

**PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK INTERAKTIF  
BERBASIS LCDS PADA MATERI TEORI RELATIVITAS KHUSUS  
SEBAGAI BAHAN AJAR MANDIRI UNTUK MENUMBUHKAN  
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA SISWA**

**(Skripsi)**

**Oleh  
Mahkota**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

## **ABSTRAK**

### **PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK INTERAKTIF BERBASIS LCDS PADA MATERI TEORI RELATIVITAS KHUSUS SEBAGAI BAHAN AJAR MANDIRI UNTUK MENUMBUHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA SISWA**

**Oleh**

**MAHKOTA**

Waktu yang dimiliki siswa kelas XII semester genap untuk menyelesaikan seluruh materi disemester genap lebih sedikit dibandingkan siswa kelas X dan XII, sehingga dikarenakan waktu yang dimiliki siswa kelas XII lebih sedikit atau singkat maka siswa difokuskan sekedar untuk mengetahui materi yang penting atau biasa yang dikeluarkan di Ujian Nasional serta latihan soal. Akhirnya masalah yang timbul dari pelajaran sekilas adalah siswa tidak paham dengan konsep materi yang sesungguhnya. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan waktu yang dimiliki siswa kelas XII, maka peneliti ingin mengembangkan buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui validitas dan kemudahan mengoperasikan serta keterbacaan Buku Sekolah Elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.

Metode penelitian yang digunakan adalah *reseach and development* atau penelitian pengembangan. Desain penelitian yang digunakan pada pengembangan ini mengacu pada Borg & Gall. Tahapan yang digunakan dalam prosedur pengembang ini adalah analisis kebutuhan, pengembangan produk awal, validasi ahli, revisi produk 1 dan uji satu lawan satu.

BSE interaktif yang telah dikembangkan ini berisikan gambar, animasi, simulasi, video pembelajaran, dan latihan serta evaluasi interaktif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa BSE interaktif pada materi teori relativitas khusus yang dikembangkan sudah tervalidasi. Berdasarkan uji satu lawan satu BSE interaktif mendapatkan skor 3,33 dengan kualitas sangat mudah dan memiliki kualitas keterbacaan sangat baik dengan mendapatkan skor 3,23.

**Kata kunci:** BSE interaktif, penelitian pengembangan, teori relativitas khusus, berpikir kritis, dan bahan ajar mandiri.

**PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK INTERAKTIF  
BERBASIS LCDS PADA MATERI TEORI RELATIVITAS KHUSUS  
SEBAGAI BAHAN AJAR MANDRI UNTUK MENUMBUHKAN  
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA SISWA**

**Oleh**

**Mahkota**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PENDIDIKAN**

**Pada**

**Program Studi Pendidikan Fisika  
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

**Judul Skripsi** : **PENGEMBANGAN BUKU SEKOLAH  
ELEKTRONIK INTERAKTIF BERBASIS  
LCDS PADA MATERI TEORI RELATIVITAS  
KHUSUS SEBAGAI BAHAN AJAR MANDIRI  
UNTUK MENUMBUHKAN KEMAMPUAN  
BERPIKIR KRITIS PADA SISWA**

**Nama Mahasiswa** : **Mahkota**

**Nomor Pokok Mahasiswa** : **1413022043**

**Program Studi** : **Pendidikan Fisika**

**Jurusan** : **Pendidikan MIPA**

**Fakultas** : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.**  
NIP 19600821 198503 1 004

**Drs. Eko Suyanto, M.Pd.**  
NIP.19640310 199112 1 001

**2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

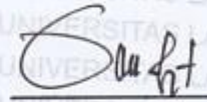
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Caswita', written over a horizontal line.

**Dr. Caswita, M.Si.**  
NIP 19671004 199303 1 004

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

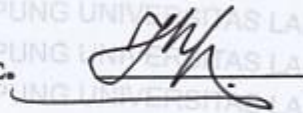
**Ketua : Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.**



**Sekretaris : Drs. Eko Suyanto, M.Pd.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Drs. I Dewa Putu Nyeneng, M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**Dr. H. Muhammad Fuad, M.Hum.**  
NIP. 19590722 198603 1 003

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Mei 2018**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Mahkota  
NPM : 1413022043  
Fakultas/Jurusan : FKIP/Pendidikan MIPA  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Alamat : Jl. Cendana II No. 21 Hajimena, Kec. Natar,  
Kab. Lampung Selatan, Prov. Lampung.

Menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandarlampung, 17 Mei 2018  
Yang Menyatakan,



Mahkota  
NPM 1413022043

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Gunung Terang, 24 Agustus 1995, sebagai anak ketiga dari empat bersaudara pasangan Bapak Edi dan Ibu Muslimah.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2001 di TK Puri Handayani dan lulus tahun 2002. Kemudian pada tahun 2002, penulis melanjutkan Pendidikan di SD N 1 Raja Basa dan lulus pada tahun 2008. Selanjutnya pada tahun 2008, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Muhammadiyah 3 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2011. Lalu pada tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun yang sama yaitu 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa di Prodi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Pendidikan Fisika penulis mengikuti organisasi di Eksakta Muda Himasakta pada divisi SnK (Seni dan Kreativitas) dan Almafika (Aliansi Mahasiswa Fisika) pada divisi SnK (Seni dan Kreativitas). Pada tahun 2017 (Juli – September), penulis melaksanakan praktik mengajar melalui Praktik Profesi Kependidikan (PPK) di SMP N 2 Sukau dan Kuliah Kerja Nyata Tematik Terintegrasi (KKN KT) di Pekon Suka Mulya, Kecamatan Sukau, Kabupaten Lampung Barat.



## **MOTO**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S. ASY-SYARH: 5-6)

“Jangan pergi mengikuti kemana jalan akan berujung. Buatlah jalanmu sendiri dan tinggalkanlah jejak.”

(Ralph Waldo Emerson)

“Jika aku gagal untuk pertama kalinya, itu berarti aku harus memperbaiki dan mencoba untuk yang kedua kalinya. Jika aku gagal untuk kedua kalinya dan gagal kembali, berarti aku harus memperbaiki dan mencoba untuk ketiga kalinya, karena hidup butuh perjuangan.”

(Mahkota)

“Kesuksesan selalu berbanding lurus dengan do'a dan usaha”

(Mahkota)

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat-Nya dan semoga shalawat selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad *shalallahu 'alaihi wasallam*. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda bakti dan kasih kasih cinta yang tulus dan mendalam kepada :

1. Orang tuaku tercinta, Bapak Edi dan Ibu Muslimah yang telah sepenuh hati memberikan cinta kasihnya, membesarkan, mendidik, mendo'akan, mendukung, memotivasi dan memberikan semangat yang tiada hentinya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesempatan kepadaku untuk bisa selalu membahagiakan mereka.
2. Adikku tersayang, Maryadi yang telah memberikan doa, mendukung dan memberikan semangat untuk keberhasilanku.
3. Ayukku tersayang, Almarhumah Riyani dan Riyanti yang telah tenang dialamnya.
4. Keluarga besar kedua orang tua yang telah memberikan do'a dan semangat.
5. Almamater tercinta Universitas Lampung.

## SANWACANA

Alhamdulillah segala puji hanya bagi Allah SWT, karena atas nikmat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika di FKIP Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Fuad, M.Hum., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Caswita, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA.
3. Bapak Drs. Eko Suyanto, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika sekaligus Pembimbing II, atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing I, atas kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi.
5. Bapak I Dewa Putu Nyeneng, M.Sc., selaku Pembahas yang banyak memberikan masukan dan kritik yang bersifat positif dan membangun.
6. Bapak I Dewa Putu Nyeneng, M.Sc., Bapak Dr. Abdurrahman, M.Si., Bapak Joko Purwanto, S.Pd., Bapak Levi Prihata, S.Pd., dan Ibu Zulimah, S.Pd. selaku validator uji ahli desain dan uji ahli materi BSE Interaktif, terima kasih atas waktu dan masukannya.

7. Bapak dan ibu dosen Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam pembelajaran di Universitas Lampung.
8. Ibu Dra. Iswani, M.Pd., selaku Kepala SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung yang telah memberi izin dan arahan selama penelitian pendahuluan.
9. Ibu Zulimah, S.Pd., selaku guru Fisika SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung yang selalu memberi semangat, motivasi dan dukungannya selama penelitian pendahuluan.
10. Seluruh Bapak dan Ibu dewan guru SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung, beserta staf tata usaha yang membantu penulis dalam melakukan penelitian pendahuluan.
11. Siswa dan siswi kelas XII MIA 1 SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung atas bantuan dan kerjasamanya.
12. Almamater tercinta Universitas Lampung.
13. Sahabat sepemikiranaku Dhea Silvia Putri yang telah banyak berbagi semangat dan motivasi dalam penyelesaian skripsi. Terima kasih telah memberikan semangat dan motivasinya.
14. Sahabat seperjuanganku Indah Permatasari, Laya Nazila, Debby Damayanti, Siti Mardiah Rahayu, dan Jeni Pratika Surya yang telah memberikan semangat dan motivasi selama kuliah. Terimakasih atas semangatnya selama ini.
15. Teman seperjuangan skripsiku Meta, Mursidi, Santi, dan Fikri.
16. Teman KKN sekaligus PPL ku di SMP N 2 Sukau Yeni, Indri, Dita, Krista, Sugeng, Agus, dan Dhuwin.

17. Murid-Murid ku tersayang yang ada di SMP N 2 Sukau, terima kasih telah hadir dan turut mewarnai hidupku.
18. Teman - teman Pendidikan Fisika 2014 A dan B yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu, terima kasih semangatnya dan telah hadir dalam hidupku.
19. Kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penulis berdoa semoga semua amal dan bantuan yang telah diberikan mendapat pahala dari Allah SWT dan semoga skripsi ini bermanfaat. Amiin.

Bandar Lampung, 17 Mei 2018  
Penulis,

Mahkota

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>COVER LUAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>COVER DALAM</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	v
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	vii
<b>RIWAYAR HIDUP</b> .....	viii
<b>MOTTO</b> .....	ix
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	7
E. Ruang Lingkup Penelitian .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Kerangka Teoritis .....	10
1. Media Pembelajaran .....	10
2. Buku Sekolah Elektronik (BSE).....	14
3. <i>Learning Content Development System (LCDS)</i> .....	19
4. Berpikir Kritis .....	21
5. Bahan Ajar Mandiri .....	23
6. Teori Relativitas Khusus .....	25
B. Desain Produk.....	47
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Desain Penelitian .....	56
B. Prosedur Pengembangan.....	56
1. Analisis Kebutuhan.....	58
2. Pengembangan Produk Awal.....	58
3. Validasi Ahli.....	59
4. Revisi Produk 1 .....	59

5. Uji Satu Lawan Satu .....	59
C. Teknik Pengumpulan Data .....	60
1. Metode Observasi .....	60
2. Metode Angket .....	61
D. Teknik Analisis Data .....	62
1. Analisis Uji Validasi.....	62
2. Analisis Uji Satu Lawan Satu.....	63

#### **IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian.....	66
1. Hasil Analisis Kebutuhan Masalah.....	66
2. Mengembangkan Produk Awal .....	68
3. Hasil Validasi Ahli .....	72
4. Revisi.....	74
5. Uji Satu Lawan Satu .....	75
6. BSE Interaktif Materi Teori Relativitas Khusus Berdasarkan Hasil Validasi dan Uji Satu Lawan Satu .....	76
B. Pembahasan .....	78

#### **V. SIMPULAN DAN SARAN**

A. Simpulan .....	86
B. Saran.....	86

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Matrik desain buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan rasa percaya diri pada siswa .....	52
2. Skor penilaian uji ahli dan materi .....	63
3. Konversi skor penilaian menjadi pernyataan nilai kualitas .....	64
4. Skor penilaian uji satu lawan satu .....	65
5. Konversi skor penilaian menjadi pernyataan nilai kualitas .....	65
6. Hasil skor rata-rata uji ahli desain .....	73
7. Hasil skor rata-rata uji ahli materi .....	74
8. Rekomendasi perbaikan hasil uji ahli validasi .....	76
9. Hasil skor rata-rata uji satu lawan satu .....	77



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Matrik desain buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan rasa percaya diri pada siswa.....	20
2. Kerangka acuan.....	26
3. Perjalanan cahaya pada interferometer Michelson-Morley .....	29
4. Dilatasi waktu .....	40
5. Sebuah pulsa cahaya yang bergerak ke arah cermin terhadap kendaraan yang bergerak .....	41
6. Desain produk pengembangan BSE I berbasis LCDS .....	48
7. Langkah-langkah memproduksi Buku Sekolah Elektronik .....	58
8. Tampilan <i>cover</i> BSE interaktif menggunakan LCDS.....	71
9. Bagan hasil pengembangan produk 1 .....	72
10. Bagan hasil pengembangan produk 2 .....	78

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Angket kebutuhan guru.....	91
A. Kisi-kisi angket kebutuhan guru .....	91
B. Instrumen angket kebutuhan guru.....	92
C. Hasil analisis angket kebutuhan guru .....	102
2. Angket kebutuhan siswa .....	106
A. Kisi-kisi angket kebutuhan siswa.....	106
B. Instrumen angket kebutuhan siswa .....	107
C. Hasil analisis angket kebutuhan siswa.....	118
3. Matrik desain BSE interaktif berbasis LCDS untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan rasa percaya diri pada siswa.....	122
4. Uji ahli komponen BSE interaktif fisika materi teori relativitas Khusus.....	129
A. Instrumen uji ahli komponen BSE interaktif fisika materi teori relativitas khusus .....	129
B. Hasil analisis uji ahli komponen BSE interaktif fisika materi teori relativitas khusus .....	133
C. Pemetaan materi teori relativitas khusus .....	135
5. Silabus teori relativitas khusus.....	137
6. <i>Story board</i> BSE interaktif materi teori relativitas khusus .....	140
7. Uji ahli desain .....	180
A. Kisi-kisi uji ahli desain .....	180
B. Instrumen uji ahli desain .....	184
C. Hasil uji ahli desain.....	195
D. Rangkuman hasil uji ahli desain .....	197
8. Uji ahli materi .....	198
A. Kisi-kisi uji ahli materi .....	198
B. Instrumen uji ahli materi .....	202
C. Hasil uji ahli materi.....	211
D. Rangkuman hasil uji ahli materi .....	213

9.	Uji satu lawan satu .....	214
	A. Kisi-kisi uji satu lawan satu .....	214
	B. Instrumen uji satu lawan satu.....	216
	C. Hasil uji satu lawan satu .....	218
	D. Rangkuman hasil uji satu lawan satu .....	220

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Pendidikan merupakan suatu proses yang digunakan setiap individu untuk mendapatkan pengetahuan, wawasan serta mengembangkan sikap dan keterampilan. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 tahun 2003, pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara.

