Bentuk keluaran gelombang
  - d. *Surge capability*
  - e. Semua benar
5. Selain sebagai piranti proteksi pengisian baterai, BCU/ BCR memiliki fungsi lain, yaitu...
  - a. Mengubah listrik DC menjadi AC
  - b. Mengubah listrik AC menjadi DC
  - c. Menyimpan daya listrik sementara
  - d. Piranti pemutus aliran listrik jika terjadi kebocoran
  - e. Mengubah nilai tegangan dari modul surya menuju baterai



6. Komponen pada PLTS yang berfungsi sebagai pengubah arus listrik DC menjadi arus listrik AC disebut...
  - a. Sel Surya
  - b. Accu
  - c. *Charge Control*
  - d. Inverter
  - e. Modul Surya
7. Yang bukan merupakan jenis keluaran gelombang pada inverter adalah...
  - a. *Surge Wave Inverter*
  - b. *Square Wave Inverter*
  - c. *Modified Square Wave Inverter*
  - d. *Pure Sine Wave Inverter*
  - e. *Synchronous Inverter*
8. *Square Wave Inverter* memiliki keluaran gelombang yang berbentuk...
  - a. Setengah lingkaran
  - b. Persegi panjang
  - c. Segitiga
  - d. Sinus murni
  - e. Linier
9. *Sine Wave Inverter* memiliki keluaran gelombang yang berbentuk...
  - a. Setengah lingkaran
  - b. Persegi panjang
  - c. Segitiga
  - d. Sinus murni
  - e. Linier
10. Fungsi dari fitur *maximum point tracking* adalah...
  - a. Pengatur jumlah nilai maksimum daya yang tersedia
  - b. Pengatur nilai maksimal daya penyimpanan baterai
  - c. Pengubah aliran DC menjadi AC
  - d. Penyalur daya berlebih menuju jaringan PLN
  - e. Semua benar

\*peserta diklat dikatakan menguasai materi jika dapat menjawab 80% soal evaluasi dengan benar

## JENIS PERLINDUNGAN INSTALASI PLTS

Jenis Perlindungan

Tindakan Pencegahan

Tindakan Penanggulangan

Rangkuman

Latihan Soal

Evaluasi



### Mitos:

Panel surya tidak berfungsi saat musim penghujan, cuaca mendung, hingga berkabut.

### Fakta:

Panel surya tetap berfungsi dan menghasilkan energi yang cukup signifikan walaupun saat mendung, berkabut dan saat musim penghujan. Fakta lainnya yaitu perbedaan hasil energi antara panel surya yang dipasang di tempat dingin hanya 1% lebih sedikit dibandingkan daerah panas.

Sumber: <https://www.care2.com/greenliving/11-solar-energy-mythbusters.html>



## 5.1. JENIS PERLINDUNGAN

Sistem keamanan sebuah instalasi pembangkitan listrik merupakan hal yang vital dan tidak bisa diabaikan. Kegiatan inspeksi dan pengecekan berkala pada sebuah instalasi pembangkit tenaga listrik dimaksudkan supaya sistem instalasi memiliki tingkat keamanan yang baik dan andal. Melalui kegiatan inspeksi pula, seseorang dapat membuat strategi pencegahan dan penanggulangan yang baik dan sesuai. Pencegahan dan penanggulangan serta penyelamatan diri dari bencana atau kecelakaan di lingkungan kerja dapat dilakukan untuk mengurangi kerusakan atau kerugian. Bencana atau kecelakaan yang terjadi dapat disebabkan oleh kelalaian manusia hingga faktor teknis dari masing-masing komponen instalasi yang digunakan. Kerusakan hingga kerugian yang didapat antara lain kerusakan unit, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, hingga timbulnya korban jiwa.

Menjaga keamanan kinerja alat pembangkit listrik memerlukan perlindungan khusus. Perlindungan yang dibutuhkan antara lain, perlindungan terhadap hubung singkat dan perlindungan terhadap bahaya benda bertegangan.

### 5.1.1. TERHADAP HUBUNG SINGKAT

Secara teknis hubung singkat atau *short circuit* suatu rangkaian listrik terjadi karena kontak kawat fasa terhubung secara sengaja atau tidak sengaja dengan kawat netral. Akibat yang ditimbulkan jika terjadi hubung singkat antara lain, rusaknya peralatan listrik, putusnya suplai tegangan listrik, percikan api kemudian kebakaran alat akibat peningkatan tekanan thermal, hingga membahayakan keselamatan manusia.

### 5.1.2. TERHADAP BAHAYA BENDA BERTEGANGAN

Bahaya benda bertegangan biasanya disebabkan oleh adanya arus yang bocor pada rangkaian listrik. Menurut Malik (Erisman, 2014), arus bocor adalah arus yang mengalir dalam instalasi listrik yang melalui isolasi





listrik maupun akibat kapasitansi saluran untuk tegangan bolak-balik serta adanya rugi-rugi konduktor. Biasanya arus yang bocor pada rangkaian listrik disebabkan oleh kekuatan isolasi yang menurun dan kapasitas saluran.

## 5.2. TINDAKAN PENCEGAHAN

Berikut kegiatan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya hubung singkat dan arus bocor pada rangkaian instalasi listrik:

1. Gunakan APD (Alat Pelindung Diri) secara baik dan benar.
2. Pemasangan poster himbauan untuk tetap menjaga diri dan keamanan lingkungan kerja.
3. Menggunakan komponen dan peralatan listrik yang berstandar nasional atau berstandar internasional.
4. Cek instalasi listrik secara berkala dan konsisten. Lebih detail ke bagian kualitas isolator, kebersihan, hingga kerapihan instalasi.
5. Pastikan sistem pembumian peralatan listrik dalam kondisi dan bekerja baik.
6. Gunakan peralatan listrik sesuai dengan fungsinya.
7. Jauhkan material yang mudah terbakar karena terkena percikan api atau terjadinta ledakan.

## 5.3. TINDAKAN PENANGGULANGAN

Berikut kegiatan yang diperlukan untuk menanggulangi terjadinya hubung singkat dan arus bocor pada rangkaian instalasi listrik:

1. Melakukan *trouble-shooting* dengan tepat dan cepat.
2. Segera putuskan arus listrik melalui panel MCB/Zekering.
3. Segera ganti komponen instalasi jika benar-benar sudah tidak layak untuk digunakan.
4. Jika terjadi kebakaran, gunakan alat pemadam kebakaran seperti, tabung pemadam, karung goni atau *fire blanket* yang sudah dalam keadaan basah dan segera hubungi petugas pemadam kebakaran dan PLN.



## >>> 5.4. RANGKUMAN <<<



Perlindungan terhadap rangkaian instalasi listrik sangat penting untuk diperhatikan. Perlindungan yang kerap dilakukan, dititik beratkan pada perlindungan terhadap hubung singkat dan perlindungan terhadap bahaya benda bertegangan.

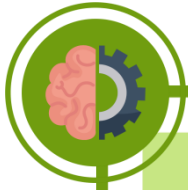
Untuk melindungi alat dan pegawai yang bekerja pada wilayah tersebut, perlu dilakukan tindakan pencegahan terhadap bahaya *short circuit* dan bahaya arus bocor pada rangkaian listrik. Perawatan yang berkala akan membuat kinerja dari alat menjadi andal dan tahan lama. Selain itu juga dapat meminimalisir kerugian dan kerusakan.

## >>> 5.5. LATIHAN SOAL <<<



1. Penyebab terjadinya hubung singkat pada rangkaian listrik adalah...
2. Sebutkan apa saja hal yang terjadi jika terdapat hubung singkat pada rangkaian listrik!
3. Sebutkan 3 cara pencegahan supaya rangkaian pada instalasi listrik tetap berfungsi baik dan aman!
4. Apa yang akan terjadi jika tidak melakukan kegiatan perawatan suatu rangkaian listrik secara berkala?
5. Sebutkan beberapa faktor yang mendasari timbulnya kebocoran arus listrik!
6. Bagaimana jika rangkaian listrik terus menerus mengalami kebocoran arus namun tidak segera diperbaiki?
7. Jelaskan mengapa dibutuhkan sistem perlindungan terhadap suatu rangkaian listrik?
8. Sebutkan beberapa kerugian jika terjadi hubung singkat dan arus yang bocor dalam instalasi PLTS!

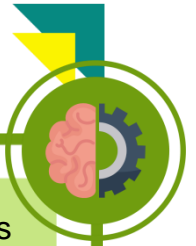




## 5.6. EVALUASI



1. Suatu instalasi PLTS memerlukan beberapa piranti pencegahan supaya tidak terjadi kerusakan alat atau bencana lain, hal ini termasuk kedalam jenis sistem...
  - a. Pengawatan
  - b. Pembumian
  - c. Pembangkitan listrik
  - d. Proteksi atau perlindungan
  - e. Semua benar
2. Pencegahan dan penanggulangan serta penyelamatan diri dari bencana atau kecelakaan di lingkungan kerja dapat dilakukan untuk mengurangi...
  - a. Kerugian
  - b. Pengeluaran biaya
  - c. Keselamatan kerja
  - d. Kebersihan tempat kerja
  - e. Motivasi kerja
3. Salah satu contoh yang ditimbulkan dari adanya hubung singkat suatu rangkaian adalah...
  - a. Rusaknya peralatan listrik
  - b. Putusnya suplai tegangan listrik
  - c. Percikan api
  - d. Peningkatan tekanan thermal
  - e. Semua benar
4. Jika terjadi hubung singkat dan timbul percikan api dan tidak segera ditangani, maka akan terjadi...
  - a. Aliran listrik lancar
  - b. Kebakaran alat
  - c. Daya menurun
  - d. Rangkaian tetap berjalan
  - e. Komponen *disconnecting switch* tidak berfungsi
5. Selain perlindungan terhadap hubung singkat, dibutuhkan juga jenis perlindungan terhadap...
  - a. Kebakaran
  - b. Panas
  - c. Suhu
  - d. Posisi komponen
  - e. Bahaya benda bertegangan



6. Perlindungan terhadap arus bocor merupakan jenis perlindungan terhadap...
  - a. Kebakaran
  - b. Panas
  - c. Suhu
  - d. Posisi komponen
  - e. Bahaya benda bertegangan
7. Arus bocor pada suatu rangkaian listrik disebabkan oleh...
  - a. Rugi-rugi konduktor sangat sedikit
  - b. Tidak berfungsi salah satu komponen instalasi
  - c. Kekuatan isolasi yang menurun
  - d. Kapasitas saluran yang sesuai
  - e. Semua jawaban benar
8. Menggunakan peralatan listrik sesuai dengan kegunaannya merupakan kegiatan...
  - a. Inspeksi
  - b. Pencegahan
  - c. Pemeliharaan
  - d. Penanggulangan
  - e. Pengecekan
9. Salah satu tindakan pencegahan terjadinya hubung singkat dan arus bocor dalam suatu rangkaian listrik adalah, kecuali...
  - a. Memakai APD
  - b. Menggunakan komponen listrik ber SNI
  - c. Memasang poster himbauan untuk tetap fokus dan berhati-hati
  - d. Mendokumentasikan kerusakan komponen
  - e. Mengganti komponen yang rusak dengan komponen baru
10. Segera memutuskan arus listrik yang mengalir pada panel MCB merupakan kegiatan...
  - a. Inspeksi
  - b. Pencegahan
  - c. Pemeliharaan
  - d. Penanggulangan
  - e. Pengecekan

\*peserta diklat dikatakan menguasai materi jika dapat menjawab 80% soal evaluasi dengan benar

# BAB VI



## PROSEDUR PEMERIKSAAN



Prosedur Pemeriksaan

Pemeriksaan Dokumen

Pemeriksaan Visual

Rangkuman

Latihan Soal

Evaluasi



"The roof of my house is covered in solar panels.  
When I'm home, I'm a pretty green fellow."  
– Bill McKibben (American environmentalist)

x

x





## 6.1. PROSEDUR PEMERIKSAAN

Kegiatan pemeriksaan dan penelitian operasional setiap komponen vital dalam sistem pembangkitan listrik tenaga surya biasa disebut dengan kegiatan inspeksi fisik PLTS. Keseluruhan kegiatan inspeksi fisik dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan memeriksa kondisi fisik setiap komponen menggunakan sebagian besar alat indra yang dimiliki. Kegiatan inspeksi fisik yang dapat dilaporkan secara visual yaitu dengan memeriksa *nameplate* komponen dan kemudian disesuaikan dengan kelayakan komponen terpasang. Selain itu inspeksi fisik sebuah komponen secara visual yaitu dengan memeriksa tata letak, kebersihan, dan kerapian pada jaringan instalasi listrik. Inspeksi fisik dapat juga dilaporkan jika pada sebuah komponen terdapat kerusakan yang terlihat maupun tidak, bau terbakar, getaran, dan panas (suhu).

Kegiatan inspeksi atau pemeriksaan hendaknya dilakukan dengan baik dan benar, supaya didapatkan hasil yang presisi dan sesuai data antara hasil laporan kegiatan inspeksi dari penginspeksi dengan kesesuaian data yang ada di lapangan. Berdasarkan hal tersebut, penginspeksi perlu memahami alur atau tahapan sebelum melakukan inspeksi pada instalasi pembangkitan listrik. Secara garis besar terdapat tiga tahapan pada kegiatan inspeksi ini. Pertama, persiapan dan pemeriksaan dokumen terkait serta persiapan lainnya, antara lain *form* atau lembar laporan untuk mencatat hasil inspeksi, alat ukur listrik, APD untuk turun ke lapangan. Langkah selanjutnya adalah kegiatan inspeksi komponen secara langsung, dan yang terakhir adalah pembuatan laporan hasil kegiatan inspeksi.

