

**LAPORAN TAHUNAN  
HIBAH BERSAING**



**PENGEMBANGAN LABORATORIUM PENDIDIKAN  
MATEMATIKA VIRTUAL: *ADAPTIVE E-LEARNING* DAN  
*COGNITIVE LOAD THEORY***

**Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun**

**Tim Peneliti:**

**Dr. Sugiman (NIDN. 28026505)**

**R.Rosnawati, M.Si. (NIDN. 20126705)**

**Endah Retnowati, M.Ed. (NIDN. 28128002)**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

November 2013

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : Pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual: Adaptive  
e-Learning dan Cognitive Load Theory

Peneliti / Pelaksana  
Nama Lengkap : Dr. SUGIMAN M.Si.  
NIDN : 0018026505  
Jabatan Fungsional :  
Program Studi : Pendidikan Matematika  
Nomor HP : 08122786314  
Surel (e-mail) : sugiman\_uny@yahoo.com

Anggota Peneliti (1)  
Nama Lengkap : RADEN ROSNAWATI M.S.  
NIDN : 0020126705  
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Anggota Peneliti (2)  
Nama Lengkap : ENDAH RETNOWATI S.Pd.,M.Ed.  
NIDN : 0028128002  
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Institusi Mitra (jika ada)  
Nama Instansi Mitra :  
Alamat :  
Penanggung Jawab :  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 50.000.000,00  
Biaya Keseluruhan : Rp. 150.000.000,00

Mengetahui,  
Dekan FMIPA



Dr. Haryono  
NIP. 196203291987021002

Yogyakarta, 2 - 12 - 2013,  
Ketua Peneliti,

  
(Dr. SUGIMAN M.Si.)  
NIP/NIR

Mengetahui,  
Ketua PPM



Dr. Ije Antic Ghufon  
NIP/NIR 196211111988031001

## RINGKASAN

### PENGEMBANGAN LABORATORIUM PENDIDIKAN MATEMATIKA VIRTUAL: *ADAPTIVE E-LEARNING DAN COGNITIVE LOAD THEORY*

Keberadaan Laboratorium Pendidikan Matematika merupakan suatu keharusan pada setiap program studi pendidikan matematika. Laboratorium tersebut baru menyediakan berbagai sumber belajar non-virtual sehingga tidak bisa diakses dari luar laboratorium. Akibatnya guru dan siswa di sekolah tidak mudah untuk mengakses dan menggunakan sumber belajar yang tersedia di laboratorium yang ada di Perguruan Tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan laboratorium pembelajaran matematika virtual berdasar *adaptive e-learning* dan *cognitive load theory* (CLT). Tujuan khusus tahun pertama penelitian adalah membuat prototipe alat peraga virtual adaptif yang valid serta menyiapkan laboratorium pendidikan matematika virtual.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan 4D-Model yang terdiri dari tahapan *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Keempat tahapan D dalam 4D-Model tersebut merupakan tahap-tahap atau sintaks dalam melakukan pengembangan laboratorium pembelajaran matematika virtual yang akan dilakukan selama 3 tahun. Pada tahun 2013 kegiatan penelitian yang telah dilakukan adalah kegiatan *define*, *design*, serta *develop*.

Hasil tahun pertama yang diperoleh adalah berupa prototipe alat peraga virtual adaptif yang telah menerapkan CLT dan portal laboratorium pendidikan matematika virtual. Untuk melihat validitas prototipe alat peraga virtual yang dikembangkan adalah dengan cara dinilai kepada tiga ahli dan sepuluh praktisi. Ketiga ahli tersebut terdiri atas seorang ahli media berbasis ICT, seorang ahli materi matematika, dan seorang ahli pendidikan matematika. Sedangkan kesepuluh praktisi adalah guru-guru matematika SMP yang berpengalaman dalam melaksanakan pembelajaran matematika di kelas. Hasil penilaian ahli terhadap aspek Kognitif Instrinsik, Kognitif Ekstra, Syarat Didaktik, Syarat Konstruksi, dan Syarat Teknis berturut-turut adalah 3,17, 3,1, 3,17, 3,08, 3,4, 3,33, dan 3,19 yang masing-masing berkriteria baik. Adapun hasil penilaian praktisi terhadap enam aspek yang sama berturut-turut 3,73, 3,53, 3,58, 3,6, 3,54, 3,73, dan 3,6 yang masing-masing berkriteria sangat baik. Secara keseluruhan penilaian ahli terhadap laboratorium pendidikan matematika virtual adalah 3,19 dengan kriteria baik sedangkan para praktisi memberi nilai 3,6 dengan kriteria sangat baik. Berdasar penilaian kedua kelompok penilai tersebut maka disimpulkan bahwa produk yang dihasilkan dalam penelitian ini layak diujicobakan di kelas-kelas pembelajaran matematika untuk dilihat kepraktisan dan kefisiensannya. Ujicoba ini direncanakan dilaksanakan pada tahun kedua dalam kegiatan penelitian ini.

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke haribaan Allah swt, Tuhan semesta alam yang maha perkasa lagi maha lembut, yang telah menganugerahkan ilmu, hidayah, kesehatan, kemudahan, dan keberuntungan kepada tim peneliti sehingga kami dapat menyelesaikan laporan penelitian tahun pertama dari masa tiga tahun yang direncanakan.

Penelitian yang berjudul “Pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual: *Adaptive E-Learning* dan *Cognitive Load Theory*” ini didanai melalui skim Hibah Bersaing Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2013 tetapi proposalnya kami ajukan di tahun 2012. Karena penelitian ini adalah penelitian multi tahun dan laporan ini diperuntukkan sebagai laporan akhir tahun pertama maka dalam laporan ini kami uraikan kegiatan-kegiatan penelitian yang telah terselesaikan. Kegiatan yang belum selesai diajukan dalam usulan tahun kedua. Besar harapan peneliti akan diterimanya usulan pada tahun kedua agar rencana besar dari penelitian ini dapat terwujud, yakni membangun Laboratorium Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta.

Selama penelitian ini, tim peneliti mendapat banyak sekali bantuan sehingga penelitian tahun pertama ini dapat terlaksana. Pada Kesempatan ini tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak sebagai berikut.

1. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Yogyakarta, Prof. Dr. Anik Ghufron, yang telah memberi kesempatan dan pendanaan terhadap pelaksanaan penelitian ini.
2. Bapak Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberi persetujuan dan berbagai dukungan bagi keterlaksanaan penelitian ini.

3. Ilham Rizkyanto, M.Sc. yang telah banyak membantu dalam hal pelaksanaan *fokus group discussion* serta pembuatan program dan website dari Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual.
4. Para validator instrumen penilaian yang terdiri dari Bp. Drs. Sugiyono, M.Pd., Ibu Atmini Dhoruri, M.S., dan Ilham Rizkyanto, M.Sc. yang telah memberikan masukan yang sangat bermanfaat.
5. Para ahli yang telah pemberian penilaian dan saran-saran atas produk yang dihasilkan pada penelitian ini, yakni Nur Hadi W, M.Eng sebagai ahli ICT, Himawati Puji Lestari, M.Si. sebagai ahli materi, dan Nila Mareta, M.Sc. sebagai ahli pendidikan dan pengajaran matematika.
6. Para guru sebagai praktisi yang telah memberikan penilaian serta saran-saran atas produk penelitian ini yang telah dijadikan masukan sangat berharga bagi penyempurnaan produk dan memberikan inspirasi bagi pembuatan produk-produk sejenis lainnya bagi kelengkapan web laditiv.
7. Semua pihak yang tidak mungkin kami sebut satu persatu.

Tim peneliti berharap semoga apa yang telah dihasilkan dapat bermanfaat dalam ikut serta berperan aktif mengatasi masalah pendidikan matematika di Indonesia.

Tim Peneliti

## DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Lampiran	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	12
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT	85
BAB 4. METODE PENELITIAN	88
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	113
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	131
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	135
DAFTAR PUSTAKA	137
LAMPIRAN	140

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Tipe-Tipe Penelitian Pengembangan	89
Tabel 4.2.	Kriteria Kevalidan, Kepraktisan, dan Keefektivitasan	101
Tabel 4.3.	Representasi Aspek Kualitas	101
Tabel 4.4.	Skala Pedoman Penilaian	112
Tabel 5.1.	Hasil Penilaian terhadap Alat Peraga Virtual oleh Ahli dan Praktisi	119

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Interaksi Siswa, Guru, dan Multimedia	5
Gambar 2.1	Kerangka Kerja Bebabn Kognitif	26
Gambar 2.2.	Contoh <i>Spit Attention</i>	31
Gambar 2.3.	Contoh <i>Integrated Format</i>	32
Gambar 2.4.	Posisi Bilangan P dan Q pada Garis Bilangan	33
Gambar 2.5.	Representasi Piktoral Perkalian Dua Pecahan	40
Gambar 2.6.	Representasi Perpaduan Algoritma Perkalian Dua Pecahan	41
Gambar 2.7.	Alat Peraga Bangun Ruang	75
Gambar 2.8.	Penggunaan MS Words	80
Gambar 2.9.	Penggunaan MS Excel	81
Gambar 4.1.	Diagram Alur Pengembangan Produk	90
Gambar 4.2.	Model Pengembangan Pembelajaran Dick dan Carey	91
Gambar 4.3.	Model Pengembangan Pembelajaran Kemp	94
Gambar 5.1.	Materi Penaksiran pada Buku yang Beredar	115
Gambar 5.2.	Materi Pembulatan yang Tidak Bersifat Inkuiri	116
Gambar 5.3.	Komentar Siswa terhadap Alat Peraga Virtual “Mari Menimbang”	119
Gambar 5.4.	Alat Peraga Virtual: Pembulatan	120
Gambar 5.5.	Alat Peraga Virtual: Pembagian dengan Pecahan	121
Gambar 5.6.	Halaman Muka Website Laditiv	124
Gambar 5.7.	Halaman “Ayo Belajar”	125
Gambar 5.8.	Halaman “Materi Pembulatan”	125
Gambar 5.9.	Halaman “Eksplorasi”	126
Gambar 5.10.	Halaman “Glosarium”	126
Gambar 5.11.	Halaman “Tentang Kami”	127
Gambar 5.12.	Halaman “Kontak”	128

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Validasi lembar Penilaian oleh Ahli
2. Instrumen Lembar Penilaian terhadap Alat Peraga Virtual
3. Validasi oleh Ahli terhadap Alat Peraga Virtual
4. Contoh Validasi oleh Praktisi terhadap Alat Peraga Virtual
5. Hasil Penilaian/Validasi oleh Ahli dan Praktisi terhadap Alat Peraga Virtual
6. Contoh Jawaban Siswa terhadap Tes Pembulatan
7. Contoh Respon Siswa terhadap Alat Peraga Virtual
8. Seminar Nasional
9. Seminar Internasional
10. Prototipe Alat Peraga Virtual Pembulatan: Mari Menimbang
11. Prototipe Alat Peraga Virtual Pembagian Bilangan Bulat dengan Pecahan:  
Dispenser
12. Laman Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual (Laditiv)
13. Kontrak Penelitian
14. Berita Acara Seminar Proposal
15. Berita Acara Seminar Laporan Akhir

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pembelajaran matematika yang terjadi di kelas-kelas saat ini masih cenderung masih pada metode penuangan pengetahuan oleh guru kepada siswanya. Hal tersebut masih banyak dilakukan guru meskipun telah dikenalkan dan diupayakan berbagai pendekatan pembelajaran yang berparadigma pembelajaran; misalnya CBSA (Cara Belajar Siswa Aktif), PAKEM (Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif, dan Menyenangkan), CTL (*Contextual Teaching and Learning*), RME (*Realistic Mathematics Education*), Metode Penemuan, Metode Penemuan Terbimbing, Pendekatan Open Ended, Pendekatan Pemecahan Masalah, Pembelajaran Berbasis Masalah, Metode Inkuiri, dan yang terakhir Pendekatan Saintifik.

Secara umum guru lebih merasa nyaman dan lebih percaya diri manakala mengajarkan dengan cara memulai proses pengajaran dengan penyampaian informasi (berupa fakta, konsep, prosedur, dan terkadang juga metakognisi) dari suatu objek abstrak matematika. Setelah penjelasan dirasa cukup kemudian guru memberi contoh-contoh soal yang dibuat bervariasi mungkin dengan beragam tingkat kesulitan dan beragam persoalan matematika. Terakhir siswa diberi soal latihan guna meningkatkan pemahaman dari apa yang diberikan guru dan sekaligus meningkatkan keterampilan siswa dalam mengerjakan soal matematika. Hal ini sejalan dengan temuan Dewi Padmo, dkk (2004: 246) bahwasanya guru dalam

mengajar cenderung dimulai dengan pemberian informasi kemudian diikuti contoh soal dan diakhiri dengan pemberian soal yang mirip dengan contoh tadi.

Karena objek belajar matematika adalah abstrak, maka pembelajaran yang menekankan pada pemberian informasi akan menghalangi daya abstraksi siswa. Siswa dipaksa untuk memahami objek yang abstrak dan berakibat pada “hafalan” tanpa makna yang tidak disertai dengan kemampuan mengaitkan antar objek matematika atau antar representasi matematis. Pada akhirnya pemahaman siswa menjadi tidak menyeluruh dan utuh namun bersifat parsial atau bagian demi bagian. Keadaan ini tidak mendukung siswa dalam mengembangkan daya kreasi matematisnya sehingga banyak yang mengalami kesulitan serta gagal memahi materi-materi matematika. Sebagai contoh banyak siswa yang mengalami kesulitan melakukan operasi penjumlahan dua pecahan, misalkan ada siswa yang mengerjakan  $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{2}{6}$  karena yang diingatnya adalah pembilang ditambah pembilang dan penyebut ditambah penyebut sebagaimana dalam perkalian yang berlaku  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{6}$ .

Berdasarkan uraian di atas maka sangat diperlukan strategi pembelajaran yang mampu melibatkan siswa secara aktif dan mendorong siswa agar pertama kali termotivasi untuk belajar matematika sebelum ia memulai mengerjakan matematika (*doing math*). Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan menggunakan alat bantu komputer. Terlebih pada saat ini semakin banyak siswa yang memiliki komputer di rumah bahkan

memegang piranti hand-phone yang digunakan untuk mengunduh dan mengunggah melalui jaringan internet. Terlebih lagi didukung pula oleh ketersediaan fasilitas laboratorium komputer di sekolah yang cukup memadai untuk membantu proses pembelajaran matematika yang selama ini pemanfaatannya belum optimal dalam proses pembelajaran matematika di kelas.

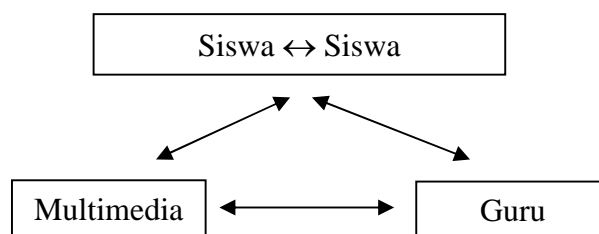
Penggunaan komputer semakin lama semakin beragam sehingga tidak lagi dipergunakan sebagai pengolah data. Munir (2008: 232) mengemukakan bahwa komputer dulunya dipergunakan hanya sebatas pengolah data (*word processing*) dan alat bantu bantu menghitung, namun seiring dengan kemajuan teknologi maka komputer telah bergeser dengan kemampuannya dalam mengakses atau menjalankan program-program pembelajaran yang dikemas dalam bentuk multimedia. Bahkan komputer juga sudah dapat digunakan untuk membuat multimedia maupun alat peraga interaktif. Untuk mengoptimalkan komputer-komputer yang tersedia di sekolah maupun yang dimiliki siswa sangat perlu dikembangkan alat peraga matematika virtual yang dapat diunduh melalui jaringan komputer.

Sejak lama telah dilakukan berbagai penelitian pendidikan yang sangat marak guna menemukan kelebihan-kelebihan multimedia dan dukungannya terhadap proses belajar mengajar. Tahun 1992, penelitian Jacobs dan Schade menemukan bahwa kemampuan daya ingat seseorang yang hanya membaca saja hanya mencapai 1%. Namun apabila menggunakan bantuan lainnya seperti alat peraga atau televisi kemampuan daya ingatnya dapat ditingkatkan

hingga 25%-30%. Kemudian apabila menggunakan media tiga dimensi maupun multimedia maka daya ingatnya dapat mencapai hingga 60% (Munir, 2008). Terlebih pada saat ini multimedia yang disajikan kepada siswa bisa interaktif dan siswa bisa langsung mendapatkan umpan balik secara langsung maka daya ingatnya akan lebih tinggi lagi.

Multimedia mampu memberikan pengajaran secara individu dengan melalui sistem tutor pribadi karena kemampuan multimedia dalam mengulang informasi sebanyak yang siswa butuhkan serta mampu memberikan arahan serta bantuan kepada siswa secara interaktif. Apabila siswa kurang paham terhadap materi yang disajikan, ia dapat mempelajari kembali materi melalui program multimedia interaktif secara berulang hingga memahaminya. Penggunaan media dalam proses pembelajaran matematika mampu menumbuhkan motivasi siswa dalam belajar matematika dan dapat memberikan lebih baik terhadap suatu materi, memudahkan siswa melakukan remidi oleh dirinya sendiri dengan cara mengulang-ngulang memutar multimedia interaktifnya, melakukan latihan untuk mengukur kemampuan siswa dalam memahami materi yang tersaji, memberi semangat kepada siswa untuk selalu mencoba lagi manakala gagal, serta memberikan bantuan atau umpan baik saat itu juga tanpa menunggu waktu koreksi oleh guru. Dengan demikian kehadiran multimedia interaktif sangat bermanfaat dalam membantu proses belajar mengajar matematika. Lebih lanjut, Munir (2008: 234) mengutip hasil penelitian eksperimen yang dilakukan oleh Edward, dkk yang berhasil mengungkapkan bahwa pembelajaran dengan menggunakan

multimedia memberikan hasil yang lebih baik secara signifikan ( $\alpha = 5\%$ ) dibanding dengan pembelajaran yang menggunakan buku teks.



Gambar 1.1. Interaksi Siswa, Guru, dan Multimedia

Multimedia diartikan sebagai teknologi yang mengoptimalkan peran komputer dalam menampilkan teks, simbol, objek, gambar, grafik, suara, video, serta animasi dalam sebuah tampilan secara terintegrasi dan interaktif. Melalui sifat interaktif tersebut akan terdapat komunikasi antara siswa-multimedia, siswa-siswa, siswa-guru, dan guru-multimedia sebagaimana bagan berikut. Geisert (1995: 71) menjelaskan bahwa multimedia merupakan kombinasi beberapa jenis media menjadi satu ke dalam satu aplikasi komputer dengan disertai aspek yang menarik minat siswa, seperti gambar, animasi, warna, grafik digital, dan suara. Namun demikian meskipun semakin banyak multimedia yang tersedia di pasaran hanyalah hanya 20-25% yang memenuhi syarat dan layak digunakan untuk keperluan pendidikan (Munir: 2008). Fakta seperti ini merupakan suatu tantangan yang perlu disikapi dengan segera. Pengembangan multimedia seperti halnya alat peraga virtual yang baik dan laboratorium virtual yang menyediakan berbagai multimedia yang dapat diunduh secara *on-line* sangatlah penting dan mendesak untuk dikembangkan

sebagai penyedia layanan gratis yang menunjang pembelajaran matematika di seluruh pelosok Nusantara.

Laboratorium pendidikan matematika adalah penunjang utama kegiatan pembelajaran matematika yang terdiri dari berbagai alat peraga matematika, media pembelajaran matematika, permainan matematika, kumpulan soal-soal matematika, ensiklopedia, dan glosarium matematika. Permasalahannya, tidak banyak sekolah yang mampu membangun laboratorium seperti ini. Hanya Jurusan Pendidikan Matematika di beberapa Universitas di Indonesia dan P4TK Matematika (Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan) di Yogyakarta yang mempunyai laboratorium pendidikan matematika. Banyak guru (calon guru) yang hadir dalam workshop atau berbagai kegiatan di laboratorium pendidikan matematika, namun, untuk menduplikasinya di sekolah supaya dapat diakses seluruh siswa perlu usaha dan biaya yang cukup tinggi.

Laboratorium pendidikan matematika sangat penting untuk guru dan siswa di sekolah. Dengan melakukan simulasi alat peraga matematika, siswa dapat lebih mudah memahami konsep matematika yang abstrak. Melalui kegiatan manipulasi di laboratorium, siswa juga dapat melakukan eksplorasi konsep-konsep maupun prinsip-prinsip matematika. Siswa juga dapat mengembangkan kemampuan kognitifnya melalui media, alat peraga, buku-buku teks, buku-buku referensi, Lembar Kegiatan Siswa, bank soal, glosarium atau ensiklopedia yang tersedia di laboratorium, secara mandiri, terbimbing maupun kolaboratif. Laboratorium dapat digunakan siswa selama jam pelajaran

ataupun di luar jam pelajaran sebagai tempat kegiatan matematika yang bersifat rekreatif. Guru juga dapat memanfaatkan laboratorium sebagai tempat mendidik siswa melalui pengamatan, pengukuran, penemuan konsep matematika, dan pencarian strategi penyelesaian problem matematika sehingga siswa terlatih melakukan kegiatan inkuiri.

*Adaptive e-learning* merupakan sebuah inovasi baru *open source application* yang diciptakan khusus untuk membangun laboratorium virtual oleh ahli komputer di UNSW (lihat [www.smartsparrow.com](http://www.smartsparrow.com)). Pada labotarorium virtual tersebut disediakan alat peraga virtual yang dirancang khusus untuk mempermudah siswa dalam melakukan percobaan agar dapat memahami konsep-konsep penting dengan biaya yang murah dan proses yang sederhana. Sebagai contoh siswa dapat menguji golongan darah A, B, AB, atau O dengan menggunakan simulasi virtual penentuan golongan darah.

Alat peraga matematika yang selama ini dipelajari secara fisik, dapat dikembangkan dalam bentuk multimedia di *adaptive e-learning platform* ini. Bedanya dengan multimedia yang lain, platform yang dikembangkan memungkinkan siswa untuk melakukan simulasi, percobaan atau manipulasi alat peraga yang tersedia, seperti halnya menggunakan alat peraga fisik. Bahkan, siswa dapat melakukan berbagai percobaan fungsi-fungsi alat peraga, yang umumnya tidak mungkin dilakukan di laboratorium fisik karena keterbatas alat peraga. Setiap siswa dapat melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan perkembangan kognitifnya karena platform yang dikembangkan mampu menyediakan *learning path* dan umpan balik sesuai yang dibutuhkan

siswa. Selain itu, kegiatan setiap siswa dapat direkam sehingga guru dapat melakukan penilaian autentik perkembangan kognitif siswa. Berbeda dengan dua tahun yang lalu, yakni tahun 2011-an, sekarang portal *smart sparrow* tidak lagi dapat diakses secara gratis namun sebaliknya pengguna harus membayar dan menjadi anggotanya. Untuk itulah perlu dibuat portal sejenis yang bisa diakses secara gratis bagi siswa dan guru di Indonesia.

Mengimplementasikan *Cognitive Load Theory* (CLT) dalam membangun laboratorium pendidikan virtual diharapkan dapat menghasilkan sarana pembelajaran yang efektif. Menurut CLT, efektifitas instruksional pembelajaran ditentukan oleh tiga aspek beban kognitif (*cognitive load*), yakni beban kognitif instrinsik (*intrinsic cognitive load*), beban kognitif ekstra (*extraneous cognitive load*), dan beban kognitif germane (*germane cognitive load*) (Brunning Scaw, Norby dan Ronning, 2004; Sweler, Merrienboer dan Paas, 1988; Sweller, 2004, 2010). Karena kemampuan kognitif kita untuk memproses materi yang kompleks adalah terbatas, CLT menyarankan bahwa penyajian materi sebaiknya meminimalkan *intrinsic* dan *extraneous cognitive load*, namun menstimulasi *germane cognitive load*. *Intrinsic cognitive load* berkaitan dengan tingkat kompleksitas materi yang dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan awal yang telah dimiliki oleh siswa. *Extraneous cognitive load* berkaitan dengan cara penyajian informasi selama pembelajaran, apakah memuat gambar, teks, animasi atau suara, sebaiknya tidak mengakibatkan proses kognitif yang berlebihan. Penyajian informasi tersebut dapat melalui media, guru, teman, atau lingkungan siswa. Sedangkan *germane cognitive load*

berkaitan dengan proses konstruksi pengetahuan yang baru (Brunning Scaw, Norby dan Ronning, 2004; Sweler, Merrienboer dan Paas, 1998).

Pembangunan laboratorium pendidikan matematika di sekolah dengan biaya terjangkau, namun efektif dan efisien dalam menunjang pembelajaran dapat direalisasikan menggunakan mode virtual dengan mengaplikasikan *adaptive elearning* dan *cognitive load theory*. Penelitian untuk mewujudkan laboratorium virtual ini sangat urgen untuk dilaksanakan sehingga segera memfasilitasi kegiatan pembelajaran matematika di sekolah.

## **B. Rumusan Masalah**

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini pada tahun pertama adalah:

1. Bagaimanakah mengembangkan alat peraga virtual adaptif yang baik dengan mengacu pada *Cognitive Load Theory*?
2. Seberapa tingkat validitas alat peraga virtual adaptif yang dikembangkan dengan mengacu pada *Cognitive Load Theory*?
3. Bagaimana menyiapkan laboratorium pendidikan matematika virtual yang dapat diakses dan dioperasikan di sekolah?

Tahun kedua penelitian bertujuan untuk menambah alat peraga virtual adaptif berdasarkan prototipe yang telah dibuat pada tahun pertama, menyempurnakan laboratorium pendidikan matematika virtual, serta menguji kepraktisan dan keefisiensiannya.

### C. Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini yang hendak dicapai sampai tahun ketiga adalah menyediakan laboratorium pendidikan matematika yang dapat diakses guru matematika dan siswa sekolah di Indonesia kapanpun dan dimanapun.

Tujuan khusus dari tahun pertama penelitian ini antara lain:

1. Diperoleh prototipe alat peraga virtual adaptif berdasarkan teori beban kognitif.
2. Mengetahui tingkat validitas prototipe alat peraga virtual adaptif berdasarkan teori beban kognitif.
3. Diperoleh embrio portal laboratorium pendidikan matematika virtual yang mengacu pada *adaptive e-learning*.

Tujuan tahun kedua penelitian adalah mengetahui tingkat kepraktisan dan keefektifan dari alat peraga virtual adaptif serta laboratorium pendidikan matematika virtual.

### D. Sasaran

Sasaran penelitian ini adalah pembelajaran matematika di tingkat Sekolah Dasar kelas atas (Kelas 4, 5, dan 6) dan Sekolah Menengah Pertama (Kelas 7, 8, dan 9). Pemilihan ini dikarenakan mulai kelas 4 siswa bisa menggunakan komputer secara tertib dan baik serta siswa kelas 4 mulai mempersiapkan kegiatan enaktif menuju pada tahapan berfikir ikonik dan simbolik. Banyak guru SD kelas atas dan guru SMP yang kesulitan menyediakan fasilitas pembelajaran matematika yang sesuai dengan tingkat kemampuan abstraksi

siswa. Berdasarkan hasil pengamatan, banyak siswa SD kelas atas yang sudah mampu memanfaatkan multimedia di sekolah sehingga produk yang dihasilkan di penelitian ini dapat segera digunakan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dasar teori penelitian ini meliputi beberapa hal, misalnya teori tentang pembelajaran matematika yang di dalamnya juga memuat teori Vygotski dan teori pendesainan pembelajaran matematika, teori tentang multimedia yang di dalamnya memuat juga alat peraga interaktif, dan teori *cognitive load*. Berikut ini diuraikan teori-teori tersebut.

#### **A. Matematika**

Kata matematika dikenal oleh semua orang karena saat ini mata pelajaran matematika menjadi mata pelajaran wajib sejajar dari SD hingga SMP. Pada masa lampau matematika dikenal sebagai pelajaran berhitung yang menekankan pada cara-cara melakukan hitungan. Dilihat dari asal katanya, matematika berasal dari bahasa latin *mathain* yang berarti belajar atau *mathena* yang berarti hal yang dipelajari. Perihal definisinya, pengertian matematika sangatlah beragam dan bervariasi sesuai dengan sudut pandang siapa yang mendefinisikannya. Abraham & Luchins (Erman Suherman, 2003: 15) menuliskan bahwa “... *the question what is mathematics? May be answered difficulty, depending on when the question is answered, where it is answered, who answer it, and what is regarded as being included in mathematics.*” Banyaknya pengertian tentang apa itu matematika menunjukkan kalau peranan matematika sangat luas dan beragam sehingga untuk mendefinisikannya saja

tidaklah ada kata sepakat. Materi yang dipelajari melalui matematika sangat luas sehingga setiap orang tidak mungkin mampu menguasai pelajaran matematika seluruhnya, untuk itulah muncul cabang-cabang di dalam matematika, misalnya saja geometri, aljabar, analisis, statistik, aktuarial, terapan, diskrit, dan komputasi.

Salah seorang tokoh pendidikan matematika di Indonesia, Soedjadi (2000: 11), memberikan rangkuman tentang definisi matematika yang diambilnya dari berbagai sumber. Matematika telah didefinisikan oleh banyak ahli dan masing-masing ahli merumuskannya berdasarkan sudut pandangnya masing-masing. Beberapa di antara definisi matematika adalah sebagai berikut.

- 1) Matematika adalah cabang ilmu pengetahuan eksak dan terorganisir secara sistematis.
- 2) Matematika adalah pengetahuan tentang bilangan dan kalkulasi.
- 3) Matematika adalah pengetahuan tentang penalaran logika dan berhubungan dengan bilangan.
- 4) Matematika adalah pengetahuan tentang fakta-fakta kuantitatif dan masalah ruang dan bentuk.
- 5) Matematika adalah pengetahuan tentang struktur-struktur yang logis.
- 6) Matematika adalah pengetahuan tentang aturan-aturan yang ketat.
- 7) Matematika adalah aktivitas insani yang terkait dengan kehidupan dari manusia itu sendiri.

QIA (2008: 7) menyatakan bahwa matematika merupakan ilmu

yang penting, baik dalam bidang kehidupan riil, pemerintahan, perdagangan, peindustrian, ilmu pengetahuan, ilmu pendidikan, teknologi, maupun ilmu komputer. Pembelajaran matematika merupakan suatu prioritas utama dalam pendidikan, dikarenakan ilmu matematika merupakan pendorong utama bidang ekonomi dan pasar SDM. Dalam kehidupan sehari-hari, ilmu matematika sangat bermanfaat, contohnya dalam jual beli, dalam memahami jarak dan waktu, dalam membaca dan menyajikan data secara statistik, dan dalam masalah perencanaan pembuatan gedung.

Depdiknas (2006: 387) memandang matematika sebagai ilmu universal yang mendasari perkembangan teknologi modern, mempunyai peran penting dalam berbagai disiplin ilmu dan mengembangkan daya pikir manusia. Ciri utama matematika adalah memakai penalaran deduktif yaitu kebenaran suatu konsep diperoleh sebagai akibat logis dari kebenaran sebelumnya. Kebenaran harus berlaku secara universal dan tidak boleh dengan contoh-contoh saja. Misalkan himpunan bilangan prima merupakan himpunan bagian dari himpunan bilangan ganjil merupakan pernyataan yang salah, meskipun disana hanyalah bilangan 2 saja yang merupakan bilangan prima tetapi bukan bilangan ganjil. Matematika merupakan suatu ilmu yang mendasari perkembangan teknologi modern, mempunyai peran yang penting dalam berbagai disiplin ilmu dan memajukan daya pikir manusia (Depdiknas, 2006: 390). Mengingat pentingnya bagi kehidupan siswa di masa mendatang, matematika diberikan kepada semua siswa mulai dari SD hingga SMA untuk

membekali siswa dengan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, kritis dan kreatif serta kemampuan bekerja sama.

Sejalan dengan sifat matematika yang abstrak dan merupakan alat untuk memecahkan masalah, maka Depdiknas (2006, 416-417) menetapkan tujuan dari pembelajaran matematika diberikan di sekolah-sekolah adalah siswa memiliki kemampuan sebagai berikut.

- a. Memahami konsep matematika, menjelaskan keterkaitan antara konsep dan mengaplikasikan konsep atau algoritma secara luwes, akurat, efisien dan tepat dalam pemecahan masalah
- b. Menggunakan penalaran pada pola dan sifat, melakukan manipulasi matematika dalam membuat generalisasi, menyusun bukti atau menjelaskan gagasan dan pernyataan matematika
- c. Memecahkan masalah yang meliputi kemampuan memahami masalah, merancang model matematika, menyelesaikan model dan menafsirkan solusi yang diperoleh
- d. Mengkomunikasikan gagasan dengan simbol, tabel, diagram atau media lain untuk memperjelas keadaan/masalah
- e. Memiliki sikap menghargai kegunaan matematika dalam kehidupan, yaitu: memiliki rasa ingin tahu, perhatian dan minat dalam mempelajari matematika serta sikap ulet dan percaya diri dalam pemecahan masalah  
(Depdiknas, 2006: 416-417).

## **B. Proses Pembelajaran**

Dick dan Carey (1978: 11) mengemukakan bahwa pembelajaran adalah sebuah rangkaian peristiwa atau kegiatan yang dikerjakan secara terstruktur dan terencana dengan menggunakan sebuah atau beberapa media. Dalam konteks ini guru atau desainer pembelajaran mempunyai peran yang sangat sentral dalam menentukan berhasil tidaknya proses pembelajaran. Green (Coggins, et.al., 2007: 2) menyatakan bahwa *“effective teachers design learning activities to be challenging, engaging, relevant, and directed to student motivations.”* Peran guru dan desainer agar pembelajaran berjalan secara efektif adalah dalam hal merancang kegiatan pembelajaran yang sifatnya menantang, melibatkan siswa, relevan dengan kondisi siswa, dan mampu membangkitkan motivasi siswa. Dengan mengacu pada rancangan yang dibuatnya barulah seorang guru membuat persiapan, melaksanakan proses pembelajaran, dan kemudian mengevaluasinya.

Ausubel (Bell, 1978: 130-132) juga menegaskan bahwa proses pembelajaran yang miskin dalam hal pelibatan siswa dan esensi konten yang dipelajari maka akan menyebabkan siswa tidak mendapatkan pemahaman yang utuh, menyeluruh, serta komprehensif sehingga siswa tersebut cepat melupakannya. Teori belajar Ausubel menunjukkan bahwa pembelajaran akan menjadi bermakna apabila dirancang secara baik sehingga didalamnya memuat sebuah prosedur efektif dan seharusnya guru itu sendirilah yang membuat rancangan pembelajaran. Rancangan pembelajaran matematika yang baik, Bruner dan Kenney (Bell, 1978: 143-145), hendaknya

mempertimbangkan empat ciri utama yaitu adanya konstruksi (*construction*), penotasian (*notation*), kekontrasan (*contrast*), dan konektivitas (*connectivity*). Teori ini bisa diterapkan oleh guru dalam mengajar atau oleh pembuat program multimedia dalam merancang produk multimediana; bahkan mungkin juga perlu adanya kerjasama dari guru dan pembuat multimedia.

Agar proses pembelajaran berjalan dengan baik maka harus memperhatikan tiga prinsip pembelajaran sebagaimana yang ditunjukkan Sriraman dan English (2010: 357-359) yaitu:

- 1) Prinsip dualitas yang dimaksud adalah adanya dua hal yang muncul secara bersamaan yakni pertama mengenai bagaimana siswa mengembangkan cara berpikir untuk membentuk pemahamannya dan kedua mengenai bagaimana pemahaman siswa bisa berkembang yang dipengaruhi oleh cara berpikir siswa itu sendiri.
- 2) Prinsip kebutuhan yakni berkenaan dengan bagaimana agar siswa merasa membutuhkan untuk melakukan kegiatan belajar sehingga ia akan melaksanakan dan mengikuti pembelajaran secara baik dan muaranya akan meningkatkan tingkat intelektual siswa.
- 3) Prinsip berulang adalah bagaimana siswa secara berulang-ulang berlatih menggunakan kemampuan penalarannya untuk mengeksplorasikan pemahaman dan cara berpikirnya.

Dalam menjalankan fungsinya sebagai tenaga pendidik dan pengajar, guru selaku desainer dan sekaligus aktor pembelajaran perlu memperhatikan prinsip-prinsip pembelajaran matematika matematika sekolah yang

dituangkan NCTM (2000: 11) sebagai berikut.

- 1) Prinsip *Equity*. Keunggulan dalam bidang pendidikan matematika membutuhkan dukungan semua siswa tanpa kecuali. Semua siswa mempunyai kesempatan yang sama untuk mendapatkan layanan pendidikan. Tidak boleh di dalam kelas, siswa yang lebih kaya atau piontar mendapat perhatian yang berlebih sedangkan sebaliknya siswa yang miskin atau lemah intelektualnya mendapat perhatian yang jauh lebih sedikit. Kesamaan perlakuan, perhatian, dan kesempatan yang diberikan guru haruslah sama untuk semua siswanya.
- 2) *Curriculum*. Terpenuhinya kurikulum sebagai kumpulan aktivitas-aktivitas dalam pembelajaran. Kurikulum terbagi menjadi tiga macam, pertama adalah kurikulum yang dirancang untuk dilaksanakan (*intended curriculum*) yang berisikan kurikulum dari silabi yang disiapkan oleh Kemendikbud, serta RPP (Rencana Perencanaan Pembelajaran) yang dibuat oleh gurunya. Kedua adalah pelaksanaan pembelajaran riil di kelas yang dilaksanakan oleh guru (*implemented curriculum*). Ketiga adalah pencapaian penguasaan materi kurikulum oleh siswa (*attain curriculum*)
- 3) *Teaching*. Keefektifan suatu pembelajaran membutuhkan merupakan proses pengajaran yang dilakukan dan dikendalikan oleh guru. Otoritas guru dalam menentukan ke arah mana proses pembelajaran di kelas akan di bawa manakala terjadi sesuatu yang perlu tindakan segera dari guru. Misalkan pada RPP diharapkan siswa bisa menemukan rumus dalam

kelompoknya masing-masing, namun yang terjadi adalah tidak satupun siswa di kelas tersebut yang mampu menemukannya. Kondisi seperti ini mengharuskan guru untuk mengambil tindakan dengan segera.

- 4) *Learning*. Tujuan utama dari segala proses persiapan maupun pelaksanaan pengajaran (*teaching*) yang dikerjakan guru adalah terjadinya proses belajar oleh siswa. Pengajaran dikatakan berhasil apabila siswa melakukan kegiatan belajar dengan baik. Siswa belajar matematika harus disertai dengan pemahaman dan secara aktif membangun pengetahuannya sendiri sehingga terjadi peningkatan pemahaman dibandingkan dengan yang sebelumnya.
- 5) *Assessment*. Penilaian ditujukan untuk mengetahui tingkat capaian kurikulum. Dengan *assesment* guru, siswa, kepala sekolah, orang tua, dan pemerintah dapat melakukan refleksi terhadap apa yang telah dicapai siswa selama proses belajar.
- 6) *Technology*. Salah satu penunjang pembelajaran yang penting adalah teknologi. Oleh karena itu, dalam pembelajaran matematika diperlukan peranan teknologi. Teknologi yang digunakan dalam pembelajaran matematika ada yang sederhana dan ada juga yang canggih. Salah satu teknologi yang diperlukan adalah alat peraga virtual yang berupa multimedia.

*The Mathematical Association* (Chambers, 2008: 11) mengidentifikasi kemampuan-kemampuan yang perlu dikembangkan siswa selama pembelajaran matematika. Kemampuan tersebut meliputi

sebagai berikut.

- 1) Mampu membaca dan memahami bagian-bagian matematika.
- 2) Mampu mengkomunikasikan secara jelas dan urut melalui penggunaan simbol-simbol matematika.
- 3) Mampu bekerja secara jelas dan logis dalam menggunakan notasi dan bahasa yang cocok.
- 4) Mampu menggunakan metode, prosedur, dan strategi yang sesuai dengan manipulasi bilangan ataupun simbol-simbol.
- 5) Mampu memikirkan hal-hal yang nyata maupun imajiner.
- 6) Mengaplikasikan urutan; mengerjakan, memprediksi, menguji, menggeneralisasi, dan membuktikan.
- 7) Mengkonstruksi dan menguji model matematika dari situasi nyata.
- 8) Mampu menganalisis masalah dan memilih teknik untuk menyelesaikan masalah dengan tepat.
- 9) Mampu menggunakan keterampilan matematika dalam kehidupan sehari-hari.
- 10) Mampu menggunakan alat-alat secara mekanik, teknik, dan intelek.

### **C. Cognitive Load Theory**

Arti dari cognitive load theory adalah teori tentang beban kognitif yang mempelajari tentang bagaimana kognitif seseorang berkembang dan apa-apa yang merupakan beban kognitif seseorang manakala melakukan kegiatan belajar. Teori ini mendasari secara teoritis terhadap pengembangan alat peraga virtual di dalam

penelitian ini. Dengan demikian konten dan cara penyajian alat peraga virtual mengacu pada teori beban kognitif.

Memahami suatu materi pembelajaran adalah proses mental kognitif yang terjadi secara individu (Sweller, 1999). Media instruksional berfungsi untuk memfasilitasi proses tersebut. Sweller (2004) dalam *Cognitive Load Theory (CLT)* menyatakan proses memahami suatu informasi dipengaruhi oleh tiga macam beban yang diakibatkan selama proses pembelajaran, antara lain *intrinsic cognitive load*, *ekstrinsic cognitive load* dan *germane cognitive load*. *Intrinsic load* berkaitan dengan kekompleksan materi pembelajaran, *ekstrinsic load* diakibatkan oleh susunan materi pembelajaran atau desain instruksional dan *germane load* berkaitan dengan proses pengkonstruksian informasi menjadi pengetahuan. Ketiga beban ini perlu dimajemen dengan baik karena total jumlah beban yang diakibatkan sebaiknya tidak melebihi kapasitas *working memory* (memori pekerja), yaitu bagian sistem pemrosesan pengetahuan yang menyeleksi, mengorganisir dan mengkonstruksi pengetahuan (Sweller, Merrienboer dan Paas, 1998).

*Cognitive Load Theory (CLT)* adalah sebuah teori instruksional yang berawal dari sebuah ide pada memori kerja yang memiliki kapasitas terbatas. Memori kerja setiap individu dibatasi dengan respon terhadap sejumlah informasi yang dapat diterima dan sejumlah operasi yang dapat ditampilkan oleh informasi tersebut (Kane & Engle, 2002). Memahami suatu materi pembelajaran adalah proses mental kognitif yang terjadi secara individu (Sweller, 1999). Meskipun manusia berbeda sehubungan dengan sumber daya kognitif yang tersedia,

seringkali perbedaan antara peserta didik yang satu dengan yang lain bukan karena jumlah sumber daya, tapi seberapa efisien sumber daya yang digunakan. Hal itu berarti seorang peserta didik dapat mendukung penggunaan memori kerja tersebut secara efisien, terutama saat mempelajari tugas / pekerjaan yang sulit. Kita harus dapat mengenali aturan dan batasan dari memori kerja untuk membantu mengembangkan kualitas dari instruksi

Menurut CLT, kapasitas dan durasi kerja memori ini terbatas terutama ketika memproses pengetahuan yang baru. Berdasarkan teori ini, pengetahuan yang baru diproses memerlukan *prior knowledge* (pengetahuan prasyarat) untuk mengenali dan mengorganisirnya dengan baik dan tepat, serta menyimpannya di *long term memory* (memori jangka panjang) dengan bentuk jaringan atau peta pengetahuan yang baik pula. Sehingga, apabila siswa dalam mempelajari suatu permasalahan matematika tidak mempunyai *prior knowledge* yang cukup, maka perlu ada suatu pendekatan yang memudahkan siswa mengenali informasi yang sedang dihadapi.

Memori kerja sebelumnya dikenal dengan memori jangka pendek (*short term memory*). Secara fungsi, memori ini bertugas untuk mengorganisasikan informasi, memberi makna informasi dan membentuk pengetahuan untuk disimpan di memori jangka panjang. Kapasitas memori ini hanya dapat menyimpan (menahan) informasi dalam waktu pendek, sehingga disebut memori jangka pendek. Adanya pembatasan memori kerja mengharuskan instruksi (yaitu, informasi yang merupakan instruksi) dirancang sedemikian rupa sehingga memori kerja mampu memproses instruksi. Instruksi yang berupa interaksi antara tugas

dan karakteristik subyek memberikan beban kognitif pada pelajar. Beban yang diberikan pada pebelajar tidak boleh melebihi kapasitas terbatas memori kerja. Beban kognitif asing adalah beban tambahan di luar intrinsik, terutama yang dihasilkan dari instruksi dirancang dengan buruk. Misalnya, jika peserta didik harus mencari dalam bahan ajar mereka untuk informasi yang mereka butuhkan untuk melakukan tugas belajar

Berdasarkan model Paas and van Merriënboer's (1994), beban kognitif dapat ditentukan pada dasar pengetahuan peserta didik tentang tugas dan karakteristik subyek. Usaha mental adalah aspek beban kognitif yang mengacu pada kapasitas kognitif yang sebenarnya dialokasikan untuk mengakomodasi permintaan atas paksaan tugas; dengan demikian dapat dianggap sebagai refleksi beban kognitif aktual. Usaha mental diukur ketika peserta sedang mengerjakan sebuah tugas. Performansi, juga merupakan aspek beban kognitif, dapat didefinisikan sebagai prestasi belajar. Hal ini dapat ditentukan ketika orang-orang sedang mengerjakan pada suatu tugas atau setelahnya.

Teori beban kognitif (Paas, Renkl & Sweller, 2004; Sweller, 2004) menyebutkan bahwa beban kognitif dalam memori pekerja dapat disebabkan oleh tiga sumber yaitu: (1) beban kognitif instrinsik (intrinsic cognitive load); (2) beban kognitif ekstrinsik (extrinsic cognitive load) dan (3) beban kognitif konstruktif (german cognitive load).

Beban kognitif instrinsik ditentukan oleh tingkat kekompleksan informasi atau materi yang sedang dipelajari, sedangkan beban kognitif ekstrinsik ditentukan oleh teknik penyajian materi tersebut (Sweller & Chandler,

1994). Beban kognitif intrinsik tidak dapat dimanipulasi karena sudah menjadi karakter dari interaktifitas elemen-elemen di dalam materi. Sehingga, beban kognitif intrinsik ini bersifat tetap. Namun, beban kognitif ekstrinsik dapat dimanipulasi. Teknik penyajian materi yang baik, yaitu yang tidak menyulitkan pemahaman, akan menurunkan beban kognitif ekstrinsik. Pemahaman suatu materi dapat mudah terjadi jika ada pengetahuan prasyarat yang cukup yang dapat dipanggil dari memori jangka panjang. Jika pengetahuan prasyarat ini dapat hadir di memori pekerja secara otomatis, maka beban kognitif ekstrinsik akan semakin minimum. Semakin banyak pengetahuan yang dapat digunakan secara otomatis, semakin minimum beban kognitif di memori pekerja. Dalam hal ini, kapasitas memori pekerja menjadi semakin meningkat.

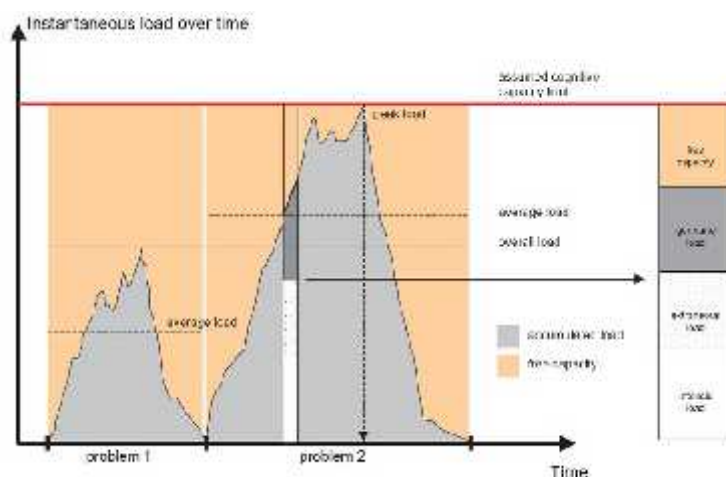
Materi yang secara intrinsik mempunyai beban berat, jika disajikan dengan baik, maka proses kognitif di memori pekerja akan berjalan dengan lancar. Sebaliknya, meskipun beban kognitif intrinsik suatu materi adalah ringan, jika disajikan dengan tidak baik, seperti terlalu banyak atau acak, maka proses kognitif di memori pekerja akan berjalan dengan lambat atau berhenti. Jika memori pekerja telah dipenuhi oleh beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik, maka tidak ada muatan yang tersisa untuk beban kognitif konstruktif. Beban kognitif konstruktif adalah beban kognitif yang diakibatkan oleh proses kognitif yang relevan dengan pemahaman materi yang sedang dipelajari dan proses konstruksi (akuisisi skema) pengetahuan. Jika tidak ada beban kognitif konstruktif, berarti memori pekerja tidak dapat mengorganisasikan, mengkonstruksi, mengkodekan, mengelaborasi atau mengintegrasikan materi yang sedang dipelajari sebagai

pengetahuan yang tersimpan dengan baik di memori jangka panjang. Dengan kata lain, informasi yang disajikan tidak dipelajari dengan baik. Informasi tersebut mungkin berhasil disimpan di memori jangka panjang, tapi mungkin akan sulit dipanggil kembali atau tidak terkoneksi dengan pengetahuan yang relevan. Hal ini berakibat pada lambatnya proses pembelajaran yang terkait di masa selanjutnya.

Proses kognitif konstruktif tersebut terjadi secara otomatis jika memang ada muatan di memori pekerja yang kosong akibat dari minimalnya beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik. Tetapi, dapat dipengaruhi oleh motivasi dan sikap siswa terhadap materi yang dipelajari. Tanpa adanya motivasi dan sikap yang baik terhadap proses pembelajaran, meskipun materi telah dimanajemen dengan baik, hasil pembelajaran mungkin tidak maksimal.

Cognitive load theory terkait dengan melakukan tugas-tugas belajar dikendalikan dengan dua cara . Pertama, intrinsik dikelola oleh mengorganisir tugas-tugas belajar di kelas tugas dikembangkan dari yang mudah menuju yang sulit. Untuk tugas belajar dalam kelas yang mudah, elemen dan interaksi antara elemen harus diproses secara bersamaan di memori kerja. Tugas yang lebih kompleks, jumlah elemen dan interaksi yang diproses antara unsur-unsur meningkat. Kedua, Cognitive Load dikelola dengan memberikan sejumlah besar dukungan dan bimbingan untuk tugas belajar pertama dalam kelas. Karena informasi yang mendukung biasanya memiliki interaktivitas elemen yang tinggi, adalah lebih baik untuk tidak menyampaikannya kepada peserta didik sementara mereka bekerja pada tugas-tugas belajar. Bersamaan melakukan tugas dan mempelajari informasi yang hampir pasti akan menyebabkan kelebihan beban

kognitif. Sebaliknya, informasi yang mendukung adalah yang terbaik disajikan sebelum peserta didik mulai bekerja pada tugas belajar. Dengan cara ini, skema kognitif dapat dibangun di memori jangka panjang yang kemudian dapat diaktifkan di memori kerja selama kinerja tugas. Mengambil skema kognitif yang sudah dibangun ini diharapkan menjadi beban kognitif berkurang daripada mengaktifkan informasi kompleks disajikan dalam memori kerja selama kinerja tugas. Atribut teori beban kognitif dapat digambarkan sebagai berikut:



### Kerangka Kerja Beban Kognitif

Implikasi dari fungsi memori pekerja dalam mendesain metode pembelajaran antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan beban kognitif konstruktif yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan.

Desain instruksional yang tepat menurunkan asing CL tetapi meningkatkan erat CL, asalkan total CL tetap dalam batas-batas kapasitas memori

kerja. Penelitian CLT telah menyebabkan perkembangan sejumlah format instruksional terutama dimaksudkan untuk mengurangi ekstinsik CL. Ini telah memungkinkan membebaskan kapasitas memori kerja yang akan digunakan untuk pembelajaran yang efektif. Sebuah gambaran lengkap dari format instruksional CLT - based dan dasar empiris mereka diberikan oleh Sweller, van Merriënboer, dan Paas ( 1998); Paas, Renkl, dan Sweller ( 2003 ), dan Van Merriënboer dan Sweller (2005). Enam dari teknik instruksional yang paling diteliti adalah ( a ) efek tujuan bebas, ( b ) efek contoh bekerja, ( c ) efek selesai, ( d ) efek split- perhatian, ( e ) efek modalitas, dan ( f ) efek redundansi.

Efek Tujuan - bebas terjadi ketika seorang peserta didik menerima konvensional, masalah tujuan spesifik belajar kurang dari ketika ia menerima masalah non-spesifik atau tujuan-bebas untuk memecahkan. Peserta didik N dengan fokus pada tujuan pembelajaran yang spesifik terutama pada tujuan dan karena itu tidak memperhatikan informasi lainnya. Mereka membandingkan keadaan saat ini masalah (yaitu, di mana mereka) ke negara tujuan. Ini disebut means-ends pendekatan analisis (Newell & Simon, 1972) beroperasi pada prinsip berusaha untuk mengurangi perbedaan antara negara tujuan dan kodrat masalah, tetapi merupakan pendekatan yang lemah untuk pemecahan masalah, karena merupakan pendekatan atau strategi independen dari suatu masalah tertentu dan menyebabkan ekstrinsik CL tinggi, yang merugikan peserta didik. Dalam masalah tujuan bebas, pemecah masalah tidak memiliki pilihan lain selain untuk fokus pada informasi yang diberikan (data yang diberikan ) dan menggunakannya di mana mungkin, secara otomatis mendorong jalan ke depan solusi-kerja mirip

dengan yang dihasilkan oleh pemecah masalah ahli. Solusi ke depan bekerja seperti memaksakan tingkat yang sangat rendah dari asing CL dan memfasilitasi pembelajaran.

Efek contoh bekerja melibatkan menggunakan contoh-contoh yang diketahui dan diselesaikan, yang mengurangi asing CL dan meningkatkan pemahaman. Sebuah contoh bekerja terdiri dari masalah dan langkah-langkah untuk solusinya. Meninjau contoh bekerja menghilangkan kebutuhan untuk menggunakan analisis means-end, karena solusi yang disediakan, maka tidak perlu lagi mencari operator untuk mengurangi perbedaan antara kondisi saat ini dan negara tujuan. Menyajikan solusi masalah memungkinkan pelajar untuk fokus pada negara-negara masalah individu, pemecahan bergerak yang terkait dengan mereka, dan negara-negara masalah yang dihasilkan dari gerakan ini masalah. Karena ini adalah jenis informasi yang terkandung dalam skema pemecahan masalah itu adalah hipotesis yang bekerja contoh akan membantu dalam akuisisi skema dan otomatisasi serta dalam mengurangi beban memori kerja karena mereka mendekonstruksi solusi masalah menjadi bagian-bagian.

Efek penyelesaian memiliki pemikiran dan efek yang sama seperti yang dari contoh bekerja. Alih-alih memberikan benar-benar bekerja keluar contoh diikuti dengan masalah, pelajar disediakan dengan selesai sebagian contoh dikerjakan. Contoh-contoh seperti memberikan bimbingan yang cukup untuk mengurangi pemecahan masalah pencarian dan asing CL sementara masalah penyelesaian memastikan bahwa peserta didik termotivasi untuk terus bekerja.

Efek split- perhatian terjadi ketika peserta didik dipaksa untuk memproses dan mengintegrasikan beberapa dan terpisah sumber-sumber informasi. Banyak bahan ajar menggunakan kedua komponen gambar dan komponen teks informasi. Seringkali, komponen bergambar (yaitu, grafis) disajikan dengan teks yang terkait di atas, di bawah, atau di sisi itu. Ini cara presentasi memperkenalkan efek split-perhatian di mana peserta didik harus hadir untuk kedua grafis dan teks, karena tidak saja memberikan informasi yang cukup untuk memecahkan masalah. Belajar dan pemahaman hanya dapat terjadi setelah integrasi mental sumber informasi yang berbeda. Kapasitas WM yang diperlukan untuk mengintegrasikan informasi grafis dan informasi tekstual yang kemudian tersedia untuk proses pembelajaran yang mendorong. Desain instruksional yang baik menggabungkan (yaitu, fisik mengintegrasikan ) informasi grafis dan tekstual, sehingga mengurangi kebutuhan untuk pelajar untuk melakukan hal ini dan dengan demikian membebaskan WM untuk belajar. Ini adalah efek split- perhatian tradisional spasial. Selain itu, ada juga efek split-perhatian temporal yang menyatakan bahwa belajar dari sumber informasi yang saling merujuk difasilitasi jika sumber-sumber ini tidak terpisah satu sama lain dalam waktu, melainkan disajikan secara bersamaan.