Pesatnya perkembangan dunia pendidikan memberikan tantangan bagi seorang guru untuk mengikuti perkembangannya. Seorang guru fisika harus pandai memilih bahan ajar dan teknologi yang tepat untuk membelajarkan Fisika. Fisika adalah salah satu pelajaran yang jarang diminati serta disukai oleh siswa kelas IPA. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung pada 30 siswa kelas XII IPA semester genap, 40 % dari mereka mengalami kesulitan dalam pelajaran Fisika, 54% kadang-kadang dan 6% dari mereka tidak sama sekali mengalami sulit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa masih banyak siswa yang mengalami

kesulitan belajar Fisika, hal ini disebabkan karena metode mengajar yang digunakan guru kurang sesuai.

Menurut Hasanah (2016: 135) suatu proses pembelajaran Fisika mestinya selalu menggunakan dasar metode ilmiah. Suatu metode yang pada awalnya dimulai dengan fakta yang menarik perhatian sehingga memunculkan adanya masalah. Dengan demikian halnya di dalam struktur pembelajaran Fisika, mestinya juga selalu diawali dengan fakta yang dialami oleh siswa dalam kehidupan sehari-hari, percobaan fisika, simulasi, media pandang dengar, model, gambar, dan buku.

Metode pembelajaran merupakan bagian terpenting dalam melaksanakan pembelajaran. Dimana metode pembelajaran harus disesuaikan dengan materi yang akan diajarkan, namun metode pembelajaran yang baik digunakan bukan sekedar ceramah atau latihan soal saja tetapi juga diadakannya demonstrasi bahkan eksperimen menggunakan alat yang sebenarnya ataupun komputer. Namun berdasarkan analisis kebutuhan yang berada di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung, seorang guru fisika kelas XII terlalu sering menggunakan metode pembelajaran ceramah lalu dilanjutkan dengan memberikan contoh soal. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan juga dapat diketahui bahwa, siswa tidak melakukan eksperimen ataupun praktikum di kelas XII semester genap. Siswa hanya difokuskan pada pemberian materi dan latihan soal UN. Masalah yang timbul dikarenakan metode ini adalah siswa sering mengalami kesulitan dalam memecahkan soal fisika. Kebanyakan siswa hanya akan mengerti berdasarkan contoh soal yang diajarkan namun ketika soal diubah

sedikit saja maka siswa akan mengalami kesulitan dalam memecahkan soal tersebut.

Dalam memberikan suatu pelajaran selain metode seorang guru juga harus memperhatikan tujuan yang harus dicapai dari suatu materi, dimana tujuan ini dapat dilihat dari indikator-indikator yang akan dicapai. Indikator-indikator yang akan dicapai juga harus sesuai dengan kompetensi dasar dari suatu materi. Apabila indikator yang dibuat tidak sesuai dengan kompetensi dasar maka pembelajaran tersebut dapat dikatakan gagal atau buruk. Agar indikator-indikator dapat terlaksana dengan baik, seorang guru juga harus memperhatikan pendekatan apa yang digunakannya dalam membelajarkan suatu materi.

Pendekatan pembelajaran yaitu sudut pandang seorang guru terhadap proses pembelajaran, yang merujuk pada pandangan tentang terjadinya suatu proses yang bersifat masih umum, didalamnya mewedahi, menginspirasi, menguatkan, dan melatari metode pembelajaran dengan cakupan teoritis tertentu. Pendekatan yang harus diterapkan dalam pelajaran Fisika ataupun IPA yaitu pendekatan Scientific. Sedangkan pendekatan yang biasa digunakan oleh guru adalah pendekatan deduktif, seperti SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung yang menggunakan pendekatan deduktif yaitu dengan urutan pembelajarannya berupa menyampaikan definisi dari materi, memberi contoh dan menguji pemahaman siswa tentang definisi yang disampaikan.

Waktu yang ideal dibutuhkan oleh siswa untuk mempelajari semua materi pelajaran Fisika kelas XII semester genap sama dengan waktu siswa kelas X

ataupun kelas XI menyelesaikan materi pembelajarannya, namun faktanya siswa kelas XII dituntut untuk menyelesaikan semua materi semester genap hanya dengan waktu 2 bulan 18 hari. Sehingga jelas bahwa waktu yang dibutuhkan siswa kelas XII lebih singkat dibandingkan siswa kelas X ataupun kelas XI, karena waktu yang dimiliki siswa lebih sedikit atau singkat maka siswa difokuskan sekedar untuk mengetahui materi yang penting atau biasa yang dikeluarkan di Ujian Nasional serta latihan soal. Akhirnya masalah yang timbul dari pelajaran sekilas adalah siswa tidak paham dengan konsep materi yang sesungguhnya.

Untuk mengatasi permasalahan yang telah dijabarkan diatas, maka seorang guru dapat mengatasinya dengan media pembelajaran. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung, diketahui bahwa media pembelajaran yang biasa digunakan adalah buku cetak paket. Buku cetak paket tidak memenuhi kebutuhan siswa untuk belajar dengan waktu yang singkat, hal ini dikarenakan buku cetak paket hanya berisikan materi-materi saja. Media pelajaran yang dapat memenuhi kebutuhan siswa adalah Buku Sekolah Elektronik Interaktif, hal ini dikarenakan BSE I tidak hanya berisikan materi-materi pelajaran saja tapi dilengkapi dengan animasi, video, gambar dan simulasi percobaan, sehingga dengan menggunakan BSE I siswa mendapatkan gambaran suatu materi dengan jelas.

Menurut observasi yang dilakukan juga, dapat diketahui salah satu materi yang sulit dipelajari adalah teori relativitas khusus, hal ini dikarenakan materi teori relativitas khusus adalah materi yang abstrak sehingga dalam

mempelajari materi ini diperlukan media BSE I yang dapat memberikan gambaran dengan jelas dikarenakan di dalam BSE I dapat memuat simulasi percobaan.

Pembelajaran yang ideal juga menghadapkan siswa langsung pada kenyataan, dengan begitu siswa dapat memberikan inisiatif mereka untuk bertanya ataupun menjawab secara mandiri. Siswa juga dapat menemukan konsep materi yang diajarkan melalui penyelidikan atau penelaahan lebih lanjut, sehingga dapat menciptakan suatu pembelajaran yang bermakna. Pembelajaran yang bermakna dapat terjadi dengan mengajak siswa ikut serta secara langsung dalam memecahkan masalah yang ada sehingga muncullah keterampilan berpikir kritis pada siswa.

Kemampuan berpikir kritis sangat penting dimiliki oleh siswa, mengingat bahwa saat ini sudah menggunakan Kurikulum 2013 dimana dalam Permendikbud No. 81 Tahun 2013 tentang implementasi kurikulum disebutkan bahwa kebutuhan kompetensi masa depan, dimana kemampuan peserta didik yang diperlukan yaitu kemampuan berkolaborasi, berkomunikasi, berpikir kreatif dan berpikir kritis (Kemendikbud 2013:10). Untuk memenuhi tuntutan kurikulum ini, maka perlu ditumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa agar proses pembelajaran dapat terlaksana dengan baik.

Berdasarkan permasalahan yang ada maka peneliti ingin mengembangkan Buku Sekolah Elektronik Interaktif berbasis LCDS pada materi Teori



Relativitas sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dibutuhkan pengembangan BSE interaktif pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa. Untuk mengarahkan pada pengembangan buku tersebut, maka diajukan pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana validitas Buku Sekolah Elektronik Interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa?
2. Bagaimana kemudahan mengoperasikan dan keterbacaan Buku Sekolah Elektronik Interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui

1. validitas Buku Sekolah Elektronik Interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan pada siswa.
2. kemudahan mengoperasikan dan keterbacaan Buku Sekolah Elektronik Interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai

bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat setelah dilakukan penelitian ini yaitu memberikan contoh Buku Sekolah Elektronik Interaktif berbasis LCDS sebagai bahan ajar mandiri yang dapat digunakan untuk mencapai kompetensi serta dapat menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.

#### **E. Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan yang dimaksud adalah pengembangan produk berupa Buku Sekolah Elektronik Interaktif (BSE I) berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.
2. Materi yang disajikan dalam BSE I ini adalah teori relativitas khusus yang tercantum dalam Silabus Fisika Kelas XII Kurikulum 2013 yaitu KD 3.7 Menganalisis perubahan panjang waktu dan massa dikaitkan dengan kerangka acuan dan kesetaraan massa dengan energi dalam teori relativitas khusus, serta KD 4.7 Menyelesaikan masalah terkait dengan konsep relativitas panjang, waktu, massa, dan kesetaraan massa dengan energi.
3. Uji validitas produk pengembangan yang terdiri dari uji materi dan uji desain yang akan diuji oleh seorang yang pakar dalam bidang materi serta desain.

4. Uji satu lawan satu akan dilakukan kepada siswa yang akan dinilai meliputi kemudahan mengoperasikan dan keterbacaan dalam penggunaan BSE I.
5. Subjek penelitian pengembangan adalah siswa kelas XII IPA di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung.
6. *Learning Content Development System* atau LCDS adalah suatu *software* yang dapat digunakan untuk membuat buku sekolah elektronik (BSE) interaktif yang didalamnya dapat memuat teks, gambar, soal interaktif, animasi, simulasi dan video.
7. Buku Sekolah Elektronik (BSE) adalah salah satu buku ajar elektronik atau digital dalam bentuk format *\*pdf*, *\*lit*, *\*html*, dan lain-lain. BSE Interaktif adalah buku ajar elektronik atau digital yang dapat memuat teks, gambar, soal interaktif, animasi, simulasi dan video.
8. Berpikir kritis adalah keterampilan cara berpikir siswa dalam menanggapi suatu persoalan ataupun pertanyaan yang sedang dihadapinya. Dalam menumbuhkan kemampuan berpikir kritis terdapat empat aspek. Aspek pertama yaitu *elementary clarification* melalui indikator bertanya dan menjawab pertanyaan yang membutuhkan penjelasan. Kedua, *basic support* melalui indikator melakukan dan mempertimbangkan laporan observasi. Ketiga, *advance clarification* melalui indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi. Keempat, *strategies and tactic* melalui indikator menggunakan kemampuan berpikir kritis dalam memecahkan masalah matematis.

9. Bahan ajar mandiri adalah suatu bahan atau media yang digunakan oleh siswa untuk melakukan kegiatan belajar secara mandiri. Belajar mandiri adalah suatu bentuk belajar yang dilakukan sendiri tanpa tuntunan dari orang lain sebagai pengajarnya, dimana seseorang yang belajar mandiri dapat lebih leluasa untuk memilih waktu dan metode belajar yang tepat sesuai dengan kebutuhannya

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Kerangka Teoritis**

#### **1. Media Pembelajaran**

Menurut Sadirman (2009: 6) media adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan minat serta perhatian siswa sedemikian rupa sehingga proses belajar terjadi.

Makna media adalah apa saja yang dapat menyalurkan informasi dari sumber informasi penerima informasi. Jadi media pembelajaran merupakan sebuah perangkat yang berupa pesan atau informasi pendidikan yang disajikan dengan memakai suatu peralatan bantu agar pesan/informasi tersebut dapat tersampaikan dengan baik (Muhson. 2010: 3).

Arsyad (2000: 3) mengatakan bahwa, media merupakan alat-alat grafis, fotografis, atau elektronis, untuk menangkap, memproses dan menyusun kembali informasi visual atau verbal.

Berdasarkan beberapa pengertian media yang telah dijelaskan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa media adalah berbagai alat yang dapat menunjang proses pembelajaran agar siswa dapat lebih mudah memahami materi yang sedang disajikan.

Menurut Sadirman (2009: 5), secara umum kegunaan media, antara lain:

1. Memperjelas pesan agar tidak terlalu verbalistik
2. Mengatasi keterbatasan ruang, waktu tenaga, dan daya indera.
3. Menimbulkan gairah belajar, interaksi lebih langsung antara murid dengan sumber belajar.
4. Memungkinkan anak belajar mandiri sesuai dengan bakat dan kemampuan visual, auditori, dan kinestetiknya.
5. Memberi rangsangan yang sama, mempersamakan pengalaman, dan menimbulkan persepsi yang sama
6. Proses pembelajaran mengandung lima komponen komunikasi, guru (komunikator), bahan pembelajaran, media pembelajaran, siswa (komunikan), dan tujuan pembelajaran.

Arsyad (2000: 5-8) penggunaan media pengajaran pada tahap orientasi pengajaran akan sangat membantu keefektifan proses pembelajaran dan penyampaian pesan dan isi pelajaran pada saat itu. Disamping membangkitkan motivasi dan minat siswa, media pengajaran juga dapat membantu siswa meningkatkan pemahaman, menyajikan data dengan menarik dan terpercaya, memudahkan penafsiran data dan memadatkan informasi.

Menurut Arsyad (2007: 25) manfaat praktis dari penggunaan media pembelajaran didalam proses belajar mengajar sebagai berikut:

1. Media pengajaran dapat memperjelas penyajian pesan dan informasi sehingga dapat memperlancar dan meningkatkan proses dan hasil belajar.

2. Media pembelajaran dapat meningkatkan dan mengarahkan perhatian anak sehingga dapat menimbulkan motivasi belajar, interaksi yang lebih langsung antara siswa dan lingkungannya, dan kemungkinan siswa untuk belajar sendiri-sendiri sesuai dengan kemampuan dan minatnya.
3. Media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan indera, ruang dan waktu;
  - a. objek atau benda yang terlalu besar untuk ditampilkan langsung di ruang kelas dapat diganti dengan gambar, foto, *slide*, realita, film, radio atau model;
  - b. objek atau benda yang terlalu kecil yang tidak tampak oleh indera dapat disajikan dengan bantuan mikroskop, film, *slide*, atau gambar;
  - c. kejadian langka yang terjadi di masa lalu atau terjadi sekali dalam puluhan tahun dapat ditampilkan melalui rekaman video, film, foto, *slide* disamping secara verbal.
  - d. objek atau proses yang amat rumit seperti peredaran darah dapat ditampilkan secara konkret melalui film, gambar, *slide*, atau simulasi computer;
  - e. kejadian atau percobaan yang dapat membahayakan dapat disimulasikan dengan media seperti computer, film dan video;
  - f. peristiwa alam seperti terjadinya letusan gunung berapi atau proses yang dalam kenyataan memakan waktu lama seperti proses kepompong menjadi kupu-kupu dapat disajikan dengan teknik-teknik rekaman *time-lapse* untuk film, video, *slide*, atau simulasi computer.