Hal yang harus dipersiapkan sebelum melaksanakan inspeksi antara lain:

### 1. Pemeriksaan Dokumen

Pemeriksaan dokumen dilakukan dengan cara mengumpulkan dokumen-dokumen cetak terkait, yang di dalamnya terdapat:

- a. *Manual book operation* masing-masing komponen pembangkit
- b. Spesifikasi komponen utama





- c. Gambar diagram satu garis dan gambar instalasi listrik pada gedung pembangkit listrik, diagram satu garis *grounding system*, letak atau *layout* komponen utama, denah ruangan atau area PLTS yang menunjukkan peralatan darurat seperti alat pemadam kebakaran
  - d. Sertifikat uji pabrik peralatan utama (sertifikat produk)
  - e. Ijin lingkungan dan dokumen lingkungan hidup
  - f. *Form* atau lembar pengambilan data kegiatan inspeksi
2. Pemeriksaan Secara Visual
  3. Pemeriksaan Modul Surya
  4. Pemeriksaan BCU/BCR
  5. Pemeriksaan Baterai
  6. Pemeriksaan Inverter
  7. Pemeriksaan Sistem Pengkabelan/pengawatan
  8. Pemeriksaan Sistem pembumian
  9. Pengukuran Tahanan Sistem Pembumian

## 6.2. PEMERIKSAAN DOKUMEN

Pada *review* dokumen ini maka dokumen perencanaan atau dokumen instalasi diperiksa untuk mendapatkan spesifikasi teknis dan spesifikasi material instalasi yang akan diinspeksi. Dokumen-dokumen yang dibutuhkan dalam rangka inspeksi adalah:

Tabel 1. Dokumen Lembar Isian Komponen yang Perlu di Inspeksi

1	Informasi Lokasi		
	Referensi Identifikasi Proyek	:	
	Kapasitas Nominal Sistem	:	
	Tanggal Pembangunan	:	
	Nama Pemilik	:	
	Alamat Lokasi	:	



2	Informasi Perancang		
	Nama Perancang	:	
	Narahubung	:	
	Alamat	:	
	Nomor Telepon	:	
	E-mail	:	
3	Informasi Pemasang		
	Nama Pemasang	:	
	Narahubung	:	
	Alamat	:	
	Nomor Telepon	:	
	E-mail	:	
4	Diagram Sistem		
	a. Gambar Lokasi/ Diagram Instalasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	b. Diagram Satu Garis	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• Konfigurasi <i>Array</i> PV terlihat	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• Pengawatan <i>Array</i> PV teridentifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• Terdapat pembumian <i>Array</i> PV	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• <i>Junction Box</i> teridentifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• <i>Conduit</i> dari <i>Array</i> PV ( <i>Junction Box</i> ) ke DC <i>Disconnecting Switch</i> lalu ke BCU teridentifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• BCU/ BCR terspesifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• Sistem pembumian peralatan teridentifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• Pemisah (DC dan AC <i>disconnecting switch</i> ) Didentifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• <i>Battery Bank</i> terspesifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• <i>Conduit</i> dari BCU ke DC <i>Disconnecting Switch</i> lalu ke <i>Battery Bank</i> teridentifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• Inverter terspesifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• <i>Conduit</i> dari Inverter ke AC <i>Disconnecting Switch</i> lalu ke beban teridentifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	• Metode pengawatan pada titik koneksi di identifikasi	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	Catatan:		



5	Moudl PV	
	a. Tegangan <i>Open Circuit</i> Max (Voc)	: _____ Volt
	b. Arus Hubung Singkat (Isc)	: _____ Ampere
	c. Daya Maksimum pada <i>Standard Test Condition</i>	: _____ Wp
	d. Tegangan pada Pmax	: _____ Volt
	e. Arus pada Pmax	: _____ Ampere
	f. Tegangan Sistem Maksimum	: _____ Volt
	g. <i>Rating Fuse Series</i> Max	: _____ Ampere
Catatan:		
6	Array	
	a. Jumlah modul terhubung seri	: _____ Buah
	b. Jumlah modul terhubung paralel	: _____ Rangkaian
	c. Jumlah modul total	: _____ Buah
	d. Tegangan Kerja	: _____ Volt
	e. Arus Kerja	: _____ Ampere
	f. Tegangan Sitem Maksimum	: _____ Volt
	g. Arus Hubung Singkat	: _____ Ampere
Catatan:		
7	BCU/ BCR	
	a. Arus Maksimum	: _____ Amepere
	b. Tegangan Kerja	: _____ s/d. _____ Volt
	c. Tegangan Maksimum	: _____ Volt
Catatan:		
8	Inverter	
	a. Rating Daya	: _____ VA
	b. DC Input	
	• Tegangan Nominal	: _____ Volt
	• Daerah Kerja	: _____ s/d. _____ Volt



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tegangan Input Maksimum yang diperbolehkan</li> </ul>	: _____ Volt
	c. AC Output	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frekuensi Output</li> </ul>	: _____ s/d. _____ Hz
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tegangan Output</li> </ul>	: _____ s/d. _____ Volt
Catatan:		
9	Baterai	
	a. Tipe (Basah/ Kering)	: _____
	b. Tegangan	: _____ Volt
	c. Kapasitas	: _____ AH
Catatan:		
10	Pengawatan	
	Kabel String	
	a. Merek/ Pembuat	: _____
	b. Tipe	: _____
	c. Ukuran	: _____ mm
	<i>Junction Box</i>	
	a. Tipe Fuse String	: _____
	b. Rating Fuse String	: _____ Ampere
	c. Apakah terpasang <i>Blocking Diode</i> ?	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
	d. Rating Arus <i>Blocking Diode</i>	: _____ Ampere
	e. Rating Tegangan <i>Blocking Diode</i>	: _____ Volt
	f. Apakah terpasang Surge Protector?	<input type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
	g. Rating Arus Surge Protector	: _____ Ampere
	h. Rating Tegangan Surge Protector	: _____ Volt
	<i>Kabel Array PV</i>	
	a. Merek/ Pembuat	: _____
	b. Tipe	: _____
	c. Ukuran	: _____
Catatan:		



11	Proteksi		
	<i>DC Disconnecting Switch</i>		
	a. Lokasi	: _____	
	b. Rating Arus DC <i>Disconnecting Switch</i>	: _____ Ampere	
	c. Rating Tegangan DC <i>Disconnecting Switch</i>	: _____ Volt	
	<i>AC Disconnecting Switch</i>		
	a. Lokasi	: _____	
	b. Rating Arus AC <i>Disconnecting Switch</i>	: _____ Ampere	
	c. Rating Tegangan AC <i>Disconnecting Switch</i>	: _____ Volt	
	Proteksi Surja Petir		
	a. Terdapat Proteksi Surja Petir?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	b. Lokasi Proteksi Surja Petir	: _____	
	c. Ukuran Proteksi Surja Petir	: _____ Ampere	
	Proteksi Arus Lebih		
	a. Lokasi Proteksi Arus Lebih	: _____	
	b. Ukuran Proteksi Arus Lebih	: _____ Ampere	
	Proteksi Arus Sisa		
	a. Terdapat Proteksi Arus Sisa (GPAS)?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	b. Rating RCD	: _____ mA	
Catatan:			
12	Pembumian		
	a. Pembumian Array PV dan Rangka Array PV (untuk Surja Petir/ <i>Lightning Surge</i> )	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	b. Ukuran Penghantar Pembumian Array PV dan Rangka	: _____	
	c. Lokasi Pembumian	: _____	
	d. Pembumian terhadap Sambaran Petir (terhadap sambaran petir langsung/ <i>Direct Lightning</i> )	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	e. Ukuran Penghantar Pembumian terhadap sambaran Petir	: _____	
	f. Lokasi Pembumian	: _____	
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Kolom catatan diperuntukan jika terdapat hal-hal yang perlu dicatat dan tidak tersedia di kolom isian data. Detail untuk komponen-komponen atau bagian-bagian di atas apabila tidak tercantum secara mendetail pada dokumen perencanaan, dapat dilihat secara langsung pada instalasi. Hal ini berguna untuk memastikan kesamaan antara dokumen perencanaan atau desain dengan instalasi yang terpasang.

### 6.3. PEMERIKSAAN VISUAL

Pemeriksaan secara visual memiliki tujuan untuk mengetahui keberadaan *nameplate* pada setiap komponen utama instalasi PLTS. Selain itu bertujuan untuk menyesuaikan dengan standar yang berlaku dan menyesuaikan dengan data perencanaan atau pembangunan, yang didapat melalui kegiatan *review* dokumen. Oleh karena itu, pemeriksaan secara visual lebih menitik beratkan pada fisik masing-masing komponen utama instalasi PLTS.



## 6.4. RANGKUMAN



1. Inspeksi fisik pada PLTS menitik beratkan pada bagian:
  - a. Fisik secara keseluruhan (secara visual, pendengaran, suhu, dan getaran)
  - b. Dokumen instalasi PLTS
  - c. Komponen PLTS seperti pada bagian Modul Surya, Inverter, Baterai, BCU/BCR, Sistem pengawatan, Sistem pembumian.
2. Inspeksi Dokumen Instalasi PLTS terdiri dari informasi lokasi, informasi perancang, informasi pemasang, dan spesifikasi komponen yang digunakan.
3. Inspeksi Visual merupakan kegiatan inspeksi yang berfungsi menyesuaikan nameplate dari komponen utama, menyesuaikan dengan data perencanaan atau pembangunan yang telah didapat melalui *review* dokumen, dan hal-hal yang berkaitan dengan keamanan, kerapihan, dan kebersihan pada instalasi.

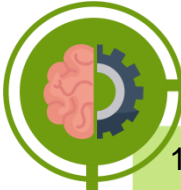


## >>> 6.5. LATIHAN SOAL <<<



1. Pada pemeriksaan dokumen perencanaan dan dokumen instalasi ditujukan untuk mendapatkan data berupa ....
2. Sebutkan hal-hal yang diperiksa dalam kegiatan pemeriksaan secara visual!
3. Sebutkan hal-hal yang perlu diperiksa dalam suatu dokumen instalasi PLTS!
4. Apa yang membedakan jenis pemeriksaan dokumen dengan pemeriksaan visual?
5. Sebutkan beberapa poin yang harus disesuaikan dalam pemeriksaan dokumen pada *Array module*!
6. Jelaskan beberapa tahap yang harus diketahui sebelum melakukan kegiatan inspeksi, yaitu?
7. Menurut anda, seberapa penting data terkait informasi lokasi, perancang, dan pemasang suatu instalasi pembangkit tenaga listrik dibandingkan dengan data inspeksi komponen? Jelaskan!
8. Sebut dan jelaskan tujuan dari pemeriksaan secara visual pada suatu instalasi PLTS!

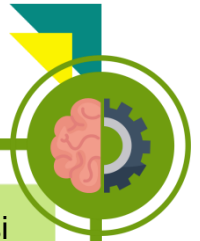




## 6.6. EVALUASI



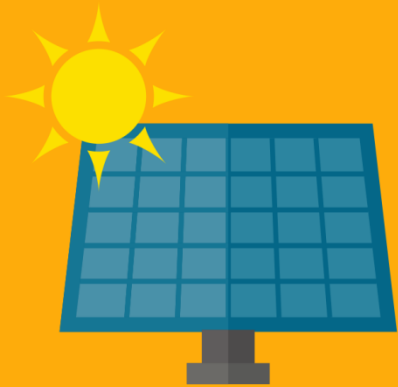
1. Terdapat urutan untuk melakukan inspeksi fisik pada suatu instalasi pembangkit tenaga listrik, sehingga harus memperhatikan...
  - a. Waktu pemeriksaan
  - b. Prosedur Pemeriksaan
  - c. Lokasi pemeriksaan
  - d. Jumlah pembangkit yang diperiksa
  - e. Kondisi cuaca saat inspeksi
2. Jenis pemeriksaan yang berfokus kepada inspeksi yang berkaitan dengan izin lingkungan dan dokumen lingkungan hidup, sertifikat produk, single line diagram, dll adalah jenis pemeriksaan...
  - a. Sertifikat
  - b. Visual
  - c. Dokumen
  - d. Fisik
  - e. Spesifikasi
3. Beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam melakukan inspeksi fisik secara visual yaitu, kecuali...
  - a. Tata letak
  - b. Kebersihan instalasi
  - c. Kerapihan instalasi
  - d. Pengukuran fungsi komponen
  - e. Perubahan warna komponen instalasi
4. Yang bukan merupakan langkah yang harus ditempuh dalam kegiatan inspeksi adalah...
  - a. Jumlah inspektur
  - b. Pemeriksaan dokumen instalasi
  - c. Meyediakan form atau lembar inspeksi
  - d. Membuat laporan kegiatan inspeksi
  - e. Melakukan inspeksi secara langsung
5. Pemeriksaan visual pada komponen PLTS antara lain pada...
  - a. Modul surya
  - b. Baterai
  - c. Inverter
  - d. BCU/ BCR
  - e. Semua benar



6. Pada pemeriksaan dokumen, informasi dasar terkait instalasi PLTS yang perlu ditampilkan antara lain, kecuali...
  - a. Informasi Lokasi PLTS
  - b. Informasi total biaya pembangunan PLTS
  - c. Informasi Perancang PLTS
  - d. Informasi Pemasang PLTS
  - e. Informasi Spesifikasi komponen yang digunakan
7. Dalam pemeriksaan dokumen komponen baterai, yang harus dicari informasi nya adalah terkait...
  - a. Kapasitas baterai yang terpasang
  - b. Cara mendapatkan baterai
  - c. Warna dan dimensi baterai
  - d. Posisi komponen
  - e. Kebersihan ruang penyimpanan
8. Pada pemeriksaan dokumen komponen BCU/BCR, hal yang harus dicari informasi nya adalah terkait...
  - a. Arus maksimum
  - b. Tegangan kerja
  - c. Tegangan maksimum
  - d. Merk dan tipe
  - e. Semua jawaban benar
9. Kegiatan pemeriksaan yang bertujuan untuk memeriksa kondisi fisik instalasi atau komponen yang kasat mata (kebersihan dan kerapian) merupakan jenis pemeriksaan...
  - a. Sertifikat
  - b. Dokumen
  - c. Visual
  - d. Spesifikasi
  - e. Fisik
10. Tahapan akhir dalam kegiatan pemeriksaan atau inspeksi adalah...
  - a. Pengisian form
  - b. Pembuatan laporan
  - c. Pengumpulan daftar permasalahan yang ditemui
  - d. Penyerahan draft inspeksi
  - e. Pelaksanaan rencana inspeksi

\*peserta diklat dikatakan menguasai materi jika dapat menjawab 80% soal evaluasi dengan benar

# BAB VII



## INSPEKSI BAGIAN PLTS



Inspeksi Modul *Photovoltaics*

Inspeksi Inverter

Inspeksi Baterai dan BCU/BCR

Inspeksi Sistem Proteksi

Inspeksi Perlengkapan Pengamanan Kebakaran

Inspeksi Perlengkapan atau Pelindung terhadap  
Bahaya Benda Bertegangan

Inspeksi Sistem Instalasi atau Pengawatan

Rangkuman

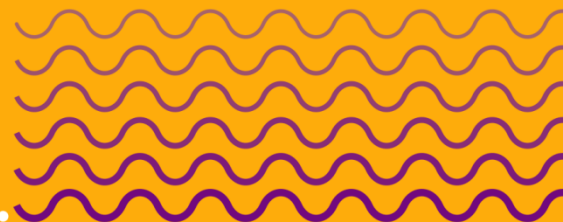
Latihan Soal

Evaluasi

### Fakta:

Jumlah tenaga teknik ketenagalistrikan yang bersertifikat terus meningkat. Sejumlah 45.467 Sertifikat Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan (SKTK) telah diterbitkan dalam periode bulan Januari s.d. Oktober 2019.