Efek modalitas terjadi ketika informasi disajikan dalam dua modalitas sensorik yang berbeda , misalnya ketika informasi tekstual disajikan dalam bentuk diagram pendengaran dan informasi saat ini secara visual. Dengan memanfaatkan kedua saluran pendengaran dan visual, kapasitas WM efektif meningkat. WM diperluas ini dapat digunakan untuk mengurangi beban kerja mental dan hasil

belajar yang lebih baik daripada setara, presentasi single-mode yang hanya menggunakan informasi visual (Tabbers, Martens, & van Merriënboer, 2004).

Efek redundansi menyatakan bahwa pengolahan beberapa informasi yang sama yang disajikan lebih dari sekali - seperti ketika presenter proyek slide dan kemudian membaca keras-keras kepada khalayak - memiliki efek negatif pada pemahaman karena meningkatkan asing CL. Efek ini terdengar kontra - intuitif karena kebanyakan orang berpikir bahwa penyajian informasi yang sama akan memiliki efek netral atau bahkan positif pada pembelajaran. Namun, penyajian informasi yang berlebihan menyebabkan peserta didik untuk tidak perlu hadir untuk bit individu informasi berulang-ulang yang dapat dipahami secara terpisah. Juga, peserta didik harus terlebih dahulu memproses informasi untuk menentukan apakah informasi dari sumber yang berbeda sebenarnya berlebihan. Proses-proses kognitif menuntut tidak memberikan kontribusi terhadap pembelajaran bermakna.

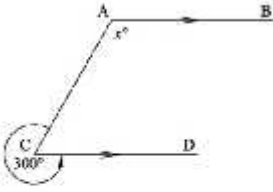
Implikasi dari cognitive load theory dalam mendesain metode pembelajaran antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari intrinsic cognitive load dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan germane cognitive load yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan serta (5) membangun susunan skema yang baik dan memfasilitasi otomatisasi skema.

Implikasi dari cognitive load theory dalam mendesain metode pembelajaran antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang

akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari *intrinsic cognitive load* dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan *germane cognitive load* yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan serta (5) membangun susunan skema yang baik dan memfasilitasi otomatisasi skema.

Peneliti sebelumnya melaksanakan penelitian mengenai desain instruksional yang meminimalkan beban kognitif ekstrinsik, yaitu pasangan *worked example* dan *problem solving* (Endah Retnowati, Sweller, Ayres, 2008). Metode ini juga telah ditunjukkan keefektivannya dalam berbagai penelitian (untuk review, Atkinson, Derry, Renkl dan Worthan, 2000). Dari hasil penelitian tersebut, media instruksional perlu disajikan dengan menghindari efek perhatian terpisah (*split attention effects*) dan efek ulangan (*redundancy effects*) dalam menyajikan materi pembelajaran. Efek perhatian terpisah diakibatkan oleh penyajian dua sumber informasi secara terpisah, padahal untuk memahaminya informasi tersebut harus diintegrasikan. Contohnya adalah dalam Gambar berikut (diambil dari Endah Retnowati, dkk, 2010)

Problem: Find the value of  $x$  and give reasons for each step.



Solution:

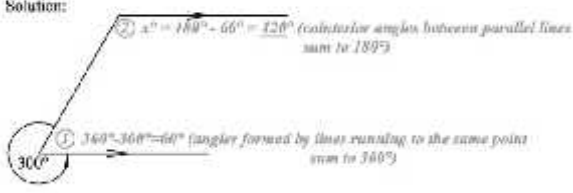
- $\angle ACD = 360^\circ - 300^\circ = 60^\circ$   
Reason: angles formed by lines running to the same point sum to  $360^\circ$
- $\angle DAC = 180^\circ - \angle ACD = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$   
Reason: co-interior angles between parallel lines sum to  $180^\circ$
- Therefore,  $x = 120^\circ$

### Contoh *split attention*

Dalam mempelajari contoh soal di atas, siswa harus mengintegrasikan informasi pada gambar dan informasi pada langkah-langkah penyelesaian. Aktivitas mengintegrasikan ini menaikkan beban kognitif ekstrinsik. Alternatifnya adalah penyajian secara integratif seperti pada Gambar berikut.

Problem: Find the value of  $x$  and give reasons for each step.

Solution:



②  $x^\circ = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$  (co-interior angles between parallel lines sum to  $180^\circ$ )

①  $360^\circ - 300^\circ = 60^\circ$  (angles formed by lines running to the same point sum to  $360^\circ$ )

### Contoh *integrated format*

Penggunaan contoh soal yang disajikan secara integratif antara gambar dan teks (verbal atau tertulis) yang berasosiasi telah ditunjukkan keefektifannya dalam pembelajaran oleh berbagai penelitian (Chandler & Sweller, 1992,

Retnowati, Sweller & Ayres, 2010; Moreno & Mayer, 1999; Tarmizi & Sweller, 1988; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997; Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2006). Namun, mengintegrasikan dua gambar dan ilustrasi yang berasosiasi perlu menghindari efek ulangan. Efek ini terjadi apabila gambar telah secara implisit memuat ilustrasi mengenai gambar tersebut (*self-explained figure*). Selain itu, efek ulangan ini juga dapat terjadi jika menyajikan informasi yang telah diketahui dengan baik oleh siswa (Chandler & Sweller, 1992). Dalam hal ini efek ulangan terjadi karena ada informasi yang berlebih, yaitu informasi yang disajikan dan pengetahuan yang berisi sama dengan informasi tersebut.

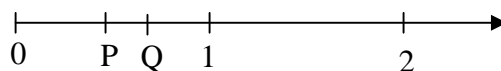
Moreno dan Mayer (1999) menghasilkan multimedia instruksional menggunakan komputer. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa materi pembelajaran berupa gambar dengan teks yang berasosiasi diintegrasikan lebih efektif dari pada yang di-split. Menggunakan multimedia memungkinkan penyajian instruksional secara audio (rekaman suara). Dalam penelitian ini, diduga, jika teks yang berasosiasi dengan gambar disajikan secara audio, media instruksional akan lebih efektif.

Pengembangan instruksional menggunakan prinsi-prinsip dalam *Cognitive Load Theory* diharapkan dapat membantu mendesain instruksional yang selaras dengan system kognitif siswa. Karena pembelajaran akan lebih berkesan jika dilaksanakan sesuai dengan karakteristik siswa, terutama cara kognitif siswa mengolah informasi menjadi konstruksi pengetahuan.

Berikut akan ditelaah permasalahan pembagian pecahan sebagai salah materi sulit bagi siswa serta sulit bagi guru dalam mengajarkannya, yakni materi

pembagian dengan pecahan, dan selanjutnya dikaji pula kaitannya dengan *cognitive load theory*.

Fakta yang terjadi di sekolah di Indonesia adalah ada banyak siswa SMP yang mengalami kesulitan. Sebagai contoh, dalam TIMMS 2011 siswa SMP kelas VIII diberikan soal yang terkait dengan konten pecahan yang dalam menyelesaikannya dibutuhkan kemampuan penalaran seperti berikut. Siswa diberikan gambar garis bilangan beserta posisi bilangan 0, P, Q, 1, dan 2 seperti Gambar di bawah. Diinformasikan juga terdapat bilangan N dimana  $P \times Q = N$ . Selanjutnya siswa diminta memilih posisi titik N yang benar dari empat pilihan jawaban yang disediakan. Pilihan jawaban yang benar adalah posisi N berada di antara 0 dan P (Mullis, Martin, Foy, dan Arora, 2011).



Posisi Bilangan Pecahan P dan Q pada Garis Bilangan

Di antara 100 siswa yang diuji hanya 10 siswa yang mampu menjawab secara benar. Artinya hanya 10% siswa Indonesia yang menjawab secara benar. Sebagai pembanding persentase siswa yang menjawab benar dari negara Thailand, Malaysia, Singapura, dan Cina berturut-turut adalah 12%, 18%, 45%, dan 53%. Adapun rata-rata internasional yang dicapai pada soal tersebut adalah 23%. Untuk menjawab soal pilihan ganda tersebut siswa dituntut untuk mampu membaca dan memaknai posisi bilangan P dan Q yang tidak dinyatakan secara khusus nilainya dan kemudian mengidentifikasi representasi hasil kali keduanya pada garis bilangan.

Pecahan tidak hanya merupakan materi yang sulit dan kompleks namun juga merupakan intinya materi aritmetika bahkan menjadi materi yang sangat penting dalam ilmu matematika. Sulitnya pecahan tidak hanya muncul dari sisi siswa tentang bagaimana cara mempelajari dan memahaminya namun juga dari sisi guru tentang bagaimana mengajarkannya. Salah satu contoh penyebab sulitnya pecahan adalah pada operasi pembagian bilangan bulat dengan pecahan terjadi konflik antara apa yang lazim dipersepsikan siswa dengan prosep (proses dan konsep) pada pecahan. Stafylidou dan Vosniadou mengemukakan bahwa *“Notions such as “multiplication makes larger” and “division makes smaller” are often mentioned as causes of cognitive conflicts”* (Bruin-Muurling, 2012). Pada lazimnya siswa mengenal hasil dari pembagian mengalami pengecilan pada bilangan yang dibagi, misalkan  $8 : 2 = 4$  yang mana 4 lebih kecil dari 8. Namun dalam prosep pembagian dengan pecahan, hasil pembagian terbalik menjadi membesar, misalkan  $8 : \frac{1}{2} = 16$  yang mana 16 lebih besar dari 8. Di lain pihak guru mengalami kesulitan dalam menemukan alasan yang rasional dan mudah dipahami berkenaan dengan prosep pembagian dengan pecahan. Sebaliknya sebagian besar guru mengajarkan pembagian dengan pecahan dalam kawasan matematika formal yang sangat mengedepankan matematisasi vertikal, misalkan pembagian dipandang sebagai invers dari perkalian dimana  $8 : \frac{1}{2} = 16$  karena  $16 \times \frac{1}{2} = 8$ .

Karena sulit dan kompleksnya materi pecahan bagi guru maupun siswa, maka perlu dirancang lintasan belajar materi pecahan dengan basis suatu teori. Dalam tulisan ini teori yang diacu adalah Teori Beban Kognisi (TBK) atau

dikenal dengan *Cognitive Load Theory* (CLT). TBK utamanya berkenaan dengan proses belajar pada tugas-tugas kognisi yang kompleks dimana para siswa seringkali mengalami kewalahan dalam memproses secara simultan berbagai macam informasi yang saling terkait sebelum mereka memulai proses belajar bermakna (Sweller, Renk, dan Pass, 2004). Sebagai contoh dalam tugas menyelesaikan soal  $3\frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ , siswa harus menyiapkan dan mengorganisir beragam informasi tentang pengertian pembilang dan penyebut, konsep pecahan, konsep bilangan pecahan murni, konsep tentang bilangan pecahan campuran, konsep tentang pembagian, proses algoritma pembagian dengan pecahan, representasi simbolik untuk pecahan, dan pengertian  $\frac{1}{4}$  sebagai suatu unit. Kontrol pembelajaran atas beban kognisi yang tinggi merupakan fokus utama dalam TBK. TBK berasumsi bahwa keterbatasan kapasitas memori kerja (*working memory*) dapat diefektifkan sebesar-besarnya bilamana dalam pembelajaran menggunakan materi yang dikenal siswa secara baik yakni menggunakan skema yang sudah tersimpan dalam memori jangka-panjang siswa.

Teori Beban Kognisi didasarkan pada prinsip-prinsip kognisi sebagai berikut: (1) memori jangka pendek (memori kerja) berkapasitas terbatas yakni mampu mengolah hingga tujuh unit informasi, (2) memori jangka panjang berkapasitas tak terbatas dan merupakan tempat penyimpanan semua informasi maupun pengetahuan, (3) pengetahuan disimpan dalam memori jangka panjang sebagai skema atau skemata, (4) skema, betapapun besar atau kompleks, berujud sebagai satuan tunggal dalam memori kerja, (5) skema dapat menjadi reflek atau terotomatis (Chipperfield, B. 2003). Otomatisasi skema merupakan tujuan akhir

dari proses belajar, semakin ahli seorang siswa maka skema yang dimilikinya menjadi semakin reflek dan otomatis.

Menurut tipenya, beban kognisi terdiri atas tiga tipe, yaitu beban kognisi intrinsik, beban kognisi ekstranus, dan beban kognisi germane. Kirschner (2002) dengan menggunakan siswa matematika sebagai subjek telaahnya mendeskripsikan ketiga jenis beban kognisi sebagai berikut: (1) Beban intrinsik adalah beban pada memori yang diperlukan ketika berfikir menyelesaikan tugas atau soal dan berarti beban intrinsik menggunakan jatah memori kerja. Beban intrinsik untuk siswa matematika menjadi sangat esensial, misalkan proses menyelesaikan persamaan linear mulai dari langkah awal sampai ditemukannya solusi yang dilakukan secara runtut. Beban intrinsik ini merupakan beban bawaan yang dimiliki oleh bahan pelajaran. Semakin sulit dan rumit suatu materi semakin besar pula beban intrinsik yang dibawanya; (2) Belajar merupakan proses dari “baru mengenal” menuju “menjadi ahli” dan penambahan skema baru ke dalam beban pada memori kerja. Memori kerja ini memproses informasi baru ke dalam skema yang dimilikinya agar menjadi skema yang lebih luas dan kompleks. Beban pada proses belajar yang menempati memori kerja ini disebut dengan beban kognisi germane; dan (3) Guru melalui penjelasannya, buku melalui format penyajiannya, dan pengaruh gangguan eksternal serta emosi internal semuanya merupakan bentuk dari beban kognisi ekstranus. Beban ekstranus ini mengurangi efektivitas memori kerja pada siswa karena beban ekstranus justru menjauhkan siswa dari hakekat sebenarnya tentang proses belajar. Beban kognisi ekstranus ini

tidak berkontribusi pada proses belajar siswa. Hubungan ketiga beban kognisi tersebut dirumuskan sebagai berikut.

$$I_{\text{intrinsik}} + G_{\text{germane}} + E_{\text{ekstranus}} = T_{\text{total beban kognisi}}$$

Pada rumus di atas, faktor **I** tidak dapat diubah karena bergantung pada tugas atau problem yang diberikan. Kemudian faktor **G + E** dapat berubah-ubah kombinasi besarnya. Jika **G** mengecil maka **E** membesar dan sebaliknya. Semakin banyak beban ekstranus mengakibatkan semakin sedikitnya beban germane. Guru dalam mendesain pembelajaran hendaknya membatasi beban ekstranus dan mengembangkan aktivitas presentasi yang mempercepat pembentukan skema dan meningkatkan beban germane. Oleh karenanya perlu dipertimbangkan faktor-faktor atau variabel yang dapat dimodikasi agar memfasilitasi meningkatnya beban germane dan mengurangi beban ekstranus.

Banyak guru matematika, terutama di tingkat SD, yang mengajarkan operasi dua pecahan dengan cara mengenalkan dan menjelaskan prosedur algoritmanya dalam area matematika formal. Guru tersebut memberikan beban ekstranus yang terlalu besar bagi siswanya dan berdampak pada beban germane siswa menjadi mengecil dan yang terjadi adalah pembelajaran menjadi kurang bermakna (*meaningless*) bagi siswa. Skema pecahan yang telah dimiliki siswa tidak berkembang secara signifikan sebagai akibat dari proses belajar tersebut. Sebenarnya, beban ekstranus bisa diperkecil apabila guru menggunakan konteks yang dikenal baik oleh siswa. Melalui konteks sebagai *starting point* pembelajaran, kemudian penggunaan model non formal oleh siswa, dan akhirnya menemukan rumus atau algoritma dengan menggunakan simbol matematika

merupakan salah satu acara agar proses abstraksi berjalan secara produktif dalam diri siswa.

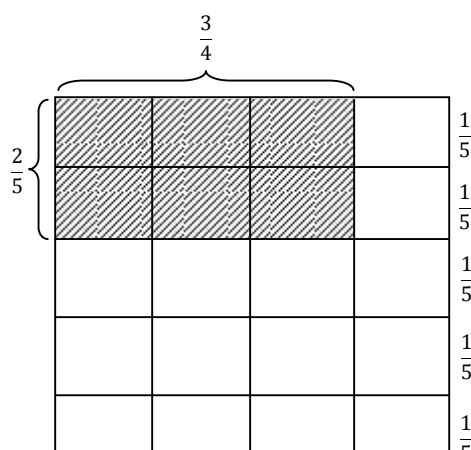
Terkait dengan soal-soal pada pecahan, terdapat tiga bentuk tugas yakni berupa: soal naratif, soal yang dilengkapi dengan piktorial, dan soal yang sepenuhnya menggunakan simbol-simbol matematis. Meskipun materi paling abstrak dari operasi pecahan adalah penggunaan simbol, namun pemberian soal naratif dan pemberian bentuk piktorial sangat membantu siswa dalam mengkonstruksi skema pecahan ke dalam memori jangka panjangnya. Secara umum sajian piktorial mampu mengurangi beban kognisi siswa.

Streefland (1991) telah mengembangkan suatu kurikulum pecahan dengan menggunakan prinsip *Realistic Mathematics Education (RME)*. Prinsip-prinsip yang diacu Streefland adalah: (1) eksplorasi fenomena-fenomena yang terkait dengan konsep perkalian dan pembagian pecahan, (2) penggunaan konteks sebagai lahan aplikasi pecahan, (3) penggunaan model maupun skema guna mendukung algoritmanisasi atau matematisasi, (4) ingatan wawasan dengan cara menjaga sumber-sumber terbuka, dan terakhir (5) skematisasi dan matematisasi progresif. Urutan kelima prinsip tersebut ditujukan agar beban ekstraneus mengecil dan sebagai gantinya memori kerja siswa banyak digunakan untuk proses membangun pengetahuan oleh siswa itu sendiri. Ini berarti beban germane semakin meningkat dalam memori kerja siswa.

Dalam menggunakan representasi pecahan yang berbentuk piktorial, begitu sebuah manifestasi piktorial suatu operasi dipilih (misalkan pecahan direpresentasikan memakai garis bilangan) maka representasi garis bilangan

tersebut tetap digunakan pada proses belajar berikutnya. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga agar memori kerja yang digunakan siswa dalam belajar menjadi lebih produktif dalam membentuk skema baru yang lebih kompleks. Proses belajar selanjutnya yang dimaksud adalah mengenai konsep dua pecahan senilai, urutan dua pecahan, operasi penjumlahan, operasi pengurangan, operasi perkalian, serta operasi pembagian. Pada pelaksanaannya untuk keperluan lebih lanjut, diperlukan juga tambahan garis bilangan dengan dua skala, tabel perbandingan, dan kesamaan antara model melingkar dan model lurus atas garis bilangan. Proses pengembangan perkalian secara formal bisa juga dengan memanfaatkan model daerah berpetak yang nantinya sekaligus dapat digunakan juga dalam mengajarkan sifat komutatif pada perkalian. Sebagai contoh, perkalian antara  $\frac{2}{5}$  dan  $\frac{3}{4}$  dapat digunakan representasi piktorial.

Pada gambar Representasi Piktoral di bawah, setiap baris merupakan satu pecahan  $\frac{1}{5}$  dan setiap kolom melambangkan satu pecahan  $\frac{1}{4}$  sehingga hasil kali dari  $\frac{2}{5}$  dan  $\frac{3}{4}$  adalah  $\frac{6}{20}$  yang senilai dengan  $\frac{3}{10}$ . Melalui gambar yang sama, bilamana diubah urutannya menjadi kolom kemudian baris, diperoleh pula hasil kali  $\frac{3}{4}$  dan  $\frac{2}{5}$  adalah juga  $\frac{6}{20}$  yang senilai dengan  $\frac{3}{10}$ . Kedua hasil ini menunjukkan bahwa keberlakuan sifat komutatif perkalian dua pecahan yakni  $\frac{2}{5} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{4} \times \frac{2}{5}$ .



### Representasi piktorial perkalian dua pecahan

Pecahan  $\frac{2}{5}$  dimaknai sebagai 2 dari 5 baris dan  $\frac{3}{4}$  dimaknai sebagai 3 dari 4 kolom. Kedua pecahan tersebut menggunakan daerah persegi besar sebagai satu unit. Selanjutnya dengan unit yang sama diperoleh hasil kali dari  $\frac{2}{5}$  dan  $\frac{3}{4}$  sama dengan  $\frac{6}{20}$  yang dimaknai sebagai 6 dari 20 petak kecil. Perlu dicatat bahwa 20 petak kecil diperoleh dari dibuatnya 5 baris dan 4 kolom. Representasi perpaduan narasi dan piktorial atas algoritma perkalian antara dua pecahan tampak seperti Gambar berikut.

$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ dari } 5 \\ \text{kali} \\ 3 \text{ dari } 4 \end{array} \right\} = 6 \text{ dari } 20$$

### Representasi Perpaduan Algoritma Perkalian Pecahan

Berbeda dengan representasi piktorial, algoritma perkalian pada representasi perpaduan telah menghilangkan kata-kata bantu yang berupa baris, kolom, dan petak kecil. Oleh karenanya representasi perpaduan seperti itu akan

kehilangan maknanya manakala tidak dikaitkan dengan representasi piktorialnya. Dua langkah berikutnya pertama adalah melakukan algoritma perkalian dalam bentuk simbol-simbol, yakni  $\frac{2}{5} \times \frac{3}{4} = \frac{2 \times 3}{5 \times 4} = \frac{6}{20}$ , dan tahap kedua adalah menggeneralisasinya melalui proses matematisasi vertikal menjadi rumus umum perkalian dua pecahan, yaitu  $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{a \times c}{b \times d}$ .

Uraian di atas merupakan contoh dari lintasan pembelajaran perkalian dua pecahan yang memanfaatkan Teori Beban Kognisi. Lintasan belajar pecahan disusun secara urut dengan menyajikan soal pecahan dalam bentuk soal cerita yang kontekstual dan dikenal baik oleh siswa, penggunaan model-dari (*model-of situation*) dan model-untuk (*model-for mathematics*) yang memuat bentuk piktorial, dan terakhir proses penggunaan simbol-simbol matematika.

#### **D. Adaptive e-learning**

Ada banyak format elearning yang dikembangkan untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Pada umumnya, elearning terdiri dari multimedia yang menyediakan serangkaian materi pembelajaran dengan animasi dan latihan soal dengan umpan balik. Dengan elearning tradisional ini, semua siswa mengikuti alur pembelajaran yang sama meskipun perkembangan kognitif mereka selama pembelajaran berbeda. Selain itu, guru hanya dapat mengontrol hasil akhir penilaian dan sulit untuk menganalisis perkembangan kognitif siswa selama kegiatan elearning itu maupun memberikan umpan balik seketika ketika salah paham terjadi pada konsep tertentu selama proses pembelajaran. Format elearning yang seperti ini mungkin terlihat mutakhir namun keefektifannya perlu

dipertanyakan karena setiap siswa mempunyai kemampuan kognitif yang berbeda-beda.

*Adaptive elearning platform* (Ben-Naim, Bain & Marcus, 2009) adalah suatu implementasi berbasis web yang terdiri dari perangkat-perangkat virtual untuk mengembangkan isi elearning. Lebih khusus lagi, platform ini digunakan untuk memfasilitasi siswa dengan kegiatan pembelajaran yang dapat disesuaikan dengan perkembangan kognitifnya (*adaptive*), memberikan umpan balik (*reflective*) dan memfasilitasi guru dengan perangkat untuk memonitor perkembangan kognitif siswa ketika memahami suatu materi dan menganalisa kemajuannya.

Ada tiga perangkat adaptive tutorial yang disediakan (Marcus, Ben-Naim & Bain, 2011): (1) umpan balik pada konsep spesifik yang tidak dipahami siswa; (2) aktifitas pembelajaran yang dirancang spesifik per spesifik kesalahpahaman konsep dimana alurnya dapat dilacak sesuai performa siswa; (3) guru dapat merefleksikan dan memodifikasi kegiatan pembelajaran di learning tersebut sesuai hasil analisis sikap dan capaian siswa selama pembelajaran.

Mode interaktif yang dapat dikembangkan secara efisien di adaptive elearning sesuai dengan perkembangan setiap siswa ini yang memungkinkan sebuah laboratorium virtual. Prusty, Russell, Ford, Ben-Naim, Ho, Vrcelj & Marcus (2011) telah mengembangkan laboratorium virtual untuk bidang teknik di University of New South Wales, Australia sejak tahun 2006. Inovasi terbaru *open source application* dari UNSW ini dapat dimanfaatkan di Indonesia untuk membangun laboratorium virtual yang sangat diperlukan ketika laboratorium

secara fisik sangat sulit dijangkau. Yang diperlukan hanyalah akses ke internet untuk memperoleh aplikasi *adaptive elearning* tersebut.

Pembelajaran dengan menggunakan media IT merupakan salah satu strategi pembelajaran yang sangat disenangi dan ditunggu oleh siswa, karena tidak dapat dipungkiri lagi bahwa ketertarikan siswa untuk menguasai teknologi sangat besar, ini dapat kita lihat begitu banyak siswa baik di usia non sekolah (usia dini) maupun usia sekolah yang kehilangan waktu belajar karena asyik dengan dunia teknologi seperti bermain *game*, bermain *handphone* dan bermain komputer. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang memperhatikan dunia siswa yaitu berkaitan dengan dunia IT merupakan keharusan yang tidak dapat ditawar-tawar lagi untuk menciptakan antusias dan motivasi belajar, apabila hal ini tidak dapat dipenuhi, tentunya pembelajaran sudah tidak menjadi perhatian utama siswa.

Guru sebagai salah satu fasilitator dalam pembelajaran tentunya sudah tidak dapat berpangku tangan melihat tantangan ini, guru harus “melek teknologi” agar dapat mengakomodasi kebutuhan siswa dalam pembelajaran. Begitu banyak penelitian telah dilakukan bahwa penggunaan teknologi komputer dalam pembelajaran sangat berpotensi meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami, dan mengkonstruksi ilmu pengetahuan, oleh karena itu guru hendaknya mampu menciptakan teknologi pembelajaran yang interaktif dan konstruktif yaitu menggunakan media komputer. Pembelajaran matematika yang menggunakan media komputer perkembangannya sangat pesat, begitu banyak pembelajaran matematika dewasa ini disajikan dengan media interaktif berupa CD pembelajaran dan media internet (*e-learning*), namun media yang tersedia

dipasaran kadangkala tidak sesuai dengan kebutuhan kurikulum dan kebutuhan siswa, dengan demikian guru sebagai subjek pendidikan yang memahami kurikulum dan kebutuhan siswanya hendaknya mampu menciptakan sendiri media interaktif bagi siswanya.

Seiring dengan kebutuhan akan metode dan konsep pembelajaran yang lebih efektif dan efisien, pemanfaatan teknologi informasi untuk pendidikan menjadi tidak terelakkan lagi. Konsep yang kemudian terkenal dengan sebutan *e-learning* ini membawa pengaruh terjadinya proses transformasi pendidikan konvensional ke dalam bentuk digital, baik secara isi (contents) maupun sistemnya. *E-learning* yang merupakan suatu metode pembelajaran elektronik lahir dan berkembang sejalan dengan pesatnya perkembangan komputer. *E-learning* yaitu bentuk pengajaran dan pembelajaran yang menggunakan rangkaian elektronik untuk penyampaian isi, interaksi ataupun dari segi penggunaan media berbasis web. *E-learning* mempermudah interaksi antara siswa dengan bahan/materi pelajaran.

Demikian juga interaksi antara guru dengan siswa maupun antar sesama siswa. Siswa dapat saling bertukar informasi dan guru dapat menempatkan bahan-bahan belajar dan tugas-tugas yang harus dikerjakan siswa, termasuk juga soal-soal ujian yang hanya dapat diakses oleh siswa. Pemanfaatan *e-learning* sangat diunggulkan dibandingkan dengan pembelajaran konvensional secara tatap muka (*face to face*) karena dengan *e-learning*, pembelajaran dapat lebih terbuka dan fleksibel, dapat terjadi kapan saja, di mana saja, dengan siapa saja. Intinya perkembangan ini mendorong perubahan paradigma pendidikan dari *teacher*

*centered learning* menjadi *student centered learning*. Tetapi untuk mengarah kepada pelaksanaan maksimal *e-learning*, seringkali kesiapan sumber daya manusia menjadi salah satu tantangannya.

Darin dalam Romi (2007) mengatakan bahwa *e-learning* adalah suatu jenis belajar mengajar yang memungkinkan tersampainya bahan ajar ke siswa dengan menggunakan media Internet, Intranet atau media jaringan komputer lain. Saat ini konsep *e-learning* sudah banyak diterima oleh masyarakat dunia, terbukti dengan maraknya implementasi *e-Learning* di lembaga pendidikan (sekolah, training dan universitas) maupun industri (Cisco Systems, IBM, HP, Oracle, dsb). Konsep *e-learning* semakin berkembang karena memiliki banyak keuntungan dibandingkan sistem konvensional. Model *e-learning* secara umum memberikan kesempatan bagi siswa dan juga guru belajar yang nyaman tanpa adanya tatap muka secara langsung dalam waktu yang bersamaan.

Penggunaan *e-learning* juga tidak lepas dari perkembangan internet. Internet adalah alat pembelajaran penting dalam proyek kaya teknologi yang disebut *Cooperative Networked Educational Community of Tomorrow (Co-NECT)*. Pembelajaran menggunakan internet salah satu metode pembelajaran yang berpusat pada siswa (*learner-center*) yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk lebih aktif, konstruktif dan mengeksplorasi sendiri pengetahuannya. Yu dkk (2006) mengemukakan bahwa istilah *e-learning* mengarah pada pembelajaran secara online melalui *World Wide Web* menggunakan internet umum atau pribadi. Dengan adanya internet yang berkembang pesat dan luas, *e-learning* juga menjadi pilihan bagi banyak siswa dan guru. Banyaknya kemajuan

yang dapat dilihat dari pembelajaran ini sangat dipengaruhi oleh perkembangan teknologi dalam bidang infrastruktur. Pembelajaran Matematika dengan menggunakan internet atau *e-learning* memberikan kesempatan kepada siswa untuk lebih aktif dan konstruktif. Pembelajaran dengan internet membantu siswa memahami bagaimana pengetahuan dan pemahaman dikonstruksi secara sosial dan memberikan kesempatan kepada siswa untuk memikirkan, merevisi dan mengubah pemikiran mereka sendiri.

Beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan guru dalam melakukan pembelajaran dengan media internet adalah sebagai berikut

1. Menentukan situs (web) yang akan digunakan dalam pembelajaran.

Sebelum melakukan pembelajaran dikelas/diruangan komputer bersama siswa, seorang guru haruslah terlebih dahulu menginvestigasi situs-situs atau alamat web yang akan dikunjungi siswa.

2. Menentukan Tujuan Pembelajaran.

Seorang guru harus menentukan terlebih dahulu tujuan pembelajaran sebelum anak mengeksplorasi pengetahuannya lewat media internet agar siswa lebih terarah dan memiliki target pembelajaran.

3. Menentukan Jenis Penilaian yang digunakan

Menentukan jenis penilaian yang akan digunakan merupakan hal penting yang tidak boleh dilupakan guru, karena proses kerja anak akan lebih terarah dan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Banyak alat penilaian yang telah tersedia dalam internet, seperti soal latihan *on-line* dan *games* yang mampu mengantarkan siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya. Dalam hal ini

guru hanya sebagai fasilitator dan observer, guru tidak harus ceramah dan banyak mendikte siswa karena siswa akan menemukan dan mengeksplorasi sendiri pengetahuannya.

#### 4. Menjelaskan target dan kesimpulan dari pembelajaran

Di akhir awal pembelajaran guru sebaiknya menjelaskan target yang harus dicapai, begitu juga diakhir pembelajaran memberikan kesimpulan terhadap kegiatan pembelajaran secara keseluruhan merupakan bagian yang tidak boleh dilupakan guru demi mempertahankan makna pembelajaran tersebut

Namun, pembelajaran *e-learning* juga membawa beberapa masalah di antaranya tidak berjalannya materi pelajaran sesuai waktunya dan tidak adanya kesempatan bagi guru untuk membantu siswa dalam belajar. Sistem *adaptive learning* kemudian lahir untuk dapat menyelesaikan masalah tersebut. Sistem *adaptive learning* membuat belajar menjadi lebih sederhana, lebih efisien, lebih dapat diatur, dan seluruh peranan siswa dalam pembelajaran dapat berjalan lancar (Li dkk, 2010). Dalam *adaptive learning*, pembelajar dituntut untuk menemukan metode baru dan prosedur untuk menyelesaikan masalah tertentu sehingga membutuhkan pengetahuan yang relevan dalam penyelesaiannya. Dengan kata lain, siswa akan memperoleh pengetahuan deklaratif dan prosedural sekaligus.

*Adaptive learning* bersumber dari pembelajaran konstruktivis dan teori fleksibilitas. Li dkk (2010) menyatakan bahwa *adaptive learning* adalah salah satu strategi pembelajaran di mana dalam menyelesaikan suatu masalah, pembelajar memperoleh pengetahuan dan keterampilan melalui pemikiran positif dan pengoperasian. *Adaptive learning* adalah pembelajaran aktif, di mana pembelajar

dapat memonitor proses pembelajarannya dan memilih materi pembelajaran yang paling sesuai serta strategi yang mereka bisa gunakan berdasarkan kebutuhan mereka. Sistem *adaptive learning* memiliki kemampuan untuk mendiagnosa secara komprehensif level pembelajar dan kondisi psikologisnya, sehingga dapat menghadirkan materi pembelajaran yang sesuai dan menyediakan dukungan sesuai dengan pre tes dan proses pembelajaran yang telah dialami siswa.

Penelitian yang berkaitan dengan pembelajaran online ini sangat populer saat sekarang. Namun, penelitian yang sangat menantang dari semua jenis penelitian adalah bagaimana cara untuk menyediakan sistem *adaptive e-learning*. Untuk memperoleh efisiensi, sistem *adaptive e-learning* dapat dilakukan dengan memodelkannya sebagai garis lurus di mana setiap titik dalam garis merepresentasikan sebuah objek pembelajaran (Viet dan Si, 2006). Tiap objek pembelajaran terdiri dari sebuah konsep, sebuah objek, sebuah gambar, atau audio. Dua titik dapat terhubung jika terdapat hubungan ketergantungan antara keduanya. *Adaptive e-learning* haruslah bersifat efisien. Untuk memperoleh kemampuan adaptasi dan efisiensi tersebut terdapat dua solusi yang ditawarkan, yaitu menekankan pada kebutuhan *e-learning* yang *adaptive* dan menekankan pada efisiensi dengan memilih jalur pembelajaran yang hanya memerlukan biaya dan usaha yang minimal. Carchiolo dkk (2002) mengajukan sistem *adaptive e-learning* yang menawarkan siswa seluruh jalur yang bersumber dari pengetahuan awal sampai kepada pengetahuan yang ingin diperoleh. Jalur ini dioptimalkan berdasarkan profil siswa dan profil guru.

#### **E. Media**

Kata media berasal dari bahasa Latin dan merupakan bentuk jamak dari kata medium yang secara bahasa berarti perantara atau pengantar. Menurut Bovee dalam Ouda (2001) media adalah sebuah alat yang mempunyai fungsi menyampaikan pesan. Media merupakan wadah dari pesan yang oleh sumber pesan ataupun penyalurnya ingin diteruskan kepada sasaran atau penerima pesan tersebut. Menurut Asosiasi Pendidikan Nasional (National Education Association/NEA) media adalah bentuk-bentuk komunikasi baik tercetak maupun audio-visual serta peralatannya. Media hendaknya dapat dimanipulasi, dapat dilihat, didengar dan dibaca. (Agus dkk, 2006).

Media dapat dikelompokkan menjadi lima, yaitu:

1. media visual, yaitu media yang hanya dilihat, seperti foto, gambar, grafik
2. media audio adalah media yang hanya dapat didengar saja, seperti radio, MP3 player, ipod
3. media audio visual, yaitu media yang dapat dilihat sekaligus dapat didengar, seperti film bersuara, video, dan televisi
4. multimedia, yaitu media yang dapat menyajikan unsur media secara lengkap, seperti suara, animasi, video, dan film.
5. media realita, yaitu semua media nyata yang ada di lingkungan alam, baik digunakan dalam keadaan hidup maupun diawetkan, seperti tumbuhan, batuan, binatang, air, sawah, dan sebagainya.

Secara umum media mempunyai kegunaan memperjelas penyajian pesan agar tidak terlalu bersifat verbalistik (dalam bentuk kata-kata atau lisan belaka);

mengatasi keterbatasan ruang, waktu, dan daya indra; menimbulkan gairah belajar; interaksi lebih langsung antara siswa dengan sumber belajar; memberi rangsangan yang sama, mempersamakan pengalaman dan menimbulkan persepsi yang sama; memungkinkan siswa belajar mandiri menurut kemampuan dan minatnya (Arif dkk, 2008).

Dalam pembelajaran, media adalah segala sesuatu yang digunakan untuk menyalurkan pesan, dapat merangsang pikiran, perasaan, minat serta perhatian siswa sehingga proses belajar terjadi. Menurut Azhar (2002) media pembelajaran adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menyampaikan pesan pembelajaran. Media pembelajaran merupakan salah satu komponen pendukung keberhasilan proses belajar mengajar. Ini juga didukung oleh UU RI No.20 Tahun 2003 Pasal 1 ayat 20 yang menyatakan bahwa pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Media pembelajaran juga bermanfaat untuk melengkapi, memelihara, dan meningkatkan kualitas dan proses pembelajaran yang sedang berlangsung. Ragam dan jenis media cukup banyak sehingga dapat dimanfaatkan sesuai dengan kondisi, waktu, keuangan, maupun materi yang akan disampaikan (Cecep, 2011). Media juga berfungsi untuk pembelajaran individual di mana kedudukan media sepenuhnya melayani kebutuhan belajar siswa. Kehadiran media pembelajaran tidak saja membantu pengajar dalam menyampaikan materi ajarnya, tetapi memberikan nilai tambah pada kegiatan pembelajaran.

Penggunaan media dalam pembelajaran memang sangat disarankan, tetapi dalam penggunaannya tidak semua media dikatakan media yang baik. Ada hal-hal

yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan media, antara lain tujuan pembelajaran, sasaran, karakteristik media yang bersangkutan, waktu, biaya, ketersediaan sarana, konteks penggunaan, dan mutu teknis. Penggunaan media yang tepat akan sangat menunjang keberhasilan dalam proses pembelajaran. Sebaliknya, penggunaan media yang tidak tepat hanya akan menghambur-hamburkan biaya dan tenaga, terlebih bagi ketercapaian tujuan pembelajaran akan jauh dari apa yang diharapkan.

Kemp dan Dayton dalam Sigit (2007) mengemukakan manfaat penggunaan media dalam pembelajaran di antaranya adalah:

1. Penyampaian materi dapat diseragamkan;
2. Proses pembelajaran menjadi lebih jelas dan menarik;
3. Proses pembelajaran menjadi lebih interaktif;
4. Efisiensi waktu dan tenaga;
5. Meningkatkan kualitas hasil belajar siswa;
6. Media memungkinkan proses belajar dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja;
7. Media dapat menumbuhkan sikap positif siswa terhadap materi dan proses belajar; dan
8. Mengubah peran guru kearah yang lebih positif dan produktif.

Hamalik (1996) mengemukakan bahwa pemakaian media pembelajaran dapat membangkitkan keinginan dan minat baru, membangkitkan motivasi, dan rangsangan kegiatan belajar, dan akan membawa pengaruh-pengaruh psikologis

terhadap siswa. Selain itu, media pembelajaran juga dapat membantu siswa meningkatkan pemahaman, menyajikan data dengan menarik dan terpercaya, memudahkan penafsiran data, dan memadatkan informasi.

Ciri umum media pembelajaran adalah:

1. Media pendidikan memiliki pengertian fisik yang dewasa ini dikenal sebagai *hardware* (perangkat keras)
2. Media pendidikan memiliki pengertian non-fisik yang dikenal sebagai *software* (perangkat lunak)
3. Penekanan media pendidikan terdapat pada visual dan audio.
4. Media pendidikan memiliki pengertian alat bantu pada proses belajar baik di dalam maupun di luar kelas.
5. Media Pendidikan digunakan dalam rangka komunikasi dan interaksi guru dan siswa dalam proses pembelajaran.
6. Media pendidikan dapat digunakan secara massal, televisi, kelompok besar dan kelompok kecil, atau perorangan.
7. Sikap, perbuatan, organisasi, strategi, dan manajemen yang berhubungan dengan penerapan suatu ilmu.

Media yang akan digunakan dalam proses pembelajaran memerlukan perencanaan yang baik. Heinich, dan kawan-kawan dalam Azhar (2005) mengajukan model perencanaan penggunaan media yang efektif dikenal dengan istilah ASSURE (*Analyze learner characteristics* menganalisis karakteristik umum kelompok sasaran), *State objective* (menyatakan atau merumuskan tujuan pembelajaran), *Select or modify media* (memilih, memodifikasi, atau merancang dan mengembangkan

materi dan media yang tepat), *Utilize* (menggunakan materi dan media), *Require learner response* (meminta tanggapan dari siswa) and *Evaluate* (mengevaluasi proses belajar). Kriteria pemilihan media bersumber dari konsep bahwa media merupakan bagian dari sistem instruksional secara keseluruhan. Ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan media yaitu:

1. Keterbatasan sumber setempat.. Media yang bersangkutan tidak terdapat pada sumber-sumber yang ada, maka harus dibeli atau dibuat sendiri.
2. Apakah untuk membeli atau memproduksi sendiri ada dana, tenaga dan fasilitasnya.
3. Faktor yang menyangkut keluwesan, kepraktisan dan ketahanan media yang bersangkutan untuk waktu yang lama. Bisa digunakan dimanapun dengan peralatan yang ada disekitarnya dan kapan pun serta mudah dijinjing dan dipindahkan.
4. Efektifitas dalam jangka waktu yang panjang.

Kriteria pemilihan media menurut Nana dan Ahmad (2002) adalah

1. Ketepatannya dengan tujuan pelajaran; artinya media pembelajaran dipilih atas dasar tujuan-tujuan instruksional yang telah ditetapkan. Tujuan-tujuan instruksional yang berisikan unsur pemahaman, aplikasi, analisis, sintesis lebih memungkinkan digunakannya media pembelajaran.
2. Dukungan terhadap isi bahan ajar; artinya bahan ajar yang sifatnya fakta, prinsip, konsep dan generalisasi sangat memerlukan bantuan media agar lebih mudah dipahami siswa.

3. Kemudahan memperoleh media; artinya media yang diperlukan mudah diperoleh, setidaknya-tidaknya mudah dibuat oleh guru pada waktu mengajar.
4. Dengan kriteria pemilihan media di atas, guru dapat lebih mudah , menggunakan media mana yang dianggap tepat untuk membantu mempermudah tugas-tugasnya sebagai pengajar.
5. Kehadiran media dalam proses pembelajaran jangan dipaksakan sehingga mempersulit tugas guru, tapi harus sebaliknya yakni mempermudah guru dalam menjelaskan bahan pengajaran.
6. Oleh sebab itu media bukan keharusan tetapi sebagai pelengkap jika dipandang perlu untuk mempertinggi kualitas belajar dan mengajar.

#### **F. Komputer**

Perkembangan *Information and Communication Technology* (ICT) atau Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) semakin pesat dan telah melanda banyak negara di dunia termasuk di negara berkembang seperti Indonesia. Kehadiran dan kecepatan perkembangan teknologi ini telah menyebabkan terjadinya proses perubahan yang dramatis dalam segala aspek kehidupan. Kondisi ini tentu tidak memberikan pilihan lain kepada dunia pendidikan selain turut serta dalam memanfaatkannya. Di sektor pendidikan, telah banyak dicoba penggunaan teknologi ini untuk meningkatkan mutu proses pembelajaran yang dikenal dengan istilah pembelajaran berbasis ICT.

Kehadiran dan keberadaan komputer sebagai satu sisi dari produk ICT mulai menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat. Sejak ditemukan ENIAC pada tahun 1946 di Amerika, perkembangan komputer

sangat pesat (Erman dkk, 2001). Oleh karena itu tidak heran jika dalam berbagai aktivitas kehidupan manusia komputer memegang peranan penting dalam membantu mempermudah dan memperlancar berbagai kegiatan. Komputer berasal dari bahasa Latin "*computare*" yang berarti menghitung (*to compute*). Menurut Azhar (2005) komputer adalah mesin yang dirancang khusus untuk memanipulasi informasi yang diberi kode, mesin elektronik yang otomatis melakukan pekerjaan dan perhitungan sederhana dan rumit.

Dalam dunia pendidikan, komputer memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya pembelajaran matematika. Penggunaan teknologi tersebut dapat dijadikan sebagai upaya alternatif untuk menyampaikan materi pelajaran secara bermakna yang dapat membangun konstruksi pengetahuan siswa, dan sekaligus dapat dijadikan sebagai upaya untuk dapat meminimalkan kesan negatif anak terhadap pelajaran ini serta menumbuhkan minat dan motivasi belajar siswa. Banyak hal abstrak yang sulit difikirkan siswa dapat dipresentasikan melalui simulator komputer. Hal ini tentu saja memberikan dampak yang signifikan dalam perkembangan pemahaman siswa. Saat sekarang ini sudah banyak sekolah yang menyediakan fasilitas komputer bagi siswa. Bahkan diberbagai sekolah, pembelajaran mengenai penggunaan komputer diwajibkan bagi seluruh siswa.

Azhar (2005) mengungkap beberapa kelebihan penggunaan komputer dalam pembelajaran, di antaranya,

1. Komputer dapat mengakomodasi siswa yang lamban menerima pelajaran,
2. Komputer dapat merangsang siswa untuk melakukan latihan,

3. Komputer dapat menyesuaikan tingkat kecepatan belajar siswa,
4. Komputer dapat merekam aktivitas penggunaan media pembelajaran sehingga dapat memantau perkembangan setiap siswa,
5. Komputer dapat dihubungkan dan mengendalikan alat lain.
6. Komputer yang digunakan untuk tujuan pelaksanaan pembelajaran mempunyai

#### **G. Media Interaktif Komputer**

Teknologi adalah bagian penting dari dunia pendidikan, karena teknologi sangat membantu tercapainya tujuan pendidikan. Teknologi memberikan nuansa baru dalam penyajian informasi, khususnya informasi dalam pembelajaran. Penggunaan teknologi di lingkungan pendidikan khususnya lingkungan kelas dapat digunakan untuk mendobrak isolasi kelas tradisional, siswa didorong untuk berkomunikasi secara elektronik dengan komunitas pembelajaran diluar dinding kelas. Teknologi dan pendidikan merupakan dua hal yang tak dapat dipisahkan selama beberapa dekade terakhir, komputer tidak hanya digunakan sebagai media pengajaran tetapi juga digunakan sebagai media penilaian, dalam hal ini komputer bisa dipakai untuk menyusun, mencetak, mengelola dan menilai tes, menjadi media untuk portofolio dan menyimpan catatan siswa (Groulund dalam John, 2007).

Teknologi itu sendiri tidak selalu meningkatkan kemampuan siswa. Dibutuhkan syarat atau kondisi lain untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendukung proses belajar siswa. Kondisi-kondisi ini antara lain visi dan dukungan dari tokoh pendidikan; guru yang menguasai teknologi untuk

pengajaran; standard dan isi kurikulum; penilaian dan efektivitas teknologi untuk pembelajaran dan menantang anak sebagai pembelajar yang aktif dan konstruktif. Guru yang efektif mengembangkan keahlian teknologi dan mengintegrasikan komputer kedalam proses belajar mengajar dikelas (Male dalam John, 2007). Guru yang efektif tahu cara menggunakan komputer dan cara mengajar siswa untuk menggunakan komputer untuk menulis dan berkreasi. Guru yang efektif bisa mengevaluasi efektivitas *game* instruksional dan simulasi komputer, tahu cara menggunakan dan mengajari siswa untuk menggunakan alat komunikasi melalui komputer seperti internet. Dan guru yang efektif memahami dengan baik berbagai perangkat penting lainnya untuk mendukung pembelajaran siswa yang cacat.

Komputer termasuk salah satu media pembelajaran. Penggunaan komputer dalam pembelajaran merupakan aplikasi teknologi dalam pendidikan. Pada dasarnya teknologi dapat menunjang proses pencapaian tujuan pendidikan. Namun sementara ini, komputer sebagai produk teknologi kurang dimanfaatkan secara optimal. Kini yang perlu diperhatikan adalah bagaimana menjadikan teknologi (komputer) dapat bermanfaat bagi kemajuan pendidikan. Di lapangan, sistem penyajian materi melalui komputer dapat dilakukan melalui berbagai cara seperti: hypertexts, simulasi-demokrasi ataupun tutorial. Tiap-tiap sistem memiliki keistimewaan masing-masing. Jika keunggulan masing-masing sistem tersebut digabungkan ke dalam satu bentuk model yang dapat digunakan dalam pembelajaran sehingga proses belajar mengajar akan lebih efektif dan efisien.

Media interaktif adalah media yang memungkinkan adanya interaksi antara media dan pengguna. Media interaktif komputer diartikan sebagai media yang memungkinkan adanya komunikasi antara pengguna dengan komponen-komponen yang terdapat di dalam komputer. Komunikasi tersebut dapat dilakukan melalui perantara *keyboard*, *mouse*, atau alat input lainnya. Dalam komunikasi tersebut, pengguna dapat memilih apa yang akan dikerjakan selanjutnya, memberikan informasi, ataupun respon atas jawabannya, serta memperoleh instruksi untuk mengerjakan atau menjalankan fungsi atau program selanjutnya. Pemanfaatan teknologi informasi sebagai media pembelajaran dapat melalui pemanfaatan penggunaan komputer sebagai media interaktif. Diharapkan dengan pemanfaatan media ini dapat merangsang pikiran, perasaan, minat, serta perhatian peserta didik sedemikian rupa sehingga proses pembelajaran dapat terjadi.

Pembelajaran dengan media interaktif terbukti dapat meningkatkan antusias dan hasil belajar siswa, ini telah diteliti oleh beberapa pakar pendidikan dan penulis sendiri, sehingga menggunakan media IT dalam pembelajaran matematika harus dapat dilakukan guru untuk menghilangkan kesan matematika itu sulit dan menjadi momok bagi siswa menuju pembelajaran yang aktif, kreatif, konstruktif dan menyenangkan. Berdasarkan *Principle and Standards of the National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 2000) menyatakan bahwa teknologi mendukung pengambilan keputusan, refleksi, penalaran, dan pemecahan masalah.

Clements (1998) dalam menyatakan bahwa penggunaan ICT (1) bisa menyediakan sebuah lingkungan belajar bagi siswa untuk melakukan matematika dan (2) bisa menawarkan kesempatan untuk menelusuri pekerjaan siswa. Banyak penelitian yang mengangkat penggunaan ICT membuktikan bahwa komputer sebagai media interaktif dapat mendukung siswa dalam membentuk pemikiran yang lebih baik (Suppes, 1966; Papert, 1980; Clements, 2002). Perangkat lunak (*software*) komputer yang cocok akan memberikan kesempatan yang unik untuk belajar melalui eksplorasi dan pemecahan masalah kreatif.

Ada beberapa kriteria untuk menilai keefektifan sebuah media. Hubbard mengusulkan sembilan kriteria untuk menilainya (Ouda 2001). Kriteria pertamanya adalah biaya. Biaya memang harus dinilai dengan hasil yang akan dicapai dengan penggunaan media itu. Kriteria lainnya adalah ketersediaan fasilitas pendukung seperti listrik, kecocokan dengan ukuran kelas, keringkasan, kemampuan untuk diubah, waktu dan tenaga penyiapan, pengaruh yang ditimbulkan, kerumitan dan yang terakhir adalah kegunaan. Semakin banyak tujuan pembelajaran yang bisa dibantu dengan sebuah media semakin baiklah media itu.

Kriteria di atas lebih diperuntukkan bagi media konvensional. Thorn mengajukan enam kriteria untuk menilai multimedia interaktif (Ouda, 2001). Kriteria penilaian yang pertama adalah kemudahan navigasi. Sebuah program harus dirancang sesederhana mungkin sehingga pembelajar tidak perlu belajar komputer lebih dahulu. Kriteria yang kedua adalah kandungan kognisi, kriteria yang lainnya adalah pengetahuan dan presentasi informasi. Kedua kriteria ini

adalah untuk menilai isi dari program itu sendiri, apakah program telah memenuhi kebutuhan pembelajaran si pembelajar atau belum. Kriteria keempat adalah integrasi media dimana media harus mengintegrasikan aspek dan ketrampilan materi yang harus dipelajari. Untuk menarik minat pembelajar, program harus mempunyai tampilan yang artistik maka estetika juga merupakan sebuah kriteria. Kriteria penilaian yang terakhir adalah fungsi secara keseluruhan. Program yang dikembangkan harus memberikan pembelajaran yang diinginkan oleh pembelajar. Sehingga pada waktu seorang selesai menjalankan sebuah program dia akan merasa telah belajar sesuatu.

Sampai saat ini pembelajaran interaktif belum berkembang dengan optimal di Indonesia. Salah satu kendala pengembangan media pembelajaran interaktif adalah kurang dikuasainya teknologi pengembangan media interaktif oleh para pengajar di Indonesia. Perangkat lunak pengembangan materi pembelajaran yang ada saat ini seperti *Course Builder*, *Visual Basic*, atau *Dreamweaver* cukup rumit sehingga hanya dikuasai oleh para pemrogram komputer sedangkan pengajar pada umumnya hanya menguasai materi pelajaran. Jadi pengembang materi pembelajaran interaktif komputer kurang optimal. Pengembangan media pembelajaran interaktif bisa optimal dengan kerjasama antara programmer komputer dengan pengajar/guru.

Menurut Yusufkadi (2005) karakteristik terpenting media interaktif adalah bahwa siswa tidak hanya memperhatikan penyajian atau objek, tetapi "dipaksa" untuk berinteraksi selama mengikuti pelajaran. Menurut Ruseffendi (1984), media pembelajaran berbasis komputer bisa menyebabkan sikap siswa terhadap

pelajaran menjadi positif, dapat memberikan umpan balik secara langsung kepada siswa, dan soal-soal dapat diselesaikan jauh lebih cepat. Menurut Yaya (2004), komputer sebagai media pembelajaran tidak sekedar berfungsi sebagai pembawa suasana dalam nuansa baru, namun juga berperan secara aktif dalam menumbuhkembangkan bakat dan minat siswa terhadap matematika.

### **H. Multimedia Pembelajaran Interaktif**

Aplikasi nyata dari berkembangnya ICT yang begitu pesat salah satunya diwujudkan dengan hadirnya multimedia interaktif dalam bidang pendidikan. Multimedia diartikan sebagai istilah teknologi untuk perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang secara bersama-sama menampilkan berbagai komponen media, seperti: teks, gambar, ilustrasi-ilustrasi, foto, suara, animasi, dan video pada sebuah perangkat komputer secara bersama-sama. Pengertian multimedia menurut Suheri (2006) adalah media yang menggabungkan dua unsur atau lebih media yang terdiri dari teks, grafis, gambar, foto, audio, video dan animasi secara terintegrasi. Aneka komponen media tersebut digabungkan menjadi satu kesatuan kerja yang sangat tinggi. Dalam multimedia, informasi yang disajikan tidak hanya dilihat sebagai suatu cetakan saja, melainkan juga informasi tersebut dapat didengar, membentuk simulasi dan animasi yang dapat membangkitkan semangat, serta memiliki nilai seni grafis yang tinggi dalam penyajiannya. Berbagai kalangan berpendapat bahwa multimedia mampu memberi manfaat yang besar dalam bidang komunikasi dan pendidikan, serta

dipercaya akan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses pembelajaran.

