



**PENGEMBANGAN DESAIN BAHAN AJAR FISIKA
BERBASIS *E-MODUL* PADA MATERI MOMENTUM
DI SMAN 2 KOTA BENGKULU**

(Research and Development)

SKRIPSI

OLEH

**NADAH QOLBI SHOBRINA
A1E014051**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS BENGKULU
2018**



**PENGEMBANGAN DESAIN BAHAN AJAR FISIKA
BERBASIS *E-MODUL* PADA MATERI MOMENTUM
DI SMAN 2 KOTA BENGKULU**

(Research and Development)

SKRIPSI

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Fisika

OLEH

**NADAH QOLBI SHOBRINA
A1E014051**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS BENGKULU**

PERNYATAAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul :

PENGEMBANGAN DESAIN BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS E-MODUL PADA MATERI MOMENTUM DI SMAN 2 KOTA BENGKULU

Telah disetujui, diperiksa dan dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu.

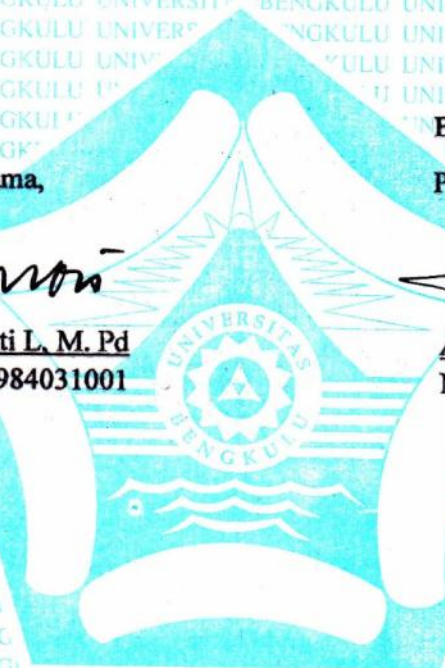
Pembimbing Utama,


Drs. H. Indra Sakti L. M. Pd
NIP. 195912131984031001

Bengkulu, 8 Agustus 2018

Pembimbing Pendamping


Andik Purwanto, M.Si
NIP. 198012312005011002



PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

PENGEMBANGAN DESAIN BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS E-MODUL PADA MATERI MOMENTUM DI SMAN 2 KOTA BENGKULU

OLEH

NADAH QOLBI SHOBRINA

A1E014051

Disetujui dan disahkan oleh :

Koordinator Program Studi,

Ketua Jurusan

Andik Purwanto, M.Si

NIP.198011022005011002

Dr. Rosane Medriati, M.Pd

NIP. 196112101986032003

Dekan FKIP,

Prof. Dr. Sudarwan Danim, M.Pd

NIP.195902201984031001

Pengembangan Desain Bahan Ajar Fisika Berbasis *e-modul* pada Materi Momentum di SMAN 2 Kota Bengkulu.

Nadah Qolbi Shobrina, Indra Sakti, Andik Purwanto
Prodi Pendidikan Fisika FKIP-UNIB
Email: nadahqolbishobrina@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang dilaksanakan dalam lima tahap yang bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar fisika berbasis *E-modul*. Sampel atau sumber data penelitian ini yaitu guru fisika dan siswa SMAN 2 Kota Bengkulu kelas X MIPA D. Penelitian ini dilakukan dalam lima tahap yaitu potensi dan masalah, studi literatur dan pengumpulan informasi, desain produk, validasi desain, dan desain teruji. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lembar observasi, lembar angket guru dan siswa, lembar angket uji validasi tim ahli. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yang dikembangkan termasuk dalam kategori valid dan merupakan desain teruji karena mendapatkan respon positif dengan persentase total uji validitas yaitu 80,6% dan serta memiliki reliabilitas tinggi pada validitas aspek isi dan penyajian dengan nilai koefisien sebesar 0,9 dan 0,88, aspek bahasa nilai koefisien 0,79 dengan kategori sangat tinggi, dan reliabilitas aspek media 0,91 dengan kategori sangat tinggi. Berdasarkan penelitian pengembangan dan pembahasan yang dilakukan, didapatlah desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum di SMAN 2 Kota Bengkulu yang valid dan reliable.

Kata Kunci: *Bahan Ajar Fisika, E-modul, Momentum, Penelitian pengembangan.*

**Development of based e-module Physics Material design on Momentum
Material at SMAN 2 Kota Bengkulu.**

Nadah Qolbi Shobrina, Indra Sakti, Andik Purwanto
Prodi Pendidikan Fisika FKIP-UNIB
Email: nadahqolbishobrina@gmail.com

ABSTRACT

This research is a development research conducted in five stages, the aimed to develop physics teaching materials based on E-module. The sample or data source of this research is the Physic Teacher and Student of SMAN 2 Bengkulu class X MIPA D. This research was conducted in five stages: potential and problem, literature study and information gathering, product design, design validation, and tested design. The instruments used in this research are observation sheet, teacher and student questionnaire, test questionnaire of expert team validation test. The results showed that the e-module based physics teaching materials developed included in the category good validity and it is a tested design for getting a positive response with the percentage of total validity test is 80,6% and also has reliability on the content aspect and serve with coefficient value equal 0,9 and 0,88, the coefficient value language aspect 0,79 with category very high reliability and reliability media aspect 0,88 with category very high. Based on research development and discussion conducted, resulting e-module material design on momentum material at SMAN 2 Bengkulu is valid and reliable

Keywords: Physics Teaching Material, E-module, Momentum, Research development.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nadah Qolbi Shobrina

NPM : A1E014051

Program Studi : Pendidikan Fisika

Angkatan : 2014

Jenjang : Sarjana

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

***PENGEMBANGAN DESAIN BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS E-MODUL
PADA MATERI MOMENTUM DI SMAN 2 KOTA BENGKULU***

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang ditetapkan.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bengkulu, Agustus 2018




(Nadah Qolbi Shobrina)

Motto dan Persembahan

Motto :

- ✓ *Don't try to stop and don't stop to try*

Persembahan :

Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan Nabi besar Muhammad SAW atas segala rahmat dan hidayahnya dalam penulisan skripsi ini.

Izinkan ku persembahkan skripsi ini kepada :

- ✓ *Ayahandaku "Jaliludin, S.Pd" dan Ibundaku "Nisurti Astuti, S.Pd" yang aku banggakan dan sangaaat aku sayang, yang selalu melimpahkanku kasih dan sayang, dan telah menitihkan keringat serta meneteskan air mata dalam setiap do'a untuk keberhasilanku, mengikhlaskan raganya yang lelah dan mengorbankan segalanya, yang mungkin tidakkan mampu ku balas, semoga Allah SWT membalas semua kebaikanmu.*
- ✓ *Adikku tersayang "Annafsi Ma'rifatul Huda" yang sedang berjuang diperantauan semoga sukses, jadilah kebanggaan! Aku menyanyangimu.*
- ✓ *Sahabatku semasa perkuliahan Oktri Dwi Andaliasia, Oktavia Kemala Wardani, Afti Trilaksani, Yunisa Rahmadiyah dan Novita Darma Anggraini yang telah merangkul, memberikan semangat, berbagi tawa semasa kuliah. I love you to the moon and back!*
- ✓ *Sahabat kecilku Ayu Rizky Amanah dan Penti Permata anggraini. I love you! be my best friend forever.*
- ✓ *Sahabatku Novia yulanda, Siti Hartina Efrilia, Beby Triyuni dan Suci Indah Permata. Waktu tetaplah waktu, jarak tetaplah jarak dan kalian tetaplah jadi sahabatku. I love you.*
- ✓ *Seluruh keluarga besar yang telah memberikan motivasi dan semangat serta mendoakan keberhasilanku.*
- ✓ *Almamaterku*

RIWAYAT HIDUP

Nama : Nadah Qolbi Shobrina

Tempat/Tanggal lahir : Bengkulu/ 10 April 1996

Alamat : Jl. Merapi 15 Kebun Tebeng Kota Bengkulu

Status Keluarga : Anak Kandung

Riwayat Pendidikan :

1. PAUD IT AULADUNA Kota Bengkulu, lulus tahun 2002
2. SD Negeri 59 Kota Bengkulu, lulus tahun 2008
3. MTs Daar El-Qolam Gintung Jayanti Tangerang, lulus tahun 2011
4. MAN 1 Kota Bengkulu, lulus tahun 2014
5. Perguruan Tinggi Universitas Bengkulu lulus tahun 2018 Jurusan PMIPA
Program Studi Pendidikan Fisika.

Pengalaman Organisasi :

1. Anggota HIMAFI 2015-2017

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan hidayah -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya dengan judul ***“Pengembangan Desain Bahan Ajar Fisika Berbasis e-modul pada Materi Momentum di SMAN 2 Kota Bengkulu”***. Penulisan skripsi ini disusun sebagai tahap akhir dari perjuangan untuk memperoleh gelar strata-1 pada program pendidikan fisika di Universitas Bengkulu.

Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah SAW. Keberhasilan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Sudarwan Danim, M.Pd selaku Dekan FKIP Universitas Bengkulu.
2. Ibu Dr. Rosane Medriati, M.Pd selaku Ketua Jurusan MIPA FKIP Universitas Bengkulu.
3. Bapak Andik Purwanto, M.Si. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama menjadi mahasiswa dan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Indra Sakti, M.Pd. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama menjadi mahasiswa dan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Eko Risdianto, M.Cs dan ibu Rosane Medriati, M.Pd selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan masukan dan arahan yang sangat bermanfaat.
6. Bapak Dr. Eko Swistoro, M.Pd selaku pembimbing akademik, yang telah memberikan nasihat dan masukan yang sangat bermanfaat selama penulis menjadi mahasiswa.

7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Fisika yang telah membimbing dan memberikan ilmunya selama perkuliahan
8. Ibu Melyan Iponi, M.Pd, Si selaku guru fisika di SMAN 2 Kota Bengkulu.
9. Seluruh siswa kelas X MIPA D SMAN 2 Kota Bengkulu.
10. Seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi dan mendo'akan keberhasilan penulis.
11. Seluruh teman seperjuangan, mahasiswa Pendidikan Fisika angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan, semangat dan saran selama masa perkuliahan.
12. Seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan keikhlasan serta mendapat keridhaan-NYA.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini banyak kekurangan, maka kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan penulis. Semoga skripsi ini dapat bermafaat bagi bidang pendidikan dan dapat dikembangkan lebih lanjut.

Wassalamu'alaikum.wr.wb

Bengkulu, Agustus 2018

NQS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN	v
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	ix
RIWAYAT HIDUP	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaaat Penelitian.....	4
E. Spesifikasi Produk.....	4
BAB II KERANGKA TEORITIS	5
A. Tinjauan Pustaka	5
1. Media Pembelajaran Berbasis Elektronik	5
2. Bahan Ajar.....	6
3. Pengertian Aplikasi <i>Calibre</i>	7
4. Pengertian <i>E-Modul</i>	7
5. Bahan Ajar Pembelajaran Fisika pada Materi Momentum	8
B. Kerangka Pemikiran	20
C. Hipotesis.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Jenis Penelitian	22
B. Tahapan Penelitian	22
1. Tempat Penelitian.....	22
2. Sampel atau Sumber data Penelitian	23
3. Teknik Pengumpulan Data	23
4. Instrumen Penelitian.....	23
5. Teknik Analisis Data	24
C. Rancangan Produk.....	27
1. Potensi dan Masalah.....	27
2. Studi Literatur dan Pengumpulan Informasi	28
3. Desain Produk	29
4. Validasi Desain	35
5. Desain Teruji	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Deskripsi Data Hasil Pengembangan Bahan Ajar Fisika <i>E-modul</i>	36

1. Potensi dan Masalah.....	37
2. Studi Literatur dan pengumpulan Informasi	38
3. Desain Produk	47
4. Validasi Desain	62
5. Desain Teruji	66
B. Pembahasan	83
BAB V PENUTUP	89
A. Kesimpulan.....	89
B. Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kisi-kisi Angket Tim Ahli	23
Tabel 3. 2 Pemberian Nilai Validitas	25
Tabel 3. 3 Interpretasi Reliabilitas	26
Tabel 4. 1 Waktu Pelaksanaan Penelitian	36
Tabel 4. 2 Hasil uji validitas aspek isi.....	63
Tabel 4. 3 Hasil uji validitas aspek penyajian.....	63
Tabel 4. 4 Hasil uji validitas bahasa.....	63
Tabel 4. 5 Hasil uji validitas media.....	64
Tabel 4. 6 Hasil akhir uji validitas	64
Tabel 4. 7 Hasil uji reliabilitas	66
Tabel 4. 8 Revisi berdasarkan saran dari validator	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penjumlahan dua momentum yang membentuk sudut θ	9
Gambar 2. 2 Gaya yang bekerja pada benda dapat bervariasi dalam setiap waktu. Impuls adalah daerah di bawah gaya terhadap waktu.....	10
Gambar 2. 3 Kedua bola sebelum bertumbukan	16
Gambar 2. 4 Kedua bola saat bertumbukan	16
Gambar 2. 5 Kedua bola setelah bertumbukan	16
Gambar 2. 6 Tumbukan pada bola bilyard.....	11
Gambar 2. 7 Bola 1 dan 2 sebelum tumbukan	12
Gambar 2. 8 Bola 1 dan 2 setelah bertumbukan lenting sempurna.....	12
Gambar 2. 9 Tumbukan lenting sebagian antara bola dengan lantai.....	14
Gambar 2. 10 Ayunan balistik	18
Gambar 2. 11 Kerangka Berfikir.....	21
Gambar 3. 1 Langkah-langkah penggunaan Metode R & D Level 1.....	22
Gambar 3. 2 Langkah Desain Produk	29
Gambar 3. 3 Langkah Pembuatan <i>e-modul</i>	30
Gambar 3. 4 Desain Materi	31
Gambar 3. 5 contoh kerangka desain <i>e-modul</i>	31
Gambar 3. 6 materi dalam bentuk <i>Microsoft Word</i>	33
Gambar 3. 7 ubah file dengan format “ <i>PDF</i> ”	33
Gambar 3. 8 Aplikasi <i>Calibre</i>	33
Gambar 3. 9 menambahkan file melalui “ <i>add books</i> ”	34
Gambar 3. 10 buka file dengan klik “ <i>Open</i> ”	34
Gambar 3. 11 <i>e-modul</i> yang telah di input kedalam <i>calibre</i>	34
Gambar 3. 12 Desain <i>e-modul</i>	35
Gambar 4. 1 Desain <i>e-modul</i> Suhari, 2017	47
Gambar 4. 2 Desain <i>e-modul</i> yang dikembangkan	62
Gambar 4. 3 Hasil uji validitas.....	65
Gambar 4. 4 kerangka desain <i>e-modul</i> setelah direvisi.....	69
Gambar 4. 5 produk akhir desain <i>e-modul</i>	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar observasi	93
Lampiran 2 Lembar angket kebutuhan guru	93
Lampiran 3 Lembar angket kebutuhan siswa.....	93
Lampiran 4 Lembar angket tim ahli	93
Lampiran 5 Silabus	93
Lampiran 6 Hasil Uji Validasi	93
Lampiran 7 Hasil Uji Reliabilitas	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah memberikan pengaruh terhadap dunia pendidikan termasuk dalam proses pembelajaran. Menurut Hujair dalam Muhson (2010) menyatakan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah berpengaruh terhadap penggunaan alat-alat bantu mengajar disekolah-sekolah dan lembaga pendidikan lainnya. Perkembangan TIK tersebut juga dipengaruhi dari keberadaan internet. Kehadirannya telah memberikan dampak terhadap kehidupan dalam berbagai aspek.

Kebudayaan internet pada masa kini cukup menjadi sebuah kebutuhan bagi manusia untuk menghadapi perkembangan global, yang mana kondisi ini juga dapat memberikan pengaruh terhadap perilaku peserta didik dan dapat pula mempengaruhi gaya belajar peserta didik. Dengan kata lain setiap orang ataupun termasuk peserta didik perlu meningkatkan kualitas dirinya untuk dapat beradaptasi dengan tuntutan yang berkembang dalam menghadapi tantangan.

Selain peserta didik, guru juga dapat memanfaatkan perkembangan TIK yang ada. Guru dapat memanfaatkan internet untuk menunjang proses pembelajaran, dan dengan didukung perkembangan perangkat komputer maupun *handphone* berbasis *android*, guru dan peserta didik melakukan interaksi tidak hanya melalui tatap muka saja tetapi juga melalui media.

Hal baru yang sedang berkembang saat ini adalah *cyber teaching* atau pengajaran maya, yang merupakan suatu proses pengajaran yang menggunakan internet. Istilah lain yang populer ialah *e-learning*, yaitu konsep belajar yang

memanfaatkan teknologi internet dan digunakan untuk mengakses sumber belajar yang berisi informasi dan pengetahuan di luar sistem pendidikan yang diselenggarakan secara konvensional. Salah satu perkembangan dari *e-learning* dalam dunia pendidikan yaitu berupa transformasi buku cetak menjadi sebuah bahan ajar berupa *e-book*.

Menurut Fitria & Heliawan (2017) *e-book* adalah singkatan dari *elektronik book* merupakan buku dalam versi digital, yang dapat digunakan melalui perangkat elektronik. *E-book* membantu pendidik dalam mengefektifkan dan mengefisiensikan waktu pembelajaran, dengan berkembangnya *e-book*, maka berkembang pula sumber bahan ajar berbasis *e-modul*. *E-modul* merupakan suatu paket pengajaran yang memuat satu unit konsep dari bahan ajar yang disajikan dalam bentuk digital (Fausih, 2015).

Cara menggunakan *e-modul* sangat mudah, hanya memerlukan laptop atau *handphone* berbasis *android* yang online, dan untuk membuatnya juga cukup mudah. Pembuatan *e-modul* cukup memerlukan aplikasi *microsoft word* atau *PDF* dan *calibre*, jika terjadi kesalahan dalam pembuatan bisa langsung diperbaiki dengan cara di edit. Menggunakan ataupun membuat *e-modul* tidak diperlukan tinta maupun kertas sehingga biaya yang digunakan lebih hemat.

E-modul dapat digunakan oleh guru sebagai media pembelajaran dan sebagai bahan ajar mandiri bagi peserta didik. Peserta didik dapat mengetahui seberapa jauh tingkat pemahamannya terhadap materi yang telah disajikan dengan menggunakan *e-modul*, karena pada *e-modul* juga berisi evaluasi untuk mengetahui hasil belajar peserta didik. Pada *e-modul* terdapat pula gambar yang membuat *e-modul* terlihat lebih menarik untuk digunakan.

Kurikulum 2013 yang diterapkan telah menuntut peserta didik agar dapat melakukan pembelajaran secara mandiri, namun peserta didik tidak disediakan buku yang sesuai dengan kurikulum 2013 untuk membeli, peserta didik hanya disediakan untuk membeli LKS, sedangkan pada LKS hanya berisi sedikit materi. Pada kurikulum 2013 ini juga diharuskan memanfaatkan perkembangan teknologi dan informasi, guru berperan penting dan harus menguasai tentang teknologi informasi dan komunikasi, serta mampu memfasilitasi pembelajaran anak secara efektif.

Berdasarkan hasil observasi di SMAN 2 Kota Bengkulu tahun ajaran 2017/2018 pada tanggal 5 maret 2018 di kelas X MIPA D, siswa hanya menggunakan LKS sebagai sumber bahan ajar, sedangkan siswa tidak disediakan untuk membeli buku paket, siswa hanya dipinjamkan buku paket pada saat proses pembelajaran di sekolah. Metode yang digunakan guru dalam pembelajaran sudah cukup baik akan tetapi guru juga membutuhkan bahan ajar berbasis elektronik yang dapat dijadikan sumber belajar bagi peserta didik untuk mendukung kurikulum 2013 yang digunakan sekolah saat ini, dimana siswa dituntut untuk dapat belajar secara mandiri serta dapat memanfaatkan perkembangan TIK. Dapat dilihat pula pada lingkungan sekolah pada saat ini semua siswa sudah cukup pandai menggunakan *handphone* berbasis *android*, laptop dan alat-alat elektronik lainnya yang dihubungkan dengan internet. Di SMAN 2 Kota Bengkulu difasilitasi 4 ruangan laboratorium komputer yang dilengkapi dengan jaringan internet, dan dapat digunakan oleh guru maupun peserta didik.

Dari observasi yang telah dilakukan, salah satu inovasi yang tepat untuk dikembangkan di SMAN 2 Kota Bengkulu yaitu *e-modul*, yang memanfaatkan

teknologi dan komputer sebagai perangkat media interaktifnya. *E-modul* dapat diakses melalui laptop atau *handphone* berbasis *android* dan bisa dimanfaatkan oleh guru maupun siswa. Berdasarkan hasil observasi di atas, maka diangkatlah penelitian yang berjudul **“Pengembangan Desain Bahan Ajar Fisika Berbasis *e-modul* pada Materi Momentum di SMAN 2 Kota Bengkulu”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana mengembangkan desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum yang valid dan reliabel di SMAN 2 Kota Bengkulu?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini yaitu menghasilkan desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum yang valid dan reliabel di kelas X SMA.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai :

1. *E-modul* dapat menjadi bahan belajar mandiri bagi peserta didik.
2. *E-modul* dapat digunakan sebagai media pembelajaran bagi guru.

E. Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk pada penelitian ini yaitu :

1. Jenis format file pada penelitian bahan ajar fisika berbasis *e-modul* ini adalah *PDF*.
2. Jenis format gambar yang digunakan pada *e-modul* adalah *JPG*
3. Aplikasi yang digunakan pada pembuatan bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yaitu *calibre* Versi 3.19 dan *PDF*

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Tinjauan Pustaka

1. Media Pembelajaran Berbasis Elektronik

Menurut Heinich dalam Arsyad (2014) media merupakan perantara yang mengantar informasi antara sumber dan penerima. Kata media berasal dari bahasa Latin *medius* yang secara harfiah berarti ‘tengah’, ‘perantara’ atau ‘pengantar’. Dalam bahasa arab, media adalah perantara atau pengantar sumber pesan dengan penerima pesan. Media memungkinkan seseorang mempengaruhi orang lain yang tidak mengadakan kontak langsung dengannya (Trianto, 2012). Media merupakan salah satu alat komunikasi yang sangat bermanfaat jika diimplementasikan ke dalam proses pembelajaran. Media yang digunakan dalam proses pembelajaran disebut sebagai media pembelajaran (Rusman, Kurniawan, & Riyana, 2013).

Media pembelajaran adalah media yang digunakan secara efektif dalam proses pembelajaran. Dalam proses belajar, media berperan dalam menjembatani proses penyampaian dan pengiriman pesan dan informasi. Dengan menggunakan media dan teknologi informasi, proses penyampaian pesan dan informasi dapat berlangsung dengan efektif (Pribadi, 2017).

Kehadiran teknologi informasi memberikan sumbangan positif dalam meningkatkan mutu pendidikan. Salah satu produk integrasi Teknologi Informasi dalam dunia pendidikan adalah *e-learning* atau pembelajaran elektronik. *E-learning* pada hakikatnya merupakan bentuk pembelajaran konvensional yang disajikan dalam format digital dan disajikan melalui Teknologi Informasi (Darmawan, 2013).

Menurut Jaya Kumar C. Koran dalam Rusman, Kurniawan, & Riyana (2013) *e-learning* adalah pembelajaran yang menggunakan rangkaian elektronik (LAN, WAN, atau internet) untuk menyampaikan isi pembelajaran. Sedangkan menurut Dong dalam Kamarga (2001) *e-learning* adalah kegiatan belajar *asynchronous* atau kegiatan belajar secara tidak langsung melalui perangkat elektronik komputer. (Rusman, Kurniawan, & Riyana, 2013)

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa media pembelajaran berbasis *elektronik (e-learning)* merupakan suatu alat komunikasi atau media yang digunakan dalam proses pembelajaran, dengan memanfaatkan pembelajaran berbasis teknologi informasi, yang diberfungsikan sebagai penyampaian dan pengiriman sumber pesan dan informasi dari pengirim ke penerima.

2. Bahan Ajar

Bahan biasa disebut dengan istilah perangkat lunak atau *software*. Didalamnya terkandung pesan yang disajikan dengan bantuan alat penyaji maupun tanpa alat penyaji (Sardiman, Rahardjo, Haryono, & Rahardjito, 2015). Bahan ajar memiliki peran penting dalam proses pembelajaran. Bahan ajar dapat berupa buku sumber utama maupun buku penunjang pembelajaran lainnya (Trianto, 2012).

Menurut Majid (2007) dalam bukunya yang berjudul perancangan pembelajaran, bahan ajar adalah bahan yang digunakan untuk membantu guru pada kegiatan belajar mengajar. Bahan belajar adalah kemasan materi pembelajaran yang dikembangkan, sehingga peserta didik dapat belajar secara mandiri dan memanfaatkan dalam proses pembelajaran jarak jauh (Warsita, 2011).

Dalam bahan bisa berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis. Bahan ajar merupakan informasi, alat dan teks yang diperlukan guru untuk perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran (Majid, 2007). Sehingga dapat dikatakan bahwa bahan ajar adalah sumber materi yang tertulis maupun tidak tertulis atau sumber informasi yang digunakan dalam proses pembelajaran.

3. Pengertian Aplikasi *Calibre*

Calibre e-book management merupakan *software* yang digunakan untuk membuat media pembelajaran *e-book*, yang berfungsi sebagai perangkat media untuk mendesain media, penyimpanan materi dan menambah materi (Lestari, 2017). *Calibre* merupakan perangkat lunak yang gratis, *open source* dan lintas platform dalam desain serta bias berjalan di *Linux*, *OSX* dan *Windows*. Perangkat lunak ini menyimpan file *e-book* dalam database bersama dengan metadata dengan mudah diedit untuk menggambarkan setiap buku, serta sinkron dengan *e-book reader* (Saepuloh, 2016).

4. Pengertian *E-Modul*

Modul adalah bahan ajar yang ditulis dalam sebuah buku, yang bertujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru (Majid, 2007). Menurut Vembriato dalam Fausih (2015) mengatakan bahwa modul adalah suatu paket pengajaran yang memuat suatu unit konsep dari bahan pengajaran. Menurut Purwanto dalam Warsita (2011) modul adalah bahan belajar yang dirancang berdasarkan kurikulum yang dikemas dalam bentuk satuan pembelajaran terkecil dan dapat dipelajari dalam satuan waktu tertentu.

Menurut Winkel dalam Fausih (2015) mengatakan modul merupakan satuan program belajar mengajar, yang dipelajari oleh siswa sendiri secara perorangan

atau diajarkan oleh siswa kepada dirinya sendiri. Modul ajar yang sedang berkembang sesuai dengan perkembangan teknologi pada saat ini adalah berbasis elektronik yakni *e-modul* (Baskara, Wirawan, & Pradnyana, 2017). *E-modul* merupakan media pembelajaran yang bersifat *self-instructional* yang hanya memuat satu materi pembelajaran, yang mana dalam pemanfaatan *e-modul* kemandirian siswa lebih diutamakan (Fausih, 2015).

E-modul adalah seperangkat media pengajaran digital atau non cetak yang disusun secara sistematis, yang digunakan untuk keperluan belajar mandiri. Sehingga menuntut siswa untuk belajar memecahkan masalah dengan caranya sendiri. Tidak hanya dalam bentuk teks, pada *e-modul* juga dapat menyisipkan gambar yang dapat membuat peserta didik menjadi lebih tertarik dalam mempelajarinya (Baskara, Wirawan, & Pradnyana, 2017).

5. Bahan Ajar Pembelajaran Fisika pada Materi Momentum

a) Momentum

Momentum adalah besaran vektor yang merupakan perkalian dari massa dan kecepatan dari suatu benda atau partikel yang memiliki nilai dan arah, dirumuskan sebagai berikut:

$$\mathbf{p} = m \mathbf{v} \dots\dots\dots 2.1$$

dimana m adalah massa partikel dan v adalah kecepatannya (Halliday, Resnick, & Walker, 2010).

Keterangan:

$\mathbf{p}$ = momentum (kgm/s)

m = massa benda (kg)

$\mathbf{v}$ = kecepatan (m/s)

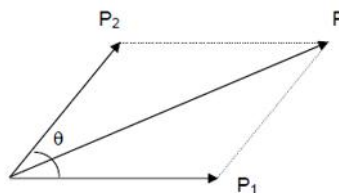
Berdasarkan persamaan di atas, tampak bahwa semakin besar massa dan semakin cepat benda bergerak, maka momentumnya semakin besar. Misalnya, sebuah mobil yang melaju pelan, akan lebih mudah untuk dihentikan dibanding mobil yang melaju lebih cepat. Hal ini disebabkan momentum mobil yang bergerak pelan, lebih kecil daripada mobil yang melaju lebih cepat. Hal ini disebabkan momentum mobil yang bergerak pelan, lebih kecil daripada mobil yang melaju lebih cepat.

Jika sebuah mobil mempunyai momentum $\mathbf{p}_1$ dan sebuah truk mempunyai momentum $\mathbf{p}_2$, maka jumlah kedua momentum dinyatakan sama seperti penjumlahan vektor, sebagai berikut:

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 \dots\dots\dots 2.2$$

Perhatikan gambar 2. 1, Jika mobil bergerak membentuk sudut θ terhadap truk, maka besar momentum totalnya dinyatakan sebagai berikut.

$$p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_2\cos\theta} \dots\dots\dots 2.3$$



Gambar 2. 1 Penjumlahan dua momentum yang membentuk sudut θ

(Nugroho, Indarti, & Syifa, 2016).

b) Impuls

Gaya yang diperlukan untuk menggerakkan benda dalam waktu tertentu disebut impuls. Impuls termasuk besaran vektor, yang merupakan hasil kali dari besar gaya $\mathbf{F}$ dengan besaran scalar selang waktu Δt . Arah impuls $\mathbf{I}$ searah dengan arah gaya impulsif $\mathbf{F}$. Secara matematis, impuls dinyatakan sebagai berikut;

$$I = F \Delta t = F (t_2 - t_1) \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

I = impuls (Ns)

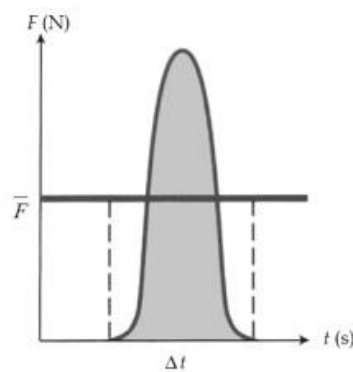
F = gaya (Newton)

Δt = selang waktu (s) ($t_2 - t_1$)

Jika gaya yang bekerja merupakan fungsi waktu, maka impuls yang bekerja pada selang waktu dari t_1 sampai t_2 ditentukan dengan integral sebagai berikut ;

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F(t) dt \dots\dots\dots 2.5$$

Perhatikan gambar 2. 2 dengan cermat menunjukkan grafik gaya terhadap selang waktu selama tumbukan. Grafik tersebut menggambarkan gaya pada bola bisbol yang ber-sentuhan dengan tongkat pemukul, dari waktu t_1 ke t_2 . Impuls dapat ditentukan berdasarkan grafik tersebut.