*Sumber: Infogatrik*

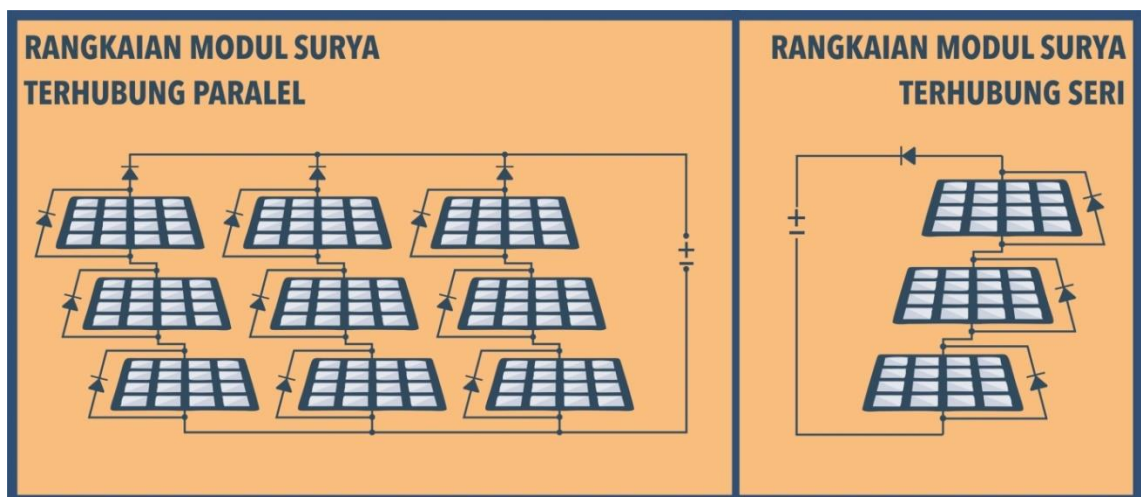




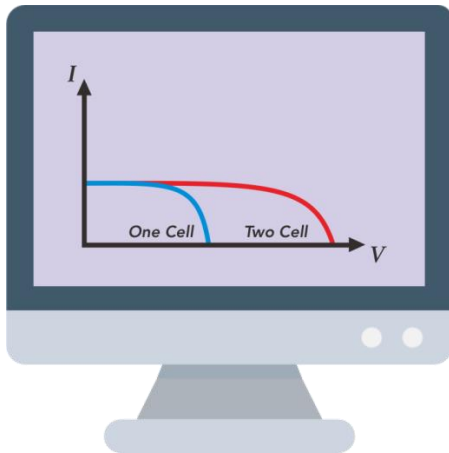
## 7.1. INSPEKSI MODUL *PHOTOVOLTAICS*

### 7.1.1. RANGKAIAN (SERI DAN SERI-PARALEL)

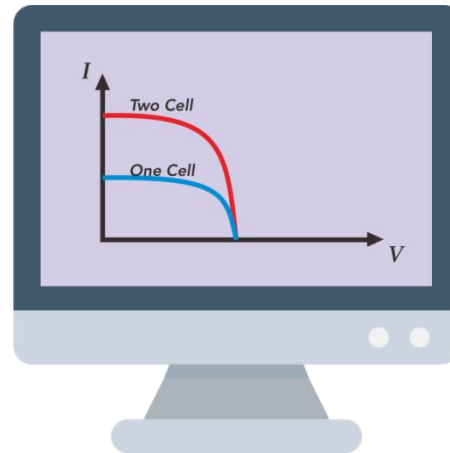
*Array PV* yang berkomposisi dari beberapa modul PV yang dirangkai menjadi satu buah jaringan utuh. Tujuan dari penggabungan modul-modul surya tersebut adalah untuk dapat memproduksi tegangan yang diinginkan pada sistem pembangkitan. Jenis hubungan atau rangkaian yang sering digunakan pada instalasi *Array PV* yaitu rangkaian listrik seri, paralel, hingga seri-paralel. Pengaplikasian hubung seri pada modul-modul surya tersebut ditujukan untuk meningkatkan hasil tegangan keluaran. Contohnya yaitu ketika ingin mendapatkan tegangan keluaran DC (*Direct Current*) sebesar 72 Volt, maka dibutuhkan dua buah modul surya yang masing-masing memiliki tegangan  $V_{oc}$  36 Volt dan dirangkai secara seri.



Gambar 25. Rangkaian *Array PV* secara Seri-Paralel dan Seri



Gambar 26. Grafik Arus dan Tegangan pada Rangkaian Seri Array PV ( $V$  Besar)



Gambar 27. Grafik Arus dan Tegangan pada Rangkaian Paralel Array PV ( $I$  Besar)

Berbeda dengan rangkaian seri, tujuan *array PV* dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan arus yang besar. Modul-modul PV yang dihubungkan secara paralel, terlebih dahulu dihubungkan secara seri yang dimaksudkan untuk mendapatkan tegangan yang tepat. Tegangan yang dihasilkan oleh *Array PV* kemudian dialirkan menuju inverter kemudian ke baterai untuk disimpan guna suplai listrik ke beban. *Array PV* dapat diukur dari daya puncak listrik yang dihasilkan dalam satuan W (Watt), kW (kiloWatt), hingga MW (MegaWatt).

### 7.1.2. TATA LETAK

Salah satu faktor yang juga berpengaruh dalam daya optimal yaitu tata letak. Modul PV membutuhkan paparan sinar matahari langsung yang maksimal dan juga dalam waktu yang lama serta terhindar dari bayangan (*shading*) dari pohon atau bangunan tinggi lainnya. Perlu dicermati karakteristik bayangan yang muncul pada sekitar instalasi Modul PV. Masalah *shading* perlu pertimbangan yang tepat pada pengaruh yang dapat muncul dari hari ke hari, bahkan sampai tahun ke tahun.



Gambar 28. Letak Array PV Mudah Dijangkau  
(Sumber: <https://mainesolarfarms.com>)

Faktor pendukung lainnya yang perlu dipertimbangan dalam segi tata letak adalah kemudahan instalasi dan pemeliharaan, rugi daya potensial akibat kabel, lokasi komponen sistem lainnya seperti baterai, inverter, beban, tampilan *Array PV* dan kemudahan akses untuk melakukan pemeliharaan serta pembersihan. Struktur penopang berdirinya panel surya juga perlu diperhatikan. Perlunya bahan yang anti karat dan tahan terhadap segala kondisi cuaca (panas, dingin, angin), sehingga bahan *frame mount* dapat dibuat dengan *stainless steel* dan baut yang digunakan.

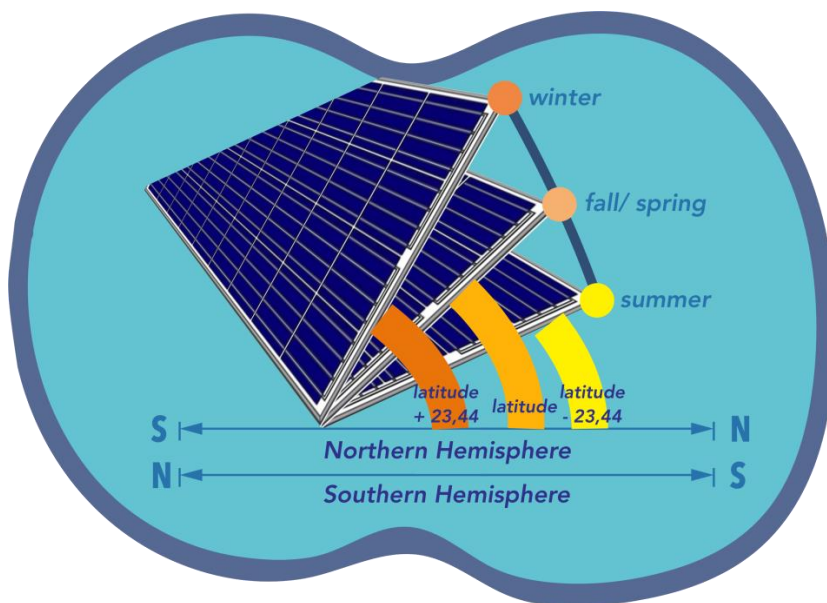


Gambar 29. Kerangka dan Tata Letak *Array PV*  
(Sumber: Persatuan Insinyur Indonesia: *Engineer Weekly*)



### 7.1.3. KEMIRINGAN

Pengaturan sudut kemiringan suatu panel surya juga berpengaruh pada hasil tegangan, maka dari itu perlu perhitungan yang akurat supaya paparan sinar matahari dapat mengenai permukaan panel dalam waktu yang cukup lama. Foster et al. (2010), menyebutkan untuk kemiringan tetap, daya maksimum selama satu tahun akan diperoleh ketika sudut kemiringan panel surya sama dengan lintang lokasi (Erisman, 2014). Misalnya panel surya yang terpasang di khatulistiwa (lintang =  $0^\circ$ ) yang diletakkan mendatar (sudut =  $0^\circ$ ), akan menghasilkan energi maksimum (Erisman, 2014). Contoh untuk kondisi di lokasi yang lain, sebuah sudut dengan kemiringan curam akan meningkatkan keluaran daya puncak (*Wattpeak*) selama pada bulan-bulan musim dingin ketika matahari lebih rendah di langit. Kondisi tersebut tentunya berdampak pada berkurangnya beberapa output pada bulan-bulan musim panas, namun akan tetap jika memiliki sudut lintang lokasi ditambah  $15^\circ$ . Umumnya, lokasi terbaik untuk modul surya adalah meja modul yang menghadap selatan, namun beratap wajah timur atau barat juga dapat diterima.

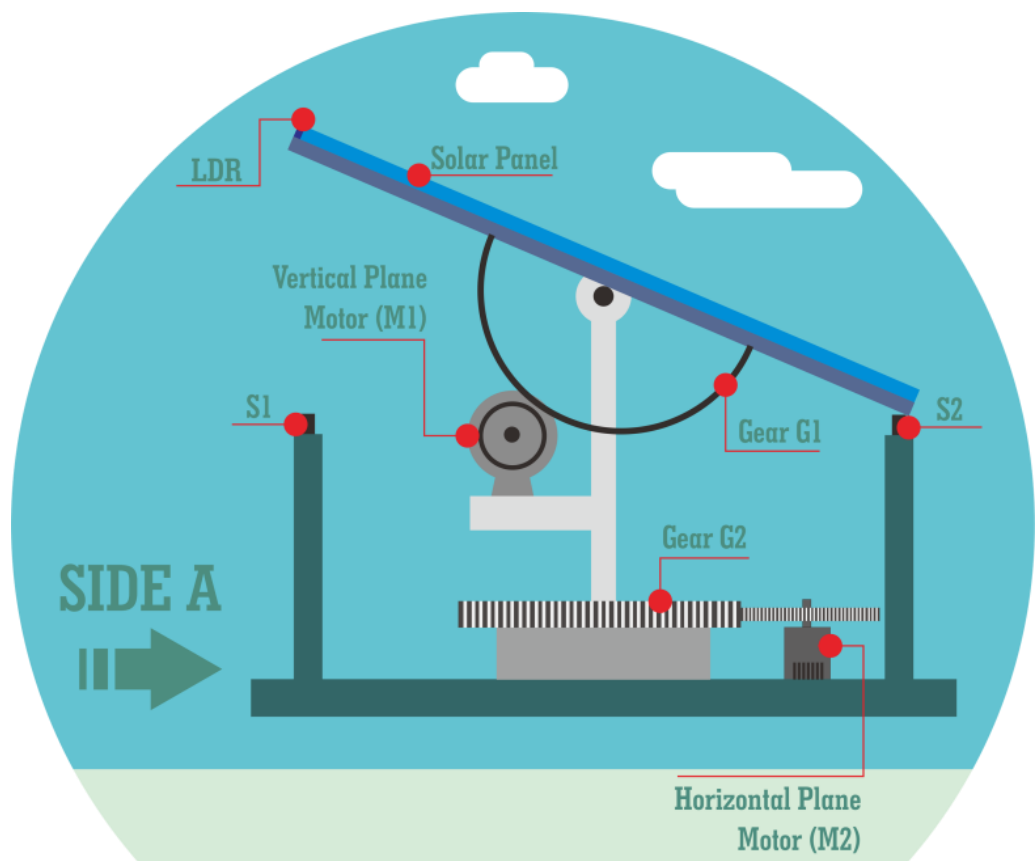


Gambar 30. Pengaturan Kemiringan Modul Surya

Cara lain yang lebih modern dalam permasalahan kemiringan yaitu menggunakan *Automatic Sun Tracking*. Alat yang memang didesain untuk



membantu pengoptimalan panel surya dalam menyerap sinar matahari. *Automatic Sun Tracking* tersebut dilengkapi oleh beberapa sensor *Light Dependent Resistor* (LDR), Piranti Kendali seperti Mikrokontroler Arduin Uno, Aktuator untuk menggerakkan dan mengarahkan panel surya menerima sinar matahari, *power supply* untuk gerak aktuator, dan *storage* atau baterai. Pergerakan yang ditentukan berupa gerak naik dan turun panel surya dan gerak penyesuaian sudut kemiringan panel surya berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Panel surya yang terintegrasi oleh *automatic suntracking system* diperoleh sistem kendali yang bekerja maksimal sehingga menghasilkan arus yang maksimal pula.



Gambar 31. *Automatic Suntracking*

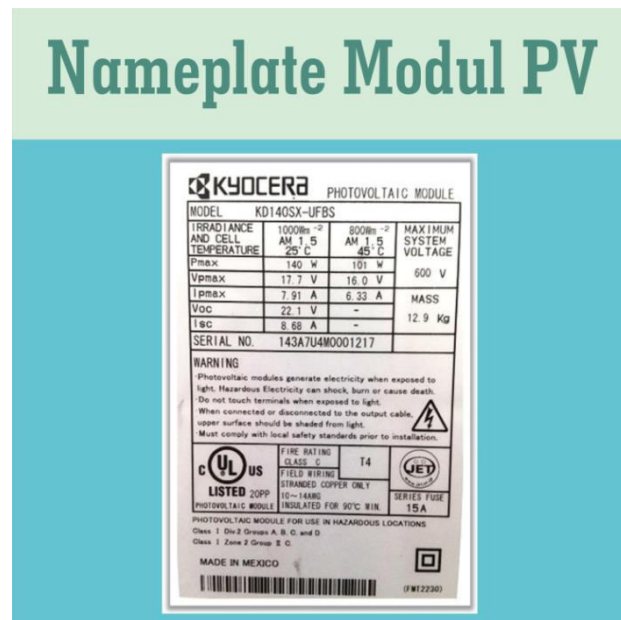


#### 7.1.4. HAL-HAL YANG DIPERIKSA PADA MODUL *PHOTOVOLTAICS*:

Tabel 2. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada Modul *Photovoltaics*

1.	Apakah <i>Nameplate</i> Modul tersedia?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah Data Modul sesuai dengan dokumen instalasi?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah modul tersertifikasi?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Kualitas Output:	<input type="checkbox"/> SNI 04-3850.2-1995 / IEC 61215: 2005-04 <input type="checkbox"/> SNI 04-6300-2000 / IEC 61646: 2008-05	
5.	Kualitas Modul:	<input type="checkbox"/> SNI IEC 61730-1: 2008 <input type="checkbox"/> SNI IEC 61730-2: 2008	
6.	Standar Lainnya	<input type="checkbox"/> SPLN D3.022-1: 2012 <input type="checkbox"/> _____	
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Gambar 32. Contoh *Nameplate* Modul *Photovoltaics*

(Sumber: <https://enkonn-solar.com>)



### 7.1.5. HAL-HAL YANG DIINSPEKSI PADA MODUL *PHOTOVOLTAICS*:

Tabel 3. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Modul *Photovoltaics*

1.	Apakah modul dalam kondisi fisik yang baik? (tidak ada retakan, <i>frame</i> bengkok (akibat rangka yang dispresisi))	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah modul terpasang dengan baik? (baut ada dan terpasang kencang)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah pengawatan modul terpasang baik? (tutup pengawatan tidak terbuka)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Apakah terdapat suara, bau, atau panas yang tidak normal?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Gambar 33. Kerusakan pada Modul *Photovoltaics*

(Sumber: <https://suryautamaputra.co.id>)





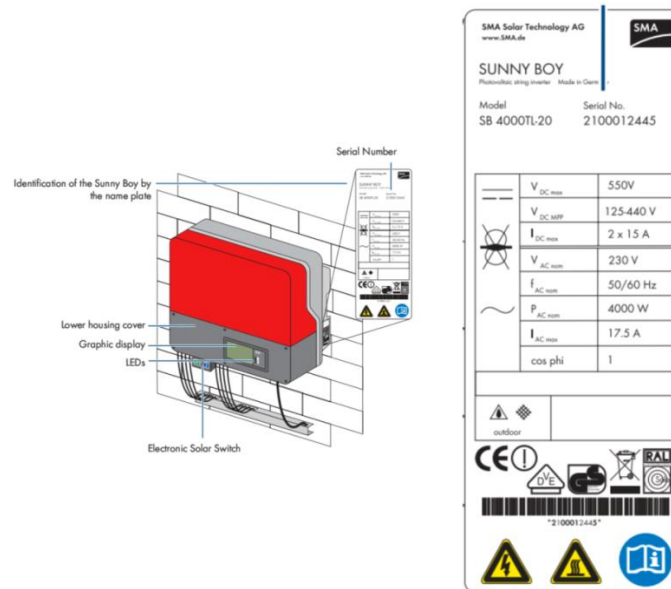
## 7.2. INSPEKSI INVERTER

### 7.2.1. HAL-HAL YANG DIPERIKSA PADA INVERTER:

Tabel 3. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada Inverter

1.	Apakah <i>Nameplate</i> Inverter tersedia?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah <i>Data Name</i> Inverter sesuai dengan data perencanaan atau pembangunan?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah Inverter ber tipe <i>Grid Connected</i> Inverter?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Apakah Inverter tersertifikasi?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	<input type="checkbox"/> IEC 62116	Lainnya:	<input type="checkbox"/> _____
	<input type="checkbox"/> IEC 62109-1		<input type="checkbox"/> _____
	<input type="checkbox"/> IEC 62109-2		<input type="checkbox"/> _____
	<input type="checkbox"/> IEEE Std 929		<input type="checkbox"/> _____
	<input type="checkbox"/> IEEE Std 1547		<input type="checkbox"/> _____
5.	Apakah Inverter memenuhi persyaratan teknik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Gambar 34. Inverter dan Lokasi Nameplate

