

**PENGEMBANGAN MODUL ELEKTRONIK (*E-MODULE*)
FISIKA BERBASIS *DISCOVERY LEARNING* PADA MATERI
DINAMIKA ROTASI DAN KESETIMBANGAN BENDA TEGAR**

Skripsi

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat guna memperoleh gelar sarjana
pendidikan



INAS NURAZIZAH

3215126554

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2017

ABSTRAK

INAS NUR AZIZAH, 2017. Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Fisika Berbasis *Discovery Learning* pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar. Skripsi. Jakarta: Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Agustus 2017.

Telah dilakukan penelitian pengembangan yang menghasilkan modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar. Produk penelitian ini diuji lapangan di SMA Negeri 103 Jakarta serta SMAN 22 Jakarta. Metode penelitian yang digunakan adalah Dick & Carey. Produk dibuat menggunakan *software 3D PageFlip Professional 1.7.7* dan konten-kontennya menggunakan beberapa *software*, yaitu *Camtasia Studio 9*, *iSpring Suite 8*, dan *Microsoft Office*. Produk divalidasi oleh 3 dosen dengan masing-masing satu dosen ahli materi fisika, dosen ahli media pembelajaran dan dosen ahli pembelajaran, serta diuji coba oleh dua guru fisika SMA dan 18 peserta didik SMA. Hasil validasi dan uji coba menunjukkan persentase capaian sebesar 90,87% dari ahli materi, 96,10% dari ahli media pembelajaran, 72,57% dari ahli pembelajaran, 93,73% dari guru fisika SMA, 94,90% dari peserta didik SMA kelas XI. Dari segi karakteristik modul menunjukkan persentase capaian dari para ahli untuk *self instructional* 89,57%, *self contained* 83,33%, *stand alone* 87,77%, adaptif 80,00% dan *user friendly* 82,50% dengan rata-rata persentase capaian seluruh karakteristik modul sebesar 84,63%. Hasil uji N-Gain peserta didik sebelum dan setelah menggunakan produk adalah 0,63 dengan kategori “sedang”. Kesimpulan produk telah layak digunakan sebagai media belajar fisika secara mandiri untuk peserta didik kelas XI.

Kata Kunci: Pengembangan, Modul elektronik, *Discovery Learning*, Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan benda tegar, *3D PageFlip Professional*

ABSTRACT

INAS NUR AZIZAH, 2017. Development of Physics Electronic Module (E-Module) Based on Discovery Learning in Rotational Dynamic and Equilibrium of Rigid Body. Essay. Jakarta: Physics Program Study, Faculty of Mathematics and Sciences, State University of Jakarta, in August 2017

A research had been conducted which produced a teaching material in form of electronic module (*E-Module*) based on *discovery learning* for Rotational Dynamic and Equilibrium of Rigid Body topic. Product of this research is field test at SMAN 103 Jakarta and SMAN 22 Jakarta. This research method used Dick & Carey. The Module is developed using *software 3D PageFlip Professional 1.7.7* and the contents of module is created using several *software*, such as *Camtasia Studio 9*, *iSpring Suite 8*, and *Microsoft Office*. The electronic module is validated by one lecturer specialized in physics subject, one lecturers specialized in media, one lecturers specialized in learning, and also tested by two high school physics teacher and 18 high school student. The validation and test gets 90,87% score in subject category, 96,10% score in media category, 72,57% score in learning category, 93,73% score from high school physics teacher, 94,90% score from high school students. Then in characteristic aspect, the electronic module is score by specialists as 89,57% *self instructional*, 83,33% *self contained*, 87,77% *stand alone*, 80,00% *adaptive* and 82,50% *user friendly* with total average point 84,63%. Then result of N-Gain Test before and after of students using electronic module get 0,63 with "Medium" category. It is the concluded than the product of this research is worth to be used independent learning material for XI grade high school.