Gambar 2. 2 Gaya yang bekerja pada benda dapat bervariasi dalam setiap waktu. Impuls adalah daerah di bawah gaya terhadap waktu

(Kanginan, 2013).

c) Hubungan Momentum dan Impuls

Impuls yang bekerja pada benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda itu, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum

awalnya. Sesuai dengan hukum II Newton, maka hubungan antara momentum dengan impuls adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F} &= m \cdot \mathbf{a} \\
 \mathbf{a} &= \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{v}_t - \mathbf{v}_0}{\Delta t} \\
 \mathbf{F} &= m \cdot \left(\frac{\mathbf{v}_t - \mathbf{v}_0}{\Delta t} \right) \\
 \Delta \mathbf{p} &= m\mathbf{v}_t - m\mathbf{v}_0 \\
 \mathbf{F} &= \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t} \\
 \mathbf{F}\Delta t &= \Delta \mathbf{p} \\
 \mathbf{F}\Delta t &= m\mathbf{v}_t - m\mathbf{v}_0 \\
 \mathbf{I} &= \mathbf{F}\Delta t = m\mathbf{v}_t - m\mathbf{v}_0 \\
 \mathbf{I} &= \Delta \mathbf{p} = \mathbf{p}_2 - \mathbf{p}_1 \dots\dots\dots 2.4
 \end{aligned}$$

(Kanginan, 2006).

d) Tumbukan



Sumber: www.physics, diakses 22 Jan. Januari 2014 pukul 09.34 WIB

Gambar 2. 3 Tumbukan pada bola bilyard

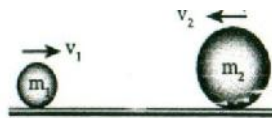
Peristiwa tumbukan akan terjadi jika sebuah benda yang bergerak mengenai benda lain yang diam atau bergerak. Momentum linear total $\mathbf{p}$ dari sistem tidak berubah jika tidak ada gaya eksternal untuk mengubahnya. Jika energi kinetik tidak berubah setelah terjadinya tumbukan, maka energi kinetik sistem adalah tetap.

Tumbukan yang terjadi antara dua mobil atau bola dan tongkat pemukul, sejumlah energi ditransfer dari energi kinetik ke bentuk energi lainnya, seperti

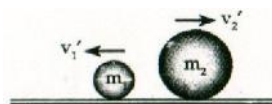
energi panas atau energi suara. Setiap benda yang bertumbukan mempunyai kekuatan kelentingan atau elastisitas. Kekuatan kelentingan ini disebut koefisien restitusi (e). Berdasarkan koefisien restitusinya, tumbukan dibedakan menjadi tiga, yaitu tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian, dan tumbukan tidak lenting sama sekali (Halliday, Resnick, & Walker, 2010).

1) Tumbukan Lenting Sempurna

Tumbukan lenting sempurna adalah tumbukan di mana jumlah energi kinetik sistem sebelum tumbukan sama dengan jumlah energi kinetik sistem setelah tumbukan. “Jika energi kinetik tidak berubah setelah terjadinya tumbukan, maka energi kinetik sistem adalah tetap”. Pada tumbukan lenting sempurna, berlaku hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi kinetik (Halliday, Resnick, & Walker, 2010)



Gambar 2. 4 Bola 1 dan 2 sebelum tumbukan



Gambar 2. 5 Bola 1 dan 2 setelah bertumbukan lenting sempurna

Pada gambar 2. 7 dua buah bola dengan massa m_1 dan m_2 bergerak dengan kecepatan masing-masing v_1 dan v_2 pada suatu bidang datar. Pada gambar 2. 8 bola bertumbukan dan saling menjauh setelah tumbukan dan arah berlawanan, dengan kecepatan masing-masing v_1' dan v_2'

Menurut hukum kekekalan momentum:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$m_1 \mathbf{v}_1 - m_1 \mathbf{v}_1' = m_2 \mathbf{v}_2' - m_2 \mathbf{v}_2$$

$$m_1 (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_1') = m_2 (\mathbf{v}_2' - \mathbf{v}_2) \dots\dots\dots 2.6$$

Jika tidak ada perubahan energi potensial dalam sistem, maka energi kinetik awal sama dengan energi kinetik akhirnya.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m_1 \mathbf{v}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \mathbf{v}_2^2 &= \frac{1}{2} m_1 (\mathbf{v}_1')^2 + \frac{1}{2} m_2 (\mathbf{v}_2')^2 \\ m_1 \mathbf{v}_1^2 + m_2 \mathbf{v}_2^2 &= m_1 (\mathbf{v}_1')^2 + m_2 (\mathbf{v}_2')^2 \\ m_1 \mathbf{v}_1^2 - m_1 (\mathbf{v}_1')^2 &= m_2 (\mathbf{v}_2')^2 - m_2 \mathbf{v}_2^2 \\ m_1 (\mathbf{v}_1^2 - (\mathbf{v}_1')^2) &= m_2 (\mathbf{v}_2'^2 - \mathbf{v}_2^2) \\ m_1 (\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_1') (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_1') &= m_2 (\mathbf{v}_2 + \mathbf{v}_2') (\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_2') \dots\dots\dots 2.7 \end{aligned}$$

Dengan menyelesaikan substitusi persamaan diatas, maka:

$$\begin{aligned} m_1 (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_1') (\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_1') &= m_2 (\mathbf{v}_2 + \mathbf{v}_2') (\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_2') \\ m_2 (\mathbf{v}_2' - \mathbf{v}_2) (\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_1') &= m_2 (\mathbf{v}_2' + \mathbf{v}_2) (\mathbf{v}_2' - \mathbf{v}_2) \\ (\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_1') &= (\mathbf{v}_2' + \mathbf{v}_2) \\ (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2) &= (\mathbf{v}_2' - \mathbf{v}_1') \\ - (\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1) &= (\mathbf{v}_2' - \mathbf{v}_1') \\ - \frac{(\mathbf{v}_2' - \mathbf{v}_1')}{(\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1)} &= 1 \dots\dots\dots 2.8 \end{aligned}$$

Jadi, dapat dinyatakan:

$$-\frac{\Delta \mathbf{v}'}{\Delta \mathbf{v}} = 1$$

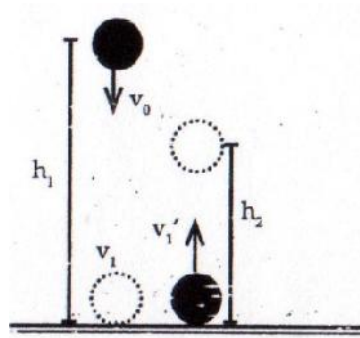
Persamaan di atas menunjukkan bahwa koefisien restitusi untuk tumbukan lenting sempurna bernilai 1 (e (koefisien restitusi) = 1)

$$e = - \frac{(\mathbf{v}_2' - \mathbf{v}_1')}{(\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1)} = 1 \dots\dots\dots 2.9$$

(Nugroho, Indarti, & Syifa, 2016)

2) Tumbukan Lenting Sebagian

Pada tumbukan lenting sebagian, tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik. Tumbukan yang terjadi antara dua mobil atau bola dan tongkat pemukul, sejumlah energi ditransfer dari energi kinetik ke bentuk energi lainnya, seperti energi panas atau energi suara, sehingga energi kinetik sebelum tumbukan lebih besar dibandingkan energi kinetik setelah tumbukan ($E_K > E_{K\text{akhir}}$). Jadi, pada tumbukan lenting sebagian hanya berlaku hukum kekekalan momentum. Koefisien restitusi pada tumbukan jenis ini bernilai antara nol dan satu ($0 < e < 1$) (Halliday, Resnick, & Walker, 2010).



Gambar 2. 6 Tumbukan lenting sebagian antara bola dengan lantai

Pada gambar 2. 9 bola dijatuhkan di atas lantai dengan kecepatan awal nol ($v_0 = 0$), pada ketinggian h_1 Bola kemudian memantul setinggi h_2 , setelah bola menumbuk lantai. Pada gerak lurus, didapatkan bahwa:

$$v_1^2 = v_0^2 + 2gh_1 \dots\dots\dots 2.10$$

$$= 0 + 2gh_1$$

$$v_1 = +\sqrt{2gh_1} \dots\dots\dots 2.10$$

Setelah memantul, kecepatan bola menjadi v_1' .

$$v_1' = -\sqrt{2gh_2} \dots\dots\dots 2.11$$

Berdasarkan persamaan di atas, tanda (-) disebabkan karena gerak bola ke atas, berlawanan arah dengan percepatan gravitasi Bumi. Karena $-\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)}$ dan lantai tetap dalam keadaan Diam baik sebelum maupun setelah tumbukan dengan bola ($v_2 = v_2' = 0$), maka:

$$\begin{aligned} e &= -\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} \\ &= -\frac{(0 - (-\sqrt{2gh_2}))}{(0 - \sqrt{2gh_1})} \\ &= -\frac{\sqrt{2gh_2}}{-\sqrt{2gh_1}} \dots\dots\dots 2.12 \end{aligned}$$

Jadi, koefisien restitusi pada tumbukan lenting sebagian adalah sebagai berikut;

$$e = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}} \dots\dots\dots 2.13$$

(Nugroho, Indarti, & Syifa, 2016).

3) Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali

Pada tumbukan tidak lenting sama sekali, tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik, tetapi berlaku hukum kekekalan momentum, yaitu momentum total yang terjadi setelah tumbukan sama dengan momentum total yang terjadi sebelum tumbukan, dan persamaannya adalah;

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2' \dots\dots\dots 2.6$$

(Halliday, Resnick, & Walker, 2010).

Jika setelah tumbukan kedua benda bergerak bersama-sama dengan kecepatan yang sama besar ($v_1' = v_2' = v$). Karena $v_1' = v_2'$, maka koefisien restitusinya nol (e

$$= 0), \text{ karena; } e = -\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 0$$

Maka ;

$$m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 = m_1 \mathbf{v}_1' + m_2 \mathbf{v}_2'$$

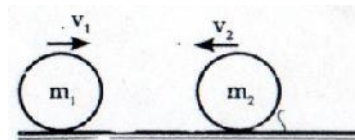
$$= m_1 \mathbf{v}' + m_2 \mathbf{v}'$$

$$m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 = (m_1 + m_2) \mathbf{v}'$$

(Nugroho, Indarti, & Syifa, 2016).

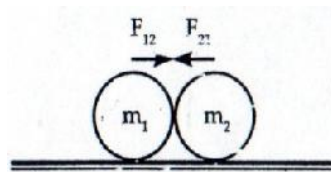
e) Hukum Kekekalan Momentum

Untuk memahami hukum kekekalan momentum, cobalah perhatikan gambar 2. 3 di bawah! Dua bola bermassa m_1 dan m_2 bergerak pada bidang datar dengan kecepatan $\mathbf{v}_1$ dan $\mathbf{v}_2$.



Gambar 2. 7 Kedua bola sebelum bertumbukan

Bola pertama bergerak ke kanan, sedangkan bola kedua bergerak ke kiri. Ketika benda bergerak ke kanan, maka diberi tanda positif (+), dan ketika benda bergerak ke kiri diberi tanda negatif (-). Setelah bola bertumbukan, bola pertama bergerak ke kiri sedangkan bola kedua bergerak ke kanan, dengan kecepatan tiap benda adalah $\mathbf{v}_1'$ dan $\mathbf{v}_2'$, seperti pada gambar 2. 4 dan gambar 2. 5 berikut;



Gambar 2. 8 Kedua bola saat bertumbukan



Gambar 2. 9 Kedua bola setelah bertumbukan

Ketika kedua bola bertumbukan, tidak ada gaya luar yang bekerja. Namun, yang bekerja gaya F_{12} Pada benda 2 yang dilakukan benda 1, dan gaya F_{21} pada benda 1, yang dilakukan benda 2 seperti pada gambar 2. 5 Kedua gaya merupakan pasangan aksi reaksi, yang sesuai dengan hukum III Newton.

$$F_{\text{aksi}} = -F_{\text{reaksi}}$$

$$F_{12} = -F_{21}$$

$$F_{12}\Delta t = -F_{21}\Delta t$$

$$\Delta p_1 = -\Delta p_2$$

$$m(v_2 - v_1) = -m(v_2 - v_1)$$

$$m_1 v_1 - m_1 v_1 = -m_2 v_2 - m_2 v_2$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan:

m_1 = massa benda 1 (kg)

v_1 = kecepatan benda 1 sebelum tumbukan (m/s)

v_1 = kecepatan benda 1 setelah tumbukan (m/s)

m_2 = massa benda 2 (kg)

v_2 = kecepatan benda 2 sebelum tumbukan (m/s)

v_2 = kecepatan benda 2 setelah tumbukan (m/s)

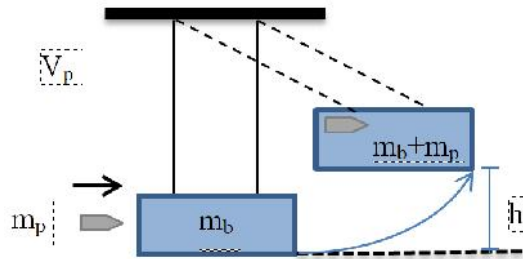
(Nugroho, Indarti, & Syifa, 2016).

Persamaan di atas dikenal sebagai hukum kekekalan momentum. Hukum kekekalan momentum berbunyi: "Jika tidak ada gaya yang bekerja pada suatu benda atau gaya luar benda adalah nol, maka kecepatan pusat massa benda tersebut adalah konstan dan momentum total benda tersebut kekal; artinya momentum totalnya tetap konstan (Tipler, 1998).

a) Penerapan Hukum Kekekalan Momentum

1) Ayunan Balistik

Ayunan balistik merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengukur kecepatan sebuah peluru.



Gambar 2. 10 Ayunan balistik

Pada gambar 2. 10 sebuah peluru dengan kecepatan v_p dan bermassa m_p , ditembakkan ke balok kayu yang diam, dengan massa m_b , sehingga menyebabkan peluru bersarang di dalam balok kayu tersebut. Ketika bertumbukan dan peluru bersarang di dalam balok, balok berayun sampai pada ketinggian h . Balok dan peluru berayun bersama-sama dengan kecepatan sama ($v_p' = v_b' = v'$). Oleh sebab itu, peristiwa tumbukan ini termasuk dalam tumbukan tidak lenting sama sekali.

Waktu yang digunakan peluru untuk bersarang di balok sangat singkat, dan peluru akan diam sebelum balok berisi peluru tersebut bergeser atau menyimpang. Oleh karena itu, tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem ini dan berlaku hukum kekekalan momentum.

$$m_p v_p + m_b v_b = m_p v_p' + m_b v_b'$$

$$m_p v_p + m_b (0) = m_p v' + m_b v'$$

$$m_p v_p = (m_p + m_b) v'$$

Jadi, kecepatan peluru dan balok dinyatakan:

$$v' = \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)}$$

Ketika berayun dan mencapai ketinggian h , sistem ini dipengaruhi oleh gaya luar, yaitu gaya berat (pengaruh gravitasi). Balok dan peluru juga mengalami perubahan energi kinetik menjadi energi potensial gravitasi ketika mencapai

ketinggian maksimum, kemudian balok dan peluru berayun kembali ke bawah.

Oleh sebab itu, berlaku hukum kekekalan energi mekanik.

$$\begin{aligned} E_{p1} + E_{k1} &= E_{p2} + E_{k2} \\ \frac{1}{2} (m_p + m_b) (v')^2 &= (m_p + m_b) gh \\ \frac{1}{2} (v')^2 &= gh \\ v' &= \sqrt{2gh} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan di atas, diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} v' &= \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)} \\ v_p &= \frac{(m_p + m_b)}{m_p} v' \\ v_p &= \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh} \end{aligned}$$

Keterangan:

v_p = kecepatan awal peluru (m/s)

m_p = massa peluru (kg)

m_b = massa balok (kg)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

(Nugroho, Indarti, & Syifa, 2016).

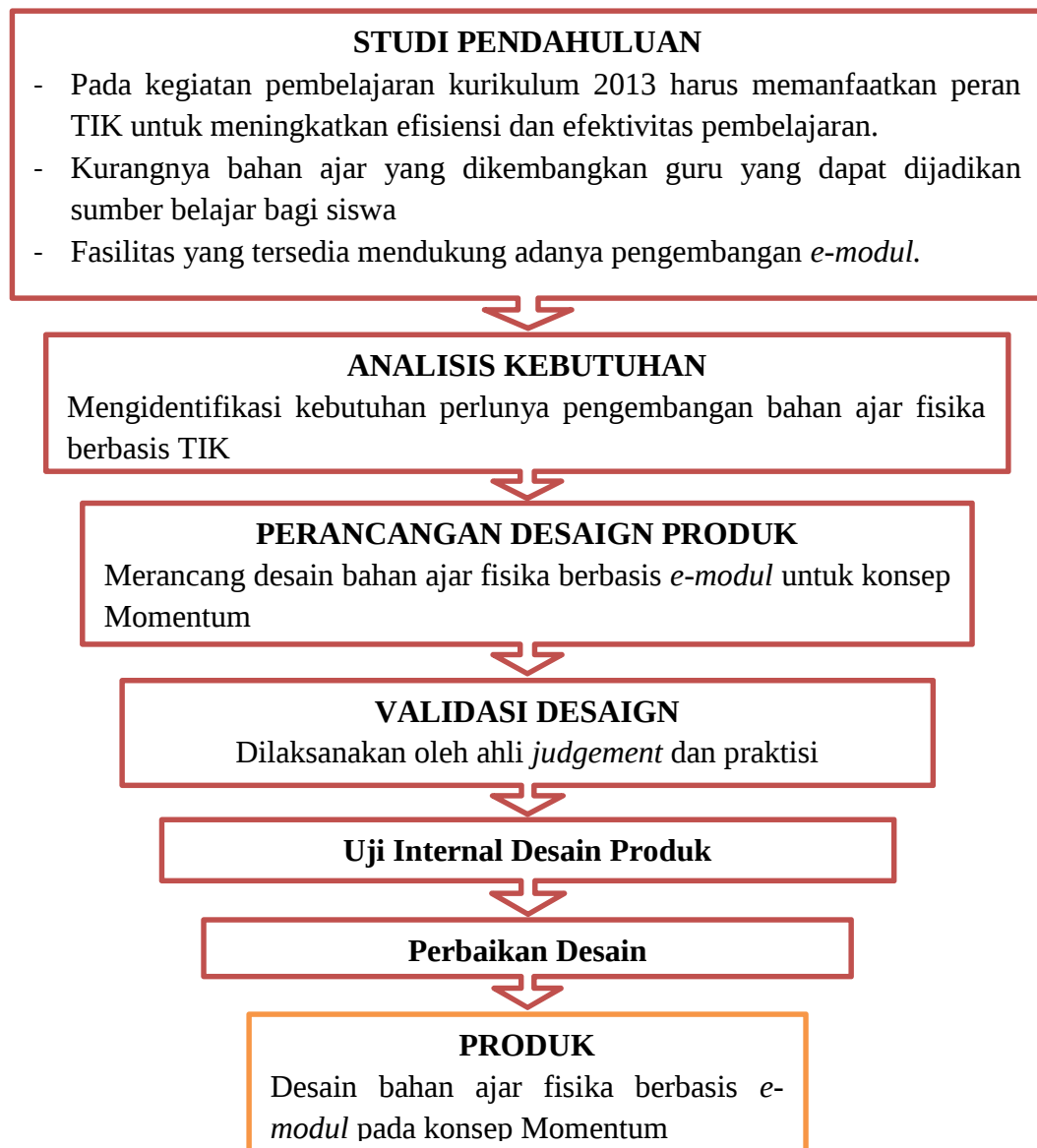
2) Peluncuran Roket

Peluncuran roket merupakan penerapan dari hukum ketiga Newton dan kekekalan momentum. Misalnya, sebuah roket bermassa m , bergerak dengan kelajuan awal v . Setelah selang waktu Δt , roket akan mengalami pengurangan massa. Namun, momentum yang hilang akibat gas yang dikeluarkan sama dengan momentum yang diperoleh roket (Nugroho, Indarti, & Syifa, 2016).

B. Kerangka Pemikiran

Setelah dilakukan observasi di SMAN 2 Kota Bengkulu, sekolah menggunakan kurikulum 2013, yang mana peserta didik dituntut untuk dapat melakukan pembelajaran secara mandiri dan dapat memanfaatkan perkembangan TIK. Dengan kemajuan TIK saat ini tidak sedikit peserta didik yang mempunyai, bahkan telah pandai menggunakan perangkat digital yang ada. Kemajuan TIK tersebut mempengaruhi proses pembelajaran, dimana pada saat proses pembelajaran peserta didik lebih tertarik membuka *handphone* berbasis *android* atau laptop mereka sehingga proses pembelajaran menjadi kurang efektif.

Berdasarkan permasalahan diatas maka perlu adanya suatu inovasi dalam pembelajaran, dimana guru dapat memanfaatkan *handphone* berbasis *android*, laptop dan internet sebagai inovasi pembelajaran agar pembelajaran menjadi lebih mudah dan efektif. Salah satu solusi yang dapat digunakan guru adalah dengan mengembangkan bahan ajar berbasis *e-modul*. Adapun kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2. 11 berikut;



Gambar 2. 11 Kerangka Berfikir

C. Hipotesis

Berdasarkan kerangka berfikir pada gambar 2. 11, maka di didapattlah hipotesis, yaitu bahan ajar pembelajaran fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum dapat dikembangkan sebagai bahan ajar oleh guru dan digunakan sebagai sumber belajar oleh siswa di SMAN 2 Kota Bengkulu.

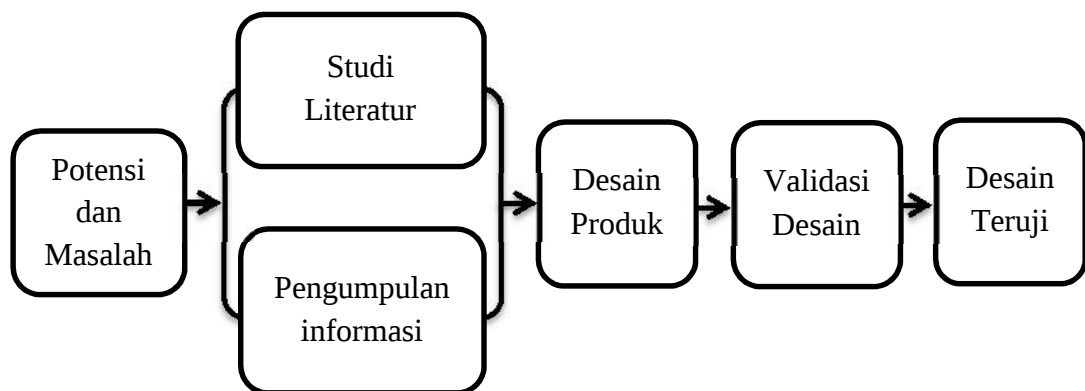
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah R & D (*Research and Development*). Menurut Sugiyono (2010) metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.

Pada penelitian pengembangan ini menggunakan langkah R & D level 1. Dalam penelitian pengembangan level 1 yang dilakukan hanya menghasilkan produk, dan rancangan tersebut di validasi secara internal (pendapat ahli dan praktisi) tetapi tidak di uji secara eksternal (pengujian lapangan) (Sugiyono, 2017). Langkah-langkah R & D level 1 menurut Sugiyono (2017) dapat dilihat seperti pada gambar 3. 1 di bawah ini;



Gambar 3. 1 Langkah-langkah penggunaan Metode R & D Level 1

B. Tahapan Penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di SMAN 2 Kota Bengkulu tahun ajaran 2017/2018.

2. Sampel atau Sumber data Penelitian

Sampel atau sumber data penelitian pada penelitian ini yaitu guru fisika dan siswa di SMAN 2 Kota Bengkulu tahun ajaran 2017/2018.

3. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian pengembangan level 1 terdapat tiga teknik pengumpulan data, yang pertama yaitu lembar observasi untuk menentukan potensi dan masalah yang akan digunakan sebagai bahan untuk perancangan produk. Teknik pengumpulan data yang kedua berupa lembar angket untuk pengumpulan informasi untuk mengetahui produk yang akan dikembangkan.

4. Instrumen Penelitian

Pada penelitian dan pengembangan level 1 terdapat tiga instrumen penelitian, pada instrumen penelitian pertama menggunakan lembar observasi sebagai pengumpulan data untuk mengetahui potensi dan masalah. Pada instrumen penelitian kedua menggunakan lembar angket kebutuhan untuk mengumpulkan data guna mengetahui produk apa yang perlu dikembangkan berdasarkan potensi dan masalah yang telah ditemukan.

Selanjutnya pada instrumen penelitian ketiga menggunakan lembar angket tim ahli, digunakan untuk mengumpulkan data dalam pengujian internal terhadap rancangan produk. Kisi-kisi angket tim ahli dapat dilihat pada tabel 3. 1 berikut;

Tabel 3. 1 Kisi-kisi Angket Tim Ahli

Variabel	Aspek	Nomor Item	Jumlah Item
Komponen Kelayakan e-modul	isi	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	18
	Penyajian	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	12

Variabel	Aspek	Nomor Item	Jumlah Item
	Bahasa	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	8
	Media	1, 2, 3, 4, 5, 6	6

5. Teknik Analisis Data

Pada penelitian dan pengembangan level 1 terdapat tiga tahap analisis data. Tahap analisis data yang pertama dilakukan saat melakukan penelitian untuk menggali potensi dan masalah yang ada pada objek yang di teliti. Analisa data pada tahap ini berupa analisis data kualitatif. Pada tahap kedua adalah analisis data berdasarkan observasi awal, yang digunakan untuk mengetahui produk apa yang perlu dikembangkan, analisis data pada tahap ini berupa kualitatif.

Selanjutnya pada tahap ketiga adalah analisis data terhadap pengujian internal rancangan atau desain, yang diuji oleh *judgement* ahli dan ahli praktisi. Penguji diberikan angket uji validasi terhadap desain *e-modul* yang dikembangkan. Untuk menterjemahkan angket tersebut ke dalam bentuk data kualitatif maka skala yang digunakan adalah *skala Likert*. *Skala Likert* untuk mengukur tingkat kelayakan suatu alat. Dengan *skala Likert*, maka variabel yang akan diukur dijabarkan menjadi indikator variabel. Kemudian indikator tersebut dijadikan sebagai tolak ukur untuk menyusun item-item yang dapat berupa pertanyaan ataupun pernyataan (Sugiyono, 2010). *Skala Likert* yang digunakan dalam penelitian ini adalah skala yang berjumlah 5, yaitu :

- Sangat baik (SB) : 5
- Baik (B) : 4
- Cukup baik (CB) : 3
- Kurang baik (KB) : 2

- Sangat tidak baik (STB) : 1

Sangat tidak Setelah memperoleh data dari angket, angket dianalisis untuk menentukan rata-rata penilaian dan tanggapan dari tim ahli, adapun rumus untuk mencari rata-rata adalah sebagai berikut:

$$M_x = \frac{\sum X}{N} \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan :

M_x = Mean (rata-rata)

$\sum X$ = Jumlah seluruh skor

N = Banyaknya skor

(Sudijono, 2009)

Selanjutnya menghitung persentase skor, rumus perhitungan persentase skor menurut (Septiani, 2013):

$$\text{Nilai Validitas (\%)} = \frac{\text{skor rata-rata}}{\text{skor tertinggi}} \times 100\% \dots\dots\dots 3.1$$

Tabel 3. 2 Pemberian Nilai Validitas

No	Persentase	Kategori
1	0-20	Tidak Valid
2	21-40	Kurang Valid
3	41-60	Cukup Valid
4	61-80	Valid
5	81-100	Sangat Valid

Setelah mendapatkan hasil uji validitas selanjutnya menguji reliabilitasnya. Untuk menguji reliabilitas menggunakan rumus *alpha cronbach*. Rumus alpa cronbach menurut (Susetyo, 2015) :

$$\rho_\alpha = \frac{N}{N-1} \frac{\sigma_A^2 - \sum \sigma_i^2}{\sigma_A^2} \quad \text{atau} \quad \rho_\alpha = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_A^2} \right)$$

Keterangan :

$\sum \sigma i^2$ = jumlah seluruh varian butir

σ_A^2 = varian skor responden

N = jumlah butir yang setara

ρ_α = koefisien reliabilitas

A = skor responden

B = skor butir

Jumlah skor kuadrat dan total

- Skor kuadrat butir missal 50 butir
- Total kuadrat responden missal 10 responden
- Total kuadrat butir missal 5 butir

σ_A^2 = varian total skor responden (A)

$\sum \sigma_{Bi}^2$ = varian jumlah butir

Persamaan untuk menghitung varia total skor responden dan varian butir yaitu:

$$\sigma_A^2 = \frac{N \sum A^2}{N^2} \quad \text{dimana} \quad N = \text{Jumlah responden}$$

$$\sigma_{Bi}^2 = \frac{N \sum Bi^2 - (\sum Bi)^2}{N^2} \quad \text{dimana} \quad N = \text{Jumlah responden}$$

Hasil reliabilitas yang didapat dianalisis secara kuantitatif dan ditentukan interpretasi nilai reliabilitasnya. Interpretasi nilai reliabilitas menurut Jihad & Haris (2012) dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ;

Tabel 3. 3 Interpretasi Reliabilitas

Nilai Reliabilitas	Interpretasi
$0,00 < r_{11} \leq 0,20$	Sangat rendah
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$0,40 < r_{11} \leq 0,70$	Sedang

Nilai Reliabilitas	Interpretasi
$0,70 < r_{11} \leq 0,90$	Tinggi
$0,90 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat Tinggi

C. Rancangan Produk

Pada penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang dilakukan, produk yang dikembangkan adalah bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yang bermanfaat bagi guru maupun siswa, yang mana *e-modul* dapat digunakan guru sebagai bahan ajar dan sebagai sumber belajar bagi siswa. Sebelum merancang sebuah produk harus melakukan observasi awal terlebih dahulu guna mendapatkan potensi dan masalah, selanjutnya mengumpulkan informasi berdasarkan masalah yang didapat. Setelah mengumpulkan informasi kita bisa merancang produk yang akan dikembangkan dalam penelitian.

Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam merancang sebuah produk yaitu ; 1) potensi dan masalah, 2) studi literatur dan pengumpulan informasi, 3) desain produk, 4) validasi desain, dan 5) desain teruji.

1. Potensi dan Masalah

Pada tahap potensi dan masalah, peneliti menggunakan lembar observasi kebutuhan *e-modul* untuk mengetahui informasi kebutuhan *e-modul* di SMAN 2 Kota Bengkulu. SMAN 2 Kota Bengkulu telah menggunakan kurikulum 2013 dimana peserta didik dituntut untuk dapat melakukan pembelajaran secara mandiri dan dapat memanfaatkan kemajuan TIK. Dari observasi yang dilakukan, didapat bahwa kurangnya sumber belajar siswa, yang mana siswa hanya menggunakan lks sebagai sumber belajar, sedangkan buku paket hanya dapat dipinjamkan oleh sekolah pada saat proses pembelajaran di sekolah saja. Dari hasil observasi, maka

e-modul dapat menjadi solusi bagi guru maupun siswa untuk memenuhi kebutuhan bahan belajar peserta didik, agar peserta didik dapat melakukan pembelajaran secara mandiri serta memanfaatkan perkembangan TIK.