(Sumber: <https://sma-sunny.com>)

## 7.2.2. HAL-HAL YANG DIINSPEKSI PADA INVERTER:

Tabel 4. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Inverter

1.	Apakah Inverter terletak pada lokasi yang baik? (aman dari jangkauan orang, tidak terkena sinar matahari langsung, tidak terkena hujan, terdapat ventilasi yang baik)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah Inverter dalam kondisi yang baik? (Permukaan bersih, pengawatan aman, baik, dan rapi)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah indikator dan panel pada Inverter bekerja dengan baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Apakah terdapat suara, bau, atau panas yang tidak normal?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)





Gambar 35. *Bi-Directional* Inverter

### 7.3. INSPEKSI BATERAI DAN BCU/BCR

#### 7.3.1. HAL-HAL YANG DIPERIKSA PADA BATERAI:

Tabel 5. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada Baterai

1.	Apakah <i>Nameplate Battery Bank</i> tersedia?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah data <i>nameplate battery bank</i> sesuai dengan data perencanaan atau pembangunan?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah <i>Battery Bank</i> tersertifikasi?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	<input type="checkbox"/> SNI 04-6392-2000	Lainnya:	<input type="checkbox"/> _____
	<input type="checkbox"/> IEC 61427-1: 1999		<input type="checkbox"/> _____
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Nameplate Baterai	
GEL Battery 2 V - 1000 Ah Batteries	
ARTICLE NUMBER	
40290041	2 V - 1000 Ah
SPECIFICATIONS	
Nominal capacity (C10)	1000 Ah (1.8 V cell, 20 °C)
Nominal voltage	2 VDC
Type	WhisperPower OPzV Valve Regulated batteries are extremely suitable for applications with extended charge / discharge cycles. They are fully maintenance free. WhisperPower GEL power batteries are based on tubular plate technology and the fixing of the elec
Weight (tolerance 1.5%)	68 Kg
Dimensions l*w*h [mm] (incl. terminals)	191*210*668 mm
Terminal type	M 8 / 4
Number of cells	8

Gambar 35. Spesifikasi Baterai

(Sumber: <https://whisperpower.com>)

### 7.3.2. HAL-HAL YANG DIINSPEKSI PADA BATERAI:

Tabel 6. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Baterai

1.	Apakah <i>Battery Bank</i> terletak pada lokasi yang baik? (aman dari jangkauan orang (terdapat pelindung atau dalam ruangan khusus), tidak terkena sinar matahari langsung, tidak terkena hujan, terdapat ventilasi yang baik)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah <i>Battery Bank</i> tertata dengan baik? (pada rak atau lemari baterai)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak





3.	Apakah <i>Battery Bank</i> dalam kondisi baik? (tidak ada yang pecah, tidak ada terminal yang kotor atau berkarat, suhu baterai wajar (tidak terlalu panas)).	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Apakah pengawatan <i>Battery Bank</i> dalam kondisi yang baik? (pengawatan baik dan rapi, proteksi pengawatan tidak terkelupas)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
5.	Apakah rak atau lemari untuk <i>Battery Bank</i> dalam kondisi baik? (rak atau lemari kuat, bersih, dan rapi)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
6.	Apakah untuk rak atau lemari berbahan logam terdapat pembumian yang baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
7.	Apakah terdapat suara, bau, atau panas yang tidak normal?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Gambar 36. *Battery Bank*, Pengawatan, dan Terminal Baterai

(Sumber: <https://enkonn-solar.com>)




### 7.3.3. HAL-HAL YANG DIPERIKSA PADA BCU:

Tabel 7. Isian Hal-Hal yang Diperiksa pada BCU

1.	Apakah Name BCU tersedia?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah data name plate BCU sesuai dengan data perencanaan atau pembangunan?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah Battery Bank tersertifikasi?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	<input type="checkbox"/> SNI 04-6392-2000	<input type="checkbox"/> _____	
	<input type="checkbox"/> IEC 61427-1: 1999	<input type="checkbox"/> _____	
	Lainnya:	<input type="checkbox"/> _____	
		<input type="checkbox"/> _____	
		<input type="checkbox"/> _____	
		<input type="checkbox"/> _____	
Catatan:			

(Erisman, 2014)

# Nameplate BCU/BCR



Models	FLEXmax 60 (FM60-150VDC)	FLEXmax 60 (FM60-150VDC)
Nominal Battery Voltages	12, 24, 36, 48, or 60VDC. Single model, selectable via field programming at start-up.	12, 24, 36, 48, or 60VDC. Single model, selectable via field programming at start-up.
Maximum Output Current	60A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit.	60A @ 104°F (40°C) with adjustable current limit.
NEC Recommended Solar Maximum Array STC Nameplate	12VDC systems: 1500W / 24VDC systems: 3000W 48VDC systems: 4500W / 60VDC systems: 5500W	12VDC systems: 1500W / 24VDC systems: 3000W 48VDC systems: 4500W / 60VDC systems: 5500W
PI Open Circuit Voltage (VOC)	150VDC absolute maximum cabinet conditions / 145VDC start-up and operating maximum	150VDC absolute maximum cabinet conditions / 145VDC start-up and operating maximum
Standby Power Consumption	Less than 100 typical	Less than 100 typical
Power Conversion Efficiency	97.5% @ 60VDC in a 48VDC system (typical)	96.7% @ 60VDC in a 48VDC system (typical)
Peak Efficiency	48VDC input w/ 60V battery at 51.8VDC (98.44%)	48VDC input w/ 60V battery at 51.8VDC (98.17%)
Charging Regulation	Bulk, absorption, float, and equalization	Bulk, absorption, float, and equalization
Voltage Regulation Set points	11 to 60VDC user adjustable with password protection	11 to 60VDC user adjustable with password protection
Equalization Charging	Programmable voltage, ramp, and duration, automatic termination when completed	Programmable voltage, ramp, and duration, automatic termination when completed
Battery Temperature Compensation	Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell	Automatic with optional RTS installed / 5.0mV per °C per 2V battery cell
Voltage Step-Down Capability	Down convert from any acceptable array voltage to any battery voltage. Example: 270VDC array to 24VDC battery, 60VDC array to 48VDC battery	Down convert from any acceptable array voltage to any battery voltage. Example: 270VDC array to 24VDC battery, 60VDC array to 48VDC battery
Programmable Auxiliary Control Output	3.17VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 8.2A/DC)	3.17VDC output signal which can be programmed for different control applications (maximum of 8.2A/DC)
Status Display	Optional MATE1, MATE2, or MATE3	Optional MATE1, MATE2, or MATE3
Remote Display and Controller	Optional MATE1, MATE2, or MATE3	Optional MATE1, MATE2, or MATE3
Network Cabling	Proprietary network system using 60-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)	Proprietary network system using 60-45 modular connectors with CAT5 cable (8 wires)
Data Logging	Last 128 days of operation: amp-hours, watt-hours, time in float, peak watts, amps, solar array voltage, maximum battery voltage, min. battery voltage and absorb time, and kWh of production	Last 128 days of operation: amp-hours, watt-hours, time in float, peak watts, amps, solar array voltage, maximum battery voltage, min. battery voltage and absorb time, and kWh of production
Operating Temperature Range	-40 to 60°C (operates automatically derated above 40°C)	-40 to 60°C (operates automatically derated above 40°C)
Environmental Rating	Indoor Type I	Indoor Type I
Conduit Knockouts	One (1) 1/2" knock on the back, One (1) 1/2" knock on the left side, Two (2) 1/2" knock on the bottom	One (1) 1/2" knock on the back, One (1) 1/2" knock on the left side, Two (2) 1/2" knock on the bottom
Warranty	Standard 5 year / Available 10 year	Standard 5 year / Available 10 year
Weight (lb/kg)	Unit: 12.0/5.5 Shipping: 15.5/7	Unit: 11.0/5.0 Shipping: 14.5/6.6
Dimensions H x W x D (in/cm)	Unit: 16.25 x 5.75 x 5.5 / 41.27 x 14.6 x 14.0 Shipping: 19.5 x 5.5 x 5.5 / 49.2 x 14.0 x 14.0	Unit: 15.75 x 5.75 x 5.5 / 39.9 x 14.6 x 14.0 Shipping: 17.5 x 5.5 x 5.5 / 44.2 x 14.0 x 14.0
Options	Remote Temperature Sensor (RTS), MATE1, MATE2, MATE3	Remote Temperature Sensor (RTS), MATE1, MATE2, MATE3
Menu Languages	English & Spanish	English & Spanish
Certifications	ETL Listed to UL 1741, CSA C22.2 No. 107.1	ETL Listed to UL 1741, CSA C22.2 No. 107.1

\*The approximate wire size is in accordance with NEC.

Gambar 37. BCU dan Spesifikasi BCU

(Sumber: <https://solartown.com>)





### 7.3.4. HAL-HAL YANG DIINSPEKSI PADA BCU:

Tabel 8. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada BCU

1.	Apakah BCU terletak pada lokasi yang baik? (aman dari jangkauan orang, tidak terkena sinar matahari langsung, tidak terkena hujan, terdapat ventilasi yang baik)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah BCU dalam kondisi yang baik? (permukaan bersih, pengawatan aman, baik, dan rapi)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah indikator dan panel pada BCU bekerja dengan baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Apakah terdapat suara, bau, atau panas yang tidak normal?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Gambar 38. BCU pada Instalasi PLTS

(Sumber: <https://www.solardirectory.com.au>)



## 7.4. INSPEKSI SISTEM PROTEKSI

### 7.4.1. HAL-HAL YANG DIINSPEKSI:

#### a. Sistem Penumbumian

Tabel 9. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem Proteksi (Penumbumian)

1.	Apakah terdapat proteksi terhadap sambaran langsung petir?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah sistem pengawatan terhadap sambaran langsung petir dalam kondisi baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah terdapat proteksi terhadap surja petir?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Apakah sistem pengawatan terhadap surja petir dalam kondisi baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
5.	Apakah penumbumian <i>Array</i> dan rangka <i>Array</i> (Surja petir / <i>Lighting Surge</i> ) digabungkan dengan penumbumian terhadap sambaran petir?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
6.	Apakah terdapat proteksi surja untuk peralatan?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
7.	Apakah proteksi surja untuk peralatan dalam kondisi baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
8.	Apakah sistem pengawatan proteksi surja untuk peralatan dalam kondisi baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)





## b. Pengukuran Tahanan Sistem Pembumian

Tahanan pembumian perlu dibedakan antara tahanan untuk pembumian sistem dan tahanan pembumian untuk proteksi terhadap petir.

Tabel 10. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem dan Tahanan Pembumian

1.	Tahanan pembumian untuk proteksi petir secara langsung dan tidak langsung. Tahanan pembumian untuk sistem proteksi ini sebaiknya adalah sekecil mungkin untuk memberikan jalan tersingkat aliran arus ke bumi. Besar tahanan ini dibatasi harus lebih kecil sama dengan 5 ohm.		
	Besar tahanan pembumian untuk proteksi petir secara langsung dan tidak langsung $\leq 5$ Ohm	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Tahanan pembumian instalasi biasanya dibatasi hingga maksimum tegangan sentuh akibat adanya arus ke bumi hanya mencapai 50 Volt AC. Besar tahanan dalam hal ini dibatasi oleh besar arus bumi yang diizinkan mengalir oleh proteksi arus lebih, atau secara sederhana nilai hambatan bumi adalah kurang dari sama dengan 5 Ohm (pendekatan praktis).		
	a. Besar tahanan pembumian untuk proteksi instalasi hambatan bumi $\leq 50$ V/I	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
	b. Besar tahanan pembumian untuk proteksi petir secara langsung dan tidak langsung $\leq 5$ Ohm	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Pembumian instalasi atas sambaran tidak langsung petir	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
4.	Penggunaan <i>Surge Protector</i> untuk melindungi instalasi atas sambaran tidak langsung petir	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
5.	Terdapat <i>Bypass Diode</i> pada modul	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
6.	Terdapat <i>Fuse</i> untuk <i>string</i>	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
7.	Terdapat <i>Blocking Diode</i> pada <i>Junction Box</i>	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
8.	Terdapat <i>Disconnecting Switch</i> sisi DC	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
9.	Terdapat <i>Disconnecting Switch</i> sisi AC	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada



10.	Terdapat proteksi <i>Overcurrent</i>	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
11.	Terdapat proteksi arus sisa (GPAS)	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
Catatan:			

(Erisman, 2014)

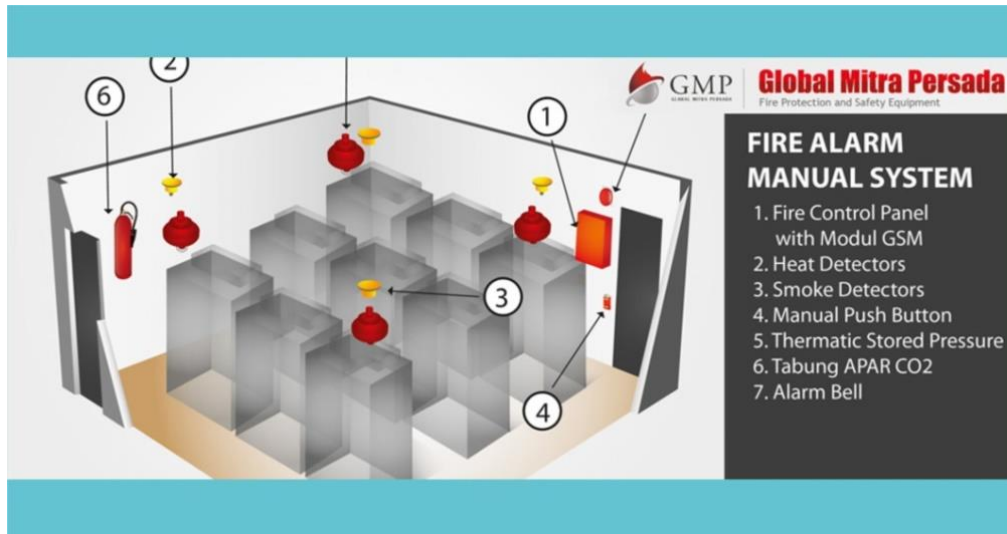
## 7.5. INSPEKSI PERLENGKAPAN PENGAMANAN KEBAKARAN

### 7.5.1. HAL-HAL YANG DIINSPEKSI TERKAIT PERLENGKAPAN ATAU PERALATAN PENGAMANAN KEBAKARAN

Tabel 11. Isian Hal-hal yang Diinspeksi Terkait Perlengkapan Pengamanan Kebakaran

a.	Terdapat alat pemadam kebakaran	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
b.	Apakah alat pemadam kebakaran telah sesuai dan memenuhi persyaratan teknik (untuk bahaya kebakaran listrik)?	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Gambar 38. Posisi Alat Pemadam Api di Ruang Kendali

(Sumber: <https://alatpemadamapi.co.id>)

Apakah terdapat peralatan *Disconnecting Switch* (berfungsi untuk memutus sumber energi yang menyebabkan kebakaran tetap berlangsung)?