4. Media pembelajaran dapat memberikan kesamaan pengalaman kepada siswa tentang peristiwa-peristiwa di lingkungan mereka, serta memungkinkan terjadinya interaksi langsung dengan guru, masyarakat, dan lingkungannya misalnya melalui karyawisata, kunjungan-kunjungan ke museum atau kebun binatang.

Kontribusi media pembelajaran Sanjaya (2008: 205) adalah:

1. Penyampaian pesan pembelajaran dapat lebih terstandar.
2. Pembelajaran dapat lebih menarik.
3. Pembelajaran menjadi lebih interaktif dengan menerapkan teori belajar.
4. Waktu pelaksanaan pembelajaran dapat diperpendek.
5. Kualitas pembelajaran dapat ditingkatkan.
6. Proses pembelajaran dapat berlangsung kapanpun dan dimanapun diperlukan.
7. Sikap positif siswa terhadap materi pembelajaran serta proses pembelajaran dapat ditingkatkan.
8. Peran guru mengalami perubahan ke arah yang positif.

Berdasarkan manfaat dan kontribusi media yang dijelaskan para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa manfaat media adalah sebagai perantara atau alat yang dapat menyampaikan pesan ataupun informasi pembelajaran dengan baik dan mudah sehingga tujuan dari pembelajaran dapat tercapai dengan baik. Selain itu dengan adanya media, pembelajaran menjadi menarik sehingga dapat memotivasi siswa untuk belajar.



## 2. Buku Sekolah Elektronik (BSE)

Menurut Indhaka dkk (2016: 1) Buku Sekolah Elektronik (BSE) merupakan salah satu buku ajar yang kini banyak digunakan di berbagai sekolah Indonesia. Media BSE menurut Sutrisno (2013: 117) adalah sumber belajar berupa file yang dapat diunduh melalui internet/buku cetak yang berlabelkan BSE. Menurut Yusmiari (2017: 1) BSE adalah versi digital dari buku yang umumnya terdiri dari kumpulan kertas yang berisi teks atau gambar. BSE sendiri mejadikan teks dan gambar tersebut dalam informasi digital baik dalam format teks polos, \*pdf, \*jpeg, \*lit, dan \*html sehingga tampilan BSE bersifat statis.

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa Buku Sekolah Elektronik (BSE) adalah salah satu buku ajar elektronik atau digital dalam bentuk format \*pdf, \*lit, \*html, dan lain-lain.

Menurut Astuti (2011: 32) terdapat sepuluh kriteria buku teks yang berkualitas. Kesepuluh kriteria tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Buku teks haruslah menarik minat siswa yang mempergunakannya.
- b. Buku teks harus mampu memberi motivasi kepada para siswa yang memakainya.
- c. Buku teks harus memuat ilustrasi yang menarik hati para siswa yang memanfaatkannya.
- d. Buku teks seharusnya mempertimbangkan aspek-aspek linguistic sehingga dengan kemampuan para siswa yang memakainya.
- e. Isi buku teks harus berhubungan erat dengan pelajaran-pelajaran lainnya.

- f. Buku teks harus dapat menstimulus, merangsang aktivitas-aktivitas pribadi bagi siswa yang mempergunakannya
- g. Buku teks harus dengan sadar dan tegas menghindari konsep-konsep yang samar-samar dan tidak biasa, agar tidak membingungkan para siswa yang membacanya.
- h. Buku teks harus mempunyai sudut pandang yang jelas dan tegas.
- i. Buku teks harus memberi pematapan, penekanan pada nilai-nilai anak dan orang dewasa.
- j. Buku teks harus menghargai perbedaan-perbedaan pribadi para siswa pembacanya.

Keuntungan dari menggunakan BSE menurut Ardiyanta dkk (2012: 164)

banyak sekali, diantaranya adalah:

1. Praktis karena dapat dibuka dimana-mana.
2. Pengguna dapat menandai hal-hal yang dianggapnya penting.
3. Mudah dicari jika diperlukan, karena dapat diletakkan di layar desktop.
4. Menghemat biaya karena untuk mendapatkan BSE tidak harus dengan cara membeli.

Menurut Wibisono & Menarianti (2016: 84) buku elektronik memiliki kelebihan karena bentuknya berupa file yang tidak membutuhkan tempat penyimpanan yang luas. Buku elektronik memiliki format sesuai kebutuhan, antara lain teks, polos, PDF, JPEG, LIT dan HTML. Kemendikbud telah membeli hak cipta buku baan ajar dan buku-buku tersebut dan disajikan dalam bentuk elektronik.

Berdasarkan keuntungan dan kelebihan BSE yang dijelaskan diatas, dapat disimpulkan bahwa kelebihan ataupun keuntungan dari buku BSE yaitu BSE mudah didapatkan, praktis dibawa kemana-mana, mudah dicari jika diperlukan, dan format yang digunakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Sedangkan kelemahan e-book atau BSE menurut Astuti (2011: 13) sebagai berikut:

1. Memerlukan perangkat komputer untuk menjalankannya.
2. Bagian quis interaktif terpisah dari e-booknya sendiri sehingga dibuat tombol quis yang terdapat pada halaman tampilan awal e-book untuk mengakses quis interaktif.
3. E-book interaktif yang dihasilkannya lebih mengutamakan unsur kognitif dibandingkan dengan afektif dan psikomotorik. E-book interaktif lebih cocok digunakan untuk pembelajaran secara mandiri oleh siswa di rumah.
4. E-book interaktif dirancang, disusun dan dikembangkan dengan segala keterbacaan yang ada pada penelitian sehingga bukan untuk menjadi produk yang terbaik dan terakhir, melainkan terbuka untuk terus dilakukan penyesuaian, penambahan dan pengurangan (customization) yang fleksibel sehingga sesuai dengan kebutuhan siswa dan perkembangan teknologi informasi

Kelemahan dari ebook atau BSE adalah didalam buku BSE hanya berisikan materi pembelajaran, gambar, dan contoh soal. BSE yang seperti ini sama saja seperti buku cetak bahan ajar biasanya, hanya saja perbedaannya terletak pada pencetakan, jika buku cetak bahan ajar berupa buku cetak sedangkan BSE

berupa file pdf atau lainnya. Hanya saja kelebihan dari BSE adalah buku BSE dapat dibawa dengan mudah dan BSE tidak perlu beli karena mudah didapatkan diinternet.

BSE terdapat dua jenis yaitu BSE dan BSE interaktif (BSE I). BSE I dapat membuat siswa berinteraksi langsung dengan buku berupa digital yang berisikan materi, gambar, video, animasi dan simulasi. Sehingga selain siswa dapat membaca buku, siswa juga dapat menyaksikan video, animasi maupun simulasi. Dengan menggunakan BSE I maka siswa belajar dihadapkan dengan masalah ataupun pengambaran materi yang nyata.

Menurut Astuti (2011: 15) buku BSE yang baik serta dapat berfungsi sebagai bahan ajar harus memenuhi syarat-syarat tertentu, syarat-syarat tersebut antara lain:

1. Isi yang mencakup semua standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD).
2. Penyajian yang menarik.
3. Bahasa yang baku dan mudah dimengerti.
4. Ilustrasi yang digambarkan dengan baik dan tetap.

Berdasarkan hasil pengujian dalam mengembangkan e-book interaktif, dapat diketahui kualitas produk e-book atau buku sekolah elektronik sebagai berikut:

1. Materi yang terdapat dalam e-book interaktif disesuaikan dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang terdapat dalam silabus.

2. Desain dari tampilan dan fitur-fitur yang terdapat pada e-book interaktif harus menarik dan sesuai dengan tingkat perkembangan siswa dan dapat digunakan sebagai bahan belajar siswa.
3. Bahasa Indonesia yang terdapat pada e-book interaktif harus disusun dengan baik.
4. Gambar, animasi, simulasi dan video yang terdapat dalam e-book interaktif dapat membantu siswa dalam memahami materi.
5. E-book interaktif dapat meningkatkan pengetahuan siswa.
6. E-book interaktif dapat digunakan dengan lebih efisien dari segi waktu yang dibantu dengan tombol-tombol navigasi yang mengacu pada halaman berikutnya atau halaman yang diinginkan.
7. Cocok digunakan dalam pembelajaran mandiri ataupun klasikal.

(Darlen 2015:14).

Berdasarkan hasil produk yang dihasilkan oleh darlen dapat disimpulkan bahwa dalam mengembangkan BSE I ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu materi yang akan tertuang dalam BSE I harus sesuai dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi dasar yang sesuai dengan silabus, bahasa yang digunakan adalah bahasa Indonesia yang mudah dimengerti oleh siswa, produk yang akan dihasilkan berisikan gambar, video, animasi dan simulasi yang sesuai dengan materi dan dapat membuat tampilan BSE I menjadi menarik serta dapat memotivasi siswa dalam belajar serta produk yang dihasilkan dapat digunakan dengan waktu yang efisien

### 3. *Learning Content Development System (LCDS)*

*Learning Content Development System* atau LCDS adalah suatu *software* yang dapat digunakan untuk membuat buku sekolah elektronik (BSE) interaktif yang didalamnya dapat memuat teks, gambar, soal interaktif, animasi dan video. Menurut Taufani & Iqbal (2011: 2) menjabarkan bahwa LCDS digunakan untuk membuat modul interaktif dengan format file *html*. *Microsoft* menyediakan LCDS merupakan *software* gratis yang memungkinkan untuk menciptakan konten pembelajaran yang berkualitas tinggi, interaktif dan dapat diakses secara *online*. LCDS memungkinkan setiap orang dalam komunitas atau organisasi tertentu untuk menerbitkan *e-learning* dengan menggunakan LCDS secara mudah dengan konten yang dapat disesuaikan, interaktif *activity*, kuis, games, ujian, animasi, demo dan multimedia lainnya.

Dengan menggunakan LCDS menurut Taufani & Iqbal (2011: 4) kita dapat:

1. Mengembangkan dan mempublish konten dengan cepat, tepat waktu dan relevan.
2. Memberikan konten web yang sesuai dengan SCORM 1.2 dan dapat di-host dalam sebuah learning management system.
3. Upload atau publish konten yang ada. (LCDS mendukung beberapa format file).
4. Kita dapat membuat rich e-learning content yang berbasis Silverlight secara mudah.
5. Mengembangkan struktur pelatihan dan dengan mudah mengatur ulang setiap saat.

Langkah-langkah dalam membuat konten pada LCDS adalah seperti dibawah ini



Gambar 1. Langkah membuat konten pada LCDS

1. *Create*: pada tahap pertama, tentunya kita membuat konten *course*/pelatihan. Menentukan tema, nama, struktur dan jenis pelatihan. Pada LCDS telah tersedia template-template untuk setiap topik yang memudahkan kita dalam membuat konten *e-learning* yang berkualitas.
2. *Preview*: setelah kita memilih template yang sesuai dengan konten pelatihan dan mengisi template tersebut, kita dapat mem-*preview* hasilnya. Hal ini memudahkan kita untuk tahu seperti apa hasil *e-learning* yang telah kita buat pada saat itu juga.
3. *Refine*: Jika anda merasa kurang puas dengan konten maupun templatnya, anda dapat mengeditnya kembali dan kemudian menyimpannya.
4. *Delight*: publikasikan pelatihan anda dan mendistribusikannya kepada audiens melalui Web atau *learning managemen system*.

Menurut Cahyani (2016: 126-127) LCDS memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari LCDS yaitu hasil produk yang berbasis LCDS dapat dipublish dalam bentuk laman web sehingga dapat langsung diputar pada laptop atau komputer manapun, dan dapat memuat gambar, simulasi, animasi dan video. Sedangkan kekurangan dari LCDS adalah jenis tulisan dan ukuran tulisan hanya ada satu sehingga tidak dapat diubah-ubah serta belum adanya fitur

*equation* untuk menambahkan persamaan sehingga harus dikonversi kedalam format jpeg dan png.

#### **4. Berpikir Kritis**

Syahbana (2012: 3) mengemukakan bahwa berpikir kritis merupakan suatu cara berpikir yang menguji, menghubungkan, dan mengevaluasi semua aspek dari suatu situasi masalah, termasuk di dalamnya kemampuan untuk mengumpulkan informasi, mengingat, menganalisis situasi, membaca serta memahami dan mengidentifikasi hal-hal yang diperlukan.

Rosana (2014: 37) berpikir kritis adalah kemampuan berpendapat dengan cara terorganisasi dan mengevaluasi secara sistematis bobot pendapat pribadi dari pendapat orang lain. Pada saat berpikir kritis, manusia pada hakikatnya sedang berpikir secara intelektual.

Dwijananti & Yulianti (2010: 112) berpikir kritis merupakan kegiatan menganalisis ide atau gagasan ke arah yang lebih spesifik, membedakan secara tajam, memilih, mengidentifikasi, mengkaji dan mengembangkannya ke arah yang lebih sempurna. Proses mental ini menganalisis ide dan informasi yang diperoleh dari hasil pengamatan, pengalaman, akal sehat atau komunikasi.

Berdasarkan beberapa pengertian berpikir kritis menurut para ahli yang ada di atas, maka dapat disimpulkan bahwa berpikir kritis adalah keterampilan cara berpikir siswa dalam menanggapi suatu persoalan ataupun pertanyaan yang sedang dihadapinya.



Dalam kurikulum 2013 yang sudah diterapkan disekolah-sekolah menuntut siswa agar dapat berpikir kritis dalam kegiatan belajar mengajar sehari-hari, karena dalam kurikulum 2013 menekankan siswanya agar dapat menjadi lebih aktif baik dalam bertanya maupun dalam menanggapi soal yang diberikan. Siswa yang memiliki daya berpikir kritis yang tinggi dapat membuat siswa ini menjadi lebih tenang dalam menanggapi soal-soal yang dianggap oleh siswa yang memiliki daya berpikir kritis rendah sulit.

Keterampilan berpikir kritis siswa berpengaruh terhadap kualitas pemahaman konsep siswa. Salah satu indikator kemampuan intelektual siswa adalah kemampuan untuk memahami konsep sudjana. Pemahaman terdiri dari tiga dimensi yaitu:

1. Mengingat dan mengulak fakta, konsep, prinsip dan prosedur.
2. Mengidentifikasi dan memilih fakta, konsep, prinsip, dan prosedur.
3. Menerapkan fakta, konsep, prinsip, dan prosedur.

Menurut Rosana (2014: 37) Keterampilan berpikir kritis dapat dikembangkan pada siswa melalui hasil latihan secara berkelanjutan. Siswa dapat dihadapkan pada suatu isu persoalan yang menuntut sikap kritis siswa untuk mempertanyakan dan meragukan suatu kebenaran melalui logika berpikir. Setiap siswa memiliki cara pandang sendiri dalam memahami dan menyelesaikan permasalahan. Cara pandang yang didasari oleh berbagai alasan yang masuk akal penting dilakukan dalam mengemukakan argumen. Ketika berarguen dengan menggunakan penalarannya, berarti siswa sedang melakukan tindakan berpikir kritis.