Multimedia terbagi menjadi dua kategori, yaitu: multimedia linier dan multimedia interaktif. Multimedia linier adalah suatu multimedia yang tidak dilengkapi dengan alat pengontrol apapun yang dapat dioperasikan oleh pengguna. Multimedia ini berjalan sekuensial (berurutan), contohnya: TV dan film. Multimedia interaktif adalah suatu multimedia yang dilengkapi dengan alat pengontrol yang dapat dioperasikan oleh pengguna, sehingga pengguna dapat memilih apa yang dikehendaki untuk proses selanjutnya. Multimedia interaktif juga diartikan sebagai suatu sistem dalam komputer yang menggabungkan teks, gambar, video, animasi, dan suara yang dapat disajikan secara bersamaan sehingga dapat menghasilkan interaktivitas atau dialog antara media komputer dengan pengguna yang dapat menimbulkan rangsangan (stimulus) dan dapat diproses dengan berbagai indera sehingga pengguna dapat menerima dan mengolah informasi yang kemudian dipertahankan dalam ingatannya. Contoh multimedia interaktif adalah: multimedia pembelajaran interaktif, aplikasi game, dll. Alasan penggunaan multimedia dalam pembelajaran adalah karena multimedia dapat memenuhi metode pengajaran dengan memperdengarkan dan mempertunjukkan sehingga berdasarkan pada fakta diatas pembelajaran dengan multimedia sangat efektif dan bermakna karena mampu bertahan lama di benak siswa.

Secara umum manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan multimedia dalam pembelajaran adalah proses pembelajaran lebih menarik, lebih interaktif,

jumlah waktu mengajar dapat dikurangi, kualitas belajar siswa dapat ditingkatkan dan prises belajar mengajar dapat dilakukan di mana dan kapan saja, serta sikap belajar siswa dapat ditingkatkan

Manfaat di atas akan diperoleh mengingat terdapat keunggulan dari sebuah multimedia pembelajaran, yaitu: 1). Memperbesar benda yang sangat kecil dan tidak tampak oleh mata, seperti kuman, bakteri, elektron dll. 2). Memperkecil benda yang sangat besar yang tidak mungkin dihadirkan ke sekolah, seperti gajah, rumah, gunung, dll. 3). Menyajikan benda atau peristiwa yang kompleks, rumit dan berlangsung cepat atau lambat, seperti sistem tubuh manusia, bekerjanya suatu mesin, beredarnya planet Mars, berkembangnya bunga dll. 4). Menyajikan benda atau peristiwa yang jauh, seperti bulan, bintang, salju, dll. 5). Menyajikan benda atau peristiwa yang berbahaya seperti letusan gunung berapi, harimau, racun, dll. 6). Meningkatkan daya tarik dan perhatian siswa. (Haryadi, 2005)

Disamping itu pula, ada beberapa kelebihan dari pembelajaran matematika menggunakan multimedia pembelajaran adalah sebagai berikut:

1. Menarik dan menyenangkan bagi siswa
2. Efektif dan Efisien
3. Materi telah terstruktur sesuai Lesson Plan yang kita Buat.
4. File yang dibuat mudah di-*share*-kan dan bisa menjadi rangkuman bahan belajar dirumah bagi siswa.
5. Mempermudah mengkomunikasikan bahan pelajaran ke orang tua sehingga dapat membantu orang tua dalam mendampingi anak belajar di rumah.

Sebagai salah satu komponen sistem pembelajaran, pemilihan dan penggunaan multimedia pembelajaran harus memperhatikan karakteristik komponen lain, seperti: tujuan, materi, strategi dan juga evaluasi pembelajaran.

Karakteristik multimedia pembelajaran menurut Sucipta (2010) adalah:

1. Memiliki lebih dari satu media yang *konvergen*, misalnya menggabungkan unsur *audio* dan visual,
2. Bersifat interaktif, dalam pengertian memiliki kemampuan untuk mengakomodasi respon pengguna,
3. Bersifat mandiri, dalam pengertian memberi kemudahan dan kelengkapan isi sedemikian rupa sehingga pengguna bisa menggunakan tanpa bimbingan orang lain. (Sigit, 2007).

Selain memenuhi ketiga karakteristik tersebut, multimedia pembelajaran sebaiknya juga memenuhi fungsi sebagai berikut:

1. Mampu memperkuat respon pengguna secepatnya dan sesering mungkin.
2. Mampu memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengontrol laju kecepatan belajarnya sendiri.
3. Memperhatikan bahwa siswa mengikuti suatu urutan yang koheren dan terkendalikan. Mampu memberikan kesempatan adanya partisipasi dari pengguna dalam bentuk respon, baik berupa jawaban, pemilihan, keputusan, percobaan dan lain-lain.

## **I. Alat Peraga Visual**

Alat peraga secara umum adalah wahana fisik yang mengandung materi pembelajaran. Alat peraga visual adalah alat peraga yang hanya dapat dilihat saja,

tidak mengandung unsur suara. Yang termasuk ke dalam alat peraga visual adalah film slide, foto, transparansi, lukisan, gambar, dan berbagai bentuk bahan yang dicetak seperti media grafis dan lain sebagainya. Alat peraga matematika dapat diartikan sebagai suatu perangkat benda konkrit yang dirancang, dibuat, dihimpun atau disusun secara sengaja yang digunakan untuk membantu menanamkan atau mengembangkan konsep-konsep atau prinsip-prinsip dalam matematika. Terlepas dari banyaknya pengertian tentang alat peraga, dalam pembelajaran alat peraga memiliki fungsi memperjelas, memudahkan siswa dalam memahami konsep/prinsip atau teori dan memuat pesan kurikulum yang akan disampaikan kepada siswa menjadi menarik, sehingga motivasi belajar siswa meningkat dan proses belajar dapat lebih efektif dan efisien. Pembelajaran menggunakan alat peraga berarti mengoptimalkan fungsi seluruh panca indra siswa untuk meningkatkan efektivitas siswa belajar dengan cara mendengar, melihat, meraba, dan menggunakan pikirannya secara logis dan realistik. Tujuan penggunaan alat peraga adalah untuk mendemonstrasikan konsep yang abstrak ke dalam bentuk visual.

Pelajaran tidak sekedar menerawang pada wilayah abstrak, melainkan sebagai proses empirik yang konkrit yang realistik serta menjadi bagian dari hidup yang tidak mudah dilupakan. Tujuan alat peraga adalah sebagai berikut :

1. Memberikan kemampuan berpikir matematika secara kreatif. Bagi sebagian anak, matematika tampak seperti suatu sistem yang kaku, yang hanya berisi simbol-simbol dan sekumpulan dalil-dalil untuk dipecahkan. Padahal

sesungguhnya matematika memiliki banyak hubungan untuk mengembangkan kreatifitas.

2. Mengembangkan sikap yang menguntungkan ke arah berpikir matematika. Suasana pembelajaran matematika di kelas haruslah sedemikian rupa, sehingga para peserta didik dapat menyukai pelajaran tersebut. Suasana semacam ini merupakan salah satu hal yang dapat membuat para peserta didik memperoleh kepercayaan diri akan kemampuannya dalam belajar matematika melalui pengalaman-pengalaman yang akrab dengan kehidupannya.
3. Menunjang matematika di luar kelas, yang menunjukkan penerapan matematika dalam keadaan sebenarnya. Peserta didik dapat menghubungkan pengalaman belajarnya dengan pengalaman-pengalaman dalam kehidupan sehari-hari. Dengan menggunakan keterampilan masing-masing mereka dapat menyelidiki atau mengamati benda-benda di sekitarnya, kemudian mengorganisirnya untuk memecahkan suatu masalah.
4. Memberikan motivasi dan memudahkan abstraksi. Dengan alat peraga diharapkan peserta didik lebih memperoleh pengalaman-pengalaman yang baru dan menyenangkan, sehingga mereka dapat menghubungkannya dengan matematika yang bersifat abstrak.

Dari tujuan di atas diharapkan dengan bantuan penggunaan alat peraga dalam pembelajaran dapat memberikan permasalahan-permasalahan menjadi lebih menarik bagi anak yang sedang melakukan kegiatan belajar. Karena penemuan-penemuan yang diperoleh dari aktivitas anak biasanya bermula dari munculnya

hal-hal yang merupakan tanda tanya, maka permasalahan yang diselidiki jawabannya itu harus didasarkan pada obyek yang menarik perhatian anak. Jadi bila memungkinkan hal itu haruslah dinyatakan dalam bentuk pertanyaan yang mengarah pada bahan diskusi dalam berbagai cabang penyelidikan, misalnya dari buku, dari guru atau bahkan dari anak sendiri. Hal itu dapat ditentukan melalui peragaan dari guru dan diskusi yang melibatkan seluruh kelas atau oleh kelompok kecil/seorang anak yang bekerja dengan lembar kerja. Dengan menggunakan suatu lembar kerja, mereka dapat menggunakan bahan-bahan yang dirancang untuk mengarahkan dalam menjawab pertanyaan yang akan membantu mereka menemukan suatu jawaban yang dimaksudkan pada arti pertanyaannya. Oleh karena itu sebaiknya setiap alat peraga dilengkapi dengan kartu-kartu atau lembar kerja atau petunjuk penggunaan alat untuk menjawab permasalahan.

Dengan kata lain, tujuan penggunaan alat peraga adalah untuk mendemonstrasikan konsep yang abstrak ke dalam bentuk visual. Dalam proses pembelajaran alat peraga berfungsi :

1. memecah rangkaian pembelajaran ceramah yang monoton
2. membumbui pembelajaran dengan humor untuk memperkuat minat siswa belajar.
3. menghibur siswa agar pembelajaran tidak membosankan.
4. memfokuskan perhatian siswa pada materi pelajaran secara kongkrit.
5. melibatkan siswa dalam proses belajar sebagai rangkaian pengalaman nyata.

Beberapa ahli membedakan pengertian media dari alat peraga. Namun secara umum dipandang dari karakteristik bahan yang dibuat, alat peraga dalam pembelajaran dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bahan-bahan Cetakan (*Printed Materials*), misalnya buku, majalah, koran, jurnal, prosiding, buletin, brosur, pamflet.
2. Alat-alat *audio-visual*:
  - a. Alat peraga 2 dimensi tanpa proyeksi: bagan, diagram, kartun, komik, gambar.
  - b. Alat peraga 3 dimensi: model, bend asli, benda tiruan, boneka, topeng, peta, globe, museum.
3. Alat peraga dengan teknik animasi: slide, filmstrip, rekaman.
4. Sumber-sumber masyarakat: obyek-obyek peninggalan sejarah, bahan-bahan dokumentasi.
5. Kumpulan benda-benda (*Materials collection*): benda-benda yang dibawa ke tempat studi untuk dianalisa, misalnya tanah, potongan obyek, contoh daun, bahan kimia.

Untuk memahami konsep matematika yang bersifat abstrak, siswa memerlukan benda-benda kongkrit sebagai perantara atau media. Benda-benda tersebut biasanya disebut alat peraga. Ada beragam jenis alat peraga pembelajaran, dari mulai benda aslinya, tiruannya, yang sederhana sampai yang canggih, diberikan dalam kelas atau di luar kelas. Bisa juga berupa bidang dua dimensi (gambar), bidang tiga dimensi (ruang), animasi / flash (gerak), video

(rekaman atau simulasi). Teknologi telah mengubah harimau yang ganas yang tidak mungkin di bawa dalam kelas bisa tampak di dalam kelas dalam habitat kehidupan yang sesungguhnya. Alat peraga yang dapat dilamati dan dilihat langsung oleh siswa dinamakan alat peraga visual.

Dilihat dari aspek suara dan visualisasi, jenis-jenis media pembelajaran dapat diklasifikasikan menjadi 3 bentuk utama:

1. Alat-alat audio: Alat-alat yang memproduksi suara (*audio*), misalnya *tape recorder*, radio, CD/VCD/DVD player.
2. Alat-alat *visual*: Alat-alat yang dapat mempertontonkan rupa, bentuk (wujud), yang dikenal dengan istilah alat peraga (*teaching aids*). Alat-alat visual terdiri atas alat visual dua dimensi, misalnya gambar, transparansi, poster, foto, dan slide; tiga dimensi, misalnya benda asli, barang tiruan (*specimen*), *mock-up*, diorama, bak pasir.
3. Alat-alat *audio-visual*: Alat-alat yang dapat menghasilkan rupa dan suara dalam satu kesatuan. Alat-alat ini misalnya film bersuara, televisi, komputer.

Menurut Ruseffendi (2009) ada beberapa persyaratan yang harus dimiliki alat peraga agar fungsi atau manfaat dari alat peraga tersebut sesuai dengan yang diharapkan dalam pembelajaran, di antaranya:

1. Sesuai dengan konsep matematika.
2. Dapat memperjelas konsep matematika, baik dalam bentuk real, gambar atau diagram dan bukan sebaliknya (mempersulit pemahaman konsep matematika)

3. Tahan lama (dibuat dari bahan-bahan yang cukup kuat).
4. Bentuk dan warnanya menarik.
5. Dari bahan yang aman bagi kesehatan peserta didik.
6. Sederhana dan mudah dikelola.
7. Ukuran sesuai atau seimbang dengan ukuran fisik dari peserta didik.
8. Peraga diharapkan menjadi dasar bagi tumbuhnya konsep berpikir abstrak bagi peserta didik, karena alat peraga tersebut dapat dimanipulasi (dapat diraba, dipegang, dipindahkan, dipasangkan, dan sebagainya) agar peserta didik dapat belajar secara aktif baik secara individual maupun kelompok.
9. Bila mungkin alat peraga tersebut dapat berfaedah banyak.

Penggunaan alat peraga tidak hanya berguna dalam pembentukan konsep siswa, tetapi dapat pula digunakan untuk latihan dan penguatan, pemecahan masalah, dan lain sebagainya. Penggunaan alat peraga menunjang prinsip pembelajaran yang efektif (<http://www.columbia.edu/cu/tat/handout15.html>, 2009) yang terkait pada upaya :

1. Meningkatkan motivasi siswa belajar karena peraga dapat merangsang tumbuhnya perhatian serta mengembangkan keterampilan
2. Peraga dapat memfokuskan perhatian siswa, pendidik dapat menggunakan peraga dengan melihat benda yang sesungguhnya di luar kelas atau dalam kelas
3. Menyajikan pembelajaran dengan memanfaatkan kehidupan nyata dalam rangka meningkatkan daya antusias siswa terhadap materi pelajaran

4. Alat peraga pembelajaran dapat mengubah guru sebagai transmisi yang berfungsi sebagai penghantar menjadi fasilitator, peraga membuat siswa lebih aktif.
5. Membuat seluruh momen dalam kelas hidup dan berubah dari waktu ke waktu, pendidikan dapat membangun pertanyaan dengan dukungan alat yang ada di tangan
6. Alat peraga membuat siswa menjadi lebih aktif berpikir dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis karena siswa tidak sekedar mengingat dan mendengarkan, namun mengembangkan pikirannya dengan fakta
7. Alat peraga lebih meningkatkan interaksi antar siswa dalam kelas sehingga transformasi belajar dapat berkembang dinamis
8. Dengan bantuan alat peraga dapat meningkatkan daya monitor pendidik sehubungan dengan aktifitas siswa lebih mudah diamati

Secara jelas dan terperinci, berikut ini adalah manfaat dari penggunaan alat bantu/peraga pendidikan yaitu antara lain sebagai berikut:

1. Menimbulkan minat sasaran pendidikan ;
2. Mencapai sasaran yang lebih banyak ;
3. Membantu dalam mengatasi berbagai hambatan dalam proses pendidikan ;
4. Merangsang masyarakat atau sasaran pendidikan untuk mengimplementasikan atau melaksanakan pesan-pesan kesehatan atau pesan pendidikan yang disampaikan ;

5. Membantu sasaran pendidikan untuk belajar dengan cepat dan belajar lebih banyak materi/bahan yang disampaikan ;
6. Merangsang sasaran pendidikan untuk dapat meneruskan pesan-pesan yang disampaikan pemateri kepada orang lain;
7. Mempermudah penyampaian bahan/materi pendidikan/informasi oleh para pendidik atau pelaku pendidikan ;
8. Mempermudah penerimaan informasi oleh sasaran pendidikan. Seperti diuraikan di atas, bahwa pengetahuan yang ada pada seseorang diterima melalui panca indera. Berdasarkan penelitian para ahli, bahwa indera yang paling banyak menyalurkan pengetahuan ke dalam otak adalah mata. Kurang lebih 75 % sampai 87 % dari pengetahuan manusia diperoleh/disalurkan melalui mata. Sedangkan 13 % sampai 25 % lainnya diperoleh atau tersalur melalui indera yang lain. Dari sini dapat disimpulkan bahwa alat-alat peraga/media/alat bantu visual akan lebih mempermudah cara penyampaian dan penerimaan informasi atau bahan atau materi pendidikan ;
9. Dapat mendorong keinginan orang untuk mengetahui, kemudian lebih mendalami, dan akhirnya mendapatkan pengertian yang lebih baik. Orang yang melihat sesuatu yang memang diperlukan tentu akan menarik perhatiannya. Dan apa yang dilihat dengan penuh perhatian akan memberikan pengertian baru baginya, yang merupakan pendorong untuk melakukan atau memakai sesuatu yang baru tersebut ;
10. Membantu menegakkan pengertian/informasi yang diperoleh. Sasaran pendidikan di dalam memperoleh atau menerima sesuatu yang baru, manusia

mempunyai kecenderungan untuk melupakan atau lupa. Oleh sebab itu, untuk mengatasi hal tersebut, AVA (Audio Visual Aid – alat bantu/peraga audio visual) akan membantu menegakkan pengetahuan-pengetahuan yang telah diterima oleh sasaran pendidikan sehingga apa yang diterima akan lebih lama tersimpan di dalam ingatan

Beberapa alat peraga pembelajaran matematika antara lain:

1. alat peraga kekekalan luas, contohnya dalil Pythagoras, tangram
2. alat peraga kekekalan panjang, contohnya tangga garis bilangan, batang cuisenaire,
3. alat peraga kekekalan volume, contohnya blok Dienes
4. alat peraga kekekalan banyak, contohnya abakus, lidi.
5. alat peraga untuk percobaan dan teori kemungkinan, contohnya uang logam, kartu, gasing.
6. alat peraga untuk pengukuran, contohnya meteran, busur derajat.
7. alat peraga untuk permainan dalam matematika, contohnya mobius, kartu domino.

Penggunaan alat peraga memenuhi kebutuhan belajar sesuai gaya belajar siswa dalam satu kelas. Sebagaimana kita ketahui bahwa terdapat beberapa tipe siswa berdasarkan cara mereka memahami sesuatu. Ada siswa dengan gaya belajar visual, audio, atau kinestetik. Masing-masing memiliki kecenderungan untuk mengoptimalkan salah satu indera mereka dalam belajar sehingga memerlukan metode mengajar yang berbeda. Namun demikian, guru harus

mampu untuk mengkombinasikan beragam metode pengajaran agar dapat mengakomodasi kebutuhan seluruh siswanya dalam belajar.

Metode untuk siswa visual mencakup materi tertulis, penggunaan gambar dalam menjelaskan materi, menggambar time line untuk hari-hari penting dalam pelajaran sejarah, menggunakan transparansi atau power point, dan instruksi tertulis lainnya. Biasanya siswa dengan gaya belajar visual akan selalu mengikuti dan melihat guru saat memberikan penjelasan. ([www.tpamujahidin.com](http://www.tpamujahidin.com), 2009). Sementara metode untuk siswa audio mencakup pengulangan secara lisan dengan suara keras istilah-istilah sulit dan konsep dalam pelajaran, menemani dalam diskusi kelompok, mengadakan debat, mendengarkan materi melalui tape, dan sebagainya. Siswa yang memiliki gaya belajar kinestetik dibantu dengan penyediaan peralatan dan kegiatan percobaan, penyelesaian tugas, menggunakan pertolongan alat dan objek dalam pembelajaran, menggunakan permainan dan menyelenggarakan field trip.

Terdapat dua landasan digunakannya alat peraga dalam pembelajaran matematika di SD/MI

1. Siswa pada usia SD/MI menurut Piaget masih berada pada tahap operasi konkrit, yang belum bisa menangkap informasi-informasi yang sifatnya abstrak.
2. Brunner menyatakan bahwa siswa akan belajar dengan baik jika melalui 3 tahap, yakni tahap enaktif, ikonik, dan simbolik. Tahap enaktif adalah tahap pengalaman langsung di mana anak berhubungan dengan benda-benda nyata sesungguhnya. Tahap ikonik berkaitan dengan gambar, lukisan, foto atau

film, sedangkan tahap simbolik merupakan tahap pengalaman abstrak. Sehingga pada tahap enaktif siswa menggunakan benda nyata dalam belajar matematika. Benda yang dianggap kongkrit dalam matematika adalah alat peraga.

Alat peraga pembelajaran sederhana dapat dibuat dari bahan-bahan sederhana seperti karton, kardus, styrofoam, dan juga bisa memanfaatkan software-software komputer yang dapat menciptakan alat peraga.



Alat peraga bangun ruang

Gambar di atas adalah gambar tiga limas siku-siku. Limas ini dapat digunakan untuk membuktikan rumus menghitung volume limas. Jika ketiga limas ini digabungkan, maka akan terbentuk bangun kubus dengan sisinya adalah sisi alas limas tersebut. Pembuktiannya akan berbentuk sebagai berikut,

Volum limas sama dengan sepertiga volum kubus.

Volum kubus dengan panjang rusuk =  $r$  adalah  $V = r^3$

Jadi volum limas segiempat dengan tinggi =  $r$  dan luas alas sama dengan luas sisi

kubus tersebut adalah  $V = \frac{1}{3}$  volum kubus =  $\frac{1}{3} r^3$

Selain itu, tangga garis bilangan merupakan salah satu contoh alat peraga dan sekaligus merupakan alat permainan bagi siswa. Alat peraga ini manfaatnya

adalah untuk menjelaskan konsep penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian.

Contoh :  $-3 + 5 = \dots\dots$

-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

kita berangkat dari -3 dan melompat sebanyak 5 kali ke arah kanan. Jadi hasilnya adalah 2. Begitu juga untuk pengurangan, tetapi untuk pengurangan, dia melompat ke kiri sebanyak jumlah yang ditentukan.

Contoh :  $-2 - 3 = \dots\dots$

-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

Jadi, hasilnya adalah -5.

Keuntungan penggunaan alat peraga

1. Pengalaman Langsung.
2. Membangkitkan Minat Siswa untuk Menyelidiki.
3. Melatih Seni Hidup Bersama.
4. Menciptakan Kepribadian bagi Guru Maupun Siswa.
5. Membuat Siswa Menjadi Aktif.
6. Merangsang Siswa untuk Kreatif.

Sedangkan kerugian penggunaan alat peraga menurut Rusefendi (2009) akan tampak pada:

1. Generalisasi konsep abstrak dari representasi hal-hal yang kongkrit tidak tercapai.

2. Alat peraga yang digunakan hanya sekedar sajian yang tidak memiliki nilai-nilai yang tidak menunjang konsep-konsep dalam matematika.
3. Tidak disajikan pada saat yang tepat.
4. Memboroskan waktu.
5. Diberikan pada anak yang sebenarnya tidak memerlukannya
6. Tidak menarik dan mempersulit konsep yang dipelajari.

#### **J. Pembelajaran matematika berbasis komputer**

Pembelajaran berbasis komputer adalah pembelajaran yang menggunakan komputer sebagai alat bantu. Dalam pembelajaran berbasis komputer, siswa akan berinteraksi dan berhadapan secara langsung dengan komputer secara individual sehingga apa yang dialami oleh seorang siswa akan berbeda dengan apa yang dialami oleh siswa lain (Made, 2009). Pembelajaran berbasis komputer biasa dikenal dengan *Computer Assisted Instruction (CAI)*, yaitu penggunaan komputer secara langsung dengan siswa untuk menyampaikan isi pembelajaran, memberikan latihan dan mengetes kemajuan belajar siswa. Keuntungan utama penyelenggaraan pembelajaran berbasis komputer adalah memberi kemudahan bagi guru dalam mengembangkan materi pembelajaran lebih lanjut. Demikian pula pembelajaran berbasis komputer memiliki keuntungan bagi siswa antara lain sebagai berikut (Made, 2009):

1. Dapat mengakomodasi siswa yang lamban karena dapat menciptakan iklim belajar yang efektif dengan cara yang lebih individual,

2. Dapat merangsang siswa untuk mengerjakan latihan karena tersedianya animasi grafis, warna, dan musik,
3. Kendali berada pada siswa sehingga kecepatan belajar dapat disesuaikan dengan tingkan kemampuan.

Salah satu dari enam prinsip NCTM (2000) yang disebut *Prinsip Teknologi* adalah “pendidikan matematika yang bermutu tinggi”. Prinsip ini menyatakan bahwa "Teknologi adalah penting dalam proses belajar dan mengajar matematika, dan hal itu dapat mempengaruhi peningkatan pelajaran matematika siswa". Ada kesepakatan bersama yang telah tersebar luas dari para guru matematika, bahwa teknologi bukanlah sebagai alat saja, tetapi berfungsi sebagai kunci agen perubahan untuk menyempurnakan pembelajaran matematika (Kaput, 1992).

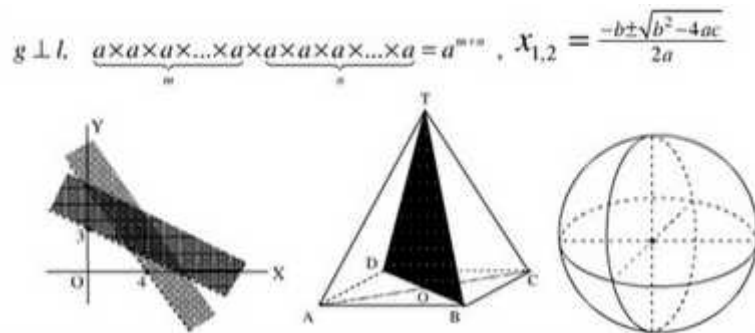
Dalam upaya meningkatkan kemampuan matematik, khususnya pemahaman konsep matematika, maka pembelajaran matematika dapat dilakukan melalui berbagai cara dan pendekatan yang menggunakan bermacam-macam alat bantu. Berkaitan dengan pemanfaatan teknologi komputer dalam bidang pendidikan matematika, maka sudah selayaknya saat ini dilakukan suatu inovasi pada proses pembelajaran matematika yang memanfaatkan teknologi komputer. Sejalan dengan hal tersebut, NCTM (2000) menyatakan bahwa teknologi elektronika, seperti kalkulator dan komputer merupakan sesuatu yang esensial untuk kegiatan belajar, mengajar, dan melakukan aktivitas matematika. Media elektronik ini diakui akan sangat membantu siswa dalam menangkap *images* dari gagasan-gagasan matematika, memfasilitasi siswa dalam mengorganisasi dan menganalisis data, di samping dapat membantu melakukan perhitungan dengan

cepat dan akurat. Komputer sangat efektif digunakan sebagai media pembelajaran karena komputer dapat menggabungkan beberapa aspek sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif, beberapa aspek tersebut seperti warna, suara dan gerak.

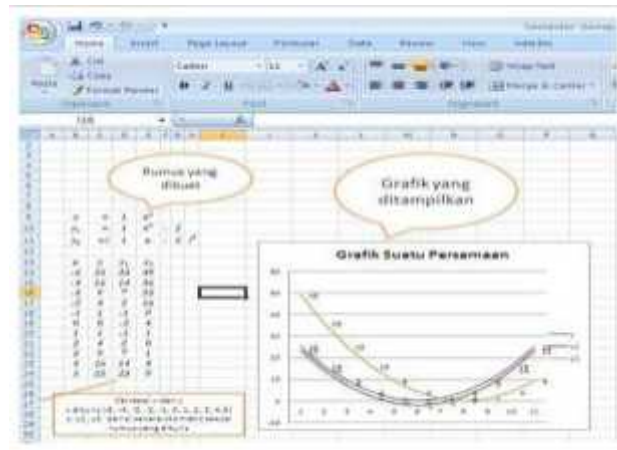
Demikian pula halnya dalam pembelajaran matematika, komputer sangat membantu kita untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dalam matematika, sehingga anak dapat lebih memahami konsep yang kita jelaskan, sebagai contoh pada pembelajaran pecahan, kita dapat membuat model nilai pecahan (diagram) yang digunakan untuk menjelaskan operasi pada pecahan dengan bantuan animasi. Dalam pembelajaran geometri kita dapat menunjukkan model bangun ruang dengan kenampakannya dari beberapa sisi. Di antara banyak manfaat dalam penggunaan komputer, komputer juga menyediakan lingkungan bagi siswa untuk menguji ide yang mereka miliki dan memberikan mereka umpan balik. Berdasarkan penelitian Kulik dan Bangert-Drowns seperti yang dikutip Yaya (2004) memperlihatkan bahwa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional, pembelajaran interaktif dengan media komputer memiliki beberapa keuntungan. Salah satu keuntungannya adalah penggunaan komputer yang tepat akan mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam matematika, kecepatan siswa dalam penguasaan konsep yang dipelajarinya lebih tinggi, retensi siswa lebih lama dan sikap siswa terhadap matematika menjadi lebih positif.

Saat ini pembelajaran matematika dengan bantuan komputer sudah dilakukan di beberapa negara maju seperti Amerika dan Jepang. Bahkan di

Australia, beberapa guru mengizinkan siswa membawa komputer pribadi ke sekolah (Gronn & Donna, 2001). Namun hal ini belum banyak dilakukan di Indonesia. Penggunaan alat bantu komputer dalam bidang pendidikan, khususnya dalam proses pembelajaran masih terbatas pada paket-paket pengolah kata (*MS Words*), pengolah angka (*MS Excel*), atau pengolah data statistik (*SPSS*), seperti Gambar berikut.



Penggunaan *MS Words*



Penggunaan *MS Excel*

Penggunaan alat bantu komputer saat ini sangat penting. Menurut McCoy (1996), dinyatakan bahwa pembelajaran yang menggunakan alat bantu komputer dapat mengakibatkan “prestasi dalam area konseptual semakin mantap dan semakin tinggi, termasuk keterampilan manipulasi dan perhitungan”.

Secara rinci hasil penelitian McCoy (1996) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Secara umum, pembelajaran matematika berbasis-komputer telah menunjukkan keefektifannya ketika diterapkan sebagai bagian dari suatu *constructivist* dalam kependidikan. Ini adalah tepat untuk memprogram pelajaran, melakukan instruksi *computer-assisted*, dan alat mengaplikasikan program.
2. Dalam kasus eksplorasi matematika dengan komputer, guru perlu untuk dilibatkan dalam perencanaan dan menggunakan pengalamannya untuk memastikan bahwa para siswa menemukan dan memahami konsep yang diajarkan.
3. Memiliki efektivitas terhadap instruksi *computer-assisted* bervariasi sesuai dengan karakteristik siswa dan kelas yang berbeda. Siswa yang bekerja dalam kelompok kecil menjadi lebih efektif dibanding siswa yang bekerja secara individu.
4. Penggunaan media pembelajaran matematika seperti grafik dan media lain dalam geometri biasanya berperan untuk meningkatkan pemahaman konsep matematik. Adanya peningkatan pemahaman tersebut mungkin karena media tersebut membantu meningkatkan transfer keterampilan khusus matematik.

Kendala penerapan pembelajaran berbasis komputer di antaranya adalah:

1. Sangat bergantung pada kemampuan membaca dan keterampilan visual peserta didik;
2. Membutuhkan tambahan keterampilan pengembangan di luar keterampilan yang dibutuhkan untuk pengembangan pembelajaran yang lama;
3. Memerlukan waktu pengembangan yang lama;

4. Kemungkinan peserta didik untuk belajar secara tak sengaja (intidental learning) menjadi terbatas; dan
5. Hanya bertindak berdasarkan masukan yang telah terprogram sebelumnya, tidak dapat bertindak secara spontan.

Kendala-kendala tersebut dapat diminimalkan dengan:

1. Menggabungkan PBK dengan peralatan lain seperti video disc dan audio disc sehingga tidak terlalu bergantung pada tampilan layar computer;
2. Memilih paket PBK yang sudah dikembangkan pihak lain untuk menghindari lamanya waktu dan keterampilan mengembangkan PBK sendiri, dengan memperhatikan tujuan pembelajaran dan karakteristik pembelajaran peserta didik; dan
3. Menempatkan PBK sebagai tambahan dalam kegiatan belajar yang melibatkan tutor dan bahan yang tercetak. (Hannafin & Peck, 1988 dalam Sugilar, 1996)

Dalam pembelajaran matematika, komputer banyak digunakan untuk materi yang memerlukan gambar, animasi, visualisasi dan warna, misalnya geometri. Dengan komputer, siswa dapat termotivasi untuk menyelesaikan masalah-masalah geometri. Satu hal yang paling penting adalah komputer dapat membuat konsep matematika (khususnya geometri) yang abstrak dan sulit menjadi lebih konkret dan jelas. Selain untuk geometri, komputer juga dapat digunakan dalam aljabar, misalnya untuk menyelesaikan sistem persamaan linier; dalam kalkulus, misalnya untuk menggambar grafik; dan dalam aritmetika, misalnya untuk melatih kemampuan berhitung.

Contoh lain pemanfaatan komputer yang digunakan adalah bahasa sederhana Logo. Pemrograman logo adalah sebuah contoh penggunaan lingkungan yang kaya yang menghasilkan refleksi dalam matematika dan membantu setiap siswa untuk belajar pemecahan masalah (Clements, 2000). Komputer memberikan kesempatan siswa lebih luas dalam menginvestigasi matematika daripada kalkulator. Penggunaan komputer juga dapat dilihat dari hasil penelitian Bakker (2004). Bakker menyatakan bahwa komputer memberikan kesempatan bagi penggunanya untuk berinteraksi secara dinamis dengan sekumpulan data dalam jumlah besar dan memberikan kesempatan untuk mengeksplorasi representasi yang berbeda dari data, yang tidak mungkin dilakukan dengan tangan. Namun, perlu diingat bahwa komputer juga dapat mengalihkan perhatian siswa kepada penggunaan komputer itu sendiri sebagai sebuah alat dari pada memahami secara efektif proses antara pembelajar dengan apa yang dipelajari. Pada penelitian ini materi statistika siswa dibantu oleh Minitools (Bakker, 2004). Penelitian yang dilakukan oleh Kolovou dkk (2008) menghasilkan bahwa penggunaan komputer dalam pembelajaran matematika, dalam hal ini melalui strategi pemecahan masalah, terbukti dapat meningkatkan pemahaman siswa.

Sejumlah ahli mengidentifikasi bahwa siswa menyukai pembelajaran dengan menggunakan media komputer. Hal ini disebabkan karena komputer :

1. Memiliki kesabaran yang tak terbatas.
2. Menjadikan siswa bisa belajar mandiri.
3. Memungkinkan bereksperimen dengan berbagai pilihan.

4. Memberikan balikan segera.
5. Merupakan pembangkit motivasi yang baik.
6. Memberikan kontrol pada saat pembelajaran.
7. Bisa mengajar dengan bobot materi yang bertahap.
8. Mengeliminasi kesulitan dalam aktivitas tertentu yang banyak menggunakan tangan.
9. Membangun keterampilan dalam menggunakan komputer yang sangat berguna bagi kehidupan masa depan.

--000--

**B  
A  
B  
II  
I**

**TUJUAN DAN  
MANFAAT**

**E. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini mempunyai tujuan yang hendak dicapai pada masing-masing tahapan; tujuan utama yang hendak dicapai pada akhir tahun ketiga, tujuan

khusus yang hendak dicapai pada tahapan akhir tahun pertama, tujuan untuk akhir tahun kedua, tujuan akhir tahun ketiga.

**Tujuan utama** dari penelitian ini yang hendak dicapai sampai tahun ketiga adalah menyediakan laboratorium pendidikan matematika yang dapat diakses guru matematika dan siswa sekolah di Indonesia kapanpun dan dimanapun.

**Tujuan khusus** dari tahun pertama penelitian ini antara lain:

4. Diperoleh prototipe alat peraga virtual adaptif berbasis teori beban kognitif.
5. Mengetahui tingkat validitas prototipe alat peraga virtual adaptif berbasis teori beban kognitif.
6. Diperoleh embrio portal laboratorium pendidikan matematika virtual yang mengacu pada *adaptive e-learning*.

**Tujuan tahun kedua** penelitian adalah mengetahui tingkat kepraktisan dan keefektifan dari alat peraga virtual adaptif serta laboratorium pendidikan matematika virtual. **Tujuan tahun ketiga** adalah mengujicoba hasil melalui penelitian eksperimen, mendeseminasikan hasil penelitian melalui berbagai forum guru dan forum ilmiah, mengajukan HKI, dan membuat artikel jurnal nasional terakreditasi serta jurnal internasional.

## **F. Manfaat**

### **Manfaat Praktis Bagi Pendidikan Matematika**

Membantu guru dalam mempersiapkan dan melaksanakan pembelajaran matematika melalui Laditiv (Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual) yang menyediakan:

- 1) layanan konsultasi akan konten materi matematika maupun pembelajarannya di sekolah,
- 2) penyediaan berbagai alat peraga virtual yang membantu proses belajar siswa,
- 3) penyediaan multimedia interaktif yang dapat digunakan guru maupun siswa dalam belajar matematika,
- 4) penyediaan kamus matematika yang mempermudah guru ketika mencari rujukan istilah-istilah matematika
- 5) Penyediaan contoh pembelajaran yang menekankan siswa melakukan aktivitas matematika melalui sarana “Ayo Belajar”

### **Manfaat bagi Institusi**

- 1) Sebagai mitra pemerintah dalam menyelesaikan masalah pendidikan matematika di Indonesia agar siswa Indonesia menjadi pintar matematika dan cerdas dalam memanfaatkan matematika bagi kehidupan siswa itu sendiri.
- 2) Pada akhir tahun kedua Laditiv menjadi bagian dari Website Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta sehingga mendukung usaha universitas untuk menjadikan UNY sebagai pusatnya pendidikan yang dapat diakses oleh sebanyak mungkin guru dan siswa.
- 3) Melalui Laditiv akan mengangkat citra dan nama baik Lembaga Pendidikan dan Tenaga Kependidikan pada umumnya dan UNY pada khususnya.

- 4) Menambah nilai positif bagi Jurusan Pendidikan Matematika UNY khususnya dalam hal menambah nilai akreditasinya.

### **Manfaat Teoritis**

Melalui fasilitas yang disediakan di Laditiv akan memberikan berbagai manfaat, misalnya

- 1) Menginspirasi dan membantu guru dalam melakukan penelitian-penelitian di sekolahnya masing-masing seperti halnya Penelitian Tindakan Kelas ataupun penelitian-penelitian kecil lainnya seperti ingin mengetahui pola pikir siswanya manakala menggunakan alat peraga virtual.
- 2) Menginspirasi dan membantu mahasiswa dalam melakukan kegiatan pembelajaran maupun kegiatan penelitiannya.
- 3) Membantu dosen dan mahasiswa dalam mendesiminasikan hasil karyanya tentang pembuatan multimedia interaktif baik yang diperolehnya melalui perkuliahan maupun sebagai hasil akhir dari kegiatan penelitian skripsi.
- 4) Membantu para peneliti di luar UNY dalam melakukan kegiatan penelitiannya melalui informasi maupun konten yang disediakan di dalam Laditiv.

Melalui karya yang dihasilkan akan berdampak pada hal berikut.

- 1) Aritikel yang dihasilkan dan disajikan dalam forum seminar nasional/internasional atau artikel yang dimuat dalam jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional dapat dijadikan sebagai rujukan dan

sumber referensi oleh peneliti lain yang melakukan penelitian-penelitian sejenis.

- 2) Produk hasil penelitian yang berupa Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dapat diajukan patennya berupa Hak Kekayaan Intelektual (HKI).

**B  
A  
B  
II  
I**

**METODE  
PENELITIAN**

**A. Kajian Umum Penelitian Pengembangan**

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh suatu produk yang berupa prototipe laboratorium pendidikan matematika virtual yang

dikembangkan dengan mengacu pada teori beban kognisi maupun pembelajaran adaptif. Untuk mendapatkan produk berupa prototipe laboratorium pendidikan matematika tersebut dikerjakan melalui penelitian pengembangan (*Development Research*). Gay (1981: 10) mengemukakan bahwa penelitian pengembangan bukan bertujuan untuk menguji teori akan tetapi mengembangkan secara efektif suatu produk yang hendak dipergunakan. Kedudukan teori belajar bukanlah sebagai objek yang diuji kebenarannya dan keberlakuannya, namun sebaliknya teori belajar dimanfaatkan atau dipergunakan sebagai landasan utama dalam proses pengembangan produk. Teori belajar bermanfaat sebagai pengendali dan pengarah ke arah mana produk tersebut dihasilkan. Produk yang dikembangkan tanpa teori hanyalah bersifat coba-coba dan beresiko besar menemui kegagalan.

Akker dan Plomp (1993: 2) menyatakan bahwa kualitas penelitian pengembangan ditentukan oleh dua hal, yakni (1) seberapa berkualitas proses maupun mutu hasil pengembangan prototipe produk dan (2) bagaimana metode pengembangan diterapkan mulai dari tahap perencanaan hingga tahap evaluasi akhir suatu produk. Menurut jenis produk yang dikembangkan untuk keperluan pendidikan di sekolah, terdapat tiga macam penelitian pengembangan yaitu (1) penelitian pengembangan metode pembelajaran dengan produk akhir berupa cara-cara pembelajaran yang tepat yang mampu mendorong dan memfasilitasi siswa aktif dalam mempelajari materi tertentu, (2) penelitian pengembangan

produk yang dimanfaatkan dalam kegiatan pembelajaran seperti misalnya berupa alat peraga manual, alat peraga virtual, media interaktif, buku, *hand-out*, Lembar Kerja Siswa (LKS), buku petunjuk praktik, Rencana Pembelajaran, perangkat tes evaluasi, serta program pembelajaran berbasis komputer, dan (3) penelitian pengembangan sistem pendidikan yang menghasilkan suatu sistem yang utuh maupun perbagian misalnya sistem rekrutmen siswa, sistem pembinaan guru mata pelajaran, sistem evaluasi keberhasilan kinerja guru, sistem pengadaan, pengelolaan, serta perawatan sarana dan prasarana pendidikan, dan sistem evaluasi hasil belajar siswa. Menurut sifatnya, Akker (1999: 6) membedakan dua jenis penelitian pengembangan, yakni penelitian formatif yang bertujuan untuk mengotimalkan kualitas desain maupun untuk menguji prinsip-prinsip desain dan penelitian implementatif yang bertujuan untuk mengartikulasikan serta mengelaborasi prinsip-prinsip desain dalam proses pengembangan pembelajaran, lihat Tabel di bawah. Pada pembagian jenis penelitian menurut Akker, penelitian ini merupakan penelitian jenis formatif karena produk yang diharapkan adalah diperolehnya desain yang berkualitas yang memiliki prinsip esensial.

**T  
a  
b  
e  
l**

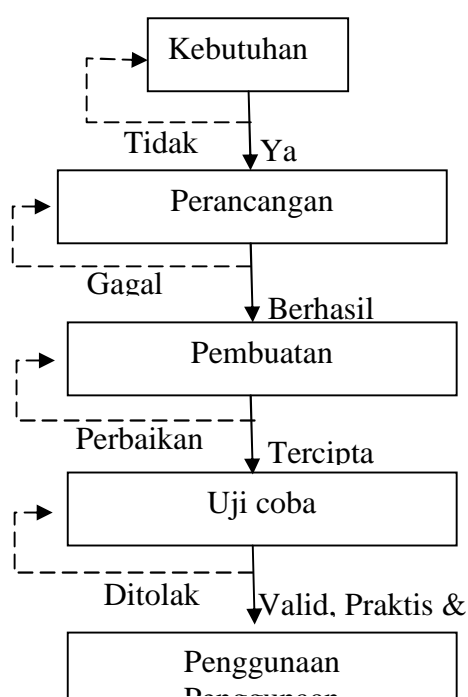
**Tipe-Tipe Penelitian  
Pengembangan (Akker, 1999)**

Tipe	Tujuan	Waktu
------	--------	-------

Penelitian formatif	Mengoptimalkan kualitas desain serta pengujian prinsip-prinsip desain	Selama proses desain dan proses pengembangan
Penelitian implementatif	Mengartikulasikan dan mengelaborasi prinsip-prinsip desain guna membangun kembali	Setelah aktivitas pengembangan

#### D. Model-Model Penelitian Pengembangan

Penelitian pengembangan dalam pendidikan dan pembelajaran matematika mendapatkan perhatian dari banyak ahli sehingga muncullah berbagai model pengembangan. Model yang satu dengan lainnya tidak terkait secara langsung namun bisa ditarik benang merah antar model-model tersebut, yakni ciri penelitian pengembangan model adalah (1) adanya kebutuhan, (2) adanya perancangan, (3) adanya pembuatan, (4) adanya uji-coba, dan (5) adanya penggunaan.



### Diagram Alur Pengembangan Produk

Dalam laporan ini akan diuraikan secara lebih rinci mengenai empat model pengembangan produk yaitu model Dick & Carey, model Borg & Gall, model Kemp, dan model Thiagarajan.

#### **1) Model Pengembangan Dick & Carey**

Model pengembangan Dick dan Carey terdiri dari 10 tahapan. Tahap- tahap pengembangan menurut Dick dan Carey (1978: 8-10) ini meliputi.

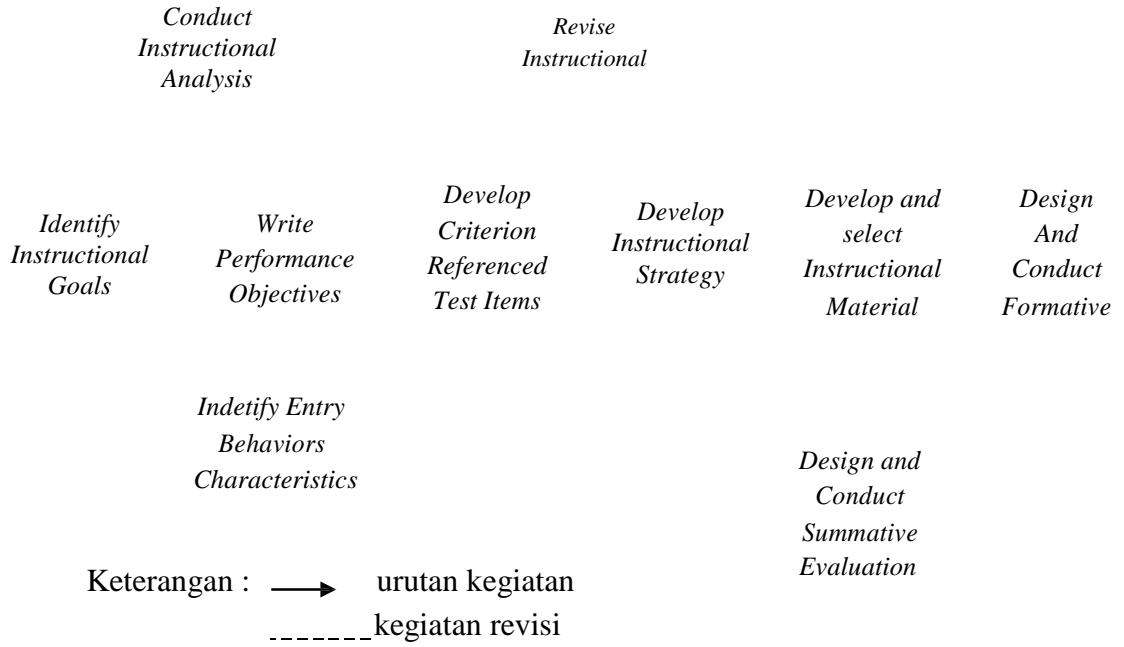
- a) Mengidentifikasi tujuan pembelajaran
- b) Menetapkan analisis pembelajaran
- c) Analisis keterampilan dasar dan karakteristik siswa
- d) Merumuskan tujuan pembelajaran khusus
- e) Mengembangkan kriteria instrumen penilaian.
- f) Mengembangkan sebuah strategi pembelajaran
- g) Mengembangkan dan memilih materi pembelajaran
- h) Merancang dan melakukan penilaian formatif

pembelajaran i) Merevisi pembelajaran

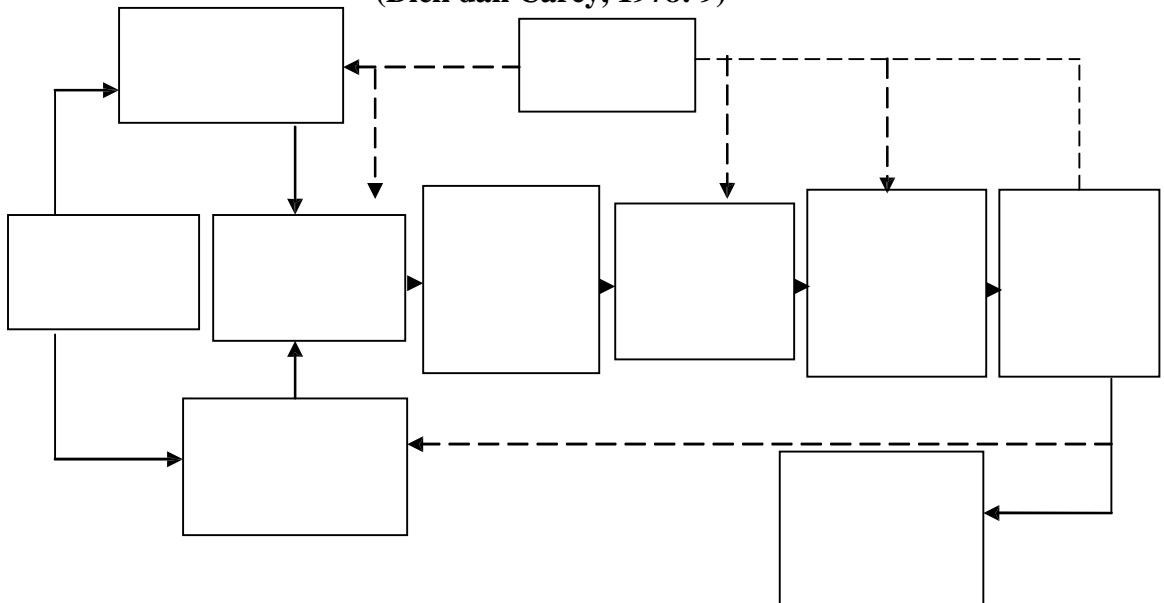
j) Merancang dan melakukan evaluasi sumatif

Model pengembangan pembelajaran menurut Dick dan Carey (1978: 9) dapat

dilihat pada gambar berikut.



**Model Pengembangan Pembelajaran Dick dan Carey  
 (Dick dan Carey, 1978: 9)**



Kelebihan model Dick & Carey adalah adanya analisis tugas yang tersusun secara terperinci dan tujuan pembelajaran khusus secara hierarkis. Dengan demikian telah diketahui dengan pasti langkah-langkah yang harus dilakukan oleh siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran dan uji coba dilakukan berulang kali sehingga hasil yang diperoleh dapat diandalkan. Kekurangan model Dick & Carey adalah tidak adanya uraian secara jelas kapan uji coba dilakukan.

## **2) Model Pengembangan Borg & Gall**

Model pengembangan Borg dan Gall terdiri dari 10 langkah pengembangan. Sepuluh langkah pengembangan yang ditentukan Borg dan Gall (1983: 775) meliputi.

- 1) Pengumpulan informasi, yaitu meliputi kajian pustaka, pengamatan kelas, dan persiapan laporan tentang pokok permasalahan.
- 2) Perencanaan, yaitu meliputi pendefinisian, perumusan tujuan, penentuan urutan pembelajaran, dan uji coba skala kecil.
- 3) Mengembangkan bentuk produk awal, yaitu meliputi penyiapan materi pembelajaran, buku pegangan, dan perlengkapan evaluasi.
- 4) Melakukan uji coba lapangan awal, yaitu pengumpulan data awal dengan wawancara, pengamatan, dan angket kemudian dilakukan analisis.
- 5) Revisi produk, yaitu melakukan revisi produk sesuai dengan saran-saran pada uji coba lapangan awal.
- 6) Melakukan uji coba utama, yaitu dilakukan uji coba yang bertujuan untuk mendapatkan data kuantitatif.

- 7) Revisi produk operasional, yaitu melakukan revisi produk sesuai dengan yang disarankan pada hasil uji coba lapangan utama.
- 8) Melakukan uji coba lapangan operasional, yaitu uji coba produk dan dilakukan pengumpulan data dengan wawancara, pengamatan, dan angket, dan dianalisis.
- 9) Revisi produk akhir sesuai yang disarankan pada uji coba lapangan operasional.
- 10) Desiminasi dan implementasi dengan membuat laporan mengenai produk dalam jurnal.

Kelebihan dari Borg & Gall adalah langkah-langkah yang digunakan lengkap untuk memperoleh suatu produk yang layak. Adapun kekurangan model Borg & Gall adalah memerlukan waktu yang relatif lama dan subjek yang banyak untuk melaksanakan keseluruhan prosesnya.

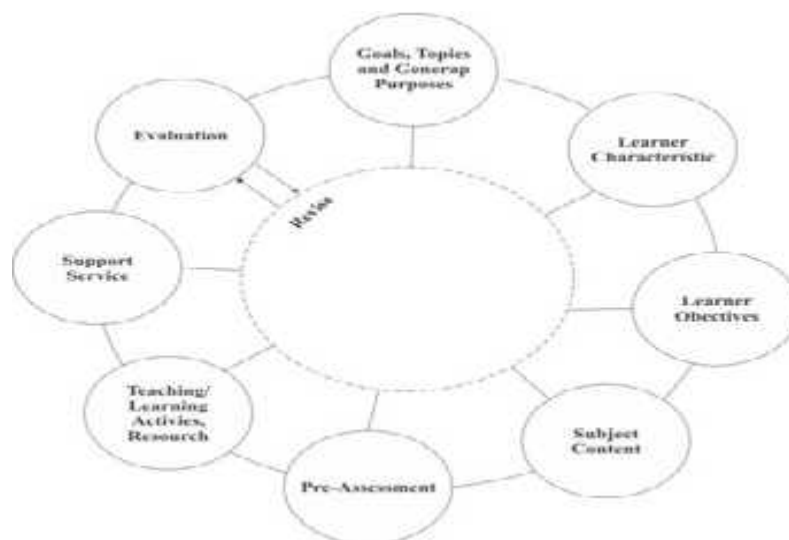
### **3) Model Pengembangan Kemp**

Model pengembangan pembelajaran yang paling awal dalam pendidikan adalah model pengembangan Kemp (1977: 8). Model ini dirancang untuk menjawab tiga pertanyaan yang berkaitan dengan unsur pokok dalam pembelajaran, yaitu kemampuan apa yang diinginkan untuk dipelajari (tujuan), bagaimana isi pembelajaran atau keterampilan dapat dipelajari dengan baik (media, metode dan kegiatan belajar), dan bagaimana cara menentukan tingkat penguasaan pembelajaran yang sudah dicapai (evaluasi).

Ketiga unsur pokok dari jawaban pertanyaan tersebut kemudian dikembangkan menjadi delapan langkah pengembangan menurut Kemp yaitu.

- a) Mengidentifikasi masalah pengajaran dan menspesifikasi tujuan untuk mendesain program pembelajaran.
- b) Menentukan karakteristik siswa yang harus menerima perhatian selama perencanaan.
- c) Mengidentifikasi materi pelajaran dan menganalisa komponen-komponen tugas yang berhubungan dengan tujuan yang telah ditetapkan.
- d) Menentukan tujuan pembelajaran untuk siswa.
- e) Mengurutkan materi dalam setiap unit pengajaran.
- f) Mendesain strategi pembelajaran sedemikian hingga setiap siswa dapat menguasai tujuan pembelajaran.
- g) Merencanakan penentuan pembelajaran dalam tiga pola pembelajaran.
- h) Mengembangkan instrumen penilaian untuk menilai tercapainya tujuan pembelajaran.

Model pengembangan pembelajaran menurut Kemp dapat dilihat pada **gambar** berikut.



**Model Pengembangan Pembelajaran Kemp (Kemp, 1977: 9)**

Kelebihan dari model Kemp adalah: (a) diagram pengembangannya berbentuk bulat telur yang tidak memiliki titik awal tertentu, sehingga dapat memulai perancangan secara bebas; (b) banyak bulat telur itu juga menunjukkan adanya saling ketergantungan di antara unsur-unsur yang terlibat; dan (c) dalam setiap unsur ada kemungkinan dilakukan revisi sehingga memungkinkan terjadinya sejumlah perubahan dari segi isi maupun pengakuan terhadap semua unsur tersebut selama melaksanakan program. Adapun kekurangan model kemp adalah tidak adanya kejelasan tentang apa yang perlu dilakukan pada langkah yang berhubungan dengan aktivitas pembelajaran serta pemilihan dan pemakaian sumber-sumber belajar.