Tabel 12. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada *Disconnecting Switch*

1.	Apakah <i>data name Disconnecting Switch</i> sesuai dengan data perencanaan atau pembangunan?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
1.	Sisi DC antara <i>Array PV</i> dengan BCU	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
2.	Sisi DC antara BCU dengan <i>Battery bank</i>	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
3.	Sisi AC antara Inverter dengan Beban	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Gambar 39. *Disconnecting Switch DC Side dan AC Side*

(Sumber: PUSDIKLAT KESDM)

## 7.6. INSPEKSI PERLENGKAPAN ATAU PELINDUNG TERHADAP BAHAYA BENDA BERTEGANGAN

### 7.6.1. HAL-HAL YANG DIINSPEKSI PADA PERLENGKAPAN TERHADAP BAHAYA BENDA BERTEGANGAN

Tabel 13. Isian Hal-hal yang Diinspeksi pada Perlengkapan Terhadap Bahaya Benda Bertegangan

1.	Apakah terdapat <i>barrier</i> terhadap benda bertegangan?	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
Catatan:			

(Erisman, 2014)





Gambar 40. Inspeksi Perlengkapan Perlindungan Komponen Instalasi

(Sumber: PUSDIKLAT KESDM)

## 7.7. INSPEKSI SISTEM INSTALASI ATAU PENGAWATAN

### 7.7.1. SISTEM INSTALASI

Instalasi disini mencakup bagian keseluruhan instalasi, yaitu berupa masalah kondisi umum instalasi dan bangunan sipil. Hal-hal yang diinspeksi antara lain:

Tabel 14. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem Instalasi

a.	Apakah kondisi instalasi secara visual baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
b.	Kondisi bangunan sipil secara visual baik (tidak terdapat kebocoran)?	<input type="checkbox"/> Ada	<input type="checkbox"/> Tidak Ada
c.	Apakah pintu, jendela, dan ventilasi lainnya dalam kondisi baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
d.	Apakah instalasi PV Array dalam kondisi baik (tidak terdapat karat, dispresiasi rangka, baut/ mur modul yang lepas atau hilang)?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)



Pemeriksaan yang dilakukan:

Tabel 15. Isian Hal-Hal yang Diinspeksi pada Sistem Pengawatan

1.	Apakah jenis penghantar yang digunakan sudah sesuai (tipe)?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
2.	Apakah seluruh meter dan indikator dalam kondisi baik dan bekerja normal?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
3.	Apakah antar modul PV terpasang baik dan tidak menggantung?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
4.	Apakah pengawatan antara <i>Array</i> PV dengan <i>Junction Box</i> dan BCU / Inverter terpasang baik dan terlindung?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
5.	Apakah pengawatan terpasang baik dan terminasi kuat?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
6.	Apakah pada bagian pengawatan yang tertutup atau berada dalam <i>conduit</i> dalam keadaan baik?	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
7.	Apakah terdapat tanda/ <i>sign</i> untuk bagian yang penting? (tanda terlihat mencolok dan dalam kondisi mudah dipahami)	<input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak
Catatan:			

(Erisman, 2014)



# Inspeksi Sistem Pengawatan



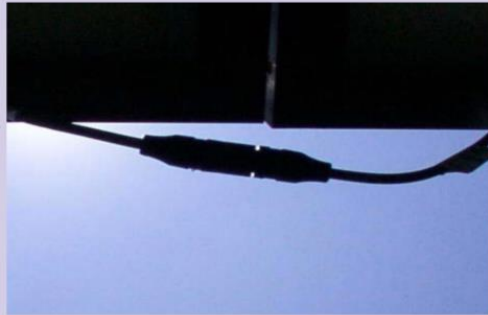
**a. Penghantar Indoor digunakan untuk Outdoor**



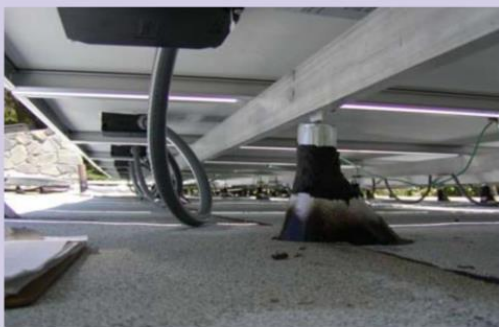
**b. Meter dan Indikator Sistem Pengawatan**



**c. Pengawatan antar Modul yang Menggantung**



**d. Pengawatan antar Modul yang Menggantung**



**e. Pengawatan antar Modul yang Menggantung**



**f. Pengawatan PV Array Terhampar Tanpa Pellindung**

Gambar 41 (Bagian a, b, c, d, e, f). Inspeksi Sistem Pengawatan

(Sumber: PUSDIKLAT KESDM)



# Inspeksi Sistem Pengawatan



**g. Pengawatan pada Junction Box  
(Pemasangan Terminasi ditandai  
untuk Pemeriksaan Kekencangan Baut)**



**h. Pengawatan pada Konduit  
di Bawah Tanah**



**i. Tanda untuk Disconnecting Switch  
sekalius Proteksi pada PLTS  
Grid Connected**

Gambar 42 (Bagian g, h, i). Inspeksi Sistem Pengawatan

(Sumber: PUSDIKLAT KESDM)





## 7.8. RANGKUMAN

1. Bagian PLTS yang perlu diinspeksi antara lain:
  - a. Modul PV
  - b. Inverter
  - c. Baterai dan BCU/BCR
  - d. Sistem Proteksi
  - e. Inspeksi Perlengkapan atau Peralatan Pengamanan Kebakaran
  - f. Inspeksi Perlengkapan atau Pelindung Terhadap Bahaya Benda Bertegangan
  - g. Inspeksi Sistem Instalasi atau Pengawatan
2. Kualitas, kerapihan, kebersihan, keamana, dan kelengkapan menjadi tujuan utama pada kegiatan inspeksi pada setiap komponennya.

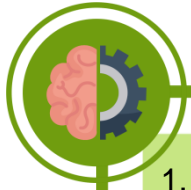


## >>> 7.9. LATIHAN SOAL <<<



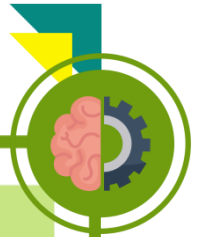
1. Bagaimana kriteria yang baik untuk penempatan instalasi baterai?
2. Sebutkan kriteria data yang baik atau dokumen dari hasil kegiatan inspeksi PLTS!
3. Sebutkan hal-hal apa saja yang harus diinspeksi pada BCU/BCR!
4. Sebutkan 4 aspek yang diinspeksi pada kegiatan inspeksi Inverter pada PLTS!
5. Jelaskan bagaimana suatu modul photovoltaik dikatakan sehat setelah dilakukan kegiatan inspeksi!
6. Bagaimana menurut anda jika terdapat komponen pada PLTS yang diinspeksi tidak sesuai dengan dokumen awal instalasi? Jelaskan!
7. Jelaskan hal-hal apa saja yang perlu diinspeksi pada komponen Modul PV?
8. Jelaskan bagaimana cara kerja teknologi *Automatic Suntracking*!





## 7.10. EVALUASI

1. Kegiatan inspeksi pada Modul *Photovoltaics* lebih berfokus pada, kecuali...
  - a. Fisik Modul PV
  - b. Tata Letak Modul PV
  - c. Pengawatan Modul PV
  - d. Ukuran Modul PV
  - e. Kesesuaian dengan dokumen instalasi
2. Berapa nilai tahanan pembumian yang aman untuk proteksi petir secara langsung dan tidak langsung?
  - a.  $> 5 \text{ Ohm}$
  - b.  $\leq 5 \text{ Ohm}$
  - c.  $> 6 \text{ Ohm}$
  - d.  $< 6 \text{ Ohm}$
  - e.  $> 7 \text{ Ohm}$
3. Hal-hal yang harus diperhatikan ketika kegiatan inspeksi pada baterai adalah...
  - a. Luas ruangan dan harga baterai
  - b. Luas Ruangan dan Pembumian baterai
  - c. Tata letak dan keterjangkauan baterai
  - d. Harga dan kapasitas baterai
  - e. Kebersihan dan harga baterai
4. Sebutkan bentuk pelaksanaan kegiatan inspeksi!
  - a. Pemeriksaan dan Pengujian
  - b. Pengoperasian dan Pemeriksaan
  - c. Penjadwalan dan Pengoperasian
  - d. Pemeliharaan dan Pendistribusian
  - e. Pengujian dan Pemeliharaan
5. Yang diinspeksi pada Modul PV adalah...
  - a. Arah modul
  - b. Kemiringan modul
  - c. *Shading*/Bayangan
  - d. Kebersihan dan kerapihan
  - e. Semua jawaban benar



6. Bagian baterai yang harus diinspeksi adalah...
  - a. Terminasi setiap baterai
  - b. Temperatur baterai
  - c. Spesifikasi setiap baterai
  - d. Kelembaban ruangan
  - e. Semua jawaban benar
7. Hal yang perlu diperhatikan pada saat menginspeksi *Combiner Box* adalah, kecuali...
  - a. Tegangan nominal output
  - b. Korosi pada komponen
  - c. Kelembaban lingkungan
  - d. Kerusakan pada *combiner box*
  - e. Kebersihan pada *combiner box*
8. Hal yang perlu diperhatikan pada saat menginspeksi *Inverter* pada PLTS adalah sebagai berikut, kecuali...
  - a. Rating daya
  - b. Tegangan sistem maksimum
  - c. Tegangan nominal DC input
  - d. Frekuensi tegangan AC output
  - e. Tipe inverter
9. Hal yang perlu diperhatikan pada saat menginspeksi sistem pembumian peralatan pada PLTS yaitu...
  - a. Pembumian terhadap sambaran langsung petir
  - b. Nilai tahanan pembumian
  - c. Jarak modul dengan permukaan tanah
  - d. Kondisi *surge protector*
  - e. Semua jawaban benar
10. Peralatan *Disconnecting switch* dipasang pada bagian berikut, kecuali...
  - a. Sisi DC antara PV Array dengan BCU
  - b. Sisi DC antara BCU dengan baterai
  - c. Sisi AC antara PV Array dengan BCU
  - d. Sisi AC antara Inverter dengan beban
  - e. Semua jawaban benar

\*peserta diklat dikatakan menguasai materi jika dapat menjawab 80% soal evaluasi dengan benar

# BAB VIII

## PENYUSUNAN LAPORAN

Laporan Instalasi Fisik PLTS

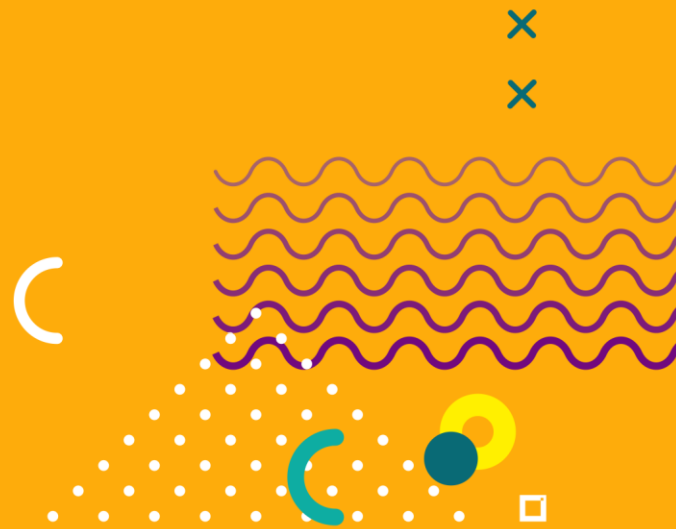
Format Laporan Instalasi Fisik PLTS

### Fakta:

SMPN 3 Malang menggunakan panel surya untuk memenuhi kebutuhan listriknya.

56 buah panel surya diinvestasikan untuk menghasilkan energi listrik kurang lebih 19,6 kilowatt (Kw) setiap bulannya dan mampu menghemat penggunaan listrik sekolah sebesar 50%.

Sumber: Cendananews.com





## 8.1. LAPORAN INSPEKSI FISIK INSTALASI PLTS

Peserta diklat atau seseorang atau kelompok yang telah merampungkan rangkaian kegiatan inspeksi fisik pada instalasi PLTS, diwajibkan untuk segera menyusun laporan hasil kegiatan. Laporan yang disusun dapat bersifat pribadi atau kelompok. Fungsi lain sebuah laporan kegiatan inspeksi dapat digunakan sebagai:

1. Bahan pengawasan dan evaluasi terhadap jalannya kegiatan inspeksi, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan untuk merumuskan kebijakan, peningkatan dan penyusunan rencana kegiatan berikutnya oleh atasan atau manajemen.
2. Bahan bukti atau alat bukti bahwa kegiatan inspeksi tersebut telah dilaksanakan. Bukti berupa laporan tersebut juga difungsikan sebagai bahan pertanggungjawaban kepada institusi atau instansi terkait yang telah membantu kelangsungan kegiatan inspeksi baik secara moril dan materiil.

Laporan kegiatan inspeksi yang dibuat secara sistematis harus mencakup keseluruhan kegiatan inspeksi berupa; (1) Apa yang dilakukan. (2) Mengapa itu dilakukan. (3) Siapa yang melakukan. (4) Dimana tempat melakukan. (5) Kapan waktu melakukan. (6) Bagaimana cara melakukan (Erisman, 2014). Hasil laporan kegiatan inspeksi PLTS dapat dilaporkan dalam beberapa cara. yaitu:

1. Laporan Lisan, yaitu memberikan laporan secara langsung dihadapan atasan dan pemberi dukungan yang bersifat moril dan materiil, melalui forum diskusi langsung (tatap muka) atau cara yang lain yang bersifat interaktif.
2. Laporan Tulis, yaitu menyusun laporan yang bersifat formal dan lengkap. Formal dalam penggunaan tata bahasa ilmiah dan menggunakan format laporan yang baku, didukung dengan data hasil kegiatan yang disajikan dan dicetak rapih dan teratur. Laporan tulis jenis lain yaitu, menggunakan tulisan dan bersifat tidak terlalu formal atau bisa disebut sebagai laporan tulis sederhana. Namun



tetap disarankan dan diutamakan untuk menyusun laporan tulis secara formal dan lengkap.

## **8.2. FORMAT LAPORAN INSPEKSI FISIK INSTALASI PLTS**

Laporan tertulis Inspeksi Fisik Instalasi PLTS secara formal dan lengkap dapat dibuat menggunakan format penulisan sebagai berikut:

### **JUDUL**

### **RINGKASAN EKSEKUTIF**

### **KATA PENGANTAR**

### **DAFTAR ISI**

### **DAFTAR GAMBAR**

### **DAFTAR TABEL**

### **BAB I PENDAHULUAN**

#### **A. Umum**

Uraian antara lain mengenai dasar pelaksanaan inspeksi fisik instalasi PLTS, pemilik instalasi PLTS, lokasi instalasi, kapasitas terpasang, tujuan melakukan inspeksi.

#### **B. Riwayat Instalasi**

Uraian antara lain mengenai tahun pembangunan dan pemasangan, konsultan perencanaan, kontraktor pelaksana pembangunan dan pemasangan, konsultan pengawas, perusahaan pengeoperasian instalasi PLTS.

#### **C. Pelaksanaan Inspeksi Fisik Instalasi PLTS**

Uraian antara lain mengenai waktu pelaksanaan, lembaga inspeksi teknis, peralatan inspeksi, pekerjaan inspeksi (jumlah dan rincian instalasi yang akan diinspeksi)

#### **D. Referensi**

Uraian antara lain mengenai peraturan perundangan yang terkait, standar terkait yang dieprgunakan, prosedur-prosedur inspeksi.