2. Studi Literatur dan Pengumpulan Informasi

Studi literatur dari penelitian (Fausih, 2015) yang berjudul Pengembangan Media E-modul Mata Pelajaran Produktif Pokok Bahasan “Instalasi Jaringan LAN (Local Area Network)” Untuk Siswa Kelas Xi Jurusan Teknik Komputer Jaringan Di Smk Negeri 1 Labang Bangkalan Madura. Disimpulkan bahwa pengembangan *e-modul* telah meningkatkan hasil belajar siswa jurusan Teknik computer jaringan di SMK Negeri 1 Labang dan *e-modul* yang dikembangkan baik untuk diimplementasikan sebagai media pembelajaran.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Fausih, 2015) pada “Pengembangan Media *E-modul* Mata Pelajaran Produktif Pokok Bahasan “Instalasi Jaringan LAN (Local Area Network)” di atas *e-modul* yang dikembangkan berisi sebuah materi yang dilengkapi dengan evaluasi guna mengetahui peningkatan hasil belajar siswa. Adapun contoh *e-modul* dari guru di SMA Negeri 2 Arga Makmur Bengkulu Utara, yaitu selain berisi materi, pada *e-modul* juga terdapat evaluasi dan gambar.

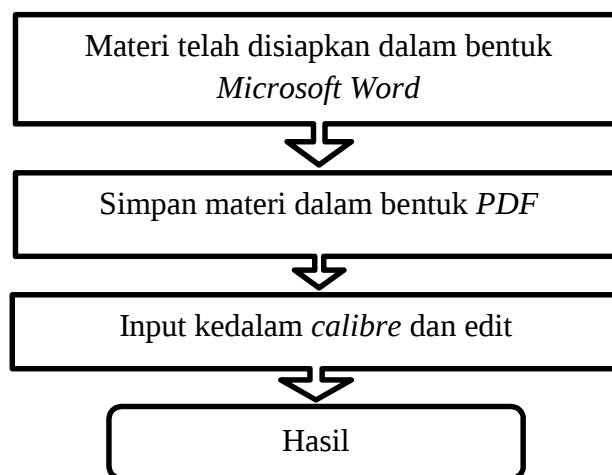
Hasil angket kebutuhan *e-modul* di SMAN 2 Kota Bengkulu di kelas X MIPA D yang di isi oleh 27 siswa yaitu hanya 1 siswa yang tidak tertarik untuk mengikuti pembelajaran fisika. Dari 27 siswa terdapat 2 siswa yang tidak mengalami kesulitan dalam pembelajaran fisika pada materi momentum, namun terdapat 4 siswa yang sangat kesulitan dalam pembelajaran fisika pada materi

momentum, sedangkan siswa lainnya cukup kesulitan dalam pembelajaran fisika pada materi momentum.

Dari 27 siswa hanya 3 siswa yang memiliki buku cetak sendiri, sedangkan siswa lainnya hanya memiliki bahan ajar lks. Semua siswa di kelas X MIPA D membutuhkan sumber bahan ajar lain selain yang sudah tersedia dan tertarik belajar fisika menggunakan *e-modul*. Semua siswa di kelas X MIPA D mempunyai *handphone* berbasis *android*, *handphone* berbasis *android* yang dimiliki siswa digunakan untuk media social, bermain game, browsing dan berkomunikasi. Sebanyak 4 siswa menggunakan *handphone* berbasis *android* lebih dari 5 jam, hanya 8 siswa yang menggunakan *handphone* berbasis *android* untuk membaca artikel online.

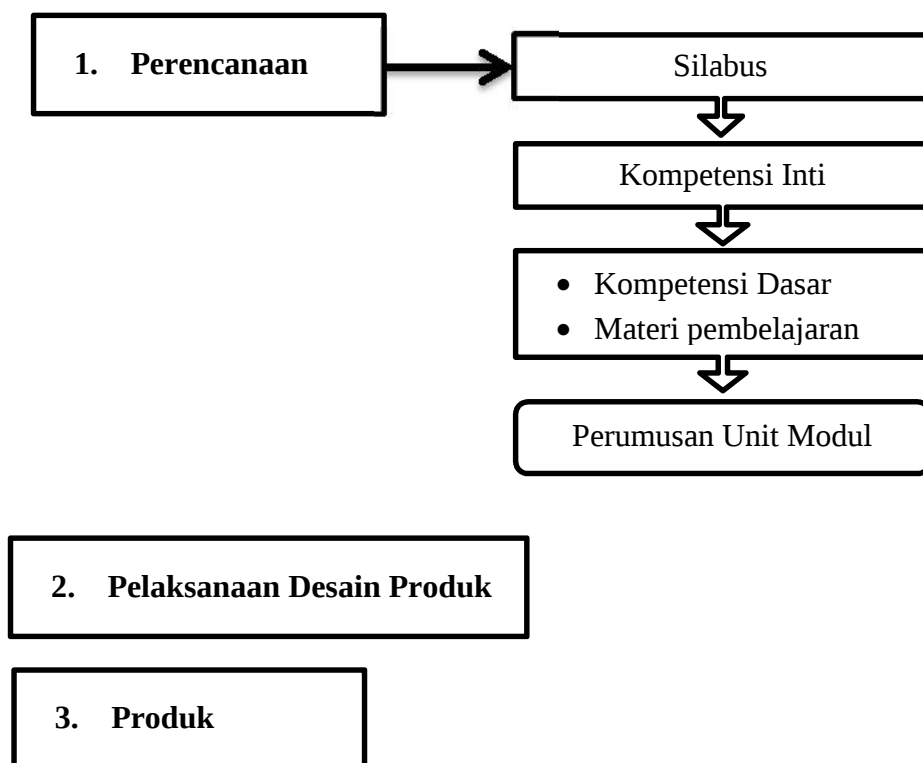
3. Desain Produk

Pada tahap pembuatan *e-modul* terdapat pelaksanaan desain produk, adapun langkah desain produk dapat dilihat pada gambar gambar 3. 2 berikut ;



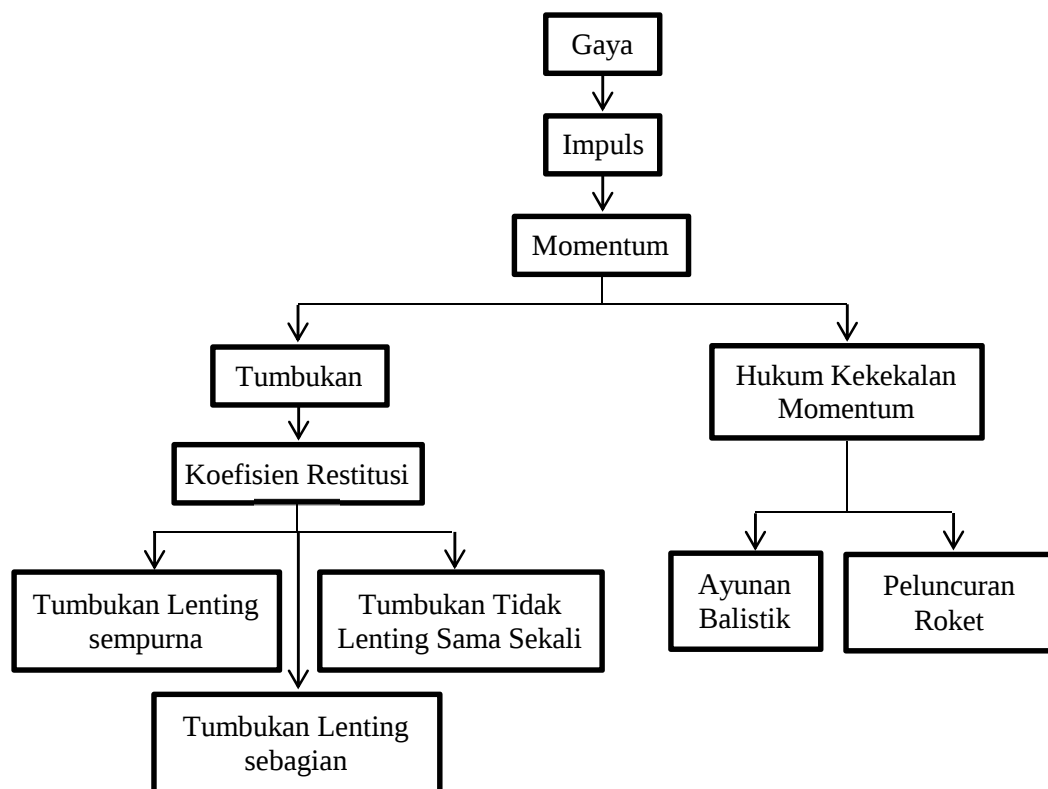
Gambar 3. 2 Langkah Desain Produk

Sebelum mendesain *e-modul* dibutuhkan silabus sebagai langkah pembuatan *e-modul*, seperti pada gambar 3. 3 berikut;



Gambar 3. 3 Langkah Pembuatan *e-modul*

Materi yang digunakan pada *e-modul* yaitu materi momentum. Berdasarkan silabus, pada materi momentum terdapat kompetensi dasar, yaitu ; 3.10) Menerapkan konsep momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari. 4.10) Menyajikan hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuh bebas ke lantai dan roket sederhana. Adapun desain materi yang dibuat dapat dilihat seperti pada gambar 3. 4 berikut;



Gambar 3. 4 Desain Materi

Adapun kerangka awal desain *e-modul* yang didapat dari Suhari (2017) guru di SMAN 2 Bengkulu Utara, terdapat seperti pada gambar 3.5 berikut;

- **JUDUL**
- **Glosarium**
- I. PENDAHULUAN**
 - Kompetensi Dasar dan Indikator**
- II. KEGIATAN PEMBELAJARAN**
 - Uraian Materi**
 - Latihan Soal**

Gambar 3. 5 Kerangka awal desain *e-modul*

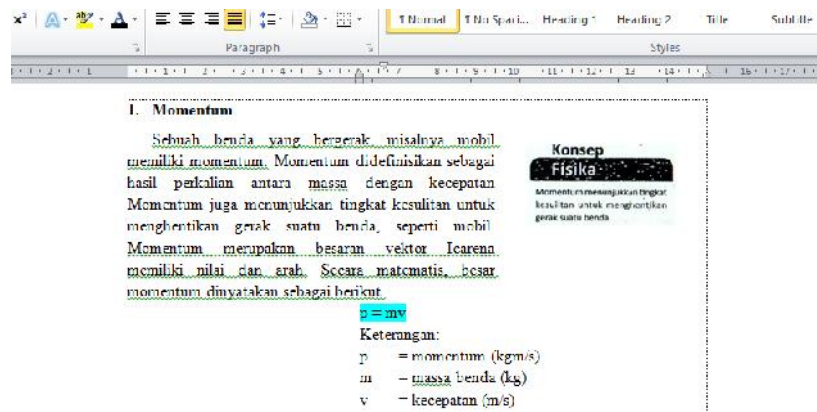
Kerangka desain *e-modul* yang dikembangkan mengacu pada kerangka awal desain *e-modul* yang didapat, seperti pada gambar 3.5. Adapun kerangka desain *e-modul* yang dikembangkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut;

COVER	
DAFTAR ISI	
GLOSARIUM	
I. PENDAHULUAN	
A. Kompetensi Dasar dan Indikator	
B. Petunjuk Penggunaan <i>e-modul</i>	
II. KEGIATAN PEMBELAJARAN	
A. Tujuan Pembelajaran	
B. Uraian Materi	
1. Momentum	
2. Implus	
3. Hubungan Momentum dan Impuls	
4. Hukum Kekekalan Momentum	
5. Tumbukan	
6. Penerapan Hukum Kekekalan Momentum	
C. Rangkuman Materi	
D. Latihan Soal	
E. Penilaian Diri	
III. EVALUASI AKHIR MODUL	
A. Soal	
B. Kunci	
DAFTAR PUSTAKA	

Gambar 3. 6 Kerangka Desain *e-modul* yang dikembangkan

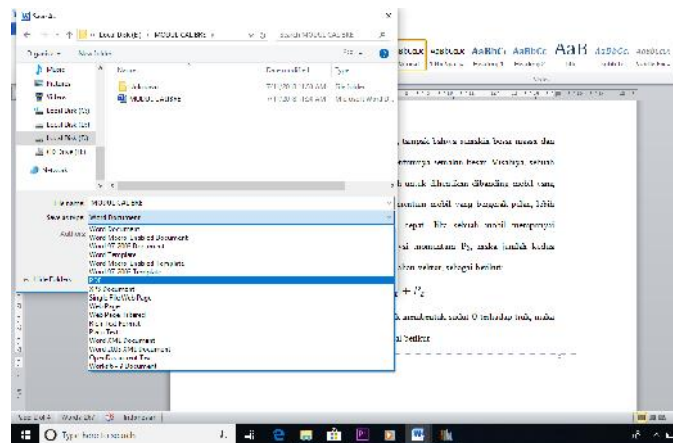
E-modul dapat dibuat dengan aplikasi *Calibre*, *Sigil*, *Mobipocket Creator*, *ePUBee Maker* dan *MS Word To EPUB Converter*. Namun pada penelitian ini pembuatan desain *e-modul* menggunakan aplikasi *calibre*, karena aplikasi *calibre* merupakan *software* gratis dan *fitur* di dalamnya juga gratis sehingga mudah didapat. Penggunaan aplikasi *calibre* cukup mudah, terutama bagi pemula yang belum pernah membuat *e-modul*. Karena di SMAN 2 Kota Bengkulu belum pernah dikembangkannya *e-modul*, maka aplikasi *calibre* merupakan salah satu aplikasi yang tepat untuk digunakan bagi pemula untuk membuat *e-modul*. Pada aplikasi *calibre* sudah tersedia *fitur* untuk membaca *e-modul* yang sudah dibuat, sehingga tidak diperlukan lagi *software* pembaca *e-modul*. Berikut langkah-langkah pembuatan *e-modul* dengan menggunakan aplikasi *calibre*;

- Siapkan materi dalam bentuk *Microsoft Word*



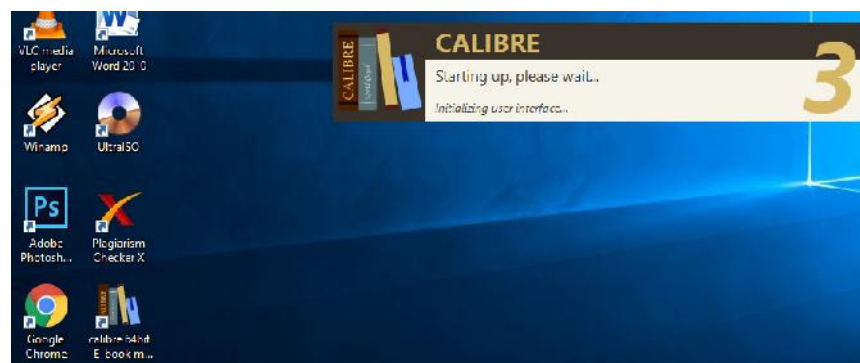
Gambar 3. 7 materi dalam bentuk *Microsoft Word*

- Save as file dengan format “Web Page, Filtered”



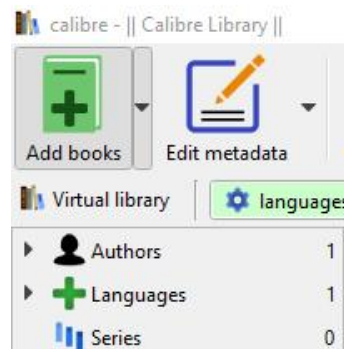
Gambar 3. 8 ubah file dengan format “PDF”

- Buka aplikasi *Calibre*



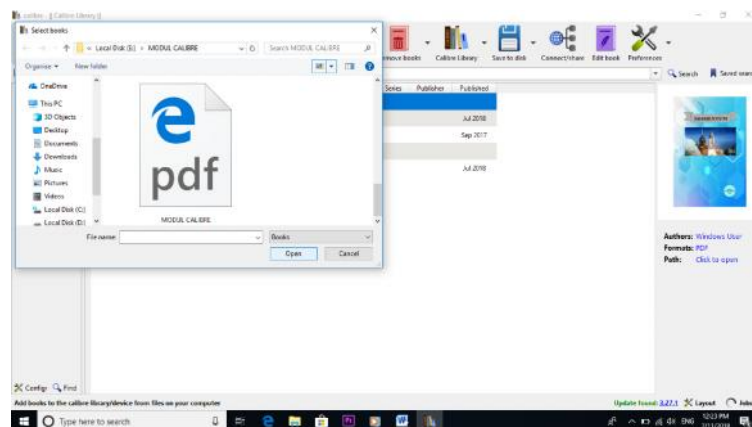
Gambar 3. 9 Aplikasi *Calibre*

- Buka file materi yang telah diubah dalam format “PDF” melalui aplikasi *calibre* dengan meng-klik “Add books”



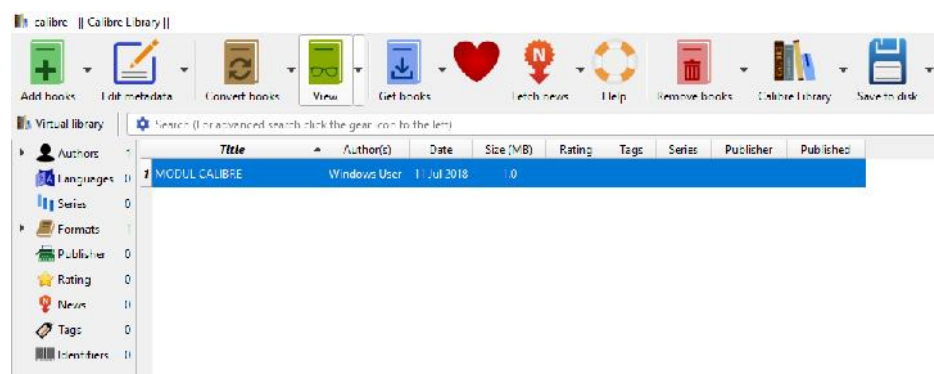
Gambar 3. 10 menambahkan file melalui “add books”

- Buka file yang telah disimpan dengan meng-klik “Open”



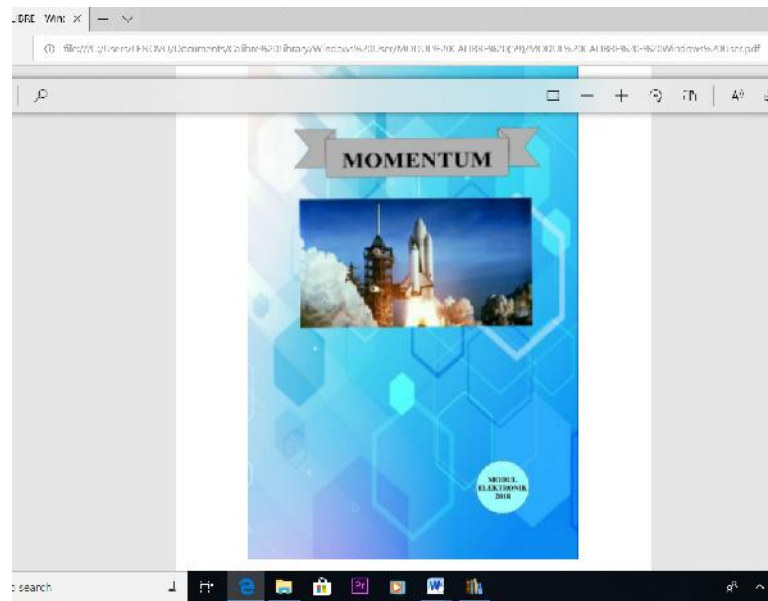
Gambar 3. 11 buka file dengan klik “Open”

- Klik view pada file yang telah di input kedalam *calibre*



Gambar 3. 12 E-modul yang telah di input kedalam *calibre*

➤ *Desain e-modul*



Gambar 3. 13 Desain *e-modul*

4. Validasi Desain

Pada tahap uji validasi desain, penilaian dilakukan oleh ahli yang telah memiliki kualifikasi dan kompetensi keilmuan. Uji validasi ini dilakukan agar peneliti dapat mengetahui kevalidan *e-modul* yang sudah dibuat. Angket validasi dibuat berdasarkan BSPN 2006 instrumen penilaian tahap II yang telah dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan validasi *e-modul*.

5. Desain Teruji

Hasil dari penelitian pengembangan yang dilakukan berupa desain teruji. Desain teruji pada penelitian ini berupa sebuah produk yang telah berhasil melalui tahap uji validasi desain dan telah dilakukan perbaikan desain. Desain teruji pada penelitian pengembangan kali ini berupa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data Hasil Pengembangan Bahan Ajar Fisika *E-modul*

Jenis penelitian yang dilakukan adalah *Research and Development (R&D)* dengan menggunakan rancangan level 1. Menurut Sugiyono (2017) penelitian pengembangan level 1 yang dilakukan hanya menghasilkan produk, dan rancangan tersebut di validasi secara internal (pendapat ahli dan praktisi) tetapi tidak di uji secara eksternal (pengujian lapangan). Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum. Penelitian pengembangan ini dilakukan sejak bulan Maret 2018 sampai dengan bulan Juli 2018 dengan rincian waktu yang dijelaskan pada tabel 4. 1 berikut :

Tabel 4. 1 Waktu Pelaksanaan Penelitian

No	Tahapan Penelitian dan Pengembangan		Waktu Pelaksanaan
1	Penelitian	Potensi dan Masalah	Maret – April 2018
2		Studi literatur dan pengumpulan informasi	Maret – April 2018
3	Pengembangan	Desain Produk	April – Mei 2018
4		Validasi Desain	Juni 2018
5		Desain Teruji	Juli 2018

Penelitian ini menghasilkan produk berupa bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum. *E-modul* yang dihasilkan terdiri dari cover, daftar isi, glosarium, pendahuluan, kegiatan pembelajar dan evaluasi akhir. Data untuk menyatakan bahwa bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum

sebagai desain teruji diperoleh dari hasil uji ahli *judgement* dan reliabilitas. Langkah-langkah penelitian untuk menghasilkan produk berupa bahan ajar fisika berbasis *e-modul*, yaitu;

1. Potensi dan Masalah

Potensi dan masalah merupakan tahap awal yang dilakukan dalam penelitian. Pada tahap ini ditemukan potensi yaitu, telah diterapkannya kurikulum 2013 di SMAN 2 Kota Bengkulu dan ditemukannya masalah yaitu, kurangnya pemanfaatan TIK pada proses pembelajaran, sedangkan pada kurikulum 2013 siswa dituntut untuk dapat melakukan pembelajaran secara mandiri dan dapat memanfaatkan kemajuan TIK.

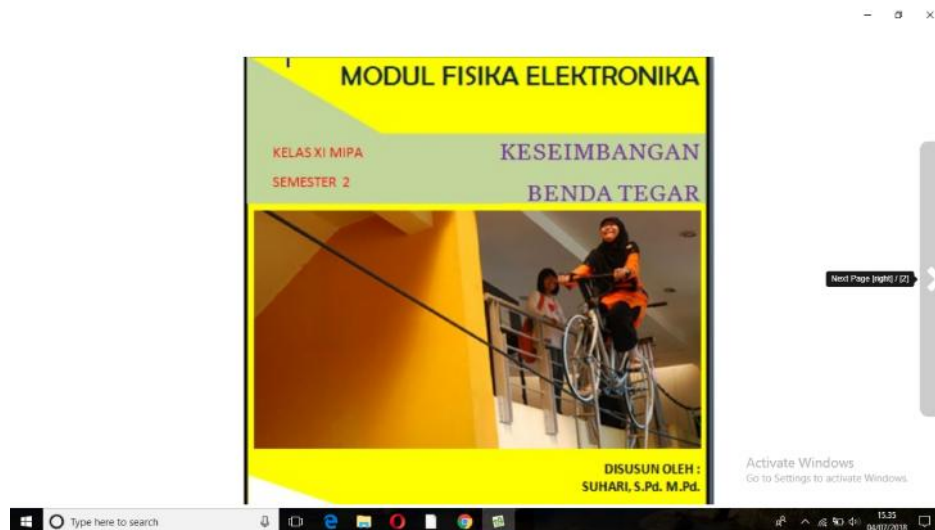
Tahap potensi dan masalah dilakukan dengan menggunakan lembar observasi tentang kebutuhan *e-modul*. Lembar observasi dinyatakan tentang kegunaan bahan ajar fisika. Hasil dari lembar observasi kebutuhan *e-modul* adalah sebagai berikut :

- 1) Sudah diterapkannya kurikulum 2013 di SMAN 2 Kota Bengkulu
- 2) Bahan ajar yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu pada saat proses pembelajaran fisika adalah buku paket yang dipinjamkan dari sekolah pada saat proses pembelajaran. Buku paket yang dipinjamkan tidak bisa di bawa pulang, sehingga siswa hanya memiliki buku lks sebagai sumber bahan ajar.
- 3) Sistem pembelajaran fisika yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu sesuai dengan sistem pembelajaran kurikulum 2013, namun masih kurang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi.

- 4) Bahan ajar yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu dapat dibeli di sekolah yaitu lks.
- 5) Fasilitas di SMAN 2 Kota Bengkulu mendukung ketersediaannya *e-modul*, dimana di SMAN 2 Kota Bengkulu difasilitasi 4 ruang laboratorium komputer dan juga tersedia jaringan internet yang dapat digunakan oleh guru maupun siswa.

2. Studi Literatur dan pengumpulan Informasi

Tahap kedua yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan pengumpulan informasi. Studi literatur dilakukan guna menemukan teori yang mendukung penelitian ini. Produk yang dikembangkan pada penelitian ini adalah bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yang digunakan sebagai sumber ajar bagi guru dan sebagai sumber belajar bagi siswa. Moh Fausih (2015) dalam penelitiannya yang berjudul Pengembangan Media *E-modul* Mata Pelajaran Produktif Pokok Bahasan “Instalasi Jaringan LAN (Local Area Network)” Untuk Siswa Kelas Xi Jurusan Teknik Komputer Jaringan Di Smk Negeri 1 Labang Bangkalan Madura. Pengembangan *e-modul* telah meningkatkan hasil belajar siswa jurusan teknik komputer jaringan di SMK Negeri 1 Labang dan *e-modul* yang dikembangkan layak untuk diimplementasikan sebagai media pembelajaran. Berdasarkan literatur, dapat dikatakan bahwa perlu adanya pengembangan *e-modul* yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan belajar siswa agar siswa dapat melakukan pembelajaran secara mandiri. Adapun desain *e-modul* yang didapat dari Suhari (2017) guru di SMAN 2 Bengkulu Utara dapat dilihat pada gambar 4. 1 berikut;



GLOSARIUM

- 1.
- 2.
- 3.

Kinematika	:	Ilmu yang mempelajari tentang gerak suatu benda
Dinamika	:	Ilmu yang mempelajari tentang gerak suatu benda dengan gaya sebagai penyebabnya.
Statika	:	Posisi benda bergerak lurus beraturan atau diam

PENYUSUN

TIM PENYUSUN
SUHARI, S.Pd. M.Pd.

PENDAHULUAN



Gambar 1. Orang sedang bersepeda di atas tali yang terbentang.
(Sumber : <https://www.google.co.id/imgres?imgurl.com>)

Coba perhatikan gambar 1 di atas! Mengapa orang yang sedang bersepeda di atas tali yang terbentang tidak jatuh? Hal apakah yang menyebabkannya?

Dengan mempelajari modul ini, kalian akan mendapatkan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tadi dan juga akan memperoleh pengetahuan tentang keseimbangan benda tegar yang mana pengetahuan ini dapat kalian terapkan dalam kehidupan sehari-hari.



Modul ini dibagi menjadi empat tahapan belajar dengan rincian sebagai berikut :

- 1) Guru memberikan beberapa contoh permasalahan dalam kehidupan sehari-hari terkait dengan keseimbangan.
- 2) Secara berkelompok, peserta didik mencari informasi tentang fenomena-fenomena alam terkait keseimbangan (melalui internet).
- 3) Secara berkelompok, peserta didik mendiskusikan tentang keseimbangan dan cara menyelesaikan permasalahan terkait keseimbangan.
- 4) Secara berkelompok, peserta didik berlatih menyelesaikan soal-soal dan tugas tugas yang ada di buku modul terkait materi keseimbangan.

KOMPETENSI DASAR

Setelah menyelesaikan modul ini, kompetensi dasar (KD) yang akan kalian peroleh :

- 3.1 Menerapkan konsep torsi, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statis dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI (IPK):

- a. Peserta didik memahami syarat-syarat dan jenis-jenis keseimbangan benda tegar.
- b. Peserta didik mengamati fenomena dalam kehidupan sehari-hari terkait keseimbangan benda tegar.

KESEIMBANGAN BENDA TEGAR

1. Definisi-definisi yang harus dipahami pada statika.

- a. Keseimbangan / benda seimbang artinya : Benda dalam keadaan diam atau pusat massanya bergerak dengan kecepatan tetap.
- b. Benda tegar : adalah suatu benda yang tidak berubah bentuk bila diberi gaya luar.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



- c. Partikel : adalah benda dengan ukuran yang dapat diabaikan, sehingga benda dapat digambarkan sebagai titik dan gerak yang dialami hanyalah gerak translasi.
- d. Momen gaya : adalah kemampuan suatu gaya untuk dapat menyebabkan gerakan rotasi. Besarnya MOMEN GAYA terhadap suatu titik sama dengan perkalian gaya dengan lengan momen.

$$\lambda = d \cdot F$$

λ = momen gaya

d = lengan momen

F = gaya

- e. Lengan momen : adalah panjang garis yang ditarik dari titik poros sampai memotong tegak lurus garis kerja gaya.



$$\begin{aligned} \lambda &= F \cdot d \\ &= F \cdot l \cdot \sin \alpha \end{aligned}$$

Perjanjian tanda untuk MOMEN GAYA.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

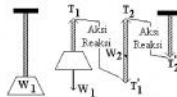


- * Momen gaya yang searah jarum jam bertanda POSITIF.
 * Momen gaya yang berlawanan arah jarum jam bertanda NEGATIF.
- g. Koppel : adalah dua gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah dan memiliki garis-garis kerja yang berbeda.

Momen koppel terhadap semua titik sama besar, yaitu : $F \cdot d$



- h. Pasangan gaya aksi - reaksi.



W_1 = Gaya berat balok

W_2 = Gaya berat tali

Balok digantung dalam keadaan diam pada tali vertikal.
 gaya W_1 dan T_1 bukanlah pasangan aksi - reaksi, meskipun besarnya sama,
 berlawanan arah dan segaris kerja.
 Sedangkan yang merupakan pasangan aksi - reaksi.

II. Macam - macam Keseimbangan.

Ada 3 macam keseimbangan, yaitu :

- a. Keseimbangan translasi apabila benda tak mempunyai percepatan linier ($a = 0$)

$$\Sigma F = 0$$

dapat diuraikan ke sumbu x dan y

$$\Sigma F_x = 0 \text{ dan } \Sigma F_y = 0$$

ΣF_x = Resultan gaya pada komponen sumbu x.