## 5. Bahan Ajar Mandiri

Anwar (2014: 59) menyatakan bahwa proses belajar mandiri adalah ketika seseorang membuat inisiatif dengan mandiri atau dengan bantuan orang lain untuk mengenali kebutuhan belajar mereka, memformulasikan tujuan belajar, mengidentifikasi bahan yang dibutuhkan untuk belajar, memilih dan mengimplementasikan strategi belajar, serta mengevaluasi hasil dari proses belajar. Menurut Rusman (2012: 357) belajar mandiri merupakan suatu bentuk belajar yang memberikan keleluasaan pada siswa untuk dapat memilih atau menerapkan sendiri waktu dan cara belajarnya sesuai dengan ketentuan sistem kredit semester di sekolah. Wafroturrohmah dan Suyatmini (2013: 56) menyatakan belajar mandiri sebagai suatu bagian dari kepribadian individu yang mampu dan mau untuk belajar sendiri, dengan atau tanpa bantuan pihak lain, dalam hal penentuan tujuan belajar, menentukan metode belajar dan evaluasi hasil belajar. Berdasarkan beberapa definisi dari belajar mandiri, maka dapat disimpulkan bahwa belajar mandiri adalah suatu bentuk belajar yang dilakukan sendiri tanpa tuntunan dari orang lain sebagai pengajarnya, dimana seseorang yang belajar mandiri dapat lebih leluasa untuk memilih waktu dan metode belajar yang tepat sesuai dengan kebutuhannya.

Hasil penelitian Anwar (2013) menunjukkan bahwa makna kemandirian yang meliputi perilaku mampu berinisiatif, mampu mengatasi hambatan atau masalah, mempunyai rasa percaya diri dan dapat melakukan sesuatu sendiri tanpa bantuan orang lain dapat diatasi dalam kegiatan pembelajaran sekolah menengah pertama melalui penggunaan layanan informasi. Kemandirian sebagai hasrat untuk mengerjakan segala sesuatu bagi diri sendiri atau suatu

keadaan dimana seseorang yang memiliki hasrat bersaing untuk maju demi kebaikan dirinya akan mampu mengambil keputusan dan inisiatif untuk mengatasi masalah yang dihadapi, memiliki kepercayaan diri dalam mengerjakan tugas-tugasnya, bertanggung jawab terhadap apa yang dilakukannya.

Menurut Bhisma (2011: 16) pola pikir kritis juga sangat penting dan bermanfaat bagi mahasiswa, terutama dalam hal membantu memperoleh pengetahuan, memperbaiki teori, memperkuat argumen, mengemukakan dan merumuskan pertanyaan dengan jelas, mengumpulkan, menilai, dan menafsirkan informasi dengan efektif, membuat kesimpulan dan menemukan solusi masalah berdasarkan alasan yang kuat, membiasakan berpikiran terbuka dan mengkomunikasikan gagasan, pendapat, dan solusi dengan jelas kepada lainnya.

Keterampilan berpikir kritis sangat penting dilatihkan karena keterampilan berpikir ini tidak dibawa sejak lahir. Di samping itu, tujuan melatih keterampilan berpikir kritis adalah untuk menyiapkan siswa menjadi seorang pemikir kritis (*critical thinker*), mampu memecahkan masalah (*problem solver*), dan menjadi pemikir independen (*independent thinker*) sehingga dapat menghadapi kehidupan, menghindarkan dirinya dari indokrinasi, penipuan, pencucian otak, mengatasi setiap permasalahan yang dihadapi, dan membuat keputusan dengan tepat dan bertanggung jawab.

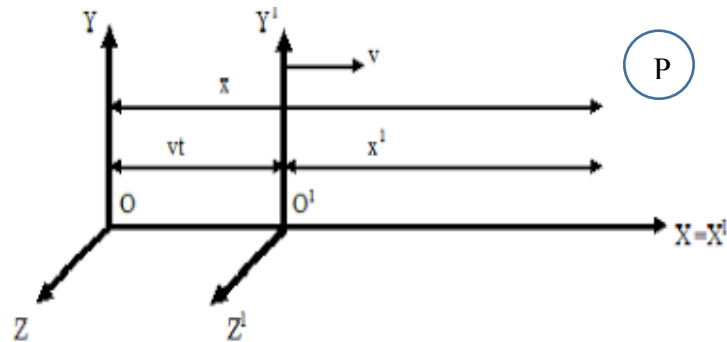
## 6. Teori Relativitas Khusus

### A. Transformasi Galileo

Transformasi Galileo dapat dibedakan atas dua bagian yaitu transformasi Galileo untuk koordinat dan waktu dan transformasi Galileo untuk kecepatan.

#### a. Transformasi Galileo untuk koordinat dan waktu

Dalam transformasi Galileo yang akan diturunkan ini, selang waktu yang dicatat oleh pengamat di O dianggap sama dengan yang dicatat oleh pengamat di O'. Jadi,  $t = t'$ ,  $y = y'$  dan  $z = z'$



Gambar 2. Kerangka acuan

Gambar diatas menunjukkan sebuah benda (P) yang bergerak dalam arah sumbu-X, Benda tersebut ditinjau dari dua kerangka acuan O dan O'. dalam hal ini, kerangka acuan O' bergerak terhadap kerangka acuan O dalam arah sumbu - X dengan kecepatan tetap ( $v$ ).

Kerangka acuan O dan O' mula-mula berimpit, tetapi dalam selang waktu  $t$ , O' menempuh jarak  $d = vt$  terhadap O. Sementara itu, benda (P) bergerak terhadap O dalam arah sumbu -X dengan kecepatan tetap ( $u_x$ ). Pada saat  $t$ , P berada pada koordinat P ( $x, y, x$ ) terhadap kerangka

acuan O dan berada pada koordinat P ( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ) terhadap kerangka acuan O'. Berdasarkan gambar 2, maka hubungan dari kedua koordinat tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$O'P = OP - OO'$$

maka

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Ketiga hubungan di atas menyatakan koordinat ruang benda, sedangkan waktu pengamatan pada kerangka acuan O dan O' adalah sama, sehingga:

$$t' = t$$

Sedangkan untuk transformasi Galileo kebalikan untuk koordinat dan waktu adalah

$$x' = x + vt$$

b. Transformasi Galileo untuk kecepatan

Persamaan-persamaan yang menyatakan koordinat ruang benda dan waktu pengamatan dari dua kerangka acuan O dan O' di atas disebut dengan transformasi Galileo. Karena  $t = t'$ , maka hubungan kecepatan benda terhadap masing-masing kerangka acuan dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$x' = x - vt$$

$$\frac{dx'}{dt} = \frac{dx}{dt} - \frac{d}{dt}(v \cdot t)$$

$$v'_x = v_x - v$$

$$v'_y = v_y$$

$$v'_z = v_z$$

dengan:

$$\frac{dx'}{dt} = v'_x = \text{kecepatan P terhadap kerangka acuan O'}$$

$$\frac{dx}{dt} = v_x = \text{kecepatan P terhadap kerangka acuan O}$$

Sedangkan bentuk transformasi Galileo kebalikan untuk kecepatan adalah

$$x' = x + vt$$

$$\frac{dx'}{dt} = \frac{dx}{dt} + \frac{d}{dt}(v \cdot t)$$

$$v'_x = v_x + v$$

$$v'_y = v_y$$

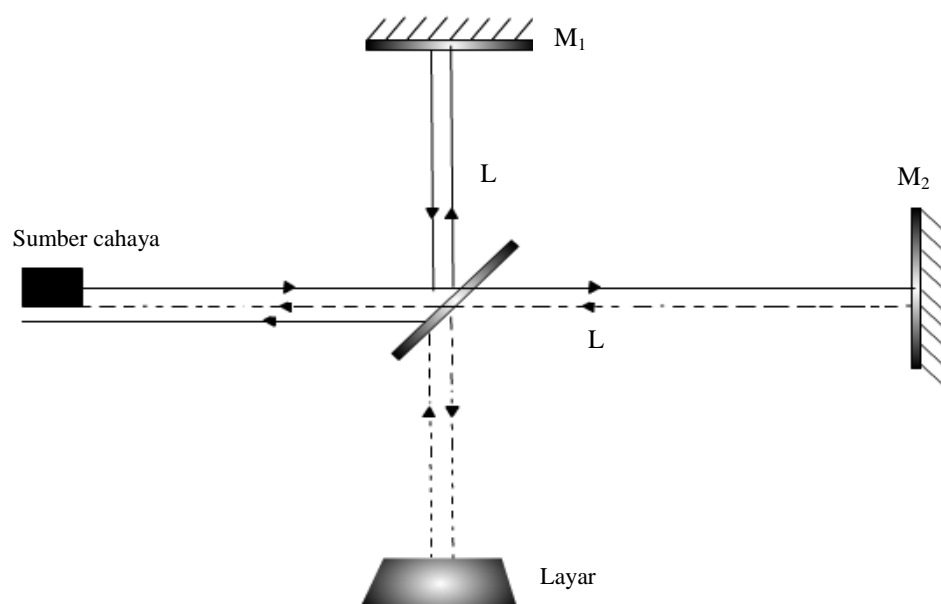
$$v'_z = v_z$$

## B. Percobaan Michelson-Morley

Apakah transformasi Galileo (relativitas Newton) juga berlaku untuk kasus-kasus listrik, magnet, dan optik? Berbagai percobaan yang dilakukan oleh para ahli fisika menghasilkan bahwa transformasi Galileo tidak berlaku untuk kasus-kasus listrik, magnet, dan optika. Salah satu percobaan paling terkenal terkait hal ini dilakukan oleh Albert A. Michelson dan Edward W. Morley. Bagaimanakah percobaan yang dilakukan oleh Michelson dan Morley tersebut?

Pada tahun 1800-an, para ahli fisika mempercayai sebuah hipotesis bahwa cahaya merambat melalui suatu medium yang disebut *eter* dengan kelajuan sebesar  $c = 3 \times 10^8$  m/s. Kelajuan cahaya sebesar  $c$  tersebut hanya terjadi jika kelajuan cahaya diukur terhadap kerangka acuan yang diam secara mutlak terhadap eter (medium cahaya). Pada tahun 1881, Albert A. Michelson dan Edward W. Morley melakukan percobaan untuk mengukur kecepatan gerak bumi relatif terhadap eter. Alat yang digunakan oleh dua orang ilmuwan Amerika Serikat untuk melakukan percobaan tersebut dinamakan *interferometer*.

Kecepatan bumi bergerak di dalam eter sama dengan kecepatan *eter* yang bergerak melalui bumi, tetapi arahnya berlawanan. Jika kecepatan bumi di dalam eter adalah  $v$ , maka kecepatan eter melalui bumi adalah  $-v$ . Perhatikan diagram penjalanan cahaya pada percobaan Michelson-Morley yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perjalanan cahaya pada interferometer Michelson-Morley

Berdasarkan Gambar 3, cahaya yang dipancarkan akan dipantulkan oleh cermin perak sebagian menuju cermin 1 ( $M_1$ ) dan sebagian lainnya menuju cermin 2 ( $M_2$ ). Sebagian cahaya yang dipantulkan oleh cermin 1 akan diteruskan menuju ke detektor atau layar. Sementara itu, sebagian cahaya yang dipantulkan oleh  $M_2$  juga dipantulkan menuju detektor atau layar. Kedua berkas cahaya ini kemudian akan mengalami interferensi, sehingga akan terbentuk pola gelap-terang pada layar. Jika hipotesis eter benar, putaran interferometer seharusnya akan mengubah kecepatan eter yang memasuki interferometer, sehingga pola-pola interferensi gelap-terang pada layar akan bergeser.

Percobaan Michelson-Morley dapat dianalisis secara kuantitatif, gerakan eter dalam arah sumbu cermin 2 ( $M_2$ ) dengan kelajuan sebesar  $v$  akan menyebabkan kelajuan cahaya diukur terhadap bumi dalam arah tersebut menjadi  $c-v$  (pada lintasan M ke  $M_2$ ) dan menjadi  $c+v$  (pada lintasan dari  $M_1$  ke  $M_2$ ). Jika jarak dari M ke  $M_2$  adalah  $L$ , maka waktu total yang diperlukan cahaya untuk bergerak dari M ke  $M_2$  dan kembali ke M adalah:

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t_1 = t_{M \text{ ke } M_2} + t_{M_2 \text{ ke } M}$$

$$t_1 = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v}$$

$$t_1 = \frac{L(c+v) + L(c-v)}{c^2 - v^2}$$

$$t_1 = \frac{Lc + Lv + Lc - Lv}{c^2 - v^2}$$



$$t_1 = \frac{2Lc}{c^2 - v^2}$$

$$t_1 = \frac{2L}{c} \left( \frac{1}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \right)$$

Sekarang tinjau berkas cahaya dalam arah sumbu cermin 1 ( $M_1$ ) yang tegak lurus terhadap arah gerakan eter. Karena kelajuan cahaya dari M ke  $M_1$  sama dengan kelajuan cahaya dari  $M_1$  ke M dan besarnya adalah  $\sqrt{c^2 - v^2}$  (analog dengan kelajuan perahu yang menyeberangi sungai) dan jarak dari M ke  $M_1$  adalah L, maka waktu total yang diperlukan cahaya untuk menempuh lintasan dari M ke  $M_1$  dan kembali ke M dapat ditentukan dengan persamaan:

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t_2 = t_{M \text{ ke } M_1} + t_{M_1 \text{ ke } M}$$

$$t_2 = \frac{L}{\sqrt{c^2 - v^2}} + \frac{L}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

$$t_2 = \frac{2L}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

$$t_2 = \frac{2L}{c} \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right)$$

Berdasarkan uraian di atas, selisih waktu yang diperlukan cahaya untuk menempuh lintasan  $MM_2M$  dengan waktu yang diperlukan cahaya untuk menempuh lintasan  $MM_1M$  dapat diturunkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Delta t = t_1 - t_2 &= \frac{2L}{c} \left( \frac{1}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \right) - \frac{2L}{c} \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right) \\ &= \frac{2L}{c} \left( \frac{1}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right)\end{aligned}$$