## **BAB II PELAKSANAAN INSPEKSI FISIK INSTALASI**

### **A. Hasil Review Dokumen**

Uraian antara lain mengenai spesifikasi teknik, spesifikasi material dan dokumen AMDAL dan UKL/UPL.

### **B. Hasil *Review* Desain**

Uraian antara lain mengenai sistem pembumian, sistem pengaman elektrik dan mekanikal, sistem pengukuran, koordinasi proteksi dengan grid sistem PLTS, *clearance dan creepage distance*.

### **C. Evaluasi Hasil Inspeksi**

Uraian antara lain mengenai hasil inspeksi sistem pembumian, kondisi fisik instalasi PLTS meliputi elektrik, fungsi peralatan proteksi, kontrol bidang elektrik.

### **D. Hasil Inspeksi**

Hasil pemeriksaan secara visual:

Uraian antara lain mengenai data nameplate peralatan utama, perlengkapan/peralatan pengamanan kebakaran, perlengkapan/peralatan terhadap bahaya benda bertegangan, perlengkapan/peralatan sistem keselamatan ketenagalistrikan (K2), instalasi, kebocoran minyak, pelumas, pembumian peralatan.

## **BAB III KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI**

### **A. Kesimpulan**

### **B. Saran dan Rekomendasi**

## **LAMPIRAN**

1. Data-data hasil inspeksi
2. Gambar atau foto hasil kegiatan.
3. Berita acara pelaksanaan inspeksi.

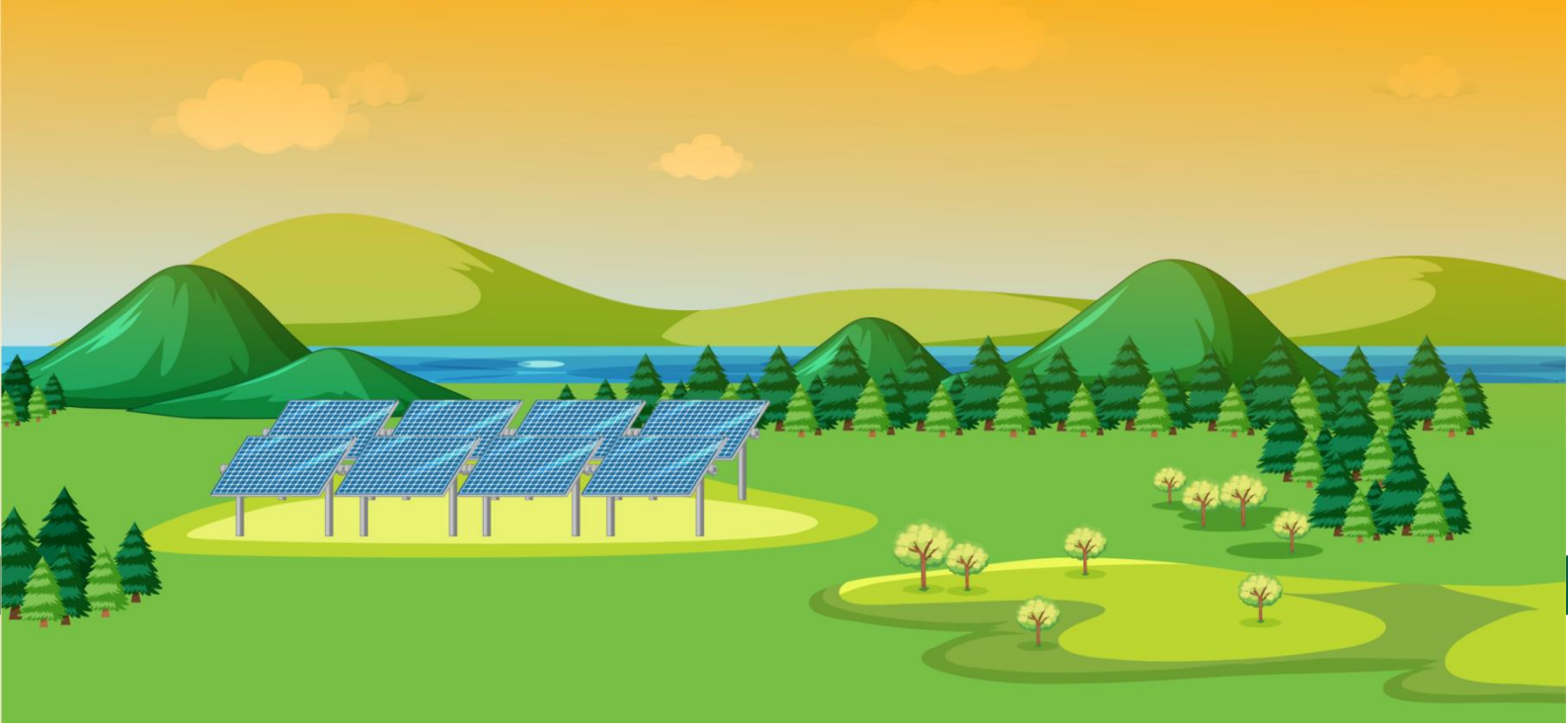
(Erisman, 2014)



# PENUTUP



"It's really kind of cool to have solar panels on your roof."  
– Bill gates –





Aspek keselamatan ketenagalistrikan disebut dengan Inspeksi Instalasi Pembangkit Tenaga Listrik, yang pada konteks ini dikaitkan pada inspeksi instalasi PLTS. Merujuk pada Pasal 44 ayat 4, Undang-undang Nomor 30 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan, menyebutkan bahwa setiap instalasi tenaga listrik yang beroperasi wajib memiliki sertifikat laik operasi. Sertifikat tersebut akan diberikan jika suatu sistem instalasi tenaga listrik telah memenuhi standar yang berlaku melalui pemeriksaan dan pengujian sebelumnya.

Aspek inspeksi fisik instalasi suatu PLTS terdiri dari kegiatan pemeriksaan dokumen, pemeriksaan visual, dan pemeriksaan fisik pada setiap bagian PLTS. Dokumen seperti sertifikat laik operasi suatu PLTS juga perlu disiapkan untuk melakukan kegiatan inspeksi fisik tersebut. Modul ini membantu peserta Diklat inspeksi fisik instalasi PLTS terkait penyampaian materi atau informasi tentang PLTS di Indonesia, jenis dan komponen suatu PLTS, sistem instalasi pengawatan PLTS *Off-Grid* dan *On-Grid*, jenis-jenis perlindungan pada instalasi PLTS, prosedur pemeriksaan, inspeksi bagian-bagian atau komponen pada PLTS, hingga penyusunan laporan kegiatan inspeksi.

Modul ini dikembangkan dengan memperhatikan pedoman penulisan modul menurut Widyaiswara, disajikan dengan desain atau tampilan yang baru, hingga penambahan teknologi *Augmented Reality* pada beberapa gambar. Hal tersebut dimaksudkan untuk, memperoleh pengetahuan dan pemahaman tentang Inspeksi Instalasi PLTS, memperoleh pengetahuan dan pemahaman tentang standar maupun prosedur dalam melakukan inspeksi sesuai dengan kewenangannya, dapat dijadikan sebagai pedoman inspeksi instalasi PLTS yang baik dan benar. Selain itu, modul ini diharapkan dapat menambah motivasi belajar mandiri peserta Diklat dan mempermudah peserta Diklat untuk memahami materi atau informasi yang disampaikan dalam modul.

Demikian penyajian materi atau informasi mengenai materi pokok bahasan dalam modul ini. Bersamaan dengan kelebihan yang diberikan oleh modul ini, tentunya masih terdapat kekurangan dan kelemahannya.



Penulis berharap supaya peserta Diklat pada khususnya dan pembaca pada umumnya, dapat memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penyusun modul demi lebih baik dan sempurnanya modul ini di masa yang akan datang.



## VALUASI

1.	B	6.	A
2.	B	7.	D
3.	B	8.	C
4.	D	9.	A
5.	B	10.	E

BAB II			
1.	C	6.	B
2.	C	7.	A
3.	A	8.	C
4.	E	9.	B
5.	D	10.	C

1.	B	6.	D
2.	B	7.	A
3.	A	8.	D
4.	B	9.	E
5.	D	10.	B

BAB IV			
1.	B	6.	D
2.	A	7.	A
3.	B	8.	B
4.	E	9.	D
5.	E	10.	A

BAB V			
1.	D	6.	E
2.	A	7.	C
3.	E	8.	B
4.	B	9.	D
5.	E	10.	D

1.	B	6.	B
2.	C	7.	A
3.	D	8.	E
4.	A	9.	C
5.	E	10.	B

BAB VII			
1.	D	6.	E
2.	B	7.	A
3.	C	8.	B
4.	A	9.	C
5.	E	10.	C





- DEN. (2016). Outlook Energi Indonesia 2016. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- Erisman, E. (2014). *Modul Inspeksi Fisik Instalasi Energi Baru Terbarukan (PLTS dan PLTB)*. Jakarta: PPSDM KEBTKE.
- Ismara, K.I., Prianto, E. (2016). Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bidang Kelistrikan (Electrical Safety). Surakarta: Adimeka.
- KBBI. (2019). Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI). Diunduh pada tanggal 10 Januari 2019 dari <https://kbbi.kemdikbud.go.id/>.
- Marsudi, D. (2006). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurharsanto, S., Prayitno, A. (2017). Sun Tracking Otomatis untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 4 (2), 1-6.
- Parastiwi, A, dkk. (2012). *Photovoltaic Terapan: Teknologi dan Implementasi*. Malang: Polinema Press.
- Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral Nomor 38 Tahun 2018 tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2017 Tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2015 Tentang Keselamatan Kerja Listrik di Tempat Kerja. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan.
- Prima, A.R. (2018). Engineer Weekly: Pembangkit Listrik Tenaga Surya 5 MWP Kupang. Diunduh pada tanggal 10 Januari 2019 dari <http://pii.or.id/wp-content/uploads/EW-45-koreksi.pdf>
- Putra, B.K. (2010) Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran di PT. INKA (PERSERO) Madiun Jawa Timur. Laporan Magang. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.





- Rahdiyanta, D. (2005). Teknik Penyusunan Modul. Diunduh pada tanggal 11 Juni 2019 dari <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/dr-dwi-rahdiyanta-mpd/20-teknik-penyusunan-modul.pdf>
- RI. (2018). Pembangunan PLTS Cirata Terancam Molor. Diunduh pada tanggal 10 Januari 2019 dari <https://www.dunia-energi.com/pembangunan-plts-terapung-cirata-terancam-molor/>
- Romadhon, B. (2017). Fire Protection Analysis Gas Production Company and Power Plant. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 7 (2), 142-151.
- SPLN D3.022-1: 2012. Kriteria Desain Modul Fotovoltaik Sel Kristal dan Thin Film.
- SPLN D3.022-2: 2012, Inverter Untuk Pembangkitan Tenaga Listrik Surya (PLTS) Persyaratan dan Metode Uji.
- SPLN D3.022-3: 2012. Baterai Sekunder Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Persyaratan Umum dan Metode Uji.
- SPLN D5.005: 2012. Panduan Umum Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
- Tim PPPPTK dan BMTI. (2015). Aplikasi PLTS. Paket Keahlian: Teknik Energi Surya dan Angin. Program Keahlian: Teknik Energi Terbarukan. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi. Jakarta: Dewan Perwakilan Rakyat.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2009 Tentang Ketenagalistrikan. Jakarta: Dewan Perwakilan Rakyat.
- Zhuang, Fu, dkk. (2004). Solar Cell Crack Inspection by Image Processing. *Proseding, 2004 International Conference on the Business of Electronic Product Reliability and Liability yang diselenggarakan oleh Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE), tanggal 27-30 April 2004.* Shanghai.



**Aktuator** adalah penggerak atau sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem.

**Amorphous silicon** adalah salah satu jenis silikon non-kristal yang digunakan pada sel surya dan transistor film tipis dalam LCD (Kalkulator Matahari).

**Arus AC** atau Arus bolak-balik (*AC/ alternating current*) adalah arus listrik di mana besarnya dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik.

**Arus DC** atau Arus listrik searah (*Direct Current* atau DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih rendah.

**Arus Kerja** merupakan nilai arus yang terukur ketika sebuah unit atau komponen bekerja.

**Arus Nominal** merupakan nilai arus maksimum yang tertera pada *nameplate* unit.

**Barrier** merupakan objek penghalang. Barrier terhadap benda bertegangan maksudnya yaitu komponen elektrik yang ditujukan untuk meminimalisir bahaya benda bertegangan pada sistem kelistrikan.

**Battery Control Unit (BCU)** adalah piranti elektronik yang berfungsi sebagai pengaman kinerja baterai ketika saat pengisian dan pemakaian atau pengosongan.

**Bayu** adalah angin. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu adalah pembangkitan energi listrik menggunakan angin untuk menghasilkan listrik.

**Bioenergi** adalah energi yang dihasilkan oleh makhluk hidup. Contohnya yaitu pemanfaatan limbah kotoran sapi yang diolah menjadi bahan bakar gas sebagai pengganti gas elpiji.





**Blocking Diode** merupakan komponen elektronika yang berfungsi seperti katup satu arah, yang memungkinkan arus mengalir hanya satu arah, keluar dari modul surya. *Blocking Diode* diperlukan di setiap 'rangkaian seri' modul surya antara modul dan regulator / baterai, untuk mencegah arus yang mengalir kembali melalui modul ketika modul tidak menerima paparan sinar matahari atau ketika malam hari.

**Conduit** merupakan sistem perpipaan pada instalasi listrik yang difungsikan sebagai pelindung dan *routing* kabel listrik. Bahan dasar *Conduit* biasanya dari plastik, serat, logam, dan tanah liat.

**Elektron** adalah partikel bermuatan listrik negatif yang terdapat di dalam inti atom.

**Gambut** adalah tanah lunak dan basah, terdiri atas lumut dan bahan tanaman lain yang membusuk (biasanya terbentuk di daerah rawa atau di danau yang dangkal).

**Hubung Singkat** atau korsleting adalah suatu hubungan dengan tahanan listrik yang sangat kecil, mengakibatkan aliran listrik yang sangat besar dan bila tidak ditangani secepatnya dapat mengakibatkan ledakan hingga kebakaran.

**Hybrid** berarti gabungan dari dua macam jenis pembangkitan listrik atau lebih. Misal, pada satu area pembangkit listrik mengkombinasikan PLTB, PLS dan PLT Biomassa untuk menyuplai kebutuhan listrik yang digunakan warga sekitar.

**Junction Box** atau Kotak Sambungan listrik merupakan wadah untuk sambungan (*wiring*) listrik, biasanya digunakan untuk menyembunyikan kumpulan jaringan kabel dari pandangan dan mencegah gangguan dari luar.

**Metode Czochralski** atau *Pulling* adalah salah satu proses penumbuhan kristal tunggal. Langkah-langkah pada proses ini yaitu kristal ingot (*seed*) di kontrol oleh dua variabel yaitu kecepatan panas (*heating rate*) dan kecepatan tarikan (*pulling speed*) dari ingot tersebut.



**Metode *Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition*** merupakan metode deposisi yang digunakan untuk menghasilkan bahan padat berkualitas tinggi dan berkinerja tinggi yang biasanya dibawah vakum.

**Mikrokontroler** merupakan sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umunya dapat menyimpan program.

**Narahubung** adalah orang yang bertugas sebagai penghubung dan penyedia informasi untuk pihak luar, biasanya dalam kegiatan seminar, konferensi, dan sebagainya.

***Ocean Thermal Energy Conversion*** atau Konversi Energi Termal Lautan adalah metode untuk memproduksi energi listrik yang dihasilkan dari perbedaan suhu atau temperatur di antara laut dalam dan perairan didekat permukaan untuk menghidupkan mesin kalor.

***Off-Grid*** adalah salah satu tipe jaringan pada sistem pembangkitan listrik. Jaringan listrik dari sistem pembangkitan tidak dihubungkan dengan jaringan listrik dari penyuplai utama (PLN).