ΣF_y = Resultan gaya pada komponen sumbu y.

Benda yang mempunyai persyaratan tersebut mungkin :

- Diam
- Bergerak lurus beraturan.

- b. Keseimbangan rotasi, apabila benda tidak memiliki percepatan angular atau benda tidak berputar

$$\Sigma \lambda = 0$$

Benda yang mempunyai persyaratan tersebut mungkin :

- Diam
- Bergerak melingkar beraturan.

- c. Keseimbangan translasi dan rotasi, apabila benda mempunyai kedua syarat keseimbangan yaitu :

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma \lambda = 0$$

Dari macam-macam keseimbangan yang telah kita ketahui tersebut maka dapat diperjelas dengan uraian berikut ini tentang :

III. Syarat-Syarat Sebuah Benda Dalam Keadaan Setimbang Diam.

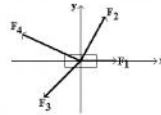
- a. Jika pada sebuah benda bekerja satu gaya F .



Syarat setimbang :

Pada garis kerja gaya F itu harus diberi gaya $F_{\text{setimbang}}$ yang besarnya sama dengan gaya F itu tetapi arahnya berlawanan.

- b. Jika pada benda bekerja gaya-gaya yang terletak pada satu bidang datar dan garis kerjanya melalui satu titik.

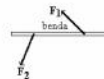


Syarat setimbang :

1. Gaya resultannya harus sama dengan nol.
2. Kalau dengan pertolongan sumbu-sumbu x dan y , haruslah :

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$$

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



Syarat setimbang :

Dengan pertolongan sumbu-sumbu x dan y , haruslah :

$$\sum F_x = 0 \quad ; \quad \sum F_y = 0 \quad ; \quad \sum \tau = 0$$

Momen gaya-gaya boleh diambil terhadap sebarang titik pada bidang gaya-gaya itu. (titik tersebut kita pilih sedemikian hingga memudahkan kita dalam menyelesaikan soal-soal)

* Perpindahan sebuah gaya kesuatu titik yang lain akan menimbulkan suatu koppel.

IV. Keseimbangan Stabil, Labil dan Indiferen (Netral)

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



Pada benda yang diam (Statis) kita mengenal 3 macam keseimbangan benda statis, yaitu :

- a. Stabil (mantap / tetap)
- b. Labil (goyah / tidak tetap)
- c. Indiferen (sebarang / netral)

V. Contoh-Contoh Keseimbangan Stabil, Labil dan Indiferen.

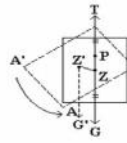
1. Untuk benda yang digantung.

Keseimbangan stabil : apabila gaya yang diberikan padanya dihilangkan. Maka ia akan kedudukan semula.

Sebuah papan empat persegi panjang digantungkan pada sebuah sumbu mendatar di P (sumbu tegak lurus papan). Titik berat Z dari papan terletak vertikal di bawah titik gantung P, sehingga papan dalam keadaan ini setimbang stabil. Jika ujung A papan di putar sedikit sehingga titik beratnya semula (Z), maka kalau papan dilepaskan ia akan berputar kembali kekeseimbangannya semula.

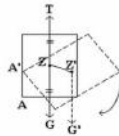
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.





Hal ini disebabkan karena adanya suatu koppel dengan gaya berat G dan gaya tegangan tali T yang berputar kekanan. ($G = N$), sehingga papan tersebut kembali kekesimbangannya semula yaitu seimbang stabil.

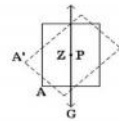
- **Keseimbangan labil** : Apabila gaya yang diberikan padanya dihilangkan, maka ia tidak akan dapat kembali ke kedudukannya semula.



Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Kalau titik gantung P tadi sekarang berada vertikal di bawah titik berat Z maka papan dalam keadaan **seimbang labil**. Kalau ujung A papan diputar sedikit naik ke kiri sehingga titik beratnya sekarang (Z) berada di bawah titik beratnya semula (Z), maka kalau papan dilepaskan ia akan berputar turun ke bawah, sehingga akhirnya titik beratnya akan berada vertikal di bawah titik gantung P . Hal ini disebabkan karena adanya suatu koppel dengan gaya berat G dan gaya tekanan (tegangan tali) T yang berputar ke kiri ($G = T$), sehingga papan turun ke bawah dan tidak kembali lagi kekesimbangannya semula.

- **Keseimbangan indifferen** : Apabila gaya yang diberikan padanya dihilangkan, maka ia akan berada dalam keadaan keseimbangan, tetapi di tempat yang berlainan.



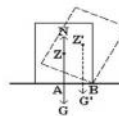
Kalau titik gantung P tadi sekarang berimpit dengan titik berat Z , maka papan dalam keadaan ini seimbang indifferen. Kalau ujung A papan diputar naik, maka gaya berat G dan gaya tekanan T akan tetap pada satu garis lurus seperti semula (tidak terjadi koppel).

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

) sehingga papan di putar bagaimanapun juga ia akan tetap seimbang pada kedudukannya yang baru.

2. Untuk benda yang berada di atas bidang datar.

Keseimbangan stabil :

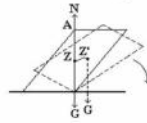


Sebuah paralel epipedum siku-siku (balok) diletakkan di atas bidang datar, maka ia dalam keadaan ini seimbang stabil. gaya berat G dan gaya tekanan N yang masing-masing bertitik tangkap di Z (titik berat balok) dan di A terletak pada satu garis lurus. Kalau balok tersebut diputar naik sedikit dengan rusuk B sebagai sumbu perputarannya, maka gaya tekanan N akan pindah ke B , dan dalam keadaan ini akan pindah ke B , dan dalam keadaan ini akan timbul suatu koppel dengan gaya-gaya G dan N yang berputar ke kanan ($G = N$) sehingga balok tersebut kembali kekesimbangannya semula yaitu seimbang stabil.

- **Keseimbangan labil** : Sebuah paralel epipedum miring (balok miring) yang bidang diagonalnya AB tegak lurus pada bidang alasnya diletakkan diatas bidang datar, maka

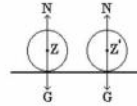
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

ia dalam keadaan ini setimbang labil, gaya berat G dan gaya tekanan N yang masing-masing melalui rusuk B dari balok tersebut terletak pada satu garis lurus.



Titik tangkap gaya tekanan N ada pada rusuk N . Kalau balok tersebut diputar naik sedikit dengan rusuk B sebagai sumbu putarnya, maka gaya tekanan N yang berputar ke kiri ($G > N$), sehingga balok tersebut akan turun kebawah dan tidak kembali lagi kekesesimbangannya semula.

Keseimbangan indiferen : Sebuah bola diletakkan diatas bidang datar ia dalam keadaan ini seimbang indiferen.



Kalau bola dipindah / diputar, maka gaya berat G dan gaya tekanan N akan tetap pada satu garis lurus seperti semula (tidak terjadi koppel), sehingga bola berpindah / berputar bagaimanapun juga ia akan tetap seimbang pada kedudukan yang baru.

Kesimpulan.

Dari contoh-contoh di atas dapat disimpulkan :

- Kalau sebuah benda yang dalam keadaan seimbang stabil diadakan perubahan kecil, maka titik berat benda tersebut akan naik. (sehingga timbul koppel)
- Kalau pada sebuah benda yang dalam keadaan seimbang labil diadakan perubahan kecil, maka titik berat benda tersebut akan turun. (sehingga timbul koppel)
- Kalau pada sebuah benda yang dalam keadaan setimbang indiferen diadakan perubahan kecil, maka titik berat benda tersebut akan tetap sama tingginya seperti semula. (sehingga tidak timbul koppel).

VI. Jenis gaya-gaya yang menyebabkan sebuah benda/benda seimbang.



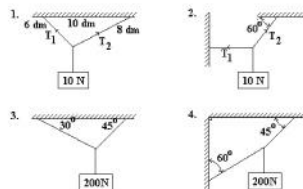
- gaya tekanan / gaya tarikan

- gaya sendi / engsel
- gaya tegangan tali
- gaya gesekan / geseran.

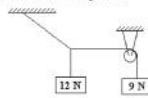
Gaya- gaya tersebut akan di bahas masing-masing dalam contoh-contoh latihan soal.

VII. LATIHAN SOAL

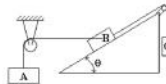
Hitunglah T_1 dan T_2 dari susunan kesetimbangan di bawah ini.



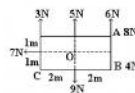
5. Hitunglah Gaya T pada susunan kesetimbangan ini.



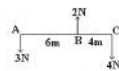
6. Seandainya benda-benda yang massanya $m_A = 20 \text{ kg}$ dan $m_B = 50 \text{ kg}$ disusun sedemikian hingga terjadi kesetimbangan, dengan $\tan \theta = 3/4$. Hitunglah m_C jika lantai pada bidang miring licin sempurna. Hitunglah 2 kemungkinan jawab untuk m_C jika bidang miring kasar dengan koefisien gesekan statis 0.3



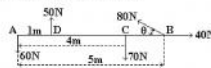
7. Gaya 8 N, 6 N, 5 N, 3 N, 7 N, 9 N dan 4 N bekerja terhadap persegi panjang yang sisi-sisinya berukuran : 4 m x 2 m seperti terlihat pada gambar. Tentukan jumlah aljabar momen gaya dengan pusat :
a. Titik A b. Titik B c. Titik C d. Titik O



8. Pada sebuah batang horizontal AC yang panjangnya 10 m bekerja tiga buah gaya 3 N, 2 N dan 4 N seperti terlihat pada gambar ! Tentukan :
a. Resultan dari gaya-gaya tersebut.
b. Momen gaya yang bekerja pada sumbu-sumbu yang melalui A, B dan C
c. Letak titik tangkap gaya Resultannya.



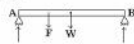
9. Batang AB yang panjangnya 5 meter dan beratnya boleh diabaikan, padanya bekerja 5 buah gaya seperti tampak pada gambar di bawah ini. Jika $\tan \theta = 3/4$. Tentukan besar dan letak dari gaya resultannya.



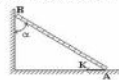
10. Batang AB yang mempunyai panjang 6 m mendapat gaya pada ujung-ujungnya seperti tampak pada gambar. Tentukan besar dan letak gaya resultannya.



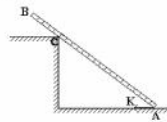
11. Sebuah batang homogen AB panjangnya 6m dan massanya 40 kg diletakkan pada kedua ujungnya. Dimana kita harus menempatkan beban 2000 N pada batang itu agar tekanan-tekanan di A dan B berbanding sebagai 2 : 1. Berat batang dianggap bertitik tangkap di tengah-tengah batang.



12. Suatu batang AB yang homogen, massanya 30 kg, panjangnya 5 meter, menumpu pada lantai di A dan pada tembok vertikal di B. Jarak dari B ke lantai 3 meter; batang AB menyilang tegak lurus garis potong antara lantai dan tembok vertikal. Berapa besarnya gaya K mendatar yang harus diberikan pada batang di A supaya batang tetap seimbang ? dan Hitung juga tekanan pada A dan B.



13. Suatu batang AB yang homogen, massanya 30 kg, panjangnya 6 meter, bersandar di atas tembok yang tingginya 3 meter ujung A dari batang memuppu pada lantai dan berjarak 4 meter dari tembok. Berapa besarnya gaya K mendatar yang harus diberikan pada batang di A supaya batang tetap seimbang ? dan Hitung juga gaya-gaya tekanan pada A dan C.



Gambar no. 13

Gambar no. 14

14. Pada sebuah balok kayu yang massanya 10 kg dikerjakan gaya $K = 50$ N yang mengarah kebawah dan garis kerjanya berimpit dengan garis kerja gaya berat balok itu. Tentukan letak dan besar gaya tekanan N (gaya reaksi) yang dilakukan bidang terhadap balok itu.
15. Pada sebuah balok kayu, massanya 20 kg, panjangnya 30 cm dikerjakan gaya $K = 100$ N (lihat gambar). Tentukan letak dan besar gaya tekanan N (gaya reaksi) yang dilakukan bidang terhadap balok itu.



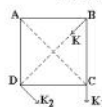
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



16. Sebuah papan berbentuk empat persegi panjang ABCD (beratnya diabaikan) dapat berputar pada bidangya disekeliling titik A sebagai sendi, $AB = 4$ meter ; $AD = 3$ meter. Persegi panjang itu setimbang karena gaya-gaya yang bekerja pada bidang persegi panjang itu ialah : $K_1 = 30$ N pada titik C dengan arah BC; $K_2 = 150$ N pada titik D dengan arah sejajar AC ; K pada titik B dengan arah BD.

Hitunglah : a. Besar gaya K itu

b. Besar dan arah gaya sendi.

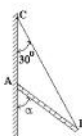
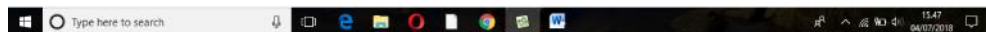


17. Sebuah batang AB massanya 10 kg, panjangnya 6 meter. Ujung B diikat dengan tali dan ujung tali yang lain diikat di C pada sebuah tembok vertikal. Ujung A dari batang bertumpu pada tembok itu juga. Dalam sikap seimbang ini tali membuat sudut 30° dengan tembok. Tentukan : a. Gaya tegangan tali.

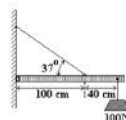
b. Tekanan tembok di A

c. Sudut yang dibuat batang dengan tembok.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



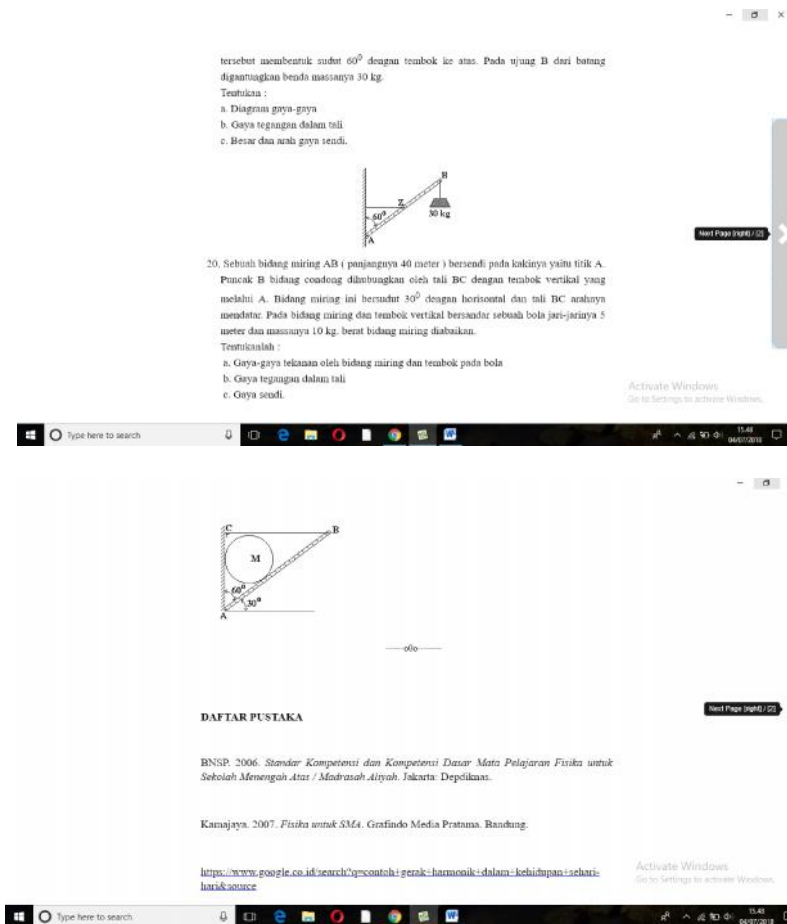
18. Sebuah batang dengan berat 50 N seperti tampak pada gambar di bawah ini. Berapa besar tegangan dalam kabel pendukungnya dan berapa komponen dari gaya yang dikerjakan oleh engsel pada batang.



19. Sebuah batang lurus homogen AB (massanya 10 kg) di A dihubungkan pada tembok vertikal oleh sebuah sendi, sehingga batang AB dapat berputar pada bidang yang tegak lurus pada tembok. Tengah-tengah batang AB dihubungkan dengan tali pada tembok sedemikian sehingga tali tersebut tegak lurus pada tembok dan keang. Batang

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.





Gambar 4. 1 Desain *e-modul* Suhari, 2017

Pengumpulan informasi dilakukan dengan penyebaran angket kebutuhan *e-modul* guru dan siswa. Dari hasil angket kebutuhan guru dan siswa diketahui bahwa bahan ajar yang digunakan dalam proses pembelajaran masih kurang mendukung proses pembelajaran, baik guru maupun siswa membutuhkan sumber bahan ajar lain selain yang sudah tersedia, guru dan siswa tertarik untuk menggunakan *e-modul* dalam proses pembelajaran. Baik guru maupun siswa mengharapkan bahan ajar berbasis elektronik agar pembelajaran dapat dilakukan dimana saja.

3. Desain Produk

Tahap selanjutnya pada penelitian ini adalah mendesain produk. Langkah pembuatan *e-modul*, yang pertama dilakukan perencanaan perumusan unit modul

terlebih dahulu, meliputi silabus, kompetensi inti, kompetensi dasar serta materi pembelajaran, materi yang digunakan pada penelitian pengembangan bahan ajar fisika berbasis *e-modul* adalah materi momentum. Berdasarkan silabus, kompetensi dasar pada materi momentum yaitu ; 3.10) Menerapkan konsep momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari. 4.10) Menyajikan hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuh bebas ke lantai dan roket sederhana. Materi pada desain *e-modul* di kutip dari beberapa buku sesuai kebutuhan *e-modul* yang dibuat.

Berdasarkan desain *e-modul* yang dibuat oleh Suhari (2017) guru di SMAN 2 Bengkulu Utara, pada *e-modul* terdapat kelemahan yaitu *e-modul* yang dibuat kurang menarik, gambarnya masih sedikit, materi yang disajikan sedikit. Sehingga dikembangkannya desain *e-modul* menurut kerangka desain *e-modul* yang dikembangkan pada gambar 3.6, adapun desain *e-modul* yang dibuat dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut;



DAFTAR ISI

COVER
DAFTAR ISI
GLOSARIUM

I. PENDAHULUAN
A. Kompetensi Dasar dan Indikator
B. Petunjuk Penggunaan e-modul

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN
A. Tujuan Pembelajaran
B. Urutan Materi
1. Momentum
2. Impuls
3. Hubungan Momentum dan Impuls
4. Hukum Kekekalan Momentum
5. Tumbukan
6. Penerapan Hukum Kekekalan Momentum
C. Rangkuman Materi
D. Latihan Soal
E. Penilaian Diri

III. EVALUASI AKHIR
A. Soal
B. Kunci

DAFTAR PUSTAKA

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

GLOSARIUM

ISTILAH	KETERANGAN
1. Gaya	: Tarikan atau dorongan yang merupakan besaran vector
2. Gaya total pada sebuah benda	: Jumlah vector dari semua gaya yang bekerja pada sebuah benda.
3. Momentum	: Hasil kali antara massa benda dengan kecepatan
4. Impuls	: Hasil kali antara gaya dengan selang waktu
5. Hukum kekekalan momentum	: Momentum sebelum tumbukan sama dengan momentum setelah tumbukan
6. Tumbukan lentang sempurna	: Berlaku hukum kekekalan momentum. Energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan sama.
7. Tumbukan lentang sebagian	: Energi kinetik sesudah tumbukan berbeda dengan energi kinetik sebelum tumbukan
8. Tumbukan tidak lentang sama sekali	: Besar koefisien restitusi adalah nol ($e=0$).

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

I. PENDAHULUAN

Kompetensi Dasar :

3.12 Menjabarkan konsep momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kategori objek lain.
4.12 Menyajikan hasil pengamatan/pengukuran hukum kekekalan momentum melalui data tabel sebagai ke-lantai

Indikator Pencapaian Kompetensi :

3.12.1 Mendefinisikan konsep impuls dan momentum kekekalan serta bedanya.
3.12.2 Menyajikan hasil pengamatan/pengukuran untuk sistem benda-gaya lain.
3.12.3 Menyajikan hukum kekekalan momentum serta aplikasinya dalam kehidupan nyata (dalam bentuk cerita/ gambar/ animasi).
3.12.4 Menyajikan hukum kekekalan energi dan momentum momentum untuk analisis berbagai peristiwa tumbukan.

Petunjuk penggunaan e-modul :
Dalam mempelajari modul ini ada tiga hal yang harus dilakukan :
1. Pelajar, target kompetensi dasar (KD) yang akan dicapai
2. Pelajar, materi dalam modul ini dan kegiatan yang harus

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Readum

1. Kegiatan saat istirahat: (ilmu yang diperoleh) ilmu pengetahuan
4. Jika Siker sudah diketahui 8, maka bisa kembali melakukan semua kaitan: tahun
5. Jika saat kaitan 8 (diketahui), kaitan bisa melanjutkan ke modul berikutnya

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini diharapkan kalian dapat menjelaskan tentang besaran momentum, konsep dan hubungan antara momentum dan impuls serta hukum kekekalan momentum, turunan dan vektor belah ketupat.

Selanjutnya Indikator Pencapaian Kompetensi yang akan dicapai adalah:

Mengidentifikasi konsep dan besaran momentum, impuls, dan hubungan momentum dan impuls serta hukum kekekalan momentum, turunan dan vektor belah ketupat dalam kehidupan sehari-hari dan mengaitkannya hukum kekekalan energi dan kekekalan momentum untuk berbagai peristiwa mekanika

Readum

Uraian Materi

1. MOMENTUM

Momentum adalah besaran vektor yang merupakan perkalian dari massa dan kecepatan dari suatu benda atau partikel yang memiliki nilai dan arah, dirumuskan sebagai berikut:

$$p = m \times v$$

dimana m adalah massa partikel dan v adalah kecepatannya

Keterangan:

p = momentum (kg.m/s)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan (m/s)

Berdasarkan persamaan di atas, tampak bahwa semakin besar massa dan semakin cepat benda bergerak, maka momentumnya semakin besar. Misalnya, sebuah mobil yang melaju pelan, akan lebih mudah untuk dihentikan dibanding mobil yang melaju lebih cepat. Hal ini

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Windows search bar and taskbar showing various application icons and system tray information (11:48 AM, 10/10/2018).

Readum

dimana m adalah massa partikel dan v adalah kecepatannya

Keterangan:

p = momentum (kg.m/s)

m = massa benda (kg)

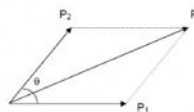
v = kecepatan (m/s)

Berdasarkan persamaan di atas, tampak bahwa semakin besar massa dan semakin cepat benda bergerak, maka momentumnya semakin besar. Misalnya, sebuah mobil yang melaju pelan, akan lebih mudah untuk dihentikan dibanding mobil yang melaju lebih cepat. Hal ini disebabkan momentum mobil yang bergerak pelan, lebih kecil daripada mobil yang melaju lebih cepat. Jika sebuah mobil mempunyai momentum P_1 dan sebuah truk mempunyai momentum P_2 , maka jumlah kedua momentum dinyatakan sama seperti penjumlahan vektor, sebagai berikut:

$$P = P_1 + P_2$$

Perhatikan gambar 1.3, jika mobil bergerak membentuk sudut θ terhadap truk, maka besar momentum totalnya dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2\cos\theta}$$



Gambar 1.2 Penjumlahan dua momentum yang membentuk sudut θ

Sumber: <https://www.kipratel.com/2018/08/10/momentum-dan-impuls-materi-fisika-dasar.html>

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Windows search bar and taskbar showing various application icons and system tray information (11:48 AM, 10/10/2018).

Contoh soal 1

Sebuah truk bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Jika massa truk 8 ton, hitunglah momentum truk tersebut!

Diketahui :

$$v = 72 \text{ km/jam};$$

$$m = 8 \text{ ton}$$

Ditanya: p ?

Jawab:

$$v = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$$

$$m = 8 \text{ ton} = 8.000 \text{ kg}$$

$$p = m \cdot v$$

$$= 8.000 \text{ kg} \times 20 \text{ m/s}$$

$$= 160.000 \text{ kgm/s}$$

Jadi, momentum truk sebesar $1,6 \times 10^5 \text{ kgm/s}$.

2. IMPULS

Impuls itu apa?

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Apakah kalian pernah menonton pertandingan baseball?



Gambar 1.3 Pertandingan baseball
Sumber: <https://id.scribd.com/document/400111111/1>

Perhatikan Gambar 1. 4 di atas. Gaya yang diperlukan untuk menggerakkan benda dalam waktu tertentu disebut impuls. Impuls termasuk besaran vektor, yang merupakan hasil kali dari besar gaya F dengan besaran skalar selang waktu Δt . Arah impuls I searah dengan arah gaya impulsif F . Secara matematis, impuls dinyatakan sebagai berikut:

$$I = F \Delta t = F (t_2 - t_1)$$

Keterangan:

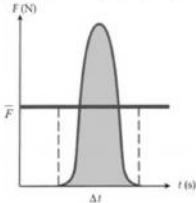
Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

$I = \text{impuls (Ns)}$
 $F = \text{gaya (Newton)}$
 $\Delta t = \text{selang waktu (s)} (t_2 - t_1)$

Jika gaya yang bekerja merupakan fungsi waktu, maka impuls yang bekerja pada selang waktu dari t_1 sampai t_2 ditentukan dengan integral sebagai berikut:

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F(t) dt$$

Perhatikan Gambar 1. 5 dengan cermat, menunjukkan grafik gaya terhadap selang waktu selama tumbukan. Grafik tersebut menggambarkan gaya pada bola baseball yang beresentuhan dengan tongkat pemukul, dari waktu t_1 ke t_2 . Impuls dapat ditentukan berdasarkan grafik tersebut.



Gambar 1. 4 Gaya yang bekerja pada benda dapat bervariasi dalam setiap waktu. Impuls adalah daerah di bawah gaya terhadap waktu.
Sumber: <https://www.researchgate.net/publication/318911111>

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Contoh soal 2

Bold bubol yang bermassa 200 gram dipukul oleh Emi menggunakan tongkat pemukul, dengan gaya 75 N. Jika selang waktu kontak antara tongkat pemukul dengan bola 0,3 sekon, berapakah impuls bola bubol?

Diketahui :

$$m = 200 \text{ gram} = 0,2 \text{ kg}$$

$$F = 75 \text{ N}, t = 0,3 \text{ s}$$

Ditanya: ?

Jawab:

$$I = F \Delta t$$

$$= (75 \text{ N})(0,3 \text{ s})$$

$$= 22,5 \text{ Ns}$$

Jadi, impuls bola bubol sebesar 22,5 Ns.

3. HUBUNGAN MOMENTUM DAN IMPULS

Adakah hubungan antara momentum dan impuls?

Impuls yang bekerja pada benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda itu, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awalnya. Sesuai dengan hukum II Newton, maka hubungan antara momentum dengan impuls adalah sebagai berikut,

$$F = m \cdot a$$

Jawab:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{p_2 - p_1}{\Delta t}$$

$$F = m \cdot \left(\frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \right)$$

$$\Delta p = m v_2 - m v_1$$

Jawab:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$F \Delta t = \Delta p$$

maka :

$$F \Delta t = m v_2 - m v_1$$

Sehingga persamaan hubungan antara momentum dan impuls adalah

$$I = F \Delta t = m v_2 - m v_1$$

$$I = \Delta p \quad p_2 - p_1$$

4. TUMBUKAN

Apa yang terjadi jika dua mobil melaju dengan kecepatan masing-masing dan berlawanan arah?

Apa yang terjadi jika benda lainnya yang melaju dengan kecepatan dan arah masing-masing?

Dan apa yang terjadi jika kedua benda memiliki massa yang berbeda melaju dengan kecepatan dan arah masing-masing?



Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Gambar 1.5 bola dan tongkat pemukul
Sumber: <http://www.fisikastudiak.com/2015/12/20/momentum-dan-impuls.html>

Peristiwa tumbukan akan terjadi jika sebuah benda yang bergerak mengenai benda lain yang diam atau bergerak. Momentum linear total P dari sistem tidak berubah jika tidak ada gaya eksternal untuk mengubahnya. Jika energi kinetik tidak berubah setelah terjadinya tumbukan, maka energi kinetik sistem adalah tetap.

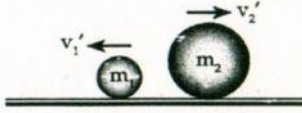
Tumbukan yang terjadi antara dua mobil atau bola dan tongkat pemukul, sejumlah energi ditransfer dari energi kinetik ke bentuk energi lainnya, seperti energi panas atau energi suara. Setiap benda yang bertumbukan mempunyai kekuatan kelestingan atau elastisitas. Kekuatan kelestingan ini disebut koefisien restitusi (e). Berdasarkan koefisien restitusinya, tumbukan dibedakan menjadi tiga, yaitu tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian, dan tumbukan tidak lenting sama sekali.

1) Tumbukan Lenting Sempurna

Tumbukan lenting sempurna adalah tumbukan di mana jumlah energi kinetik sistem sebelum tumbukan sama dengan jumlah energi kinetik sistem setelah tumbukan. "Jika energi kinetik tidak berubah setelah terjadinya tumbukan, maka energi kinetik sistem adalah tetap". Pada tumbukan lenting sempurna, berlaku hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi kinetik (Halliday, Resnick, & Walker, 2010).



Gambar 1.6 Bola 1 dan 2 sebelum tumbukan



Gambar 1.7 Bola 1 dan 2 setelah bertumbukan lenting sempurna

Pada gambar 1.6 dua buah bola dengan massa m_1 dan m_2 bergerak dengan kecepatan masing-masing v_1 dan v_2 pada suatu bidang datar. Pada gambar 1.7 bola bertumbukan dan saling menukar setelah tumbukan dan arah berlawanan, dengan kecepatan masing-masing v_1' dan v_2' .

Menurut hukum kekekalan momentum:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$m_1 v_1 - m_1 v_1' = m_2 v_2' - m_2 v_2$$

$$m_1 (v_1 - v_1') = m_2 (v_2' - v_2)$$

Jika tidak ada perubahan energi potensial dalam sistem, maka energi kinetik awal sama dengan energi kinetik akhirnya.

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 (v_1')^2 + \frac{1}{2} m_2 (v_2')^2$$

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 (v_1')^2 + m_2 (v_2')^2$$

$$m_1 v_1^2 - m_1 (v_1')^2 = m_2 (v_2')^2 - m_2 v_2^2$$

$$m_1 (v_1^2 - (v_1')^2) = m_2 (v_2'^2 - v_2^2)$$

$$m_1 (v_1 + v_1') (v_1 - v_1') = m_2 (v_2' + v_2) (v_2 - v_2')$$

Dengan menyelesaikan substitusi persamaan diatas, maka:

$$m_1 (v_1 - v_1') (v_1 + v_1') = m_2 (v_2' + v_2) (v_2 - v_2')$$

$$m_1 (v_2' - v_2) (v_1 + v_1') = m_2 (v_2' + v_2) (v_2 - v_2')$$

$$(v_1 + v_1') = (v_2' + v_2)$$

$$(v_1 - v_2) = (v_2' - v_1')$$

$$-(v_1 - v_2) = (v_2' - v_1')$$

$$\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 1$$

Jadi, dapat dinyatakan:

$$\frac{\Delta v'}{\Delta v} = 1$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa koefisien restitusi untuk tumbukan lenting sempurna bernilai 1 (e (koefisien restitusi) = 1)

$$e = \frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 1$$

Contoh soal 3

Dua buah kelereng A dan B massanya sama. Kelereng A bergerak dengan kecepatan 3 m/s, menumbuk lurus kelereng B yang dalam keadaan diam. Jika terjadi tumbukan lenting sempurna, tentukan kecepatan kelereng A dan B setelah bertumbukan!