Karena  $x = \frac{u^2}{c^2} \ll 1$ , maka persamaan di atas dapat disederhanakan dengan menggunakan prinsip ekspansi binomial, yaitu  $(1 - x)^n \approx 1 - nx$  untuk  $x \ll 1$ . Jika  $x = \frac{u^2}{c^2}$ , maka selisih waktu yang ditempuh kedua cahaya tersebut adalah:

$$\Delta t = t_1 - t_2 \approx \frac{Lv^2}{c^3}$$

karena berkas cahaya yang menempuh lintasan  $MM_2M$  mengalami perbedaan waktu tempuh, maka kedua berkas cahaya tersebut mempunyai perbedaan fase, sehingga keduanya akan berinterferensi ketika mencapai detektor dan ditangkap oleh layar. Jika interferometer pada percobaan Michelson-Morley diputar  $90^\circ$  pada bidang horizontal, maka terjadi keadaan sebaliknya. Dalam hal ini, cahaya pada lintasan  $MM_2M$  yang tadinya sejajar menjadi tegak lurus aliran eter, sedangkan cahaya pada lintasan  $MM_1M$  yang tadinya tegak lurus menjadi sejajar aliran eter. Akibatnya, selisih waktu tempuh kedua cahaya tersebut menjadi dua kali lipat dari selisih waktu tempuh keadaan sebelumnya. Dengan demikian, selisih panjang lintasan yang bersesuaian dengan selisih waktu tempuh baru ini dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\Delta d = c(2\Delta t) = \frac{2Lv^2}{c^2}$$

Perubahan panjang lintasan dari satu panjang gelombang (cahaya) berhubungan dengan pergeseran ( $x$ ) dari sebuah garis terang-gelap (frinji) yang dihasilkan ketika terjadi interferensi. Dalam hal ini, pergeseran maksimum frinji ( $x$ ) yang mungkin terjadi ketika interferometer pada percobaan Michelson-Morley diputar  $90^\circ$  sama dengan hasil bagi selisih panjang lintasan cahaya di atas dengan panjang gelombang cahaya yang digunakan. Secara matematis, pergeseran maksimum frinji ini dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$x = \frac{\Delta d}{\lambda} = \frac{2Lv^2}{\lambda c^2}$$

Pada percobaan Michelson-Morley, setiap berkas cahaya dipantulkan oleh cermin beberapa kali untuk menghasilkan panjang lintasan cahaya yang efektif ( $L$ ) dan pada percobaan tersebut  $L = 11$  meter. Dengan mengambil nilai kelajuan eter  $v = 3 \times 10^4$  m/s (sama dengan kelajuan bumi mengelilingi matahari) dan  $c = 3 \times 10^8$  m/s (kelajuan cahaya), maka selisih panjang lintasan cahaya pada percobaan Michelson-Morley adalah

$$\Delta d = \frac{2(11\text{ m})(3 \times 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2} = 2,2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

karena panjang gelombang cahaya yang digunakan oleh Michelson dan Morley adalah  $500 \text{ nm} = 5 \times 10^{-7} \text{ m}$ , maka jika hipotesis eter benar pergeseran pola-pola interferensi (frinji) yang mungkin dihasilkan ketika interferometer diputar  $90^\circ$  adalah:

$$x = \frac{\Delta d}{\lambda} = \frac{2,2 \times 10^{-7} \text{ m}}{5 \times 10^{-7} \text{ m}} \approx 0,44$$

Alat yang digunakan oleh Michelson dan Morley dapat mendeteksi pergeseran sebesar 0,01. Akan tetapi, hasil percobaan berulang yang dilakukan oleh Michelson dan Morley tidak menunjukkan adanya pergeseran meskipun interferometer diputar. Dengan kata lain, tidak ada perubahan pola-pola interferensi (frinji) gelap-terang pada layar. Hasil percobaan Michelson-Morley ini membuktikan bahwa hipotesis eter sebagai medium perambatan cahaya tidaklah benar. Selain itu, hasil percobaan Michelson-Morley juga menunjukkan bahwa tidak mungkin mengukur kecepatan mutlak bumi terhadap kerangka acuan eter. (Sunardi, 2016: 227).

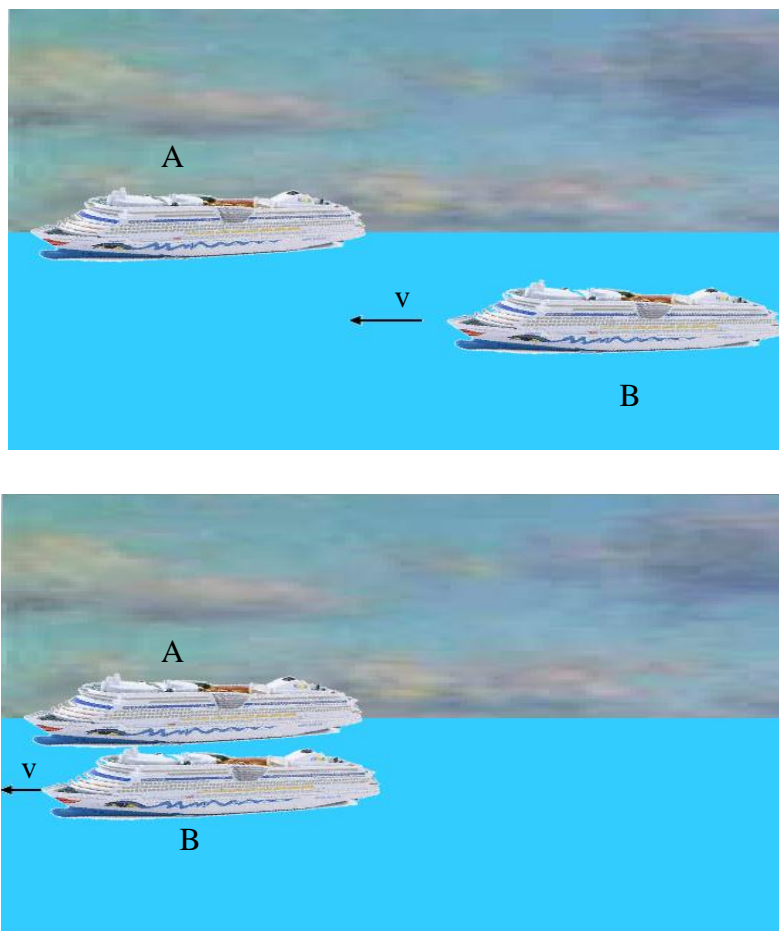
### C. Postulat Einstein

Ketika Michelson-Morley melakukan percobaan, saat itu Einstein berumur 18 tahun dia bertanya pada dirinya sendiri apakah kita benar membutuhkan eter? dan ketika Einstein berumur 26 tahun Einstein berhasil memecahkan masalah eter yang telah menyulitkan para ilmuwan senior yang tetap berpegang teguh pada hipotesis eter. Pada tahun 1905, Einstein (1879-1955) mengajukan dua postulatnya, yang terkenal dengan sebutan postulat relativitas khusus. Teori relativitas khusus bersandar pada dua postulat.

Postulat pertama, prinsip relativitas yaitu hukum-hukum fisika memiliki bentuk yang sama pada semua kerangka acuan yang bergerak dengan

kecepatan tetap (kerangka acuan inersial). Postulat ini menyatakan ketiadaan kerangka acuan yang universal. Jika hukum fisika berbeda untuk pengamat yang berbeda dalam keadaan gerak relatif, maka kita dapat menentukan mana yang dalam keadaan “diam” dan mana yang “bergerak” dari perbedaan tersebut, tetapi karena tidak terdapat kerangka acuan universal, perbedaan itu tidak terdapat, sehingga muncul postulat diatas.

Postulat kedua menyatakan bahwa cahaya merambat melalui ruang hampa dengan cepat rambat  $c = 3 \times 10^8 \text{ m / s}$ , dan kelajuan cahaya tak bergantung pada kelajuan sumber cahaya maupun kelajuan pengamatnya”. Contoh sederhana dari postulat dua dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 4. Ilustrasi postulat Einstein

Misalkan, kita mempunyai dua kapal A dan B, kapal A diam di atas air sedangkan kapal B bergerak dengan kecepatan tetap  $v$ . Daerah tersebut diliputi kabut sehingga kedua pengamat dalam masing-masing kapal tidak mengetahui kapal mana yang bergerak. Pada saat B berdampingan dengan A, api dinyalakan untuk sesaat. Cahaya api bergerak dengan kelajuan tetap dalam semua arah sesuai dengan postulat kedua relativitas khusus.

Pengamat pada masing-masing kapal mendapatkan bola cahaya mengembang dengan dirinya sebagai pusat, sesuai dengan prinsip relativitas, walaupun salah seorang pengamat berubah kedudukannya terhadap tempat padamnya api tersebut. Pengamat dalam kapal tidak dapat mendeteksi kapal mana yang mengalami perubahan tempat, karena kabut mengilangkan kerangka acuan lain daripada kapal itu sendiri, dan karena kelajuan cahaya sama untuk kedua pengamat itu, keduanya melihat gejala yang sama. (Beiser, 1999: 4)

#### D. Transformasi Lorentz

Hasil percobaan Michelson-Morley ternyata sesuai dengan postulat Einstein tentang kecepatan cahaya, yaitu kecepatan cahaya tidak bergantung pada erak pengamat dan sumber cahaya. Dalam hal ini, untuk memperoleh hubungan kecepatan cahaya atau benda menurut teori relativitas khusus diperlukan sebuah transformasi baru. Hal ini serupa dengan relativitas Newton yang dideskripsikan dengan transformasi Galileo.

Transformasi baru yang digunakan untuk memperoleh hubungan kecepatan cahaya atau benda terhadap masing-masing pengamat pada relativitas Einstein (teori relativitas khusus) tersebut adalah transformasi Lorentz.

Transformasi Lorentz dibedakan atas dua bagian yaitu

a. Transformasi Lorentz untuk koordinat dan waktu

Berdasarkan transformasi Lorentz, selang waktu  $t$  menurut kerangka acuan diam (O) tidak berlaku sama dengan selang waktu  $t'$  untuk kerangka acuan bergerak (O'). Untuk kasus pada gambar 2, maka hubungan  $x$  dan  $x'$  dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

Karena diketahui bahwa

$$x' = \gamma(x - vt)$$

dan diketahui pula bahwa

$$x = ct$$

$$x' = ct'$$

maka

$$ct' = \gamma(ct - vt)$$

$$ct' = \gamma(c - v)t$$

$$t' = \frac{\gamma(c-v)t}{c} \quad \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

Sedangkan persamaan untuk transformasi Lorentz kebalikan adalah

$$x = \gamma (x' + v t')$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

dan dengan diketahui bahwa

$$x = \gamma(x' + v t')$$

Maka dapat diperoleh

$$ct' = \gamma (ct' + v t')$$

$$ct = \gamma (c + v) t'$$

$$t' = \frac{ct}{\gamma (c + v)} \dots\dots\dots \text{persamaan 2}$$

Dengan mensubsidikan persamaan 1 dan 2 maka diperoleh tetapan transformasinya.

$$\frac{\gamma (c - v)t}{c} = \frac{ct}{\gamma (c + v)}$$

$$\gamma^2 = \frac{c^2 t}{t (c - v)(c + v)}$$

$$\gamma^2 = \frac{c^2}{c^2 - v^2}$$

$$\gamma^2 = \frac{1}{\frac{(c^2 - v^2)}{c^2}} = \frac{1}{(1 - \frac{v^2}{c^2})}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



Berdasarkan persamaan yang telah dipelajari diatas, maka persamaan transformasi Lorentz untuk koordinat adalah

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(x - v t)$$

dan transformasi Lorentz kebalikannya adalah

$$x = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(x' + v t')$$

Bentuk persamaan transformasi Lorentz untuk selang waktu dapat kamu lakukan dengan menurunkan persamaan koordinat dibawah ini

$$x = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(x' + v t')$$

$$x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} - x' = v t'$$

$$x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(x - v t) = v t'$$

$$x \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) - (x - vt) = v t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\left(x - \frac{xv^2}{c^2}\right) - x + vt = v t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$x - \frac{xv^2}{c^2} = v t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{x}{v} - \frac{xv^2}{vc^2}$$

$$t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{x}{v} - \frac{x v}{c^2}$$

$$t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = t - \frac{x v}{c^2}$$

$$t' = \frac{t - \frac{x v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Dengan cara yang sama tetapi mengeliminasi nilai x diperoleh persamaan untuk t, yaitu

$$t = \frac{t' - \frac{x' v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

b. Transformasi Lorentz untuk kecepatan

Pada fisika klasik, Newton telah menyatakan bahwa semua gerak adalah relatif. Akan tetapi penjumlahan kecepatan relatif menurut Newton tidak akan berlaku jika kecepatannya adalah mendekati kecepatan cahaya  $c$ .

Berdasarkan transformasi Lorentz tentang kecepatan, Einstein mengoreksi kesalahan penjumlahan kecepatan relatif tersebut dengan memberikan persamaan yang berlaku untuk penjumlahan kecepatan relativistik.