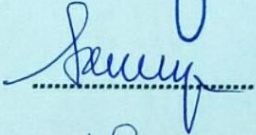
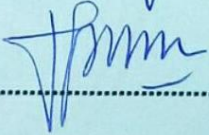
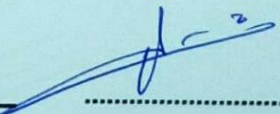
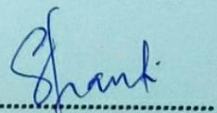
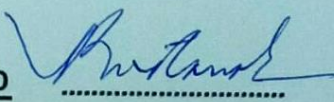
Kata Kunci: Development, Electronic Module, *Discovery Learning*, Rotational Dynamic and Equilibrium of Rigid Body, *3D PageFlip Professional*

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) Fisika Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar

Nama : Inas Nurazizah

No. Reg : 3215126554

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab Dekan	: <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005	 -----	28/ 08-2017 -----
Wakil Penanggung Jawab Wakil Dekan I	: <u>Dr. Muktiningsih N, M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001	 -----	25/ 08-2017 -----
Ketua	: <u>Dr. Sunaryo, M.Si</u> NIP. 19550303 198703 1 002	 -----	18/ 08-2017 -----
Sekretaris	: <u>Drs. A. Handjoko Permana, M.Si</u> NIP. 19621124 199403 1 001	 -----	22/ 08-2017 -----
Anggota Pembimbing I	: <u>Fauzi Bakri, S.Pd, M.Si</u> NIP.19710716 199803 1 002	 -----	18/ 08-2017 -----
Pembimbing II	: <u>Dwi Susanti, M.Pd</u> NIP. 19810621 200501 2 004	 -----	22/ 08-2017 -----
Penguji	: <u>Drs. Cecep E. Rustana, Ph.D</u> NIP. 19590729 198602 1 001	 -----	18/ 08-2017 -----

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal : 16 Agustus 2017

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Inas Nurazizah

No. Regristasi : 3215126554

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul: "Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar”:

1. Dibuat dan dilaksanakan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian dan tinjauan pustaka dari buku yang tercantum dalam skripsi saya.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis atau terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul apabila pernyataan saya ini tidak benar.

Jakarta, Agustus 2017

Pembuat pernyataan,



Inas Nurazizah

NIM 3215126554

PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati, cinta kasih dan rasa syukur, tulisan ini saya persembahkan untuk:

- Ibunda Lilis Lestari dan Ayahanda Muhammad Wakhidin yang tak pernah luput mendoakan setiap saat, melimpahkan kasih sayang, memberikan dukungan penuh baik moril maupun materil, semangat untuk menempuh pendidikan yang lebih tinggi lagi, serta mengajarkan kesabaran dan kejujuran dalam menuntut ilmu.
- Adik-Adik Aisyah Nur Azizah, Qotrunnada Maulina, Syafa Nur Aulia, Tiara Aura Nisa, Anindya Irwandari, yang selalu menyenangkan dan mengajarkan saya banyak hal.
- Kakak sepupu Tika Nur Karimah S.Pd yang telah membagi waktu untuk berbagi cerita suka dan duka terkait penelitian ini.
- Budhe Budi Arti S.H, Tante Kristin wiwik, Tante Kustarini Mintarsih, Om Sutrisno Sugeng handoko dan Tante Ratni yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan baik moril maupun materil.
- Bapak Ahmad Suroyo dan Ibu Siti Sohiyatun yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat serta dukungan penuh baik moril maupun materil.
- Rekan seperjuangan Pendidikan Fisika Non Reguler angkatan 2012 dan 2013 dan rekan-rekan Pendidikan Fisika Reguler angkatan 2012 dan 2013 maupun Fisika angkatan 2012 yang telah membantu terkait penyempurnaan penelitian ini.
- Almamater Hijau – kampus Perjuangan, Kampus Pendidikan – Universitas Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "PENGEMBANGAN MODUL ELEKTRONIK (*E-MODULE*) BERBASIS *DISCOVERY LEARNING* PADA MATERI DINAMIKA ROTASI DAN KESETIMBANGAN BENDA TEGAR" Sholawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada baginda Rasullullah Muhammad SAW.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagai persyaratan guna memperoleh gelar kesarjanaan S-1 pada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa proposal ini tidak dapat diselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Esmar Budi, MT selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika UNJ
2. Fauzi Bakri S.Pd, M.Si dan selaku Dosen Pembimbing I
3. Dwi Susanti, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II
4. Dr. Sunaryo, M.Si selaku validator ahli pembelajaran, Drs. Handjoko Permana, M.Si selaku validator ahli media, dan Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si validator selaku ahli materi.