Diketahui:

$$v_A = 3 \text{ m/s}$$

Radium

$v_B = 0$;
 $m_A = m_B$
 Ditanya: $v_A' ? v_B'$
 Jawab:

$$\frac{(v_B' - v_A')}{(v_B - v_A)} = 1$$

$$\frac{(v_B' - v_A')}{(0 - 3 \text{ m/s})} = 1$$

$$\frac{(v_B' - v_A')}{-3 \text{ m/s}} = 1$$

$$v_B' - v_A' = 3 \text{ m/s}$$

$$v_B' = 3 \text{ m/s} + v_A'$$

Berdasarkan hukum kekekalan momentum, maka:

$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

$$v_A + v_B = v_A' + v_B'$$

$$3 \text{ m/s} + 0 = v_A' + v_B'$$

$$v_A' + v_B' = 3 \text{ m/s}$$

Jika kedua persamaan diatas didistribusikan, maka:

$$v_A' + 3 \text{ m/s} - v_B' = 3 \text{ m/s}$$

$$2v_A' = 0 \text{ m/s}$$

$$v_A' = 0 \text{ m/s}$$

$$v_B' = 3 \text{ m/s} - v_A'$$

$$= 3 \text{ m/s} - 0 = 3 \text{ m/s}$$

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

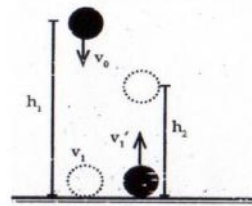
Type here to search

8:06 AM
7/6/2018

Jadi, kecepatan kelereng A dan B setelah bertumbukan berturut-turut yaitu 0 m/s dan 3 m/s.

2) Tumbukan Lenting Sebagian

Pada tumbukan lenting sebagian, tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik. Tumbukan yang terjadi antara dua mobil atau bola dan tongkat pemukul, sejumlah energi ditransfer dari energi kinetik ke bentuk energi lainnya, seperti energi panas atau energi suara, sehingga energi kinetik sebelum tumbukan lebih besar dibandingkan energi kinetik setelah tumbukan ($E_K > E_K'$). Jadi, pada tumbukan lenting sebagian hanya berlaku hukum kekekalan momentum.



Gambar 1.8 Tumbukan lenting sebagian antara bola dengan lantai

Pada gambar 1.8 bola dijatuhkan di atas lantai dengan kecepatan awal nol ($v_0 = 0$), pada ketinggian h_1 . Bola kemudian memantul setinggi h_2 setelah bola menyentuh lantai. Pada gerak lurus, didapatkan bahwa:

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Type here to search

8:06 AM
7/6/2018

Radium

$$v_1^2 = v_0^2 + 2gh_1$$

$$= 0 + 2gh_1$$

$$v_1 = +\sqrt{2gh_1}$$

Setelah memantul, kecepatan bola menjadi v_1' .

$$v_1' = -\sqrt{2gh_2}$$

Berdasarkan persamaan di atas, tanda (-) disebabkan karena gerak bola ke atas, berlawanan arah dengan percepatan gravitasi Bumi. Karena $e = \frac{(v_1^2 - v_1'^2)}{v_1^2 - v_1'^2}$ dan lantai tetap dalam keadaan diam baik sebelum maupun setelah tumbukan dengan bola ($v_2 = v_2' = 0$), maka:

$$e = -\frac{(v_1^2 - v_1'^2)}{v_1^2 - v_1'^2}$$

$$= -\frac{(2 + (-\sqrt{2gh_2}))}{(2 - (-\sqrt{2gh_2}))}$$

$$= -\frac{\sqrt{2gh_2}}{\sqrt{2gh_1}}$$

Jadi, koefisien restitusi pada tumbukan lenting sebagian adalah sebagai berikut:

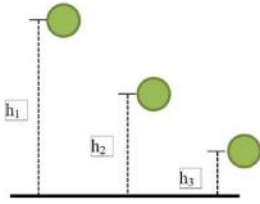
$$e = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}}$$

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Type here to search

8:06 AM
7/6/2018

Contoh soal 4



Perhatikan gambar di atas dengan cermat! Sebuah bola dilepas dari ketinggian tertentu. Pada pemantulan pertama, dicapai ketinggian 70 cm, dan pada pemantulan kedua 30 cm. Tentukan tinggi bola mula-mula!

Diketahui:
 $h_2 = 70 \text{ cm}$
 $h_3 = 30 \text{ cm}$

Ditanya: h_1 ?

Jawab: tinggi bola mula-mula adalah

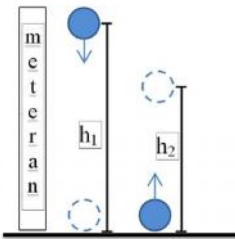
$$e = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}} = \frac{\sqrt{h_3}}{\sqrt{h_2}}$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{h_3}{h_2}$$

Percobaan 2 :

Judul Kegiatan	Mengamati koefisien restitusi pada tumbukan
Jenis Kegiatan	Kerja Kelompok
Alat dan Bahan	bola kasti, bola bekel, meteran

$$h_1 = \frac{h_2^2}{h_3}$$

$$= \frac{(70 \text{ cm})^2}{30 \text{ cm}} = 163,33 \text{ cm}$$


Gambar 1.9 percobaan menentukan koefisien restitusi pada tumbukan

Langkah Kegiatan:

- 1) Buatlah kelompok yang terdiri dari 2-3 peserta didik!
- 2) Amatiilah gambar 1.9 di atas dan bacalah langkah percobaan berikut!
- 3) Tempelkan meteran pada dinding!
- 4) Jauhkan bola kasti dari ketinggian 1,5 meter (h_1)!
- 5) Ketika bola terpasral kembali, ukurlah perkiraan tinggi bola tersebut (h_2)!
- 6) Ulangi langkah 4-5 di atas dengan mengganti ketinggian bola 1,25 meter, 1 meter, 0,75 meter, dan 0,50 meter!
- 7) Ulangi langkah 4-6 diatas dengan menggunakan bola bekel!

8) Gunakan tabel di bawah ini untuk mencatat semua hasil percobaan!

No.	h ₁	h ₂	
		Bola Kasti	Bola Beker
1			
2			
3			

9) Diskusikan bersama teman satu kelompokmu permasalahan berikut.

- Bandingkan h₂ bola kasti dengan bola beker, mengapa demikian?
- Tentukan koefisien restitusi kedua bola tersebut!
- Buatlah kesimpulan mengenai koefisien restitusi sesuai dengan kegiatan yang telah kamu lakukan!

10) Susunlah laporan percobaan dengan sistematis: judul, tujuan, alat dan bahan, langkah kegiatan, data hasil percobaan, analisis, pembahasan, kesimpulan dan daftar pustaka!

11) Kumpulkan laporanmu kepada guru untuk mendapatkan penilaian!
Guru akan menilai berdasarkan aspek: tanggung jawab melaksanakan percobaan, keterampilan berupa terampil mengukur ketinggian pantulan bola, terampil menyusun laporan percobaan.

3) **Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali**

Pada tumbukan tidak lenting sama sekali, tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik, tetapi berlaku hukum kekekalan momentum, yaitu momentum total yang terjadi setelah tumbukan sama dengan momentum total yang terjadi sebelum tumbukan, dan persamaannya adalah:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Jika setelah tumbukan kedua benda bergerak bersama-sama dengan kecepatan yang sama besar ($v_1' = v_2' = v$). Karena $v_1' = v_2' = v$, maka kita bisa memasukkan nilai v ke

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

Maka:

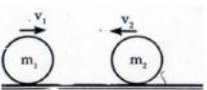
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v + m_2 v$$

$$= (m_1 + m_2) v$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

5. HUKUM KEKEKALAN MOMENTUM

Untuk lebih memahami hukum kekekalan momentum, setelah menonton gambar 1.10 di bawah! Dua bola bermassa m₁ dan m₂ bergerak pada bidang datar dengan kecepatan masing-masing v₁ dan v₂.

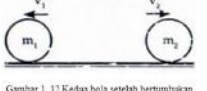


Gambar 1.10 Kedua bola sebelum bertumbukan

Bola pertama bergerak ke kanan, sedangkan bola kedua bergerak ke kiri. Diperhatikan bahwa ketika benda bergerak ke kanan, maka bernilai positif (+), dan ketika bergerak ke kiri negatif (-). Kedua bola kemudian bertumbukan dan setelah bertumbukan, bola pertama bergerak ke kiri sedangkan bola kedua bergerak ke kanan, dengan kecepatan masing-masing v₁' dan v₂'.



Gambar 1.11 Kedua bola saat bertumbukan



Gambar 1.12 Kedua bola setelah bertumbukan

Ketika kedua bola bertumbukan seperti pada gambar 1.11, tidak ada gaya luar yang bekerja. Namun, yang bekerja gaya F_{12} pada benda 2 yang dilakukan benda 1, dan gaya F_{21} pada benda 1, yang dilakukan benda 2 seperti pada gambar 1.12. Kedua gaya merupakan pasangan aksi reaksi, yang sesuai dengan hukum III Newton.

$$F_{12} = -F_{21}$$

$$F_{12} \Delta t = -F_{21} \Delta t$$

$$\Delta p_1 = -\Delta p_2$$

$$m(v_2' - v_2) = -m(v_1' - v_1)$$

$$m_1 v_1' - m_1 v_1 = -m_2 v_2' + m_2 v_2$$

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

Keterangan:
 m_1 = massa benda 1 (kg)
 v_1 = kecepatan benda 1 sebelum tumbukan (m/s)
 v_1' = kecepatan benda 1 setelah tumbukan (m/s)
 m_2 = massa benda 2 (kg)
 v_2 = kecepatan benda 2 sebelum tumbukan (m/s)
 v_2' = kecepatan benda 2 setelah tumbukan (m/s)

Persamaan di atas dikenal sebagai hukum kekekalan momentum. Hukum kekekalan momentum berbunyi: "Jika tidak ada gaya yang bekerja pada suatu benda atau gaya luar benda adalah nol, maka kecepatan pusat massa benda tersebut adalah konstan dan momentum total benda tersebut kekal, artinya momentum totalnya tetap konstan."

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Sebuah peluru bermassa 20 gram ditembakkan dari senapan dengan kelajuan 800 m/s. Jika massa senapan 2 kg, tentukan kecepatan senapan mendorong bahu penembak!

Diketahui:
 $m_p = 20 \text{ gram} = 0,02 \text{ kg}$
 $m_s = 2 \text{ kg}$
 $v_p = 800 \text{ m/s}$

Ditanya: $v_s'?$

Jawab:
 $m_p v_p + m_s v_s = m_p v_p' + m_s v_s'$
 Karena sebelum tembakan $v_p = v_s = 0$, maka:
 $0 = (0,02 \text{ kg})(800 \text{ m/s}) + (2 \text{ kg}) v_s'$
 $v_s' = \frac{16 \text{ kgm/s}}{2 \text{ kg}} = -8 \text{ m/s}$

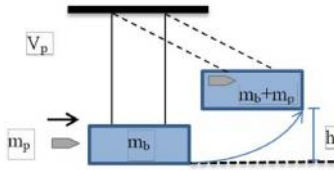
Jadi, kecepatan senapan mendorong bahu penembak sebesar 8 m/s ke arah kiri atau berlawanan dengan arah gerak peluru saat ditembakkan.

6. PENERAPAN HUKUM KEKEKALAN MOMENTUM

1) Ayunan balistik

Ayunan balistik merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengukur kecepatan sebuah peluru.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.



Gambar 1.13 Ayunan balistik

Pada gambar 1.13 sebuah peluru dengan kecepatan v_p dan bermassa m_p ditembakkan ke balok kayu yang diam, dengan massa m_b , sehingga menyebabkan peluru bersarang di dalam balok kayu tersebut. Ketika bertumbukan dan peluru bersarang di dalam balok, balok berayun sampai pada ketinggian h . Balok dan peluru berayun bersama-sama dengan kecepatan sama ($v_p' = v_b' = v$). Oleh sebab itu, peristiwa tumbukan ini termasuk dalam tumbukan tidak lentang sama sekali.

Waktu yang digunakan peluru untuk bersarang di balok sangat singkat, dan peluru akan diam sebelum balok berisi peluru tersebut bergeser atau menyimpang. Oleh karena itu, tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem ini dan berlaku hukum kekekalan momentum.

$$m_p v_p + m_b v_b = m_p v_p' + m_b v_b'$$

$$m_p v_p + m_b (0) = m_p v' + m_b v'$$

$$m_p v_p = (m_p + m_b) v'$$

Jadi, kecepatan peluru dan balok diayunkan:

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Rangkuman Materi

- 1) rumus lain untuk mencari perbedaan selang waktu hasil kali massa linier dengan konstanta gravitasi konstan. Fokus sistem diabaikan.
- 2) Impul adalah (vektor) besaran skalar yang memiliki dimensi besaran yang diukur dalam impuls atau ketika impuls lebih banyak (waktu lama untuk impuls) dan impuls lebih sedikit (waktu lama untuk impuls).
- 3) Substitusikan hubungan antara momentum dan impuls adalah:
- 4) Hukum kekekalan momentum
- 5) Tumbukan lenting atau elastis yang melibatkan energi kinetik, tumbukan lenting sebagian dan tumbukan lenting tidak lenting sama sekali.

Latihan Soal

Sebuah bola bermassa 0,5 kg dipukul dengan sekuat tenaga dinding tegak seperti

ditunjukkan pada gambar dibawah.

Jika bola mengenai dinding dengan kelajuan 60 m/s dan terpantul dengan kelajuan 40 m/s, maka impuls yang disebabkan oleh tumbukan tersebut adalah...

Benda bermassa 4,0 kg diberi gaya $F = 20 \text{ N}$ selama 5 sekon searah dengan benda seperti pada gambar.

Besarnya impuls yang dikerjakan oleh gaya pada benda adalah...

Dua orang anak yang massanya masing-masing 50 kg berada dalam perahu yang massanya 100 kg, bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Salah satu anak melompat kedepan perahu dengan kecepatan 3 m/s. Berapakah kecepatan perahu sekarang?

Dua mobil ($m_1 = m_2$) bergerak sepanjang garis lurus seperti ditunjukkan dalam gambar.

Setelah tumbukan kedua mobil bergerak bersama dengan kecepatan ... m/s.

Perhatikan pernyataan berikut:

1. Berlaku hukum kekekalan momentum
2. Kecepatan sama sesudah tumbukan
3. Jumlah energi kinetik tetap

Pernyataan yang sesuai untuk tumbukan lenting sebagian adalah...

Penilaian Diri

Silahkan isi pernyataan berikut dengan jujur, sesuai dengan kemampuan diri anda!

Rangkuman Materi

- 7) Stop watch
- 8) Mistar/pengukur sorong
- 9) Meteran
- 10) Neraca ohaus

Gambar 1.15 roket sederhana

Sumber: <https://www.google.com/search?q=roket+sederhana&rlz=C>

Langkah Kegiatan:

- 1) Lakukan percobaan bersama teman kelompok!
- 2) Perlihatkan gambar 1.15, rancang roket sederhana dengan bimbingan guru!
- 3) Diskusikan bersama teman satu kelompok permasalahan berikut.
 - a) Bagaimana cara kerja roket air?
 - b) Apa penyebab roket air dapat meluncur kedepan?
 - c) Apakah jumlah air yang dimasukkan akan berpengaruh terhadap jangkauan roket?
- 4) Susunlah laporan percobaan dengan sistematis: judul, tujuan, alat dan bahan, langkah kegiatan, analisis hasil percobaan, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka!
- 5) Kumpulkan laporan kepada guru untuk mendapatkan penilaian!

Guru akan menilai berdasarkan aspek: tanggung jawab melaksanakan percobaan, keterampilan berupa terampil membuat roket sederhana, ketrampilan menyusun laporan percobaan.

Rangkuman Materi

- 1) rumus lain untuk mencari perbedaan selang waktu hasil kali massa linier dengan konstanta gravitasi konstan. Fokus sistem diabaikan.
- 2) Impul adalah (vektor) besaran skalar yang memiliki dimensi besaran yang diukur dalam impuls atau ketika impuls lebih banyak (waktu lama untuk impuls) dan impuls lebih sedikit (waktu lama untuk impuls).
- 3) Substitusikan hubungan antara momentum dan impuls adalah:
- 4) Hukum kekekalan momentum
- 5) Tumbukan lenting atau elastis yang melibatkan energi kinetik, tumbukan lenting sebagian dan tumbukan lenting tidak lenting sama sekali.

Latihan Soal

Sebuah bola bermassa 0,5 kg dipukul dengan sekuat tenaga dinding tegak seperti

ditunjukkan pada gambar dibawah.

Jika bola mengenai dinding dengan kelajuan 60 m/s dan terpantul dengan kelajuan 40 m/s, maka impuls yang disebabkan oleh tumbukan tersebut adalah...

Benda bermassa 4,0 kg diberi gaya $F = 20 \text{ N}$ selama 5 sekon searah dengan benda seperti pada gambar.

Besarnya impuls yang dikerjakan oleh gaya pada benda adalah...

Dua orang anak yang massanya masing-masing 50 kg berada dalam perahu yang massanya 100 kg, bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Salah satu anak melompat kedepan perahu dengan kecepatan 3 m/s. Berapakah kecepatan perahu sekarang?

Dua mobil ($m_1 = m_2$) bergerak sepanjang garis lurus seperti ditunjukkan dalam gambar.

Setelah tumbukan kedua mobil bergerak bersama dengan kecepatan ... m/s.

Perhatikan pernyataan berikut:

1. Berlaku hukum kekekalan momentum
2. Kecepatan sama sesudah tumbukan
3. Jumlah energi kinetik tetap

Pernyataan yang sesuai untuk tumbukan lenting sebagian adalah...

Penilaian Diri

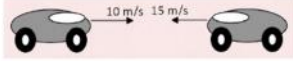
Silahkan isi pernyataan berikut dengan jujur, sesuai dengan kemampuan diri anda!

Readium

3. Besar impuls yang dikerjakan oleh gaya pada benda adalah ...

4. Dua orang anak yang massanya masing-masing 50 kg berada dalam perahu yang massanya 100 kg, bergerak dengan kecepatan 5 m/s. Salah satu anak melompat kedepan perahu dengan kecepatan 3 m/s. Berapakah kecepatan perahu sekarang?

5. Dua mobil ($m_1 = m_2$) bergerak sepanjang garis lurus seperti ditunjukkan dalam gambar.



Setelah tumbukan kedua mobil bergerak bersama dengan kecepatan ... m/s.

6. Sebutkan jenis-jenis tumbukan!

Penilaian Diri

Silahkan isi pernyataan berikut dengan jujur, sesuai dengan kemampuan diri anda!

NO	PERNYATAAN	YA	TIDAK
1.	Mampu menjelaskan definisi dari momentum		
2.	Mampu memberikan contoh-contoh dari momentum		
3.	Mampu menjelaskan definisi dari impuls		
4.	Mampu memberikan contoh-contoh dari momentum		
5.	Mampu menjelaskan hubungan antara momentum dan impuls		
6.	Mampu menjelaskan hukum kekekalan momentum		
7.	Mampu memberikan contoh-contoh hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari		
8.	Mampu menjelaskan cara kerja ayunan balistik		

Windows
Go to Settings to activate Windows.

Type here to search

Readium

9.	Mampu menjelaskan definisi dari tumbukan	
10.	Mampu menjelaskan atau ketentuan tertentu pada benda yang besar ke tumbukan	

III. EVALUASI AKHIR

SOAL

Kepada soal-soal berikut dengan memilih jawaban yang paling tepat

PILIHAN GANDA :

- Nilai koefisien restitusi untuk tumbukan tidak lentang sama sekali adalah ...
A. Zero
B. 1
C. 0
D. 1
E. 0
- Pada tumbukan lentang sempurna berlaku hukum kekekalan ...
A. energi kinetik
B. energi potensial
C. momentum
D. momentum dan energi kinetik
E. momentum dan energi potensial
- Sebuah benda bermassa 5 kg bergerak dengan kecepatan 12 km/jam, maka momentum benda adalah ...
A. 50 kgm/s
B. 70 kgm/s
C. 100 kgm/s
D. 120 kgm/s
E. 150 kgm/s
- Gaya sebesar 10 N bekerja pada sebuah benda sehingga benda mengalami perubahan 50 kg m/s, lama gaya bekerja pada benda ...
A. 4 s
B. 4 s
C. 5 s
D. 6 s
E. 7 s
- Bola kasti yang massanya 0,1 kg dilempar horizontal ke kanan dengan kecepatan 20 m/s, lalu dipukul dan bergerak dengan kecepatan 60 m/s ke kiri. Jika kontak bola dan pemukul terjadi selama 0,001 sekon, maka besar impuls yang diberikan pemukul pada bola adalah ...
A. 4 Ns
B. 5 Ns
C. 6 Ns
D. 7 Ns
E. 8 Ns

Readium

Type here to search

Windows
Go to Settings to activate Windows.

- Gaya sebesar 10 N bekerja pada sebuah benda sehingga benda mengalami perubahan 50 kg m/s, lama gaya bekerja pada benda ...
A. 3 s
B. 4 s
C. 5 s
D. 6 s
E. 7 s
- Bola kasti yang massanya 0,1 kg dilempar horizontal ke kanan dengan kecepatan 20 m/s, lalu dipukul dan bergerak dengan kecepatan 60 m/s ke kiri. Jika kontak bola dan pemukul terjadi selama 0,001 sekon, maka besar impuls yang diberikan pemukul pada bola adalah ...
A. 4 Ns
B. 5 Ns
C. 6 Ns
D. 7 Ns
E. 8 Ns
- Sebuah senapan mempunyai massa 4 kg, tepat sasaran ketika menembakkan peluru yang bermassa 10 gram pada sekor burung. Jika kecepatan peluru saat ditembakkan 500 m/s, maka kecepatan gerak senapan pada saat peluru meledak adalah ...
A. 0,5 m/s
B. 1,25 m/s
C. 12,5 m/s
D. 200 m/s
E. 1.250 m/s
- Dua buah bola A dan B dengan massa sama bergerak saling mendekati, dengan kecepatan $V_A = 1$ m/s dan $V_B = 2$ m/s. Bola A ke kanan dan bola B ke kiri. Keduanya bertumbukan secara lentang sempurna, maka kecepatan bola A sesaat setelah tumbukan adalah ...
A. 1 m/s ke kanan
B. 1 m/s ke kiri
C. 2 m/s ke kanan
D. 2 m/s ke kiri
E. 3 m/s ke kanan
- Sebuah benda bergerak dengan momentum yang besarnya p. tiba-tiba benda itu pecah menjadi dua bagian yang masing-masing besar momentumnya p_1 dan p_2 dalam arah yang saling tegak lurus, maka ...
A. $p = p_1 + p_2$
B. $p = p_1 - p_2$
C. $p = p_1^2 + p_2^2$
D. $p = p_1^2 - p_2^2$
E. $p = p_1^2 + p_2^2$

Readium

Type here to search

Windows
Go to Settings to activate Windows.

Readium

C. $P = p_1 + p_1$

9. Jika dua buah benda mempunyai momentum yang sama tetapi massanya berbeda, maka benda yang bermassa lebih besar mempunyai energi kinetik lebih besar.

SEBAB

Energi kinetik suatu benda berbanding lurus dengan massanya dan berbanding terbalik dengan momentum.

A. Kedua pernyataan benar dan keduanya mempunyai hubungan sebab akibat
B. Kedua pernyataan benar tetapi tidak mempunyai hubungan sebab akibat
C. Pernyataan pertama benar sedangkan pernyataan kedua salah
D. Pernyataan pertama salah sedangkan pernyataan kedua benar
E. Kedua pernyataan tersebut salah

10. Dua buah benda yang bertumbukan tidak lenting sama sekali mempunyai kecepatan sama setelah tumbukan.

SEBAB

Tumbukan tidak lenting sama sekali hanya mengonservasi hukum kekekalan momentum saja.

A. Kedua pernyataan benar dan keduanya mempunyai hubungan sebab akibat
B. Kedua pernyataan benar tetapi tidak mempunyai hubungan sebab akibat
C. Pernyataan pertama benar sedangkan pernyataan kedua salah
D. Pernyataan pertama salah sedangkan pernyataan kedua benar
E. Kedua pernyataan tersebut salah

URAIAN :

1. Dalam suatu permainan sepak bola, Evan Dumas melakukan tendangan penalti. Tepat setelah ditendang, bola melambung dengan kecepatan 50 m/s. Bila gaya bendanya 400 N dan sepatu Evan menyentuh bola selama 0,2 s, tentukan perubahan momentumnya dan massa bola!

2. Tiga orang siswa melakukan pengamatan untuk mengetahui koefisien restitusi sebuah bola. Mereka menyatakan sebuah bola dari ketinggian 2,5 m, kemudian terpental hingga mencapai ketinggian 0,7 m. Berapakah koefisien restitusi antara lantai dan bola itu?

Windows
Go to Settings to activate Windows.

Type here to search

8:11 AM
7/6/2018

Readium

3. Benda A dan benda B masing-masing massanya 2 kg dan 1 kg. Benda A bergerak ke timur dengan laju 4 m/s, menumbuk benda B yang sedang bergerak ke barat dengan laju 3 m/s. Jua setelah tumbukan benda B bergerak ke timur 1 m/s, berapakah kecepatan dan arah benda A setelah tumbukan?

4. Dua buah benda A dan B yang masing-masing massanya 20 kg dan 40 kg bergerak seperti busa saling mendekati. A bergerak dengan kecepatan 10 m/s dan B bergerak dengan kecepatan 4 m/s. Kedua benda kemudian bertumbukan tidak lenting sama sekali hitung energi kinetik yang hilang!

5. Sebuah peluru massanya 20 gram ditembakkan pada ayunan balistik yang massanya 5 kg, sehingga ayunan naik 0,2 cm setelah tumbukan. Peluru mengemern di dalam ayunan. Hitunglah energi yang hilang!

Kunci Jawaban

PILIHAN GANDA :

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

URAIAN :

$\Delta p = I$

Windows
Go to Settings to activate Windows.

Type here to search

8:11 AM
7/6/2018

Readium

1. $= F \Delta t$
 $= 400 \text{ N } 0,2 \text{ s}$
 $= 80 \text{ Ns}$

2. $e = \frac{\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1}}{\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1}} = 0,53$

3. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$
 $2,4 + 1,3 = 2 v_1' + 1 (-1)$
 $8 - 3 = 2 v_1' - 1$
 $12 = 2 v_1'$
 $v_1' = 6 \text{ m/s}$ ke arah timur

4. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$
 $20 \cdot 10 + 40 \cdot 4 = (20 + 40) v$
 $200 + 160 = 60 v$
 $360 = 60 v$
 $v = 6 \text{ m/s}$

$\Delta E_k = (E_{kA} + E_{kB}) - (E_{kA}' + E_{kB}')$
 $= (1000 + 320) - (360 + 720)$
 $= 1320 - 1080$
 $= 240 \text{ J}$

5. $v_p = \frac{(m_p + m_k) \sqrt{2gh}}{m_p}$
 $= \frac{10,01 + 11}{0,007} \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,02}$
 $= 50,2 \text{ m/s}$

$\Delta E_k = (E_{kp} + E_{kb}) - (E_{kp}' + E_{kb}')$
 $= (25,2004) - (0,04 + 10)$

Windows
Go to Settings to activate Windows.

Type here to search

8:11 AM
7/6/2018

$$= (1000 + 320) - (360 + 720)$$

$$= 1320 - 1080$$

$$= 240 \text{ J}$$

5.

$$v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh}$$

$$= \frac{(0,02 + 5)}{0,02} \sqrt{2 \times 10 \times 0,02}$$

$$= 50,2 \text{ m/s}$$

$$\Delta E_k = (E_{k_p} + E_{k_b}) - (E_{k_p}' + E_{k_b}')$$

$$= (25,2004) - (0,04 + 10)$$

$$= 25,2004 - 10,04$$

$$= 15,1604 \text{ J}$$

SUMBER

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fisika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
 Kanginan, M. (2006). *FISIKA untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
 Kanginan, M. (2013). *FISIKA untuk SMA/MA Kelas XII Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu Alam*. Jakarta: Erlangga.
 Nugroho, A. P., Indarti, & Syifa, N. H. (2016). *Fisika Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam Untuk SMA/MA Kelas X*. Sukakarta: CV Mediatama.
 Tipler, P. (1998). *FISIKA untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.

[www.physics. ditases 22 Jan 2014 pukul 09:34 WIB](https://www.youtube.com/watch?v=gss1Cc7b_U)
https://www.youtube.com/watch?v=gss1Cc7b_U
<https://www.youtube.com/watch?v=Xe2r6vvey2dE>
<https://www.youtube.com/watch?v=56CvQQdKaro>

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Gambar 4. 2 Desain *e-modul* yang dikembangkan

4. Validasi Desain

Tahap selanjutnya pada penelitian ini yaitu tahap validasi desain yang mana penilaian dilakukan oleh *judgement* ahli. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kevalidan desain bahan ajar berbasis *e-modul* yang dikembangkan. Uji validasi desain *e-modul* dilakukan oleh Dr. Afrizal Mayub, M.Kom, Desy Hanisa Putri, M.Si, dan guru fisika SMAN 2 Bengkulu Melyan Iponi, M.Pd, Si.