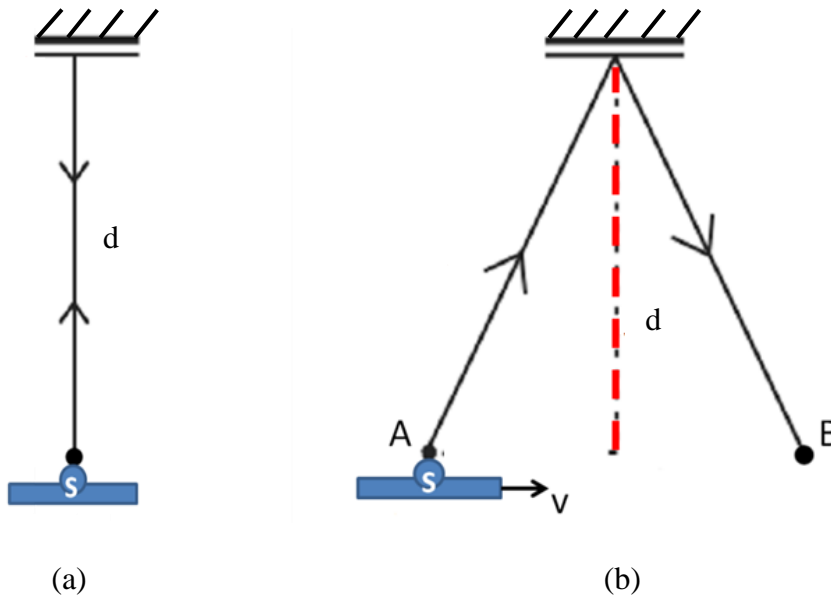
$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t = \frac{t' - \frac{x' v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{x}{t} = \frac{x' + v t'}{t' + \frac{v x'}{c^2}}$$

$$v_x = \frac{v'_x + v}{1 + \frac{v v'_x}{c^2}}$$

### E. Dilatasi Waktu



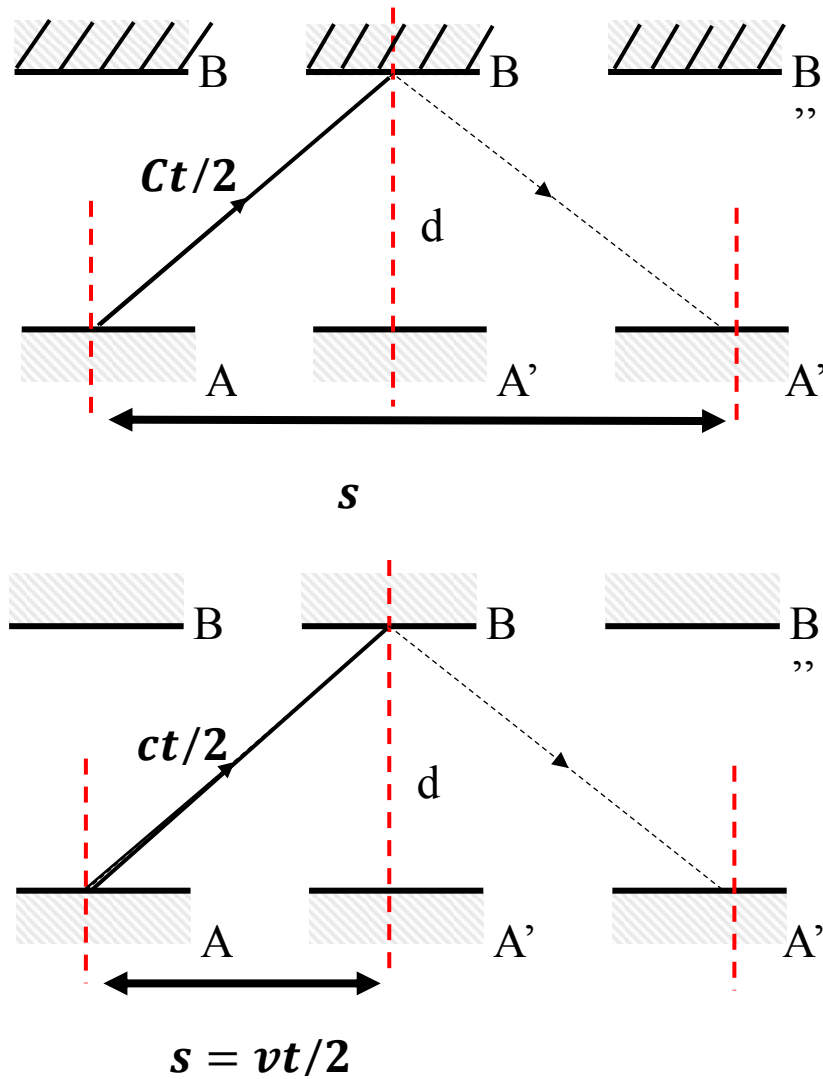
Gambar 5. Dilatasi waktu

Gambar 5a menggambarkan bahwa seorang pengamat diam pada suatu kendaraan yang melaju pada kecepatan  $v$ . Pengamat tersebut membawa laser pada jarak  $d$  tepat vertikal di bawah cermin. Pengamat membawa sebuah stopwatch yang digunakan untuk mengukur selang waktu  $t_0$ .

$$t_0 = \frac{\text{Jarak tempuh}}{\text{kelajuan}}$$

$$t_0 = \frac{2d}{c}$$

Untuk mencari persamaan dilatasi waktu perhatikan gambar di bawah ini yang merupakan perjalanan dari gambar 5b.



Gambar 6. Sebuah pulsa cahaya yang bergerak ke arah cermin terhadap kendaraan yang bergerak.

Keterangan:

$c$  = kecepatan cahaya

$t$  = waktu yang ditempuh lesor.

$s$  = jarak

$d$  = jarak dari sumber ke cermin

$t_0$  = waktu yang ditempuh dari sumber ke cermin

Berdasarkan gambar di atas perhatikan segitiga ABA'. Segitiga tersebut memenuhi dalil phythagoras maka diperoleh

$$\left(\frac{c t}{2}\right)^2 = \left(\frac{v t}{2}\right)^2 + d^2$$

$$\frac{c^2}{4} t^2 = \frac{v^2}{4} t^2 + d^2$$

kedua ruas  
dikalikan 4

---


$$c^2 t^2 = v^2 t^2 + 4 d^2$$

$$c^2 t^2 - v^2 t^2 = 4 d^2$$

$$c^2 t^2 - v^2 t^2 = 4 d^2$$

$$t^2 (c^2 - v^2) = 4 d^2$$

$$t^2 = \frac{4 d^2}{(c^2 - v^2)}$$

$$t = \frac{2 d}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

$$t = \frac{2 d}{c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma t_0$$

## F. Paradoks Kembar

Suatu kejadian yang menarik dari masalah waktu adalah gejala yang terkenal dengan sebutan paradoks kembar. Misalkan ada dua orang kembar, bernama Yona dan Pasca. Yona pergi berpetualang saat berumur 25 tahun menuju sebuah Planet X yang berjarak 30 tahun cahaya dari bumi. Pesawat antariksanya dapat dipercepat sampai mencapai kelajuan mendekati kelajuan cahaya. Setelah tiba di Planet X, Yona menjadi sangat rindu dengan rumahnya dan segera kembali ke Bumi dengan kelajuan sangat tinggi yang sama. ketika sampai di Bumi, Yona sangat terkejut karena melihat kota yang ditinggalkannya telah berubah menjadi kota supermodern dan saudara kembarnya (Pasca) telah berusia 75 tahun dan menderita sakit tua. Yona sendiri hanya bertambah usia 10 tahun menjadi 35 tahun. Ini karena proses biologi dalam tubuhnya mengalami perlambatan selama perjalanannya mengarungi antariksa.

Sangatlah wajar jika kita mengajukan pertanyaan, “kembaran manakah sesungguhnya bergerak dengan kelajuan mendekati kelajuan cahaya, dan karena itu pertambahan usianya lebih kecil?”. Disinilah letak paradoksnya: dari kerangka acuan Pasca, dia adalah diam sementara saudaranya Yona bergerak dengan kecepatan sangat tinggi. Pada pihak lain, menurut Yona, dia adalah diam sementara saudara kembarnya di Bumi bergerak menjauhinya kemudian mendekatinya. Kasus ini menimbulkan kebingungan manakah kembaran yang sesungguhnya berusia lebih tua.

Pemecahan masalah paradoks ini bergantung pada ketidaksimetrisan kehidupan pasangan kembar itu. Dalam seluruh hidupnya, Pasca yang di Bumi selalu berada dalam kerangka acuan inersia, kecuali periode singkat ketika Yona membalikkan pesawatnya menuju ke Bumi, tetapi periode ini dapat kita abaikan. Dengan demikian, perhitungan Pasca sebagai acuan dalam menghitung selang waktu perjalanan Yona adalah sah (benar) menurut teori relativitas khusus. Sebaliknya, Yona mengalami sederet percepatan dan perlambatan selama perjalanannya ke Planet X dan kembali ke rumah, dan karena itu tidak selalu dalam garis lurus beraturan. Ini berarti Yona berada dalam suatu kerangka acuan non-inersial selama sebagian waktu dari perjalanannya, sehingga perhitungan selang waktu berdasarkan teori relativitas khusus adalah tidak sah dalam kerangka acuan ini. Jadi, kesimpulan yang benar adalah petualang angkasa selalu lebih muda ketika kembali ke Bumi. (Kanginan, 2007: 333-334)

#### G. Kontraksi Panjang

Kita telah mengetahui bahwa kelajuan pada dilatasi waktu konstan antara pengamat satu dengan pengamat yang lainnya. Karena kelajuan relatif pengamat satu terhadap pengamat lainnya sama menurut kedua pengamat, maka supaya selang waktu berbeda, jarak menurut kedua pengamat harus berbeda. Hal tersebut juga berkaitan dengan kontraksi panjang.

Untuk mencari persamaan kontraksi panjang dapat kita cari dengan membandingkan dua pengamat (diam dan bergerak). Misalnya Pengamat diam di bumi mengukur waktu yaitu:

$$t = \frac{\text{jarak}}{\text{kelajuan}} = \frac{L_0}{v}$$

Dimana :  $t$  = waktu

$L_0$  = Jarak sejati ( Jarak yang diukur oleh pengamat yang diam)

$v$  = Kelajuan benda

Selanjutnya ingat kembali persamaan waktu sejati dari materi dilatasi waktu yaitu

$$t_0 = \frac{t}{\gamma}$$

Ingat untuk mengukur jarak adalah kelajuan dikali waktu. Maka persamaan kontraksi panjang sebagai berikut:

$$L = v t_0 = v \frac{t}{\gamma} = \frac{v \left( \frac{L_0}{v} \right)}{\gamma} = \frac{L_0}{\gamma}$$

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

## H. Massa, Momentum dan Energi Relativitas

### Massa Relativitas

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m_0$$

$m_0$  disebut massa diam, massa diam diukur terhadap kerangka acuan (pengamat) yang terhadapnya benda adalah diam. Dalam kerangka acuan lainnya, massa relatif  $m$  selalu akan lebih besar dari massa diam dengan factor  $\gamma$ .



### Momentum Relativitas

$$p = mv$$

Dengan menggunakan massa relativitas maka didapatkan persamaan momentum relativitas sebagai berikut:

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

dengan  $m$  adalah masa relativitas,  $m_0$  merupakan massa diam, dan  $v$  adalah kecepatan relativitas benda.

(Kanginan, 2007: 345).

### Energi Relativitas

Telah kita ketahui bahwa usaha yang dilakukan oleh sebuah gaya pada benda sama dengan selisih energi kinetik benda itu. Dalam bentuk persamaan matematis, pernyataan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut

$$W = \Delta EK$$

Berdasarkan hubungan tersebut Einstein menurunkan persamaan energi kinetik relativitas, yaitu:

$$EK = mc^2 - m_0c^2$$

$$EK = (m - m_0)c^2$$

Dalam hal ini, Einstein berpendapat bahwa energi total benda ketika bergerak dengan kecepatan  $v$  adalah  $mc^2$ . Sementara itu, energi total benda ketika benda diam adalah  $m_0c^2$ ,  $EK$  merupakan energi kinetik

benda. Dalam teori relativitas, hubungan energi benda yang diam dan benda yang bergerak dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$EK = E - E_0$$

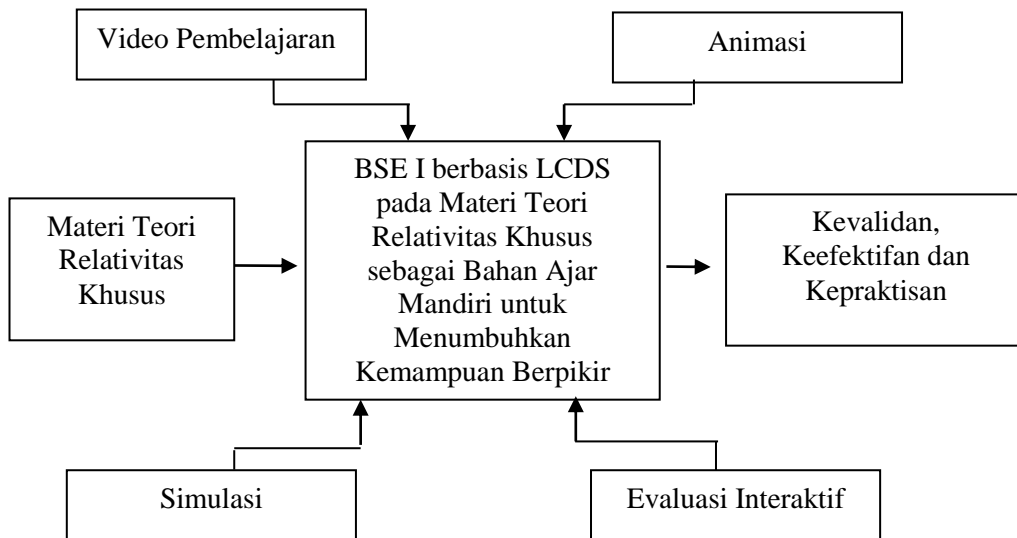
(Sunardi, 2016: 232).

## **B. Desain Produk**

Salah satu pengaruh keberhasilan dari pencapaian hasil belajar siswa dalam sebuah pelajaran adalah media. Media merupakan berbagai alat yang dapat menunjang proses pembelajaran agar siswa dapat lebih mudah memahami materi yang sedang disajikan. Salah satu media yang digunakan dalam proses pembelajaran adalah buku. Pada penelitian kali ini, peneliti akan mengembangkan Buku Sekolah Elektronik (BSE) interaktif berbasis LCDS atau *Learning Content Development System*.

Ketika mengembangkan sebuah bahan ajar, maka diperlukan spesifikasi ataupun desain produk terlebih dahulu. Berikut ini merupakan desain produk pengembangan BSE I berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus

seperti pada Gambar 6.



Gambar 7. Desain Produk Pengembangan BSE I berbasis LCDS.

BSE I yang dikembangkan merupakan salah satu bahan ajar yang dibuat menggunakan program LCDS yang memuat materi Teori Relativitas Khusus untuk siswa SMA/MA kelas XII IPA semester genap. Materi pembelajaran yang akan dibuat menggunakan pendekatan saintifik sesuai dengan Standar Isi Kurikulum 2013.