***On-Grid*** adalah salah satu tipe jaringan pada sistem pembangkitan listrik. Jaringan listrik dari sistem pembangkitan dihubungkan atau terhubung dengan jaringan listrik dari penyuplai utama (PLN).

***Overcharge*** merupakan kondisi baterai atau accumulator yang sudah penuh setelah proses pengisian, namun arus pengisian tetap berjalan.

***Photovoltaic*** atau fotovoltaik adalah berkenaan dengan kemampuan menghasilkan arus atau tegangan listrik ketika terpapar energi sinaran (terutama cahaya) atau radiasi elektromagnetik lain.

**Proton** adalah partikel bermuatan listrik positif yang terdapat di dalam inti atom.

**PUIL** atau Persyaratan Umum Instalasi Listrik adalah dokumen Standar Nasional Indonesia yang digunakan sebagai standar acuan dalam pemasangan



instalasi tenaga listrik tegangan rendah untuk rumah tangga, gedung perkantoran, gedung publik dan bangunan lainnya.

**Sensor Light Dependent Resistor/ LDR** merupakan komponen elektronika yang peka terhadap cahaya. Piranti ini sering digunakan atau diaplikasikan dalam Rangkaian Elektronika sebagai sensor pada Lampu Penerang Jalan, *Shutter* Kamera, Alarm dan lain sebagainya.

**Serpih Bitumen** adalah sumber daya mineral berupa endapan yang bersifat tak terbarukan dan termasuk kedalam energi atau bahan bakar alternatif.

**Solar Home System** disingkat SHS adalah salah satu sistem PLTS mandiri yang bersifat praktis dan fleksibel dan mampu untuk memenuhi kebutuhan listrik di rumah.

**Standard Test Condition** merupakan kondisi pengujian kinerja keluaran panel surya utama yang digunakan oleh sebagian besar pabrik dan lembaga pengujian.

**Storage** merupakan tempat penyimpanan, dalam modul ini *Storage* diartikan sebagai baterai yang berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan energi listrik.

**Surge Protector** merupakan piranti proteksi instalasi listrik yang berfungsi sebagai pelindung jaringan dari sambaran petir dan lonjakan listrik.

**Tegangan Kerja** merupakan tegangan yang terukur ketika suatu unit atau komponen bekerja.

**Tegangan Nominal** merupakan tegangan maksimum yang tertulis pada *nameplate* atau sebuah tegangan referensi yang digunakan untuk menggambarkan baterai, modul, atau sistem (yaitu, baterai 12-volt atau 24-volt, modul, atau sistem).

**Topologi** adalah susunan dan keterkaitan komponen dalam suatu jaringan listrik.



***Underdischarge*** pengeluaran (pelepasan) arus listrik dari baterai secara berlebihan sehingga baterai menjadi kosong sama sekali (habis ampernya).



# LAMPIRAN





**LAMPIRAN 1. KURIKULUM DAN SILABUS PENDIDIKAN DAN PELATIHAN BIDANG KETENAGALISTRIKAN, ENERGI BARU, TERBARUKAN, DAN KONSERVASI ENERGI**

**KURIKULUM DAN SILABUS PENDIDIKAN DAN PELATIHAN  
BIDANG KETENAGALISTRIKAN, ENERGI BARU,  
TERBARUKAN, DAN KONSERVASI ENERGI**

**Kode Unit** : L.DIKLAT.24 Rev-1.14.KTL.2016  
**Judul Unit** : DIKLAT TEKNIS INSPEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK  
**Uraian Unit** : Kurikulum dan Silabus ini berkaitan dengan Inspeksi Sistem Tenaga Listrik  
**Waktu** : 48 Jam Pelajaran (1 JP= 45 Menit)

<b>I. Tujuan</b>	:	Menghasilkan tenaga teknik yang mampu melakukan Inspeksi Sistem Tenaga Listrik	
<b>II. Sasaran</b>	:	Setelah mengikuti pendidikan dan pelatihan ini, diharapkan peserta dapat memahami inspeksi pembangkit thermal, inspeksi pembangkit non-thermal, inspeksi pembangkit EBT, inspeksi transmisi, inspeksi distribusi tenaga listrik, inspeksi instalasi pemanfaatan, dan melakukan praktik inspeksi sistem tenaga listrik.	
<b>III. Prasyarat</b>	:	1. Minimal berpendidikan Strata 1 bidang Teknik yang bekerja pada sektor ketenagalistrikan. 2. Pejabat atau pegawai yang bertugas menangani inspeksi di bidang ketenagalistrikan.	
<b>IV. Kurikulum</b>	:	1. Inspeksi Pembangkit Thermal 1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) 2. Inspeksi Pembangkit Non-Thermal 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) 2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) 2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) 3. Inspeksi Pembangkit Energi Baru Terbarukan	6 JP     4 JP   4 JP



		3.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 3.2. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)	
	4. Inspeksi Transmisi		6 JP
	4.1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)		
	4.2. Gardu Induk		
	5. Inspeksi Distribusi Tenaga Listrik		6 JP
	5.1. Tegangan Menengah (TM)		
	5.2. Tegangan Rendah (TR)		
	5.3. Gardu Distribusi		
	6. Inspeksi Instalasi Pemanfaatan		6 JP
	6.1. Tegangan Tinggi (TT)		
	6.2. Tegangan Menengah (TM)		
	6.3. Tegangan Rendah (TR)		
	7. Praktik Inspeksi Sistem Tenaga Listrik		8 JP
	7.1. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)		
	7.2. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)		
	7.3. Inspeksi Distribusi Tegangan Menengah (TM), Tegangan Rendah (TR), dan Gardu Distribusi.		
	7.4. Inspeksi Instalasi Pemanfaatan.		
	8. Evaluasi		8 JP
	8.1. Uj Tulis		
	8.2. Uji Wawancara dan atau Praktik		

<b>Hasil Belajar</b>	:	Setelah menyelesaikan pelatihan ini, peserta mampu:
<b>Hasil Belajar 1</b>	:	Memahami Inspeksi Pembangkit Thermal
<b>Kriteria Penilaian</b>	:	Mampu menjelaskan: 1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)



		1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
<b>Hasil Belajar 2</b>	:	Memahami Inspeksi Pembangkit Non-Thermal
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) 2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) 2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)
<b>Hasil Belajar 3</b>	:	Memahami Inspeksi Pembangkit Energi Baru, Terbarukan
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: 3.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 3.2. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)
<b>Hasil Belajar 4</b>	:	Memahami Inspeksi Transmisi
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: 4.1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 4.2. Gardu Induk
<b>Hasil Belajar 5</b>	:	Memahami Inspeksi Distribusi Tenaga Listrik
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: 5.1. Tegangan Menengah (TM) 5.2. Tegangan Rendah (TR) 5.3. Gardu Distribusi
<b>Hasil Belajar 6</b>	:	Memahami Inspeksi Instalasi Pemanfaatan
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: 6.1. Tegangan Tinggi (TT) 6.2. Tegangan Menengah (TM) 6.3. Tegangan Rendah (TR)
<b>Hasil Belajar 7</b>	:	Melaksanakan Praktik Inspeksi Sistem Tenaga Listrik
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: 7.1. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) 7.2. Inspeksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) 7.3. Inspeksi Distribusi Tegangan Menengah (TM), Tegangan Rendah (TR), dan Gardu Distribusi. 7.4. Inspeksi Instalasi Pemanfaatan.



<b>Hasil Belajar 8</b>	:	Melaksanakan Evaluasi
Kriteria Penilaian	:	Mampu menjelaskan: 8.1. Uij Tulis 8.2. Uji Wawancara dan atau Praktik

<b>Strategi Pembelajaran</b>	:	Strategi pembelajaran dan tujuan pelatihan harus cocok, baik menurut teori maupun praktik. Proses pembelajaran dan pengujian disesuaikan dengan urutan dari materi mata ajar.
<b>Strategi Pelaksanaan Praktik</b>	:	Strategi pelaksanaan praktik dilakukan dengan Praktik Langsung di Lapangan.
<b>Referensi</b>	:	1. Peraturan Bidang Ketenagalistrikan 2. PUIL 2000 (SNI 04)
<b>Sarana dan Prasarana</b>	:	1. Alat Pelindung Diri (APD) untuk Peserta, Pendamping dan Instruksur (Pengajar). 2. PLTD 3. PLTMH 4. Instalasi Pemanfaatan 5. <i>Profit Test</i> 6. Megger (Pengukur Tahanan Isolasi) 7. <i>Clamp Earth Tester</i> 8. Power Analyzer 3 Phase 4 Kawat 9. <i>Earth Distance Meter/ Rol Meter</i> 10. <i>Micro Meter Digital</i> 11. <i>Sound Level Meter</i> 12. Humidity Meter 13. <i>Gas Analyzer</i> 14. <i>Water Current Meter</i> 15. GPS 16. <i>Load Bank &amp; Kabel Konektor</i> 17. <i>Hands Tools</i>



		<ul style="list-style-type: none"><li>18. Kamera Infrared</li><li>19. Thermo Infrared</li><li>20. Kendaraan untuk Praktik</li><li>21. Laptop 5 Buah dan Printer 1 Buah</li><li>22. Kamera 10 MP</li></ul>
<b>Data yang Dibutuhkan</b>	:	<ul style="list-style-type: none"><li>1. Buku Manual PLTD dan PLTMH 10 Set</li><li>2. SOP Operasi dan pemeliharaan PLTD dan PLTMH 10 set</li><li>3. Gambar Instalasi Pembangkit dan Instalasi Pemanfaatan 5 set</li><li>4. Log Book/ Log Sheet</li><li>5. Izin (IO/ IUPTL)</li><li>6. SLO (Sertifikat Laik Operasi)</li></ul>

<b>V. Lembaga Pelaksana</b>	:	Lembaga Penyelenggara Dilkat adalah Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru Terbarukan, dan Konservasi Energi (PPSDM KEBTKE).
-----------------------------	---	---

Ditetapkan di Jakarta  
Pada tanggal,

2016

Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan  
Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan  
Konservasi Energi,

Ir. Tisnaldi  
NIP 19610205 198903 1 003



## LAMPIRAN 2. MATA UJI SERTIFIKASI INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

No.	Mata Uji	Baru	Perpan-jangan
1.	Pemeriksaan Dokumen		
	a. Spesifikasi teknik peralatan utama	√	√
	b. Hasil uji pabrik peralatan utama atau sertifikat produk	√	-
	c. Buku manual operasi atau SOP	√	√
	d. Dokumen leingkungan hidup (AMDAL, UKL/UPL atau SPPL) dan atau izin lingkungan <sup>1)</sup>	√	√
2.	Pemeriksaan Kesesuaian Desain		
	a. Tingkat hubung pendek (Short circuit level)	√	-
	b. Pengaman elektrik	√	-
	c. Sistem pengukuran elektrik	√	-
	d. Koordinasi proteksi dengan sistem jaringan untuk <i>on-grid</i> (jika terhubung dengan <i>on-grid</i> )	√	-
	e. Jarak bebas (Clearance distance)	√	√
	f. Gambar diagram satu garis (Single line diagram)	√	√
	g. Gambar tata letak (lay out) peralatan utama	√	√
	h. Gambar tata letak pemadam kebakaran	√	√
	i. Gambar dan atau kalkulasi sistem pembumian	√	√
3.	Pemeriksaan Visual		
	a. Peralatan utama dan alat bantu		
	1) Modul surya	√	√
	2) Inverter	√	√
	3) baterai (jika ada)	√	√
	4) transformator (jika ada)	√	√
	b. Perlengkapan atau alat pemadam kebakaran	√	√
	c. Perlengkapan K2	√	√
	d. Sistem pembumian	√	√
	e. Sistem catu daya AC dan DC	√	√
	f. Sistem instrumen dan kontrol	√	√
4.	Evaluasi Hasil Uji Peralatan dan Sistem		
	a. Peralatan utama dan alat bantu		
	1) Modul surya	√	√
	2) Inverter	√	√
	3) baterai (jika ada)	√	√
	4) transformator (jika ada)	√	√





No.	Mata Uji	Baru	Perpan-jangan
	b. Pengujian sistem pemadam kebakaran	√	√
	c. Pengukuran tahanan pembumian	√	√
	d. Pengujian proteksi elektrik	√	√
	e. Pengujian fungsi catu daya AC dan DC	√	√
	f. Pengukuran tahanan isolasi masing-masing peralatan	√	√
	g. Pengujian sistem		
	1) Pengujian interlock	√	√
	2) Pengujian kontrol elektrik	√	√
5.	Pengujian Unit		
	a. Uji sinkronisasi dengan jaringan (jika ada)	√	√
	b. Uji kapasitas mampu	√	√
	c. Uji keandalan <sup>2)</sup>	√	√

Keterangan:

- <sup>1)</sup> Khusus untuk PLTS Rooftop tidak diperlukan dokumen lingkungan hidup (AMDAL, UKL/UPL atau SPPL) dan atau izin lingkungan.
- <sup>2)</sup> Untuk unit baru diuji selama 24 (dua puluh empat) jam, sedangkan untuk unit lama selama 12 (dua belas) jam dengan bebas sesuai dengan kondisi iradian matahari.

Sumber: Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral Nomor 38 Tahun 2018 tentang Tata Cara Akreditasi dan Sertifikasi Ketenagalistrikan.





**LAPORAN INSPEKSI TEKNIK**  
**NO: 021 / PTS / BA / VII / 2013**

**INSPEKSI UJI LAIK OPERASI**  
***PLTS SEMAU : DAYA 450 KW<sub>p</sub>***  
***( 150 KW )***

**PT PLN ( PERSERO ) WILAYAH NTT**  
**SEKTOR NTT**

**DS. HUILELOT, KEC SEMAU**  
**KAB KUPANG - PROVINSI NTT**



**PT. PRIMA TEKNIK SYSTEM**

Komplek Ruko Gateway, Blok F- 20 Jl.Raya  
Waru, Aloha-Sidoarjo 61256

Telp : (031) 8553222, 8538222

Fax : (031) 8550181

Email : [primatekniksystem@yahoo.co.id](mailto:primatekniksystem@yahoo.co.id)  
[marketing@primateksys.com](mailto:marketing@primateksys.com)





Nomor : 023A/TP/VII/13  
Lampiran : -  
Perihal : Permohonan SLO

Surabaya, 15 Juli 2013

Kepada :  
**PT.PRIMA TEKNIK SYSTEM**  
**JASA SERTIFIKASI KELISTRIKAN - SLO**  
Sidoarjo

Dengan hormat,

Sehubungan dengan akan segera dilakukannya tahap akhir untuk pekerjaan PLTS kapasitas 450 kwp di lokasi Semau, kami mohon dapat dilakukan pemeriksaan dan diterbitkan Sertifikat Kelaikan Operasi untuk pekerjaan / proyek termaksud, berdasarkan data-data pekerjaan yang telah kami kirimkan sebelumnya.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih

PT.THAS POWER





**PRADANA MULYOYUNANDA**  
Direktur

Address: Ruko Puri Kencana Karah  
Jln. Jambangan Baru Selatan B-34 C Ketintang Madya VII Surabaya | 031-81069008 |  
thaspower@yahoo.co.id