Berdasarkan hasil uji validitas aspek isi, terdiri dari 18 butir penilaian yang dilakukan oleh ahli I didapat bahwa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yang sudah dibuat berada dalam kategori valid dengan persentase 77,78% dari 100% persentase nilai validitas maksimum. Hasil uji validitas isi yang dilakukan oleh ahli II dan ahli III didapat bahwa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* berada dalam kategori sangat valid dengan persentase 81,11% dan 87,78%. Hasil validitas aspek isi pada desain bahan ajar berbasis *e-modul* secara lebih rinci dapat dilihat pada tabel 4. 2 berikut;

Tabel 4. 2 Hasil uji validitas aspek isi

Validator	Σx	Skor tertinggi	Rata-rata	Persentase	Kategori
Ahli I	70	5	3,88	77,78%	Valid
Ahli II	73	5	4,05	81,11%	Sangat Valid
Ahli III	79	5	4,38	87,78%	Sangat Valid
Total	222	5	4,11	82,22%	Sangat Valid

Uji validitas untuk aspek penyajian terdiri dari 12 butir penilaian yang harus terpenuhi. Berdasarkan hasil uji validitas aspek penyajian yang dilakukan oleh ahli I didapat bahwa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* berada dalam kategori valid dengan persentase 75,00%. Hasil uji validitas aspek penyajian yang dilakukan oleh ahli II dan ahlli III didapat bahwa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* berada dalam kategori sangat valid dengan persentase 81,67% dan 86,67%. Hasil validitas aspek penyajian pada desain bahan ajar berbasis *e-modul* secara lebih rinci dapat dilihat pada tabel 4. 3 berikut:

Tabel 4. 3 Hasil uji validitas aspek penyajian

Validator	Σx	Skor tertinggi	Rata-rata	Persentase	Kategori
Ahli I	45	5	3,75	75,00%	Valid
Ahli II	49	5	4,08	81,67%	Sangat Valid
Ahli III	52	5	4,33	86,67%	Sangat Valid
Total	146	5	4,05	81,11%	Sangat Valid

Uji validitas untuk aspek penyajian terdiri dari 8 butir penilaian yang harus terpenuhi. Berdasarkan hasil uji validitas aspek penyajian yang dilakukan oleh ahli I dan ahli II didapat bahwa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* berada dalam kategori valid dengan persentase 75,00% dan 77,50%. Hasil uji validitas aspek bahasa yang dilakukan oleh ahlli III didapat bahwa desain bahan ajar fisika

berbasis *e-modul* berada dalam kategori sangat valid dengan persentase 85,00%. Hasil validitas aspek bahasa pada desain bahan ajar berbasis *e-modul* secara lebih rinci dapat dilihat pada tabel 4. 4 berikut:

Tabel 4. 4 Hasil uji validitas bahasa

Validator	Σx	Skor tertinggi	Rata-rata	Persentase	Kategori
Ahli I	30	5	3,75	75,00%	Valid
Ahli II	31	5	3,87	77,50%	Valid
Ahli III	34	5	4,25	85,00%	Sangat Valid
Total	95	5	3,95	79,16%	Valid

Uji validitas untuk aspek penyajian terdiri dari 6 butir penilaian yang harus terpenuhi. Berdasarkan hasil uji validitas aspek penyajian yang dilakukan oleh ahli I dan ahli II didapat bahwa desain bahan aja fisika berbasis *e-modul* berada dalam kategori valid dengan persentase 73,33% dan 76,66%. Hasil uji validitas aspek media yang dilakukan oleh ahlli III didapat bahwa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* berada dalam kategori sangat valid dengan persentase 90,00% dan. Hasil validitas aspek media pada desain bahan ajar berbasis *e-modul* secara lebih rinci dapat dilihat pada tabel 4. 5 berikut:

Tabel 4. 5 Hasil uji validitas media

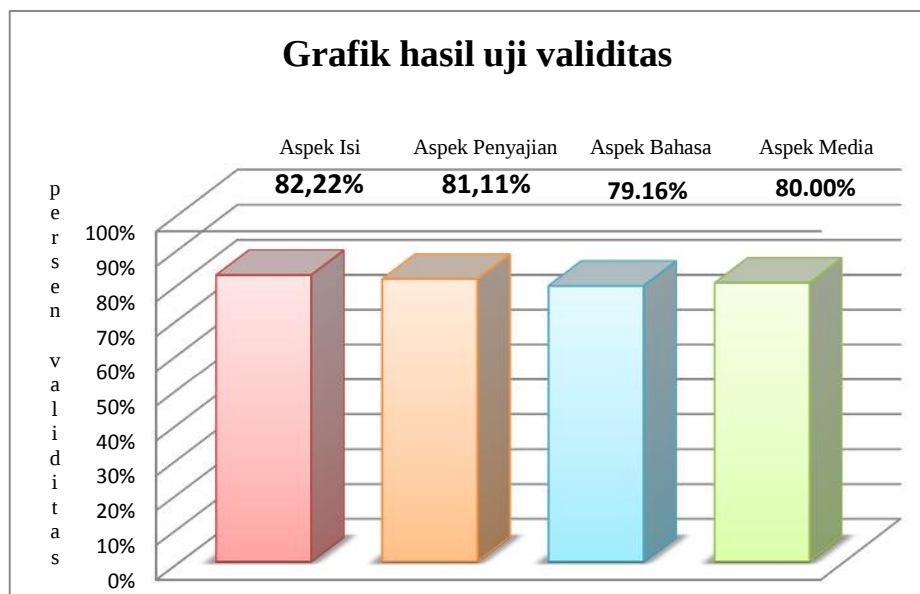
Validator	Σx	Skor tertinggi	Rata-rata	Persentase	Kategori
Ahli I	23	5	3,83	73,33%	Valid
Ahli II	25	5	4,16	76,66%	Valid
Ahli III	28	5	4,66	90,00%	Sangat Valid
Total	76	5	4,22	80,00%	Valid

Berdasarkan hasil akhir dari uji validitas isi, penyajian, bahasa, dan media dapat ditarik kesimpulan dari hasil yang telah di rata-ratakan bahwa desain bahan

ajar fisika berbasis *e-modul* yang dikembangkan telah tergolong dalam kategori valid dengan persentase rata-rata 80,62% dari 100%. Nilai rata-rata akhir menunjukkan bahwa bahan ajar fisika berbasis *e-modul* sudah memenuhi aspek isi, penyajian, bahasa dan media. Hasil akhir dari uji validitas desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, untuk lebih rincinya dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.4 berikut:

Tabel 4. 6 Hasil akhir uji validitas

ASPEK	NILAI RATA-RATA	KATEGORI
Isi	82,22%	Sangat Valid
Penyajian	81,11%	Sangat Valid
Bahasa	79,16%	Valid
Media	80,00%	Valid
Rata-rata	80,62%	Valid



Gambar 4. 3 Hasil uji validitas

Setelah mendapat hasil uji validitas selanjutnya dilakukan uji reliabilitas. Adapun hasil uji reliabilitas yang didapat pada hasil pengembangan desain bahan ajar berbasis *e-modul* dapat dilihat pada tabel 4. 7 berikut;

Tabel 4. 7 Hasil uji reliabilitas

No	Uji Validitas	Nilai Koefisien	Kategori
11	Isi	0,90	Reliabilitas sangat Tinggi
2	Penyajian	0,88	Reliabilitas Tinggi
3	Bahasa	0,79	Reliabilitas Tnggi
4	Media	0,91	Reliabilitas sangat Tinggi

5. Desain Teruji

Tahap terakhir pada penelitian pengembangan ini yaitu desain teruji, yang mana pada tahap ini telah dilakukan revisi berdasarkan saran dari validator agar menghasilkan desain teruji dari produk yang dikembangkan. Revisi yang dilakukan pada aspek isi yaitu perbaikan simbol dan kata yang salah, pada aspek penyajian dilakukan revisi pada keruntutan penyajian pada daftar isi dan kerapian penyusunan *e-modul*, dan pada aspek bahasa dilakukan revisi pada penambahan gambar. Adapun revisi yang telah dilakukan dapat dilihat seperti pada tabel 4. 8 berikut;

Tabel 4. 8 Revisi berdasarkan saran dari validator

No	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.	II. KEGIATAN PEMBELAJARAN A. Tujuan Pembelajaran B. Uraian Materi 1. Momentum 2. Impuls 3. Hubungan Momentum dan Impuls 4. Hukum Kekekalan Momentum 5. Tumbukan 6. Penerapan Hukum Kekekalan Momentum C. Rangkuman Materi D. Latihan Soal E. Penilaian Diri	II. KEGIATAN PEMBELAJARAN A. Tujuan Pembelajaran B. Uraian Materi 1. Momentum 2. Impuls 3. Hubungan Momentum dan Impuls 4. Tumbukan 5. Hukum Kekekalan Momentum 6. Penerapan Hukum Kekekalan Momentum C. Rangkuman Materi D. Latihan Soal E. Penilaian Diri
2.	1. MOMENTUM Momentum merupakan besaran vektor yang memiliki nilai dan arah sesuai berikut. $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$	1. MOMENTUM Apakah Momentum? Apakah kalian pernah melihat mobil yang mengalami kecelakaan? Perhatikan foto yang berikut dengan menggunakan kamera!  Gambar 1.1. Sesi foto mobil Setelah mengalami kecelakaan

No	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
3.	$m_p v_p + m_b v_b = m_p v' + m_b v'$ $m_p v_p + m_b (0) = m_p v' + m_b v'$ $m_p v_p = (m_p + m_b) v'$ Jadi, kecepatan peluru dan balok dinyatakan: $v' = \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)}$ Ketika berayun dan mencapai ketinggian h, sistem ini dipengaruhi oleh berat (pengaruh gravitasi). Balok dan peluru juga mengalami pe	Waktu yang digunakan peluru untuk bersarang di balok s caranya itu, tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem in $m_p v_p + m_b v_b = m_p v' + m_b v'$ $m_p v_p + m_b (0) = m_p v' + m_b v'$ $m_p v_p = (m_p + m_b) v'$ Jadi, kecepatan peluru dan balok dinyatakan: $v' = \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)}$
4.	Berdasarkan persamaan di atas, diperoleh hubungan sebaga $v' = \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)}$ $v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} v'$ $v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh}$ Keterangan: v_p = kecepatan awal peluru (m/s) m_p = massa peluru (kg) m_b = massa balok (kg) g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)	Berdasarkan persamaan di atas, diperoleh hubungan sebagai berikut $v' = \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)}$ $v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} v'$ $v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh}$ Keterangan: v_p = kecepatan awal peluru (m/s) m_p = massa peluru (kg) m_b = massa balok (kg) g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)
5.	d. Tumbukan tidak lenting sama sekali : $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$ sedangkan untuk menentukan kecepatan peluru pada ayunan balistik $v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh}$ Latihan Soal Sebuah bola bermassa 0,2 kg dipukul supaya bergerak menu	d. Tumbukan tidak lenting sama sekali : $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$ sedangkan untuk menentukan kecepatan peluru pada $v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh}$ Latihan Soal Sebuah bola bermassa 0,2 kg dipukul supaya bergerak menuju di
6.	Sebuah benda bermassa 5 kg bergerak dengan kecepatan 7 momentum benda adalah... A. 50 kgm/s D. 125 kgm/s B. 75 kgm/s E. 150 kgm/s C. 100 kgm/s	Sebuah benda bermassa 5 kg bergerak dengan kecepatan 72 km/jam, maka momentum be A. 50 kg m/s D. 125 kg m/s B. 75 kg m/s E. 150 kg m/s C. 100 kg m/s

No	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
7.	URAIAN : 1. $\Delta p = I$ $= F \cdot t \Delta$ $= 400 \text{ N} \times 0,2 \text{ s}$ $= 80 \text{ N s}$ 2. $e = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}} = \frac{\sqrt{0,7}}{\sqrt{2,5}} = 0,53$ 3. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ $2 \times 4 + 1 \times 3 = 2 \times v_1' + 1 \times (-1)$ $8 + 3 = 2 \times v_1' - 1$ $12 = 2 \times v_1'$ $v_1' = 6 \text{ m/s ke arah timur}$ 4. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ $20 \times 10 + 40 \times 4 = (20 + 40) \times v$ $200 + 160 = 60 \times v$ $360 = 60 \times v$ $V = 6 \text{ m/s}$ $\Delta E_k = (E_{kA} + E_{kB}) - (E_{kA}' + E_{kB}')$	URAIAN : 1. $\Delta p = I$ $= F \cdot t \Delta$ $= 400 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ s}$ $= 80 \text{ N s}$ 2. $e = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}} = \frac{\sqrt{0,7}}{\sqrt{2,5}} = 0,53$ 3. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ $2 \cdot 4 + 1 \cdot 3 = 2 \cdot v_1' + 1 \cdot (-1)$ $8 + 3 = 2 \cdot v_1' - 1$ $12 = 2 \cdot v_1'$ $v_1' = 6 \text{ m/s ke arah timur}$ 4. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ $20 \cdot 10 + 40 \cdot 4 = (20 + 40) \cdot v$ $200 + 160 = 60 \cdot v$ $360 = 60 \cdot v$ $V = 6 \text{ m/s}$ $\Delta E_k = (E_{kA} + E_{kB}) - (E_{kA}' + E_{kB}')$ $= (1000 + 320) - (360 + 720)$ $= 1320 - 1080$ $= 240 \text{ J}$

Setelah dilakukan revisi pada desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul*, maka desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* telah menjadi desain teruji yang merupakan produk akhir dari penelitian R & D dengan langkah level 1 menurut Sugiyono (2017), yang mana setelah dilakukan validitas oleh tim ahli dan telah dilakukan perbaikan, maka produk yang dikembangkan telah menjadi desain teruji.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengembangan bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yaitu; penetapan kompetensi dasar dan penyusunan materi pembelajaran berdasarkan silabus, kemudian menyusun unit modul berdasarkan materi yang telah disusun. setelah itu maka didapatkan hasil produk akhir berupa desain teruji, yaitu desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum yang valid dan reliabel. Pada kerangka desain *e-modul* yang dikembangkan mengalami perubahan, yang mana revisi pada kerangka desain *e-modul* dilakukan berdasarkan saran dari validator, sehingga kerangka desain *e-*

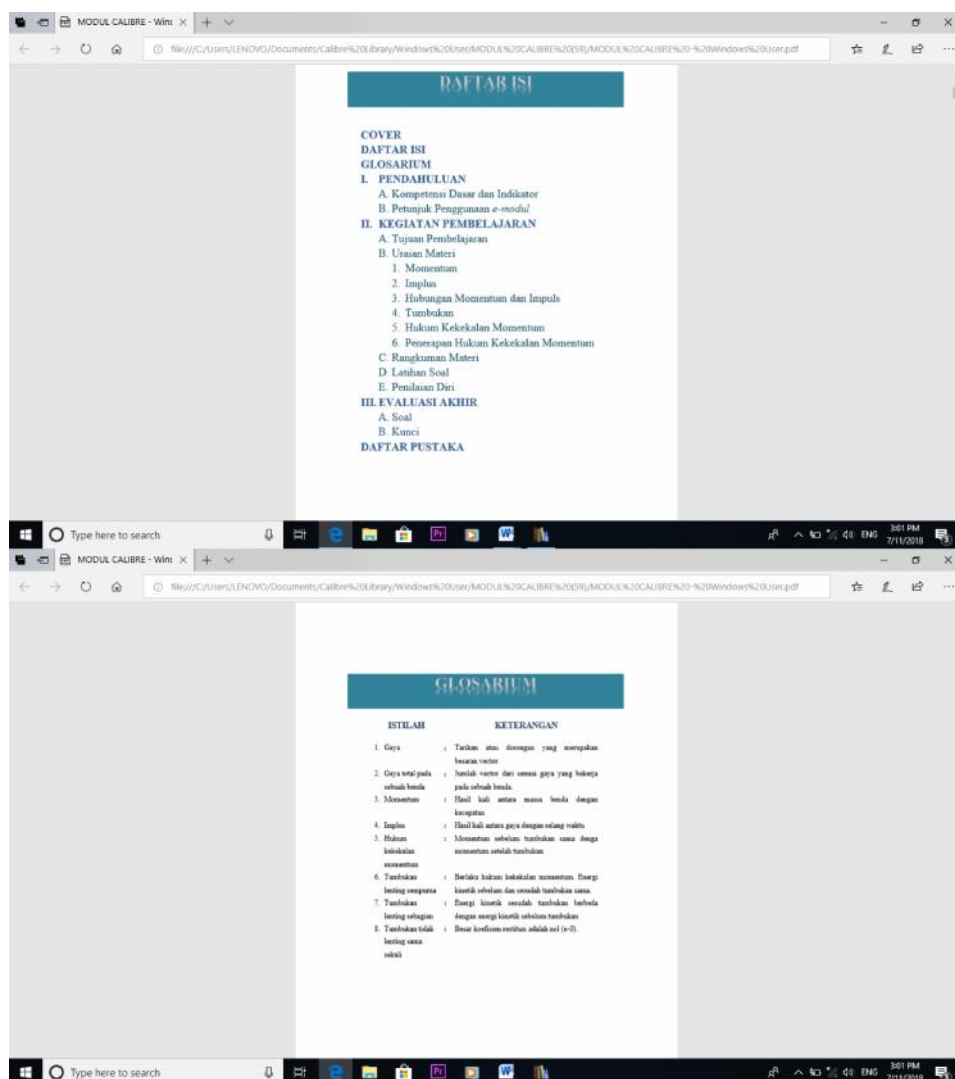
modul setelah dilakukannya revisi berubah menjadi seperti pada gambar 4. 4 berikut;

COVER	
DAFTAR ISI	
GLOSARIUM	
I. PENDAHULUAN	
A. Kompetensi Dasar dan Indikator	
B. Petunjuk Penggunaan <i>e-modul</i>	
II. KEGIATAN PEMBELAJARAN	
A. Tujuan Pembelajaran	
B. Uraian Materi	
1. Momentum	
2. Impuls	
3. Hubungan Momentum dan Impuls	
4. Tumbukan	
5. Hukum Kekekalan Momentum	
6. Penerapan Hukum Kekekalan Momentum	
C. Rangkuman Materi	
D. Latihan Soal	
E. Penilaian Diri	
III. EVALUASI AKHIR MODUL	
A. Soal	
B. Kunci	
DAFTAR PUSTAKA	

Gambar 4. 4 kerangka desain *e-modul* setelah direvisi

Berdasarkan kerangka desain *e-modul* yang telah direvisi, maka dilakukanlah perbaikan pada desain *e-modul* agar menjadi desain teruji yang merupakan tahap akhir dari penelitian pengembangan ini, dapat dilihat pada gambar 4. 5 berikut;

HASIL AKHIR PRODUK DESAIN BAHAN AJAR FISIKA BERBASIS E-MODUL PADA MATERI MOMENTUM



MODUL CALIBRE - Winx x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

I. PENDAHULUAN

Kompetensi Dasar :

3.10 Menentukan besaran-momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari.

4.10 Menganalisis hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuah bebas ke lantai dan roket sederhana.

Indikator Pencapaian Kompetensi :

3.10.1 Menentukan besaran-besaran fisika yang berhubungan dengan momentum dan impuls

3.10.2 Menjelaskan permasalahan yang berhubungan dengan tumbukan

3.10.3 Mengidentifikasi penerapan hukum kekekalan momentum

4.10.1 Mendemonstrasikan penerapan hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari

4.10.2 Melakukan percobaan hukum kekekalan momentum pada percobaan bola jatuah bebas ke lantai

4.10.3 Melakukan percobaan hukum kekekalan momentum pada percobaan roket sederhana

Petunjuk penggunaan e-modul :

Dalam mempelajari modul ini yang perlu kalian pahami adalah :

1. Pelajari target kompetensi dasar (KD) yang akan dicapai
2. Pahami materi dalam modul ini dan kerjakan soal latihan
3. Kerjakan soal latihan, Hitunglah skor yang kalian peroleh
4. Jika skor masih dibawah 8, maka baca kembali materinya sampai kalian paham
5. Jika skor kalian 8 (delapan), kalian bisa melanjutkan ke modul berikutnya

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Tujuan Pembelajaran

Sebelum memulai kegiatan pembelajaran, kalian harus mengetahui tujuan pembelajaran terlebih dahulu, agar agar pembelajaran dapat berhasil, berikut tujuan pembelajaran yang diharapkan tercapai :

3.10.1 Setelah melakukan pembelajaran peserta didik diharapkan mampu memahami besaran-besaran fisika yang berhubungan dengan momentum dan impuls

3.10.2 Setelah melakukan pembelajaran peserta didik diharapkan mampu menjelaskan permasalahan yang berhubungan dengan tumbukan

3.10.3 Setelah melakukan pembelajaran peserta didik diharapkan mampu mengidentifikasi penerapan hukum kekekalan momentum

4.10.1 Setelah melakukan pembelajaran peserta didik diharapkan mampu mendemonstrasikan penerapan hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari

4.10.2 Setelah melakukan percobaan peserta didik diharapkan mampu mengobservasi percobaan bola jatuah bebas ke lantai

4.10.3 Setelah melakukan percobaan peserta didik diharapkan mampu membuat roket sederhana

Uraian Materi

1. MOMENTUM

Apakah Momentum?

Apakah kalian pernah melihat mobil melaju dengan kecepatan tertentu?

Dan benda lain yang melaju dengan kecepatan tertentu?



Gambar 1.1 Kecepatan mobil
Sumber : www.bintang161

MODUL CALIBRE - Winx x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Type here to search

3:02 PM 7/11/2018

Modul CALIBRE - Wink x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Momentum adalah besaran vektor yang merupakan perkalian dari massa dan kecepatan dari suatu benda atau partikel yang memiliki nilai dan arah, dirumuskan sebagai berikut:

$$p = m \times v$$

dimana m adalah massa partikel dan v adalah kecepatannya

Keterangan:
 p = momentum (kg.m/s)
 m = massa benda (kg)
 v = kecepatan (m/s)

Berdasarkan persamaan di atas, terbayang bahwa semakin besar massa dan semakin cepat benda bergerak, maka momentumnya semakin besar. Misalnya, sebuah mobil yang melaju pelan, akan lebih mudah untuk dihentikan dibanding mobil yang melaju lebih cepat. Hal ini disebabkan momentum mobil yang bergerak pelan, lebih kecil daripada mobil yang melaju lebih cepat. Jika sebuah mobil mempunyai momentum P_1 dan sebuah truk mempunyai momentum P_2 , maka jumlah kedua momentum dinyatakan sama seperti penjumlahan vektor, sebagai berikut:

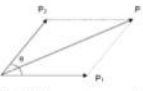
$$P = P_1 + P_2$$

Perhatikan Gambar 1.2, jika mobil bergerak mendahului truk 8 terhadap truk, maka besar momentum totalnya dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2 \cos 90^\circ}$$

MODUL CALIBRE - Wink x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf



Gambar 1.2 Penjumlahan dua momentum yang membentuk sudut 90°
Sumber: <http://www.kipppd.com/2011/07/momentum-dan-impuls-kekuatan-dasar-dan-2014/>

Contoh soal 1

Sebuah truk bergerak dengan kecepatan 72 km/jam. Jika massa truk 8 ton, hitunglah momentum truk tersebut!

Diketahui:
 $v = 72 \text{ km/jam};$
 $m = 8 \text{ ton}$

Ditanya: $p?$

Jawab:
 $v = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$
 $m = 8 \text{ ton} = 8.000 \text{ kg}$
 $p = m \times v$
 $= 8.000 \text{ kg} \times 20 \text{ m/s}$
 $= 160.000 \text{ kg.m/s}$
 Jadi, momentum truk sebesar $1,6 \times 10^5 \text{ kg.m/s}$.

MODUL CALIBRE - Wink x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

2. IMPULS

Impuls itu apa?
 Apakah kalian pernah menonton pertandingan baseball?



Gambar 1.3 Pertandingan baseball
Sumber: <http://www.scribd.com/doc/111111111/111111111>

Perhatikan Gambar 1.5 di atas, Gaya yang diberikan untuk menggerakkan benda dalam waktu tertentu disebut impuls. Impuls memiliki besaran vektor, yang merupakan hasil kali dari besar gaya F dengan besaran skalar selang waktu Δt . Arah impuls I searah dengan arah gaya impuls F . Secara matematis, impuls dinyatakan sebagai berikut:

$$I = F \Delta t = F (t_2 - t_1)$$

Keterangan:
 I = impuls (Ns)

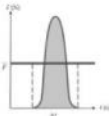
MODUL CALIBRE - Winx
file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

$F = \text{gaya (Newton)}$
 $\Delta t = \text{selang waktu (} t_2 - t_1 \text{)}$

Jika gaya yang bekerja merupakan fungsi waktu, maka impuls yang bekerja pada selang waktu dari t_1 sampai t_2 ditentukan dengan integral selang waktu :

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F(t) dt$$

Perhatikan Gambar 1.4 dengan cermat, menunjukkan grafik gaya terhadap selang waktu selama tumbukan. Grafik tersebut menggambarkan gaya pada bola biliar yang berinteraksi dengan tongkat pemukul, dari waktu t_1 ke t_2 . Impuls dapat ditentukan berdasarkan grafik tersebut.



Gambar 1.4 Gaya yang bekerja pada benda dapat bervariasi dalam selang waktu. Impuls adalah daerah di bawah gaya terhadap waktu
Sumber: <http://www.konradgwinthelibrary.org/eng/pdf/10427/112a.html>

Contoh soal 2

MODUL CALIBRE - Winx
file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Bola biliar yang bermassa 200 gram dipukul oleh Yoni menggunakan tongkat pemukul, dengan gaya 75 N jika selang waktu kontak antara tongkat pemukul dengan bola 0,3 sekon, berapakah impuls bola biliar?

Diketahui:

$$m = 200 \text{ gram} = 0,2 \text{ kg};$$

$$F = 75 \text{ N}; t = 0,3 \text{ s}$$

Ditanya: I?

Jawab:

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$= (75 \text{ N})(0,3 \text{ s})$$

$$= 22,5 \text{ Ns}$$

Jah, impuls bola biliar sebesar 22,5 Ns.

3. HUBUNGAN MOMENTUM DAN IMPULS

Adakah hubungan antara momentum dan impuls?

Impuls yang bekerja pada benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda itu, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awalnya. Sesuai dengan hukum II Newton, maka hubungan antara momentum dengan impuls adalah selang waktu berikut:

$$F = m \cdot a$$

MODUL CALIBRE - Winx
file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

dimana :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_0}{\Delta t}$$

$$F = m \left(\frac{v_2 - v_0}{\Delta t} \right)$$

$$\Delta p = m v_2 - m v_0$$

kurang :

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$F \Delta t = \Delta p$$

maka :

$$F \Delta t = m v_2 - m v_0$$

Sehingga persamaan hubungan antara momentum dan impuls adalah:

$$I = F \Delta t = m v_2 - m v_0$$

$$I = \Delta p = p_2 - p_1$$

4. TUMBUKAN

Apa yang terjadi jika dua mobil selagi dengan kecepatan masing-masing dan berlawanan arah?

Apa yang terjadi jika benda lainnya yang selagi dengan kecepatan dan arah masing-masing?

Dua apa yang terjadi jika kedua benda memiliki massa yang berbeda selagi dengan kecepatan dan arah masing-masing?

MODUL CALIBRE - Win x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf



Gambar 1.5 bola dan tongkat pemukul

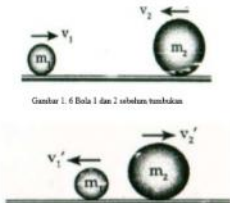
Sumber: <https://www.fisikastibah.com/2017/01/20/teori-momentum-dan-impuls.html>

Peristiwa tumbukan akan terjadi jika sebuah benda yang bergerak mengenai benda lain yang diam atau bergerak. Momentum linear total P dari sistem tidak berubah jika tidak ada gaya eksternal untuk mengubahnya. Jika energi kinetik tidak berubah setelah terjadinya tumbukan, maka energi kinetik sistem adalah tetap.

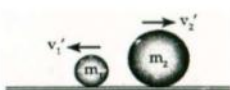
Tumbukan yang terjadi antara dua mobil atau bola dan tongkat pemukul, sejumlah energi ditransfer dari energi kinetik ke bentuk energi lainnya, seperti energi panas atau energi suara. Setiap benda yang bertumbukan mempunyai koefisien elastisitas atau elastisitas. Koefisien elastisitas ini disebut koefisien restitusi (e). Berdasarkan koefisien restitusinya, tumbukan dibedakan menjadi tiga, yaitu tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian, dan tumbukan tidak lenting sama sekali.

1) Tumbukan Lenting Sempurna

Tumbukan lenting sempurna adalah tumbukan di mana jumlah energi kinetik sistem sebelum tumbukan sama dengan jumlah energi kinetik sistem setelah tumbukan. "Jika energi kinetik tidak berubah setelah terjadinya tumbukan, maka energi kinetik sistem adalah tetap". Pada tumbukan lenting sempurna, berlaku hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi kinetik (Halliday, Resnick, & Walker, 2010)



Gambar 1.6 Bola 1 dan 2 sebelum tumbukan



Gambar 1.7 Bola 1 dan 2 setelah bertumbukan lenting sempurna

Pada gambar 1.6 dua buah bola dengan massa m_1 dan m_2 bergerak dengan kecepatan masing-masing v_1 dan v_2 pada suatu bidang datar. Pada gambar 1.7 bola-bola bertumbukan dan saling menjauh setelah tumbukan dan arah berlawanan, dengan kecepatan masing-masing v_1' dan v_2' .

Menerus hukum kekekalan momentum:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$m_1 v_1 - m_1 v_1' = m_2 v_2' - m_2 v_2$$

$$m_1 (v_1 - v_1') = m_2 (v_2' - v_2)$$

Jika tidak ada perubahan energi potensial dalam sistem, maka energi kinetik awal sama dengan energi kinetik akhirnya.

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 (v_1')^2 + \frac{1}{2} m_2 (v_2')^2$$

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 (v_1')^2 + m_2 (v_2')^2$$

$$m_1 v_1^2 - m_1 (v_1')^2 = m_2 (v_2')^2 - m_2 v_2^2$$

$$m_1 (v_1^2 - (v_1')^2) = m_2 (v_2'^2 - v_2^2)$$

$$m_1 (v_1 + v_1') (v_1 - v_1') = m_2 (v_2 + v_2') (v_2 - v_2')$$

Dengan menyederhanakan substitusi persamaan diatas, maka:

MODUL CALIBRE - Win x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

$$\begin{aligned}
 m_1(v_1 + v_1') &= m_2(v_2 + v_2') \\
 m_1(v_1' - v_2') &= m_2(v_2' - v_1) \\
 (v_1 + v_1') &= (v_2 + v_2') \\
 (v_1 - v_2) &= (v_2' - v_1') \\
 -(v_1 - v_2) &= (v_1' - v_2') \\
 -\frac{(v_1' - v_2')}{(v_2 - v_1)} &= 1
 \end{aligned}$$

Jika, dapat dinyatakan:

$$-\frac{\Delta v'}{\Delta v} = 1$$

Peramaan di atas menunjukkan bahwa koefisien restitusi untuk tumbukan lenting sempurna bernilai 1 (e koefisien restitusi) = 1

$$e = -\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 1$$

Contoh soal 3

Dua buah kelereng A dan B massanya sama. Kelereng A bergerak dengan kecepatan 3 m/s, menumbuk lurus kelereng B yang dalam keadaan diam. Jika terjadi tumbukan lenting sempurna, tentukan kecepatan kelereng A dan B setelah bertumbukan!

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= 3 \text{ m/s;} \\
 v_2 &= 0; \\
 m_1 &= m_2
 \end{aligned}$$

Ditanya: v_1' & v_2'

Jawab:

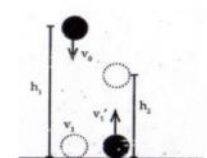
$$\begin{aligned}
 -\frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} &= 1 \\
 -\frac{(v_2' - 0)}{(0 - 3 \text{ m/s})} &= 1 \\
 -\frac{(v_2' - 0)}{(-3 \text{ m/s})} &= 1 \\
 v_2' - 0 &= 3 \text{ m/s} \\
 v_2' &= 3 \text{ m/s} + v_1' \\
 \text{Berdasarkan hukum kekekalan momentum, maka:} \\
 m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v_1' + m_2 v_2' \\
 v_1 + v_2 &= v_1' + v_2' \\
 3 \text{ m/s} + 0 &= v_1' + v_2' \\
 v_1' + v_2' &= 3 \text{ m/s} \\
 \text{Jika kedua persamaan diatas disubstitusikan, maka:} \\
 v_1' + 3 \text{ m/s} + v_1' &= 3 \text{ m/s} \\
 2v_1' &= 0 \text{ m/s} \\
 v_1' &= 0 \text{ m/s} \\
 v_1' &= 3 \text{ m/s} + v_1' \\
 -3 \text{ m/s} + 0 &= 3 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Jika, kecepatan kelereng A dan B setelah bertumbukan berturut-turut yaitu 0 m/s dan 3 m/s.