#### **4) Model Pengembangan Thiagarajan**

Model pengembangan perangkat menurut Thiagarajan, Semmel dan Semmel (1974: 5-9) biasa disebut *Four D Model* (Model 4-D). Model tersebut terdiri dari 4 langkah sebagai berikut.

- a) Pendefinisian (*define*), meliputi: analisis awal akhir, analisis konsep, analisis tugas dan spesifikasi tujuan pembelajaran
- b) Perancangan (*design*), meliputi: penyusunan tes, pemilihan media, pemilihan format dan desain awal.
- c) Pengembangan (*develop*), meliputi: penilaian ahli dan uji coba
- d) Penyebaran (*disseminate*), meliputi: validasi tesing, pengemasan, penyebaran dan pengadopsian.

Selanjutnya, langkah-langkah model pengembangan Thiagarajan secara spesifik diuraikan sebagai berikut.

a) Tahap pendefinisian (*Define*)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan dan mendefinisikan instrumen-instrumen pembelajaran. Tahap awal adalah analisis. Melalui analisis, ditentukan tujuan-tujuan dan batasan-batasan untuk materi instrumen. Tahap *Define* terdiri dari lima langkah yaitu *front-end analysis*, *learner analysis*, *task analysis*, *concept analysis* dan *specifying instructional objectives*.

(1) Analisis awal-akhir (*Front-end Analysis*)

Analisis awal-akhir (*Front-end Analysis*) adalah studi mengenai permasalahan dasar yang dihadapi oleh guru dalam rangka meningkatkan kemampuan dan level guru. Dalam analisis ini dipelajari jenis alternatif pembelajaran yang lebih menarik dan efisien. Jika alternatif atau materi pengajaran tersedia, maka dilakukan pengembangan.

(2) Analisis Siswa (*Learner Analysis*)

Analisis Siswa (*Learner Analysis*) adalah studi mengenai karakteristik siswa yang sesuai dengan desain dan pengembangan pembelajaran. Karakteristik tersebut meliputi kompetensi dan pengalaman sebelumnya, sikap terhadap topik pembelajaran, dan media, format dan penggunaan bahasa.

(3) Analisis Konsep (*Concept Analysis*)

Analisis Konsep (*Concept Analysis*) adalah mengidentifikasi konsep utama yang akan diajarkan dan mengurutkannya secara hierarki.

Analisis ini membantu dalam mengidentifikasi himpunan rasional contoh dan non-contoh yang sesuai.

(4) Analisis Tugas (*Task Analysis*)

Analisis Tugas (*Task Analysis*) adalah identifikasi keterampilan utama yang diperlukan oleh guru dan menganalisa keterampilan-keterampilan khusus yang diperlukan. Analisis ini memberikan laporan tugas yang komprehensif dalam materi pembelajaran.

(5) Spesifikasi tujuan pembelajaran (*Specifying instructional objectives*)

Hasil analisis tugas dan analisis konsep dirubah kedalam tujuan-tujuan pembelajaran. Tujuan-tujuan pembelajaran ini memberikan dasar untuk pengkonstruksian tes dan desain pembelajaran. Kemudian diintegrasikan dengan materi pembelajaran yang akan digunakan oleh guru.

b) Tahap perancangan (*Design*)

Tujuan dari tahap ini adalah mendesain prototipe bahan ajar (*instructional material*). Kegiatan pada tahap ini dapat dilakukan setelah menentukan sekumpulan tujuan untuk perangkat pembelajaran yang telah ditentukan. Pemilihan format dan media untuk bahan dan produksi versi awal mendasari aspek utama pada tahap desain. Ada empat langkah dalam tahap desain, yaitu mengkonstruksi tes beracuan-kriteria (*constructing criterion-referenced test*), pemilihan media (*media selection*), pemilihan format (*format selection*) dan desain awal (*initial design*).

(1) Penyusunan tes acuan (*constructing criterion-referenced test*)

Langkah ini merupakan jembatan antara tahap pendefinisian (*define*) dengan tahap desain (*design*). Tes beracuan criteria mengubah tujuan-tujuan behavior dalam garis besar untuk perangkat pembelajaran.

(2) Pemilihan media (*Media Selection*)

Pemilihan media (*Media Selection*) adalah pemilihan media yang cocok untuk mempresentasikan isi pembelajaran. Proses ini meliputi penyesuaian antara analisis tugas dan konsep, karakteristik target-peserta, sumber produksi, dan rencana penyebaran dengan berbagai macam atribut media yang berbeda. Pemilihan akhir mengidentifikasi medium yang paling sesuai atau kombinasi media yang digunakan.

(3) Pemilihan format (*format selection*)

Pemilihan format mirip dengan pemilihan media dimana dilakukan pemilihan format yang sesuai untuk mendesain perangkat pembelajaran (*instructional material*) yang bergantung pada sejumlah faktor.

(4) Perancangan awal (*initial design*)

Tahap Desain awal (*initial design*) adalah penyajian pembelajaran essensi melalui media yang sesuai dan urutan yang cocok. Ini juga melibatkan penstrukturan berbagai kegiatan belajar, seperti membaca teks, melakukan wawancara, dan mempraktikkan keterampilan mengajar (*peer teaching*).

c) Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tujuan dari tahap ini adalah memodifikasi prototype bahan ajar. Tahap ini terdiri dari dua langkah, yaitu penilaian ahli (*expert appraisal*) dan uji pengembangan.

(1) Penilaian ahli (*expert appraisal*)

Penilaian ahli (*expert appraisal*) adalah teknik untuk memperoleh saran untuk mengembangkan bahan ajar. Sejumlah ahli diminta untuk mengevaluasi bahan ajar dan dari segi teknik. Berbasis pada umpan balik (*feed-back*), bahan dimodifikasi supaya menjadi lebih memadai, efektif, dapat digunakan, dan secara teknik berkualitas tinggi.

(2) Uji pengembangan (*Development testing*)

Uji pengembangan (*Development testing*) melibatkan uji coba bahan ajar pada siswa untuk memperoleh bagian-bagian yang harus direvisi. Berdasarkan respon, reaksi, dan komentar dari peserta, bahan dimodifikasi. Siklus dari uji, revisi, dan uji lagi dilakukan berulang-ulang sehingga dapat digunakan, bersifat konsisten, dan efektif.

d) Penyebaran (*Disseminate*)

Bahan ajar sampai pada tahap produksi akhir, jika pengembangan menunjukkan hasil yang konsisten dan hasil penilaian ahli merekomendasikan komentar positif. Tahap penyebaran terdiri dari dua langkah yaitu pengujian validitas (*validating testing*), pengemasan (*packaging*), serta difusi dan adopsi (*diffusion and adoption*).

(1) Pengujian validitas (*validity testing*)

Sebelum bahan (material) disebarluaskan (diseminasi), evaluasi sumatif dilakukan. Pada fase tes validasi, bahan digunakan untuk menunjukkan : siapa yang belajar, di bawah apa, kondisi apa, dan bagaimana dengan waktunya. Bahan juga diuji melalui uji professional dengan tujuan memperoleh masukan pada kecukupan dan relevansinya.

(2) Pengemasan (*packaging*), difusi (*diffusion*) dan adopsi (*adoption*)

Pengemasan, difusi, dan adopsi merupakan bagian penting meskipun bagian ini sering terlewatkan. Produser dan distributor harus dipilih, dan dikerjakan secara kooperatif untuk mengemas bahan dalam bentuk yang diterima pengguna. Upaya khusus diperlukan untuk mendistribusikan bahan secara luas pada pelatih dan peserta. (Thiagarajan, 1974: 9).

Kelebihan model Thiagarajan atau 4-D adalah uraian langkah-langkahnya jelas dan sistematis, sedangkan kelemahannya adalah tahap diseminasi yang melibatkan banyak ahli dan peserta memerlukan waktu serta biaya yang tidak sedikit. Dalam penelitian ini, model pengembangan Thiagarajan yang digunakan sebagai acuan penelitian, dikarenakan langkah-langkahnya jelas dan sistematis.

Akan tetapi, dalam penelitian ini terdapat modifikasi yaitu tidak dilakukan desiminasi. Dikarenakan perangkat pembelajaran yang dikembangkan tidak bisa digunakan secara umum untuk semua satuan pendidikan di Indonesia, dan hanya khusus untuk daerah Lombok.

## b. Kualitas Produk Pengembangan

Nieveen (1999: 126) mengatakan hasil produk pendidikan memainkan peranan yang penting dalam pendidikan. Untuk memenuhi fungsi tersebut, produk harus mempunyai kriteria yang baik, maka untuk memenuhi kriteria pembelajaran dan kualitas produk yang baik pada penelitian ini dipakai kriteria kualitas produk menurut Nieveen.

Nieveen (1999: 127-128) mengatakan kualitas produk, pendesainan, pengembangan, dan pengevaluasian program harus memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Untuk tiga kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut.

### Kriteria Validitas, Praktis dan Keefektif (Nieveen, 1999)

<i>Quality Aspects</i>		
<i>Validity</i>	<i>Practicality</i>	<i>Effectiveness</i>
<i>Intended (ideal + formal)</i>	<i>Consistency between</i>	<i>Consistency between</i>
■ <i>State-of-the-art</i> ■	<i>Intended Perceived</i>	<i>Intended Experiential</i>
■ <i>Internally consistent</i>	<i>Intended Operational</i>	<i>Intended Attained</i>

Sumber : Nieveen (1999: 127)

Adapun aspek-aspek kualitas adalah sebagai berikut.

### Representasi Aspek Kualitas (Nieveen, 1999)

<i>Ideal</i>	Menggambarkan asumsi, visi dan tujuan dari sebuah dokumen kurikulum
--------------	---

<b><i>Formal</i></b>	Menggambarkan contoh konkrit dokumen kurikulum seperti buku siswa, buku petunjuk guru, perangkat pembelajaran, kombinasi dari ideal dan formal disebut <i>intended</i> (perencanaan)
<b><i>Perceived</i></b>	Interprestasi kurikulum oleh pengguna (khususnya guru)
<b><i>Operational</i></b>	Menggambarkan proses pembelajaran aktual
<b><i>Experiential</i></b>	Kurikulum menggambarkan pengalaman dan pengetahuan siswa
<b><i>Attained</i></b>	Menggambarkan hasil belajar siswa

### 1) Kevalidan Perangkat Pembelajaran

Menurut Nieveen (1999: 127) kualitas produk dikatakan valid dilihat dari keterkaitannya dengan tujuan dari pengembangan produk itu sendiri harus benar-benar dipertimbangkan. Selanjutnya, untuk menggambarkan kriteria kevalidan produk pembelajaran yaitu apabila perangkat pembelajaran dapat menggambarkan kurikulum yang diharapkan atau *intended*, yakni kombinasi antara *ideal* dan *formal*.

### 2) Kepraktisan Perangkat Pembelajaran

Nieveen (1999: 127) mengatakan bahwa kepraktisan dilihat dari pendapat oleh pengguna terutama guru dan siswa yang menganggap produk yang dihasilkan mudah untuk digunakan dan juga menggambarkan proses pembelajaran yang aktual. Ini dimaksudkan adanya kekonsistenan antara *intended* dan *perceived curriculum* dan *intended and operational curriculum*. Jika keduanya konsisten maka produk tersebut dikatakan praktis.

Berdasarkan pendapat di atas, maka untuk tingkat kepraktisan

dalam pengembangan alat peraga virtual dan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual ini ditinjau dari penilaian guru dan penilaian siswa. Untuk itu aspek kepraktisan dikaitkan yaitu dengan penilaian para pengguna (guru dan siswa) menyatakan produk yang dikembangkan mudah untuk digunakan.

### 3) Keefektifan Produk

Tingkat keefektifan menurut Nieveen (1999: 127) menggambarkan pengalaman siswa dan hasil belajar siswa. Ini berarti konsistensi antara *intended and experiential curriculum* dan *intended and attained curriculum*. Adapun keefektifan pembelajaran menurut Robert & Dick (1996: 3) yaitu suatu pembelajaran dikatakan efektif berdasarkan data dan informasi hasil belajar yang didokumentasikan.

Selanjutnya Kemp (1994: 288) menyatakan bahwa keefektifan dibatasi pada hasil belajar yang dapat diukur. Selain itu Kemp menyatakan untuk pertanyaan mengenai keefektifan dapat dijawab dengan seberapa besar derajat ketuntasan siswa yang telah mencapai tujuan pembelajaran dalam waktu setiap unit pembelajaran. Selanjutnya, Kemp menyatakan indeks keefektifan adalah persentase yang menjelaskan: (a) level penguasaan yang dicapai oleh siswa untuk tiap tujuan pembelajaran; (b) rata-rata pencapaian tujuan oleh semua siswa.

Persentase penguasaan ditentukan oleh guru setelah melaksanakan pembelajaran. Lebih lanjut dikatakan bahwa batas penguasaan standar keberhasilan adalah 75%, sebagaimana yang ditentukan BSNP (2006: 12) bahwa kriteria ideal ketuntasan untuk masing-masing indikator adalah 75%.

## **B. Model Pengembangan Penelitian**

Model pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dalam penelitian ini mengacu pada model pengembangan dari Thiagarajan, Semmel, & Semmel yang dikenal dengan Model 4 D; tahap pertama adalah *define* (pendefinisian), kedua adalah *design* (perancangan), ketiga adalah *develop* (pengembangan), dan keempat adalah *disseminate* (penyebaran).

### **1. Tahap**

#### **Pendefinisian**

##### **a. Analisis Awal**

Pada tahap ini dilakukan telaah kurikulum yang berlaku di sekolah-sekolah. Saat ini ada dua Kurikulum yang berjalan di seluruh sekolah di Indonesia. Kedua Kurikulum tersebut adalah Kurikulum 2006 dan Kurikulum 2013 yang secara legal formal keduanya dijalankan di sekolah. Tahun 2013, sebanyak 5% sekolah di Indonesia menerapkan Kurikulum 2013 dan sisanya yang 95% masih menerapkan Kurikulum 2006.

Menurut jenisnya terdapat tiga macam kurikulum. Pertama adalah kurikulum yang dicitakan (*intended curriculum*) yang secara formal terdokumentasi di sekolah, diknas, maupun Kementerian Pendidikan. Ujud dari kurikulum ini berupa berbagai Permendiknas/Permendikbud, silabi yang dibuat oleh guru, kelompok guru, atau pemerintah, dan RPP yang disusun oleh masing-masing guru.

Kedua adalah kurikulum yang terlaksana secara riil di kelas yang disebut dengan *implemented curriculum*. Pada pelaksanaan kurikulum di kelas sangat bergantung pada kondisi dan situasi yang dimiliki kelas atau sekolah. Faktor manusia (guru, siswa, wali kelas, dan kepala sekolah), media yang tersedia (alat peraga nyata, alat peraga virtual, komputer, OHP, LCD, buku pelajaran, modul, buku referensi, dan Lembar Kegiatan Siswa), dan kebiasaan kelas (norma kelas, budaya akademis kelas, dan tata interaksi siswa-siswa & siswa-guru) sangat mempengaruhi pelaksanaan kurikulum yang dicitakan. Artinya belumlah tentu kurikulum yang dicitakan dapat didukung penuh dalam bentuk pelaksanaannya di kelas.

Ketiga adalah kurikulum yang dicapai siswa yang disebut dengan *attained curriculum*; capaian ini ditandai dengan hasil belajar siswa dalam berbagai tes yang mungkin berupa ulangan harian, ulangan formatif, ulangan sumatif, dan ujian akhir tingkat (Ujian Nasional dari BNSP). Pengukuran keberhasilan kurikulum seharusnya tidaklah hanya berupa hasil tes yang biasanya hanya mengukur capaian aspek kognitif

yang berupa objek matematika langsung (fakta, prinsip, dan skil). Namun lebih jauh dari hal itu hendaknya juga mengukur objek matematika tak langsung yang berupa kemampuan proses matematis yang meliputi kemampuan representasi dan multipel representasi matematis, kemampuan bernalar matematis, kemampuan komunikasi matematis, kemampuan koneksi matematis, kemampuan pemecahan masalah matematis, minat matematika, dan motivasi matematika.

#### **b. Analisis Karakteristik Siswa**

Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui dan mengamati karakteristik siswa dilihat dari kompetensi, latar belakang pengetahuan siswa, kesulitan siswa dalam matematika, dan tingkat perkembangan kognitif siswa. Siswa dalam penelitian ini meliputi siswa Sekolah Dasar dan Sekolah Menengah Pertama. Analisis dilakukan adalah secara teoritis dan didukung secara empiris sehingga memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai kebutuhan siswa terhadap alat peraga virtual.

#### **c. Analisis Pembelajaran Matematika di Kelas**

Pembelajaran yang dilakukan di kelas memberikan sumbangan yang sangat besar terhadap proses belajar matematika siswa. Analisis proses pembelajaran ini untuk mendapatkan jawaban berkenaan dengan pertanyaan sebagai berikut.

1. Apakah pembelajaran matematika di kelas sudah menggunakan

paradigma pembelajaran yang bersentral pada siswa?

2. Bagaimana guru mengelola pembelajaran di kelas?
3. Apakah pembelajaran di kelas sudah menggunakan alat peraga yang sesuai dan sudah dikelola secara efektif?
4. Jika memakai alat peraga, apakah alat peraga yang digunakan di kelas bermanfaat dalam membantu siswa dalam belajar matematika?
5. Kesulitan apa yang dialami guru ketika mengajarkan matematika di kelas?

#### **d. Analisis Materi Matematika Sekolah**

Pada tahap ini, peneliti melakukan analisis materi berdasarkan Kurikulum yang berlaku, yaitu Kurikulum 2006 maupun Kurikulum 2013. Analisis materi bertujuan untuk menentukan alat peraga apa yang akan dikembangkan pada Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual. Alat peraga yang dikembangkan tentunya disesuaikan dengan materi matematika yang dipelajari di Sekolah Dasar atau Sekolah Menengah Pertama. Tidaklah semua topik matematika memerlukan alat bantu berupa alat peraga virtual, namun hanya yang relevan saja yang perlu dikembangkan.

#### **e. Analisis Kebutuhan**

Laboratorium Pendidikan Matematika sudah ada di Program Studi Pendidikan Matematika di semua Lembaga Pendidikan dan Tenaga Kependidikan (LPTK). Di banyak sekolahpun sudah ada alat-

alat peraga matematika yang tersedia di ruang kelas, ruang guru, atau ruang lainnya meskipun belum bisa disebut sebagai Laboratorium Pendidikan Matematika. Di sekolah, alat peraga yang tersedia berupa riil alat yang digunakan secara manual ketika pelajaran matematika.

Seiring dengan perkembangan teknologi sekarang yang menuju ke dunia digital perlu ditelaah peluang berkembangnya Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang memungkinkan digunakan memakai komputer dan dapat diunduh kapanpun dari berbagai tempat melalui jaringan internet. Analisis kebutuhan ini memberikan gambaran tentang ketersediaan komputer di sekolah-sekolah maupun ketersediaan jaringan internet maupun intranet.

Melalui analisis kebutuhan juga diharapkan diperoleh identifikasi hal-hal yang perlu dimunculkan pada Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang dibangun. Hasil identifikasi dimaksudkan untuk memperoleh jawaban pertanyaan sebagai berikut.

1. Apakah guru/sekolah memerlukan alat peraga visual?
2. Apakah diperlukan petunjuk penggunaan alat peraga virtual untuk membantu guru dalam berimprovisasi menggunakannya di kelas?
3. Apakah perlu adanya penjelasan materi bagi guru?
4. Apakah diperlukan daftar istilah/glosarium untuk membantu guru ketika memerlukan rujukan dan butuh pendalaman terhadap istilah matematika yang digunakan baik dalam Laboratorium

Pendidikan Matematika Virtual maupun dalam keperluan pembelajaran lainnya?

#### **f. Pendefinisian**

Setelah memperoleh hasil analisis mengenai kebutuhan dan menetapkan apa saja yang dikembangkan maka langkah berikutnya adalah menetapkan apa yang hendak dikembangkan dengan memperhatikan skala prioritas dan mempertimbangkan sumber daya, waktu, sarana-prasarana, serta ketersediaan dukungan program komputer beserta fasilitas internet. Pemilihan fokus yang hendak dikembangkan ini merupakan langkah penting mengingat terlalu banyaknya problematika sehingga agar hasil penelitian yang diperoleh mempunyai makna maka perlu dilakukan pemilahan dan pemilihan terlebih dahulu masalah-masalah urgen yang muncul dari lapangan sebagai wujud kebutuhan guru serta siswa.

## **2. Tahap Perancangan**

Perancangan dalam penelitian ini berisikan bagaimana laboratorium pendidikan virtual (Laditiv) dikembangkan termasuk juga komponen-komponen apa saja yang harus ada dalam Laditif tersebut, bagaimana mengembangkan isi dari komponen tersebut, apa isi dari masing-masing komponen, bagaimana keterkaitan antar komponen, dan siapa yang diberi tugas mengisi komponen-komponen tersebut. Salah satu komponen dalam Laditiv memuat alat peraga virtual yang dikembangkan

berdasarkan *cognitive load theory*.

#### **a. Prosedur Pelaksanaan Perancangan**

Perancangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dilakukan dengan berbasiskan *adaptive e-learning* dan *cognitive load theory*. Setelah ditentukan apa yang dikembangkan dalam Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual selanjutnya dibuatlah prosedur pembuatannya. Ada dua yang dikembangkan yakni alat peraga virtual yang akan diisikan ke dalam Laditiv dan mengembangkan Laditiv itu sendiri sebagai laman/situs yang dapat diakses secara mudah dan gratis oleh pengguna guru, siswa, maupun mahasiswa.

#### **Prosedur Pengembangan Alat Peraga Virtual**

Untuk memperoleh alat peraga virtual yang memenuhi hasil kebutuhan lapangan (*need assesment*) maka pengembangannya menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Melihat kembali *need assesment* dan kemudian menentukan skala prioritasnya mana yang harus dikembangkan terlebih dahulu dan mana yang dapat dikerjakan kemudian dengan membuat daftar alat peraga berdasarkan skala prioritas dan urgensinya.
- 2) Menentukan alat peraga virtual mana yang dikembangkan terlebih dahulu sebagai prototipe yang akan dijadikan rujukan manakala mengembangkan alat-alat peraga lainnya yang hendak diunggah ke dalam Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual.
- 3) Mendalami kembali teori beban kognitif (*Load Cognitive Theory*), teori

adaptive e-learning, teori multimedia yang baik, serta persyaratan alat peraga yang baik dan interaktif.

- 4) Membuat rancangan alat peraga virtual yang memfasilitasi proses berfikir siswa berdasarkan *Cognitive Load Theory* dan membuat rancangan konten serta komponen situs Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang mungkin memfasilitasi guru mengajar matematika dan mungkin dapat diakses melalui media internet sebagai sumber belajar bagi guru maupun siswa.
- 5) Melakukan pengembangan oleh tim peneliti dan menyelenggarakan Fokus Grup Discussion agar diperoleh hasil pengembangan yang lebih terarah dalam hal langkah, konten, maupun manfaat sebagaimana yang diharapkan.
- 6) Mengujicobakan kepada siswa untuk melihat respon siswa, kesempurnaan produk, serta kesesuaian produk dengan karakteristik siswa. Uji coba ini dilakukan sampai didapatkan produk yang siap untuk dinilai kepada ahli.
- 7) Menilai prototipe produk kepada kelompok ahli dan juga kelompok pengguna nantinya. Kelompok ahli terdiri dari seorang ahli media ICR, seorang ahli materi matematika, dan seorang ahli pendidikan/instruksional matematika. Adapun kelompok praktisi adalah guru-guru yang mempunyai pengalaman mengajar di kelas sehingga diasumsikan mengetahui kemampuan berfikir serta kebiasaan siswanya.
- 8) Mengalansis hasil penilaian ahli yang digunakan untuk memperbaiki

prototipe produk alat peraga virtual yang mengacu pada *Cognitive Load Theory*.

- 9) Membuat alat-alat peraga virtual lainnya sesuai dengan prototipe yang telah diperoleh dan memasukkannya ke dalam situs Laditiv.
- 10) Pada tahun kedua, maka menguji cobakan di sekolah untuk melihat kepraktisan dan keefisienan dari produk-produk yang dihasilkan.

### **Prosedur pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika**

#### **Virtual**

Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual (Laditiv) memberikan layanan serta fasilitas bagi guru-guru matematika beserta para siswanya. Fasilitas-fasilitas yang disediakan di dalam Laditiv diarahkan untuk memperlancar perbaikan dan peningkatan mutu serta kualitas pembelajaran matematika di sekolah-sekolah di seluruh pelosok Indonesia. Untuk dapat memperoleh produk Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang baik maka tahap perancangannya melalui prosedur sebagai berikut.

- 1) Menganalisis kembali *need assesment* yang telah dilakukan. Temuan kebutuhan di lapangan tidak kaku hanya berdasarkan need assesment yang telah dilakukan saja; namun dapat berkembang setiap saat ketika mendapati masukan untuk penyempurnaan.
- 2) Menentukan komponen-komponen penting yang wajib ditampilkan dalam Lab Pendidikan Matematika virtual.
- 3) Menentukan isi dari masing-masing komponen serta menentukan dari

mana isi itu diambil atau dibuat, siapa yang bertugas mencari isi komponen, siapa yang bertugas mengunggah isi, dan bagaimana hukum legal formalnya agar tidak terjadi plagiasi ataupun pelanggaran hak cipta. Laditiv dicanagkan memiliki komitmen yang tinggi terhadap kedua perkara tersebut.

- 4) Membangun situs Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dengan menggunakan teori *adaptive e-learning* dan semua isi di dalamnya memiliki nilai-nilai luhur pedagogik maupun didaktik.
- 5) Mengisi masing-masing komponen dengan materi yang dibuat sendiri oleh Tim, hasil karya mahasiswa / dosen, hasil penelitian mahasiswa/dosen, atau diambil dari sumber-sumber internet. Pengisian ini berjalan secara kontinu dari tahun ke tahun tergantung tidak hanya selama penelitian ini didanai saja. Di masa depan situs Laditiv yang dibangun akan menjadi unggulan milik Jurusan Pendidikan Matematika.

#### **4. Teknik Analisis Data**

Data yang diperoleh dari angket validasi ahli dianalisis berdasarkan langkah-langkah berikut.

- 1) Penilaian oleh ahli dirangkum dalam satu tabel yang disebut tabel hasil penilaian kelayakan produk.
- 2) Pemeriksaan terhadap setiap hasil penilaian oleh ahli.
- 3) Mengolah data pada masing-masing aspek yang dinilai yang meliputi
  - a) Aspek kognitif Intrinsik
  - b) Aspek kognitif ekstra

- c) Aspek kualitas materi matematika
  - d) Aspek Syarat Didakdik
  - e) Aspek Syarat Konstruksi
  - f) Aspek Syarat Teknis
- 4) Membuat kriteria hasil penilaian sebagaimana disajikan pada tabel kriteria berikut. Produk yang dinilai dikatakan baik atau valid apabila kriteria yang didapatkan adalah Baik atau Sangat Baik. Adapun tabel kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut Syaifuddin Azwar (2010: 163).

**Tabel Skala Pedoman Penilaian**

Interval Skor	Nilai	Kriteria
$X_i + 2SB_i \leq X$	A	Sangat baik
$X_i + SB_i \leq X < X_i + 2SB_i$	B	Baik
$X_i - SB_i \leq X < X_i + SB_i$	C	Cukup baik
$X_i - 2SB_i \leq X < X_i - SB_i$	D	Kurang baik
$X < X_i - 2SB_i$	E	Tidak baik

$X_i$  = Rata-rata skor ideal =  $\frac{1}{2}$  (Skor maksimal ideal

+ skor

minimal ideal)

$SB_i$  = Simpangan baku ideal =  $\frac{1}{6}$  (Skor maksimal

ideal –

skor minimal ideal)

$X$  = Perolehan Skor Aktual

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dasar teori penelitian ini meliputi beberapa hal , misalnya teori tentang pembelajaran matematika yang di dalamnya juga memuat teori Vygotski dan teori pendesainan pembelajaran matematika, teori tentang multimedia yang di dalamnya memuat juga alat peraga interaktif, dan teori *cognitive load*. Berikut ini diuraikan teori-teori tersebut.

#### **A. Matematika**

Kata matematika dikenal oleh semua orang karena saat ini mata pelajaran matematika menjadi mata pelajaran wajib sejajar dari SD hingga SMP. Pada masa lampau matematika dikenal sebagai pelajaran berhitung yang menekankan pada cara-cara melakukan hitungan. Dilihat dari asal katanya, matematika berasal dari bahasa latin *mathain* yang berarti belajar atau *mathena* yang berarti hal yang dipelajari. Perihal definisinya, pengertian matematika sangatlah beragam dan bervariasi sesuai dengan sudut pandang siapa yang mendefinisikannya. Abraham & Luchins (Erman Suherman, 2003: 15) menuliskan bahwa “... *the question what is mathematics? May be answered difficulty, depending on when the question is answered, where it is answered, who answer it, and what is regarded as being included in mathematics.*” Banyaknya pengertian tentang apa itu matematika menunjukkan kalau peranan matematika sangat luas dan beragam sehingga untuk mendefinisikannya saja tidaklah ada kata sepakat. Materi yang dipelajari melalui matematika sangat

luas sehingga setiap orang tidak mungkin mampu menguasai pelajaran matematika seluruhnya, untuk itulah muncul cabang-cabang di dalam matematika, misalnya saja geometri, aljabar, analisis, statistik, aktuarial, terapan, diskrit, dan komputasi.

Salah seorang tokoh pendidikan matematika di Indonesia, Soedjadi (2000: 11), memberikan rangkuman tentang definisi matematika yang diambilnya dari berbagai sumber. Matematika telah didefinisikan oleh banyak ahli dan masing-masing ahli merumuskannya berdasarkan sudut pandangnya masing-masing. Beberapa di antara definisi matematika adalah sebagai berikut.

- 1) Matematika adalah cabang ilmu pengetahuan eksak dan terorganisir secara sistematis.
- 2) Matematika adalah pengetahuan tentang bilangan dan kalkulasi.
- 3) Matematika adalah pengetahuan tentang penalaran logika dan berhubungan dengan bilangan.
- 4) Matematika adalah pengetahuan tentang fakta-fakta kuantitatif dan masalah ruang dan bentuk.
- 5) Matematika adalah pengetahuan tentang struktur-struktur yang logis.
- 6) Matematika adalah pengetahuan tentang aturan-aturan yang ketat.
- 7) Matematika adalah aktivitas insani yang terkait dengan kehidupan dari manusia itu sendiri.

QIA (2008: 7) menyatakan bahwa matematika merupakan ilmu yang penting, baik dalam bidang kehidupan riil, pemerintahan, perdagangan,

peindustrian, ilmu pengetahuan, ilmu pendidikan, teknologi, maupun ilmu komputer. Pembelajaran matematika merupakan suatu prioritas utama dalam pendidikan, dikarenakan ilmu matematika merupakan pendorong utama bidang ekonomi dan pasar SDM. Dalam kehidupan sehari-hari, ilmu matematika sangat bermanfaat, contohnya dalam jual beli, dalam memahami jarak dan waktu, dalam membaca dan menyajikan data secara statistik, dan dalam masalah perencanaan pembuatan gedung.

Depdiknas (2006: 387) memandang matematika sebagai ilmu universal yang mendasari perkembangan teknologi modern, mempunyai peran penting dalam berbagai disiplin ilmu dan mengembangkan daya pikir manusia. Ciri utama matematika adalah memakai penalaran deduktif yaitu kebenaran suatu konsep diperoleh sebagai akibat logis dari kebenaran sebelumnya. Kebenaran harus berlaku secara universal dan tidak boleh dengan contoh-contoh saja. Misalkan himpunan bilangan prima merupakan himpunan bagian dari himpunan bilangan ganjil merupakan pernyataan yang salah, meskipun disana hanyalah bilangan 2 saja yang merupakan bilangan prima tetapi bukan bilangan ganjil. Matematika merupakan suatu ilmu yang mendasari perkembangan teknologi modern, mempunyai peran yang penting dalam berbagai disiplin ilmu dan memajukan daya pikir manusia (Depdiknas, 2006: 390). Mengingat pentingnya bagi kehidupan siswa di masa mendatang, matematika diberikan kepada semua siswa mulai dari SD hingga SMA untuk membekali siswa dengan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, kritis dan kreatif serta kemampuan bekerja sama.

Sejalan dengan sifat matematika yang abstrak dan merupakan alat untuk memecahkan masalah, maka Depdiknas (2006, 416-417) menetapkan tujuan dari pembelajaran matematika diberikan di sekolah-sekolah adalah siswa memiliki kemampuan sebagai berikut.

- a. Memahami konsep matematika, menjelaskan keterkaitan antara konsep dan mengaplikasikan konsep atau algoritma secara luwes, akurat, efisien dan tepat dalam pemecahan masalah
- b. Menggunakan penalaran pada pola dan sifat, melakukan manipulasi matematika dalam membuat generalisasi, menyusun bukti atau menjelaskan gagasan dan pernyataan matematika
- c. Memecahkan masalah yang meliputi kemampuan memahami masalah, merancang model matematika, menyelesaikan model dan menafsirkan solusi yang diperoleh
- d. Mengkomunikasikan gagasan dengan simbol, tabel, diagram atau media lain untuk memperjelas keadaan/masalah
- e. Memiliki sikap menghargai kegunaan matematika dalam kehidupan, yaitu: memiliki rasa ingin tahu, perhatian dan minat dalam mempelajari matematika serta sikap ulet dan percaya diri dalam pemecahan masalah  
(Depdiknas, 2006: 416-417).

## **B. Proses Pembelajaran**

Dick dan Carey (1978: 11) mengemukakan bahwa pembelajaran adalah sebuah rangkaian peristiwa atau kegiatan yang

dikerjakan secara terstruktur dan terencana dengan menggunakan sebuah atau beberapa media. Dalam konteks ini guru atau desainer pembelajaran mempunyai peran yang sangat sentral dalam menentukan berhasil tidaknya proses pembelajaran. Green (Coggins, et.al., 2007: 2) menyatakan bahwa “*effective teachers design learning activities to be challenging, engaging, relevant, and directed to student motivations.*” Peran guru dan desainer agar pembelajaran berjalan secara efektif adalah dalam hal merancang kegiatan pembelajaran yang sifatnya menantang, melibatkan siswa, relevan dengan kondisi siswa, dan mampu membangkitkan motivasi siswa. Dengan mengacu pada rancangan yang dibuatnya barulah seorang guru membuat persiapan, melaksanakan proses pembelajaran, dan kemudian mengevaluasinya.

Ausubel (Bell, 1978: 130-132) juga menegaskan bahwa proses pembelajaran yang miskin dalam hal pelibatan siswa dan esensi konten yang dipelajari maka akan menyebabkan siswa tidak mendapatkan pemahaman yang utuh, menyeluruh, serta komprehensif sehingga siswa tersebut cepat melupakannya. Teori belajar Ausubel menunjukkan bahwa pembelajaran akan menjadi bermakna apabila dirancang secara baik sehingga didalamnya memuat sebuah prosedur efektif dan seharusnya guru itu sendirilah yang membuat rancangan pembelajaran. Rancangan pembelajaran matematika yang baik, Bruner dan Kenney (Bell, 1978: 143-145), hendaknya mempertimbangkan empat ciri utama yaitu adanya konstruksi (*construction*), penotasian (*notation*), kekontrasan (*contrast*), dan konektivitas (*connectivity*).

Teori ini bisa diterapkan oleh guru dalam mengajar atau oleh pembuat program multimedia dalam merancang produk multimediana; bahkan mungkin juga perlu adanya kerjasama dari guru dan pembuat multimedia.

Agar proses pembelajaran berjalan dengan baik maka harus memperhatikan tiga prinsip pembelajaran sebagaimana yang ditunjukkan Sriraman dan English (2010: 357-359) yaitu:

- 1) Prinsip dualitas yang dimaksud adalah adanya dua hal yang muncul secara bersamaan yakni pertama mengenai bagaimana siswa mengembangkan cara berpikir untuk membentuk pemahamannya dan kedua mengenai bagaimana pemahaman siswa bisa berkembang yang dipengaruhi oleh cara berpikir siswa itu sendiri.
- 2) Prinsip kebutuhan yakni berkenaan dengan bagaimana agar siswa merasa membutuhkan untuk melakukan kegiatan belajar sehingga ia akan melaksanakan dan mengikuti pembelajaran secara baik dan muaranya akan meningkatkan tingkat intelektual siswa.
- 3) Prinsip berulang adalah bagaimana siswa secara berulang-ulang berlatih menggunakan kemampuan penalarannya untuk mengeksplorasi pemahaman dan cara berpikirnya.

Dalam menjalankan fungsinya sebagai tenaga pendidik dan pengajar, guru selaku desainer dan sekaligus aktor pembelajaran perlu memperhatikan prinsip-prinsip pembelajaran matematika matematika sekolah yang dituangkan NCTM (2000: 11) sebagai berikut.

- 1) Prinsip *Equity*. Keunggulan dalam bidang pendidikan matematika

membutuhkan dukungan semua siswa tanpa kecuali. Semua siswa mempunyai kesempatan yang sama untuk mendapatkan layanan pendidikan. Tidak boleh di dalam kelas, siswa yang lebih kaya atau piontar mendapat perhatian yang berlebih sedangkan sebaliknya siswa yang miskin atau lemah intelektualnya mendapat perhatian yang jauh lebih sedikit. Kesamaan perlakuan, perhatian, dan kesempatan yang diberikan guru haruslah sama untuk semua siswanya.

- 2) *Curriculum*. Terpenuhinya kurikulum sebagai kumpulan aktivitas-aktivitas dalam pembelajaran. Kurikulum terbagi menjadi tiga macam, pertama adalah kurikulum yang dirancang untuk dilaksanakan (*intended curriculum*) yang berisikan kurikulum dari silabi yang disiapkan oleh Kemendikbud, serta RPP (Rencana Perencanaan Pembelajaran) yang dibuat oleh gurunya. Kedua adalah pelaksanaan pembelajaran riil di kelas yang dilaksanakan oleh guru (*implemented curriculum*). Ketiga adalah pencapaian penguasaan materi kurikulum oleh siswa (*attain curriculum*)
- 3) *Teaching*. Keefektifan suatu pembelajaran membutuhkan merupakan proses pengajaran yang dilakukan dan dikendalikan oleh guru. Otoritas guru dalam menentukan ke arah mana proses pembelajaran di kelas akan di bawa manakala terjadi sesuatu yang perlu tindakan segera dari guru. Misalkan pada RPP diharapkan siswa bisa menemukan rumus dalam kelompoknya masing-masing, namun yang terjadi adalah tidak satupun siswa di kelas tersebut yang mampu menemukannya. Kondisi seperti ini

mengharuskan guru untuk mengambil tindakan dengan segera.

- 4) *Learning*. Tujuan utama dari segala proses persiapan maupun pelaksanaan pengajaran (*teaching*) yang dikerjakan guru adalah terjadinya proses belajar oleh siswa. Pengajaran dikatakan berhasil apabila siswa melakukan kegiatan belajar dengan baik. Siswa belajar matematika harus disertai dengan pemahaman dan secara aktif membangun pengetahuannya sendiri sehingga terjadi peningkatan pemahaman dibandingkan dengan yang sebelumnya.
- 5) *Assessment*. Penilaian ditujukan untuk mengetahui tingkat capaian kurikulum. Dengan *assesment* guru, siswa, kepala sekolah, orang tua, dan pemerintah dapat melakukan refleksi terhadap apa yang telah dicapai siswa selama proses belajar.
- 6) *Technology*. Salah satu penunjang pembelajaran yang penting adalah teknologi. Oleh karena itu, dalam pembelajaran matematika diperlukan peranan teknologi. Teknologi yang digunakan dalam pembelajaran matematika ada yang sederhana dan ada juga yang canggih. Salah satu teknologi yang diperlukan adalah alat peraga virtual yang berupa multimedia.

*The Mathematical Association* (Chambers, 2008: 11) mengidentifikasi kemampuan-kemampuan yang perlu dikembangkan siswa selama pembelajaran matematika. Kemampuan tersebut meliputi sebagai berikut.

- 1) Mampu membaca dan memahami bagian-bagian matematika.

- 2) Mampu mengkomunikasikan secara jelas dan urut melalui penggunaan simbol-simbol matematika.
- 3) Mampu bekerja secara jelas dan logis dalam menggunakan notasi dan bahasa yang cocok.
- 4) Mampu menggunakan metode, prosedur, dan strategi yang sesuai dengan manipulasi bilangan ataupun simbol-simbol.
- 5) Mampu memikirkan hal-hal yang nyata maupun imajiner.
- 6) Mengaplikasikan urutan; mengerjakan, memprediksi, menguji, menggeneralisasi, dan membuktikan.
- 7) Mengkonstruksi dan menguji model matematika dari situasi nyata.
- 8) Mampu menganalisis masalah dan memilih teknik untuk menyelesaikan masalah dengan tepat.
- 9) Mampu menggunakan keterampilan matematika dalam kehidupan sehari-hari.
- 10) Mampu menggunakan alat-alat secara mekanik, teknik, dan intelek.

### **C. Cognitive Load Theory**

Arti dari cognitive load theory adalah teori tentang beban kognitif yang mempelajari tentang bagaimana kognitif seseorang berkembang dan apa-apa yang merupakan beban kognitif seseorang manakala melakukan kegiatan belajar. Teori ini mendasari secara teoritis terhadap pengembangan alat peraga virtual di dalam penelitian ini. Dengan demikian konten dan cara penyajian alat peraga virtual mengacu pada teori beban kognitif.

Memahami suatu materi pembelajaran adalah proses mental kognitif yang

terjadi secara individu (Sweller, 1999). Media instruksional berfungsi untuk memfasilitasi proses tersebut. Sweller (2004) dalam *Cognitive Load Theory (CLT)* menyatakan proses memahami suatu informasi dipengaruhi oleh tiga macam beban yang diakibatkan selama proses pembelajaran, antara lain *intrinsic cognitive load*, *ekstrinsic cognitive load* dan *germane cognitive load*. *Intrinsic load* berkaitan dengan kekompleksan materi pembelajaran, *ekstrinsic load* diakibatkan oleh susunan materi pembelajaran atau desain instruksional dan *germane load* berkaitan dengan proses pengkonstruksian informasi menjadi pengetahuan. Ketiga beban ini perlu dimajemen dengan baik karena total jumlah beban yang diakibatkan sebaiknya tidak melebihi kapasitas *working memory* (memori pekerja), yaitu bagian sistem pemrosesan pengetahuan yang menyeleksi, mengorganisir dan mengkonstruksi pengetahuan (Sweller, Merrienboer dan Paas, 1998).

*Cognitive Load Theory (CLT)* adalah sebuah teori instruksional yang berawal dari sebuah ide pada memori kerja yang memiliki kapasitas terbatas. Memori kerja setiap individu dibatasi dengan respon terhadap sejumlah informasi yang dapat diterima dan sejumlah operasi yang dapat ditampilkan oleh informasi tersebut (Kane & Engle, 2002). Memahami suatu materi pembelajaran adalah proses mental kognitif yang terjadi secara individu (Sweller, 1999). Meskipun manusia berbeda sehubungan dengan sumber daya kognitif yang tersedia, seringkali perbedaan antara peserta didik yang satu dengan yang lain bukan karena jumlah sumber daya, tapi seberapa efisien sumber daya yang digunakan. Hal itu berarti seorang peserta didik dapat mendukung penggunaan memori kerja

tersebut secara efisien, terutama saat mempelajari tugas / pekerjaan yang sulit. Kita harus dapat mengenali aturan dan batasan dari memori kerja untuk membantu mengembangkan kualitas dari instruksi

Menurut CLT, kapasitas dan durasi kerja memori ini terbatas terutama ketika memproses pengetahuan yang baru. Berdasarkan teori ini, pengetahuan yang baru diproses memerlukan *prior knowledge* (pengetahuan prasyarat) untuk mengenali dan mengorganisirnya dengan baik dan tepat, serta menyimpannya di *long term memory* (memori jangka panjang) dengan bentuk jaringan atau peta pengetahuan yang baik pula. Sehingga, apabila siswa dalam mempelajari suatu permasalahan matematika tidak mempunyai *prior knowledge* yang cukup, maka perlu ada suatu pendekatan yang memudahkan siswa mengenali informasi yang sedang dihadapi.

Memori kerja sebelumnya dikenal dengan memori jangka pendek (*short term memory*). Secara fungsi, memori ini bertugas untuk mengorganisasikan informasi, memberi makna informasi dan membentuk pengetahuan untuk disimpan di memori jangka panjang. Kapasitas memori ini hanya dapat menyimpan (menahan) informasi dalam waktu pendek, sehingga disebut memori jangka pendek. Adanya pembatasan memori kerja mengharuskan instruksi (yaitu, informasi yang merupakan instruksi) dirancang sedemikian rupa sehingga memori kerja mampu memproses instruksi. Instruksi yang berupa interaksi antara tugas dan karakteristik subyek memberikan beban kognitif pada pelajar. Beban yang diberikan pada pembelajar tidak boleh melebihi kapasitas terbatas memori kerja. Beban kognitif asing adalah beban tambahan di luar intrinsik, terutama yang

dihasilkan dari instruksi dirancang dengan buruk. Misalnya, jika peserta didik harus mencari dalam bahan ajar mereka untuk informasi yang mereka butuhkan untuk melakukan tugas belajar

Berdasarkan model Paas and van Merriënboer's (1994), beban kognitif dapat ditentukan pada dasar pengetahuan peserta didik tentang tugas dan karakteristik subyek. Usaha mental adalah aspek beban kognitif yang mengacu pada kapasitas kognitif yang sebenarnya dialokasikan untuk mengakomodasi permintaan atas paksaan tugas; dengan demikian dapat dianggap sebagai refleksi beban kognitif aktual. Usaha mental diukur ketika peserta sedang mengerjakan sebuah tugas. Performansi, juga merupakan aspek beban kognitif, dapat didefinisikan sebagai prestasi belajar. Hal ini dapat ditentukan ketika orang-orang sedang mengerjakan pada suatu tugas atau setelahnya.

Teori beban kognitif (Paas, Renkl & Sweller, 2004; Sweller, 2004) menyebutkan bahwa beban kognitif dalam memori pekerja dapat disebabkan oleh tiga sumber yaitu: (1) beban kognitif instrinsik (*intrinsic cognitive load*); (2) beban kognitif ekstrinsik (*extrinsic cognitive load*) dan (3) beban kognitif konstruktif (*german cognitive load*).

Beban kognitif instrinsik ditentukan oleh tingkat kekompleksan informasi atau materi yang sedang dipelajari, sedangkan beban kognitif ekstrinsik ditentukan oleh teknik penyajian materi tersebut (Sweller & Chandler, 1994). Beban kognitif instrinsik tidak dapat dimanipulasi karena sudah menjadi karakter dari interaktifitas elemen-elemen di dalam materi. Sehingga, beban kognitif instrinsik ini bersifat tetap. Namun, beban kognitif ekstrinsik dapat

dimanipulasi. Teknik penyajian materi yang baik, yaitu yang tidak menyulitkan pemahaman, akan menurunkan beban kognitif ekstrinsik. Pemahaman suatu materi dapat mudah terjadi jika ada pengetahuan prasyarat yang cukup yang dapat dipanggil dari memori jangka panjang. Jika pengetahuan prasyarat ini dapat hadir di memori pekerja secara otomatis, maka beban kognitif ekstrinsik akan semakin minimum. Semakin banyak pengetahuan yang dapat digunakan secara otomatis, semakin minimum beban kognitif di memori pekerja. Dalam hal ini, kapasitas memori pekerja menjadi semakin meningkat.

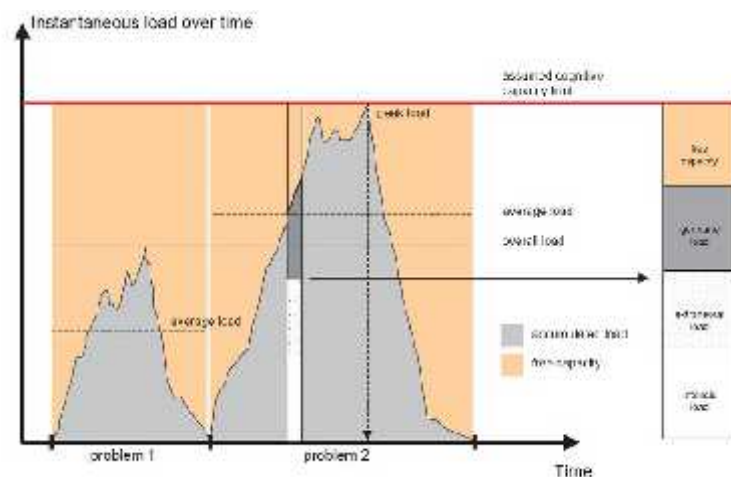
Materi yang secara intrinsik mempunyai beban berat, jika disajikan dengan baik, maka proses kognitif di memori pekerja akan berjalan dengan lancar. Sebaliknya, meskipun beban kognitif intrinsik suatu materi adalah ringan, jika disajikan dengan tidak baik, seperti terlalu banyak atau acak, maka proses kognitif di memori pekerja akan berjalan dengan lambat atau berhenti. Jika memori pekerja telah dipenuhi oleh beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik, maka tidak ada muatan yang tersisa untuk beban kognitif konstruktif. Beban kognitif konstruktif adalah beban kognitif yang diakibatkan oleh proses kognitif yang relevan dengan pemahaman materi yang sedang dipelajari dan proses konstruksi (akuisisi skema) pengetahuan. Jika tidak ada beban kognitif konstruktif, berarti memori pekerja tidak dapat mengorganisasikan, mengkonstruksi, mengkode, mengelaborasi atau mengintegrasikan materi yang sedang dipelajari sebagai pengetahuan yang tersimpan dengan baik di memori jangka panjang. Dengan kata lain, informasi yang disajikan tidak dipelajari dengan baik. Informasi tersebut mungkin berhasil disimpan di memori jangka panjang, tapi mungkin akan sulit

dipanggil kembali atau tidak terkoneksi dengan pengetahuan yang relevan. Hal ini berakibat pada lambatnya proses pembelajaran yang terkait di masa selanjutnya.

Proses kognitif konstruktif tersebut terjadi secara otomatis jika memang ada muatan di memori pekerja yang kosong akibat dari minimalnya beban kognitif intrinsic dan ekstrinsik. Tetapi, dapat dipengaruhi oleh motivasi dan sikap siswa terhadap materi yang dipelajari. Tanpa adanya motivasi dan sikap yang baik terhadap proses pembelajaran, meskipun materi telah dimanajemen dengan baik, hasil pembelajaran mungkin tidak maksimal.

Cognitive load theory terkait dengan melakukan tugas-tugas belajar dikendalikan dengan dua cara . Pertama, intrinsik dikelola oleh mengorganisir tugas-tugas belajar di kelas tugas dikembangkan dari yang mudah menuju yang sulit. Untuk tugas belajar dalam kelas yang mudah, elemen dan interaksi antara elemen harus diproses secara bersamaan di memori kerja. Tugas yang lebih kompleks, jumlah elemen dan interaksi yang diproses antara unsur-unsur meningkat. Kedua, Cognitive Load dikelola dengan memberikan sejumlah besar dukungan dan bimbingan untuk tugas belajar pertama dalam kelas. Karena informasi yang mendukung biasanya memiliki interaktivitas elemen yang tinggi, adalah lebih baik untuk tidak menyampaikannya kepada peserta didik sementara mereka bekerja pada tugas-tugas belajar. Bersamaan melakukan tugas dan mempelajari informasi yang hampir pasti akan menyebabkan kelebihan beban kognitif. Sebaliknya, informasi yang mendukung adalah yang terbaik disajikan sebelum peserta didik mulai bekerja pada tugas belajar. Dengan cara ini , skema kognitif dapat dibangun di memori jangka panjang yang kemudian dapat

diaktifkan di memori kerja selama kinerja tugas. Mengambil skema kognitif yang sudah dibangun ini diharapkan menjadi beban kognitif berkurang daripada mengaktifkan informasi kompleks disajikan dalam memori kerja selama kinerja tugas. Atribut teori beban kognitif dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Kerangka Kerja Beban Kognitif

Implikasi dari fungsi memori pekerja dalam mendesain metode pembelajaran antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari beban kognitif intrinsik dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan beban kognitif konstruktif yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan.

Desain instruksional yang tepat menurunkan asing CL tetapi meningkatkan erat CL, asalkan total CL tetap dalam batas-batas kapasitas memori kerja. Penelitian CLT telah menyebabkan perkembangan sejumlah format instruksional terutama dimaksudkan untuk mengurangi ekstinsik CL. Ini telah memungkinkan membebaskan kapasitas memori kerja yang akan digunakan untuk

pembelajaran yang efektif. Sebuah gambaran lengkap dari format instruksional CLT - based dan dasar empiris mereka diberikan oleh Sweller, van Merriënboer, dan Paas ( 1998); Paas, Renkl, dan Sweller ( 2003 ), dan Van Merriënboer dan Sweller (2005). Enam dari teknik instruksional yang paling diteliti adalah ( a ) efek tujuan bebas, ( b ) efek contoh bekerja, ( c ) efek selesai, ( d ) efek split- perhatian, ( e ) efek modalitas, dan ( f ) efek redundansi.

Efek Tujuan - bebas terjadi ketika seorang peserta didik menerima konvensional, masalah tujuan spesifik belajar kurang dari ketika ia menerima masalah non-spesifik atau tujuan-bebas untuk memecahkan. Peserta didik N dengan fokus pada tujuan pembelajaran yang spesifik terutama pada tujuan dan karena itu tidak memperhatikan informasi lainnya. Mereka membandingkan keadaan saat ini masalah (yaitu, di mana mereka) ke negara tujuan. Ini disebut means-ends pendekatan analisis (Newell & Simon, 1972) beroperasi pada prinsip berusaha untuk mengurangi perbedaan antara negara tujuan dan kodrat masalah, tetapi merupakan pendekatan yang lemah untuk pemecahan masalah, karena merupakan pendekatan atau strategi independen dari suatu masalah tertentu dan menyebabkan ekstrinsik CL tinggi, yang merugikan peserta didik. Dalam masalah tujuan bebas, pemecah masalah tidak memiliki pilihan lain selain untuk fokus pada informasi yang diberikan (data yang diberikan ) dan menggunakannya di mana mungkin, secara otomatis mendorong jalan ke depan solusi-kerja mirip dengan yang dihasilkan oleh pemecah masalah ahli. Solusi ke depan bekerja seperti memaksakan tingkat yang sangat rendah dari asing CL dan memfasilitasi pembelajaran.

Efek contoh bekerja melibatkan menggunakan contoh-contoh yang diketahui dan diselesaikan, yang mengurangi asing CL dan meningkatkan pemahaman. Sebuah contoh bekerja terdiri dari masalah dan langkah-langkah untuk solusinya. Meninjau contoh bekerja menghilangkan kebutuhan untuk menggunakan analisis means-end, karena solusi yang disediakan, maka tidak perlu lagi mencari operator untuk mengurangi perbedaan antara kondisi saat ini dan negara tujuan. Menyajikan solusi masalah memungkinkan pelajar untuk fokus pada negara-negara masalah individu, pemecahan bergerak yang terkait dengan mereka, dan negara-negara masalah yang dihasilkan dari gerakan ini masalah. Karena ini adalah jenis informasi yang terkandung dalam skema pemecahan masalah itu adalah hipotesis yang bekerja contoh akan membantu dalam akuisisi skema dan otomatisasi serta dalam mengurangi beban memori kerja karena mereka mendekonstruksi solusi masalah menjadi bagian-bagian.

Efek penyelesaian memiliki pemikiran dan efek yang sama seperti yang dari contoh bekerja. Alih-alih memberikan benar-benar bekerja keluar contoh diikuti dengan masalah, pelajar disediakan dengan selesai sebagian contoh dikerjakan. Contoh-contoh seperti memberikan bimbingan yang cukup untuk mengurangi pemecahan masalah pencarian dan asing CL sementara masalah penyelesaian memastikan bahwa peserta didik termotivasi untuk terus bekerja.