Konten pembelajaran yang dibuat menggunakan LCDS memenuhi langkah-langkah seperti pada Gambar 2. Konten yang akan dibuat pada BSE I berbasis LCDS yaitu:

a. Cover

Cover merupakan gambaran pembukaan dari BSE I yang memuat ilustrasi mengenai materi teori relativitas khusus, gambar, nama pengembang, nama pembimbing, dan jenjang serta tingkatan sekolah. Pembuatan *cover* didesain dengan memanfaatkan *Microsoft office power points 2016* agar dapat menghasilkan tampilan yang lebih menarik dengan menggunakan

variasi warna serta huruf dan ukuran huruf yang lebih besar, hal ini dilakukan untuk mengatasi kekurangan tampilan LCDS yang kurang berwarna dan hanya dapat menggunakan satu jenis huruf dengan ukuran kecil. Setelah file disimpan dengan format .jpg maka selanjutnya file tersebut dimasukkan ke dalam BSE I LCDS menggunakan *templates read*.

b. Petunjuk

Petunjuk penggunaan BSE I memuat penjelasan tata acara mengoperasikan BSE I. Pembuatan petunjuk memanfaatkan program *Microsoft office power points 2016*, yang kemudian akan disimpan dengan format .jpg. File yang memuat petunjuk dimasukkan ke dalam BSE I LCDS menggunakan *templates read*, kemudian introduction.

c. Kompetensi Inti, Kompetensi Dasar, Indikator dan Tujuan Pembelajaran

Konten memuat Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD), Indikator dan Tujuan Pembelajaran yang akan dicapai. Adapun KD yang digunakan adalah KD 3.7 dan 4.7 untuk Fisika SMA kelas XII. Pembuatan konten ini, terlebih dahulu teks KI, KD, indikator, dan tujuan pembelajaran dibuat dengan memanfaatkan program *Microsoft office power points 2016*, kemudian disimpan dengan format .jpg. File berisikan KI, KD, indikator, dan tujuan dimasukkan ke dalam BSE I LCDS menggunakan *template read*.

d. Materi

Konten ini akan memuat materi teori relativitas khusus yang sesuai dengan KI, KD, indikator, dan tujuan pembelajaran. Pembuatan konten ini akan

memanfaatkan *Microsoft office power points 2016*, kemudian disimpan dengan format .jpg. File yang berisikan materi dimasukkan ke dalam BSE I LCDS menggunakan *template read*.

e. Contoh soal dan pembahasan

Konten ini menampilkan contoh mengenai materi yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa dari konsep yang telah dijelaskan lengkap dengan pembahasannya. Contoh soal ini dibuat dengan memanfaatkan program *microsoft office power points 2017* agar dapat memasukkan gambar, variasi, warna, dan *background* yang menarik, kemudian disimpan dalam format .jpg. Kemudian file ini dimasukkan ke dalam BSE I LCDS menggunakan *template read*.

f. Video Pembelajaran, Simulasi, dan Animasi

Konten ini menampilkan video pembelajaran, simulasi, dan animasi sebagai penguatan terhadap pemahaman siswa mengenai teori relativitas khusus. Penggunaan video pembelajaran dan simulasi diharapkan akan menambah minat siswa dalam belajar karena tidak hanya dapat melihat teks dan gambar saja. Adapun simulasi yang disajikan yaitu percobaan Michelson-Morley. Simulasi dimasukkan ke LCDS menggunakan *template try*, kemudian *simulation*. Pada *simulation*, perunjuk terkait dengan simulasi dapat dibuat dengan memanfaatkan program *Macromedia Flash 8*. Terdapat juga video pembelajaran mengenai penguatan materi teori relativitas khusus. Video pembelajaran ini dimasukkan ke LCDS menggunakan *watch*, kemudian *demonstration*.

g. Rangkuman

Konten ini memuat inti pembelajaran mengenai materi yang disajikan.

Rangkuman ini terlebih dahulu dibuat menggunakan program *Microsoft office power points 2016*, kemudian disimpan dengan format .jpg.

Kemudian file ini dimasukkan ke dalam BSE I LCDS menggunakan *template read*.

h. Evaluasi

Konten ini memuat tes formatif yang menyajikan soal-soal evaluasi yang digunakan untuk mengukur kemampuan dan pemahaman siswa terhadap materi yang telah dipelajari. Uji kompetensi dilengkapi dengan *feedback* atas jawaban yang dipilih siswa.


i. Penutup

Pada konten penutup ini terdapat menu referensi yang berisi sumber buku bacaan materi teori relativitas khusus yang dimuat dalam BSE I. *teks* terlebih dahulu dibuat dengan memanfaatkan program *Microsoft office power points 2016*, kemudian disimpan dengan format .jpg. Kemudian dimasukkan kedalam BSE I LCDS menggunakan *template read*.

Adapun matrik desain buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa sebagai berikut:

Tabel 1. Matrik desain buku sekolah elektronik interaktif berbasis LCDS pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa

**MATRIK DESAIN BUKU SEKOLAH ELEKTRONIK INTERAKTIF BERBASIS LCDS SEBAGAI BAHAN AJAR MANDIRI UNTUK MENUMBUHKAN KEMAMPUAN BERFIKIR KRITIS PADA SISWA**

No.	Urutan Penggalan Materi Teori Relativitas Khusus	Penumbuhan Aspek Berfikir Kritis	Deskripsi Desain Penyajian dengan Menggunakan LCDS
1.	1.1 Gerak relative 1.2 Transfor masi Galileo	<i>Elementary clarification</i> <b>Indikator</b> Mengidenti vikasi kalimat- kalimat pertanyaan	Siswa akan diinstruksi untuk mengamati video gerak relative seperti dibawah ini.  Siswa diberi pertanyaan yang berhubungan dengan video disajikan berupa “menurut pengamat apakah orang yang diamatinya dapat dikatakan bergerak?”, “apakah menurut orang yang saling mendekati, bertemu dan jauhi di eskalator dapat dikatakan

---

				bergerak” dan “apakah menurut pengamat kedua orang yang diamatinya dapat dikatakan bergerak” serta “apakah orang yang diam di eskalator dapat dikatakan oleh orang yang berjalan di eskalator yang sama bergerak?.
2.	Percobaan Michelson dan Morley	<i>Basic support</i>	<b>Indikator</b> Melakukan dan mempertimbangkan laporan observasi	<p>Pada penggalan percobaan Michelson dan Morley akan diberikan simulasi dan animasi percobaan.</p> <p>Sebelum memulai simulasi, siswa diinstruksi untuk memperhatikan animasi percobaan Michelson-morley yang telah disediakan.</p> <p>Setelah memperhatikan animasi yang telah disediakan, maka selanjutnya siswa melakukan simulasi percobaan Michelson-Morley ini menggunakan Interferometer Michelson, teleskop, 2 cermin, dan cermin perak atau cermin transparan. Simulasi</p>

---



---

percobaan ini bertujuan untuk membuktikan bahwa eter sebagai medium perambatan cahaya tidak benar.

Siswa diinstruksi atau dipandu untuk menjalankan simulasi percobaan Michelson dengan cara menekan tombol “play”. Setelah menjalankan simulasi, siswa diinstruksi untuk melakukan observasi. Setelah melakukan observasi melalui simulasi, siswa akan diberikan pertanyaan, seperti:

**“Dari simulasi yang telah dijalankan, apa yang terjadi pada cahaya ketika merambat melalui cermin transparan? Apakah cahaya mengalami pemantulan pada cermin 1 dan cermin 2? Setelah cahaya masuk ke cermin transparan kembali, bagaimanakah gelombang dihasilkan? Berdasarkan gelombang dihasilkan, bagaimanakah cahaya**

---

---

**yang masuk ke dalam layer? Serta bagaimanakah frinji-frinji yang dihasilkan oleh cahaya tersebut?”**

Setelah diberikan pertanyaan tersebut, diharapkan siswa dapat membuat kesimpulan sesuai dengan arahan yang telah diberikan serta membuat laporan berdasarkan simulasi yang dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan teori yang telah ada. Dengan kegiatan seperti ini, diharapkan dapat menumbuhkan kemampuan berfikir kritis siswa

---

Matriks desain BSE interaktif secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3.

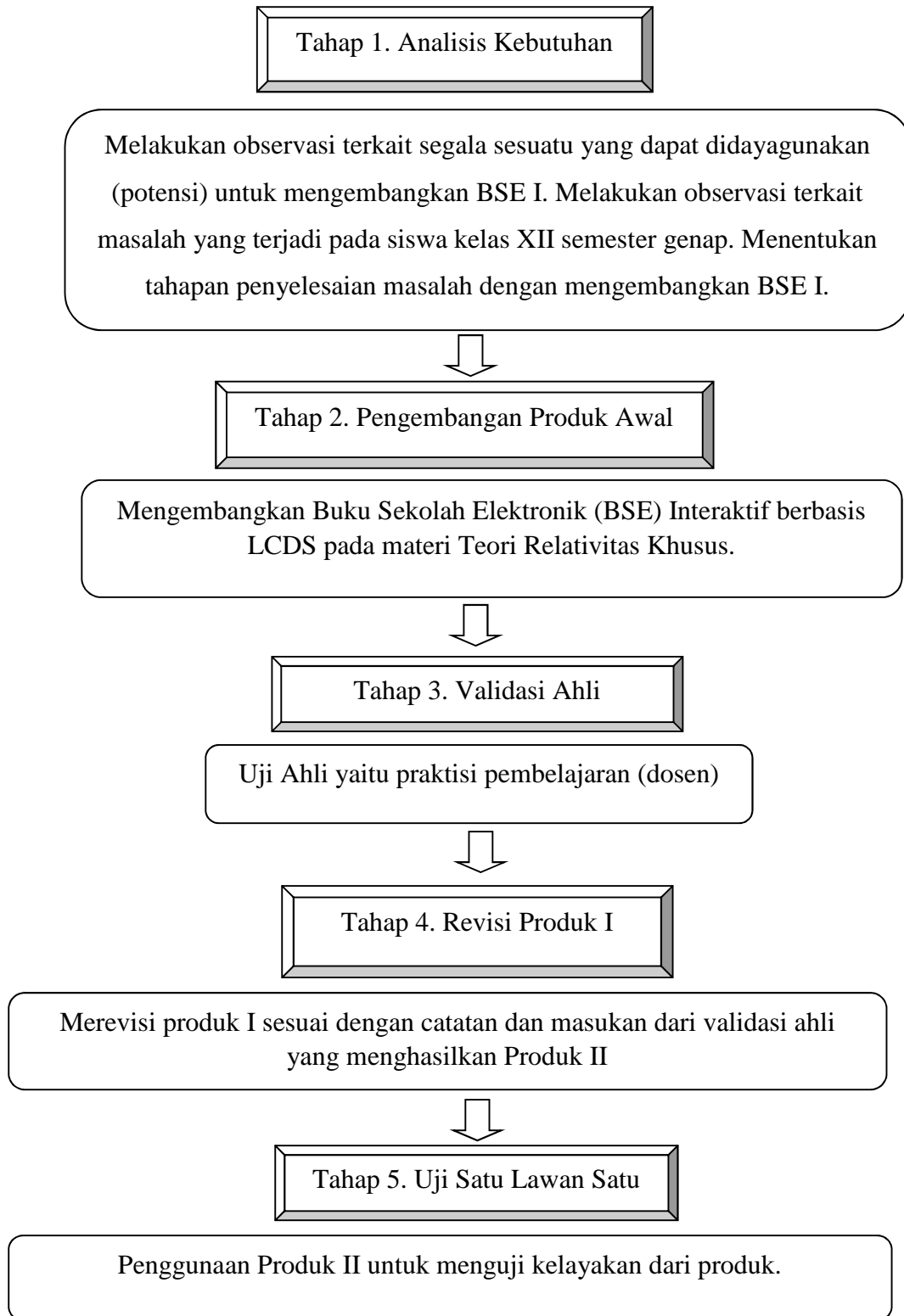
### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Desain Penelitian**

Metode penelitian ini adalah *research and development* atau penelitian pengembangan. Pengembangan yang dilakukan yaitu pengembangan media pembelajaran Buku Sekolah Elektronik Interaktif berbasis *Learning Content Development System* (LCDS) pada materi teori relativitas khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis siswa pada siswa. Pada pengembangan kali ini, akan dilakukan uji ahli yang berguna untuk mengetahui tingkat kelayakan produk yang dihasilkan.

#### **B. Prosedur Pengembangan**

Desain penelitian yang digunakan pada pengembangan kali ini mengacu pada Borg & Gall. Prosedur pengembangan Borg and Gall terdapat 5 tahapan. Adapun prosedur pengembangan seperti berikut:



Gambar 8. Langkah-langkah memproduksi Buku Sekolah Elektonik

## 1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan dengan maksud untuk mengetahui permasalahan apa yang ada pada sekolah yang diamati yaitu SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung. Analisis kebutuhan dilakukan dengan cara membagikan angket kepada 30 siswa dan satu guru Fisika yang mengajar pada sekolah tersebut. Selain untuk mencari masalah yang dihadapi siswa kelas XII semester 2 dalam pembelajaran Fisika, pembagian angket juga digunakan untuk menemukan harapan buku BSE yang diharapkan oleh siswa.

## 2. Pengembangan Produk Awal

Tahap ke II yaitu pengembangan produk awal yang berupa BSE interaktif berbasis LCDS pada materi Teori Relativitas Khusus sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa. Langkah-langkah yang akan digunakan dalam pengembangan produk awal ini, yakni:

- a. Menentukan indikator-indikator yang sesuai dengan Kompetensi Dasar.
- b. Menentukan materi pembelajaran yang akan dimasukkan ke dalam produk.
- c. Mengembangkan produk berupa BSE Interaktif berbasis interaktif yang sesuai dengan indikator-indikator yang akan dicapai serta dapat menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa.

### 3. Validasi Ahli

Tahap II dilakukan uji validasi ahli yang ditujukan pada praktisi pembelajaran.

### 4. Revisi Produk I

Tahapan ke IV yaitu revisi I, setelah dilakukan uji ahli yang bertujuan untuk mencari apakah masih ada kesalahan pada produk, maka selanjutnya melakukan revisi produk I sesuai dengan catatan dan saran perbaikan validasi ahli. Hasil dari revisi Produk I ini disebut dengan Produk II

### 5. Uji Satu Lawan Satu

Tahapan terakhir adalah uji satu lawan satu. Uji satu lawan satu ini dilakukan pada enam orang siswa yang dapat mewakili populasi target dari media yang dibuat. Menyajikan media tersebut kepada mereka secara individual. Jika media itu didesain untuk belajar mandiri, biarkan siswa mempelajarinya.

Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut.

1. Menjelaskan kepada siswa tentang media baru yang dirancang dan ingin mengetahui bagaimana reaksi siswa terhadap media yang sedang dibuat.
2. Mengusahakan agar siswa bersikap rileks dan bebas mengemukakan pendapatnya tentang media tersebut.
3. Memberikan instrumen uji satu lawan satu yang berisi tentang komponen media yang dibuat.

### C. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian pengembangan ini menggunakan tiga macam teknik pengumpulan data yaitu:

#### 1. Metode Observasi

Metode observasi ini dilakukan untuk mengetahui kelengkapan sarana dan prasana yang menunjang proses pembelajaran Fisika disekolah. Data hasil observasi ini digunakan sebagai pendukung analisis kebutuhan yang tertuang dalam latar belakang.

#### 2. Metode Angket

Metode angket digunakan untuk analisis kebutuhan dan mengukur indikator program yang berkenaan dengan kriteria pendidikan, tampilan media, dan kualitas teknis. Angket ditujukan kepada guru bidang studi Fisika dan 30 siswa kelas XII IPA di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung.

Angket analisis kebutuhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi oleh siswa kelas XII IPA khususnya dalam studi pelajaran Fisika. Selain untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi siswa, angket ini juga bertujuan untuk mengetahui media pembelajaran yang biasa digunakan khususnya buku pelajaran serta mengetahui kriteria buku BSE yang siswa harapkan. Data hasil angket analisis kebutuhan dituangkan dalam latar belakang.