2013





 <b>PT. PRIMA TEKNIK SYSTEM</b>	<b>LAPORAN INSPEKSI TEKNIK PUSAT LISTRIK TENAGA SURYA</b>	Nomor : 21 /PTS/BA/VII/2013 Tanggal : 29 Juli 2013																		
<b>Peminta Jasa</b> : PT THAS POWER. <b>Lokasi</b> : PLTS SEMAU DAYA 450 KWp, PT PLN (PERSERO) WILAYAH NTT. <b>Alamat</b> : DS. HUILELOT, KEC SEMAU, KAB KUPANG - NTT.																				
<b>Jenis : Sertifikasi ULO</b>	<b>Sifat : Terbatas</b>	<b>Inspeksi</b> :																		
<b>Referensi / Reference</b> Surat Keputusan Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Nomor : 372-12/20/600.4/2010 Tanggal 16 Juli 2010		<b>Tim Inspeksi Kelaikan Operasi PLTS</b>																		
<b>Keterangan</b> Berdasarkan Surat Permintaan : <b>PT THAS POWER.</b> Surat Nomor : 023A/TP/VII/13 Tanggal : 15 Juli 2013 Perihal : Permohonan Penerbitan SLO.		Rekomendasi dikeluarkan oleh :   <b>PT. PRIMA TEKNIK SYSTEM</b> <b>PT. PRIMA TEKNIK SYSTEM</b> <b>Bambang Pudjiarto</b> (Direktur)																		
<b>UJI KELAIKAN OPERASI INSTALASI PLTS DAYA 450 KWp</b> <b>LOKASI : PLTS SEMAU. DS. HUILELOT, KEC SEMAU, KAB KUPANG - PROVINSI NTT.</b>		<b>Nomor Order</b> 027/ST-PTS-KBG/22/VII/2013																		
<b>Ringkasan</b>  Berdasarkan Surat Permintaan tersebut di atas, telah dilakukan Inspeksi dan Pengujian / Uji Laik Operasi Unit 1 ( Satu ) PEMBANGKIT TENAGA SURYA DAYA 450 KWp merk SINEXCEL ELECTRIC. CO. LTD Type BYD 240 P6C-30, yang berlokasi di PLTS , SEMAU, Desa HUILELOT, Kec SEMAU, Kab. KUPANG Provinsi NTT, dengan hasil sebagai berikut :  <table><tr><td>1. Review Dokumen dan Design Instalasi</td><td>: Lengkap dan Baik</td></tr><tr><td>2. Inspeksi Kelengkapan Ketenagalistrikan</td><td>: Baik</td></tr><tr><td>3. Inspeksi dan Pengujian Individu Peralatan Bantu</td><td>: Baik</td></tr><tr><td>4. Pengujian Individu peralatan pengaman Mekanik dan Elektrik</td><td>: Baik</td></tr><tr><td>5. Pengujian Fungsi peralatan pengaman Mekanik dan Elektrik</td><td>: Baik</td></tr><tr><td>6. Tahanan Isolasi &gt; 1000 <math>\Omega</math> / V dan Tahanan Pembumian 0,2 <math>\Omega</math></td><td>: Baik</td></tr><tr><td>7. Pengujian pembebanan pada Beban Maksimum</td><td>: Baik</td></tr><tr><td>8. Pengujian Kapasitas Maksimum selama 2 jam Non Stop tanpa-sela dapat mencapai 110 % dari daya terpasang</td><td>: Baik</td></tr><tr><td>9. Pengujian Keandalan pada Beban 86 % dari daya mampu selama 72 jam</td><td>: Baik</td></tr></table> Dari hasil uji di atas dapat disimpulkan bahwa, Instalasi PLTS SEMAU Daya 450 kWp di lokasi tersebut : Laik untuk dioperasikan, <b>sehingga PT. PRIMA TEKNIK SYSTEM – SURABAYA mengusulkan, agar Sertifikat Laik Operasi dapat diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.</b>			1. Review Dokumen dan Design Instalasi	: Lengkap dan Baik	2. Inspeksi Kelengkapan Ketenagalistrikan	: Baik	3. Inspeksi dan Pengujian Individu Peralatan Bantu	: Baik	4. Pengujian Individu peralatan pengaman Mekanik dan Elektrik	: Baik	5. Pengujian Fungsi peralatan pengaman Mekanik dan Elektrik	: Baik	6. Tahanan Isolasi > 1000 $\Omega$ / V dan Tahanan Pembumian 0,2 $\Omega$	: Baik	7. Pengujian pembebanan pada Beban Maksimum	: Baik	8. Pengujian Kapasitas Maksimum selama 2 jam Non Stop tanpa-sela dapat mencapai 110 % dari daya terpasang	: Baik	9. Pengujian Keandalan pada Beban 86 % dari daya mampu selama 72 jam	: Baik
1. Review Dokumen dan Design Instalasi	: Lengkap dan Baik																			
2. Inspeksi Kelengkapan Ketenagalistrikan	: Baik																			
3. Inspeksi dan Pengujian Individu Peralatan Bantu	: Baik																			
4. Pengujian Individu peralatan pengaman Mekanik dan Elektrik	: Baik																			
5. Pengujian Fungsi peralatan pengaman Mekanik dan Elektrik	: Baik																			
6. Tahanan Isolasi > 1000 $\Omega$ / V dan Tahanan Pembumian 0,2 $\Omega$	: Baik																			
7. Pengujian pembebanan pada Beban Maksimum	: Baik																			
8. Pengujian Kapasitas Maksimum selama 2 jam Non Stop tanpa-sela dapat mencapai 110 % dari daya terpasang	: Baik																			
9. Pengujian Keandalan pada Beban 86 % dari daya mampu selama 72 jam	: Baik																			



## DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN .....	1
DAFTAR ISI .....	2
<b>LAPORAN INSPEKSI UJI KELAIKAN OPERASI</b>	
<b>PLTS SEMAU 450 KWp. DS. HUILELOT, KEC SEMAU, KAB KUPANG - NTT</b>	
1. PENDAHULUAN .....	3
2. LINGKUP PEKERJAAN .....	3
3. DATA TEKNIK PERALATAN UTAMA .....	3-4
4. REFERENSI .....	4
5. PELAKSANAAN PENGUJIAN .....	4
6. HASIL PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN .....	5
7. KESIMPULAN .....	6
8. SARAN DAN REKOMENDASI .....	6
9. LAMPIRAN-LAMPIRAN :	
LAMPIRAN 1 : REKAMAN FOTO TANDA PERINGATAN K 2 ,	
PERALATAN UTAMA MEKANIK DAN ELEKTRIK	
LAMPIRAN 2 : HASIL INSPEKSI UJI LAIK OPERASI PLTS	
LAMPIRAN 3 : REKAMAN DATA OPERASI	
LAMPIRAN 4 : REKAMAN DATA PENGELOLAAN LINGKUNGAN	





## LAPORAN INSPEKSI UJI KELAIKAN OPERASI

PLTS SEMAU : 450 KWp, DESA HUILELOT, KEC SEMAU, KAB KUPANG - NTT

### 1. PENDAHULUAN

Dalam rangka melaksanakan PP No.3 Tahun 2005, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No.0045 Th.2005, dan Undang-Undang Ketenaga Listrikan No.30 Tahun 2009, maka PT PLN (PERSERO) WILAYAH NTT melalui PT THAS POWER sebagai penanggung jawab operasi bermaksud mengajukan uji kelaikan operasi. pada PLTS SEMAU : 450 KWp DS HUILELOT, KEC SEMAU, KAB KUPANG - NTT. Dalam pelaksanaan inspeksi uji kelaikan operasi, PT THAS POWER menunjuk PT. PrimaTeknik System-Surabaya dengan Surat No 023A/TP/VII/13 tgl,15 Juli 2013 Selanjutnya PT. Prima Teknik System – Surabaya yang ditunjuk oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan (DJK) dengan Surat No. 372 tanggal 16 Juli 2010 sebagai pelaksana Inspeksi Uji Kelaikan Operasi. Pelaksanaan Uji Kelaikan Operasi telah dilakukan pada tanggal 23 s/d 25 Juli 2013.

### 2. LINGKUP PEKERJAAN

Inspeksi Uji Kelaikan Operasi PLTS SEMAU DAYA : 450 KWp, DESA HUILELOT, KEC SEMAU, KAB KUPANG - NTT

### 3. DATA TEKNIK PERALATAN UTAMA

**Nama Peralatan : SOLAR CELL MODULE ( 1.872 Bh )**

#### 1. Data Teknis :

- Manufaktur/Th : BYD COMPANY LIMITED ( MADE IN CHINA )
- Type : BYD 240 P6C-30
- Rated Power( Pmax) : 240 W ( Tolerance 0-5 W )
- Rated Power( Vmp) : 29,57 V
- Rated Power( Imp) : 8,12 A
- Open Circuit Voltage (Voc) : 37,14 V
- Short-circuit Current (Isc) : 8,65 A
- Dimensions (mm) : 1640 x 992 x 40 ( mm )
- Operating Temperature : 45 °C ± 2 °C
- Maximum system voltage : 1000 VDC
- Module Application Class : Class A

**Nama Peralatan : DC / DC MODULE ( 5 Unit )**

#### 1. Pemeriksaan Data :

- Date of Manufaktur : SHENZHEN SINEXCEL ELECTRIC. CO. LTD
- Type :
- Input Voltage Range (Vdc) : 300 ~ 850 V dc
- MPPT Input Range (V<sub>MPPT</sub>) : 510 ~ 640 V dc
- Maximum Input Voltage (V<sub>demax</sub>): 660 V
- Environmental Protection Rating : IP 20
- Serie nomor : CDC 1210180001 ~ 5
- Date of Manufacture : 2012 / 10 / 30

**Nama Peralatan : AC/AC MODULE****1. Pemeriksaan Data :**

- Date of Manufaktur : SHENZHEN SINEXCEL ELECTRIC. CO. LTD
- Rated Output Power(Pdc,r) : 50 KW :
- Rated Output Voltage : 380/220 V
- Output Frequency : 50 HZ
- Environmental Protection R: IP 20
- Serie No. : PV1210150001 ~ 3
- Date of Manufacture : 2012 / 10 / 30

**Nama Peralatan : : CHARGER & OFF-GRID INVERTER****1. Data Teknik :**

- Manufaktur : SHENZHEN SINEXCEL ELECTRIC. CO. LTD
- Type : SW 450/150K
- Rated DC Power : 450 KWp
- Rated AC Power : 150 KW
- Output Voltage : 380/220 V
- Frequency : 50 Hz
- Rated Output Current : 227 A
- MPPT Input Range : 540 – 720 V
- Max Input Voltage : 740 V
- Serie nomer : SHOI 20121101
- Tahun : 2012

**4. REFERENSI**

- SURAT PERJANJIAN PT PLN (PERSERO) WILAYAH NUSA TENGGARA TIMUR DENGAN PT THAS POWER NO.122.PJ/127/W.NTT/2011 TGGL, 26 OKTOBER 2011, TENTANG PENGADAAN PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) OFF GRID HYBRID KAPASITAS 450 KWP

**5. PELAKSANA PENGUJIAN**

5.1 Tempat : PLTS SEMAU :450 KWp , KAB.KUPANG - NTT

5.2 Tanggal : 23 Juli s/d 25 Juli, 2013

5.3 Pelaksana : PT. Thas Power

- Pengelola : PT. Thas Power : - Pradana Mulyoyunanda
- Tim Inspeksi : PT. Prima Teknik System : - Sunarto
- Disaksikan : Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan : -



## 6. HASIL PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN

6.1 Pemeriksaan visual kelengkapan peralatan, lengkap, dan baik sesuai spesifikasi.

6.2 Pemeriksaan keselamatan kerja.

- Tanda keselamatan kerja
- Tanda peringatan bahaya terhadap benda bertegangan listrik, ada.
- Tanda peringatan bahaya pengaman kebakaran, ada.
- Tanda peringatan penggunaan *safety shoes & hard hat*, ada.
- Rekaman tanda-tanda keselamatan kerja dapat dilihat pada Lampiran 1.
- Evaluasi sistem pemadam kebakaran / Apar : CO<sub>2</sub>, baik.

6.3 Hasil pengukuran pentanahan, baik.

Hasil uji rata-rata: 0,17 Ohm: (Standar  $\leq 5$  Ohm)

Hasil uji selengkapannya dapat dilihat pada Lampiran 2.

6.4 Evaluasi hasil uji individu peralatan mekanik utama, baik.

Semua nilai parameter operasi normal.

Hasil evaluasi dapat dilihat pada Lampiran 2.

6.5 Evaluasi hasil uji individu peralatan listrik utama, baik.

Semua nilai parameter operasi normal.

Hasil evaluasi dapat dilihat pada Lampiran 2.

6.6 Uji fungsi pengaman Peralatan yang dipakai, baik.

Hasil uji simulasi dilakukan dengan hasil baik, pengaman dapat berfungsi sesuai dengan nilai setelahnya.

Evaluasi hasil uji dapat dilihat pada Lampiran 2.

6.7 Uji dengan jaringan tegangan Menengah 20 kV melalui Jaringan SUTM secara manual / otomatis dapat dilaksanakan dengan baik.

6.8 Uji Kapasitas Pembangkit.

Unit mampu beroperasi mencapai beban 110 % (170 kW), dengan hasil baik, semua nilai parameter operasi normal.

Evaluasi hasil uji dapat dilihat pada Lampiran 2.

6.9 Uji Keandalan dilakukan secara terus-menerus tanpa henti selama 72 jam pada beban 86 % dari daya kemampuan, evaluasi hasil uji baik, tidak terjadi gangguan (trip) dari internal pembangkit.

Rekaman hasil uji pembebanan dapat dilihat pada Lampiran 2.

6.10 Uji Dampak Lingkungan.

Rangkuman evaluasi hasil pemantauan yang dilakukan secara rutin :

Pengelolaan lingkungan PLTS SEMAU , Ds Huilelot, Kec Semau, Kab Kupang - NTT, baik.

## 7. KESIMPULAN

Dari serangkaian pemeriksaan, pengujian dan evaluasi terhadap uji kelaikan operasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Evaluasi terhadap kelengkapan peralatan, lengkap dan baik.
- Hasil pengukuran pembumian, memenuhi standard.
- Pemeriksaan tanda keselamatan kerja, lengkap.
- Uji fungsi detector peralatan, baik.
- Evaluasi sistem pemadam kebakaran / Apar : CO<sub>2</sub>, baik.
- Uji simulasi dan evaluasi sistem pengaman , Panel, baik.
- Evaluasi uji pembebanan, baik.
- Evaluasi uji keandalan 72 jam dengan beban 86% dari daya mampunya, baik.
- Evaluasi uji dampak lingkungan baik.

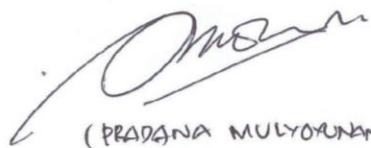
## 8. SARAN DAN REKOMENDASI

1. Pohon sekitar Pembangkit secara rutin di Rampas-rampas / Pembersihan Solar ceel, agar dilakukan secara rutin supaya Operasi unit tidak terganggu
2. Pemeliharaan rutin agar dijalankan sesuai instruksi buku manual dari Pabrikan.
3. Agar peralatan keselamatan kerja dilengkapi.
4. Pemeliharaan Pereodik harap diperhatikan agar usia pembangkit lebih lama

Dari hasil evaluasi diatas PLTS SEMAU DAYA : 450 KWp DESA HUILELOT, KEC SEMAU, KAB KUPANG - NTT telah memenuhi persyaratan Aman, Andal dan Akrab Lingkungan, sehingga PT Prima Teknik System Surabaya, mengusulkan dapat diberikan **Sertifikat Laik Operasi**.

Pelaksana Pekerjaan

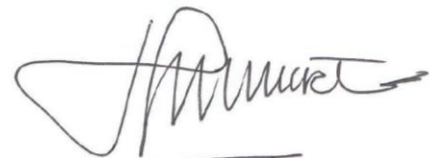
**PT. THAS POWER**



(PRADANA MULYONANDA)

Surabaya, 29 Juli 2013

**PT. PRIMA TEKNIK SYSTEM**



(Sunarto)

**DIREKTORAT JENDERAL  
KETENAGALISTRIKAN**

( )