Efek split- perhatian terjadi ketika peserta didik dipaksa untuk memproses dan mengintegrasikan beberapa dan terpisah sumber-sumber informasi. Banyak bahan ajar menggunakan kedua komponen gambar dan komponen teks informasi. Seringkali, komponen bergambar (yaitu, grafis) disajikan dengan teks yang terkait

di atas, di bawah, atau di sisi itu. Ini cara presentasi memperkenalkan efek split-perhatian di mana peserta didik harus hadir untuk kedua grafis dan teks, karena tidak saja memberikan informasi yang cukup untuk memecahkan masalah. Belajar dan pemahaman hanya dapat terjadi setelah integrasi mental sumber informasi yang berbeda. Kapasitas WM yang diperlukan untuk mengintegrasikan informasi grafis dan informasi tekstual yang kemudian tersedia untuk proses pembelajaran yang mendorong. Desain instruksional yang baik menggabungkan (yaitu, fisik mengintegrasikan ) informasi grafis dan tekstual, sehingga mengurangi kebutuhan untuk pelajar untuk melakukan hal ini dan dengan demikian membebaskan WM untuk belajar. Ini adalah efek split- perhatian tradisional spasial. Selain itu, ada juga efek split-perhatian temporal yang menyatakan bahwa belajar dari sumber informasi yang saling merujuk difasilitasi jika sumber-sumber ini tidak terpisah satu sama lain dalam waktu, melainkan disajikan secara bersamaan.

Efek modalitas terjadi ketika informasi disajikan dalam dua modalitas sensorik yang berbeda , misalnya ketika informasi tekstual disajikan dalam bentuk diagram pendengaran dan informasi saat ini secara visual. Dengan memanfaatkan kedua saluran pendengaran dan visual, kapasitas WM efektif meningkat. WM diperluas ini dapat digunakan untuk mengurangi beban kerja mental dan hasil belajar yang lebih baik daripada setara, presentasi single-mode yang hanya menggunakan informasi visual (Tabbers, Martens, & van Merriënboer, 2004).

Efek redundansi menyatakan bahwa pengolahan beberapa informasi yang sama yang disajikan lebih dari sekali - seperti ketika presenter proyek slide dan kemudian membaca keras-keras kepada khalayak - memiliki efek negatif pada

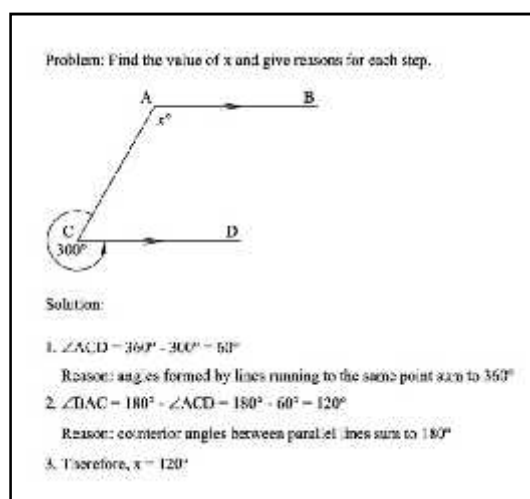
pemahaman karena meningkatkan asing CL. Efek ini terdengar kontra - intuitif karena kebanyakan orang berpikir bahwa penyajian informasi yang sama akan memiliki efek netral atau bahkan positif pada pembelajaran. Namun, penyajian informasi yang berlebihan menyebabkan peserta didik untuk tidak perlu hadir untuk bit individu informasi berulang-ulang yang dapat dipahami secara terpisah. Juga, peserta didik harus terlebih dahulu memproses informasi untuk menentukan apakah informasi dari sumber yang berbeda sebenarnya berlebihan. Proses-proses kognitif menuntut tidak memberikan kontribusi terhadap pembelajaran bermakna.

Implikasi dari cognitive load theory dalam mendesain metode pembelajaran antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari intrinsic cognitive load dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan germane cognitive load yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan serta (5) membangun susunan skema yang baik dan memfasilitasi otomatisasi skema.

Implikasi dari cognitive load theory dalam mendesain metode pembelajaran antara lain: (1) perlu memahami tingkat kekompleksan materi yang akan dipelajari atau banyaknya informasi yang akan disampaikan; (2) perlu mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa yang akan mempelajari materi yang disampaikan; (3) meminimalkan jumlah dari intrinsic cognitive load dan ekstrinsik; dan (4) memfasilitasi proses yang meningkatkan germane cognitive

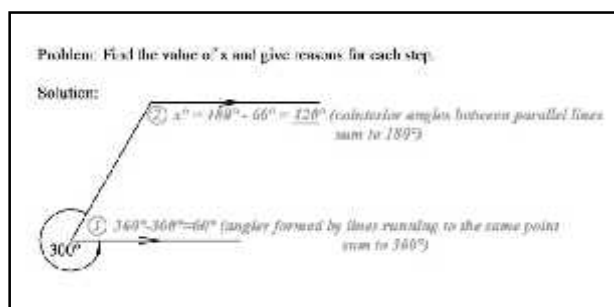
load yaitu akuisisi dan konstruksi skema pengetahuan serta (5) membangun susunan skema yang baik dan memfasilitasi otomatisasi skema.

Peneliti sebelumnya melaksanakan penelitian mengenai desain instruksional yang meminimalkan beban kognitif ekstrinsik, yaitu pasangan *worked example* dan *problem solving* (Endah Retnowati, Sweller, Ayres, 2008). Metode ini juga telah ditunjukkan keefektivannya dalam berbagai penelitian (untuk review, Atkinson, Derry, Renkl dan Worthan, 2000). Dari hasil penelitian tersebut, media instruksional perlu disajikan dengan menghindari efek perhatian terpisah (*split attention effects*) dan efek ulangan (*redundancy effects*) dalam menyajikan materi pembelajaran. Efek perhatian terpisah diakibatkan oleh penyajian dua sumber informasi secara terpisah, padahal untuk memahaminya informasi tersebut harus diintegrasikan. Contohnya adalah dalam Gambar berikut (diambil dari Endah Retnowati, dkk, 2010)



Gambar 2.2. Contoh *split attention*

Dalam mempelajari contoh soal di atas, siswa harus mengintegrasikan informasi pada gambar dan informasi pada langkah-langkah penyelesaian. Aktivitas mengintegrasikan ini menaikkan beban kognitif ekstrinsik. Alternatifnya adalah penyajian secara integratif seperti pada Gambar berikut.



Gambar 2.3. Contoh *integrated format*

Penggunaan contoh soal yang disajikan secara integratif antara gambar dan teks (verbal atau tertulis) yang berasosiasi telah ditunjukkan keefektifannya dalam pembelajaran oleh berbagai penelitian (Chandler & Sweller, 1992, Retnowati, Sweller & Ayres, 2010; Moreno & Mayer, 1999; Tarmizi & Sweller, 1988; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997; Van Gog, Paas, & Van Merriënboer, 2006). Namun, mengintegrasikan dua gambar dan ilustrasi yang berasosiasi perlu menghindari efek ulangan. Efek ini terjadi apabila gambar telah secara implisit memuat ilustrasi mengenai gambar tersebut (*self-explained figure*). Selain itu, efek ulangan ini juga dapat terjadi jika menyajikan informasi yang telah diketahui dengan baik oleh siswa (Chandler & Sweller, 1992). Dalam hal ini efek ulangan terjadi karena ada informasi yang berlebih, yaitu informasi yang disajikan dan pengetahuan yang berisi sama dengan informasi tersebut.

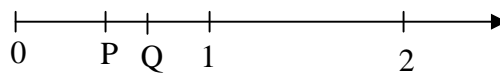
Moreno dan Mayer (1999) menghasilkan multimedia instruksional menggunakan komputer. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa materi pembelajaran berupa gambar dengan teks yang berasosiasi diintegrasikan lebih efektif dari pada yang di-split. Menggunakan multimedia memungkinkan penyajian instruksional secara audio (rekaman suara). Dalam penelitian ini, diduga, jika teks yang berasosiasi dengan gambar disajikan secara audio, media instruksional akan lebih efektif.

Pengembangan instruksional menggunakan prinsi-prinsip dalam *Cognitive Load Theory* diharapkan dapat membantu mendesain instruksional yang selaras dengan system kognitif siswa. Karena pembelajaran akan lebih berkesan jika dilaksanaka sesuai dengan karakteristik siswa, terutama cara kognitif siswa mengolah informasi menjadi konstruksi pengetahuan.

Berikut akan ditelaah permasalahan pembagian pecahan sebagai salah materi sulit bagi siswa serta sulit bagi guru dalam mengajarkannya, yakni materi pembagian dengan pecahan, dan selanjutnya dikaji pula kaitannya dengan *coginitive load theory*.

Fakta yang terjadi di sekolah di Indonesia adalah ada banyak siswa SMP yang mengalami kesulitan. Sebagai contoh, dalam TIMMS 2011 siswa SMP kelas VIII diberikan soal yang terkait dengan konten pecahan yang dalam menyelesaikannya dibutuhkan kemampuan penalaran seperti berikut. Siswa diberikan gambar garis bilangan beserta posisi bilangan 0, P, Q, 1, dan 2 seperti Gambar di bawah. Diinformasikan juga terdapat bilangan N dimana  $P \times Q = N$ . Selanjutnya siswa diminta memilih posisi titik N yang benar dari empat pilihan

jawaban yang disediakan. Pilihan jawaban yang benar adalah posisi N berada di antara 0 dan P (Mullis, Martin, Foy, dan Arora, 2011).



Gambar 2.4. Posisi Bilangan Pecahan P dan Q pada Garis Bilangan

Di antara 100 siswa yang diuji hanya 10 siswa yang mampu menjawab secara benar. Artinya hanya 10% siswa Indonesia yang menjawab secara benar. Sebagai pembanding persentase siswa yang menjawab benar dari negara Thailand, Malaysia, Singapura, dan Cina berturut-turut adalah 12%, 18%, 45%, dan 53%. Adapun rata-rata internasional yang dicapai pada soal tersebut adalah 23%. Untuk menjawab soal pilihan ganda tersebut siswa dituntut untuk mampu membaca dan memaknai posisi bilangan P dan Q yang tidak dinyatakan secara khusus nilainya dan kemudian mengidentifikasi representasi hasil kali keduanya pada garis bilangan.

Pecahan tidak hanya merupakan materi yang sulit dan kompleks namun juga merupakan intinya materi aritmetika bahkan menjadi materi yang sangat penting dalam ilmu matematika. Sulitnya pecahan tidak hanya muncul dari sisi siswa tentang bagaimana cara mempelajari dan memahaminya namun juga dari sisi guru tentang bagaimana mengajarkannya. Salah satu contoh penyebab sulitnya pecahan adalah pada operasi pembagian bilangan bulat dengan pecahan terjadi konflik antara apa yang lazim dipersepsikan siswa dengan prosep (proses dan konsep) pada pecahan. Stafylidou dan Vosniadou mengemukakan bahwa *“Notions such as “multiplication makes larger” and “division makes smaller” are often mentioned as causes of cognitive conflicts”* (Bruin-Muurling, 2012).

Pada lazimnya siswa mengenal hasil dari pembagian mengalami pengecilan pada bilangan yang dibagi, misalkan  $8 : 2 = 4$  yang mana 4 lebih kecil dari 8. Namun dalam prosep pembagian dengan pecahan, hasil pembagian terbalik menjadi membesar, misalkan  $8 : \frac{1}{2} = 16$  yang mana 16 lebih besar dari 8. Di lain pihak guru mengalami kesulitan dalam menemukan alasan yang rasional dan mudah dipahami berkenaan dengan prosep pembagian dengan pecahan. Sebaliknya sebagian besar guru mengajarkan pembagian dengan pecahan dalam kawasan matematika formal yang sangat mengedepankan matematisasi vertikal, misalkan pembagian dipandang sebagai invers dari perkalian dimana  $8 : \frac{1}{2} = 16$  karena  $16 \times \frac{1}{2} = 8$ .

Karena sulit dan kompleksnya materi pecahan bagi guru maupun siswa, maka perlu dirancang lintasan belajar materi pecahan dengan basis suatu teori. Dalam tulisan ini teori yang diacu adalah Teori Beban Kognisi (TBK) atau dikenal dengan *Cognitive Load Theory* (CLT). TBK utamanya berkenaan dengan proses belajar pada tugas-tugas kognisi yang kompleks dimana para siswa seringkali mengalami kewalahan dalam memproses secara simultan berbagai macam informasi yang saling terkait sebelum mereka memulai proses belajar bermakna (Sweller, Renk, dan Pass, 2004). Sebagai contoh dalam tugas menyelesaikan soal  $3\frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ , siswa harus menyiapkan dan mengorganisir beragam informasi tentang pengertian pembilang dan penyebut, konsep pecahan, konsep bilangan pecahan murni, konsep tentang bilangan pecahan campuran, konsep tentang pembagian, proses algoritma pembagian dengan pecahan, representasi simbolik untuk pecahan, dan pengertian  $\frac{1}{4}$  sebagai suatu unit. Kontrol

pembelajaran atas beban kognisi yang tinggi merupakan fokus utama dalam TBK. TBK berasumsi bahwa keterbatasan kapasitas memori kerja (*working memory*) dapat diefektifkan sebesar-besarnya bilamana dalam pembelajaran menggunakan materi yang dikenal siswa secara baik yakni menggunakan skema yang sudah tersimpan dalam memori jangka-panjang siswa.

Teori Beban Kognisi didasarkan pada prinsip-prinsip kognisi sebagai berikut: (1) memori jangka pendek (memori kerja) berkapasitas terbatas yakni mampu mengolah hingga tujuh unit informasi, (2) memori jangka panjang berkapasitas tak terbatas dan merupakan tempat penyimpanan semua informasi maupun pengetahuan, (3) pengetahuan disimpan dalam memori jangka panjang sebagai skema atau skemata, (4) skema, betapapun besar atau kompleks, berujud sebagai satuan tunggal dalam memori kerja, (5) skema dapat menjadi reflek atau terotomatis (Chipperfield, B. 2003). Otomatisasi skema merupakan tujuan akhir dari proses belajar, semakin ahli seorang siswa maka skema yang dimilikinya menjadi semakin reflek dan otomatis.

Menurut tipenya, beban kognisi terdiri atas tiga tipe, yaitu beban kognisi intrinsik, beban kognisi ekstraneus, dan beban kognisi germane. Kirschner (2002) dengan menggunakan siswa matematika sebagai subjek telah mendeskripsikan ketiga jenis beban kognisi sebagai berikut: (1) Beban intrinsik adalah beban pada memori yang diperlukan ketika berfikir menyelesaikan tugas atau soal dan berarti beban intrinsik menggunakan jatah memori kerja. Beban intrinsik untuk siswa matematika menjadi sangat esensial, misalkan proses menyelesaikan persamaan linear mulai dari langkah awal sampai ditemukannya

solusi yang dilakukan secara runtut. Beban intrinsik ini merupakan beban bawaan yang dimiliki oleh bahan pelajaran. Semakin sulit dan rumit suatu materi semakin besar pula beban intrinsik yang dibawanya; (2) Belajar merupakan proses dari “baru mengenal” menuju “menjadi ahli” dan penambahan skema baru ke dalam beban pada memori kerja. Memori kerja ini memproses informasi baru ke dalam skema yang dimilikinya agar menjadi skema yang lebih luas dan kompleks. Beban pada proses belajar yang menempati memori kerja ini disebut dengan beban kognisi germane; dan (3) Guru melalui penjelasannya, buku melalui format penyajiannya, dan pengaruh gangguan eksternal serta emosi internal semuanya merupakan bentuk dari beban kognisi ekstranus. Beban ekstranus ini mengurangi efektivitas memori kerja pada siswa karena beban ekstranus justru menjauhkan siswa dari hakekat sebenarnya tentang proses belajar. Beban kognisi ekstranus ini tidak berkontribusi pada proses belajar siswa. Hubungan ketiga beban kognisi tersebut dirumuskan sebagai berikut.

$$I_{\text{intrinsik}} + G_{\text{germane}} + E_{\text{ekstranus}} = T_{\text{total beban kognisi}}$$

Pada rumus di atas, faktor **I** tidak dapat diubah karena bergantung pada tugas atau problem yang diberikan. Kemudian faktor **G + E** dapat berubah-ubah kombinasi besarnya. Jika **G** mengecil maka **E** membesar dan sebaliknya. Semakin banyak beban ekstranus mengakibatkan semakin sedikitnya beban germane. Guru dalam mendesain pembelajaran hendaknya membatasi beban ekstranus dan mengembangkan aktivitas presentasi yang mempercepat pembentukan skema dan meningkatkan beban germane. Oleh karenanya perlu dipertimbangkan faktor-

faktor atau variabel yang dapat dimodifikasi agar memfasilitasi meningkatnya beban *germane* dan mengurangi beban *ekstranus*.

Banyak guru matematika, terutama di tingkat SD, yang mengajarkan operasi dua pecahan dengan cara mengenalkan dan menjelaskan prosedur algoritmanya dalam area matematika formal. Guru tersebut memberikan beban *ekstranus* yang terlalu besar bagi siswanya dan berdampak pada beban *germane* siswa menjadi mengecil dan yang terjadi adalah pembelajaran menjadi kurang bermakna (*meaningless*) bagi siswa. Skema pecahan yang telah dimiliki siswa tidak berkembang secara signifikan sebagai akibat dari proses belajar tersebut. Sebenarnya, beban *ekstranus* bisa diperkecil apabila guru menggunakan konteks yang dikenal baik oleh siswa. Melalui konteks sebagai *starting point* pembelajaran, kemudian penggunaan model non formal oleh siswa, dan akhirnya menemukan rumus atau algoritma dengan menggunakan simbol matematika merupakan salah satu acara agar proses abstraksi berjalan secara produktif dalam diri siswa.

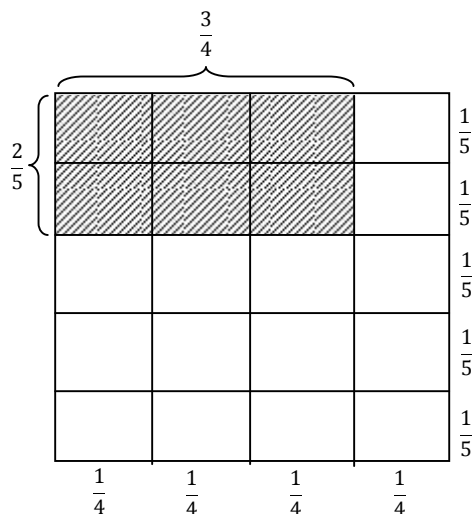
Terkait dengan soal-soal pada pecahan, terdapat tiga bentuk tugas yakni berupa: soal naratif, soal yang dilengkapi dengan piktorial, dan soal yang sepenuhnya menggunakan simbol-simbol matematis. Meskipun materi paling abstrak dari operasi pecahan adalah penggunaan simbol, namun pemberian soal naratif dan pemberian bentuk piktorial sangat membantu siswa dalam mengkonstruksi skema pecahan ke dalam memori jangka panjangnya. Secara umum sajian piktorial mampu mengurangi beban kognisi siswa.

Streefland (1991) telah mengembangkan suatu kurikulum pecahan dengan menggunakan prinsip *Realistic Mathematics Education (RME)*. Prinsip-prinsip yang diacu Streefland adalah: (1) eksplorasi fenomena-fenomena yang terkait dengan konsep perkalian dan pembagian pecahan, (2) penggunaan konteks sebagai lahan aplikasi pecahan, (3) penggunaan model maupun skema guna mendukung algoritmanisasi atau matematisasi, (4) ingatan wawasan dengan cara menjaga sumber-sumber terbuka, dan terakhir (5) skematisasi dan matematisasi progresif. Urutan kelima prinsip tersebut ditujukan agar beban ekstraneus mengecil dan sebagai gantinya memori kerja siswa banyak digunakan untuk proses membangun pengetahuan oleh siswa itu sendiri. Ini berarti beban germane semakin meningkat dalam memori kerja siswa.

Dalam menggunakan representasi pecahan yang berbentuk piktorial, begitu sebuah manifestasi piktorial suatu operasi dipilih (misalkan pecahan direpresentasikan memakai garis bilangan) maka representasi garis bilangan tersebut tetap digunakan pada proses belajar berikutnya. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga agar memori kerja yang digunakan siswa dalam belajar menjadi lebih produktif dalam membentuk skema baru yang lebih kompleks. Proses belajar selanjutnya yang dimaksud adalah mengenai konsep dua pecahan senilai, urutan dua pecahan, operasi penjumlahan, operasi pengurangan, operasi perkalian, serta operasi pembagian. Pada pelaksanaannya untuk keperluan lebih lanjut, diperlukan juga tambahan garis bilangan dengan dua skala, tabel perbandingan, dan kesamaan antara model melingkar dan model lurus atas garis bilangan. Proses pengembangan perkalian secara formal bisa juga dengan memanfaatkan model

daerah berpetak yang nantinya sekaligus dapat digunakan juga dalam mengajarkan sifat komutatif pada perkalian. Sebagai contoh, perkalian antara  $\frac{2}{5}$  dan  $\frac{3}{4}$  dapat digunakan representasi piktorial.

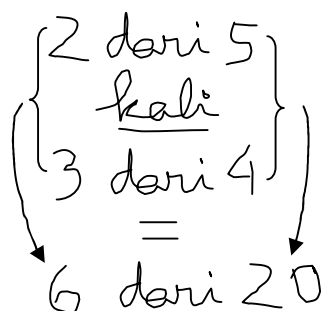
Pada gambar Representasi Piktorial di bawah, setiap baris merupakan satu pecahan  $\frac{1}{5}$  dan setiap kolom melambangkan satu pecahan  $\frac{1}{4}$  sehingga hasil kali dari  $\frac{2}{5}$  dan  $\frac{3}{4}$  adalah  $\frac{6}{20}$  yang senilai dengan  $\frac{3}{10}$ . Melalui gambar yang sama, bilamana diubah urutannya menjadi kolom kemudian baris, diperoleh pula hasil kali  $\frac{3}{4}$  dan  $\frac{2}{5}$  adalah juga  $\frac{6}{20}$  yang senilai dengan  $\frac{3}{10}$ . Kedua hasil ini menunjukkan bahwa keberlakuan sifat komutatif perkalian dua pecahan yakni  $\frac{2}{5} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{4} \times \frac{2}{5}$ .



Gambar 2.5. Representasi piktorial perkalian dua pecahan

Pecahan  $\frac{2}{5}$  dimaknai sebagai 2 dari 5 baris dan  $\frac{3}{4}$  dimaknai sebagai 3 dari 4 kolom. Kedua pecahan tersebut menggunakan daerah persegi besar sebagai satu unit. Selanjutnya dengan unit yang sama diperoleh hasil kali dari  $\frac{2}{5}$  dan  $\frac{3}{4}$  sama

dengan  $\frac{6}{20}$  yang dimaknai sebagai 6 dari 20 petak kecil. Perlu dicatat bahwa 20 petak kecil diperoleh dari dibuatnya 5 baris dan 4 kolom. Representasi perpaduan narasi dan piktorial atas algoritma perkalian antara dua pecahan tampak seperti Gambar berikut.



Gambar 2.6. Representasi Perpaduan Algoritma Perkalian Dua Pecahan

Berbeda dengan representasi piktorial, algoritma perkalian pada representasi perpaduan telah menghilangkan kata-kata bantu yang berupa baris, kolom, dan petak kecil. Oleh karenanya representasi perpaduan seperti itu akan kehilangan maknanya manakala tidak dikaitkan dengan representasi piktorialnya. Dua langkah berikutnya pertama adalah melakukan algoritma perkalian dalam bentuk simbol-simbol, yakni  $\frac{2}{5} \times \frac{3}{4} = \frac{2 \times 3}{5 \times 4} = \frac{6}{20}$ , dan tahap kedua adalah menggeneralisasinya melalui proses matematisasi vertikal menjadi rumus umum perkalian dua pecahan, yaitu  $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{a \times c}{b \times d}$ .

Uraian di atas merupakan contoh dari lintasan pembelajaran perkalian dua pecahan yang memanfaatkan Teori Beban Kognisi. Lintasan belajar pecahan disusun secara urut dengan menyajikan soal pecahan dalam bentuk soal cerita yang kontekstual dan dikenal baik oleh siswa, penggunaan model-dari (*model-of*

*situation*) dan model-untuk (*model-for mathematics*) yang memuat bentuk piktorial, dan terakhir proses penggunaan simbol-simbol matematika.

#### **D. Adaptive e-learning**

Ada banyak format elearning yang dikembangkan untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Pada umumnya, elearning terdiri dari multimedia yang menyediakan serangkaian materi pembelajaran dengan animasi dan latihan soal dengan umpan balik. Dengan elearning tradisional ini, semua siswa mengikuti alur pembelajaran yang sama meskipun perkembangan kognitif mereka selama pembelajaran berbeda. Selain itu, guru hanya dapat mengontrol hasil akhir penilaian dan sulit untuk menganalisis perkembangan kognitif siswa selama kegiatan elearning itu maupun memberikan umpan balik seketika ketika salah paham terjadi pada konsep tertentu selama proses pembelajaran. Format elearning yang seperti ini mungkin terlihat mutakhir namun keefektifannya perlu dipertanyakan karena setiap siswa mempunyai kemampuan kognitif yang berbeda-beda.

*Adaptive elearning platform* (Ben-Naim, Bain & Marcus, 2009) adalah suatu implementasi berbasis web yang terdiri dari perangkat-perangkat virtual untuk mengembangkan isi elearning. Lebih khusus lagi, platform ini digunakan untuk memfasilitasi siswa dengan kegiatan pembelajaran yang dapat disesuaikan dengan perkembangan kognitifnya (*adaptive*), memberikan umpan balik (*reflective*) dan memfasilitasi guru dengan perangkat untuk memonitor

perkembangan kognitif siswa ketika memahami suatu materi dan menganalisa kemajuannya.

Ada tiga perangkat adaptive tutorial yang disediakan (Marcus, Ben-Naim & Bain, 2011): (1) umpan balik pada konsep spesifik yang tidak dipahami siswa; (2) aktifitas pembelajaran yang dirancang spesifik per spesifik kesalahpahaman konsep dimana alurnya dapat dilacak sesuai performa siswa; (3) guru dapat merefleksi dan memodifikasi kegiatan pembelajaran die learning tersebut sesuai hasil analisis sikap dan capaian siswa selama pembelajaran.

Mode interaktif yang dapat dikembangkan secara efisien di adaptive elearning sesuai dengan perkembangan setiap siswa ini yang memungkinkan sebuah laboratorium virtual. Prusty, Russell, Ford, Ben-Naim, Ho, Vrcelj & Marcus (2011) telah mengembangkan laboratorium virtual untuk bidang teknik di University of New South Wales, Australia sejak tahun 2006. Inovasi terbaru *open source application* dari UNSW ini dapat dimanfaatkan di Indonesia untuk membangun laboratorium virtual yang sangat diperlukan ketika laboratorium secara fisik sangat sulit dijangkau. Yang diperlukan hanyalah akses ke internet untuk memperoleh aplikasi *adaptive elearning* tersebut.

Pembelajaran dengan menggunakan media IT merupakan salah satu strategi pembelajaran yang sangat disenangi dan ditunggu oleh siswa, karena tidak dapat dipungkiri lagi bahwa ketertarikan siswa untuk menguasai teknologi sangat besar, ini dapat kita lihat begitu banyak siswa baik di usia non sekolah (usia dini) maupun usia sekolah yang kehilangan waktu belajar karena asyik dengan dunia teknologi seperti bermain *game*, bermain *handphone* dan bermain komputer. Oleh

karena itu, pendekatan pembelajaran yang memperhatikan dunia siswa yaitu berkaitan dengan dunia IT merupakan keharusan yang tidak dapat ditawar-tawar lagi untuk menciptakan antusias dan motivasi belajar, apabila hal ini tidak dapat dipenuhi, tentunya pembelajaran sudah tidak menjadi perhatian utama siswa.

Guru sebagai salah satu fasilitator dalam pembelajaran tentunya sudah tidak dapat berpangku tangan melihat tantangan ini, guru harus “melek teknologi” agar dapat mengakomodasi kebutuhan siswa dalam pembelajaran. Begitu banyak penelitian telah dilakukan bahwa penggunaan teknologi komputer dalam pembelajaran sangat berpotensi meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami, dan mengkonstruksi ilmu pengetahuan, oleh karena itu guru hendaknya mampu menciptakan teknologi pembelajaran yang interaktif dan konstruktif yaitu menggunakan media komputer. Pembelajaran matematika yang menggunakan media komputer perkembangannya sangat pesat, begitu banyak pembelajaran matematika dewasa ini disajikan dengan media interaktif berupa CD pembelajaran dan media internet (*e-learning*), namun media yang tersedia dipasaran kadangkala tidak sesuai dengan kebutuhan kurikulum dan kebutuhan siswa, dengan demikian guru sebagai subjek pendidikan yang memahami kurikulum dan kebutuhan siswanya hendaknya mampu menciptakan sendiri media interaktif bagi siswanya.

Seiring dengan kebutuhan akan metode dan konsep pembelajaran yang lebih efektif dan efisien, pemanfaatan teknologi informasi untuk pendidikan menjadi tidak terelakkan lagi. Konsep yang kemudian terkenal dengan sebutan *e-learning* ini membawa pengaruh terjadinya proses transformasi pendidikan

konvensional ke dalam bentuk digital, baik secara isi (contents) maupun sistemnya. *E-learning* yang merupakan suatu metode pembelajaran elektronik lahir dan berkembang sejalan dengan pesatnya perkembangan komputer. *E-learning* yaitu bentuk pengajaran dan pembelajaran yang menggunakan rangkaian elektronik untuk penyampaian isi, interaksi ataupun dari segi penggunaan media berbasis web. *E-learning* mempermudah interaksi antara siswa dengan bahan/materi pelajaran.

Demikian juga interaksi antara guru dengan siswa maupun antar sesama siswa. Siswa dapat saling bertukar informasi dan guru dapat menempatkan bahan-bahan belajar dan tugas-tugas yang harus dikerjakan siswa, termasuk juga soal-soal ujian yang hanya dapat diakses oleh siswa. Pemanfaatan *e-learning* sangat diunggulkan dibandingkan dengan pembelajaran konvensional secara tatap muka (*face to face*) karena dengan *e-learning*, pembelajaran dapat lebih terbuka dan fleksibel, dapat terjadi kapan saja, di mana saja, dengan siapa saja. Intinya perkembangan ini mendorong perubahan paradigma pendidikan dari *teacher centered learning* menjadi *student centered learning*. Tetapi untuk mengarah kepada pelaksanaan maksimal *e-learning*, seringkali kesiapan sumber daya manusia menjadi salah satu tantangannya.

Darin dalam Romi (2007) mengatakan bahwa *e-learning* adalah suatu jenis belajar mengajar yang memungkinkan tersampainya bahan ajar ke siswa dengan menggunakan media Internet, Intranet atau media jaringan komputer lain. Saat ini konsep *e-learning* sudah banyak diterima oleh masyarakat dunia, terbukti dengan maraknya implementasi *e-Learning* di lembaga pendidikan (sekolah,

training dan universitas) maupun industri (Cisco Systems, IBM, HP, Oracle, dsb). Konsep *e-learning* semakin berkembang karena memiliki banyak keuntungan dibandingkan sistem konvensional. Model *e-learning* secara umum memberikan kesempatan bagi siswa dan juga guru belajar yang nyaman tanpa adanya tatap muka secara langsung dalam waktu yang bersamaan.

Penggunaan *e-learning* juga tidak lepas dari perkembangan internet. Internet adalah alat pembelajaran penting dalam proyek kaya teknologi yang disebut *Cooperative Networked Educational Community of Tomorrow (CONNECT)*. Pembelajaran menggunakan internet salah satu metode pembelajaran yang berpusat pada siswa (*learner-center*) yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk lebih aktif, konstruktif dan mengeksplorasi sendiri pengetahuannya. Yu dkk (2006) mengemukakan bahwa istilah *e-learning* mengarah pada pembelajaran secara online melalui *World Wide Web* menggunakan internet umum atau pribadi. Dengan adanya internet yang berkembang pesat dan luas, *e-learning* juga menjadi pilihan bagi banyak siswa dan guru. Banyaknya kemajuan yang dapat dilihat dari pembelajaran ini sangat dipengaruhi oleh perkembangan teknologi dalam bidang infrastruktur. Pembelajaran Matematika dengan menggunakan internet atau *e-learning* memberikan kesempatan kepada siswa untuk lebih aktif dan konstruktif. Pembelajaran dengan internet membantu siswa memahami bagaimana pengetahuan dan pemahaman dikonstruksi secara sosial dan memberikan kesempatan kepada siswa untuk memikirkan, merevisi dan mengubah pemikiran mereka sendiri.

Beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan guru dalam melakukan pembelajaran dengan media internet adalah sebagai berikut

1. Menentukan situs (web) yang akan digunakan dalam pembelajaran.

Sebelum melakukan pembelajaran dikelas/diruangan komputer bersama siswa, seorang guru haruslah terlebih dahulu menginvestigasi situs-situs atau alamat web yang akan dikunjungi siswa.

2. Menentukan Tujuan Pembelajaran.

Seorang guru harus menentukan terlebih dahulu tujuan pembelajaran sebelum anak mengeksplorasi pengetahuannya lewat media internet agar siswa lebih terarah dan memiliki target pembelajaran.

3. Menentukan Jenis Penilaian yang digunakan

Menentukan jenis penilaian yang akan digunakan merupakan hal penting yang tidak boleh dilupakan guru, karena proses kerja anak akan lebih terarah dan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Banyak alat penilaian yang telah tersedia dalam internet, seperti soal latihan *on-line* dan *games* yang mampu mengantarkan siswa untuk mengkonstruksi pengetahuannya. Dalam hal ini guru hanya sebagai fasilitator dan observer, guru tidak harus ceramah dan banyak mendikte siswa karena siswa akan menemukan dan mengeksplorasi sendiri pengetahuannya.

4. Menjelaskan target dan kesimpulan dari pembelajaran

Di akhir awal pembelajaran guru sebaiknya menjelaskan target yang harus dicapai, begitu juga diakhir pembelajaran memberikan kesimpulan terhadap

kegiatan pembelajaran secara keseluruhan merupakan bagian yang tidak boleh dilupakan guru demi mempertahankan makna pembelajaran tersebut

Namun, pembelajaran *e-learning* juga membawa beberapa masalah di antaranya tidak berjalannya materi pelajaran sesuai waktunya dan tidak adanya kesempatan bagi guru untuk membantu siswa dalam belajar. Sistem *adaptive learning* kemudian lahir untuk dapat menyelesaikan masalah tersebut. Sistem *adaptive learning* membuat belajar menjadi lebih sederhana, lebih efisien, lebih dapat diatur, dan seluruh peranan siswa dalam pembelajaran dapat berjalan lancar (Li dkk, 2010). Dalam *adaptive learning*, pembelajar dituntut untuk menemukan metode baru dan prosedur untuk menyelesaikan masalah tertentu sehingga membutuhkan pengetahuan yang relevan dalam penyelesaiannya. Dengan kata lain, siswa akan memperoleh pengetahuan deklaratif dan prosedural sekaligus.

*Adaptive learning* bersumber dari pembelajaran konstruktivis dan teori fleksibilitas. Li dkk (2010) menyatakan bahwa *adaptive learning* adalah salah satu strategi pembelajaran di mana dalam menyelesaikan suatu masalah, pembelajar memperoleh pengetahuan dan keterampilan melalui pemikiran positif dan pengoperasian. *Adaptive learning* adalah pembelajaran aktif, di mana pembelajar dapat memonitor proses pembelajarannya dan memilih materi pembelajaran yang paling sesuai serta strategi yang mereka bisa gunakan berdasarkan kebutuhan mereka. Sistem *adaptive learning* memiliki kemampuan untuk mendiagnosa secara komprehensif level pembelajar dan kondisi psikologisnya, sehingga dapat menghadirkan materi pembelajaran yang sesuai dan menyediakan dukungan sesuai dengan pre tes dan proses pembelajaran yang telah dialami siswa.

Penelitian yang berkaitan dengan pembelajaran online ini sangat populer saat sekarang. Namun, penelitian yang sangat menantang dari semua jenis penelitian adalah bagaimana cara untuk menyediakan sistem *adaptive e-learning*. Untuk memperoleh efisiensi, sistem *adaptive e-learning* dapat dilakukan dengan memodelkannya sebagai garis lurus di mana setiap titik dalam garis merepresentasikan sebuah objek pembelajaran (Viet dan Si, 2006). Tiap objek pembelajaran terdiri dari sebuah konsep, sebuah objek, sebuah gambar, atau audio. Dua titik dapat terhubung jika terdapat hubungan ketergantungan antara keduanya. *Adaptive e-learning* haruslah bersifat efisien. Untuk memperoleh kemampuan adaptasi dan efisiensi tersebut terdapat dua solusi yang ditawarkan, yaitu menekankan pada kebutuhan *e-learning* yang *adaptive* dan menekankan pada efisiensi dengan memilih jalur pembelajaran yang hanya memerlukan biaya dan usaha yang minimal. Carchiolo dkk (2002) mengajukan sistem *adaptive e-learning* yang menawarkan siswa seluruh jalur yang bersumber dari pengetahuan awal sampai kepada pengetahuan yang ingin diperoleh. Jalur ini dioptimalkan berdasarkan profil siswa dan profil guru.

#### **E. Media**

Kata media berasal dari bahasa Latin dan merupakan bentuk jamak dari kata medium yang secara bahasa berarti perantara atau pengantar. Menurut Bovee dalam Ouda (2001) media adalah sebuah alat yang mempunyai fungsi menyampaikan pesan. Media merupakan wadah dari pesan yang oleh sumber pesan ataupun penyalurnya ingin diteruskan kepada sasaran atau penerima pesan tersebut. Menurut Asosiasi Pendidikan Nasional (National Education Association/NEA) media adalah bentuk-bentuk komunikasi baik tercetak maupun

audio-visual serta peralatannya. Media hendaknya dapat dimanipulasi, dapat dilihat, didengar dan dibaca. (Agus dkk, 2006).

Media dapat dikelompokkan menjadi lima, yaitu:

1. media visual, yaitu media yang hanya dilihat, seperti foto, gambar, grafik
2. media audio adalah media yang hanya dapat didengar saja, seperti radio, MP3 player, ipod
3. media audio visual, yaitu media yang dapat dilihat sekaligus dapat didengar, seperti film bersuara, video, dan televisi
4. multimedia, yaitu media yang dapat menyajikan unsur media secara lengkap, seperti suara, animasi, video, dan film.
5. media realita, yaitu semua media nyata yang ada di lingkungan alam, baik digunakan dalam keadaan hidup maupun diawetkan, seperti tumbuhan, batuan, binatang, air, sawah, dan sebagainya.

Secara umum media mempunyai kegunaan memperjelas penyajian pesan agar tidak terlalu bersifat verbalistis (dalam bentuk kata-kata atau lisan belaka); mengatasi keterbatasan ruang, waktu, dan daya indra; menimbulkan gairah belajar; interaksi lebih langsung antara siswa dengan sumber belajar; memberi rangsangan yang sama, mempersamakan pengalaman dan menimbulkan persepsi yang sama; memungkinkan siswa belajar mandiri menurut kemampuan dan minatnya (Arif dkk, 2008).

Dalam pembelajaran, media adalah segala sesuatu yang digunakan untuk menyalurkan pesan, dapat merangsang pikiran, perasaan, minat serta perhatian siswa sehingga proses belajar terjadi. Menurut Azhar (2002) media pembelajaran

adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menyampaikan pesan pembelajaran. Media pembelajaran merupakan salah satu komponen pendukung keberhasilan proses belajar mengajar. Ini juga didukung oleh UU RI No.20 Tahun 2003 Pasal 1 ayat 20 yang menyatakan bahwa pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Media pembelajaran juga bermanfaat untuk melengkapi, memelihara, dan meningkatkan kualitas dan proses pembelajaran yang sedang berlangsung. Ragam dan jenis media cukup banyak sehingga dapat dimanfaatkan sesuai dengan kondisi, waktu, keuangan, maupun materi yang akan disampaikan (Cecep, 2011). Media juga berfungsi untuk pembelajaran individual di mana kedudukan media sepenuhnya melayani kebutuhan belajar siswa. Kehadiran media pembelajaran tidak saja membantu pengajar dalam menyampaikan materi ajarnya, tetapi memberikan nilai tambah pada kegiatan pembelajaran.

Penggunaan media dalam pembelajaran memang sangat disarankan, tetapi dalam penggunaannya tidak semua media dikatakan media yang baik. Ada hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan media, antara lain tujuan pembelajaran, sasaran, karakteristik media yang bersangkutan, waktu, biaya, ketersediaan sarana, konteks penggunaan, dan mutu teknis. Penggunaan media yang tepat akan sangat menunjang keberhasilan dalam proses pembelajaran. Sebaliknya, penggunaan media yang tidak tepat hanya akan menghambur-hamburkan biaya dan tenaga, terlebih bagi ketercapaian tujuan pembelajaran akan jauh dari apa yang diharapkan.

Kemp dan Dayton dalam Sigit (2007) mengemukakan manfaat penggunaan media dalam pembelajaran di antaranya adalah:

1. Penyampaian materi dapat diseragamkan;
2. Proses pembelajaran menjadi lebih jelas dan menarik;
3. Proses pembelajaran menjadi lebih interaktif;
4. Efisiensi waktu dan tenaga;
5. Meningkatkan kualitas hasil belajar siswa;
6. Media memungkinkan proses belajar dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja;
7. Media dapat menumbuhkan sikap positif siswa terhadap materi dan proses belajar; dan
8. Mengubah peran guru kearah yang lebih positif dan produktif.

Hamalik (1996) mengemukakan bahwa pemakaian media pembelajaran dapat membangkitkan keinginan dan minat baru, membangkitkan motivasi, dan rangsangan kegiatan belajar, dan akan membawa pengaruh-pengaruh psikologis terhadap siswa. Selain itu, media pembelajaran juga dapat membantu siswa meningkatkan pemahaman, menyajikan data dengan menarik dan terpercaya, memudahkan penafsiran data, dan memadatkan informasi.

Ciri umum media pembelajaran adalah:

1. Media pendidikan memiliki pengertian fisik yang dewasa ini dikenal sebagai *hardware* (perangkat keras

2. Media pendidikan memiliki pengertian non-fisik yang dikenal sebagai *software* (perangkat lunak)
3. Penekanan media pendidikan terdapat pada visual dan audio.
4. Media pendidikan memiliki pengertian alat bantu pada proses belajar baik di dalam maupun di luar kelas.
5. Media Pendidikan digunakan dalam rangka komunikasi dan interaksi guru dan siswa dalam proses pembelajaran.
6. Media pendidikan dapat digunakan secara massal, televisi, kelompok besar dan kelompok kecil, atau perorangan.
7. Sikap, perbuatan, organisasi, strategi, dan manajemen yang berhubungan dengan penerapan suatu ilmu.

Media yang akan digunakan dalam proses pembelajaran memerlukan perencanaan yang baik. Heinich, dan kawan-kawan dalam Azhar (2005) mengajukan model perencanaan penggunaan media yang efektif dikenal dengan istilah ASSURE (*Analyze learner characteristics* menganalisis karakteristik umum kelompok sasaran), *State objective* (menyatakan atau merumuskan tujuan pembelajaran), *Select or modify media* (memilih, memodifikasi, atau merancang dan mengembangkan materi dan media yang tepat), *Utilize* (menggunakan materi dan media), *Require learner response* (meminta tanggapan dari siswa) and *Evaluate* (mengevaluasi proses belajar). Kriteria pemilihan media bersumber dari konsep bahwa media merupakan bagian dari sistem instruksional secara keseluruhan. Ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan media yaitu:

1. Keterbatasan sumber setempat.. Media yang bersangkutan tidak terdapat pada sumber-sumber yang ada, maka harus dibeli atau dibuat sendiri.
2. Apakah untuk membeli atau memproduksi sendiri ada dana, tenaga dan fasilitasnya.
3. Faktor yang menyangkut keluwesan, kepraktisan dan ketahanan media yang bersangkutan untuk waktu yang lama. Bisa digunakan dimanapun dengan peralatan yang ada disekitarnya dan kapan pun serta mudah dijinjing dan dipindahkan.
4. Efektifitas dalam jangka waktu yang panjang.

Kriteria pemilihan media menurut Nana dan Ahmad (2002) adalah

1. Ketepatannya dengan tujuan pelajaran; artinya media pembelajaran dipilih atas dasar tujuan-tujuan instruksional yang telah ditetapkan. Tujuan-tujuan instruksional yang berisikan unsur pemahaman, aplikasi, analisis, sintesis lebih memungkinkan digunakannya media pembelajaran.
2. Dukungan terhadap isi bahan ajar; artinya bahan ajar yang sifatnya fakta, prinsip, konsep dan generalisasi sangat memerlukan bantuan media agar lebih mudah dipahami siswa.
3. Kemudahan memperoleh media; artinya media yang diperlukan mudah diperoleh, setidak-tidaknya mudah dibuat oleh guru pada waktu mengajar.
4. Dengan kriteria pemilihan media di atas, guru dapat lebih mudah , menggunakan media mana yang dianggap tepat untuk membantu mempermudah tugas-tugasnya sebagai pengajar.

5. Kehadiran media dalam proses pembelajaran jangan dipaksakan sehingga mempersulit tugas guru, tapi harus sebaliknya yakni mempermudah guru dalam menjelaskan bahan pengajaran.
6. Oleh sebab itu media bukan keharusan tetapi sebagai pelengkap jika dipandang perlu untuk mempertinggi kualitas belajar dan mengajar.

## **F. Komputer**

Perkembangan *Information and Communication Technology* (ICT) atau Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) semakin pesat dan telah melanda banyak negara di dunia termasuk di negara berkembang seperti Indonesia. Kehadiran dan kecepatan perkembangan teknologi ini telah menyebabkan terjadinya proses perubahan yang dramatis dalam segala aspek kehidupan. Kondisi ini tentu tidak memberikan pilihan lain kepada dunia pendidikan selain turut serta dalam memanfaatkannya. Di sektor pendidikan, telah banyak dicoba penggunaan teknologi ini untuk meningkatkan mutu proses pembelajaran yang dikenal dengan istilah pembelajaran berbasis ICT.

Kehadiran dan keberadaan komputer sebagai satu sisi dari produk ICT mulai menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat. Sejak ditemukan ENIAC pada tahun 1946 di Amerika, perkembangan komputer sangat pesat (Erman dkk, 2001). Oleh karena itu tidak heran jika dalam berbagai aktivitas kehidupan manusia komputer memegang peranan penting dalam membantu mempermudah dan memperlancar berbagai kegiatan. Komputer berasal dari bahasa Latin "*computare*" yang berarti menghitung (*to compute*). Menurut Azhar (2005) komputer adalah mesin yang dirancang khusus untuk

memanipulasi informasi yang diberi kode, mesin elektronik yang otomatis melakukan pekerjaan dan perhitungan sederhana dan rumit.

Dalam dunia pendidikan, komputer memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya pembelajaran matematika. Penggunaan teknologi tersebut dapat dijadikan sebagai upaya alternatif untuk menyampaikan materi pelajaran secara bermakna yang dapat membangun konstruksi pengetahuan siswa, dan sekaligus dapat dijadikan sebagai upaya untuk dapat meminimalkan kesan negatif anak terhadap pelajaran ini serta menumbuhkan minat dan motivasi belajar siswa. Banyak hal abstrak yang sulit difikirkan siswa dapat dipresentasikan melalui simulator komputer. Hal ini tentu saja memberikan dampak yang signifikan dalam perkembangan pemahaman siswa. Saat sekarang ini sudah banyak sekolah yang menyediakan fasilitas komputer bagi siswa. Bahkan diberbagai sekolah, pembelajaran mengenai penggunaan komputer diwajibkan bagi seluruh siswa.

Azhar (2005) mengungkap beberapa kelebihan penggunaan komputer dalam pembelajaran, di antaranya,

1. Komputer dapat mengakomodasi siswa yang lamban menerima pelajaran,
2. Komputer dapat merangsang siswa untuk melakukan latihan,
3. Komputer dapat menyesuaikan tingkat kecepatan belajar siswa,
4. Komputer dapat merekam aktivitas penggunaan media pembelajaran sehingga dapat memantau perkembangan setiap siswa,
5. Komputer dapat dihubungkan dan mengendalikan alat lain.

6. Komputer yang digunakan untuk tujuan pelaksanaan pembelajaran mempunyai

### **G. Media Interaktif Komputer**

Teknologi adalah bagian penting dari dunia pendidikan, karena teknologi sangat membantu tercapainya tujuan pendidikan. Teknologi memberikan nuansa baru dalam penyajian informasi, khususnya informasi dalam pembelajaran. Penggunaan teknologi di lingkungan pendidikan khususnya lingkungan kelas dapat digunakan untuk mendobrak isolasi kelas tradisional, siswa didorong untuk berkomunikasi secara elektronik dengan komunitas pembelajaran diluar dinding kelas. Teknologi dan pendidikan merupakan dua hal yang tak dapat dipisahkan selama beberapa dekade terakhir, komputer tidak hanya digunakan sebagai media pengajaran tetapi juga digunakan sebagai media penilaian, dalam hal ini komputer bisa dipakai untuk menyusun, mencetak, mengelola dan menilai tes, menjadi media untuk portofolio dan menyimpan catatan siswa (Groulund dalam John, 2007).

Teknologi itu sendiri tidak selalu meningkatkan kemampuan siswa. Dibutuhkan syarat atau kondisi lain untuk menciptakan lingkungan belajar yang mendukung proses belajar siswa. Kondisi-kondisi ini antara lain visi dan dukungan dari tokoh pendidikan; guru yang menguasai teknologi untuk pengajaran; standard dan isi kurikulum; penilaian dan efektivitas teknologi untuk pembelajaran dan menantang anak sebagai pembelajar yang aktif dan konstruktif. Guru yang efektif mengembangkan keahlian teknologi dan mengintegrasikan komputer kedalam proses belajar mengajar dikelas (Male dalam John, 2007).

Guru yang efektif tahu cara menggunakan komputer dan cara mengajar siswa untuk menggunakan komputer untuk menulis dan berkreasi. Guru yang efektif bisa mengevaluasi efektivitas *game* instruksional dan simulasi komputer, tahu cara menggunakan dan mengajari siswa untuk menggunakan alat komunikasi melalui komputer seperti internet. Dan guru yang efektif memahami dengan baik berbagai perangkat penting lainnya untuk mendukung pembelajaran siswa yang cacat.

Komputer termasuk salah satu media pembelajaran. Penggunaan komputer dalam pembelajaran merupakan aplikasi teknologi dalam pendidikan. Pada dasarnya teknologi dapat menunjang proses pencapaian tujuan pendidikan. Namun sementara ini, komputer sebagai produk teknologi kurang dimanfaatkan secara optimal. Kini yang perlu diperhatikan adalah bagaimana menjadikan teknologi (komputer) dapat bermanfaat bagi kemajuan pendidikan. Di lapangan, sistem penyajian materi melalui komputer dapat dilakukan melalui berbagai cara seperti: hypertexts, simulasi-demokrasi ataupun tutorial. Tiap-tiap sistem memiliki keistimewaan masing-masing. Jika keunggulan masing-masing sistem tersebut digabungkan ke dalam satu bentuk model yang dapat digunakan dalam pembelajaran sehingga proses belajar mengajar akan lebih efektif dan efisien.

Media interaktif adalah media yang memungkinkan adanya interaksi antara media dan pengguna. Media interaktif komputer diartikan sebagai media yang memungkinkan adanya komunikasi antara pengguna dengan komponen-komponen yang terdapat di dalam komputer. Komunikasi tersebut dapat dilakukan melalui perantara *keyboard*, *mouse*, atau alat input lainnya. Dalam

komunikasi tersebut, pengguna dapat memilih apa yang akan dikerjakan selanjutnya, memberikan informasi, ataupun respon atas jawabannya, serta memperoleh instruksi untuk mengerjakan atau menjalankan fungsi atau program selanjutnya. Pemanfaatan teknologi informasi sebagai media pembelajaran dapat melalui pemanfaatan penggunaan komputer sebagai media interaktif. Diharapkan dengan pemanfaatan media ini dapat merangsang pikiran, perasaan, minat, serta perhatian peserta didik sedemikian rupa sehingga proses pembelajaran dapat terjadi.

Pembelajaran dengan media interaktif terbukti dapat meningkatkan antusias dan hasil belajar siswa, ini telah diteliti oleh beberapa pakar pendidikan dan penulis sendiri, sehingga menggunakan media IT dalam pembelajaran matematika harus dapat dilakukan guru untuk menghilangkan kesan matematika itu sulit dan menjadi momok bagi siswa menuju pembelajaran yang aktif, kreatif, konstruktif dan menyenangkan. Berdasarkan *Principle and Standards of the National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 2000) menyatakan bahwa teknologi mendukung pengambilan keputusan, refleksi, penalaran, dan pemecahan masalah.

Clements (1998) dalam menyatakan bahwa penggunaan ICT (1) bisa menyediakan sebuah lingkungan belajar bagi siswa untuk melakukan matematika dan (2) bisa menawarkan kesempatan untuk menelusuri pekerjaan siswa. Banyak penelitian yang mengangkat penggunaan ICT membuktikan bahwa komputer sebagai media interaktif dapat mendukung siswa dalam membentuk pemikiran yang lebih baik (Suppes, 1966; Papert, 1980; Clements, 2002). Perangkat lunak

(*software*) komputer yang cocok akan memberikan kesempatan yang unik untuk belajar melalui eksplorasi dan pemecahan masalah kreatif.

Ada beberapa kriteria untuk menilai keefektifan sebuah media. Hubbard mengusulkan sembilan kriteria untuk menilainya (Ouda 2001). Kriteria pertamanya adalah biaya. Biaya memang harus dinilai dengan hasil yang akan dicapai dengan penggunaan media itu. Kriteria lainnya adalah ketersediaan fasilitas pendukung seperti listrik, kecocokan dengan ukuran kelas, keringkasan, kemampuan untuk diubah, waktu dan tenaga penyiapan, pengaruh yang ditimbulkan, kerumitan dan yang terakhir adalah kegunaan. Semakin banyak tujuan pembelajaran yang bisa dibantu dengan sebuah media semakin baiklah media itu.

Kriteria di atas lebih diperuntukkan bagi media konvensional. Thorn mengajukan enam kriteria untuk menilai multimedia interaktif (Ouda, 2001). Kriteria penilaian yang pertama adalah kemudahan navigasi. Sebuah program harus dirancang sesederhana mungkin sehingga pembelajar tidak perlu belajar komputer lebih dahulu. Kriteria yang kedua adalah kandungan kognisi, kriteria yang lainnya adalah pengetahuan dan presentasi informasi. Kedua kriteria ini adalah untuk menilai isi dari program itu sendiri, apakah program telah memenuhi kebutuhan pembelajaran si pembelajar atau belum. Kriteria keempat adalah integrasi media dimana media harus mengintegrasikan aspek dan ketrampilan materi yang harus dipelajari. Untuk menarik minat pembelajar, program harus mempunyai tampilan yang artistik maka estetika juga merupakan sebuah kriteria. Kriteria penilaian yang terakhir adalah fungsi secara keseluruhan. Program yang

dikembangkan harus memberikan pembelajaran yang diinginkan oleh pembelajar. Sehingga pada waktu seorang selesai menjalankan sebuah program dia akan merasa telah belajar sesuatu.

Sampai saat ini pembelajaran interaktif belum berkembang dengan optimal di Indonesia. Salah satu kendala pengembangan media pembelajaran interaktif adalah kurang dikuasainya teknologi pengembangan media interaktif oleh para pengajar di Indonesia. Perangkat lunak pengembangan materi pembelajaran yang ada saat ini seperti *Course Builder*, *Visual Basic*, atau *Dreamweaver* cukup rumit sehingga hanya dikuasai oleh para pemrogram komputer sedangkan pengajar pada umumnya hanya menguasai materi pelajaran. Jadi pengembang materi pembelajaran interaktif komputer kurang optimal. Pengembangan media pembelajaran interaktif bisa optimal dengan kerjasama antara programmer komputer dengan pengajar/guru.

Menurut Yusufkadi (2005) karakteristik terpenting media interaktif adalah bahwa siswa tidak hanya memperhatikan penyajian atau objek, tetapi "dipaksa" untuk berinteraksi selama mengikuti pelajaran. Menurut Ruseffendi (1984), media pembelajaran berbasis komputer bisa menyebabkan sikap siswa terhadap pelajaran menjadi positif, dapat memberikan umpan balik secara langsung kepada siswa, dan soal-soal dapat diselesaikan jauh lebih cepat. Menurut Yaya (2004), komputer sebagai media pembelajaran tidak sekedar berfungsi sebagai pembawa suasana dalam nuansa baru, namun juga berperan secara aktif dalam menumbuhkembangkan bakat dan minat siswa terhadap matematika.