2) Tumbukan Lenting Sebagian

Pada tumbukan lenting sebagian, tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik. Tumbukan yang terjadi antara dua buah atau bola dan troklat pendul.

sejumlah energi ditransfer dari energi kinetik ke bentuk energi lainnya, seperti energi panas atau energi suara, sehingga energi kinetik sebelum tumbukan lebih besar dibandingkan energi kinetik setelah tumbukan ($E_0 > E_1$). Jadi, pada tumbukan lenting sebagian hanya berlaku hukum kekekalan momentum.



Gambar 1. 8 Tumbukan lenting sebagian antara bola dengan lantai

Pada gambar 1.8 bola dijatuhkan di atas lantai dengan kecepatan awal nol ($v_1 = 0$), pada ketinggian h_1 . Bola memiliki momentum setinggi h_1 , setelah bola menumbuk lantai. Pada gerak lurus, didapatkan bahwa:

$$\begin{aligned}
 v_1^2 &= v_0^2 + 2gh_1 \\
 &= 0 + 2gh_1 \\
 v_1 &= +\sqrt{2gh_1}
 \end{aligned}$$

MODUL CALIBRE - Win x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Type here to search

3:05 PM 7/11/2018

MODUL CALIBRE - Winx x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Selanjutnya, kecepatan bola menjadi v_1' .

$$v_1' = -\sqrt{2gh_2}$$

Berlaksunya persamaan di atas, tanda (-) disebabkan karena gerak bola ke atas, berlawanan arah dengan percepatan gravitasi Bumi. Karena $e = \frac{(v_1'^2 - v_1^2)}{v_1^2 - v_1^2}$ dan lintai tetap dalam keadaan Diam baik sebelum maupun setelah tumbukan dengan bola ($v_1 = v_1' = 0$), maka:

$$e = \frac{(v_1'^2 - v_1^2)}{v_1^2 - v_1^2}$$

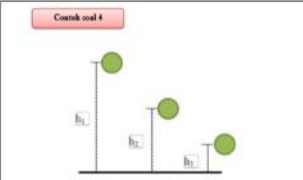
$$= \frac{(0 - (-\sqrt{2gh_2})^2)}{(0 - \sqrt{2gh_1})^2}$$

$$= \frac{-\sqrt{2gh_2}}{-\sqrt{2gh_1}}$$

Jadi, koefisien restitusi pada tumbukan lintai sebagai berikut:

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

Contoh soal 4



Pertukaran gambar di atas dengan contoh! Sebuah bola dijatuhkan dari ketinggian tertentu. Pada pantulan pertama, mencapai ketinggian 70 cm, dan pada pantulan kedua 30 cm. Tentukan tinggi bola mula-mula!

Diketahui:

$$h_1 = 70 \text{ cm}$$

$$h_2 = 30 \text{ cm}$$

Ditanya: h ?

Jawab: tinggi bola mula-mula adalah

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} = \sqrt{\frac{h_1}{h}}$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{h_1}{h}$$

$$h_2 = \frac{h_1^2}{h}$$

$$= \frac{(70 \text{ cm})^2}{30 \text{ cm}}$$

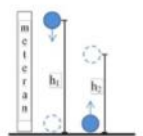
$$= 163,33 \text{ cm}$$

Percobaan 2 :

Judul Kegiatan : Mengamati koefisien restitusi pada tumbukan

Sifat Kegiatan : Kerja Kelompok

Alat dan Bahan : bola kasti, bola beksi, meteran



Gambar 1. 9 percobaan menentukan koefisien restitusi pada tumbukan

Langkah Kegiatan:

- 1) Buatlah kelompok yang terdiri dari 3-5 peserta didik!
- 2) Asseslah gambar 1.9 di atas dan buatlah langkah percobaan berikut!
- 3) Tempelkan meteran pada dinding!
- 4) Jatuhkan bola kasti dari ketinggian 1,5 meter (h_1)!
- 5) Ketika bola terpantul kembali, ukurlah perkiraan tinggi bola tersebut (h_2)!

MODUL CALIBRE - Winx x

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%2059/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

6) Ulangi langkah 4-5 di atas dengan menggunakan ketinggian bola 1,25 meter, 1 meter, 0,75 meter, dan 0,50 meter!

7) Ulangi langkah 4-6 diatas dengan menggunakan bola besi!

8) Susunan tabel di bawah ini untuk mencatat semua hasil percobaan!

No.	h	h	
		Bola Kertas	Bola Besi
1			
2			
3			
4			

9) Diskusikan bersama teman satu kelompok permasalahan berikut:

- Bandingkan h: bola kertas dengan bola besi, mengapa demikian?
- Tentukan koefisien restitusi kedua bola tersebut!
- Berilah kesimpulan mengenai koefisien restitusi sesuai dengan kegiatan yang telah kamu lakukan!

10) Susunlah laporan percobaan dengan sistematis: judul, tujuan, alat dan bahan, langkah kegiatan, data hasil percobaan, analisis, pembahasan, kesimpulan dan daftar pustaka!

11) Kesimpulan laporanmu kepada guru untuk mendapatkan penilaian!

Guru: akan menilai berdasarkan aspek: tanggung jawab melaksanakan percobaan, ketangkasan berupa sampel menggambar ketinggian pantulan bola, terampil menyajikan laporan percobaan.

3) Tentukan Tidak Lenting Sama Sekali

Pada tumbukan tidak lenting sama sekali, tidak berlaku hukum kekekalan energi kinetik, tetapi berlaku hukum kekekalan momentum, yaitu momentum total yang terjadi setelah tumbukan sama dengan momentum total yang terjadi sebelum tumbukan, dan persamaannya adalah:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

Jika setelah tumbukan kedua benda bergerak bersama-sama dengan kecepatan yang sama besar ($v' = v_1' = v_2'$). Karena $v_1' = v_2'$, maka koefisien restitusinya nol ($e = 0$). Karena:

$$e = \frac{(v_2' - v_1')}{v_1 - v_2} = 0$$

Maka:

$$\begin{aligned} m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ &= m_1 v' + m_2 v' \\ m_1 v_1 + m_2 v_2 &= (m_1 + m_2) v' \end{aligned}$$

5. HUKUM KEKEKALAN MOMENTUM

Untuk lebih memahami hukum kekekalan momentum, cobalah perhatikan

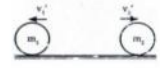
Gambar 1.10 Kedua bola sebelum bertumbukan

gambar 1.10 di bawah! Dua bola bermassa m_1 dan m_2 bergerak pada bidang datar dengan kecepatan masing-masing v_1 dan v_2 .



Gambar 1.10 Kedua bola sebelum bertumbukan

Bola pertama bergerak ke kanan, sedangkan bola kedua bergerak ke kiri. Diasumsikan bahwa ketika benda bergerak ke kanan, maka bernilai positif ($+$), dan ketika bergerak ke kiri negatif ($-$). Kedua bola kemudian bertumbukan dan setelah bertumbukan, bola pertama bergerak ke kiri sedangkan bola kedua bergerak ke kanan, dengan kecepatan masing-masing v_1' dan v_2' .



Gambar 1.11 Kedua bola saat bertumbukan

MODUL CALIBRE - Win x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Gambar 1.12 Kedua bola setelah bertumbukan

Ketika kedua bola bertumbukan seperti pada gambar 1.11, tidak ada gaya luar yang bekerja. Namun, yang bekerja gaya F_{12} pada benda 2 yang diinduksi benda 1, dan gaya F_{21} pada benda 1, yang diinduksi benda 2 seperti pada gambar 1.12. Kedua gaya merupakan pasangan aksi-reaksi, yang sesuai dengan hukum III Newton.

$$F_{121} = -F_{212}$$

$$F_{12} = -F_{21}$$

$$F_{12}\Delta t = -F_{21}\Delta t$$

$$\Delta p_1 = -\Delta p_2$$

$$m(v_2' - v_1) = -m(v_2' - v_1)$$

$$m_1v_1' - m_1v_1 = -m_2v_2' - m_2v_2$$

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$$

Keterangan:

- m_1 = massa benda 1 (kg)
- v_1 = kecepatan benda 1 sebelum tumbukan (m/s)
- v_1' = kecepatan benda 1 setelah tumbukan (m/s)
- m_2 = massa benda 2 (kg)
- v_2 = kecepatan benda 2 sebelum tumbukan (m/s)
- v_2' = kecepatan benda 2 setelah tumbukan (m/s)

Persamaan di atas dikenal sebagai hukum kekekalan momentum. Hukum kekekalan momentum berbunyi: "Jika tidak ada gaya yang bekerja pada suatu benda atau gaya luar benda adalah nol, maka kecepatan pusat massa benda tersebut adalah konstan dan momentum total benda tersebut kekal, artinya momentum selamanya tetap konstan."

Contoh soal 5

Sebuah peluru bermassa 20 gram ditembakkan dari senapan dengan laju 800 m/s. Jika massa senapan 2 kg, tentukan kecepatan senapan mendorong balok penerus!

Diketahui:

- $m_p = 20 \text{ gram} = 0,02 \text{ kg}$
- $m_s = 2 \text{ kg}$
- $v_p = 800 \text{ m/s}$

Ditanya: v_s' ?

Jawab:

$$m_p v_p + m_s v_s = m_p v_p' + m_s v_s'$$

Karena sebelum tumbukan $v_s = v_s' = 0$, maka:

$$0 = (0,02 \text{ kg})(800 \text{ m/s}) + (2 \text{ kg}) v_s'$$

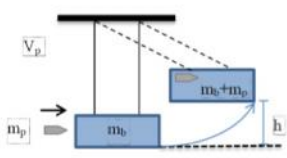
$$v_s' = \frac{-16 \text{ kg m/s}}{2 \text{ kg}} = -8 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan senapan mendorong balok penerus sebesar 8 m/s ke arah kiri atau berlawanan dengan arah gerak peluru saat ditembakkan.

6. PENERAPAN HUKUM KEKALAN MOMENTUM

1) Ayunan balistik

Ayunan balistik merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengukur kecepatan sebuah peluru.



Gambar 1.13 Ayunan balistik

Pada gambar 1.13 sebuah peluru dengan kecepatan v_p dan bermassa m_p , ditembakkan ke balok kayu yang diam, dengan massa m_b , sehingga menyebabkan peluru berenang di dalam balok kayu tersebut. Ketika bertumbukan dan peluru berenang di dalam balok, balok berayun sampai pada ketinggian h . Balok dan peluru bergerak bersamaan dengan kecepatan sama ($v_p' = v_s' = v'$). Oleh sebab itu, peristiwa tumbukan ini

MODUL CALIBRE - Win x + v

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Type here to search

3:07 PM 7/11/2018

tersebut dalam turunkan tidak lentang sama sekali.

Waktu yang digunakan peluru untuk bergerak di balik sangat singkat, dan peluru akan diam sebelum balok benar-benar terbalik bergeser atau menyimpang. Oleh karena itu, tidak ada gaya luar yang bekerja pada sistem ini dan berlaku hukum kekekalan momentum.

$$m_p v_p + m_b v_b = m_p v_p' + m_b v_b'$$

$$m_p v_p + m_b (0) = m_p v_p' + m_b v_b'$$

$$m_p v_p = (m_p + m_b) v'$$

Jadi, kecepatan peluru dan balok dinyatakan:

$$v' = \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)}$$

Ketika berayun dan mencapai ketinggian h , sistem ini dipengaruhi oleh gaya luar, yaitu gaya berat (pengaruh gravitasi). Balok dan peluru juga mengalami perubahan energi kinetik menjadi energi potensial gravitasi ketika mencapai ketinggian maksimum, kemudian balok dan peluru berayun kembali ke bawah. Oleh sebab itu, berlaku hukum kekekalan energi mekanik.

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2}$$

$$\frac{1}{2} (m_p + m_b) (v')^2 = (m_p + m_b) gh$$

$$\frac{1}{2} (v')^2 = gh$$

$$v' = \sqrt{2gh}$$

Berikan persamaan di atas, diperoleh hubungan sebagai berikut:

$$v' = \frac{m_p v_p}{(m_p + m_b)}$$

$$v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} v'$$

$$v_p = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh}$$

Keterangan:

- v_p = kecepatan awal peluru (m/s)
- m_p = massa peluru (kg)
- m_b = massa balok (kg)
- g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

2) Peluncuran Roket



Gambar 1.14 Peluncuran Roket

Sumber: <http://www.4mat.com/101/101/roket-mengapung-selama-lap-anggota.html>

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu tentu sering mendengar istilah roket. Bagaimanakah prinsip peluncuran roket? Berikut penjelasannya!

Peluncuran roket merupakan penerapan dari hukum ketiga Newton dan kekekalan momentum. Roket mampu melobos ke angkasa karena di-dorong oleh semburan bahan bakar. Bahan bakar roket menimbulkan tekanan ekspansi, yaitu bahan kimia yang mengandung oksigen. Ketika terbakar, bahan bakar dan oksidator diampur dan difusor bersama-sama. Selama proses, bahan bakar akan berubah menjadi gas panas. Gas kemudian didorong keluar melalui lubang jet di bagian ekor roket sehingga roket mampu meninggalkan (bertolak) dari Bumi.

Semakin berat suatu kargo, maka semakin banyak bahan bakar yang

dihasilkan. Namun, semakin besar bahan bakar, akan mempengaruhi berat roket. Artinya, semakin sedikit bahan bakar, maka berat roket akan semakin berkurang. Misalnya, sebuah roket bermassa m , bergerak dengan kelajuan awal v . Setelah selang waktu Δt , roket akan mengalami pemampatan massa ($m - \Delta m$), dan bergerak dengan kelajuan ($v + \Delta v$). Namun, momentum yang hilang yang hilang akibat gas yang dilepaskan sama dengan momentum yang diperoleh roket.

Percobaan 2 :

Judul Kegiatan : Peluncuran roket sederhana
 Jenis Kegiatan : Kerja Kelompok
 Alat dan Bahan :

- 1) Set peralatan roket air
- 2) Air
- 3) Kertas pengamplas atau tissue peluncuran
- 4) Pompa sepeda (kompresor)
- 5) Pengukur tekanan
- 6) Pengukur besar dorong
- 7) Stop watch
- 8) Mistar/jangka sorong
- 9) Meteran
- 10) Neraca obus

Gambar 1.13 roket sederhana
 Sumber: <https://www.google.com/search?q=rocket+water+launcher>

Langkah Kegiatan:

- 1) Lakukan percobaan bersama teman kelompok!
- 2) Perhatikan gambar 1.15, rancang roket sederhana dengan ketinggian guru!
- 3) Diskusikan bersama teman satu kelompoknya permasalahan berikut:
 - a) Bagaimana cara kerja roket air?
 - b) Apa penyebab roket air dapat meluncur keatas?
 - c) Apakah jenis air yang dimasukkan akan berpengaruh terhadap jarak luncur roket?
- 4) Setelah laporan percobaan dengan sistematika judul, tujuan, alat dan bahan, langkah kegiatan, analisis hasil percobaan, pembahasan, kesimpulan dan daftar pustaka!
- 5) Kumpulkan laporan kepada guru untuk mendapatkan penilaian!

Guru akan menilai berdasarkan aspek: tanggung jawab melaksanakan percobaan, keterampilan berupa terampil membuat roket sederhana, terampil menyajikan laporan percobaan.

Rangkuman Materi

1. momentum suatu benda didefinisikan sebagai hasil kali massa benda dengan kecepatan gerak benda tersebut. Secara matematis ditulis:

$$p = m \times v$$
2. Impuls adalah (vektur) besaran antara jari pemukul dan target yang diperoleh sangat singkat) atau ketika diperoleh lebih lambat (vektur) besaran antara jari pemukul dan target yang diperoleh lebih lambat

$$I = F \Delta t = F (t_2 - t_1)$$
3. Sedangkan hubungan antara momentum dan Impuls adalah:

$$I = F \Delta t = m v_2 - m v_1$$
4. Hukum kekekalan momentum

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$
 Momentum sebelum tumbukan = momentum setelah tumbukan
5. Tumbukan terbagi atas 2 jenis, yaitu tumbukan lenting sempurna, tumbukan lenting sebagian, dan tumbukan lenting tidak lenting sama sekali.
 - a. Tumbukan lenting sempurna:

$$e = \frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 1$$
 - b. Tumbukan lenting sebagian:

$$e = \frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} < 1 \quad (0 < e < 1)$$
 - c. Tumbukan tidak lenting sama sekali:

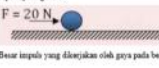
$$e = \frac{(v_2' - v_1')}{(v_2 - v_1)} = 0$$

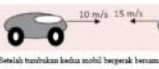
sedangkan untuk menentukan kecepatan peluru pada saat ditembakkan ke ayunan balistik

$$v_y = \frac{(m_p + m_b)}{m_p} \sqrt{2gh}$$

Latihan Soal

- Sebuah bola bermassa 0,2 kg dipukul sekuat tenaga bergerak menuju dinding tegak seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.


Rak bola mengenai dinding dengan kelajuan 60 m/s dan terpantul dengan kelajuan 40 m/s, maka impuls yang disebabkan oleh tabrakan tersebut adalah
- Benda bermassa 4,0 kg diberi gaya $F = 20 \text{ N}$ selama 1 detik sesuai dengan benda seperti pada gambar.


Besar impuls yang diberikan oleh gaya pada benda adalah
- Dua orang anak yang massanya masing-masing 50 kg berada dalam perahu yang massanya 100 kg, bergerak dengan kelajuan 5 m/s. Salah satu anak melompat kedepan perahu dengan kelajuan 1 m/s. Berapakah kelajuan perahu sekarang?
- Dua mobil ($m_1 = m_2$) bergerak searah satu sama lain seperti ditunjukkan dalam gambar.


Setelah tabrakan kedua mobil bergerak bersama dengan kelajuan ... m/s.
 5. Seberikan jenis-jenis tabrakan!

Penilaian Diri

Isilahlah isi pernyataan berikut dengan jujur, sesuai dengan kemampuan diri anda!

NO	PERTANYAAN	YA	TIDAK
1.	Mampu menjelaskan definisi dari momentum		
2.	Mampu menyebutkan contoh-contoh dari momentum		
3.	Mampu menjelaskan definisi dari impuls		
4.	Mampu menyebutkan contoh-contoh dari momentum		
5.	Mampu menjelaskan hubungan antara momentum dan impuls		
6.	Mampu menjelaskan hukum kekekalan momentum		
7.	Mampu menyebutkan contoh-contoh hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari		
8.	Mampu menjelaskan cara kerja ayunan balistik		
9.	Mampu menjelaskan jenis-jenis tabrakan		
10.	Mampu menjelaskan nilai koefisien restitusi pada benda jatuh bebas ke lantai		

III. EVALUASI AKHIR

SOAL

Kerjakan soal-soal berikut dengan menuliskan jawaban yang paling tepat!

PILIHAN GANDA :

- Nilai koefisien restitusi untuk tabrakan tidak lenting sama sekali adalah
 A. Kurang dari 1 D. 0 < e < 1
 B. Lebih dari 1 E. 0
 C. 1
- Pada tabrakan lenting sempurna berlaku hukum kekekalan
 A. energi kinetik
 B. energi potensial
 C. momentum
 D. momentum dan energi kinetik
 E. momentum dan energi potensial
- Sebuah benda bermassa 5 kg bergerak dengan kelajuan 72 km/jam, maka momentum benda adalah
 A. 50 kg m/s D. 125 kg m/s
 B. 75 kg m/s E. 150 kg m/s
 C. 100 kg m/s
- Gaya sebesar 10 N bekerja pada sebuah benda sehingga benda mengalami perubahan 50 kg m/s, lama gaya bekerja pada benda
 A. 3 s D. 6 s
 B. 4 s E. 7 s
 C. 5 s

MODUL CALIBRE - Winx x +

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

5. Bola kecil yang massanya 0,1 kg dilempar horizontal ke kanan dengan kecepatan 20 m/s, lalu dipukul dan bergerak dengan kecepatan 60 m/s ke kiri. Jika kontak bola dan pemukul terjadi selama 0,0001 sekon, maka besar impuls yang diberikan pemukul pada bola adalah ...
A. 4 Ns D. 7 Ns
B. 5 Ns E. 8 Ns
C. 6 Ns

6. Sebuah senapan mempunyai massa 4 kg, tepat sasaran ketika menembakkan peluru yang bermassa 10 gram pada sudut terang. Jika kecepatan peluru saat ditembakkan 500 m/s, maka kecepatan gerak senapan pada saat peluru meledak adalah ...
A. 0,5 m/s D. 200 m/s
B. 1,25 m/s E. 1.250 m/s
C. 12,5 m/s

7. Dua buah bola A dan B dengan massa sama bergerak saling mendekati, dengan kecepatan $V_1 = 1 \text{ m/s}$ dan $V_2 = 2 \text{ m/s}$. Bila A ke kanan dan B ke kiri. Keduanya bertumbukan secara lenting sempurna, maka kecepatan bola A sesaat setelah tumbukan adalah ...
A. 1 m/s ke kanan D. 2 m/s ke kiri
B. 1 m/s ke kiri E. 3 m/s ke kanan
C. 2 m/s ke kanan

8. Sebuah benda bergerak dengan momentum yang besarnya p. tiba-tiba benda itu pecah menjadi dua bagian yang masing-masing besar mommentumnya p. dan p. dalam arah yang saling tegak lurus, maka ...
A. $P = p_1 + p_2$ D. $P = (p_1^2 + p_2^2)^{1/2}$
B. $P = p_1 - p_2$ E. $P = (p_1^2 - p_2^2)^{1/2}$
C. $P = p_1 \cdot p_2$

9. Jika dua buah benda mempunyai momentum yang sama tetapi massanya berbeda, maka benda yang memiliki lebih besar mempunyai energi kinetik lebih besar.
JAWAB
Energi kinetik suatu benda berbanding lurus dengan massanya dan berbanding terbalik dengan mommentum
A. Kedua pernyataan benar dan keduanya mempunyai hubungan sebab akibat
B. Kedua pernyataan benar tetapi tidak mempunyai hubungan sebab akibat
C. Pernyataan pertama benar sedangkan pernyataan kedua salah
D. Pernyataan pertama salah sedangkan pernyataan kedua benar
E. Kedua pernyataan tersebut salah

10. Dua buah benda yang bertumbukan tidak lenting sama sekali mempunyai kecepatan sama setelah tumbukan
JAWAB
Tumbukan tidak lenting sama sekali hanya menggunakan hukum kekekalan mommentum saja.
A. Kedua pernyataan benar dan keduanya mempunyai hubungan sebab akibat
B. Kedua pernyataan benar tetapi tidak mempunyai hubungan sebab akibat
C. Pernyataan pertama benar sedangkan pernyataan kedua salah
D. Pernyataan pertama salah sedangkan pernyataan kedua benar
E. Kedua pernyataan tersebut salah

CRAIAN :
1. Dalam suatu permainan sepak bola, Brazi Ditani melakukan tendangan penalti. Tepat setelah ditendang, bola melatipung dengan kecepatan 30 m/s. Bila gaya beratnya 450 N dan waktu Brazi menyentak bola selama 0,2 s, tentukan perubahan momentumnya dan massa bola!
2. Tiga orang siswa melakukan pengukuran untuk mengetahui konstanta gesekan sebuah

bola. Mereka mencatatkan sebuah bola dari ketinggian 2,5 m, kemudian melepaski hingga mencapai ketinggian 0,7 m. Berapakah koefisien gesekan antara lantai dan bola itu?

3. Benda A dan benda B masing-masing massanya 2 kg dan 1 kg. Benda A bergerak ke timur dengan laju 4 m/s, menembuh benda B yang sedang bergerak ke barat dengan laju 3 m/s. Jika setelah tumbukan benda B bergerak ke timur 1 m/s, berapakah kecepatan dan arah benda A setelah tumbukan?

4. Dua buah benda A dan B yang masing-masing massanya 20 kg dan 40 kg bergerak sejajar lurus saling mendekati. A bergerak dengan kecepatan 10 m/s dan B bergerak dengan kecepatan 4 m/s. kedua benda kemudian bertumbukan tidak lenting sama sekali hitung energi kinetik yang hilang!

5. Sebuah peluru massanya 20 gram ditembakkan pada sasaran berikut yang massanya 5 kg, sehingga sasaran naik 0,2 m setelah tumbukan. Peluru mengenai di dalam sasaran. Hitunglah energi yang hilang!

Kunci Jawaban

PILIHAN GANDA :

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

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

Type here to search

MODUL CALIBRE - Winx x +

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

MODUL CALIBRE - Winx x +

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Type here to search

MODUL CALIBRE - Winx x +

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

Type here to search

MODUL CALIBRE - Winx x +

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/Calibre%20Library/Windows%20User/MODUL%20CALIBRE%20(59)/MODUL%20CALIBRE%20-%20Windows%20User.pdf

B. Pembahasan

Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian pengembangan ini adalah pengembangan pada desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum. Pengembangan dilakukan menggunakan langkah penelitian R & D dengan tipe rancangan level 1. Adapun langkahnya yaitu, potensi masalah, studi literatur dan pengumpulan informasi, desain produk, validasi desain dan desain teruji. tujuan pada penelitian ini adalah menghasilkan desain bahan ajar fisika

berbasis *e-modul* pada materi momentum di SMAN 2 Kota Bengkulu yang dapat dijadikan sebagai sumber belajar bagi siswa dan dapat menjadi contoh dalam mendesain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* bagi guru.

Pada penelitian pengembangan ini langkah pertama adalah mengidentifikasi potensi dan masalah. Potensi yang didapat di SMAN 2 Kota Bengkulu adalah sudah diterapkannya kurikulum 2013, di SMAN 2 Kota Bengkulu di fasilitasi 4 ruang laboratorium komputer dan juga tersedia jaringan internet, sehingga dapat mendukung pengembangan bahan ajar fisika berbasis *e-modul*. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan terdapat identifikasi masalah yaitu, masih kurangnya bahan ajar fisika.

Langkah selanjutnya yaitu studi literatur dan pengumpulan informasi, studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan teori yang mendukung pengembangan produk ini. Produk yang dikembangkan pada penelitian ini adalah bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yang digunakan sebagai sumber ajar bagi guru dan sebagai sumber belajar bagi siswa, yang mana telah di terapkannya kurikulum 2013 yang menuntut siswa untuk dapat melakukan pembelajaran secara mandiri dan memanfaatkan peran teknologi informasi dan komunikasi. Berdasarkan penelitian yang relevan dapat disimpulkan bahwa perlu adanya pengembangan *e-modul* yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan belajar, agar siswa dapat melakukan pembelajaran secara mandiri.

Untuk mendukung studi literatur maka selanjutnya dilakukan pengumpulan informasi. Pengumpulan informasi dilakukan menggunakan angket kebutuhan *e-modul* yang di isi oleh guru dan siswa. Hasil yang di dapat dari angket kebutuhan *e-modul* di SMAN 2 Kota Bengkulu di kelas X MIPA D yang di isi oleh 27 siswa

yaitu hanya 1 siswa yang tidak tertarik untuk mengikuti pembelajaran fisika. Dari 27 siswa terdapat 2 siswa yang tidak mengalami kesulitan dalam pembelajaran fisika pada materi momentum, namun terdapat 4 siswa yang sangat kesulitan dalam pembelajaran fisika pada materi momentum, sedangkan siswa lainnya cukup kesulitan dalam pembelajaran fisika pada materi momentum.

Dari 27 siswa hanya 3 siswa yang memiliki buku cetak sendiri, sedangkan siswa lainnya hanya memiliki bahan ajar lks. Semua siswa di kelas X MIPA D membutuhkan sumber bahan ajar lain selain yang sudah tersedia dan tertarik belajar fisika menggunakan *e-modul*. Semua siswa di kelas X MIPA D mempunyai *handphone* berbasis *android*, *handphone* berbasis *android* yang dimiliki siswa digunakan untuk media social, bermain game, browsing dan berkomunikasi. Sebanyak 4 siswa menggunakan *handphone* berbasis *android* lebih dari 5 jam, hanya 8 siswa yang menggunakan *handphone* berbasis *android* untuk membaca artikel online.

Langkah selanjutnya adalah desain produk, desain produk merupakan langkah awal untuk tahap pengembangan produk. Langkah pembuatan *e-modul*, yang pertama dilakukan perencanaan perumusan unit modul terlebih dahulu, meliputi silabus, kompetensi inti, kompetensi dasar serta materi pembelajaran, materi yang digunakan pada penelitian pengembangan bahan ajar fisika berbasis *e-modul* adalah materi momentum. Berdasarkan silabus, kompetensi dasar pada materi momentum yaitu ; 3.10) Menerapkan konsep momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari. 4.10) Menyajikan hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuh

bebas ke lantai dan roket sederhana. Materi pada desain e-modul di kutip dari beberapa buku sesuai kebutuhan e-modul yang dibuat.

Setelah menetapkan kompetensi dasar berdasarkan silabus selanjutnya merumuskan tujuan pembelajaran, adapun tujuan pembelajaran pada materi momentum yaitu, (3.10.1) Memahami besaran-besaran fisika yang berhubungan dengan momentum dan impuls; (3.10.2) Menjelaskan permasalahan yang berhubungan dengan tumbukan; (3.10.3) Mengidentifikasi penerapan hukum kekekalan momentum; (4.10.1) Mendemonstrasikan penerapan hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari; (4.10.2) Melakukan percobaan hukum kekekalan momentum pada percobaan bola jatuh bebas ke lantai; dan (4.10.3.) Melakukan percobaan hukum kekekalan momentum pada percobaan roket sederhana.

Desain e-modul yang dikembangkan terdiri dari Judul (sampul), Daftar isi, glosarium, pendahuluan, kegiatan pembelajaran dan evaluasi akhir modul. Pendahuluan berisi kompetensi dasar dan indikator dan petunjuk penggunaan e-modul, pada kegiatan pembelajaran berisi tujuan pembelajaran, uraian materi, rangkuman materi, latihan soal dan penilaian diri, dan pada evaluasi akhir modul berisi soal dan kunci jawaban.

Setelah desain produk tahap selanjutnya validasi desain, pada tahap ini *e-modul* diuji validitas oleh *judgement* ahli dan guru fisika SMAN 2 Kota Bengkulu menggunakan angket validasi. Penilaian angket validasi terdiri dari aspek isi, aspek penyajian, aspek bahasa dan aspek media. Pada penilaian aspek isi terdapat empat indikator penilaian dan delapan belas butir penilaian yang sudah terpenuhi. Pada penilaian aspek penyajian terdapat tiga indikator penilaian dan

dua belas butir penilaian yang sudah terpenuhi. Pada penilaian aspek bahasa terdapat lima indikator penilaian dan delapan butir penilaian yang sudah terpenuhi dan pada penilaian aspek media terdapat enam indikator penilaian.