Instrumen penelitian ini meliputi angket uji ahli dan angket uji satu lawan satu. Instrumen angket uji ahli digunakan untuk menilai dan mengumpulkan data kelayakan produk sebagai media pembelajaran, sedangkan instrumen angket satu lawan satu digunakan untuk mengumpulkan data tingkat validitas, kemudahan mengoperasikan produk, dan keterbacaan dari produk.

Pada uji validitas yang akan di uji adalah uji materi dan uji desain. Uji materi dilakukan oleh ahli yaitu seorang dosen dari Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) dan yang di uji adalah kesesuaian materi yang terdapat dalam BSE I, apakah materi tertuang dalam BSE I sudah sesuai dengan materi yang ada di sekolah dan sesuai dengan Kompetensi Dasar yang akan dicapai sesuai dengan Kurikulum 2013 revisi 2016.

Uji desain dilakukan juga oleh ahli yaitu seorang dosen dari Pendidikan MIPA bidang teknologi pendidikan dan yang akan diujikan adalah kesesuaian ukuran huruf, warna, *font*, dan *fontsize* yang di gunakan, kesesuaian animasi, gambar, simulasi serta soal evaluasi yang dikembangkan.

Uji satu lawan satu akan dilakukan kepada enam siswa, yang akan dinilai meliputi kemudahan mengoperasikan produk dan keterbacaan dari produk.



#### D. Teknik Analisis Data

Data hasil analisis kebutuhan yang diperoleh dari angket dan observasi digunakan peneliti untuk menyusun latar belakang dan mengetahui kebutuhan BSE interaktif yang diharapkan oleh siswa dan guru sebagai bahan ajar.

Terdapat dua aspek yang akan diukur yaitu:

##### 1. Analisis Uji Validitas

Angket uji validitas digunakan untuk menguji kesesuaian isi materi (uji materi) dan uji desain pada BSE I yang dihasilkan sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada siswa. Uji materi ini dilakukan oleh ahli bidang materi untuk mengevaluasi materi teori relativitas khusus untuk SMA kelas XII semester II yaitu seorang dosen Pendidikan MIPA Universitas Lampung. Uji desain dilakukan seorang dosen dalam bidang teknologi Pendidikan dalam mengevaluasi desain media pembelajaran yaitu seorang dosen Pendidikan MIPA Universitas Lampung.

Analisis data berdasarkan instrument uji ahli dilakukan untuk menilai sesuai atau tidaknya produk yang dihasilkan sebagai bahan ajar.

Instrument penilaian uji ahli desain dan ahli materi, memiliki skor 1 – 4 untuk menyatakan persetujuan terhadap pernyataan yang tersedia.

Tabel 2. Skor penilaian uji ahli dan materi

Skor	Kriteria Uji Ahli Desain dan Materi
4	Sangat sesuai
3	Sesuai

<b>Skor</b>	<b>Kriteria Uji Ahli Desain dan Materi</b>
2	Kurang sesuai
1	Tidak sesuai

Instrumen yang digunakan memiliki empat pilihan jawaban, sehingga skor penilaian total dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\text{Skor Penilaian} = \frac{\text{Jumlah skor pada instrumen}}{\text{Jumlah total skor tertinggi}} \times 4$$

Hasil skor penilaian tersebut kemudian dicari rata-ratanya dan dikonversikan menjadi nilai kualitas. Pengkonversian skor menjadi nilai kualitas dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Konversi skor penilaian menjadi pernyataan nilai kualitas

<b>Rata-rata skor</b>	<b>Nilai kualitas</b>
3,26 - 4,00	Sangat sesuai
2,51 - 3,25	Sesuai
1,76 - 2,50	Kurang sesuai
1,01 - 1,75	Tidak sesuai

(Suyanto dan Sartinem (2009: 327))

Revisi dilakukan pada konten pertanyaan yang mendapatkan skor dibawah 2,51 atau nilai kualitas kurang sesuai dan tidak sesuai perlu direvisi.

## 2. Analisis Uji Satu Lawan Satu

Uji satu lawan satu dilakukan oleh para praktisi yaitu siswa dengan tujuan untuk menguji, apakah produk yang dikembangkan mudah dioperasikan atau belum dan untuk mengetahui keterbacaan dari produk yang dikembangkan. Instrumen uji satu lawan satu ini memiliki pilihan skor 1

sampai 4 untuk menyatakan persetujuan terhadap pernyataan yang tersedia pada instrumen.

Tabel 4. Skor penilaian uji satu lawan satu

<b>Skor</b>	<b>Kriteria Uji Keterbacaan</b>	<b>Kriteria Kemudahan Mengoperasikan BSE Interaktif</b>
4	Sangat baik	Sangat mudah
3	baik	Mudah
2	Kurang baik	Kurang mudah
1	Tidak baik	Tidak mudah

Instrumen yang digunakan memiliki empat pilihan jawaban, sehingga skor penilaian total dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\text{Skor Penilaian} = \frac{\text{Jumlah skor pada instrumen}}{\text{Jumlah total skor tertinggi}} \times 4$$

Hasil skor penilaian tersebut kemudian dicari rata-ratanya dan dikonversikan menjadi nilai kualitas. Pengkonversian skor menjadi nilai kualitas dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Konversi skor penilaian menjadi pernyataan nilai kualitas

<b>Rata-rata skor</b>	<b>Nilai Kualitas Keterbacaan</b>	<b>Nilai Kualitas Kemudahan Pengoperasian BSE Interaktif</b>
3,26 - 4,00	Sangat baik	Sangat mudah
2,51 - 3,25	Baik	Mudah
1,76 - 2,50	Kurang baik	Kurang mudah
1,01 - 1,75	Tidak baik	Tidak mudah

(Suyanto dan Sartinem (2009: 327))

Revisi dilakukan pada konten pertanyaan yang mendapatkan skor dibawah 2,51 atau nilai kualitas kurang baik dan tidak baik perlu direvisi. Apabila

semua pernyataan mendapat skor rata-rata dari 2,51 maka dapat dikatakan bahwa produk II yaitu BSE interaktif mudah dioperasikan serta memiliki keterbacaan yang baik.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Simpulan dari penelitian pengembangan ini adalah:

1. Dihasilkan BSE interaktif berbasis *learning content development system* (LCDS) yang telah tervalidasi sebagai bahan ajar mandiri untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis pada materi teori relativitas khusus berisi materi dalam bentuk teks, animasi, gambar, simulasi, video pembelajaran dan soal interaktif yang memanfaatkan beberapa aplikasi kemudian digabungkan menjadi buku sekolah elektronik (BSE) interaktif menggunakan *software* LCDS.
2. Menurut siswa BSE interaktif yang dikembangkan mudah dioperasikan dengan skor yang diperoleh 3,33 atau dengan tingkat kualitas sangat mudah serta BSE interaktif memiliki keterbacaan yang baik dengan skor 3,23 atau dengan tingkat kualitas sangat baik.

### B. Saran

Saran dari penelitian pengembangan ini adalah:

1. Bagi siswa buku sekolah elektronik (BSE) interaktif ini dapat dimanfaatkan karena dapat menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dan rasa percaya diri pada siswa.

2. Bagi guru BSE interaktif ini dapat mengatasi keterbatasan waktu pertemuan (tatap muka) karena dapat dioperasikan secara mandiri tanpa kehilangan pendekatan saintifik.
3. Bagi pengembang selanjutnya dapat mengadopsi langkah-langkah pembuatan yang ada di story board, selain itu komposisi animasi, gambar, simulasi, soal interaktif dan video diharapkan dapat dikemas lebih menarik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D., Suyatna, A., dan Suyanto, E. 2017. Perbandingan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Media Gambar Bergerak Dengan Gambar Diam. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(3), 25-34
- Anggraini, D., Suyatna, A., dan Sesunan, F. 2017. Studi Perbandingan Hasil Belajar Fisika Antara Penggunaan Gambar Bergerak dengan Gambar Statis. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5 (1) 92-93.
- Anwar, M. 2014. Peningkatan Intensitas Belajar Mandiri Dengan Layanan Informasi Di Kelas. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*, 1(2), 57-69
- Ardiyanta, Anggara S. Sudjimad, D. A. dan P. 2012. Pemanfaatan Buku Sekolah Elektronik Sebagai Bahan Ajar Guru Program Produktif Sekolah Menengah Kejuruan. *Teknologi Dan Kejuruan*, 35(2), 163–172.
- Arsyad, Azhar. 2000. *Media Pengajaran*. Pt Rajagrafindo Persada, Jakarta. hlm 3-8.
- Arsyad, Azhar. 2007. *Media Pengajaran*. Pt Rajagrafindo Persada, Jakarta. hlm 25.
- Astuti, T. E. K. 2011. Buku Sekolah Elektronik Berbasis Multimedia Sebagai Sumber Belajar Untuk SMK Kompetensi Keahlian Teknik Komputer Jaringan Kelas X, (November).
- Beiser, Athur. 1999. *Konsep Fisika Modern*. Pt Gelora Aksara Pratama, Jakarta. hlm 4.
- Bhisma, M. 2011. *Berpikir Kritis (Critical Thinking) Versi Elektronik Power Poin*. Universitas Sebelas Surabaya. hlm 11.
- Cahyani, A., Nyeneng, I., dan Suyanto, E. 2016. Pengembangan Modul Pembelajaran Menggunakan LCDS Pada Materi Hukum Newton Tentang Gravitasi, 4 (1), 119–130.
- Cengiz, T. 2010. The Effect of the Virtual Laboratory on Students's Achievement and Attitude in Chemistry. *Internasional Online Jurnal of Educational Sciences*, 2 (1). 37-53.

- Darlen, Rikma F., Sjarkawi., Lukman, A. 2015. Pengembangan E-Book Interaktif Untuk Pembelajaran Fisika Smp. *Tekno-Pedagogi*, 5(1), 13–23.
- Dwijananti, P., & Yulianti, D. 2010. Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Melalui Pembelajaran Problem Based Indtruction Pada Mata Kuliah Fisika Lingkungan. *Pendidikan Fisika Indonesia*, 6, 108–114.
- Hasanah, N., Winarto, H., dan Haryotono, D. 2016. Pengembangan Media Pembelajaran Berbantuan Komputer pada Materi Elastisitas untuk Sisw SMA Kelas X. *Jurnal Fisika*. 130-139
- Indhaka, Willy Alif, Supraptono, Eko, dan Sugiarti, N. 2016. Penerapan Buku Sekolah Elektronik Berbasis Android Dalam Materi Ajar Besaran dan Satuan. *Pendidikan Tindak Kelas*, 17(2), 1–8.
- Ismawati, D. A. dan Danang Tandyonomanu. 2016. Pengembangan Media Video Animasi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Dalam Pelajaran Matematika Sub Pokok Vahasa Hubungan Antar Sudut Kelas VII SMP Negeri 1 Krembung Sidoarjo. *jurnal mahasiswa teknologi pendidikan* , 10 (1).
- Kanginan, Marthen. 2007. *Fisika Untuk SMA Kelas XII*. Pt Gelora Aksara Pratama, Cimahi. 317-348.
- Kemendikbud. 2013. Model Pengembangan Penilaian Hasil Belajar. Jakarta : Direktorat Pembinaan SMA.
- Muhson, A. 2010. Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Pendidikan Akuntasi Indonesia*, VIII(2), 1–10.
- Rosana, L. N. 2014. Pengaruh Metode Pembelajaran dan Kemampuan Berpikir Kritis Terhadap Hasil Belajar Sejarah Siswa. *Pendidikan Sejarah*, 3 (1), 34–44.
- Rusman. 2012. *Model-Model Pembelajaran*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Ryoo, K., & Linn, M. C. 2014. *Designing Visualizations*. *Journal of Research in Science Teachig*, 51 (2), 147-174.
- Sadirman, Arief S., Rahardjo, R., Haryono, Agung dan Rahardjito. 2009. *Media Pembelajaran*. Pt RajaGrafindo Persada, Jakarta. 5-6.
- Sanjaya, Wina. 2008. *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*. Pt Fajar Interpratama, Jakarta. 205.
- Setiawan, A., Suyatna, A., dan Abdurrahman. 2016. Pengembangan Simulasi Praktikum Efek Fotolistrik Dengan Pendekatan Inkuiri. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4 (1), 47-56



- Sunardi, P., Paramitha R., dan Darmawan, Andreas B. 2016. *Fisika Untuk Siswa SMA/MA Kels XII*. Yrama Widya, Bandung. 227 dan 232.
- Sutrisno, Murtiono, A. . T. 2013. Alternatif Model Penggunaan Buku Sekolah Elektronik (BSE) Berbasis Project Learning Sebagai Salah Satu Sumber Belajar Di Sekolah Menengah Kejuruan. *Jiptek*, VI(2), 117–124.
- Suyanto, E & Sartinem. 2009. Pengembangan Contoh Lembar Kerja Fisika Siswa Dengan Latar Penuntunan Bekal Awal Ajar Tugas Studi Pustaka dan Keterampilan Proses Untuk SMA Negeri 3 Bandar Lampung. *Proseding Seminar Nasional Pendidikan*.
- Suyatna, A., Anggraini, D., Agustina, D., dan Widyastuti, D. 2017. The Rol of Visual Representation in Physics Learning: Dynamic Versus Statis Visualization. *Journal of Physics*, 909 (1), 1-7
- Syahbana, A. 2012. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Kontekstual Untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Smp. *Edumatica*, 2 (2), 17–26.
- Taufani, D. R., & Iqbal, M. 2011. Membuat Konten E-learning dengan Microsoft Learning Content Development System. Bandung, 1-42.
- Wafroturrohmah & Suyatmini. 2013. Penggunaan Metode Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Belajar Mandiri Mahasiswa Jurusan Pendidikan Akutansi Pada Mata Kuliah Akutansi Perpajakan. Accounting Education Departeeent FKIP-UMS. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 23 (1), 32-41.
- Wibisono, A., & Menarianti, I. 2016. Pengembangan Buku Sekolah Elektronik ( BSE ) Dilengkapi Media Evaluasi Mandiri Siswa Berbasis Protoble Document Format. *Informatika Upgris*, 2 (2), 83–89.
- Wulandari, S. R., Suyanto, E., dan Suana, W. 2016. Modul Interaktif Dengan *Learning Development System* Materi Pokok Listrik Statis. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4 (2), 22-34.
- Yusmiari, N. N., Agung, A. A. G., & Suwatra, I. W. 2017. Pengembangan Buku Pintar Elektronik (BPE) Berbasis Pendekatan Ilmiah Pada Mata Pelajaran IPA Semester Genap. *Jurnal Edutech Undiksha*, 8(2), 1-13.