## **H. Multimedia Pembelajaran Interaktif**

Aplikasi nyata dari berkembangnya ICT yang begitu pesat salah satunya diwujudkan dengan hadirnya multimedia interaktif dalam bidang pendidikan. Multimedia diartikan sebagai istilah teknologi untuk perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang secara bersama-sama menampilkan berbagai komponen media, seperti: teks, gambar, ilustrasi-ilustrasi, foto, suara, animasi, dan video pada sebuah perangkat komputer secara bersama-sama. Pengertian multimedia menurut Suheri (2006) adalah media yang menggabungkan dua unsur atau lebih media yang terdiri dari teks, grafis, gambar, foto, audio, video dan animasi secara terintegrasi. Aneka komponen media tersebut digabungkan menjadi satu kesatuan kerja yang sangat tinggi. Dalam multimedia, informasi yang disajikan tidak hanya dilihat sebagai suatu cetakan saja, melainkan juga informasi tersebut dapat didengar, membentuk simulasi dan animasi yang dapat membangkitkan semangat, serta memiliki nilai seni grafis yang tinggi dalam penyajiannya. Berbagai kalangan berpendapat bahwa multimedia mampu memberi manfaat yang besar dalam bidang komunikasi dan pendidikan, serta dipercaya akan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses pembelajaran.

Multimedia terbagi menjadi dua kategori, yaitu: multimedia linier dan multimedia interaktif. Multimedia linier adalah suatu multimedia yang tidak dilengkapi dengan alat pengontrol apapun yang dapat dioperasikan oleh pengguna. Multimedia ini berjalan sekuensial (berurutan), contohnya: TV dan film. Multimedia interaktif adalah suatu multimedia yang dilengkapi dengan alat pengontrol yang dapat dioperasikan oleh pengguna, sehingga pengguna dapat

memilih apa yang dikehendaki untuk proses selanjutnya. Multimedia interaktif juga diartikan sebagai suatu sistem dalam komputer yang menggabungkan teks, gambar, video, animasi, dan suara yang dapat disajikan secara bersamaan sehingga dapat menghasilkan interaktivitas atau dialog antara media komputer dengan pengguna yang dapat menimbulkan rangsangan (stimulus) dan dapat diproses dengan berbagai indera sehingga pengguna dapat menerima dan mengolah informasi yang kemudian dipertahankan dalam ingatannya. Contoh multimedia interaktif adalah: multimedia pembelajaran interaktif, aplikasi game, dll. Alasan penggunaan multimedia dalam pembelajaran adalah karena multimedia dapat memenuhi metode pengajaran dengan memperdengarkan dan mempertunjukkan sehingga berdasarkan pada fakta diatas pembelajaran dengan multimedia sangat efektif dan bermakna karena mampu bertahan lama di benak siswa.

Secara umum manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan multimedia dalam pembelajaran adalah proses pembelajaran lebih menarik, lebih interaktif, jumlah waktu mengajar dapat dikurangi, kualitas belajar siswa dapat ditingkatkan dan proses belajar mengajar dapat dilakukan di mana dan kapan saja, serta sikap belajar siswa dapat ditingkatkan

Manfaat di atas akan diperoleh mengingat terdapat keunggulan dari sebuah multimedia pembelajaran, yaitu: 1). Memperbesar benda yang sangat kecil dan tidak tampak oleh mata, seperti kuman, bakteri, elektron dll. 2). Memperkecil benda yang sangat besar yang tidak mungkin dihadirkan ke sekolah, seperti gajah, rumah, gunung, dll. 3). Menyajikan benda atau peristiwa yang kompleks, rumit

dan berlangsung cepat atau lambat, seperti sistem tubuh manusia, bekerjanya suatu mesin, beredarnya planet Mars, berkembangnya bunga dll. 4). Menyajikan benda atau peristiwa yang jauh, seperti bulan, bintang, salju, dll. 5). Menyajikan benda atau peristiwa yang berbahaya seperti letusan gunung berapi, harimau, racun, dll. 6). Meningkatkan daya tarik dan perhatian siswa. (Haryadi, 2005)

Disamping itu pula, ada beberapa kelebihan dari pembelajaran matematika menggunakan multimedia pembelajaran adalah sebagai berikut:

1. Menarik dan menyenangkan bagi siswa
2. Efektif dan Efisien
3. Materi telah terstruktur sesuai Lesson Plan yang kita Buat.
4. File yang dibuat mudah di-*share*-kan dan bisa menjadi rangkuman bahan belajar dirumah bagi siswa.
5. Mempermudah mengkomunikasikan bahan pelajaran ke orang tua sehingga dapat membantu orang tua dalam mendampingi anak belajar di rumah.

Sebagai salah satu komponen sistem pembelajaran, pemilihan dan penggunaan multimedia pembelajaran harus memperhatikan karakteristik komponen lain, seperti: tujuan, materi, strategi dan juga evaluasi pembelajaran.

Karakteristik multimedia pembelajaran menurut Sucipta (2010) adalah:

1. Memiliki lebih dari satu media yang *konvergen*, misalnya menggabungkan unsur *audio* dan visual,
2. Bersifat interaktif, dalam pengertian memiliki kemampuan untuk mengakomodasi respon pengguna,

3. Bersifat mandiri, dalam pengertian memberi kemudahan dan kelengkapan isi sedemikian rupa sehingga pengguna bisa menggunakan tanpa bimbingan orang lain. (Sigit, 2007).

Selain memenuhi ketiga karakteristik tersebut, multimedia pembelajaran sebaiknya juga memenuhi fungsi sebagai berikut:

1. Mampu memperkuat respon pengguna secepatnya dan sesering mungkin.
2. Mampu memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengontrol laju kecepatan belajarnya sendiri.
3. Memperhatikan bahwa siswa mengikuti suatu urutan yang koheren dan terkendalikan. Mampu memberikan kesempatan adanya partisipasi dari pengguna dalam bentuk respon, baik berupa jawaban, pemilihan, keputusan, percobaan dan lain-lain.

### **I. Alat Peraga Visual**

Alat peraga secara umum adalah wahana fisik yang mengandung materi pembelajaran. Alat peraga visual adalah alat peraga yang hanya dapat dilihat saja, tidak mengandung unsur suara. Yang termasuk ke dalam alat peraga visual adalah film slide, foto, transparansi, lukisan, gambar, dan berbagai bentuk bahan yang dicetak seperti media grafis dan lain sebagainya. Alat peraga matematika dapat diartikan sebagai suatu perangkat benda konkrit yang dirancang, dibuat, dihimpun atau disusun secara sengaja yang digunakan untuk membantu menanamkan atau mengembangkan konsep-konsep atau prinsip-prinsip dalam matematika. Terlepas dari banyaknya pengertian tentang alat peraga, dalam pembelajaran alat peraga memiliki fungsi memperjelas, memudahkan siswa dalam memahami

konsep/prinsip atau teori dan memuat pesan kurikulum yang akan disampaikan kepada siswa menjadi menarik, sehingga motivasi belajar siswa meningkat dan proses belajar dapat lebih efektif dan efisien. Pembelajaran menggunakan alat peraga berarti mengoptimalkan fungsi seluruh panca indra siswa untuk meningkatkan efektivitas siswa belajar dengan cara mendengar, melihat, meraba, dan menggunakan pikirannya secara logis dan realistis. Tujuan penggunaan alat peraga adalah untuk mendemonstrasikan konsep yang abstrak ke dalam bentuk visual.

Pelajaran tidak sekedar menerawang pada wilayah abstrak, melainkan sebagai proses empirik yang konkrit yang realistis serta menjadi bagian dari hidup yang tidak mudah dilupakan. Tujuan alat peraga adalah sebagai berikut :

1. Memberikan kemampuan berpikir matematika secara kreatif. Bagi sebagian anak, matematika tampak seperti suatu sistem yang kaku, yang hanya berisi simbol-simbol dan sekumpulan dalil-dalil untuk dipecahkan. Padahal sesungguhnya matematika memiliki banyak hubungan untuk mengembangkan kreatifitas.
2. Mengembangkan sikap yang menguntungkan ke arah berpikir matematika. Suasana pembelajaran matematika di kelas haruslah sedemikian rupa, sehingga para peserta didik dapat menyukai pelajaran tersebut. Suasana semacam ini merupakan salah satu hal yang dapat membuat para peserta didik memperoleh kepercayaan diri akan kemampuannya dalam belajar matematika melalui pengalaman-pengalaman yang akrab dengan kehidupannya.

3. Menunjang matematika di luar kelas, yang menunjukkan penerapan matematika dalam keadaan sebenarnya. Peserta didik dapat menghubungkan pengalaman belajarnya dengan pengalaman-pengalaman dalam kehidupan sehari-hari. Dengan menggunakan keterampilan masing-masing mereka dapat menyelidiki atau mengamati benda-benda di sekitarnya, kemudian mengorganisirnya untuk memecahkan suatu masalah.
4. Memberikan motivasi dan memudahkan abstraksi. Dengan alat peraga diharapkan peserta didik lebih memperoleh pengalaman-pengalaman yang baru dan menyenangkan, sehingga mereka dapat menghubungkannya dengan matematika yang bersifat abstrak.

Dari tujuan di atas diharapkan dengan bantuan penggunaan alat peraga dalam pembelajaran dapat memberikan permasalahan-permasalahan menjadi lebih menarik bagi anak yang sedang melakukan kegiatan belajar. Karena penemuan-penemuan yang diperoleh dari aktivitas anak biasanya bermula dari munculnya hal-hal yang merupakan tanda tanya, maka permasalahan yang diselidiki jawabannya itu harus didasarkan pada obyek yang menarik perhatian anak. Jadi bila memungkinkan hal itu haruslah dinyatakan dalam bentuk pertanyaan yang mengarah pada bahan diskusi dalam berbagai cabang penyelidikan, misalnya dari buku, dari guru atau bahkan dari anak sendiri. Hal itu dapat ditentukan melalui peragaan dari guru dan diskusi yang melibatkan seluruh kelas atau oleh kelompok kecil/seorang anak yang bekerja dengan lembar kerja. Dengan menggunakan suatu lembar kerja, mereka dapat menggunakan bahan-bahan yang dirancang untuk mengarahkan dalam menjawab pertanyaan yang akan membantu mereka

menemukan suatu jawaban yang dimaksudkan pada arti pertanyaannya. Oleh karena itu sebaiknya setiap alat peraga dilengkapi dengan kartu-kartu atau lembar kerja atau petunjuk penggunaan alat untuk menjawab permasalahan.

Dengan kata lain, tujuan penggunaan alat peraga adalah untuk mendemonstrasikan konsep yang abstrak ke dalam bentuk visual. Dalam proses pembelajaran alat peraga berfungsi :

1. memecah rangkaian pembelajaran ceramah yang monoton
2. membumbui pembelajaran dengan humor untuk memperkuat minat siswa belajar.
3. menghibur siswa agar pembelajaran tidak membosankan.
4. memfokuskan perhatian siswa pada materi pelajaran secara kongkrit.
5. melibatkan siswa dalam proses belajar sebagai rangkaian pengalaman nyata.

Beberapa ahli membedakan pengertian media dari alat peraga. Namun secara umum dipandang dari karakteristik bahan yang dibuat, alat peraga dalam pembelajaran dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bahan-bahan Cetakan (*Printed Materials*), misalnya buku, majalah, koran, jurnal, prosiding, buletin, brosur, pamflet.
2. Alat-alat *audio-visual*:
  - a. Alat peraga 2 dimensi tanpa proyeksi: bagan, diagram, kartun, komik, gambar.
  - b. Alat peraga 3 dimensi: model, bend asli, benda tiruan, boneka, topeng, peta, globe, museum.

3. Alat peraga dengan teknik animasi: slide, filmstrip, rekaman.
4. Sumber-sumber masyarakat: obyek-obyek peninggalan sejarah, bahan-bahan dokumentasi.
5. Kumpulan benda-benda (*Materials collection*): benda-benda yang dibawa ke tempat studi untuk dianalisa, misalnya tanah, potongan obyek, contoh daun, bahan kimia.

Untuk memahami konsep matematika yang bersifat abstrak, siswa memerlukan benda-benda kongkrit sebagai perantara atau media. Benda-benda tersebut biasanya disebut alat peraga. Ada beragam jenis alat peraga pembelajaran, dari mulai benda aslinya, tiruannya, yang sederhana sampai yang canggih, diberikan dalam kelas atau di luar kelas. Bisa juga berupa bidang dua dimensi (gambar), bidang tiga dimensi (ruang), animasi / flash (gerak), video (rekaman atau simulasi). Teknologi telah mengubah harimau yang ganas yang tidak mungkin di bawa dalam kelas bisa tampak di dalam kelas dalam habitat kehidupan yang sesungguhnya. Alat peraga yang dapat dilamati dan dilihat langsung oleh siswa dinamakan alat peraga visual.

Dilihat dari aspek suara dan visualisasi, jenis-jenis media pembelajaran dapat diklasifikasikan menjadi 3 bentuk utama:

1. Alat-alat audio: Alat-alat yang memproduksi suara (*audio*), misalnya *tape recorder*, radio, CD/VCD/DVD player.
2. Alat-alat *visual*: Alat-alat yang dapat mempertontonkan rupa, bentuk (wujud), yang dikenal dengan istilah alat peraga (*teaching aids*). Alat-alat visual terdiri atas alat visual dua dimensi, misalnya gambar, transparansi,

poster, foto, dan slide; tiga dimensi, misalnya benda asli, barang tiruan (*specimen*), *mock-up*, diorama, bak pasir.

3. Alat-alat *audio-visual*: Alat-alat yang dapat menghasilkan rupa dan suara dalam satu kesatuan. Alat-alat ini misalnya film bersuara, televisi, komputer.

Menurut Ruseffendi (2009) ada beberapa persyaratan yang harus dimiliki alat peraga agar fungsi atau manfaat dari alat peraga tersebut sesuai dengan yang diharapkan dalam pembelajaran, di antaranya:

1. Sesuai dengan konsep matematika.
2. Dapat memperjelas konsep matematika, baik dalam bentuk real, gambar atau diagram dan bukan sebaliknya (mempersulit pemahaman konsep matematika)
3. Tahan lama (dibuat dari bahan-bahan yang cukup kuat).
4. Bentuk dan warnanya menarik.
5. Dari bahan yang aman bagi kesehatan peserta didik.
6. Sederhana dan mudah dikelola.
7. Ukuran sesuai atau seimbang dengan ukuran fisik dari peserta didik.
8. Peraga diharapkan menjadi dasar bagi tumbuhnya konsep berpikir abstrak bagi peserta didik, karena alat peraga tersebut dapat dimanipulasi (dapat diraba, dipegang, dipindahkan, dipasangkan, dan sebagainya) agar peserta didik dapat belajar secara aktif baik secara individual maupun kelompok.
9. Bila mungkin alat peraga tersebut dapat berfaedah banyak.

Penggunaan alat peraga tidak hanya berguna dalam pembentukan konsep siswa, tetapi dapat pula digunakan untuk latihan dan penguatan, pemecahan masalah, dan lain sebagainya. Penggunaan alat peraga menunjang prinsip pembelajaran yang efektif (<http://www.columbia.edu/cu/tat/handout15.html>, 2009) yang terkait pada upaya :

1. Meningkatkan motivasi siswa belajar karena peraga dapat merangsang tumbuhnya perhatian serta mengembangkan keterampilan
2. Peraga dapat memfokuskan perhatian siswa, pendidik dapat menggunakan peraga dengan melihat benda yang sesungguhnya di luar kelas atau dalam kelas
3. Menyajikan pembelajaran dengan memanfaatkan kehidupan nyata dalam rangka meningkatkan daya antusias siswa terhadap materi pelajaran
4. Alat peraga pembelajaran dapat mengubah guru sebagai transmisi yang berfungsi sebagai penghantar menjadi fasilitator, peraga membuat siswa lebih aktif.
5. Membuat seluruh momen dalam kelas hidup dan berubah dari waktu ke waktu, pendidikan dapat membangun pertanyaan dengan dukungan alat yang ada di tangan
6. Alat peraga membuat siswa menjadi lebih aktif berpikir dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis karena siswa tidak sekedar mengingat dan mendengarkan, namun mengembangkan pikirannya dengan fakta

7. Alat peraga lebih meningkatkan interaksi antar siswa dalam kelas sehingga transformasi belajar dapat berkembang dinamis
8. Dengan bantuan alat peraga dapat meningkatkan daya monitor pendidik sehubungan dengan aktifitas siswa lebih mudah diamati

Secara jelas dan terperinci, berikut ini adalah manfaat dari penggunaan alat bantu/peraga pendidikan yaitu antara lain sebagai berikut:

1. Menimbulkan minat sasaran pendidikan ;
2. Mencapai sasaran yang lebih banyak ;
3. Membantu dalam mengatasi berbagai hambatan dalam proses pendidikan ;
4. Merangsang masyarakat atau sasaran pendidikan untuk mengimplementasikan atau melaksanakan pesan-pesan kesehatan atau pesan pendidikan yang disampaikan ;
5. Membantu sasaran pendidikan untuk belajar dengan cepat dan belajar lebih banyak materi/bahan yang disampaikan ;
6. Merangsang sasaran pendidikan untuk dapat meneruskan pesan-pesan yang disampaikan penerusi kepada orang lain;
7. Mempermudah penyampaian bahan/materi pendidikan/informasi oleh para pendidik atau pelaku pendidikan ;
8. Mempermudah penerimaan informasi oleh sasaran pendidikan. Seperti diuraikan di atas, bahwa pengetahuan yang ada pada seseorang diterima melalui panca indera. Berdasarkan penelitian para ahli, bahwa indera yang paling banyak menyalurkan pengetahuan ke dalam otak adalah mata. Kurang lebih 75 % sampai 87 % dari pengetahuan manusia diperoleh/dialirkan

melalui mata. Sedangkan 13 % sampai 25 % lainnya diperoleh atau tersalur melalui indera yang lain. Dari sini dapat disimpulkan bahwa alat-alat peraga/media/alat bantu visual akan lebih mempermudah cara penyampaian dan penerimaan informasi atau bahan atau materi pendidikan ;

9. Dapat mendorong keinginan orang untuk mengetahui, kemudian lebih mendalami, dan akhirnya mendapatkan pengertian yang lebih baik. Orang yang melihat sesuatu yang memang diperlukan tentu akan menarik perhatiannya. Dan apa yang dilihat dengan penuh perhatian akan memberikan pengertian baru baginya, yang merupakan pendorong untuk melakukan atau memakai sesuatu yang baru tersebut ;
10. Membantu menegakkan pengertian/informasi yang diperoleh. Sasaran pendidikan di dalam memperoleh atau menerima sesuatu yang baru, manusia mempunyai kecenderungan untuk melupakan atau lupa. Oleh sebab itu, untuk mengatasi hal tersebut, AVA (Audio Visual Aid – alat bantu/peraga audio visual) akan membantu menegakkan pengetahuan-pengetahuan yang telah diterima oleh sasaran pendidikan sehingga apa yang diterima akan lebih lama tersimpan di dalam ingatan

Beberapa alat peraga pembelajaran matematika antara lain:

1. alat peraga kekekalan luas, contohnya dalil Pythagoras, tangram
2. alat peraga kekekalan panjang, contohnya tangga garis bilangan, batang cuisenaire,
3. alat peraga kekekalan volume, contohnya blok Dienes
4. alat peraga kekekalan banyak, contohnya abakus, lidi.

5. alat peraga untuk percobaan dan teori kemungkinan, contohnya uang logam, kartu, gasing.
6. alat peraga untuk pengukuran, contohnya meteran, busur derajat.
7. alat peraga untuk permainan dalam matematika, contohnya mobius, kartu domino.

Penggunaan alat peraga memenuhi kebutuhan belajar sesuai gaya belajar siswa dalam satu kelas. Sebagaimana kita ketahui bahwa terdapat beberapa tipe siswa berdasarkan cara mereka memahami sesuatu. Ada siswa dengan gaya belajar visual, audio, atau kinestetik. Masing-masing memiliki kecenderungan untuk mengoptimalkan salah satu indera mereka dalam belajar sehingga memerlukan metode mengajar yang berbeda. Namun demikian, guru harus mampu untuk mengkombinasikan beragam metode pengajaran agar dapat mengakomodasi kebutuhan seluruh siswanya dalam belajar.

Metode untuk siswa visual mencakup materi tertulis, penggunaan gambar dalam menjelaskan materi, menggambar time line untuk hari-hari penting dalam pelajaran sejarah, menggunakan transparansi atau power point, dan instruksi tertulis lainnya. Biasanya siswa dengan gaya belajar visual akan selalu mengikuti dan melihat guru saat memberikan penjelasan. ([www.tpamujahidin.com](http://www.tpamujahidin.com), 2009). Sementara metode untuk siswa audio mencakup pengulangan secara lisan dengan suara keras istilah-istilah sulit dan konsep dalam pelajaran, menemani dalam diskusi kelompok, mengadakan debat, mendengarkan materi melalui tape, dan sebagainya. Siswa yang memiliki gaya belajar kinestetik dibantu dengan penyediaan peralatan dan kegiatan percobaan, penyelesaian tugas,

menggunakan pertolongan alat dan objek dalam pembelajaran, menggunakan permainan dan menyelenggarakan field trip.

Terdapat dua landasan digunakannya alat peraga dalam pembelajaran matematika di SD/MI

1. Siswa pada usia SD/MI menurut Piaget masih berada pada tahap operasi konkrit, yang belum bisa menangkap informasi-informasi yang sifatnya abstrak.
2. Brunner menyatakan bahwa siswa akan belajar dengan baik jika melalui 3 tahap, yakni tahap enaktif, ikonik, dan simbolik. Tahap enaktif adalah tahap pengalaman langsung di mana anak berhubungan dengan benda-benda nyata sesungguhnya. Tahap ikonik berkaitan dengan gambar, lukisan, foto atau film, sedangkan tahap simbolik merupakan tahap pengalaman abstrak. Sehingga pada tahap enaktif siswa menggunakan benda nyata dalam belajar matematika. Benda yang dianggap kongkrit dalam matematika adalah alat peraga.

Alat peraga pembelajaran sederhana dapat dibuat dari bahan-bahan sederhana seperti karton, kardus, styrofoam, dan juga bisa memanfaatkan software-software komputer yang dapat menciptakan alat peraga.



Gambar 2.7. Alat Peraga Bangun Ruang

Gambar di atas adalah gambar tiga limas siku-siku. Limas ini dapat digunakan untuk membuktikan rumus menghitung volume limas. Jika ketiga limas ini digabungkan, maka akan terbentuk bangun kubus dengan sisinya adalah sisi alas limas tersebut. Pembuktiannya akan berbentuk sebagai berikut,

Volum limas sama dengan sepertiga volum kubus.

Volum kubus dengan panjang rusuk =  $r$  adalah  $V = r^3$

Jadi volum limas segiempat dengan tinggi =  $r$  dan luas alas sama dengan luas sisi

kubus tersebut adalah  $V = \frac{1}{3}$  volum kubus =  $\frac{1}{3} r^3$

Selain itu, tangga garis bilangan merupakan salah satu contoh alat peraga dan sekaligus merupakan alat permainan bagi siswa. Alat peraga ini manfaatnya adalah untuk menjelaskan konsep penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian.

Contoh :  $-3 + 5 = \dots\dots$

-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

kita berangkat dari  $-3$  dan melompat sebanyak 5 kali ke arah kanan. Jadi hasilnya adalah 2. Begitu juga untuk pengurangan, tetapi untuk pengurangan, dia melompat ke kiri sebanyak jumlah yang ditentukan.

Contoh :  $-2 - 3 = \dots\dots$

-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---

Jadi, hasilnya adalah  $-5$ .

Keuntungan penggunaan alat peraga

1. Pengalaman Langsung.
2. Membangkitkan Minat Siswa untuk Menyelidiki.

3. Melatih Seni Hidup Bersama.
4. Menciptakan Kepribadian bagi Guru Maupun Siswa.
5. Membuat Siswa Menjadi Aktif.
6. Merangsang Siswa untuk Kreatif.

Sedangkan kerugian penggunaan alat peraga menurut Rusefendi (2009) akan tampak pada:

1. Generalisasi konsep abstrak dari representasi hal-hal yang kongkrit tidak tercapai.
2. Alat peraga yang digunakan hanya sekedar sajian yang tidak memiliki nilai-nilai yang tidak menunjang konsep-konsep dalam matematika.
3. Tidak disajikan pada saat yang tepat.
4. Memboroskan waktu.
5. Diberikan pada anak yang sebenarnya tidak memerlukannya
6. Tidak menarik dan mempersulit konsep yang dipelajari.

#### **J. Pembelajaran matematika berbasis komputer**

Pembelajaran berbasis komputer adalah pembelajaran yang menggunakan komputer sebagai alat bantu. Dalam pembelajaran berbasis komputer, siswa akan berinteraksi dan berhadapan secara langsung dengan komputer secara individual sehingga apa yang dialami oleh seorang siswa akan berbeda dengan apa yang dialami oleh siswa lain (Made, 2009). Pembelajaran berbasis komputer biasa dikenal dengan *Computer Assisted Instruction (CAI)*, yaitu penggunaan komputer secara langsung dengan siswa untuk menyampaikan isi pembelajaran,

memberikan latihan dan mengetes kemajuan belajar siswa. Keuntungan utama penyelenggaraan pembelajaran berbasis komputer adalah memberi kemudahan bagi guru dalam mengembangkan materi pembelajaran lebih lanjut. Demikian pula pembelajaran berbasis komputer memiliki keuntungan bagi siswa antara lain sebagai berikut (Made, 2009):

1. Dapat mengakomodasi siswa yang lamban karena dapat menciptakan iklim belajar yang efektif dengan cara yang lebih individual,
2. Dapat merangsang siswa untuk mengerjakan latihan karena tersedianya animasi grafis, warna, dan musik,
3. Kendali berada pada siswa sehingga kecepatan belajar dapat disesuaikan dengan tingkan kemampuan.

Salah satu dari enam prinsip NCTM (2000) yang disebut *Prinsip Teknologi* adalah “pendidikan matematika yang bermutu tinggi”. Prinsip ini menyatakan bahwa "Teknologi adalah penting dalam proses belajar dan mengajar matematika, dan hal itu dapat mempengaruhi peningkatan pelajaran matematika siswa". Ada kesepakatan bersama yang telah tersebar luas dari para guru matematika, bahwa teknologi bukanlah sebagai alat saja, tetapi berfungsi sebagai kunci agen perubahan untuk menyempurnakan pembelajaran matematika (Kaput, 1992).

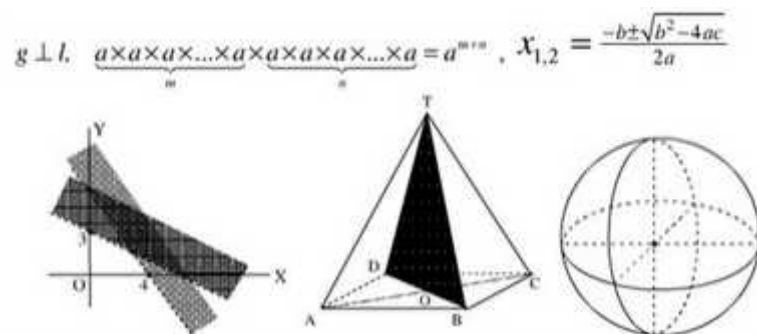
Dalam upaya meningkatkan kemampuan matematik, khususnya pemahaman konsep matematika, maka pembelajaran matematika dapat dilakukan melalui berbagai cara dan pendekatan yang menggunakan bermacam-macam alat bantu. Berkaitan dengan pemanfaatan teknologi komputer dalam bidang pendidikan matematika, maka sudah selayaknya saat ini dilakukan suatu inovasi

pada proses pembelajaran matematika yang memanfaatkan teknologi komputer. Sejalan dengan hal tersebut, NCTM (2000) menyatakan bahwa teknologi elektronika, seperti kalkulator dan komputer merupakan sesuatu yang esensial untuk kegiatan belajar, mengajar, dan melakukan aktivitas matematika. Media elektronik ini diakui akan sangat membantu siswa dalam menangkap *images* dari gagasan-gagasan matematika, memfasilitasi siswa dalam mengorganisasi dan menganalisis data, di samping dapat membantu melakukan perhitungan dengan cepat dan akurat. Komputer sangat efektif digunakan sebagai media pembelajaran karena komputer dapat menggabungkan beberapa aspek sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif, beberapa aspek tersebut seperti warna, suara dan gerak.

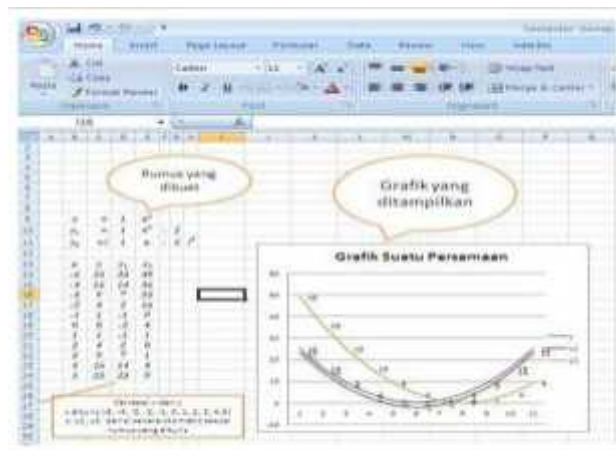
Demikian pula halnya dalam pembelajaran matematika, komputer sangat membantu kita untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dalam matematika, sehingga anak dapat lebih memahami konsep yang kita jelaskan, sebagai contoh pada pembelajaran pecahan, kita dapat membuat model nilai pecahan (diagram) yang digunakan untuk menjelaskan operasi pada pecahandengan bantuan animasi. Dalam pembelajaran geometri kita dapat menunjukkan model bangun ruang dengan kenampakannya dari beberapa sisi. Di antara banyak manfaat dalam penggunaan komputer, komputer juga menyediakan lingkungan bagi siswa untuk menguji ide yang mereka miliki dan memberikan mereka umpan balik. Berdasarkan penelitian Kulik dan Bangert-Drowns seperti yang dikutip Yaya (2004) memperlihatkan bahwa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional, pembelajaran interaktif dengan media komputer

memiliki beberapa keuntungan. Salah satu keuntungannya adalah penggunaan komputer yang tepat akan mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam matematika, kecepatan siswa dalam penguasaan konsep yang dipelajarinya lebih tinggi, retensi siswa lebih lama dan sikap siswa terhadap matematika menjadi lebih positif.

Saat ini pembelajaran matematika dengan bantuan komputer sudah dilakukan di beberapa negara maju seperti Amerika dan Jepang. Bahkan di Australia, beberapa guru mengizinkan siswa membawa komputer pribadi ke sekolah (Gronn & Donna, 2001). Namun hal ini belum banyak dilakukan di Indonesia. Penggunaan alat bantu komputer dalam bidang pendidikan, khususnya dalam proses pembelajaran masih terbatas pada paket-paket pengolah kata (*MS Words*), pengolah angka (*MS Excel*), atau pengolah data statistik (*SPSS*), seperti Gambar berikut.



Gambar 2.8. Penggunaan *MS Words*



Gambar 2.9. Penggunaan *MS Excel*

Penggunaan alat bantu komputer saat ini sangat penting. Menurut McCoy (1996), dinyatakan bahwa pembelajaran yang menggunakan alat bantu komputer dapat mengakibatkan “prestasi dalam area konseptual semakin mantap dan semakin tinggi, termasuk keterampilan manipulasi dan perhitungan”.

Secara rinci hasil penelitian McCoy (1996) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Secara umum, pembelajaran matematika berbasis-komputer telah menunjukkan keefektifannya ketika diterapkan sebagai bagian dari suatu *constructivist* dalam kependidikan. Ini adalah tepat untuk memprogram pelajaran, melakukan instruksi *computer-assisted*, dan alat mengaplikasikan program.
2. Dalam kasus eksplorasi matematika dengan komputer, guru perlu untuk dilibatkan dalam perencanaan dan menggunakan pengalamannya untuk memastikan bahwa para siswa menemukan dan memahami konsep yang diajarkan.
3. Memiliki efektivitas terhadap instruksi *computer-assisted* bervariasi sesuai dengan karakteristik siswa dan kelas yang berbeda. Siswa yang bekerja

dalam kelompok kecil menjadi lebih efektif dibanding siswa yang bekerja secara individu.

4. Penggunaan media pembelajaran matematika seperti grafik dan media lain dalam geometri biasanya berperan untuk meningkatkan pemahaman konsep matematik. Adanya peningkatan pemahaman tersebut mungkin karena media tersebut membantu meningkatkan transfer keterampilan khusus matematik.

Kendala penerapan pembelajaran berbasis komputer di antaranya adalah:

1. Sangat bergantung pada kemampuan membaca dan keterampilan visual peserta didik;
2. Membutuhkan tambahan keterampilan pengembangan di luar keterampilan yang dibutuhkan untuk pengembangan pembelajaran yang lama;
3. Memerlukan waktu pengembangan yang lama;
4. Kemungkinan peserta didik untuk belajar secara tak sengaja (intidental learning) menjadi terbatas; dan
5. Hanya bertindak berdasarkan masukan yang telah terprogram sebelumnya, tidak dapat bertindak secara spontan.

Kendala-kendala tersebut dapat diminimalkan dengan:

1. Menggabungkan PBK dengan peralatan lain seperti video disc dan audio disc sehingga tidak terlalu bergantung pada tampilan layar computer;
2. Memilih paket PBK yang sudah dikembangkan pihak lain untuk menghindari lamanya waktu dan keterampilan mengembangkan PBK sendiri, dengan memperhatikan tujuan pembelajaran dan karakteristik pembelajaran peserta didik; dan
3. Menempatkan PBK sebagai tambahan dalam kegiatan belajar yang melibatkan tutor dan bahan yang tercetak. (Hannafin & Peck, 1988 dalam Sugilar, 1996)

Dalam pembelajaran matematika, komputer banyak digunakan untuk materi yang memerlukan gambar, animasi, visualisasi dan warna, misalnya geometri. Dengan komputer, siswa dapat termotivasi untuk menyelesaikan masalah-masalah geometri. Satu hal yang paling penting adalah komputer dapat membuat konsep matematika (khususnya geometri) yang abstrak dan sulit menjadi lebih konkret dan jelas. Selain untuk geometri, komputer juga dapat digunakan dalam aljabar, misalnya untuk menyelesaikan sistem persamaan linier; dalam kalkulus, misalnya untuk menggambar grafik; dan dalam aritmetika, misalnya untuk melatih kemampuan berhitung.

Contoh lain pemanfaatan komputer yang digunakan adalah bahasa sederhana Logo. Pemrograman logo adalah sebuah contoh penggunaan lingkungan yang kaya yang menghasilkan refleksi dalam matematika dan membantu setiap siswa untuk belajar pemecahan masalah (Clements, 2000). Komputer memberikan kesempatan siswa lebih luas dalam menginvestigasi matematika daripada kalkulator. Penggunaan komputer juga dapat dilihat dari hasil penelitian Bakker (2004). Bakker menyatakan bahwa komputer memberikan kesempatan bagi penggunanya untuk berinteraksi secara dinamis dengan sekumpulan data dalam jumlah besar dan memberikan kesempatan untuk mengeksplorasi representasi yang berbeda dari data, yang tidak mungkin dilakukan dengan tangan. Namun, perlu diingat bahwa komputer juga dapat mengalihkan perhatian siswa kepada penggunaan komputer itu sendiri sebagai sebuah alat dari pada memahami secara efektif proses antara pembelajar dengan apa yang dipelajari. Pada penelitian ini materi staistika siswa dibantu oleh

Minitools (Bakker, 2004). Penelitian yang dilakukan oleh Kolovou dkk (2008) menghasilkan bahwa penggunaan komputer dalam pembelajaran matematika, dalam hal ini melalui strategi pemecahan masalah, terbukti dapat meningkatkan pemahaman siswa.

Sejumlah ahli mengidentifikasi bahwa siswa menyukai pembelajaran dengan menggunakan media komputer. Hal ini disebabkan karena komputer :

1. Memiliki kesabaran yang tak terbatas.
2. Menjadikan siswa bisa belajar mandiri.
3. Memungkinkan bereksperimen dengan berbagai pilihan.
4. Memberikan balikan segera.
5. Merupakan pembangkit motivasi yang baik.
6. Memberikan kontrol pada saat pembelajaran.
7. Bisa mengajar dengan bobot materi yang bertahap.
8. Mengeliminasi kesulitan dalam aktivitas tertentu yang banyak menggunakan tangan.
9. Membangun keterampilan dalam menggunakan komputer yang sangat berguna bagi kehidupan masa depan.

## **BAB 3**

### **TUJUAN DAN MANFAAT**

#### **A. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini mempunyai tujuan yang hendak dicapai pada masing-masing tahapan; tujuan utama yang hendak dicapai pada akhir tahun ketiga, tujuan khusus yang hendak dicapai pada tahapan akhir tahun pertama, tujuan untuk akhir tahun kedua, tujuan akhir tahun ketiga.

**Tujuan utama** dari penelitian ini yang hendak dicapai sampai tahun ketiga adalah menyediakan laboratorium pendidikan matematika yang dapat diakses guru matematika dan siswa sekolah di Indonesia kapanpun dan dimanapun.

**Tujuan khusus** dari tahun pertama penelitian ini antara lain:

1. Diperoleh prototipe alat peraga virtual adaptif berbasis teori beban kognitif.
2. Mengetahui tingkat validitas prototipe alat peraga virtual adaptif berbasis teori beban kognitif.
3. Diperoleh embrio portal laboratorium pendidikan matematika virtual yang mengacu pada *adaptive e-learning*.

**Tujuan tahun kedua** penelitian adalah mengetahui tingkat kepraktisan dan keefektifan dari alat peraga virtual adaptif serta laboratorium pendidikan matematika virtual. **Tujuan tahun ketiga** adalah mengujicoba hasil melalui penelitian eksperimen, mendeseminasikan hasil penelitian melalui berbagai forum guru dan forum ilmiah, mengajukan HKI, dan membuat artikel jurnal nasional terakreditasi serta jurnal internasional.

## **B. Manfaat**

### **Manfaat Praktis Bagi Pendidikan Matematika**

Membantu guru dalam mempersiapkan dan melaksanakan pembelajaran matematika melalui Laditiv (Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual) yang menyediakan:

- 1) layanan konsultasi akan konten materi matematika maupun pembelajarannya di sekolah,
- 2) penyediaan berbagai alat peraga virtual yang membantu proses belajar siswa,
- 3) penyediaan multimedia interaktif yang dapat digunakan guru maupun siswa dalam belajar matematika,
- 4) penyediaan kamus matematika yang mempermudah guru ketika mencari rujukan istilah-istilah matematika
- 5) Penyediaan contoh pembelajaran yang menekankan siswa melakukan aktivitas matematika melalui sarana “Ayo Belajar”

### **Manfaat bagi Institusi**

- 1) Sebagai mitra pemerintah dalam menyelesaikan masalah pendidikan matematika di Indonesia agar siswa Indonesia menjadi pintar matematika dan cerdas dalam memanfaatkan matematika bagi kehidupan siswa itu sendiri.
- 2) Pada akhir tahun kedua Laditiv menjadi bagian dari Website Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta sehingga mendukung usaha universitas untuk menjadikan UNY sebagai pusatnya pendidikan yang dapat diakses oleh sebanyak mungkin guru dan siswa.
- 3) Melalui Laditiv akan mengangkat citra dan nama baik Lembaga Pendidikan dan Tenaga Kependidikan pada umumnya dan UNY pada khususnya.

- 4) Menambah nilai positif bagi Jurusan Pendidikan Matematika UNY khususnya dalam hal menambah nilai akreditasinya.

### **Manfaat Teoritis**

Melalui fasilitas yang disediakan di Leditiv akan memberikan berbagai manfaat, misalnya

- 1) Menginspirasi dan membantu guru dalam melakukan penelitian-penelitian di sekolahnya masing-masing seperti halnya Penelitian Tindakan Kelas ataupun penelitian-penelitian kecil lainnya seperti ingin mengetahui pola pikir siswanya manakala menggunakan alat peraga virtual.
- 2) Menginspirasi dan membantu mahasiswa dalam melakukan kegiatan pembelajaran maupun kegiatan penelitiannya.
- 3) Membantu dosen dan mahasiswa dalam mendesiminasikan hasil karyanya tentang pembuatan multimedia interaktif baik yang diperolehnya melalui perkuliahan maupun sebagai hasil akhir dari kegiatan penelitian skripsi.
- 4) Membantu para peneliti di luar UNY dalam melakukan kegiatan penelitiannya melalui informasi maupun konten yang disediakan di dalam Leditiv.

Melalui karya yang dihasilkan akan berdampak pada hal berikut.

- 1) Aritikel yang dihasilkan dan disajikan dalam forum seminar nasional/internasional atau artikel yang dimuat dalam jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional dapat dijadikan sebagai rujukan dan sumber referensi oleh peneliti lain yang melakukan penelitian-penelitian sejenis.
- 2) Produk hasil penelitian yang berupa Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dapat diajukan patennya berupa Hak Kekayaan Intelektual (HKI).

## **BAB 4**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Kajian Umum Penelitian Pengembangan**

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh suatu produk yang berupa prototipe laboratorium pendidikan matematika virtual yang dikembangkan dengan mengacu pada teori beban kognisi maupun pembelajaran adaptif. Untuk mendapatkan produk berupa prototipe laboratorium pendidikan matematika tersebut dikerjakan melalui penelitian pengembangan (*Development Research*). Gay (1981: 10) mengemukakan bahwa penelitian pengembangan bukan bertujuan untuk menguji teori akan tetapi mengembangkan secara efektif suatu produk yang hendak dipergunakan. Kedudukan teori belajar bukanlah sebagai objek yang diuji kebenarannya dan keberlakuannya, namun sebaliknya teori belajar dimanfaatkan atau dipergunakan sebagai landasan utama dalam proses pengembangan produk. Teori belajar bermanfaat sebagai pengendali dan pengarah ke arah mana produk tersebut dihasilkan. Produk yang dikembangkan tanpa teori hanyalah bersifat coba-coba dan beresiko besar menemui kegagalan.

Akker dan Plomp (1993: 2) menyatakan bahwa kualitas penelitian pengembangan ditentukan oleh dua hal, yakni (1) seberapa berkualitas proses maupun mutu hasil pengembangan prototipe produk dan (2) bagaimana metode pengembangan diterapkan mulai dari tahap perencanaan hingga tahap evaluasi akhir suatu produk. Menurut jenis produk yang dikembangkan untuk keperluan pendidikan di sekolah, terdapat tiga macam penelitian pengembangan yaitu (1) penelitian pengembangan metode pembelajaran dengan produk akhir berupa cara-cara pembelajaran yang tepat yang mampu mendorong dan memfasilitasi siswa aktif dalam mempelajari materi tertentu, (2) penelitian pengembangan produk yang dimanfaatkan dalam kegiatan

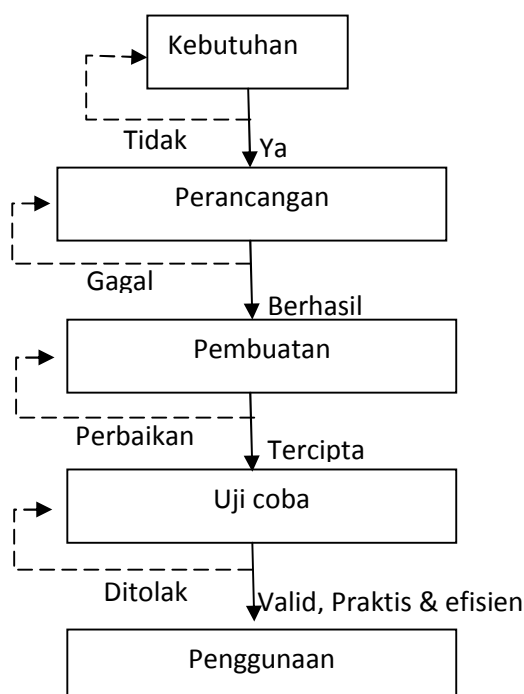
pembelajaran seperti misalnya berupa alat peraga manual, alat peraga virtual, media interaktif, buku, *hand-out*, Lembar Kerja Siswa (LKS), buku petunjuk praktik, Rencana Pembelajaran, perangkat tes evaluasi, serta program pembelajaran berbasis komputer, dan (3) penelitian pengembangan sistem pendidikan yang menghasilkan suatu sistem yang utuh maupun perbagian misalnya sistem rekrutmen siswa, sistem pembinaan guru mata pelajaran, sistem evaluasi keberhasilan kinerja guru, sistem pengadaan, pengelolaan, serta perawatan sarana dan prasarana pendidikan, dan sistem evaluasi hasil belajar siswa. Menurut sifatnya, Akker (1999: 6) membedakan dua jenis penelitian pengembangan, yakni penelitian formatif yang bertujuan untuk mengoptimalkan kualitas desain maupun untuk menguji prinsip-prinsip desain dan penelitian implementatif yang bertujuan untuk mengartikulasikan serta mengelaborasi prinsip-prinsip desain dalam proses pengembangan pembelajaran, lihat Tabel di bawah. Pada pembagian jenis penelitian menurut Akker, penelitian ini merupakan penelitian jenis formatif karena produk yang diharapkan adalah diperolehnya desain yang berkualitas yang memiliki prinsip esensial.

**Tabel 4.1.**  
**Tipe-Tipe Penelitian Pengembangan**  
**(Akker, 1999)**

<b>Tipe</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Waktu</b>
Penelitian formatif	Mengoptimalkan kualitas desain serta pengujian prinsip-prinsip desain	Selama proses desain dan proses pengembangan
Penelitian implementatif	Mengartikulasikan dan mengelaborasi prinsip-prinsip desain guna membangun kembali pembelajaran	Setelah aktivitas pengembangan

## D. Model-Model Penelitian Pengembangan

Penelitian pengembangan dalam pendidikan dan pembelajaran matematika mendapatkan perhatian dari banyak ahli sehingga muncullah berbagai model pengembangan. Model yang satu dengan lainnya tidak terkait secara langsung namun bisa ditarik benang merah antar model-model tersebut, yakni ciri penelitian pengembangan model adalah (1) adanya kebutuhan, (2) adanya perancangan, (3) adanya pembuatan, (4) adanya uji-coba, dan (5) adanya penggunaan.



Gambar 4.1. Diagram Alur Pengembangan Produk

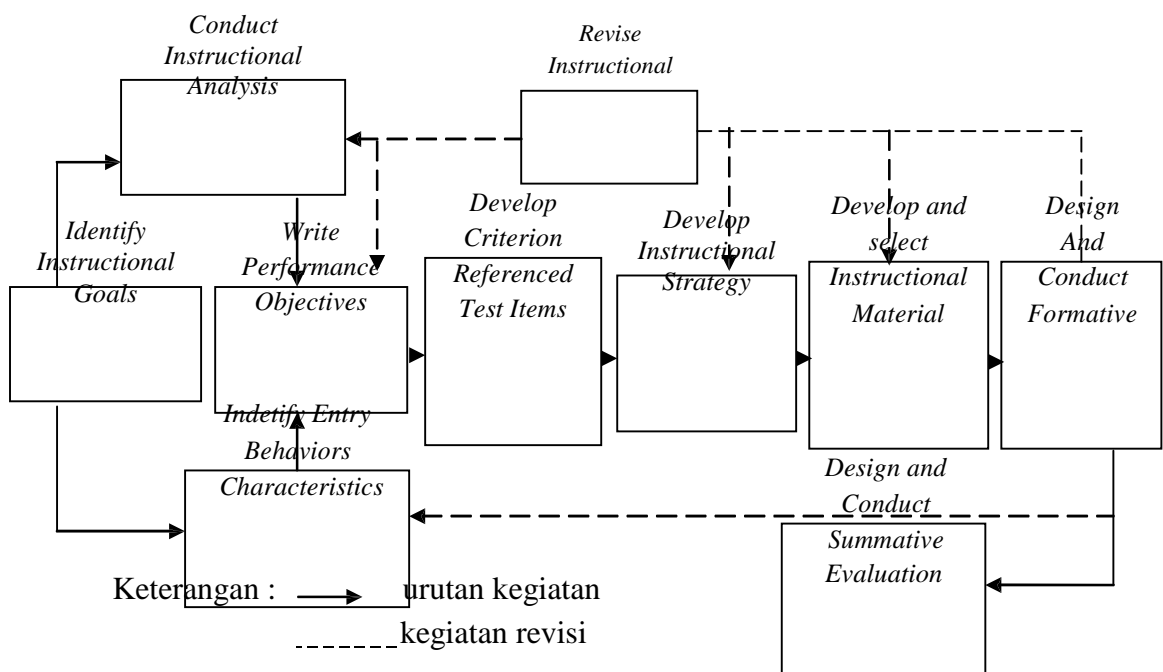
Dalam laporan ini akan diuraikan secara lebih rinci mengenai empat model pengembangan produk yaitu model Dick & Carey, model Borg & Gall, model Kemp, dan model Thiagarajan.

### 1) Model Pengembangan Dick & Carey

Model pengembangan Dick dan Carey terdiri dari 10 tahapan. Tahap-tahap pengembangan menurut Dick dan Carey (1978: 8-10) ini meliputi.

- a) Mengidentifikasi tujuan pembelajaran
- b) Menetapkan analisis pembelajaran
- c) Analisis keterampilan dasar dan karakteristik siswa
- d) Merumuskan tujuan pembelajaran khusus
- e) Mengembangkan kriteria instrumen penilaian.
- f) Mengembangkan sebuah strategi pembelajaran
- g) Mengembangkan dan memilih materi pembelajaran
- h) Merancang dan melakukan penilaian formatif pembelajaran
- i) Merevisi pembelajaran
- j) Merancang dan melakukan evaluasi sumatif

Model pengembangan pembelajaran menurut Dick dan Carey (1978: 9) dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 4.2 Model Pengembangan Pembelajaran  
 Dick dan Carey  
 (Dick dan Carey, 1978: 9)**

Kelebihan model Dick & Carey adalah adanya analisis tugas yang tersusun secara terperinci dan tujuan pembelajaran khusus secara hierarkis. Dengan demikian telah diketahui dengan pasti langkah-langkah yang harus dilakukan oleh siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran dan uji coba dilakukan berulang kali sehingga hasil yang diperoleh dapat diandalkan. Kekurangan model Dick & Carey adalah tidak adanya uraian secara jelas kapan uji coba dilakukan.

## **2) Model Pengembangan Borg & Gall**

Model pengembangan Borg dan Gall terdiri dari 10 langkah pengembangan. Sepuluh langkah pengembangan yang ditentukan Borg dan Gall (1983: 775) meliputi.

- 1) Pengumpulan informasi, yaitu meliputi kajian pustaka, pengamatan kelas, dan persiapan laporan tentang pokok permasalahan.
- 2) Perencanaan, yaitu meliputi pendefinisian, perumusan tujuan, penentuan urutan pembelajaran, dan uji coba skala kecil.
- 3) Mengembangkan bentuk produk awal, yaitu meliputi penyiapan materi pembelajaran, buku pegangan, dan perlengkapan evaluasi.
- 4) Melakukan uji coba lapangan awal, yaitu pengumpulan data awal dengan wawancara, pengamatan, dan angket kemudian dilakukan analisis.
- 5) Revisi produk, yaitu melakukan revisi produk sesuai dengan saran-saran pada uji coba lapangan awal.
- 6) Melakukan uji coba utama, yaitu dilakukan uji coba yang bertujuan untuk mendapatkan data kuantitatif.

- 7) Revisi produk operasional, yaitu melakukan revisi produk sesuai dengan yang disarankan pada hasil uji coba lapangan utama.
- 8) Melakukan uji coba lapangan operasional, yaitu uji coba produk dan dilakukan pengumpulan data dengan wawancara, pengamatan, dan angket, dan dianalisis.
- 9) Revisi produk akhir sesuai yang disarankan pada uji coba lapangan operasional.
- 10) Desiminasi dan implementasi dengan membuat laporan mengenai produk dalam jurnal.

Kelebihan dari Borg & Gall adalah langkah-langkah yang digunakan lengkap untuk memperoleh suatu produk yang layak. Adapun kekurangan model Borg & Gall adalah memerlukan waktu yang relatif lama dan subjek yang banyak untuk melaksanakan keseluruhan prosesnya.

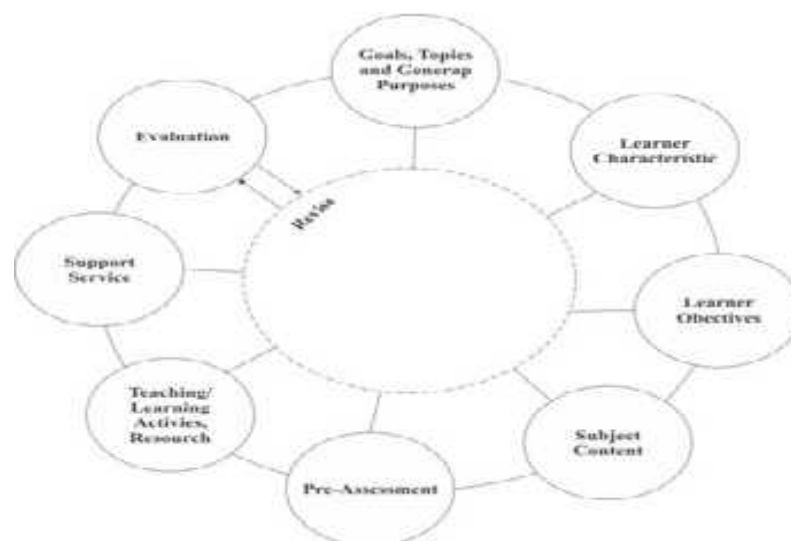
### **3) Model Pengembangan Kemp**

Model pengembangan pembelajaran yang paling awal dalam pendidikan adalah model pengembangan Kemp (1977: 8). Model ini dirancang untuk menjawab tiga pertanyaan yang berkaitan dengan unsur pokok dalam pembelajaran, yaitu kemampuan apa yang diinginkan untuk dipelajari (tujuan), bagaimana isi pembelajaran atau keterampilan dapat dipelajari dengan baik (media, metode dan kegiatan belajar), dan bagaimana cara menentukan tingkat penguasaan pembelajaran yang sudah dicapai (evaluasi).

Ketiga unsur pokok dari jawaban pertanyaan tersebut kemudian dikembangkan menjadi delapan langkah pengembangan menurut Kemp yaitu.

- a) Mengidentifikasi masalah pengajaran dan menspesifikasi tujuan untuk mendesain program pembelajaran.
- b) Menentukan karakteristik siswa yang harus menerima perhatian selama perencanaan.
- c) Mengidentifikasi materi pelajaran dan menganalisa komponen-komponen tugas yang berhubungan dengan tujuan yang telah ditetapkan.
- d) Menentukan tujuan pembelajaran untuk siswa.
- e) Mengurutkan materi dalam setiap unit pengajaran.
- f) Mendesain strategi pembelajaran sedemikian hingga setiap siswa dapat menguasai tujuan pembelajaran.
- g) Merencanakan penentuan pembelajaran dalam tiga pola pembelajaran.
- h) Mengembangkan instrumen penilaian untuk menilai tercapainya tujuan pembelajaran.

Model pengembangan pembelajaran menurut Kemp dapat dilihat pada **gambar** berikut.



**Gambar 4.3. Model Pengembangan Pembelajaran Kemp (Kemp, 1977: 9)**

Kelebihan dari model Kemp adalah: (a) diagram pengembangannya berbentuk bulat telur yang tidak memiliki titik awal tertentu, sehingga dapat memulai perancangan secara bebas; (b) banyak bulat telur itu juga menunjukkan adanya saling ketergantungan di antara unsur-unsur yang terlibat; dan (c) dalam setiap unsur ada kemungkinan dilakukan revisi sehingga memungkinkan terjadinya sejumlah perubahan dari segi isi maupun pengakuan terhadap semua unsur tersebut selama melaksanakan program. Adapun kekurangan model kemp adalah tidak adanya kejelasan tentang apa yang perlu dilakukan pada langkah yang berhubungan dengan aktivitas pembelajaran serta pemilihan dan pemakaian sumber-sumber belajar.

#### **4) Model Pengembangan Thiagarajan**

Model pengembangan perangkat menurut Thiagarajan, Semmel dan Semmel (1974: 5-9) biasa disebut *Four D Model* (Model 4-D). Model tersebut terdiri dari 4 langkah sebagai berikut.