Berdasarkan hasil uji validitas aspek isi, penyajian, bahasa dan media yang dilakukan oleh tiga *judgement* ahli disimpulkan bahwa desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* yang dikembangkan merupakan desain yang sangat valid dengan persentase hasil uji validitas rata-rata 80,62%. Setelah mendapat hasil uji validitas selanjutnya dilakukan uji reliabilitas, hasil uji reliabilitas yang didapat pada dari keempat aspek berada dalam kategori reliabilitas tinggi, dengan nilai koefisien aspek isi 0,90, aspek penyajian 0,88, aspek bahasa 0,79 dan aspek media 0,91.

Revisi yang dilakukan pada desain bahan ajar berbasis *e-modul* berdasarkan dari saran validator, agar menghasilkan produk akhir yang sesuai dengan kriteria. Produk akhir yang telah direvisi merupakan tahap akhir dari penelitian pengembangan rancangan level 1 menurut Sugiyono (2017) yaitu desain teruji yang merupakan hasil uji internal dan perbaikan dari tim ahli. Revisi yang dilakukan yaitu perbaikan kata yang salah ketik, perbaikan simbol, penambahan gambar, perbaikan susunan keruntutan materi dan perbaikan tata letak *e-modul*.

Pada pengembangan bahan ajar fisika berbasis *e-modul* terdapat beberapa kendala. Kendala yang dihadapi yaitu menyusun tata letak gambar dan materi agar terlihat rapi, selain terdapat kendala pada pengembangan produk, juga terdapat pula kelebihan dan keterbatasan dari produk yang dikembangkan. Kelebihannya yaitu, *e-modul* dapat digunakan sebagai bahan ajar yang mudah digunakan dan tersedia lebih banyak gambar, adapun keterbatasan bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum yaitu *e-modul* yang dikembangkan masih

tergolong sederhana dan tidak terdapat video. Kelebihan dari aplikasi *calibre* yaitu aplikasi *calibre* merupakan aplikasi tanpa berbayar dan tidak memerlukan aplikasi *software* pembaca *e-book*, dan kelemahan dari aplikasi *calibre* yang digunakan yaitu tidak mendukung format video.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengembangan dan pembahasan yang dilakukan, didapatkan desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum di SMAN 2 Kota Bengkulu yang valid dan reliable.

B. Saran

Berdasarkan penelitian pengembangan desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum, maka didapat saran sebagai berikut;

1. Agar penomoran atau point-point terlihat rapi sebaiknya gunakan tabel, seperti pada penyusunan pilihan ganda.
2. Agar posisi gambar terlihat rapi atur posisi gambar menjadi *in line with text*.
3. Agar posisi tabel terlihat rapi atur tabel menjadi *center text*.
4. Desain bahan ajar fisika berbasis *e-modul* pada materi momentum yang telah dikembangkan dapat digunakan dalam pembelajaran fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, A. (2014). *Media Pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Baskara, K. W., Wirawan, M. A., & Pradnyana, G. A. (2017, Januari 1). Pengembangan E-Modul Berbasis Model Pembelajaran Discovery Learning Pada Mata Pelajaran "Sistem Komputer" Untuk Siswa Kelas X Multimedia Smk Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 41.
- Darmawan, D. (2013). *Teknologi Pembelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Fausih, M. (2015). Pengembangan Media E-Modul Mata Pelajaran Produktif Pokok Bahasan "Instalasi Jaringan Lan (Local Area Network)" Untuk Siswa Kelas Xi Jurusan Teknik Komputer Jaringan Di Smk Nengeri 1 Labang Bangkalan Madura. *Volume 01 Nomor 01 Tahun 2015*, 1 - 9, 1.
- Fitria, T. N., & Heliawan, Y. A. (2017, Januari). Meningkatkan Kemampuan Mahasiswa Prodi S1 Akuntansi Dalam Memahami Buku, e-book dan Artikel/Jurnal Akuntansi Berbahasa Inggris. *Jurnal Akuntansi dan Pajak*, 17, 5-6.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fisika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Jihad, A., & Haris, A. (2012). *Evaluasi Pembelajaran*. Yogyakarta: Multi Pressindo.
- Kanginan, M. (2006). *FISIKA untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Kanginan, M. (2013). *FISIKA untuk SMA/MA Kelas XI Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu Alam*. Jakarta: Erlangga.
- Lestari, W. D. (2017, Februari). Pengembangan Media Pembelajaran Menulis Teks Deskripsi Siswa Kelas VII SMP Negeri 12 Malang. *NOSI*, 5, 239.
- Majid, A. (2007). *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung: PT REMAJA ROSDAKARYA.
- Muhson, A. (2010). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Jurnal Pendidikan Akutansi Indonesia*, VIII. No 2, 1.
- Nugroho, A. P., Indarti, & Syifa, N. H. (2016). *Fisika Peminatan Matematika dan Ilmi-ilmu Alam Untuk SMA/MA Kelas X*. Surakarta: CV Mediatama.
- Prasetyo. (2012, Oktober). Retrieved 08 03, 2018, from <http://www.eprints.uny.ac.id/7533/1/JURNAL.pdf.com>

- Pribadi, B. (2017). *Media dan Teknologi dalam Pembelajaran*. Jakarta: KENCANA.
- Rusman, Kurniawan, D., & Riyana, C. (2013). *Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Saepuloh, D. (2016, Desember). Perpustakaan Elektronik Menggunakan Calibre. *Jurnal Pari*, 2, 95.
- Sardiman, A., Rahardjo, R., Haryono, A., & Rahardjito. (2015). *Media Pendidikan*. Jakarta: RAJAWALI PERS.
- Septiani, A. (2013, Mei). *Pengembangan Bahan Ajar CD Interaktif Berbentuk PowerPoint pada Materi Suhu dan Kalor Untuk Pembelajaran Fisika Kelas X SMA*. Retrieved 07 04, 2018, from <http://www.eprints.uny.ac.id/7533/1/JURNAL.pdf.com>
- Sudijono. (2009). *Statistik Pendidikan*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian dan Pengembangan*. Bandung: ALFABETA.
- Susetyo, B. (2015). *Penyusunan dan Analisis Tes*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Tipler, P. (1998). *FISIKA untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Trianto. (2012). *Model Pembelajaran Terpadu*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Warsita, B. (2011). *Pendidikan Jarak Jauh*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

LAMPIRAN

Lampiran 1

LEMBAR OBSERVASI

Observasi Pengumpulan Informasi Tentang Kebutuhan *e-modul* di SMAN 2 Kota Bengkulu

Berikan tanda silang (X) pada kotak yang telah disediakan sesuai dengan penilaian anda:

1. Apakah kurikulum yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu?	Kurikulum yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu adalah kurikulum 2013.
2. Apakah bahan ajar yang digunakan saat pembelajaran fisika di SMAN 2 Kota Bengkulu?	Bahan ajar yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu pada saat proses pembelajaran fisika adalah guru menggunakan buku paket dan lks dan siswa menggunakan buku paket yang hanya dapat dipinjam dari sekolah pada saat proses pembelajaran dan buku lks.
3. Bagaimana sistem pembelajaran fisika di SMAN 2 Kota Bengkulu?	Sistem pembelajaran fisika di SMAN 2 Kota Bengkulu sudah cukup baik, namun guru masih kurang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi dalam proses pembelajaran.
4. Darimana asal bahan ajar yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu?	Bahan ajar yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu dibeli di sekolah.
5. Apakah di SMAN 2 Kota Bengkulu tersedia fasilitas yang mendukung ketersiaannya <i>e-modul</i> ?	Iya, di SMAN 2 Kota Bengkulu difasilitasi 4 ruang laboratorium komputer dan juga tersedia jaringan internet yang dapat digunakan oleh guru maupun siswa.

Bengkulu, 5 Maret 2018
Peneliti

Nadah Qolbi Shobrina
NPM. A1E014051

Lampiran 2

LEMBAR ANGKET KEBUTUHAN GURU

Angket Pengumpulan Informasi Tentang Kebutuhan *e-modul* di SMAN 2 Kota Bengkulu

Nama : _____

Guru bidang studi : _____

Asal sekolah : _____

Berikan tanda silang (X) pada kotak yang telah disediakan sesuai dengan penilaian anda:

- | | |
|--|--|
| <p>1. Apakah kurikulum yang digunakan di SMAN 2 Kota Bengkulu?</p> <p>☐ Kurikulum 2013</p> <p>☐ KTSP</p> <p>☐ Lainnya....</p> | <p>☐ Disediakan oleh sekolah</p> <p>☐ Diunduh via internet</p> <p>☐ Dibuat sendiri</p> <p>☐ Lainnya</p> |
| <p>2. Bahan ajar apa yang bapak/ibu gunakan saat pembelajaran fisika?</p> <p>☐ Modul elektronik</p> <p>☐ Modul cetak</p> <p>☐ Buku elektronik</p> <p>☐ Buku cetak</p> <p>☐ LKS</p> <p>☐ Lainnya...</p> | <p>4. Apakah bahan ajar yang bapak/ibu gunakan sudah memudahkan bapak/ibu dalam mengajar fisika?</p> <p>☐ Iya sangat memudahkan</p> <p>☐ Kurang memudahkan</p> <p>☐ Tidak memudahkan</p> |
| <p>3. Darimana asal bahan ajar yang bapak/ibu gunakan?</p> <p>☐ Dibeli sendiri</p> | <p>5. Apakah bapak/ibu membutuhkan sumber bahan ajar lain selain yang sudah tersedia?</p> <p>☐ Iya</p> <p>☐ Tidak</p> |
| | <p>6. Apakah bapak/ibu tertarik mengajar fisika menggunakan modul elektronik?</p> |

- ☐ Iya
- ☐ Tidak
7. Apakah bapak/ibu memiliki *handphone* berbasis *android* yang bisa membantu pembelajaran berbasis android?
- ☐ Iya
- ☐ Tidak
8. Apakah bapak/ibu mengharapkan bahan ajar yang berbasis elektronik agar pembelajaran bisa dilakukan dimana saja?
- ☐ Iya, sangat mengharapkan bahan ajar elektronik
- ☐ Tidak, bahan ajar yang ada sudah cukup
9. Materi apakah yang bapak/ibu harapkan pada bahan ajar fisika berbasis *e-modul*?
-
-
-
10. Modul elektronik seperti apakah yang bapak/ibu harapkan?
-
-
-

Lampiran 3

LEMBAR ANGKET KEBUTUHAN SISWA

Angket Pengumpulan Informasi Tentang Kebutuhan *e-modul* di SMAN 2 Kota Bengkulu

Nama : _____

Kelas : _____

Berikan tanda silang (X) pada kotak yang telah disediakan sesuai dengan penilaian anda;

- | | |
|--|---|
| 1. Apakah kurikulum yang anda gunakan saat ini di sekolah? | ☐ Cukup kesulitan |
| ☐ Kurikulum 2013 | ☐ Tidak kesulitan |
| ☐ KTSP | 5. Bahan ajar apa yang anda gunakan saat pembelajaran fisika? |
| ☐ Lainnya.... | ☐ Modul elektronik |
| 2. Apakah anda tertarik untuk belajar fisika? | ☐ Modul cetak |
| ☐ Tidak tertarik | ☐ Buku elektronik |
| ☐ Cukup tertarik | ☐ Buku cetak |
| ☐ Tertarik | ☐ LKS |
| ☐ Sangat tertarik | ☐ Lainnya... |
| 3. Apakah anda mengalami kesulitan dalam belajar fisika | 6. Darimana asal bahan ajar yang anda gunakan? |
| ☐ Sangat Kesulitan | ☐ Dibeli sendiri |
| ☐ Kesulitan | ☐ Disediakan oleh sekolah |
| ☐ Cukup kesulitan | ☐ Diunduh via internet |
| ☐ Tidak kesulitan | ☐ Dibuat sendiri |
| 4. Apakah pada materi momentum anda mengalami kesulitan dalam belajar? | ☐ Lainnya |
| ☐ Sangat Kesulitan | 7. Apakah bahan ajar yang anda gunakan sudah memudahkan anda dalam pembelajar fisika? |
| ☐ Kesulitan | ☐ Iya sangat memudahkan |
| | ☐ Kurang memudahkan |

- ☐ Tidak memudahkan
8. Apakah anda membutuhkan sumber bahan ajar lain selain yang suda tersedia?
- ☐ Iya
- ☐ Tidak
9. Apakah anda tertarik belajar fisika menggunakan modul elektronik?
- ☐ Iya
- ☐ Tidak
10. Apakah anda memiliki *handphone* berbasis *android* yang bias membantu pembelajaran berbasis android?
- ☐ Iya
- ☐ Tidak
11. Berapa lama anda biasanya menghabiskan waktu menggunakan *handphone* berbasis android dalam sehari?
- ☐ 1 sampai 2 jam
- ☐ Sampai 5 jam
- ☐ 6 sampai 8 jam
- ☐ 9 sampai 11 jam
- ☐ Lainnya....
12. Biasanya untuk apa anda menggunakan *handphone* berbasis *android* dalam kehidupan sehari-hari?
- ☐ Menggunakan media social
- ☐ Bermain game
- ☐ Membaca artikel online
- ☐ Brosing
- ☐ Berkomunikasi
- ☐ Lainnya
13. Apakah anda mengharapkan bahan ajar yang berbasis elektronik agar pembelajaran bisa dilakukan dimana saja?
- ☐ Iya, sangat mengharapkan bahan ajar elektronik
- ☐ Tidak, bahan ajar yang ada sudah cukup
14. Modul elektronik seperti apakah yang anda harapkan?

Lampiran 4

LEMBAR ANGKET TIM AHLI ISI

Pengembangan Desain Bahan Ajar Fisika Berbasis *e-modul* pada Materi Momentum di SMAN 2 Kota Bengkulu

Petunjuk pengisian lembar angket

1. Berikan tanda silang (X) pada kotak yang telah disediakan sesuai dengan penilaian anda dengan kriteria sebagai berikut :

Sangat baik (SB) : 5

Kurang baik (KB) : 2

Baik (B) : 4

Sangat tidak baik (STB) : 1

Cukup baik (CB) : 3

I. ASPEK ISI

INDIKATOR PENILAIAN	BUTIR PENILAIAN	PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
A. Kesesuaian Materi Dengan SK dan KD	1. Kelengkapan materi					
	2. Keluasan materi					
	3. Kedalaman materi					
B. Keakuratan materi	4. Keakuratan konsep dan definisi.					
	5. Keakuratan prinsip.					
	6. Keakuratan fakta dan data					
	7. Keakuratan contoh					
	8. Keakuratan soal					
	9. Keakuratan gambar					
	10. Keakuratan notasi, simbol.					
	11. Keakuratan acuan pustaka.					
C. Pendukung Materi Pembelajaran	12. Keterkaitan materi					
	13. Kemenarikan materi					
	14. Mendorong untuk mencari informasi lebih jauh					
	15. Kesesuaian materi dengan perkembangan ilmu.					
D. Kemutakhiran Materi	16. Gambar					
	17. Menggunakan contoh kasus					
	18. Kemutakhiran pustaka					

II. ASPEK PENYAJIAN

INDIKATOR PENILAIAN	BUTIR PENILAIAN	PENIAIAN				
		1	2	3	4	5
A. Teknik Penyajian	1. Konsistensi sistematika sajian dalam kegiatan belajar.					
	2. Keruntutan penyajian					
B. Pendukung	3. Contoh-contoh soal					

Penyajian	4. Soal latihan pada akhir kegiatan belajar.					
	5. Kunci jawaban soal latihan					
	6. Pengantar					
	7. Glosarium					
	8. Daftar Pustaka					
	9. Rangkuman					
C. Kelengkapan Penyajian	10. Bagian Pendahuluan					
	11. Bagian isi					
	12. Bagian penutup					

III. ASPEK BAHASA

INDIKATOR PENILAIAN	BUTIR PENILAIAN	PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
A. Lugas	1. Ketepatan struktur kalimat					
	2. Keefektifan kalimat					
	3. Kebakuan istilah.					
B. Komunikatif	4. Ketepatan penggunaan kaidah bahasa.					
C. Dialogis dan interaktif.	5. Kemampuan memotivasi					
D. Keruntutan dan keterpaduan alur pikir	6. Keruntutan dan keterpaduan antar paragraf					
E. Penggunaan istilah, simbol, atau ikon	7. Konsistensi penggunaan istilah.					
	8. Konsistensi penggunaan simbol atau ikon.					

IV. ASPEK MEDIA

BUTIR PENILAIAN	PENILAIAN				
	1	2	3	4	5
1. Kesesuaian Media dengan materi pembelajaran					
2. Efektivitas dan efisiensi media pembelajaran					
3. Kemudahan penggunaan media					
4. Ketersediaan media					
5. Kejelasan warna, tulisan, dan gambar					
6. gambar pada media					

Bengkulu,2018
Validator

NIP.



SILABUS MATA PELAJARAN
SEKOLAH MENENGAH ATAS/ MADRASAH ALIYAH
(SMA/MA)

MATA PELAJARAN
FISIKA

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN JAKARTA, 2016

II. KOMPETENSI DASAR, MATERI PEMBELAJARAN, DAN KEGIATAN PEMBELAJARAN

A. Kelas X

Alokasi waktu: 3 jam pelajaran/minggu

Kompetensi Sikap Spiritual dan Kompetensi Sikap Sosial, dicapai melalui pembelajaran tidak langsung (*indirect teaching*) pada pembelajaran Kompetensi Pengetahuan dan Kompetensi Keterampilan melalui keteladanan, pembiasaan, dan budaya sekolah dengan memperhatikan karakteristik mata pelajaran, serta kebutuhan dan kondisi peserta didik.

Penumbuhan dan pengembangan kompetensi sikap dilakukan sepanjang proses pembelajaran berlangsung, dan dapat digunakan sebagai pertimbangan guru dalam mengembangkan karakter peserta didik lebih lanjut.

Pembelajaran untuk Kompetensi Pengetahuan dan Kompetensi Keterampilan sebagai berikut ini.

Kompetensi Dasar	Materi Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
3.10 Menerapkan konsep momentum dan impuls, serta hukum kekekalan momentum dalam kehidupan sehari-hari 4.10 Menyajikan hasil pengujian penerapan hukum kekekalan momentum, misalnya bola jatuh bebas ke lantai dan roket sederhana	Momentum dan Impuls: • Momentum, • Impuls, • Tumbukan lenting sempurna, lenting sebagian, dan tidak lenting	• Mengamati tentang momentum, impuls, hubungan antara impuls dan momentum serta tumbukan dari berbagai sumber belajar. • Mendiskusikan konsep momentum, impuls, hubungan antara impuls dan momentum serta hukum kekekalan momentum dalam berbagai penyelesaian masalah • Merancang dan membuat roket sederhana dengan menerapkan hukum kekekalan momentum secara berkelompok • Mempresentasikan peristiwa bola jatuh ke lantai dan pembuatan roket sederhana

Lampiran 6

VALIDITAS ASPEK ISI

	No	VALIDATOR			TOTAL Σx
		I	II	III	
Butir Penilaian	1	4	4	5	
	2	4	4	4	
	3	4	4	4	
	4	4	4	4	
	5	4	4	4	
	6	4	4	4	
	7	4	4	4	
	8	4	4	4	
	9	4	5	5	
	10	4	4	5	
	11	4	4	5	
	12	4	4	4	
	13	4	4	5	
	14	4	4	5	
	15	4	4	4	
	16	4	5	5	
	17	3	3	4	
	18	3	4	4	
Σx		70	73	79	222

Skor Tertinggi = 5

N (Banyaknya Skor) = 18

$$\text{Skor rata-rata} = M_x = \frac{\Sigma x}{N}$$

$$\text{Nilai Validitas (\%)} = \frac{\text{skor rata-rata}}{\text{skor tertinggi}} \times 100\%$$

Validator	Mx	Nilai Validasi (%)	Kategori
1	3.89	77.78	Valid
2	4.06	81.11	Sangat Valid
3	4.39	87.78	Sangat Valid
Total	4.11	82.22	Sangat Valid

VALIDITAS ASPEK PENYAJIAN

	No	VALIDATOR			TOTAL Σx
		I	II	III	
Butir Penilaian	1	3	3	4	
	2	3	4	4	
	3	4	4	4	
	4	4	4	4	
	5	4	4	4	
	6	4	4	5	
	7	4	5	5	
	8	3	4	4	
	9	4	5	5	
	10	4	4	5	
	11	4	4	4	
	12	4	4	4	
Σx		45	49	52	146

Skor Tertinggi = 5

N (Banyaknya Skor) = 12

$$\text{Skor rata-rata} = M_x = \frac{\Sigma X}{N}$$

$$\text{Nilai Validitas (\%)} = \frac{\text{skor rata-rata}}{\text{skor tertinggi}} \times 100\%$$

Validator	Mx	Nilai Validasi (%)	Kategori
1	3.75	75	Valid
2	4.08	81.67	Sangat Valid
3	4.33	86.67	Sangat Valid
Total	4.05	81.11	Sangat Valid

VALIDITAS ASPEK BAHASA

	No	VALIDATOR			TOTAL Σx
		1	2	3	
Butir Penilaian	1	4	4	5	
	2	4	4	4	
	3	4	4	4	
	4	4	4	5	
	5	4	4	4	
	6	3	3	4	
	7	3	4	4	
	8	4	4	4	
Σx		30	31	34	95

Skor Tertinggi = 5

N (Banyaknya Skor) = 8

$$\text{Skor rata-rata} = M_x = \frac{\Sigma x}{N}$$

$$\text{Nilai Validitas (\%)} = \frac{\text{skor rata-rata}}{\text{skor tertinggi}} \times 100\%$$

Validator	Mx	Nilai Validasi (%)	Kategori
1	3.75	75	Valid
2	3.87	77.5	Valid
3	4.25	85	Sangat Valid
Total	3.95	79.16	Valid

VALIDITAS ASPEK MEDIA

	No	VALIDATOR			TOTAL Σx
		1	2	3	
Butir Penilaian	1	4	4	5	
	2	3	3	4	
	3	4	5	5	
	4	4	4	4	
	5	4	4	5	
	6	3	3	4	
Σx		22	23	28	72

Skor Tertinggi = 5

N (Banyaknya Skor) = 6

$$\text{Skor rata-rata} = M_x = \frac{\sum x}{N}$$

$$\text{Nilai Validitas (\%)} = \frac{\text{skor rata-rata}}{\text{skor tertinggi}} \times 100\%$$

Validator	Mx	Nilai Validasi (%)	Kategori
1	3.67	73.33	Valid
2	4.83	76.66	Valid
3	4.5	90	Sangat Valid
Total	4	80	Sangat Valid

Lampiran 7

RELIABILITAS ASPEK ISI

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI			Jumlah (Σ)
		1	2	3	
Butir Penilaian	1	4	4	5	
	2	4	4	4	
	3	4	4	4	
	4	4	4	4	
	5	4	4	4	
	6	4	4	4	
	7	4	4	4	
	8	4	4	4	
	9	4	5	5	
	10	4	4	5	
	11	4	4	5	
	12	4	4	4	
	13	4	4	5	
	14	4	4	5	
	15	4	4	4	
	16	4	5	5	
	17	3	3	4	
	18	3	4	4	
A		70	73	79	222
A ²		4900	5329	6241	16470

N (Jumlah Responden) = 3 Rumus Varian Skor : $\sigma_A^2 = \frac{N \sum A^2 - (\sum A)^2}{N^2} =$
 $N^2 = 9$
 Varian Skor = 14

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI						Jumlah	
		1		2		3		$(\Sigma) Bi$	$(\Sigma) Bi^2$
		Bi	Bi^2	Bi	Bi^2	Bi	Bi^2		
Butir Penilaian	1	4	16	4	16	5	25	13	57
	2	4	16	4	16	4	16	12	48
	3	4	16	4	16	4	16	12	48
	4	4	16	4	16	4	16	12	48
	5	4	16	4	16	4	16	12	48
	6	4	16	4	16	4	16	12	48
	7	4	16	4	16	4	16	12	48
	8	4	16	4	16	4	16	12	48

9	4	16	5	25	5	25	14	66
10	4	16	4	16	5	25	13	57
11	4	16	4	16	5	25	13	57
12	4	16	4	16	4	16	12	48
13	4	16	4	16	5	25	13	57
14	4	16	4	16	5	25	13	57
15	4	16	4	16	4	16	12	48
16	4	16	5	25	5	25	14	66
17	3	9	4	16	4	16	11	41
18	3	9	4	16	4	16	11	41

N = Jumlah Responden = 3 Rumus Varian Butir Soal :

$$N^2 = 9$$

Varian Butir Soal =

$\sigma_i^2 =$	
1	0.22
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0.22
10	0.22
11	0.22
12	0
13	0.22
14	0.22
15	0
16	0.22
17	0.22
18	0.22
$(\Sigma) \sigma_i^2 =$	2

$$\sigma_i^2 = \frac{N \sum Bi^2 - (\sum Bi)^2}{N^2}$$

Menghitung Koefisien Reliabilitas :

N (Jumlah Butir Soal) = 18

$$\text{Koefisien Reliabilitas} = \rho_a = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_A^2} \right) = 0.90$$

RELIABILITAS ASPEK PENYAJIAN

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI			Jumlah (Σ)
		1	2	3	
Butir Penilaian	1	3	3	4	
	2	3	4	4	
	3	4	4	4	
	4	4	4	4	
	5	4	4	4	
	6	4	4	5	
	7	4	5	5	
	8	3	4	4	
	9	4	5	5	
	10	4	4	5	
	11	4	4	4	
	12	4	4	4	
A		45	49	52	146
A ²		2025	2401	2704	7130

N (Jumlah Responden) = 3

Rumus Varian Skor :

$$N^2 = 9$$

Varian Skor = 8.22

$$\sigma_A^2 = \frac{N \sum A^2 - (\sum A)^2}{N^2} =$$

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI						Jumlah	
		1		2		3			
		<i>Bi</i>	<i>Bi</i> ²	<i>Bi</i>	<i>Bi</i> ²	<i>Bi</i>	<i>Bi</i> ²	<i>(Σ) Bi</i>	<i>(Σ) Bi</i> ²
Butir Penilaian	1	3	9	3	9	4	16	10	34
	2	3	9	4	16	4	16	11	41
	3	4	16	4	16	4	16	12	48
	4	4	16	4	16	4	16	12	48
	5	4	16	4	16	4	16	12	48
	6	4	16	4	16	5	25	13	57
	7	4	16	5	25	5	25	14	66
	8	3	9	4	16	4	16	11	41
	9	4	16	5	25	5	25	14	66
	10	4	16	4	16	5	25	13	57
	11	4	16	4	16	4	16	12	48
	12	4	16	4	16	4	16	12	48

N = Jumlah Responden = 3

Rumus Varian Butir Soal :

$$\sigma_i^2 = \frac{N \sum Bi^2 - (\sum Bi)^2}{N^2}$$

$$N^2 = 9$$

Varian Butir Soal =	$\sigma_i^2 =$	
	1	0.22
	2	0.22
	3	0
	4	0
	5	0
	6	0.22
	7	0.22
	8	0.22
	9	0.22
	10	0.22
	11	0
	12	0
	$(\Sigma) \sigma_i^2 =$	1.56

Menghitung Koefisien Reliabilitas :

$$N \text{ (Jumlah Butir Soal)} = 12$$

$$\text{Koefisien Reliabilitas} = \rho_{\alpha} = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_A^2} \right) = 0.88$$

RELIABILITAS ASPEK BAHASA

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI			Jumlah (Σ)
		1	2	3	
Butir Penilaian	1	4	4	5	
	2	4	4	4	
	3	4	4	4	
	4	4	4	5	
	5	4	4	4	
	6	3	3	4	
	7	3	4	4	
	8	4	4	4	
A		30	31	34	95
A²		900	961	1156	3017

$$N \text{ (Jumlah Responden)} = 3 \quad \text{Rumus Varian Skor : } \sigma_A^2 = \frac{N \sum A^2 - (\sum A)^2}{N^2} =$$

$$N^2 = 9$$

$$\text{Varian Skor} = 2.89$$

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI						Jumlah	
		1		2		3			
		Bi	Bi^2	Bi	Bi^2	Bi	Bi^2	$(\Sigma) Bi$	$(\Sigma) Bi^2$
Butir Penilaian	1	4	16	4	16	5	25	13	57
	2	4	16	4	16	4	16	12	48
	3	4	16	4	16	4	16	12	48
	4	4	16	4	16	5	25	13	57
	5	4	16	4	16	4	16	12	48
	6	3	9	3	9	4	16	10	34
	7	3	9	4	16	4	16	11	41
	8	4	16	4	16	4	16	12	48

$N = \text{Jumlah Responden} = 3$ Rumus Varian Butir Soal : $\sigma_i^2 = \frac{N \sum B_i^2 - (\sum B_i)^2}{N^2}$
 $N^2 = 9$

Varian Butir Soal =

$\sigma_i^2 =$	
1	0.22
2	0
3	0
4	0.22
5	0
6	0.22
7	0.22
8	0
$(\Sigma) \sigma_i^2 =$	0.89

Menghitung Koefisien Reliabilitas :

N (Jumlah Butir Soal) = 8

Koefisien Reliabilitas = $\rho_{\alpha} = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_A^2} \right) = 0.79$

RELIABILITAS ASPEK MEDIA

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI			Jumlah (Σ)
		1	2	3	
Butir Penilaian	1	4	4	5	
	2	3	3	4	
	3	4	5	5	
	4	4	4	4	
	5	4	4	5	

	6	3	3	4	
A		22	23	27	72
A²		484	529	729	1742

N (Jumlah Responden) = 3

N² = 9

Varian Skor = 4.67

$$\text{Rumus Varian Skor : } \sigma_A^2 = \frac{N \sum A^2 - (\sum A)^2}{N^2} =$$

VALIDATOR	No	NILAI TIM AHLI						Jumlah	
		1		2		3			
		<i>Bi</i>	<i>Bi</i> ²	<i>Bi</i>	<i>Bi</i> ²	<i>Bi</i>	<i>Bi</i> ²	(Σ) <i>Bi</i>	(Σ) <i>Bi</i> ²
Butir Penilaian	1	4	16	4	16	5	25	13	57
	2	3	9	4	16	4	16	11	41
	3	4	16	5	25	5	25	14	66
	4	4	16	4	16	4	16	12	48
	5	4	16	4	16	5	25	13	57
	6	3	9	3	9	4	16	10	34

N = Jumlah Responden = 3 Rumus Varian Butir Soal : $\sigma_i^2 = \frac{N \sum Bi^2 - (\sum Bi)^2}{N^2}$

N² = 9

Varian Butir Soal =

$\sigma_i^2 =$	
1	0.22
2	0.22
3	0.22
4	0
5	0.22
6	0.22
(Σ) $\sigma_i^2 =$	1.11

Menghitung Koefisien Reliabilitas :

N (Jumlah Butir Soal) = 6

$$\text{Koefisien Reliabilitas} = \rho_{\alpha} = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_A^2} \right) = 0.91$$