- a) Pendefinisian (*define*), meliputi: analisis awal akhir, analisis konsep, analisis tugas dan spesifikasi tujuan pembelajaran
- b) Perancangan (*design*), meliputi: penyusunan tes, pemilihan media, pemilihan format dan desain awal.
- c) Pengembangan (*develop*), meliputi: penilaian ahli dan uji coba
- d) Penyebaran (*disseminate*), meliputi: validasi tesing, pengemasan, penyebaran dan pengadopsian.

Selanjutnya, langkah-langkah model pengembangan Thiagarajan secara spesifik diuraikan sebagai berikut.

a) Tahap pendefinisian (*Define*)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan dan mendefinisikan instrumen-instrumen pembelajaran. Tahap awal adalah analisis. Melalui analisis, ditentukan tujuan-tujuan dan batasan-batasan untuk materi instrumen. Tahap *Define* terdiri dari lima langkah yaitu *front-end analysis*, *learner analysis*, *task analysis*, *concept analysis* dan *specifying instructional objectives*.

(1) Analisis awal-akhir (*Front-end Analysis*)

Analisis awal-akhir (*Front-end Analysis*) adalah studi mengenai permasalahan dasar yang dihadapi oleh guru dalam rangka meningkatkan kemampuan dan level guru. Dalam analisis ini dipelajari jenis alternatif pembelajaran yang lebih menarik dan efisien. Jika alternatif atau materi pengajaran tersedia, maka dilakukan pengembangan.

(2) Analisis Siswa (*Learner Analysis*)

Analisis Siswa (*Learner Analysis*) adalah studi mengenai karakteristik siswa yang sesuai dengan desain dan pengembangan pembelajaran. Karakteristik tersebut meliputi kompetensi dan pengalaman sebelumnya, sikap terhadap topik pembelajaran, dan media, format dan penggunaan bahasa.

(3) Analisis Konsep (*Concept Analysis*)

Analisis Konsep (*Concept Analysis*) adalah mengidentifikasi konsep utama yang akan diajarkan dan mengurutkannya secara hierarki.

Analisis ini membantu dalam mengidentifikasi himpunan rasional contoh dan non-contoh yang sesuai.

(4) Analisis Tugas (*Task Analysis*)

Analisis Tugas (*Task Analysis*) adalah identifikasi keterampilan utama yang diperlukan oleh guru dan menganalisa keterampilan-keterampilan khusus yang diperlukan. Analisis ini memberikan laporan tugas yang komprehensif dalam materi pembelajaran.

(5) Spesifikasi tujuan pembelajaran (*Specifying instructional objectives*)

Hasil analisis tugas dan analisis konsep dirubah kedalam tujuan-tujuan pembelajaran. Tujuan-tujuan pembelajaran ini memberikan dasar untuk pengkonstruksian tes dan desain pembelajaran. Kemudian diintegrasikan dengan materi pembelajaran yang akan digunakan oleh guru.

b) Tahap perancangan (*Design*)

Tujuan dari tahap ini adalah mendesain prototipe bahan ajar (*instructional material*). Kegiatan pada tahap ini dapat dilakukan setelah menentukan sekumpulan tujuan untuk perangkat pembelajaran yang telah ditentukan. Pemilihan format dan media untuk bahan dan produksi versi awal mendasari aspek utama pada tahap desain. Ada empat langkah dalam tahap desain, yaitu mengkonstruksi tes beracuan-kriteria (*constructing criterion-referenced test*), pemilihan media (*media selection*), pemilihan format (*format selection*) dan desain awal (*initial design*).

(1) Penyusunan tes acuan (*constructing criterion-referenced test*)

Langkah ini merupakan jembatan antara tahap pendefinisian (*define*) dengan tahap desain (*design*). Tes beracuan criteria mengubah tujuan-tujuan behavior dalam garis besar untuk perangkat pembelajaran.

(2) Pemilihan media (*Media Selection*)

Pemilihan media (*Media Selection*) adalah pemilihan media yang cocok untuk mempresentasikan isi pembelajaran. Proses ini meliputi penyesuaian antara analisis tugas dan konsep, karakteristik target-peserta, sumber produksi, dan rencana penyebaran dengan berbagai macam atribut media yang berbeda. Pemilihan akhir mengidentifikasi medium yang paling sesuai atau kombinasi media yang digunakan.

(3) Pemilihan format (*format selection*)

Pemilihan format mirip dengan pemilihan media dimana dilakukan pemilihan format yang sesuai untuk mendesain perangkat pembelajaran (*instructional material*) yang bergantung pada sejumlah faktor.

(4) Perancangan awal (*initial design*)

Tahap Desain awal (*initial design*) adalah penyajian pembelajaran essensi melalui media yang sesuai dan urutan yang cocok. Ini juga melibatkan penstrukturan berbagai kegiatan belajar, seperti membaca teks, melakukan wawancara, dan mempraktikkan keterampilan mengajar (*peer teaching*).

c) Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tujuan dari tahap ini adalah memodifikasi prototype bahan ajar. Tahap ini terdiri dari dua langkah, yaitu penilaian ahli (*expert appraisal*) dan uji pengembangan.

(1) Penilaian ahli (*expert appraisal*)

Penilaian ahli (*expert appraisal*) adalah teknik untuk memperoleh saran untuk mengembangkan bahan ajar. Sejumlah ahli diminta untuk mengevaluasi bahan ajar dan dari segi teknik. Berbasis pada umpan balik (*feed-back*), bahan dimodifikasi supaya menjadi lebih memadai, efektif, dapat digunakan, dan secara teknik berkualitas tinggi.

(2) Uji pengembangan (*Development testing*)

Uji pengembangan (*Development testing*) melibatkan uji coba bahan ajar pada siswa untuk memperoleh bagian-bagian yang harus direvisi. Berdasarkan respon, reaksi, dan komentar dari peserta, bahan dimodifikasi. Siklus dari uji, revisi, dan uji lagi dilakukan berulang-ulang sehingga dapat digunakan, bersifat konsisten, dan efektif.

d) Penyebaran (*Disseminate*)

Bahan ajar sampai pada tahap produksi akhir, jika pengembangan menunjukkan hasil yang konsisten dan hasil penilaian ahli merekomendasikan komentar positif. Tahap penyebaran terdiri dari dua langkah yaitu pengujian validitas (*validating testing*), pengemasan (*packaging*), serta difusi dan adopsi (*diffusion and adoption*).

(1) Pengujian validitas (*validity testing*)

Sebelum bahan (material) disebarluaskan (diseminasi), evaluasi sumatif dilakukan. Pada fase tes validasi, bahan digunakan untuk menunjukkan : siapa yang belajar, di bawah apa, kondisi apa, dan bagaimana dengan waktunya. Bahan juga diuji melalui uji professional dengan tujuan memperoleh masukan pada kecukupan dan relevansinya.

(2) Pengemasan (*packaging*), difusi (*diffusion*) dan adopsi (*adoption*)

Pengemasan, difusi, dan adopsi merupakan bagian penting meskipun bagian ini sering terlewatkan. Produser dan distributor harus dipilih, dan dikerjakan secara kooperatif untuk mengemas bahan dalam bentuk yang diterima pengguna. Upaya khusus diperlukan untuk mendistribusikan bahan secara luas pada pelatih dan peserta. (Thiagarajan, 1974: 9).

Kelebihan model Thiagarajan atau 4-D adalah uraian langkah-langkahnya jelas dan sistematis, sedangkan kelemahannya adalah tahap diseminasi yang melibatkan banyak ahli dan peserta memerlukan waktu serta biaya yang tidak sedikit. Dalam penelitian ini, model pengembangan Thiagarajan yang digunakan sebagai acuan penelitian, dikarenakan langkah-langkahnya jelas dan sistematis.

Akan tetapi, dalam penelitian ini terdapat modifikasi yaitu tidak dilakukan desiminasi. Dikarenakan perangkat pembelajaran yang dikembangkan tidak bisa digunakan secara umum untuk semua satuan pendidikan di Indonesia, dan hanya khusus untuk daerah Lombok.

## b. Kualitas Produk Pengembangan

Nieveen (1999: 126) mengatakan hasil produk pendidikan memainkan peranan yang penting dalam pendidikan. Untuk memenuhi fungsi tersebut, produk harus mempunyai kriteria yang baik, maka untuk memenuhi kriteria pembelajaran dan kualitas produk yang baik pada penelitian ini dipakai kriteria kualitas produk menurut Nieveen.

Nieveen (1999: 127-128) mengatakan kualitas produk, pendesainan, pengembangan, dan pengevaluasian program harus memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Untuk tiga kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 4.2. Kriteria Kevalidan, Kepraktisan, dan Keefektivitasan (Nieveen, 1999)**

<i>Quality Aspects</i>		
<i>Validity</i>	<i>Practically</i>	<i>Effectiveness</i>
<i>Intended (ideal + formal)</i> ■ <i>State-of-the-art</i> <i>Internally consistent</i>	<i>Consistensy between</i> <i>Intended ↔ Perceived</i> <i>Intended Operational</i>	<i>Consistensy between</i> ■ <i>Intended ↔ Experiential</i> <i>Intended Attained</i>

Adapun aspek-aspek kualitas adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.3. Representasi Aspek Kualitas (Nieveen, 1999)**

<i>Ideal</i>	Menggambarkan asumsi, visi dan tujuan dari sebuah dokumen kurikulum
<i>Formal</i>	Menggambarkan contoh konkrit dokumen kurikulum seperti buku siswa, buku petunjuk guru, perangkat pembelajaran, kombinasi dari ideal dan formal disebut <i>intended</i> (perencanaan)
<i>Perceived</i>	Interprestasi kurikulum oleh pengguna (khususnya guru)
<i>Operational</i>	Menggambarkan proses pembelajaran aktual
<i>Experiential</i>	Kurikulum menggambarkan pengalaman dan pengetahuan siswa
<i>Attained</i>	Menggambarkan hasil belajar siswa

### 1) Kevalidan Perangkat Pembelajaran

Menurut Nieveen (1999: 127) kualitas produk dikatakan valid dilihat dari keterkaitannya dengan tujuan dari pengembangan produk itu sendiri harus benar-benar dipertimbangkan. Selanjutnya, untuk menggambarkan kriteria kevalidan produk pembelajaran yaitu apabila perangkat pembelajaran dapat menggambarkan kurikulum yang diharapkan atau *intended*, yakni kombinasi antara *ideal* dan *formal*.

### 2) Kepraktisan Perangkat Pembelajaran

Nieveen (1999: 127) mengatakan bahwa kepraktisan dilihat dari pendapat oleh pengguna terutama guru dan siswa yang menganggap produk yang dihasilkan mudah untuk digunakan dan juga menggambarkan proses pembelajaran yang aktual. Ini dimaksudkan adanya kekonsistenan antara *intended* dan *perceived curriculum* dan *intended and operational curriculum*. Jika keduanya konsisten maka produk tersebut dikatakan praktis.

Berdasarkan pendapat di atas, maka untuk tingkat kepraktisan dalam pengembangan alat peraga virtual dan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual ini ditinjau dari penilaian guru dan penilaian siswa. Untuk itu aspek kepraktisan dikaitkan yaitu dengan penilaian para pengguna (guru dan siswa) menyatakan produk yang dikembangkan mudah untuk digunakan.

### 3) Keefektifan Produk

Tingkat keefektifan menurut Nieveen (1999: 127) menggambarkan pengalaman siswa dan hasil belajar siswa. Ini berarti konsistensi antara *intended and experiential curriculum* dan *intended and attained curriculum*. Adapun keefektifan pembelajaran menurut Robert & Dick (1996: 3) yaitu suatu

pembelajaran dikatakan efektif berdasarkan data dan informasi hasil belajar yang didokumentasikan.

Selanjutnya Kemp (1994: 288) menyatakan bahwa keefektifan dibatasi pada hasil belajar yang dapat diukur. Selain itu Kemp menyatakan untuk pertanyaan mengenai keefektifan dapat dijawab dengan seberapa besar derajat ketuntasan siswa yang telah mencapai tujuan pembelajaran dalam waktu setiap unit pembelajaran. Selanjutnya, Kemp menyatakan indeks keefektifan adalah persentase yang menjelaskan: (a) level penguasaan yang dicapai oleh siswa untuk tiap tujuan pembelajaran; (b) rata-rata pencapaian tujuan oleh semua siswa.

Persentase penguasaan ditentukan oleh guru setelah melaksanakan pembelajaran. Lebih lanjut dikatakan bahwa batas penguasaan standar keberhasilan adalah 75%, sebagaimana yang ditentukan BSNP (2006: 12) bahwa kriteria ideal ketuntasan untuk masing-masing indikator adalah 75%.

## **B. Model Pengembangan Penelitian**

Model pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dalam penelitian ini mengacu pada model pengembangan dari Thiagarajan, Semmel, & Semmel yang dikenal dengan Model 4 D; tahap pertama adalah *define* (pendefinisian), kedua adalah *design* (perancangan), ketiga adalah *develop* (pengembangan), dan keempat adalah *disseminate* (penyebaran).

### **1. Tahap Pendefinisian**

#### **a. Analisis Awal**

Pada tahap ini dilakukan telaah kurikulum yang berlaku di sekolah-sekolah. Saat ini ada dua Kurikulum yang berjalan di seluruh sekolah

di Indonesia. Kedua Kurikulum tersebut adalah Kurikulum 2006 dan Kurikulum 2013 yang secara legal formal keduanya dijalankan di sekolah. Tahun 2013, sebanyak 5% sekolah di Indonesia menerapkan Kurikulum 2013 dan sisanya yang 95% masih menerapkan Kurikulum 2006.

Menurut jenisnya terdapat tiga macam kurikulum. Pertama adalah kurikulum yang dicitakan (*intended curriculum*) yang secara formal terdokumentasi di sekolah, diknas, maupun Kementerian Pendidikan. Ujud dari kurikulum ini berupa berbagai Permendiknas/Permendikbud, silabi yang dibuat oleh guru, kelompok guru, atau pemerintah, dan RPP yang disusun oleh masing-masing guru.

Kedua adalah kurikulum yang terlaksana secara riil di kelas yang disebut dengan *implemented curriculum*. Pada pelaksanaan kurikulum di kelas sangat bergantung pada kondisi dan situasi yang dimiliki kelas atau sekolah. Faktor manusia (guru, siswa, wali kelas, dan kepala sekolah), media yang tersedia (alat peraga nyata, alat peraga virtual, komputer, OHP, LCD, buku pelajaran, modul, buku referensi, dan Lembar Kegiatan Siswa), dan kebiasaan kelas (norma kelas, budaya akademis kelas, dan tata interaksi siswa-siswa & siswa-guru) sangat mempengaruhi pelaksanaan kurikulum yang dicitakan. Artinya belumlah tentu kurikulum yang dicitakan dapat didukung penuh dalam bentuk pelaksanaannya di kelas.

Ketiga adalah kurikulum yang dicapai siswa yang disebut dengan *attained curriculum*; capaian ini ditandai dengan hasil belajar siswa dalam berbagai tes yang mungkin berupa ulangan harian, ulangan formatif, ulangan sumatif, dan ujian akhir tingkat (Ujian Nasional dari BNSP). Pengukuran keberhasilan kurikulum seharusnya tidaklah hanya berupa hasil tes yang

biasanya hanya mengukur capaian aspek kognitif yang berupa objek matematika langsung (fakta, prinsip, dan skil). Namun lebih jauh dari hal itu hendaknya juga mengukur objek matematika tak langsung yang berupa kemampuan proses matematis yang meliputi kemampuan representasi dan multipel representasi matematis, kemampuan bernalar matematis, kemampuan komunikasi matematis, kemampuan koneksi matematis, kemampuan pemecahan masalah matematis, minat matematika, dan motivasi matematika.

#### **b. Analisis Karakteristik Siswa**

Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui dan mengamati karakteristik siswa dilihat dari kompetensi, latar belakang pengetahuan siswa, kesulitan siswa dalam matematika, dan tingkat perkembangan kognitif siswa. Siswa dalam penelitian ini meliputi siswa Sekolah Dasar dan Sekolah Menengah Pertama. Analisis dilakukan secara teoritis dan didukung secara empiris sehingga memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai kebutuhan siswa terhadap alat peraga virtual.

#### **c. Analisis Pembelajaran Matematika di Kelas**

Pembelajaran yang dilakukan di kelas memberikan sumbangan yang sangat besar terhadap proses belajar matematika siswa. Analisis proses pembelajaran ini untuk mendapatkan jawaban berkenaan dengan pertanyaan sebagai berikut.

1. Apakah pembelajaran matematika di kelas sudah menggunakan paradigma pembelajaran yang bersentral pada siswa?
2. Bagaimana guru mengelola pembelajaran di kelas?
3. Apakah pembelajaran di kelas sudah menggunakan alat peraga yang sesuai

dan sudah dikelola secara efektif?

4. Jika memakai alat peraga, apakah alat peraga yang digunakan di kelas bermanfaat dalam membantu siswa dalam belajar matematika?
5. Kesulitan apa yang dialami guru ketika mengajarkan matematika di kelas?

#### **d. Analisis Materi Matematika Sekolah**

Pada tahap ini, peneliti melakukan analisis materi berdasarkan Kurikulum yang berlaku, yaitu Kurikulum 2006 maupun Kurikulum 2013. Analisis materi bertujuan untuk menentukan alat peraga apa yang akan dikembangkan pada Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual. Alat peraga yang dikembangkan tentunya disesuaikan dengan materi matematika yang dipelajari di Sekolah Dasar atau Sekolah Menengah Pertama. Tidaklah semua topik matematika memerlukan alat bantu berupa alat peraga virtual, namun hanya yang relevan saja yang perlu dikembangkan.

#### **e. Analisis Kebutuhan**

Laboratorium Pendidikan Matematika sudah ada di Program Studi Pendidikan Matematika di semua Lembaga Pendidikan dan Tenaga Kependidikan (LPTK). Di banyak sekolahpun sudah ada alat-alat peraga matematika yang tersedia di ruang kelas, ruang guru, atau ruang lainnya meskipun belum bisa disebut sebagai Laboratorium Pendidikan Matematika. Di sekolah, alat peraga yang tersedia berupa riil alat yang digunakan secara manual ketika pelajaran matematika.

Seiring dengan perkembangan teknologi sekarang yang menuju ke dunia digital perlu ditelaah peluang berkembangnya Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang memungkinkan digunakan memakai komputer dan

dapat diunduh kapanpun dari berbagai tempat melalui jaringan internet. Analisis kebutuhan ini memberikan gambaran tentang ketersediaan komputer di sekolah-sekolah maupun ketersediaan jaringan internet maupun intranet.

Melalui analisis kebutuhan juga diharapkan diperoleh identifikasi hal-hal yang perlu dimunculkan pada Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang dibangun. Hasil identifikasi dimaksudkan untuk memperoleh jawaban pertanyaan sebagai berikut.

1. Apakah guru/sekolah memerlukan alat peraga visual?
2. Apakah diperlukan petunjuk penggunaan alat peraga virtual untuk membantu guru dalam berimprovisasi menggunakannya di kelas?
3. Apakah perlu adanya penjelasan materi bagi guru?
4. Apakah diperlukan daftar istilah/glosarium untuk membantu guru ketika memerlukan rujukan dan butuh pendalaman terhadap istilah matematika yang digunakan baik dalam Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual maupun dalam keperluan pembelajaran lainnya?

#### **f. Pendefinisian**

Setelah memperoleh hasil analisis mengenai kebutuhan dan menetapkan apa saja yang dikembangkan maka langkah berikutnya adalah menetapkan apa yang hendak dikembangkan dengan memperhatikan skala prioritas dan mempertimbangkan sumber daya, waktu, sarana-prasarana, serta ketersediaan dukungan program komputer beserta fasilitas internet. Pemilihan fokus yang hendak dikembangkan ini merupakan langkah penting mengingat terlalu banyaknya problematika sehingga agar hasil penelitian yang diperoleh mempunyai makna maka perlu dilakukan pemilahan dan pemilihan terlebih dahulu masalah-masalah urgen yang

muncul dari lapangan sebagai wujud kebutuhan guru serta siswa.

## **2. Tahap Perancangan**

Perancangan dalam penelitian ini berisikan bagaimana laboratorium pendidikan virtual (Laditiv) dikembangkan termasuk juga komponen-komponen apa saja yang harus ada dalam Laditif tersebut, bagaimana mengembangkan isi dari komponen tersebut, apa isi dari masing-masing komponen, bagaimana keterkaitan antar komponen, dan siapa yang diberi tugas mengisi komponen-komponen tersebut. Salah satu komponen dalam Laditiv memuat alat peraga virtual yang dikembangkan berdasarkan *cognitive load theory*.

### **a. Prosedur Pelaksanaan Perancangan**

Perancangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dilakukan dengan berbasiskan *adaptive e-learning* dan *cognitive load theory*. Setelah ditentukan apa yang dikembangkan dalam Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual selanjutnya dibuatlah prosedur pembuatannya. Ada dua yang dikembangkan yakni alat peraga virtual yang akan diisikan ke dalam Laditiv dan mengembangkan Laditiv itu sendiri sebagai laman/situs yang dapat diakses secara mudah dan gratis oleh pengguna guru, siswa, maupun mahasiswa.

### **Prosedur Pengembangan Alat Peraga Virtual**

Untuk memperoleh alat peraga virtual yang memenuhi hasil kebutuhan lapangan (*need assesment*) maka pengembangannya menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Melihat kembali *need assesment* dan kemudian menentukan skala prioritasnya mana yang harus dikembangkan terlebih dahulu dan mana yang dapat dikerjakan kemudian dengan membuat daftar alat peraga berdasarkan skala

prioritas dan urgensinya.

- 2) Menentukan alat peraga virtual mana yang dikembangkan terlebih dahulu sebagai prototipe yang akan dijadikan rujukan manakala mengembangkan alat-alat peraga lainnya yang hendak diunggah ke dalam Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual.
- 3) Mendalami kembali teori beban kognitif (*Load Cognitive Theory*), teori adaptive e-learning, teori multimedia yang baik, serta persyaratan alat peraga yang baik dan interaktif.
- 4) Membuat rancangan alat peraga virtual yang memfasilitasi proses berfikir siswa berdasarkan *Cognitive Load Theory* dan membuat rancangan konten serta komponen situs Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang memungkinkan memfasilitasi guru mengajar matematika dan mungkin dapat diakses melalui media internet sebagai sumber belajar bagi guru maupun siswa.
- 5) Melakukan pengembangan oleh tim peneliti dan menyelenggarakan Fokus Grup Discussion agar diperoleh hasil pengembangan yang lebih terarah dalam hal langkah, konten, maupun manfaat sebagaimana yang diharapkan.
- 6) Mengujicobakan kepada siswa untuk melihat respon siswa, kesempurnaan produk, serta kesesuaian produk dengan karakteristik siswa. Uji coba ini dilakukan sampai didapatkan produk yang siap untuk dinilai kepada ahli.
- 7) Menilai prototipe produk kepada kelompok ahli dan juga kelompok pengguna nantinya. Kelompok ahli terdiri dari seorang ahli media ICR, seorang ahli materi matematika, dan seorang ahli pendidikan/instruksional matematika. Adapun kelompok praktisi adalah guru-guru yang mempunyai pengalaman mengajar di kelas sehingga diasumsikan mengetahui kemampuan berfikir serta kebiasaan siswanya.

- 8) Mengalalisis hasil penilaian ahli yang digunakan untuk memperbaiki prototipe produk alat peraga virtual yang mengacu pada *Cognitive Load Theory*.
- 9) Membuat alat-alat peraga virtual lainnya sesuai dengan propotipe yang telah diperoleh dan memasukkannya ke dalam situs Laditiv.
- 10) Pada tahun kedua, maka menguji cobakan di sekolah untuk melihat kepraktisan dan keefisiensian dari produk-produk yang dihasilkan.

### **Prosedur pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual**

Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual (Laditiv) memberikan layanan serta fasilitas bagi guru-guru matematika beserta para siswanya. Fasilitas-fasilitas yang disediakan di dalam Laditiv diarahkan untuk memperlancar perbaikan dan peningkatan mutu serta kualitas pembelajaran matematika di sekolah-sekolah di seluruh pelosok Indonesia. Untuk dapat memperoleh produk Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang baik maka tahap perancangannya melalui prosedur sebagai berikut.

- 1) Menganalisis kembali *need assesment* yang telah dilakukan. Temuan kebutuhan di lapangan tidak kaku hanya berdasarkan need assesment yang telah dilakukan saja; namun dapat berkembang setiap saat ketika mendapati masukan untuk penyempurnaan.
- 2) Menentukan komponen-komponen penting yang wajib ditampilkan dalam Lab Pendidikan Matematika virtual.
- 3) Menentukan isi dari masing-masing komponen serta menentukan dari mana isi itu diambil atau dibuat, siapa yang bertugas mencari isi komponen, siapa yang bertugas mengunggah isi, dan bagaimana hukum legal formalnya agar tidak terjadi plagiasi ataupun pelanggaran hak cipta. Laditiv dicanagkan memiliki

komitmen yang tinggi terhadap kedua perkara tersebut.

- 4) Membangun situs Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual dengan menggunakan teori *adaptive e-learning* dan semua isi di dalamnya memiliki nilai-nilai luhur pedagogik maupun didaktik.
- 5) Mengisi masing-masing komponen dengan materi yang dibuat sendiri oleh Tim, hasil karya mahasiswa / dosen, hasil penelitian mahasiswa/dosen, atau diambil dari sumber-sumber internet. Pengisian ini berjalan secara kontinu dari tahun ke tahun tergantung tidak hanya selama penelitian ini didanai saja. Di masa depan situs Laditiv yang dibangun akan menjadi unggulan milik Jurusan Pendidikan Matematika.

#### **4. Teknik Analisis Data**

Data yang diperoleh dari angket validasi ahli dianalisis berdasarkan langkah-langkah berikut.

- 1) Penilaian oleh ahli dirangkum dalam satu tabel yang disebut tabel hasil penilaian kelayakan produk.
- 2) Pemeriksaan terhadap setiap hasil penilaian oleh ahli.
- 3) Mengolah data pada masing-masing aspek yang dinilai yang meliputi
  - a) Aspek kognitif Intrinsik
  - b) Aspek kognitif ekstra
  - c) Aspek kualitas materi matematika
  - d) Aspek Syarat Didaktik
  - e) Aspek Syarat Konstruksi
  - f) Aspek Syarat Teknis
- 4) Membuat kriteria hasil penilaian sebagaimana disajikan pada tabel kriteria berikut. Produk yang dinilai dikatakan baik atau valid

apabila kriteria yang didapatkan adalah Baik atau Sangat Baik. Adapun tabel kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut Syaifuddin Azwar (2010: 163).

**Tabel 4.4.**  
**Skala Pedoman Penilaian**

<b>Interval Skor</b>	<b>Nilai</b>	<b>Kriteria</b>
$X_i + 2SB_i \leq X$	A	Sangat baik
$X_i + SB_i \leq X < X_i + 2SB_i$	B	Baik
$X_i - SB_i \leq X < X_i + SB_i$	C	Cukup baik
$X_i - 2SB_i \leq X < X_i - SB_i$	D	Kurang baik
$X < X_i - 2SB_i$	E	Tidak baik

$X_i$  = Rata-rata skor ideal =  $\frac{1}{2}$  (Skor maksimal ideal + skor minimal ideal)

$SB_i$  = Simpangan baku ideal =  $\frac{1}{6}$  (Skor maksimal ideal – skor minimal ideal)

X = Perolehan Skor Aktual

## **BAB 5**

### **HASIL PENELITIAN**

#### **A. Tahap Pendefinisian melalui Penilaian Kebutuhan**


*Need assesment* dilakukan melalui observasi kelas, pengamatan cara berfikir siswa selama pembelajaran matematika, wawancara dengan guru matematika, telaah kurikulum, telaah buku teks, telaah RPP yang digunakan guru, serta telaah referensi. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

- a. Kesulitan yang dialami beberapa guru ketika mengajar matematika adalah manakala menjumpai banyak siswa menemukan beragam cara menjawab atau beragam jawaban. Masing-masing jawaban siswa harus mendapatkan respon sesegera mungkin agar apabila siswa melakukan kesalahan maka tidaklah terlalu berlarut. Kesulitan guru berupa (1) sulit dalam membedakan mana jawaban yang benar dan yang salah, (2) kurang efektif dalam mengelola keberagaman jawaban supaya terjadi pertukaran pendapat, dan (3) melayani siswa sesuai dengan level kemampuan masing-masing siswa. Untuk itu butuh media yang bisa memberikan respon dengan segera atas keberagaman jawaban siswa.
- b. Dari hasil observasi ditemukan adanya keberagaman kemampuan siswa dalam melakukan transformasi dari level konkrit, ke semi konkrit, dan terakhir ke abstrak. Heterogenitas intelektual siswa

merupakan penyebab utamanya. Problem ini masih sulit diatasi oleh guru manakala muncul di kelas.

- c. Guru cenderung sesegera mungkin mengajar matematika formal meskipun pembelajarannya dimulai dari pemberian masalah kontekstual atau malahan memulai mengajar matematika langsung pada tahap formal. Kemampuan guru dalam menata materi adalah yang merupakan penyebab utamanya.
- d. Dari hasil wawancara, masih terdapat guru yang belum menguasai seluruh materi matematika yang seharusnya ia ajarkan. Akibatnya materi tersebut ditinggal oleh guru dan tidak diajarkan kepada siswanya kemudian siswa diminta untuk mempelajarinya sendiri atau mencarinya di internet. Jika demikian diperlukan sumber belajar selain guru yang dapat digunakan oleh siswa tanpa pendampingan guru tersebut. Materi yang dimaksud misalkan penalaran prosedur pembagian dengan bilangan pecah, konsep permutasi- kombinasi, dan pembulatan bilangan.
- e. Dari telaah buku pelajaran matematika yang diajarkan di sekolah ditemukan indikasi masih sedikitnya buku yang mendorong siswa melakukan kegiatan inkuiri. Pengetahuan yang diperoleh siswa dikarenakan siswa membaca konsep atau prinsip matematika bukannya siswa mencari dan menemukannya melalui proses inkuiri. Sebagai contoh pada topik penafsiran di buku Matematika Kelas IV

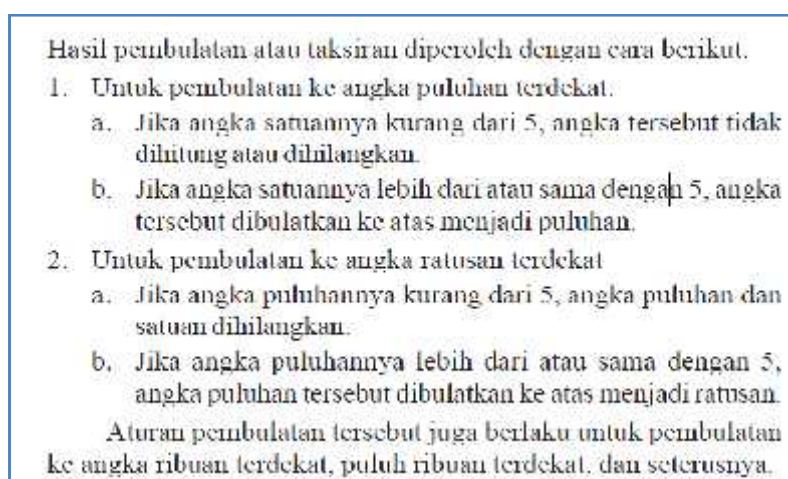
Kurikulum 2013 yang diterbitkan oleh Kemendikbud disajikan sebagai berikut.

Benda	Taksiran	Banyak benda sebenarnya
	100	84

Gambar 5.1. Materi Penaksiran pada Buku yang Beredar

Pada gambar di atas penaksiran menjadi 100 dari 84 tidak disertai dengan alasannya dan ketepatan jawabannya, mengapa jawabannya tidak 50 atau 80. Jika angka 100 tersebut tepat tetapi tidak ada argumentasi mengapa tepat dan jika kurang tepat juga tidak ada alasannya mengapa kurang tepat. Bahkan taksiran tersebut dapat dikatakan salah dalam sudut pandang ke puluhan terdekat. Akibatnya proses inkuri yang dijalani siswa ketika menyelesaikan problem tersebut cenderung menambah beban ekstrinsik (*Extrinsic cognitive Load*) yang berakibat mengecilnya beban germane (*Germane cognitive Load*) padahal beban germane adalah yang menopang diri siswa manakala ia menata kognitifnya yang dalam hal ini mengenai konsep penaksiran. Contoh lainnya adalah terdapat pada Buku Sekolah Elektornik (BSE) yang ditulis oleh Dwi Nuharini dan Tri Wahyuni. Pada buku tersebut aturan pembulatan ke puluhan, ratusan,

dan ribuan diberikan pada awal pengenalan sebagai suatu aturan yang harus digunakan dengan tidak melalui proses pemaknaan dan argumentasi mengapa dibuat aturan pembulatan seperti itu.



Gambar 5.2. Meteri Pembulatan yang Tidak Bersifat Inkuiri

Memang dalam sajian aturan di tidak terdapat kesalahan dalam konsep matematikanya namun memberikan aturan pada siswa tanpa melalui proses penalaran akan menjadikan kurang bermakna bagi siswa dalam mempelajarinya.

- f. Banyak sekolah yang memiliki sarana komputer yang dapat digunakan dalam pembelajaran matematika bahkan siswa banyak yang memiliki komputer sendiri atau memiliki telepon genggam yang dapat digunakan untuk mengakses internet. Sedangkan sekolah itu sendiri belum memiliki laboratorium pendidikan matematika dan yang ada terbatas pada alat peraga sederhana.

Berdasarkan temuan dan hasil telaah di atas maka perlu dibangun laboratorium pendidikan matematika yang bisa dimanfaatkan oleh banyak sekolah serta perlu dikembangkan alat peraga-alat peraga virtual adaptif.

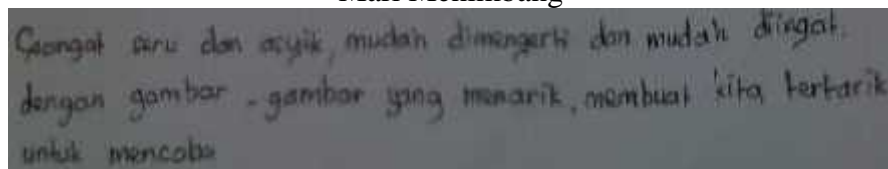
## **B. Tahap pendesainan**

Melalui tahap ini telah dikembangkan prototipe alat peraga virtual dengan didasarkan pada *cognitive load theory* yang akan diunggah ke dunia maya dan website laboratorium pendidikan matematika virtual (laditiv) yang akan diisi dengan berbagai media virtual. Berikut akan diuraikan secara singkat dari apa yang telah dikembangkan beserta hasilnya.

- a. Pengembangan alat peraga virtual dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai komponen yang semuanya mengacu pada *cognitive load theory* serta *adaptive e-learning*. Pada tahun pertama ini baru dikembangkan prototipenya yang berisikan konsep pembulatan bilangan ke satuan, puluhan, dan ratusan terdekat. Nama prototipe alat peraga pembulatan tersebut adalah “Mari Menimbang.” Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada pendesainan alat peraga pembulatan ini adalah (1) Penentuan bahwa konten matematika yang disajikan dalam alat peraga virtual merupakan konten yang esensial bagi siswa namun media pembelajaran yang tersedia belum bisa memfasilitasi siswa dalam mengeksplorasi konten matematika tersebut, (2) Pencarian konteks pada alat peraga virtual yang relevan

bagi siswa agar bermula pada konteks tersebut siswa dapat meningkatkan pemahaman konsep maupun prosedur matematikanya secara abstrak, (3) perancangan media alat peraga virtual yang mampu mendorong siswa untuk memaksimalkan *germane cognitive load* yakni yang memaksimalkan pikiran siswa dalam membangun skema konsep maupun prinsip matematika yang terkandung dalam alat peraga virtual; pada saat merancang ini direncanakan pula pemberian bantuan atau scaffolding manakala siswa membutuhkan, (4) pembuatan alat peraga virtual dengan menggunakan program komputer yang memiliki fasilitas yang diperlukan; salah satu program komputer yang dimaksud adalah makro media flash, (5) mendiskusikan embrio alat peraga virtual dalam forum diskusi yang disebut *Forum Group Discussion* (FGD), (6) mencoba alat peraga virtual pada siswa pengguna agar terdeteksi kelemahannya dan kemudian melakukan penyempurnaan; uji coba ini dilakukan sebanyak satu atau dua kali namun bilamana perlu bisa dilakukan sebanyak kebutuhan; komentar siswa terhadap prototipe alat peraga virtual yang berjudul “Mari Menimbang” adalah sangat positif sebagaimana contohnya terlihat pada Gambar, dan (7) menilaikan alat peraga virtual kepada ahli dan praktisi serta sekaligus meminta saran-saran penyempurnaannya. Melalui tujuh langkah ini telah berhasil dibuat prototipe alat peraga virtual.

Gambar 5.3.  
Komentar Siswa Ujicoba terhadap Alat Peraga Virtual  
“Mari Menimbang”



- b. Penilaian terhadap alat peraga virtual dilakukan oleh 3 dosen ahli (ahli media/teknologi, ahli materi, dan ahli pendidikan matematika) serta 10 praktisi yakni guru-guru yang mempunyai pengalaman dalam mengajar matematika di kelas. Hasil penilaian yang diberikan tampak pada tabel berikut.

Tabel 5.1. Hasil Penilaian terhadap Alat Peraga Virtual oleh Ahli dan Praktisi

Komponen Penilaian	Ahli		Praktisi	
	Skor	Kriteria	Skor	Kriteria
Kognitif Instrinsik	3,17	Baik	3,73	Sangat Baik
Kognitif Ekstra	3,10	Baik	3,53	Sangat Baik
Kualitas Materi	3,17	Baik	3,58	Sangat Baik
Syarat Didaktik	3,08	Baik	3,60	Sangat Baik
Syarat Konstruksi	3,40	Baik	3,54	Sangat Baik
Syarat Teknis	3,33	Baik	3,73	Sangat Baik
Semua Komponen	3,19	Baik	3,60	Sangat Baik

Penilaian yang diberikan oleh ahli terhadap setiap komponen maupun secara keseluruhannya yang terkandung dalam prototipe alat peraga virtual masuk dalam kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa alat peraga tersebut sudah layak digunakan oleh siswa baik di dalam kelas maupun di rumah. Kelayakan tersebut diperkuat oleh hasil penilaian oleh guru yang memberikan kriteria sangat baik terhadap semua komponen alat peraga virtual.

- c. Adapun alat peraga virtual pada materi pembulatan terlihat pada gambar berikut.



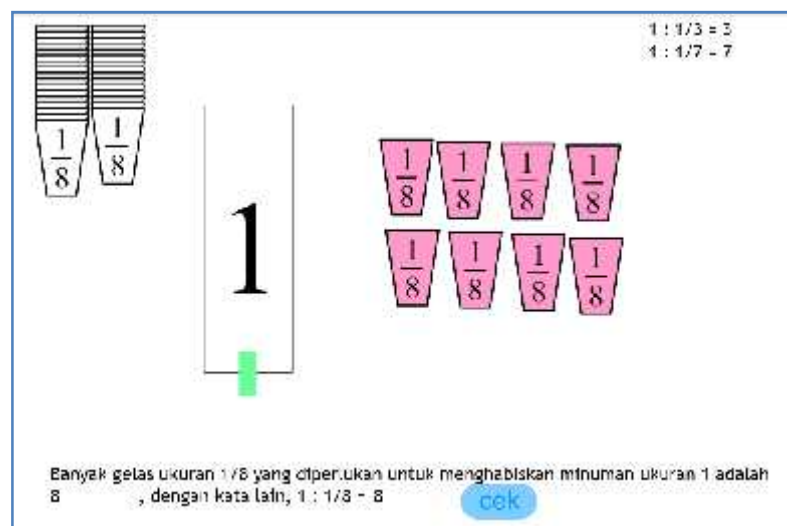
Gambar 5.4. Alat Peraga Virtual: Pembulatan

Penggunaan alat peraga adalah sebagai berikut:

- 1) Memilih satu diantara tiga benda (ikan, pisang, atau pepaya) untuk diletakkan di atas timbangan
- 2) Penunjuk berat pada timbangan akan memberikan hasil timbangan. Pada gambar terlihat beratnya adalah 2007.06 gram.
- 3) Siswa/pengguna mengisi kota pada perintah Bulatkan ke satuan terdekat. Bila jawaban benar maka akan muncul bulatan hijau dan muncul pula perintah kedua “Bulatkan ke puluhan terdekat.” Bila jawaban salah akan diberi tanda silang berwarna merah dan diminta mengisi lagi; bila melakukan kesalahan kedua akan diberikan scaffolding berupa petunjuk dan diminta mengisi kembali; bila masih salah maka dierikan kunci jawabannya. Proses ini berulang untuk pembulatan ke puluhan dan ratusan.

- 4) Siswa mengerjakan soal latihan pembulatan yang berkonteks jarak rumah ke sekolah, jumlah penduduk desa, membaca label harga, dan menentukan berat badan dua orang. Jika benar semua maka diberi soal lanjutan dengan konteks menentukan keliling pigura dan menentukan jumlah kelereng yang mungkin.

Alat peraga virtual lain berupa pembagian dengan bilangan pecahan dengan mengambil judul “dispenser” sebagaimana gambar berikut.



Gambar 5.5. Alat Peraga Virtual: Pembagian dengan Pecahan

Acara menggunakan alata peraga virtual “Dispenser” adalah sebagai berikut.

- 1) Siswa atau pengguna diberikan pilihan ukuran gelas yang terdiri dari  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{1}{8}$ , dan  $\frac{1}{9}$  liter dan diminta untuk memilih ukuran yang mana yang akan ia selesaikan.

- 2) Misalkan siswa memilih ukuran gelas  $\frac{1}{8}$  liter maka akan disajikan 1 liter air dalam dispenser dan tumpukan gelas yang masing-masing berkapasitas  $\frac{1}{8}$  liter.
  - 3) Siswa mengambil satu gelas dan menungkan air sirup dari dalam dispenser. Setelah dituangkan pada 8 gelas maka air sirup di dalam dispenser akan habis.
  - 4) Siswa diminta mengisi kotak isian yang mengkaitkan pengalaman ia menggunakan dispenser dengan penulisan matematikanya. Jika jawaban siswa salah maka direspon dengan tanda silang merah dan diminta untuk mengulangi lagi mulai dari memilih ukuran gelas. Jika jawaban benar maka siswa juga diminta mengulangi lagi dengan ukuran gelas lainnya serta semua jawaban yang benar ditampilkan pada layar bagain kanan atas.
  - 5) Dengan melihat kumpulan jawaban yang disertai dengan pengalaman pribadi siswa akan menegrti bahwa  $1 : \frac{1}{2} = 2$ ;  $1 : \frac{1}{3} = 3$ ;  $1 : \frac{1}{4} = 4$ ;  $1 : \frac{1}{5} = 5$ ;  $1 : \frac{1}{6} = 6$ ;  $1 : \frac{1}{7} = 7$ ;  $1 : \frac{1}{8} = 8$ ; dan  $1 : \frac{1}{9} = 9$ . Dengan melihat pola tersebut siswa mampu menghitung  $1 : \frac{1}{13} = 13$ . Untuk siswa SMP ia akan membuat konjektur bahwa  $1 : \frac{1}{n} = n$  dengan n adalah bilangan asli.
  - 6) Siswa mengerjakan soal-soal latihan terkait.
- d. Pengembangan Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual
- Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual disingkat dengan “Laditiv.” Dalam prosesnya tidaklah mudah mengembangkan

laboratorium virtual yang mudah diakses dari luar melalui jejaring internet. Kendala utama yang dialami peneliti berturut-turut sebagai berikut. Web penyedia lingkungan *adaptif e-learning*, yakni *smart sparrow*, yang dijadikan tempat Laditiv menjadi berbayar dari semula yang gratis. Bahkan siswa yang akan menggunakannya juga harus membayar. Selanjutnya web pengganti *sparrow* yang dipilih ternyata dinyatakan ditutup dan tidak dapat diakses sehingga semua yang telah dibangun menjadi hilang. Pada akhirnya pada saat ini Laditiv saat ini beralamatkan di [laditiv.zyro.com](http://laditiv.zyro.com) sembari dikerjakan pemindahannya ke web UNY dan berada di dalam web Jurusan Pendidikan Matematika. Alamat web yang legal formal ini akan menjamin keamanan dan keberlangsungan dari Laditiv. Prosedur pengembangan Laditiv yang telah dilakukan meliputi (1) penentuan alamat Laditiv dan alamat terakhir yang sedang dibangun adalah [laditiv.pendidikan-matematika.fmipa.uny.ac.id](http://laditiv.pendidikan-matematika.fmipa.uny.ac.id); pada saat ini alamatnya adalah [laditiv.zyro.com](http://laditiv.zyro.com), (2) penentuan komponen-komponen yang disajikan pada web Laditiv; komponen tersebut meliputi Home, Ayo Belajar, Alat Peraga, Permainan, Glosarium, Tentang Kami, dan Kontak Kita, (3) pengembangan web laditiv, dan (4) pembahasan tampilan dan kemungkinan penambahan komponen dilakukan melalui kegiatan *fokus group discussion* (FGD); salah satu hasil FGD adalah diputuskannya bahwa Laditif harusnya bersifat legal dan merupakan

bagian dari Web UNY sehingga bisa memuat karya-karya dosen maupun mahasiswa untuk dijadikan *open resources*.

- e. Pengembangan laboratorium dalam platform adaptive elearning yang telah dihasilkan berupa web [laditiv.zyro.com](http://laditiv.zyro.com) sebagai berikut.

1) Halaman Utama Web Laditiv pada Pilihan Home

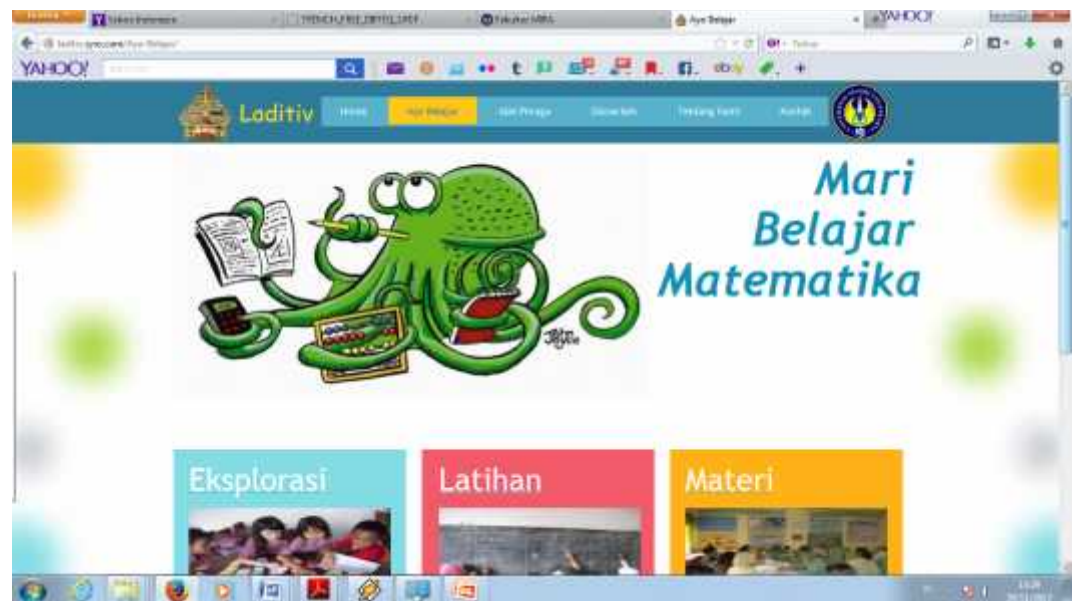


Gambar 5.6. Halaman Muka Website Laditiv

Web ini dapat diunduh secara online. Pada awalnya alamat web ini adalah “[laditiv.p.ht](http://laditiv.p.ht)” atau juga ” <http://ilhamdoank.p.ht>“. Namun setelah mengalami berbagai kendala yang tidak bisa diatasi, alamat website ini menjadi [laditiv.zyro.com](http://laditiv.zyro.com) dan ke depan alamat inipun akan dipindah ke domain Jurusan Pendidikan Matematika UNY. Halaman depan menonjolkan aspek kemenarikan, kemudahan langkah berikutnya, logo UNY, simbol kota Yogyakarta yang berupa gunung dan pakaian adat Jogja. Pada halaman awal ini tersedia menu “Home”, “Ayo Belajar”, “Alat

Peraga”, “Glosarium”, “Tentang Kami”, dan “Kontak” . Selain itu dilengkapi pula dengan menu “Tukar Pengalaman” dan “Info Kegiatan”. Seluruh menu tersebut dipandang sangat esensial walaupun kelak bisa berubah sesuai dengan hasil-hasil ujicoba penelitian.

## 2) Halaman “Ayo belajar”



Gambar 5.7. Halaman “Ayo Belajar”



Gambar 5.8. Halaman “Materi Pembulatan”

Ayo belajar berisikan alat peraga dan beberapa kegiatan laboratorium lainnya dimana siswa diajak untuk melakukan penemuan matematika bukan hanya diberi rumus-rumus matematika yang telah jadi dan tinggal menggunakannya. Siswa harus mengkonstruksi sendiri pengetahuan kognitifnya.

### 3) Halaman “Eksplorasi”



Gambar 5.9. Halaman Eksplorasi”

### 4) Halaman “Glosarium”



Gambar 5.10. Halaman Glosarium

Dalam web ini, glosarium dimaknai sebagai “kamus dalam bentuk ringkas” atau “daftar kata beserta penjelasannya di bidang tertentu.” Dalam Webster New World Dictionary, yang dimaksud dengan *Glossary* adalah “a list of difficult, technical, or foreign terms with definition or translations, as for some particular author, field or knowledge e.t.c., often included in alphabetical listing at the end of a textbook.” Glosarium ini berisikan daftar istilah matematika yang dipakai dalam web Latidiv dan disusun secara alpabetis dengan disertai arti dan penjelasannya. Beberapa istilah matematika lainnya juga ditambahkan dalam Glosarium ini. Menu yang disediakan dalam glosarium hanya ada dua, yakni “Kata Pengantar” dan “Daftar Istilah” yang disusun secara alpabetis mulai dari A hingga Z.

#### 5) Halaman “Tentang Kami”



Gambar 5.11. Halaman “Tentang Kami”



Halaman kontak bersikan alamat lokasi tempat pengembangan Laditiv, peta lokasi, alamat email, serta alamat surat sehingga memudahkan pengguna Laditiv apabila berkeinginan untuk kontak lebih lanjut.

### **C. Faktor-Faktor Pendukung dan Penghambat**

Faktor-faktor eksternal yang dirasakan mendukung pelaksanaan penelitian ini adalah:

- a. Tim peneliti telah mendapatkan programer yang mumpuni dalam bidang pengembangan web maupun bidang pendidikan matematika.
- b. Peneliti telah mendapatkan dukungan guru dan sekolah, bahkan beberapa mahasiswa S1 dan S2 juga menyatakan ketertarikannya untuk ikut mengambil bagian pada materi tertentu dalam skripsi atau tesisnya.
- c. Salah satu program pengembangan materi yang digunakan adalah flash macromedia yang mana banyak mahasiswa yang telah menguasai program tersebut. Hal ini sangat membantu dalam menjamin keberlanjutan pengembangan laman Laditiv.

Faktor penghambat yang sangat dirasakan adalah pemilihan program pengembangan e-learning sebagaimana tertuang dalam proposal, yakni program "Sparow". Pada saat proposal penelitian ini program Sparow bersifat gratis namun tidak lama kemudian berubah menjadi bertarif bagi siswa atau guru yang akan mengasesnya. Kesulitan ini yang menjadi

kendala utama dalam penelitian ini. Setelah itu telah ditemukannya program pengembangan web yang mudah digunakan dan bersifat gratis. Program yang dimaksud adalah “Hostinger” yang dapat diakses secara online dengan maksimal pemakaian sebesar 2 Giga. Setelah laporan ini dibuat, dikumpul ke LPPMP, dan diunggah ke situs Simlitabnas pada hari Rabu tanggal 18 September 2013 terjadi kejadian yang luar biasa menghambat karena alamat web dengan ekstensi .pht yang kami gunakan dinyatakan ditahan atau tidak boleh beroperasi. Setelah kami tanyakan kepada pengelolanya ternyata hal tersebut dikarenakan banyaknya pengguna yang teridentifikasi menyalah gunakan. Akibat dari kejadian ini adalah semua program yang sudah diunggah tidak lagi bisa diunduh. Yang telah kami lakukan adalah kami segera membeli alamat yang resmi dengan mengambil domain [laditiv.zyro.com](http://laditiv.zyro.com) pada malam harinya. Untuk menjaga legalitas maka pada tahun kedua alamat web akan dipindah ke domain Jurusan Pendidikan Matematika UNY.

## **BAB 6**

### **RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

Akhir tahun pertama penelitian ini telah dicapai hal-hal berikut.

1. Prototipe alat peraga virtual yang mengacu pada teori beban kognitif (*Cognitive Load Theory*) yang berupa alat peraga virtual pada topik “pembulatan” dengan judul “Mari Menimbang” dan topik “pembagian bilangan bulat dengan bilangan pecah” dengan judul “Dispenser”.
2. Telah diperolehnya level validitas dari prototipe alat peraga virtual dari ahli maupun praktisi. Para ahli memberi kriteria baik terhadap validitas prototipe alat peraga virtual dan para praktisi memberikan kriteria yang lebih yakni pada level sangat baik.
3. Pembuatan website Laditiv (Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual) dengan alamat di [www.laditiv.zyro.com](http://www.laditiv.zyro.com) yang masih menumpang pada penyedia website gratis. Situs Laditiv ini berisikan menu-menu utama, yakni Home, Ayo Belajar, Alat Peraga, Glosarium, Tentang Kami, dan Kontak Kami. Pada website Laditiv pada situs Zyro ini baru terbatas berisi hasil-hasil produk dari penelitian ini.
4. Sedang diupayakan agar website laditiv yang diciptakan tidak lagi menggunakan penyedia website gratis karena beberapa pertimbangan yakni, (1) adanya resiko yang cukup besar apabila web penyedia tutup atau bermasalah maka berakibat tidak dapat diasesnya web laditif yang berdampak pada semua program yang telah dibuat akan iktu serta hilang, (2) tidak luasannya bagi tim peneliti untuk mengolah datanya sendiri yang telah

diupload pada situs Zyro, misalnya tidak dapat dibuatnya versi Laditiv yang of-line, (3) tidak bisa ikut membesarkan nama lembaga Jurusan Pendidikan Matematika UNY yang dikarenakan kedudukan web Laditiv pada penyedia situs Zyro di luar legar formal kelembagaan, dan (4) tidak memungkinkannya mengunggah karya-karya mahasiswa ataupun karya pada web laditiv yang berada pada penyedia situs Zyro karena situs tersebut tidak di bawah lembaga UNY sehingga jika mengunggah akan melanggar legalitas dan formalitas karya.

Rencana Penelitian pada tahapan tahun kedua merupakan kelanjutan dan penyempurnaan dari apa yang telah dikerjakan pada tahun pertama. Yang akan dikerjakan pada tahun kedua adalah sebagai berikut.

1. Menambah berbagai alat peraga virtual lainnya dengan mengacu pada prototipe yang telah dibuat. Alat peraga virtual yang dimaksud misalnya berupa alat peraga virtual untuk mempelajari operasi penjumlahan dan pengurangan bentuk aljabar, operasi perkalian bentuk aljabar, menfaktorkan bentuk kuadrat, luas daerah lingkaran, luas daerah segitiga lancip, luas daerah segitiga tumpul, luas daerah jajargenjang, luas daerah trapesium, luas daerah layang-layang, luas daerah belah ketupat, volum prisma, volum tabung, volum limas, volum limas terpancung, dan volum bola.
2. Menlembagakan situs Laditiv dengan cara memindahkan website Laditiv dari penyedia situs Zyro ke dalam situs Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta dengan tujuan agar Laditiv

menjadi bagian resmi dari situs jurusan agar ketahanan dan keberlanjutannya tetap terjaga secara melembaga dan bisa terus berkembang seiring semakin banyaknya karya-karya mahasiswa yang dapat diunggah melalui jejaring internet.

3. Memperkaya penyediaan media dan layanannya dengan cara dan mengisi situs Laditiv pada masing-masing komponennya. Komponen yang dimaksud meliputi menu Ayo Belajar, Alat Peraga, dan Glosarium,
4. Menguji tingkat kepraktisan dan tingkat efisiensi dari alat-alat peraga virtual yang dihasilkan melalui ujicoba di sekolah-sekolah.
5. Menguji tingkat kepraktisan dan respon pengguna terhadap situs Laditiv yang sudah berada sebagai sub-domain dari situs Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Melibatkan mahasiswa S1 atau S2 dalam mengembangkan Laditiv sebagai bagian dari skripsi atau tesis mahasiswa tersebut. Hasil penelitian skripsi atau tesis akan dipublikasikan melalui forum seminar nasional atau internasional.
7. Melibatkan mahasiswa S1 serta dosen media dalam mengisi website Laditiv melalui pembuatan serta pengunggahan hasil karya multimedia sebagai bagian dari perkuliahan multimedia pendidikan matematika.
8. Mempublikasikan dan mendesiminasikan Laditiv atau bagiannya pada berbagai forum ilmiah seperti halnya seminar nasional maupun seminar internasional. Seminar internasional yang direncanakan hendak diikuti

adalah *Internasional Seminar on Science and Mathematics 2014* dan *Internasional Seminar on Mathematics Education Technology 2013*.

9. Membuat artikel jurnal yang akan dikirimkan (*submite*) di jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional.

--000--

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

1. Alat peraga virtual berbasis *cognitive load theory* dikembangkan melalui langkah-langkah (1) penentuan konten matematika, (2) penentuan konteks, (3) perancangan dengan mempertimbangkan *cognitive load theory*, (4) pembuatan, (5) Peninjauan melalui FGD, (6) Uji coba pada siswa, dan (7) Penilaian oleh ahli dan praktisi.
2. Hasil penilaian ahli terhadap prototipe alat peraga virtual berada pada kriteria baik sedangkan praktisi memberikan nilai sangat baik. Dengan demikian prototipe yang dihasilkan bisa diterapkan pada siswa dan dapat dijadikan acuan bagi pengembangan alat peraga virtual lainnya.
3. Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual (Laditv) dikembangkan melalui langkah-langkah penentuan alamat web, penentuan komponen yang disajikan, membangun laditv, dan pembahasan melalui FGD.

#### **B. Saran**

1. Penelitian ini perlu dilanjutkan tahun berikutnya untuk menguji coba kepraktisan dan keefektivannya.
2. Perlu dibuat prosedur pengisian konten Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual sehingga mempunyai peran yang lebih banyak dalam mempercepat kemajuan Pendidikan Matematika di sekolah-sekolah di seluruh Nusantara.

3. Perlu dikembangkan lagi alat-alat peraga virtual yang bervariasi namun tetap dipilih alat peraga yang esensial dalam membantu guru ataupun siswa.
4. Pada tahun kedua penelitian alamat website laditiv perlu dipindah ke yang memiliki legal formal yakni di bawah domain web Jurusan Pendidikan Matematika UNY agar Laditiv bisa menampilkan karya-karya multimedia mahasiswa dan dosen serta terjamin keberlanjutannya.

---000---

## DAFTAR PUSTAKA

- Akker, J.V. (1999). Principles and methods of development research. Dalam Akker, et.al. (Eds), *Design approach and tools in education and training* (pp. 6). London: Kluwer Academic Publishers
- Akker, J.V. & Plomp. (1993). *Development research in curriculum propositions and experiences*. Diakses jam 09.00, tanggal 10 Desember 2012, dari [http://leerplanevaluatie.slo.nl/Taakhulp/vandenAkker\\_Plomp\\_1993.pdf/](http://leerplanevaluatie.slo.nl/Taakhulp/vandenAkker_Plomp_1993.pdf/)
- Anindito Aditomo. Cognitive Load Theory and Mathematics Learning: A Systematic Review.
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A, & Worthan, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181-214.
- Bell, F.H. (1978). *Teaching and learning mathematics (In secondary school)*. Moines: Wm. C. Brown Company.
- Ben-Naim, D., Bain, M., & Marcus, N. A User-Driven and Data-Driven Approach for Supporting Teachers in Reflection and Adaptation of Adaptive Tutorials. *Proceedings of Educational Data Mining 2009*, 21 – 30.
- Borg, W.R., & Gall, M.D. (1983). *Educational research an introduction*. New York: Longman.
- Bruin-Muurling. (2012). The development of proficiency in the fraction domain: affordances and constraints in the curriculum. Desertasi: Endhoven University of Technology.
- Brunning Scaw, Norby dan Ronning. (2004) Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. *Learning and Instruction*, 4 , 295-312.
- BSNP. (2006). *Panduan penyusunan kurikulum tingkat satuan pendidikan jenjang pendidikan dasar dan menengah*. Jakarta: Badan Standar Nasional Pendidikan.
- Chambers, P. (2008). *Teaching mathematics: developing as a reflective secondary teacher*. Thousand Oaks: SAGE Publications Inc.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 233-246.
- Chipperfield,B. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design. Diunduh 10 Juni 2013 di [citeserx.ist.psu.edu](http://citeserx.ist.psu.edu)
- Coggins, D. et.al. (2007). *English language learners in mathematics classroom*. Thousand Oaks: Corwin Press
- Depdiknas.(2006). *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia No 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Dewi Padmo, Siti Julaeha, Kristina A, Puspitasari & Nurdin Ibrahim (Ed). 2004. *Teknologi Pembelajaran: Peningkatan Kualitas Belajar melalui Teknologi Pembelajaran*. Jakarta: Pusat Teknologi Komunikasi dan Informasi Pendidikan
- Dick, W & Carey, L (1978). *The systematic design of instruction*. Florida: Florida State University
- Endah Retnowati, Sweller, J. & Ayres, P. 2010. Worked Example Effects in Individual and Group Work Settings. *Educational Psychology*, 30(3), 349-367.
- Endah Retnowati. 2008. Keterbatasan Memori dan Implikasinya dalam Mendesain Metode Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika, Jurdik Matematika FMIPA UNY*. 28 November.

- Erman Suherman, dkk. (2003). *Strategi Pembelajaran Matematika Kontemporer*. Bandung: JICA-UPI.
- Gay, L.R. (1981). *Educational research: Competencies for analysis & application*. (2<sup>nd</sup> ed). Columbus: Merrill.
- Geisert, Paul G & Mynga. 1995. *Teachers, Computers and Curriculum: Microcomputers in the classroom*. United State of America: Allyn & Bacon
- Indall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When Two Sensory Modes Are Better Than One. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3 No. 4, 257 - 287.
- Kemp, E. J. (1977). *Instructional design: a plan for unit and course development* (2<sup>nd</sup> ed). New York: Merril.
- Kirschner, P. (2002). Cognitive Load Theory: Implication of Cognitive Load Theory on the Design of Learning. *Learning Instruction*: 12, 1-10.
- Marcus, N., Ben-Naim, D., & Bain, M. Instructional Support For Teachers and Guided Feedback For Students In An Adaptive eLearning Environment. *Proceedings of 2011 Eight International Conference on Information Technology: New Generation*, 626-631.
- Mayer, R and Moreno, R. (2002). Aids to Computer-base Multimedia learning. *Learning and Instruction*: 12, 107-119.
- Mayer, R., Moreno, R. A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles. Available at [www.eng.auburn.edu/csse/research/research\\_groups/vi3rg/ws/mayer.rtf](http://www.eng.auburn.edu/csse/research/research_groups/vi3rg/ws/mayer.rtf)
- Moreno, R., & Mayer, R. (1999). Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358-368.
- Mullis, VS., Martin, M.O., Foy, P., & Arora. (2011). TIMSS 2011. International Results in Mathematics. Boston: International Study Center.
- Munir. 2008. *Kurikulum Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Bandung: Alfabeta
- NCTM. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston: NCTM
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to Reach Product Quality dalam Plomp, T; Nieveen, N., Gustafson, K., Branch, R. M., & van den Akker, J (eds). *Design approaches and tools in education and training*. London: Kluwer Academic Publisher
- Paas, F. G. W. C., and van Merriënboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental-effort and performance measures. *Human Factors*, 35(4), 737-743.
- Paas, F. G. W. C., Renkl, A. & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 1–8.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. K., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38 (1), 63–71.
- Prusty, G. B., Russel, C, Ford, R., Ben-Naim, D., Ho, S., Vrcelj, Z., & Marcus, N. Adaptive Tutorials to Target Threshold Concepts in Mechanics – a Community of Practice Approach. *Proceedings of the 2011 AaeE Conference, Freemantle WA*.
- Quality Improvement Agency (QIA). (2008). *Improving teaching and learning in mathematics: Learning mathematics in context*. Diakses jam 11.00, tanggal 5 November 2012, dari <http://excellence.qia.org.uk>

- Robert, A.R., & Dick, W. (1996). *Instructional planning. A guide for teachers*. Boston: Allyn & Bacon.
- Soedjadi. (2000). *Kiat Pendidikan Matematika di Indonesia*. Jakarta: Dikti.
- Sriraman B., English L. (2010). *Theories of mathematics education*. London: Springer.
- Streefland. (1991). Fraction in Realistics Mathematics Education, a paradigm of developmental research. Dordrecht: Kluwer Publisher.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*. Victoria, Australia: Australian Council for Educational Research.
- Sweller, J. (2004). Instructional Design Consequences of an Analogy between Evolution by Natural Selection and Human Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 9-31.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material is Difficult to Learn? *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance Suring mathematical Problem Solving. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 424-436.
- Thiagarajan S., Semmel D. S., Semmel M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Minnesota: Central for Innovation on Teaching the Handicapped.
- Van Gog, T., Paas, F., & Van Merriënboer, J. (2006). Effects of Process-Oriented Worked Examples on Troubleshooting Transfer Performance. *Learning and Instruction*, 16(2), 154-164.

# LAMPIRAN

1.	Hasil Validasi lembar Penilaian oleh Ahli
2.	Instrumen Lembar Penilaian terhadap Alat Peraga Virtual
3.	Validasi oleh Ahli terhadap Alat Peraga Virtual
4.	Contoh Validasi oleh Praktisi terhadap Alat Peraga Virtual
5.	Hasil Penilaian/Validasi oleh Ahli dan Praktisi terhadap Alat Peraga Virtual
6.	Contoh Jawaban Siswa terhadap Tes Pembulatan
7.	Contoh Respon Siswa terhadap Alat Peraga Virtual
8.	Seminar Nasional
9.	Seminar Internasional
10.	Prototipe Alat Peraga Virtual Pembulatan: Mari Menimbang
11.	Prototipe Alat Peraga Virtual Pembagian Bilangan Bulat dengan Pecahan: Dispenser
12.	Laman Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual (Laditiv)
13.	Kontrak Penelitian
14.	Berita Acara Seminar Proposal
15.	Berita Acara Seminar Laporan Akhir

## HASIL VALIDASI LEMBAR PENILAIAN

Sebelum instrumen penilaian terhadap prototipe produk dilakukan oleh ahli dan praktisi sekolah maka untuk mengetahui kevalidan instrumen yang dibuat dilakukan kegiatan-kegiatan berikut.

1. Pengembangan aspek-aspek penilaian atas Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual berdasarkan tinjauan teoritis terhadap *cognitive load theory* dan teori media virtual yang adaptif.
2. Pengembangan indikator pada masing-masing aspek penilaian yang didasarkan pada *cognitive load theory* dan teori media virtual yang adaptif.
3. Pengembangan butir pernyataan pada masing-masing indikator agar diperoleh butir pernyataan yang tepat, lugas, dan sederhana yang memenuhi kriteria konten dan konstruk yang baik.
4. Mengemas lembar penilaian dengan menggunakan Skala Likert dengan empat pilihan jawaban, yaitu Sangat Baik (4), Baik (3), Tidak Baik (2), dan Sangat Tidak Baik (1).
5. Penentuan kriteria kualitas produk dari hasil penilaian praktisi yakni guru matematika yang mengajar di sekolah. Tabel kriterianya adalah sebagai berikut.

Tabel Kriteria Kualitas Produk

No.	Rentang	Kriteria
1.	$Rt-I + 2SD-I \leq Rt-rt$	Sangat Baik
2.	$Rt-I + SD-I \leq Rt-rt < Rt-I + 2SD-I$	Baik
3.	$Rt-I - SD-I \leq Rt-rt < Rt-I + SD-I$	Cukup
4.	$Rt-I - SD-I \leq Rt-rt < Rt-I - 2SD-I$	Kurang
5.	$Rt-rt \leq Rt-I - 2SD-I$	Sangat Kurang

$Rt-rt$  (Rata-rata Skor Penilaian) = (Skor Total) / jumlah penilai

$Rt-I$  (rata-rata ideal) = (Skor terendah + Tertinggi)/2

$SD-I$  (Standar Deviasi Ideal) = (Skor terendah + Tertinggi)/6

6. Mengemas Lembar Penilaian Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual berdasar *Cognitive Load Theory*.
7. Melakukan Fokus Grup Diskuion (FGD) guna membahas Lembar Penilaian Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual berdasar *Cognitive Load Theory*.
8. Menyeminarkan instrumen pada Seminar Proposal dan Instrumen yang diselenggarakan oleh LPPM

9. Membuat instrumen validasi untuk menguji validitas konten dan produk atas Lembar Penilaian Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual berdasar *Cognitive Load Theory*.
10. Menentukan tiga validator lembar penilaian yang terdiri dari ahli pendidikan matematika, ahli media, dan ahli ICT.
11. Menganalisis hasil penilaian ketiga validator baik yang berupa penilaian validitas maupun saran dan kritikan.
12. Melakukan revisi Lembar Penilaian Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual berdasar *Cognitive Load Theory* berdasarkan hasil analisis validasi ahli.
13. Menguji keterbacaan butir pernyataan yang dilakukan oleh satu guru dan berdiskusi dengan guru tentang apa-apa yang tidak dimengertinya
14. Melakukan revisi atas dasar uji keterbacaan
15. Menggunakan instrumen penilaian dengan memberikannya kepada tiga ahli dan sepuluh guru matematika.

Validasi ahli dilakukan oleh tiga dosen Jurusan Pendidikan Matematika yang terdiri dari ahli media, ahli ICT, dan ahli pendidikan matematika. Hasil validasi yang diperoleh adalah sebagai berikut.

VALIDITAS LEMBAR PENILAIAN LABORATORIUM VIRTUAL BERDASAR *COGNITIVE LOAD THEORY* (n=3)

ASPEK	INDIKATOR	Validitas		Kesimpulan
		Valid	Tidak	
1. Kognitif Intrinsik	1. Pengenalan konsep baru melalui materi prasyarat	3	-	Valid tanpa revisi
	2. Konsep disajikan melalui gambar, teks serta audio	2	1	Valid dengan revisi
	3. Materi disusun dari konkrit menuju abstrak	3		
	4. Materi disusun dari mudah menuju kompleks	3		
2. Kognitif Ekstra	5. Informasi yang diperlukan siswa terletak dalam frame yang sama	3		Valid dengan revisi
	6. Terdapat petunjuk untuk memperoleh sumber informasi yang diperlukan siswa	3		
	7. Teks dan gambar dipresentasikan secara simultan namun tidak membebani memori siswa	3		Valid dengan revisi
	8. Teks dan grafik dipresentasikan secara simultan namun tidak membebani memori siswa	3		Valid dengan revisi
	9. Gambar dan suara disajikan secara simultan namun tidak membebani memori siswa	2	1	Valid dengan revisi
	10. Teks ditempatkan pada gambar untuk mempertegas gambar dan ditempatkan dipresentasikan dalam satu waktu	2	1	
	11. Narasi pada gambar tidak mengulang teks yang disajikan	2	1	Valid dengan revisi
3. Kualitas Materi	12. Bahasa yang digunakan bersifat mengarah dan mudah dimengerti	3		Valid dengan revisi
	13. Penggunaan tanda baca, istilah, dan kata-kata sebagai petunjuk dalam media virtual tidak menyulitkan bagi siswa dan dapat dipahami	3		Valid dengan revisi

	14. Perintah-perintah yang ada mudah dipahami dan dalam jangkauan kemampuan siswa	3		
	15. Pemilihan huruf, ukuran huruf, warna huruf, dan penggunaan huruf yang ada dalam media virtual sudah tepat dan konsisten	3		
	16. Cakupan materi paling tidak meliputi SK dan KD	3		Valid dengan revisi
	17. Materi yang disusun dapat melayani semua kebutuhan siswa	2	1	Valid dengan revisi
	18. Latihan soal yang diberikan dapat membantu pemahaman siswa	3		
4. Syarat Didaktik	19. Media dapat digunakan baik oleh siswa lamban, sedang , maupun pandai	3		
	20. Kegiatan yang ada dapat membuat siswa untuk dapat berkomunikasi dengan teman-temannya agar komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika dapat dikembangkan	3		Valid dengan revisi
	21. Memberikan kesempatan pada siswa untuk melakukan kegiatan yang mendukung proses pembelajaran	3		
5. Syarat Konstruksi	22. Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat kedewasaan siswa SMP, yaitu lugas, tegas, tidak ambigu, dan terarah	3		Valid dengan revisi
	23. Menggunakan struktur kalimat yang jelas sesuai dengan EYD	3		
	24. Bahasa yang digunakan komunikatif dan interaktif	3		
	25. Memiliki tujuan belajar dan manfaat yang jelas	3		
	26. Ilustrasi yang diberikan memberikan gambaran lebih konkrit pada siswa	3		
6. Syarat Teknis	27. Tata letak harmonis	3		
	28. Ilustrasi kreatif sehingga menarik daya tarik siswa			

	29. Penempatan unsur komponen konsisten berdasar pola tertentu	3		
--	--	---	--	--

**SARAN:**

1. Pada aspek kualitas materi perlu ditambah butir tentang kebenaran konsep/prinsip matematika yang disajikan
2. Pada aspek proses didaktik perlu ditambah butir tentang pemberian kesempatan pada siswa untuk melakukan eksplorasi
3. Dalam media virtual, audio tidak selalu diperlukan sehingga unsur audio bukanlah suatu keharusan sebagai syarat media virtual yang baik.



## INSTRUMEN PENELITIAN

### Dasar Pengembangan Instrumen

*Cognitive Load Theory* (CLT) merupakan teori yang berlandaskan pada teori kognitif, yang memiliki asumsi dasar bahwa arsitektur kognitif terdiri dari beberapa memori, termasuk memori kerja yang terbatas dan memori jangka panjang yang luas. Teori ini dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan memori manusia dan mempromosikan proses kognitif yang lebih tinggi agar pembelajaran lebih bermakna (Tabbers, Martens, & van Merriënboer, 2004). Sweller (1994) mengemukakan ada tiga jenis beban kognitif yaitu : (a) beban kognitif intrinsik, beban yang disebabkan oleh kompleksitas dan struktur materi, (b) beban kognitif germane, yaitu beban yang diimbangi oleh usaha pebelajar untuk memproses dan memahami informasi yang diberikan (integrating), sering disebut beban kognitif efektif, dan (c) beban kognitif ekstra, yaitu beban kognitif tidak efektif yang berkaitan dengan desain pesan.

Beban kognitif intrinsik dan beban kognitif ekstra, mempunyai implikasi penting dalam perancangan media. Beban kognitif intrinsik berhubungan dengan kompleksitas materi (tugas belajar) atau tingkat interaktivitas elemen-elemen yang harus dipelajari. Beban kognitif ekstra berhubungan dengan desain material belajar sehingga merupakan beban kognitif yang menjadi pusat perhatian untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas multimedia pembelajaran (Kalyuga, 2007). Dalam penelitian ini multimedia dirancang dalam beberapa topik yang akan membentuk laboratorium virtual pembelajaran matematika. Ada beberapa faktor yang berpengaruh pada beban kognitif ekstra, yaitu: *split attention effect*, *redundancy effect*, dan *modality effect* (Burkes, 2007). *Split attention effect* adalah beban kognitif yang disebabkan oleh informasi yang berkaitan yang berasal dari sumber yang berbeda diletakkan terpisah dalam media. *Redundancy effect* disebabkan oleh informasi yang sama disampaikan secara berlebihan. Sebagai contoh media menampilkan teks yang panjang sekaligus memperdengarkan narasi yang persis sama dengan teks. *Modality effect* disebabkan oleh kejenuhan salah satu reseptor informasi karena media hanya memuat satu jenis pesan, misalnya visual saja atau auditori saja. Desain tampilan yang kurang memperhatikan ketiga faktor di atas akan meningkatkan beban kognitif ekstra yang menghambat pemrosesan informasi (Deimann dan Keller, 2006). Desain material belajar yang efektif dapat mengurangi beban kognitif ekstra sehingga

working memory optimal digunakan untuk mengintegrasikan informasi baru yang diorganisasi dalam working memory dengan pengetahuan awal.

Penerima informasi mengintegrasikan kata-kata dan gambar lebih mudah saat kata-kata dihadirkan secara auditori daripada secara visual karena menggunakan prosesor-prosesor auditori dan visual dalam memori kerja secara efektif menghilangkan muatan kognitif yang berlebihan dari channel visual. Mayer & Anderson (1992) serta Mayer & Sims (1994) menemukan bahwa presentasi-presentasi informasi visual dan verbal secara berbarengan lebih baik daripada secara berurutan (pembagian perhatian atau dampak kontak). Mereka mendemonstrasikan bahwa instruksi-instruksi dual-modality (animasi yang disertai dengan teks audio) merupakan format instruksional yang lebih baik hanya saat komponen-komponen audio dan visual dihadirkan secara simultan daripada secara berurutan.

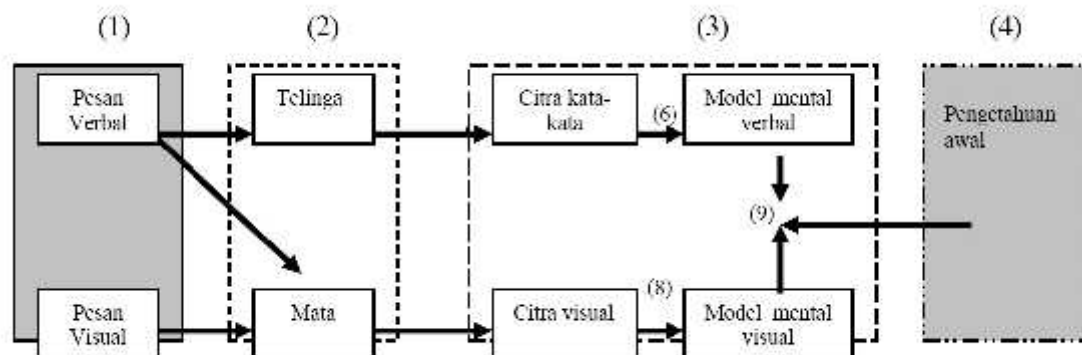
Menurut teori muatan kognitif hanya sedikit elemen informasi yang dapat diolah dalam memori kerja pada setiap saat. Elemen-elemen pesan yang berlebihan dapat sangat membebani memori kerja sehingga berakibat menurunkan keefektifan pemrosesan informasi. Di sisi lain, sejumlah elemen tak terbatas bisa ditampung dalam memori jangka panjang dalam bentuk skema-skema yang disusun secara hirarkis, suatu struktur domain pengetahuan spesifik yang memungkinkan manusia untuk mengkategorikan elemen-elemen ganda dari informasi menjadi sebuah elemen tunggal. Jumlah informasi yang bisa diolah dengan menggunakan kedua saluran auditori dan visual bisa menjadi lebih besar daripada dengan memakai satu saluran. Dengan demikian, memori kerja terbatas bisa secara efektif diperbesar dengan memakai lebih dari satu modalitas sensori, dan materi instruksional dengan presentasi dual-mode (contohnya diagram visual disertai dengan teks auditori) bisa menjadi lebih efisien daripada format-format modalitas- tunggal yang ekuivalen.

Dalam kasus desain pesan berformat teks-diagram, dengan format yang terintegrasi, bagian-bagian teks akan secara langsung melekat pada diagram. Integrasi fisik dari elemen-elemen diagram dan teks yang berkaitan akan mengurangi proses mencari-dan-mencocokkan; hal ini dapat mengurangi beban memori kerja. Mayer & Anderson (1992) menemukan bahwa penampilan gambar dan kata-kata yang terkombinasi secara simultan selama pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan untuk mengkonstruksi hubungan antara informasi verbal dan informasi visual. Penyajian elemen-elemen informasi berganda dilakukan secara simultan agar tidak membebani pemrosesan informasi pada memori kerja;

beban yang berlebihan dapat menggagalkan keberhasilan pemerolehan informasi yang bermakna. Format disain pesan gambar dan narasi yang terkombinasi secara simultan memberikan kontribusi positif terhadap pemerolehan informasi.

Studi tentang bagaimana informasi diidentifikasi, diproses, dimaknai, dan ditransfer dalam dan dari memori kerja untuk disimpan dalam memori jangka panjang mengisyaratkan bahwa pendesainan pesan merupakan salah satu topik utama dalam pendesainan multimedia instruksional. Dalam konteks ini, desain pesan multimedia berkenaan dengan penyeleksian, pengorganisasian, pengintegrasian elemen-elemen pesan untuk menyampaikan sesuatu informasi.

Proses penyeleksian, pengorganisasian, serta pengintegrasian elemen-elemen informasi tersebut disajikan oleh Gambar 1.



**Gambar 1 Teori Kognitif Pembelajaran Bermultimedia (Adaptasi Pranata, 2003)**

Beberapa aspek dalam pengembangan media visual berdasarkan kajian CLT adalah sebagai berikut:

1. Kognitif intrinsik
2. Kognitif ekstra
3. Kualitas Materi

4. Syarat Didaktik
5. Syarat Konstruksi
6. Syarat Teknis

LEMBAR PENILAIAN LABORATORIUM VIRTUAL BERDASAR *COGNITIVE LOAD THEORY*

ASPEK	INDIKATOR	SKALA PENSKORAN *)				KETERANGAN
		1	2	3	4	
1. Kognitif Intrinsik	1. Pengenalan konsep baru didahului dengan penyediaan materi prasyarat					
	2. Konsep disajikan melalui gambar, teks, atau audio					
	3. Materi disusun dari konkrit menuju abstrak					
	4. Materi disusun dari mudah menuju kompleks					
2. Kognitif Ekstra	5. Informasi yang diperlukan oleh siswa disediakan dalam tampilan					
	6. Terdapat petunjuk untuk memperoleh sumber informasi yang diperlukan siswa					
	7. Teks dan gambar ditampilkan secara simultan namun tidak membebani memori siswa					
	8. Teks dan grafik ditampilkan secara simultan namun tidak membebani memori siswa					
	9. Gambar dan suara ditampilkan secara simultan hanya bila diperlukan namun tidak membebani memori siswa					
	10. Teks disajikan untuk mempertegas gambar dan ditampilkan secara bersamaan					
	11. Narasi pada gambar jika diperlukan tidak mengulang teks yang disajikan					
3. Kualitas Materi	12. Bahasa yang digunakan bersifat mengarah dan mudah dimengerti					
	13. Penggunaan tanda baca, istilah, dan kata-kata sebagai petunjuk dalam media virtual memudahkan siswa dan dapat dipahami					
	14. Perintah-perintah yang ada mudah dipahami dan dalam jangkauan kemampuan siswa					
	15. Pemilihan huruf, ukuran huruf, warna huruf, dan penggunaan huruf yang ada dalam media virtual sudah tepat dan konsisten					

	16. Cakupan materi yang disajikan terdapat dalam SK dan KD				
	17. Konsep/prinsip matematika disajikan secara benar				
	18. Materi yang disusun dapat memenuhi kebutuhan siswa dalam belajar matematika				
	19. Latihan soal yang diberikan dapat membantu pemahaman siswa				
4. Syarat Didaktik	20. Media dapat digunakan baik oleh siswa lamban, sedang, maupun pandai				
	21. Kegiatan yang ada dapat membuat siswa untuk dapat berkomunikasi dengan teman-temannya agar komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika dapat dikembangkan				
	22. Memberikan kesempatan pada siswa untuk melakukan kegiatan yang mendukung proses pembelajaran				
	23. Memberikan kesempatan pada siswa untuk melakukan eksplorasi				
5. Syarat Konstruksi	24. Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat kedewasaan siswa, yaitu lugas, tegas, tidak ambigu, dan terarah				
	25. Menggunakan struktur kalimat yang jelas sesuai dengan EYD				
	26. Bahasa yang digunakan komunikatif dan interaktif				
	27. Memiliki tujuan belajar dan manfaat yang jelas				
	28. Ilustrasi yang diberikan memberikan gambaran lebih konkrit pada siswa				
6. Syarat Teknis	29. Tata letak harmonis				
	30. Ilustrasi kreatif sehingga menarik daya tarik siswa				
	31. Penempatan gambar dan teks mudah dilihat				

Keterangan 4: sangat baik; 3 : baik; 2: kurang baik; 1: sangat tidak baik



PROTOTIPE ALAT PERAGA VIRTUAL PEMBULATAN:  
MARI MENIMBANG



Bulatkanlah ke satuan terdekat

gram

Bulatkanlah ke puluhan terdekat

gram





Bulatkanlah ke satuan terdekat  
gram cek X



Perhatikan angka di belakang satuan



Bulatkanlah ke satuan terdekat  
gram cek X



Perhatikan angka di belakang satuan



2007.06 gram

Mau coba timbang yang lain?

Ya

Bulatkanlah ke satuan terdekat

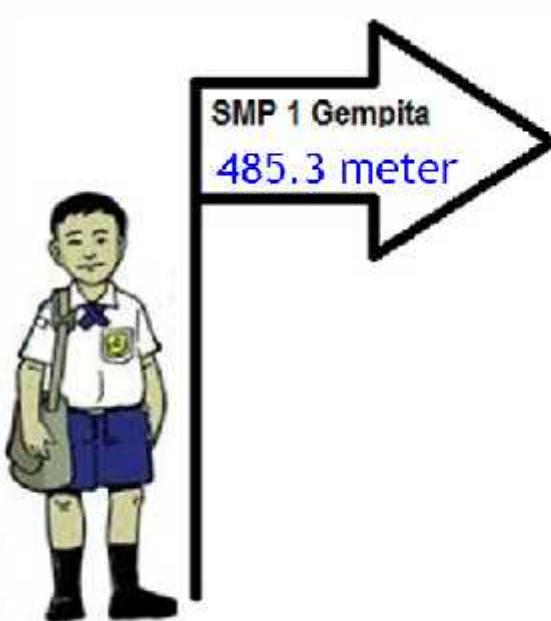
2007 gram cek

Bulatkanlah ke puluhan terdekat

2010 gram cek

Bulatkanlah ke ratusan terdekat

2000 gram cek



Jika ditulis dalam puluhan terdekat, jarak Rosid ke sekolah adalah ...

480 meter cek

Nilai=25

Tes kemampuan



Jumlah penduduk Pulau jika ditulis dalam ribuan terdekat menjadi ...

Jumlah penduduk  
24617 jiwa

25000 jiwa

cek



Jika ditulis dalam puluhan terdekat, jarak Rosid ke sekolah adalah ...

370 meter  
Nilai=25

cek



Harga 1 kg kacang kapri yang dibulatkan dalam ratusan terdekat adalah ...

12300 rupiah cek  
Nilai=50



Jumlah berat mereka jika ditulis dalam satuan terdekat adalah ...

Berat Ibu= 54kg  
Berat Anak= 10.3kg

64 kg cek  
Nilai=75



Berat Ibu= 54kg  
Berat Anak= 10.3kg

Jumlah berat mereka jika  
ditulis dalam satuan terdekat  
adalah ...

64 kg  
Nilai=100  
Kamu lulus, Lanjut?

Ya

### Tes Lanjutan



Panjang= 35.9cm  
Lebar= 27.4cm

Jika dibulatkan ke satuan  
terdekat, keliling lukisan adalah  
...

126 cm  
Nilai=0

cek



Banyak kelereng jika dibulatkan ke puluhan terdekat adalah 190. Banyak kelereng sebenarnya yang mungkin adalah ...

cek

Nilai=20



Banyak kelereng jika dibulatkan ke puluhan terdekat adalah 190. Banyak kelereng sebenarnya yang mungkin adalah ...

185

Masih ada jawaban yang lain? Ya Tidak

Nilai=30



Banyak kelereng jika dibulatkan ke puluhan terdekat adalah 190. Banyak kelereng sebenarnya yang mungkin adalah ...

185 | 186 | 187

Masih ada jawaban yang lain?  Ya  Tidak

Nilai=50



Banyak kelereng jika dibulatkan ke puluhan terdekat adalah 190. Banyak kelereng sebenarnya yang mungkin adalah ...

185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190

Masih ada jawaban yang lain?  Ya  Tidak

Nilai=80

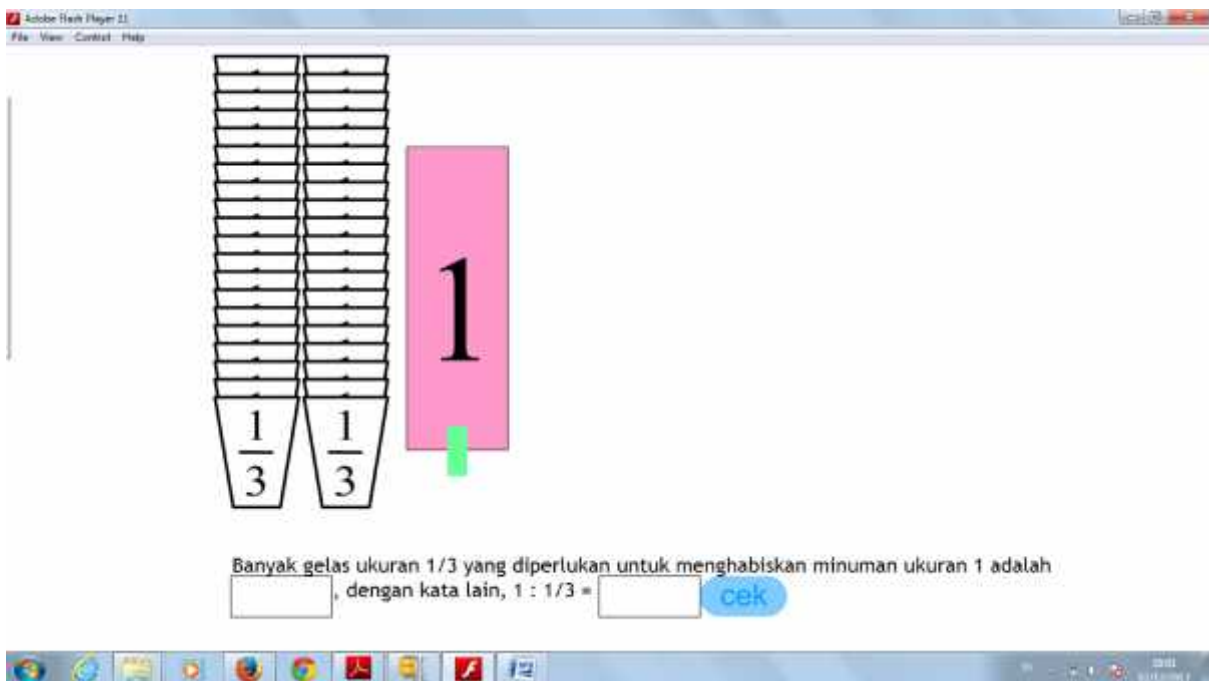
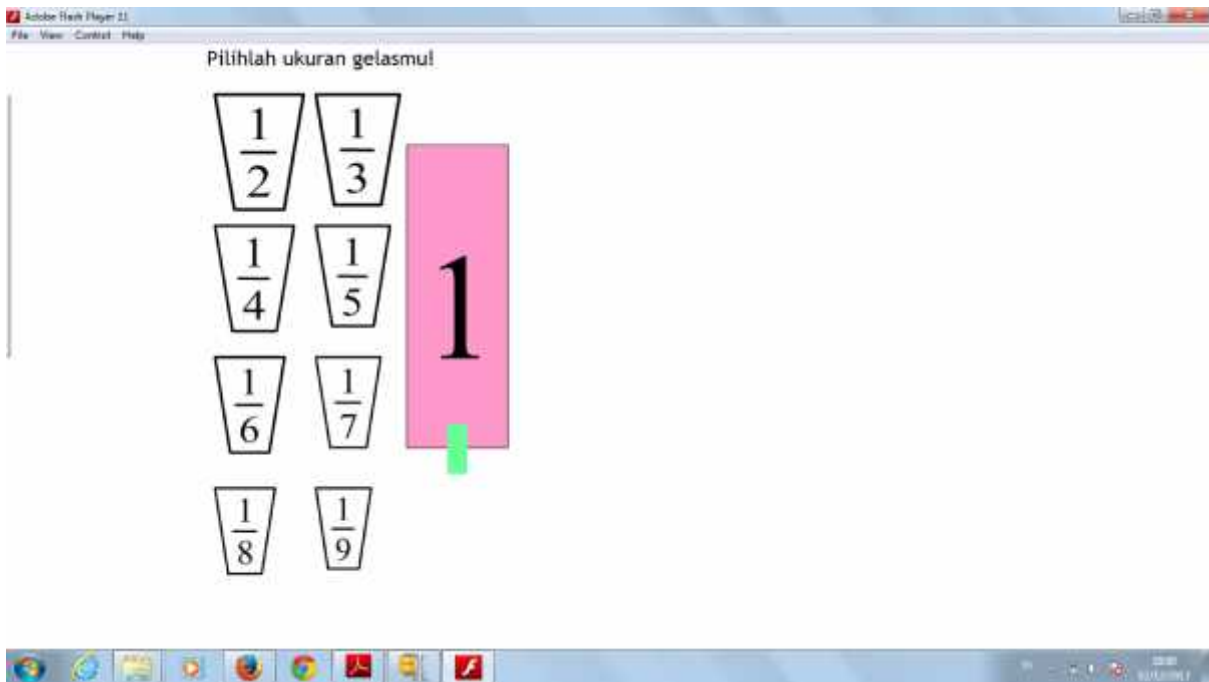


Banyak kelereng jika dibulatkan ke puluhan terdekat adalah 190.  
Banyak kelereng sebenarnya yang mungkin adalah ...

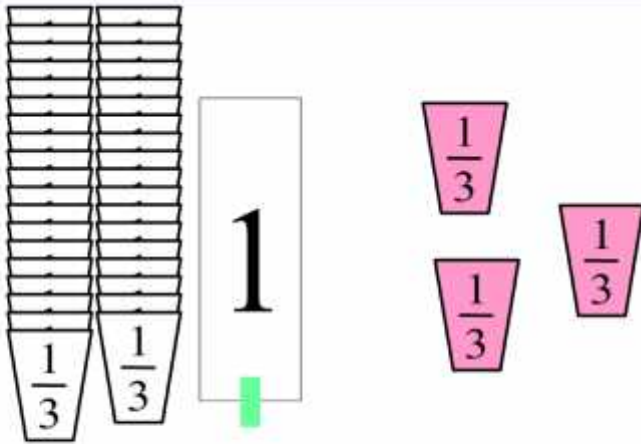
185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192

Nilai=100  
Kamu lulus, Selamat!

# PROTOTYPE ALAT PERAGA VIRTUAL PEMBAGIAN BILANGAN BULAT DENGAN BILANGAN PECAHAN: DISPENSER

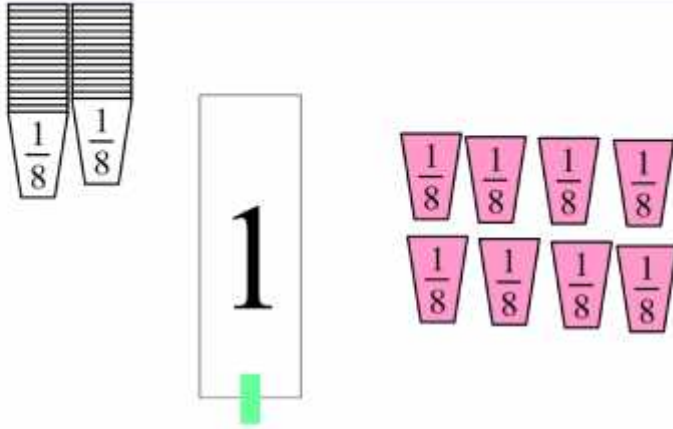


$1 : \frac{1}{3} = 3$



Banyak gelas ukuran  $\frac{1}{3}$  yang diperlukan untuk menghabiskan minuman ukuran 1 adalah 3, dengan kata lain,  $1 : \frac{1}{3} = 3$  cek  Coba lagi?  Ya

$1 : \frac{1}{8} = 8$   
 $1 : \frac{1}{7} = 7$

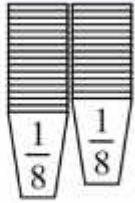




Banyak gelas ukuran  $\frac{1}{8}$  yang diperlukan untuk menghabiskan minuman ukuran 1 adalah 8, dengan kata lain,  $1 : \frac{1}{8} = 8$  cek

Adobe Flash Player 21

File View Control Help

1 :  $1/3 = 3$   
 1 :  $1/7 = 7$   
 1 :  $1/8 = 8$



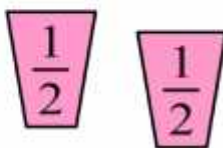
Banyak gelas ukuran  $1/8$  yang diperlukan untuk menghabiskan minuman ukuran 1 adalah 8 , dengan kata lain,  $1 : 1/8 = 8$    Coba lagi?

Windows taskbar icons: Internet Explorer, Firefox, Google Chrome, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, Adobe Reader, VLC media player, and system tray.

Adobe Flash Player 21

File View Control Help

1 :  $1/3 = 3$   
 1 :  $1/7 = 7$   
 1 :  $1/8 = 8$   
 1 :  $1/2 = 2$

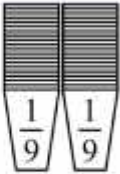





Banyak gelas ukuran  $1/2$  yang diperlukan untuk menghabiskan minuman ukuran 1 adalah 2 , dengan kata lain,  $1 : 1/2 = 2$    Coba lagi?

Windows taskbar icons: Internet Explorer, Firefox, Google Chrome, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, Adobe Reader, VLC media player, and system tray.

Adobe Flash Player 21

File View Control Help



1 : 1/3 = 3  
1 : 1/7 = 7  
1 : 1/8 = 8  
1 : 1/2 = 2  
1 : 1/9 = 9

Banyak gelas ukuran 1/9 yang diperlukan untuk menghabiskan minuman ukuran 1 adalah  , dengan kata lain,  $1 : 1/9 = 6$   cek

Windows taskbar icons: Internet Explorer, Firefox, Google Chrome, VLC, Audacity, LibreOffice, etc.

Adobe Flash Player 21

File View Control Help

1 : 1/3 = 3  
1 : 1/7 = 7  
1 : 1/8 = 8  
1 : 1/2 = 2  
1 : 1/9 = 9  
1 : 1/9 = 9  
1 : 1/5 = 5  
1 : 1/6 = 6  
1 : 1/4 = 4  
1 : 1/7 = 7

Banyak gelas ukuran 1/7 yang diperlukan untuk menghabiskan minuman ukuran 1 adalah  , dengan kata lain,  $1 : 1/7 = 7$   cek  Ya

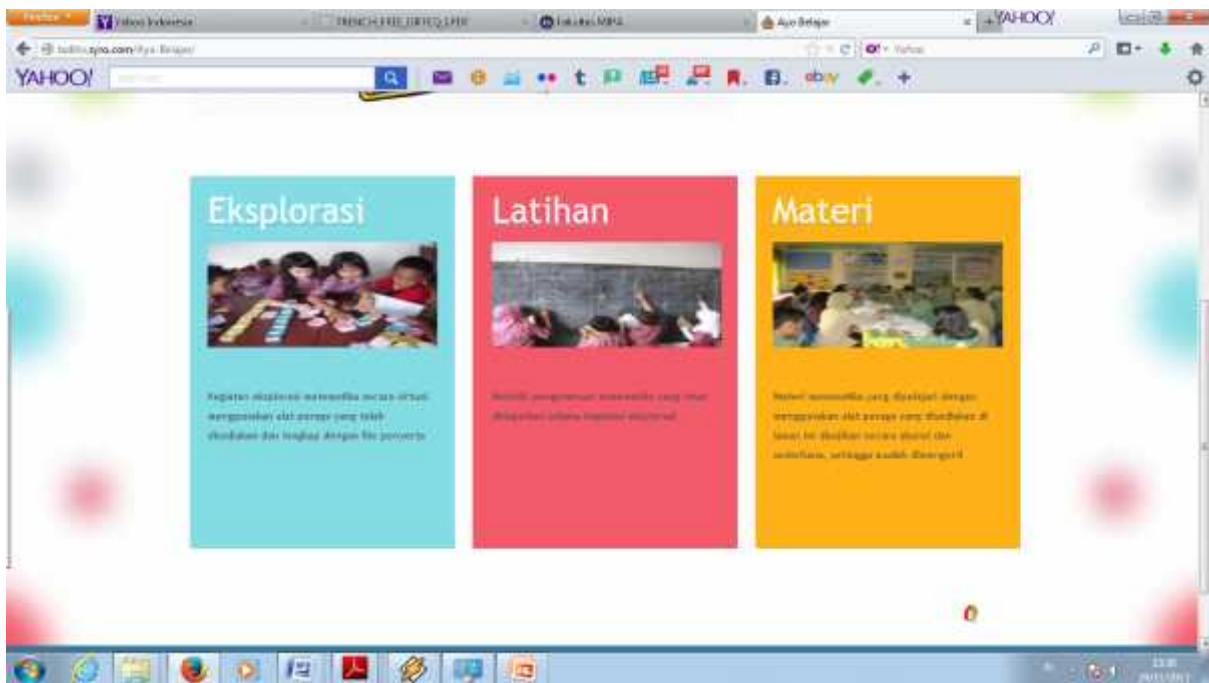
Windows taskbar icons: Internet Explorer, Firefox, Google Chrome, VLC, Audacity, LibreOffice, etc.

# Laman Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual (Laditiv)

The screenshot shows the Laditiv website interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: "Ayo Belajar", "Alat Peraga", "Diskusi", "Tentang Kami", and "Kontak". The main content area features a header with the text "Belajar Matematika Dengan Bermakna" and an illustration of two children. Below the header, there are three main content boxes:

- Ayo Belajar**: A box with a light blue background, containing a photo of children learning and the text "Belajar matematika dengan menggunakan".
- Materi**: A box with a pink background, containing a photo of children in a classroom and the text "Materi matematika yang diajarkan".
- Alat Peraga**: A box with a yellow background, containing a photo of colorful geometric shapes and the text "Alat peraga yang diajarkan secara".

This is a duplicate of the screenshot above, showing the same Laditiv website interface with the navigation bar, header, and three main content boxes.



Yahoo! Indonesia

YAHOO!

# Eksplorasi

## Nama Alat Peraga Virtual : Mari Menimbang

Tujuan: Setelah menguji kegiatan eksperimen "Ayo Menimbang" siswa memahami konsep pembulatan ke nilai terdekat dalam satuan, puluhan, ratusan, dan ribuan serta mampu menggunakannya dalam membuat nilai pembulatan dari hasil pengukuran, pecahan, atau perhitungan.

File Penyerta: Power point

### Uraian Kegiatan

Buka power point yang tersedia dalam file penyerta. Power point dapat digunakan sebagai kegiatan awal yang bertujuan guna mengenalkan masalah "Bagaimana cara melakukan pembulatan yang terbaik dari suatu hasil pengukuran."

Buka alat peraga "Mari Menimbang" dengan petunjuk penggunaan sebagai berikut:

Taruh barang yang akan ditimbang (satu di antara ikan, pisang, atau pepaya) ke dalam tempat timbangan. Berat benda yang ditimbang akan muncul dalam bentuk digital di bagian bawah timbangan.

Salah kotak dengan nilai pembulatan ke satuan. Jika isian salah, anda diminta menjawab lagi. Jika masih salah akan muncul "petunjuk penyelesaian". Jika masih salah lagi akan diberikan jawaban yang benar dan Anda dapat menimbang benda lainnya. Jika jawaban sudah benar maka Anda diminta mengerjakan pembulatan ke puluhan dan ratusan terdekat.

Untuk menguji atau mengkonfirmasi kesimpulan yang diperoleh bacalah materi yang disediakan di laman ini. Kegiatan ini bermanfaat untuk menguji pencapaian hasil belajar.

Yahoo! Indonesia

YAHOO!

Buka power point yang tersedia dalam file penyerta. Power point dapat digunakan sebagai kegiatan awal yang bertujuan guna mengenalkan masalah "Bagaimana cara melakukan pembulatan yang terbaik dari suatu hasil pengukuran."

Buka alat peraga "Mari Menimbang" dengan petunjuk penggunaan sebagai berikut:

Taruh barang yang akan ditimbang (satu di antara ikan, pisang, atau pepaya) ke dalam tempat timbangan. Berat benda yang ditimbang akan muncul dalam bentuk digital di bagian bawah timbangan.

Salah kotak dengan nilai pembulatan ke satuan. Jika isian salah, anda diminta menjawab lagi. Jika masih salah akan muncul "petunjuk penyelesaian". Jika masih salah lagi akan diberikan jawaban yang benar dan Anda dapat menimbang benda lainnya. Jika jawaban sudah benar maka Anda diminta mengerjakan pembulatan ke puluhan dan ratusan terdekat.

Untuk menguji atau mengkonfirmasi kesimpulan yang diperoleh bacalah materi yang disediakan di laman ini. Kegiatan ini bermanfaat untuk menguji pencapaian hasil belajar.

# Mari Menimbang



Bulatkanlah ke satuan terdekat  
gram  cek

Yahoo Indonesia

latidiv.com/PrintLatDiv/

# Materi Taksiran

Hasil pengukuran yang diperoleh dari alat ukur tidak selalu ditulis seperti apa yang tertera pada alat ukur tersebut. Sebagai contoh, Andi menimbang benda dengan menggunakan timbangan digital yang mempunyai tingkat ketelitian hingga desimal. Apabila hasil timbangan yang diperoleh adalah 2764,85 gram maka Andi bisa melaporkan hasilnya dengan berbagai pilihan, yaitu dengan menggunakan kombinasi antara jenis taksiran dan jenis nilai tempat. Menurut jenisnya, ada tiga taksiran yang mungkin yaitu:

1. taksiran bulatan,
2. taksiran atas, dan
3. taksiran terdekat.

Menurut nilai tempat yang dicari, ada banyak macam taksiran yang mungkin, lga di antaranya adalah:

1. taksiran ke satuan,
2. taksiran ke puluhan, dan
3. taksiran ke ratusan.

Di antara ketiga jenis taksiran di atas yang mempunyai keakuratan paling baik adalah taksiran terdekat. Taksiran terdekat mempunyai aturan tertentu, yaitu:

1. Jika angka yang di belakangnya adalah 0, 1, 2, 3, atau 4 maka dilakukan pembulatan ke bawah.
2. Jika angka yang di belakangnya adalah 5, 7, 8, atau 9 maka dilakukan pembulatan ke atas.

Yahoo Indonesia

latidiv.com/PrintLatDiv/

1. taksiran ke satuan,
2. taksiran ke puluhan, dan
3. taksiran ke ratusan.

Di antara ketiga jenis taksiran di atas yang mempunyai keakuratan paling baik adalah taksiran terdekat. Taksiran terdekat mempunyai aturan tertentu, yaitu:

1. Jika angka yang di belakangnya adalah 0, 1, 2, 3, atau 4 maka dilakukan pembulatan ke bawah.
2. Jika angka yang di belakangnya adalah 5, 7, 8, atau 9 maka dilakukan pembulatan ke atas.
3. Jika angka yang di belakangnya adalah 5 dan setelahnya semuanya adalah 0, dilakukan pembulatan ke garis tersebut.

Contoh:

Hasil penimbangan	Pendekatan ke Satuan terdekat	Pendekatan ke Puluhan terdekat	Pendekatan ke Ribuan terdekat
2764,85	2765	2760	2800
6304,50	6305	6300	6300
5983,50	5983	5990	6000

Yahoo Indonesia | LADITIV | Home | Apa Itu? | Alat Pengira | Glosarium | Tentang Kami | Kontak

# Mari Menimbang

Bulatkanlah ke satuan terdekat  
gram  **CGK**

0000.00 gram

Yahoo Indonesia | LADITIV | Home | Apa Itu? | Alat Pengira | Glosarium | Tentang Kami | Kontak

# Glosarium

Dasar Rasio Dasar Bahasa Indonesia diberikan bahwa Glosarium adalah "senarai dalam bentuk huruf" atau "daftar kata beserta penjelasannya di bidang tertentu". Dalam *Webster New World Dictionary*, yang diadaptasi dengan Glosary adalah "a list of difficult, technical, or foreign terms with definition or translations; as far some particular matter; *field of knowledge* s.t.c., often included in alphabetical listing at the end of a text-book." Glosarium ini berisikan daftar istilah matematika yang dipakai dalam web LADITIV dan disusun secara alfabetik dengan disertai arti dan penjelasannya. Maksud, saran, kritik, dan tanggapan ide dari pengguna sangat diharapkan untuk perkembangan lebih lanjut.

**A**  
Aktivitas pengujian dengan hasil positif dengan operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian, serta persamaan linier dua variabel sebagai berikut.

**F**  
FIB: Singkatan dari Faktor Persekutuan Terbesar yang merupakan faktor persekutuan dari minimal dua bilangan bulat. Faktor persekutuan dari 10 dan 18 adalah 2, 1, 1, dan 1 dengan demikian FPB dari 10 dan 18 adalah 2.

**K**  
KIV: Singkatan dari Kegiatan Persekutuan Terkecil yang merupakan kelipatan bersama yang terkecil dari minimal dua bilangan bulat. Kelipatan persekutuan dari 3 dan 4 adalah 12, 24, 36, ... sehingga KPK dari 3 dan 4 sama dengan 12.

Yahoo! Indonesia

ladybug.com/latihan/

**F**

PE: Ungkapan dari Faktorisasi Persekutuan Terbesar yang merupakan faktor persekutuan dari minimal dua bilangan bulat. Faktor persekutuan dari 11 dan 18 adalah 1, 2, 3, dan 4 dengan demikian PFT dari 11 dan 18 adalah 4.

**K**

PK: Ungkapan dari Faktorisasi Persekutuan Terkecil yang merupakan kelipatan bersama yang terkecil dari minimal dua bilangan bulat. Kelipatan persekutuan dari 3 dan 4 adalah 12, 24, 36, ... sehingga KPK dari 3 dan 4 sama dengan 12.

**P**

Peraturan Kuantitas: Suatu bilangan bulat, misalnya 1/2 dan 2/5.

Peraturan Computer: Perintah yang ditulis dengan menggunakan computer bilangan bulat dan pecahan rasional, misalnya 1/2/3 yang berarti bilangan bulat 1 dan pecahan rasional 2/3.

Peraturan Sejenis: Dua pecahan yang mempunyai penyebut yang sama dikatakan sejenis, misalnya 1/3 dan 5/6.

Peraturan Sederhana: Dua pecahan dikatakan sederhan apabila keduanya mempunyai bentuk paling sederhana yang sama. Pecahan 2/5 dan 3/5 dikatakan sederhan sebab bentuk paling sederhana dari keduanya sama dengan 1/5.

**T**

Talokas Atas: Nilai perbandingan ke angka terkecil di atasnya. Misalnya talokas atas ke ratusan dari bilangan 15,79 maksud 15,21 adalah 14. Nilai talokas atas ke puluhan dari bilangan 121 maksud 127 adalah 146. Nilai talokas atas ke ratusan dari bilangan 187 dan 198 adalah 208.

Talokas Bawah: Nilai perbandingan ke angka terkecil di bawahnya. Misalnya talokas bawah ke ratusan dari bilangan 13,78 maksud 13,01 adalah 13. Nilai talokas bawah ke puluhan dari bilangan 121 maksud 129 adalah 130. Nilai talokas bawah ke ratusan dari bilangan 187 dan 198 adalah 100.

1234 PARTNER

Yahoo! Indonesia

ladybug.com/Tentang-Kami/

Home | Apa Itu? | Mail | Pengumuman | **Tentang Kami** | Kontak

**Tentang Kami**

**Laditiv**

Laditiv merupakan singkatan dari Laboratorium Pendidikan Matematika Virtual yang dapat dipelajari secara gratis oleh siswa, guru, orang tua, mahasiswa, peneliti, maupun pengajar matematika lainnya. Rantai yang terpadu di kelas. Laditiv merupakan produk riset dan dikembangkan untuk mengatasi permasalahan pembelajaran matematika yang secara efektif melalui guru maupun siswa.

**LA**

**Visi Laditiv**

Mendefinisikan Laboratorium Pendidikan Matematika yang terintegrasi, terdistribusi, dan terkoneksi bagi kemajuan Pendidikan Matematika di Indonesia.

**DI**

**Misi Laditiv**

1234 PARTNER