Demikian dengan penulisan proposal ini. Penulis sangat menyadari bahwa proposal skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga proposal ini menjadi tambahan hasanah pengetahuan bagi siapapun yang membacanya.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT	iii
PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Fokus Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORITIK	7
A. Definisi Konseptual.....	7
B. Penelitian Yang Relevan	35
C. Kerangka Berpikir.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	39
A. Tujuan Operasional Penelitian	39
B. Tempat Dan Waktu Penelitian	39

C. Validator Dan Responden	39
D. Metode Penelitian.....	40
E. Desain Penelitian.....	40
F. Prosedur Penelitian	40
F. Perangkat Pengembangan Produk Penelitian	44
G. Instrument Penelitian	46
H. Teknik Pengumpulan Data	50
I. Teknik Analisis Data	52
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	55
A. Deskripsi Produk Modul Elektronik Fisika Hasil Pengembangan	55
B. Deskripsi Produk Modul Elektronik Fisika Hasil Pengembangan	71
C. Pembahasan Hasil Penelitian Pengembangan	102
BAB V PENUTUP.....	110
A. Kesimpulan.....	110
B. Implikasi.....	110
C. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	116
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	174

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Kelulusan UN Fisika	4
Tabel 3.1 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Materi	46
Tabel 3.2 Kisi-Kisi Karakteristik Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Materi	47
Tabel 3.3 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Media	47
Tabel 3.4 Kisi-Kisi Karakteristik Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Media.....	48
Tabel 3.5 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Pembelajaran	48
Tabel 3.6 Kisi-Kisi Karakteristik Modul oleh Ahli pembelajaran.....	49
Tabel 3.7 Kisi-Kisi Instrumen Uji Lapangan Pendidik Fisika SMA.....	49
Tabel 3.8 Kisi-Kisi Instrumen Uji Lapangan Peserta didik Fisika SMA.....	50
Tabel 3.9 Skala Likert untuk Penilaian	53
Tabel 3.10 Interpretasi Skor Skala Likert	53
Tabel 3.11 Interpretasi Uji Gain.....	54
Tabel 4.1 Tahapan Discovery Learning pada Modul Elektronik Fisika.....	66
Tabel 4.2 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Materi Fisika .	72
Tabel 4.3 Revisi Setelah Uji validasi oleh Ahli Materi Fisika	74
Tabel 4.4 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik oleh Ahli Media Pembelajaran	75
Tabel 4.5 Revisi Setelah Uji validasi oleh Ahli Materi Fisika	77
Tabel 4.6 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Pembelajaran	86
Tabel 4.7 Revisi Setelah Uji validasi oleh Ahli Materi Fisika	87
Tabel 4.8 Hasil Penilaian Seluruh Karakteristik Modul.....	88
Tabel 4.9 Hasil Penilaian Karakteristik Modul (Self-instructional)	89
Tabel 4.10 Hasil Penilaian Karakteristik Modul (Self Contained)	91
Tabel 4.11 Hasil Penilaian Karakteristik Modul (Stand Alone)	92

Tabel 4.12 Hasil Penilaian Karakteristik Modul Adaptif	94
Tabel 4.13 Hasil Penilaian Karakteristik Modul User Friendly	95
Tabel 4.14 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik oleh Guru Fisika SMA	97
Tabel 4.15 Revisi Setelah Uji validasi oleh guru Fisika SMA	99
Tabel 4.16 Nilai Gain.....	100
Tabel 4.17 Hasil Tanggapan Peserta Didik SMA kelas XI	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Langkah Penelitian Pengembangan Model Dick & Carey	40
Gambar 4.1 Tampilan Cover depan modul elektronik	56
Gambar 4.2 Tampilan Kata Pengantar dan Daftar Isi	57
Gambar 4.3 Tampilan Sajian Isi Modul	57
Gambar 4.4 Tampilan Deskripsi dan Prasyarat Modul	58
Gambar 4.5 Tampilan KI, KD, indikator dan tujuan pembelajaran	58
Gambar 4.6 Peta konsep dan Petunjuk Penggunaan modul	59
Gambar 4.7 Peta konsep dan Tujuan Pembelajaran KB 1	60
Gambar 4.8 Pre Test atau Tes Pengetahuan Awal	60
Gambar 4.9 Pendahuluan dan Kegiatan Belajar	61
Gambar 4.10 Contoh Soal	62
Gambar 4.11 Rangkuman	62
Gambar 4.12 Post Test atau Tes Formatif Kegiatan Belajar	63
Gambar 4.13 Tes Evaluasi Sumatif	63
Gambar 4.14 Kunci jawaban	64
Gambar 4.15 Glosarium	64
Gambar 4.16 Daftar Pustaka Modul	65
Gambar 4.17 Cover Belakang	65
Gambar 4.18 Diagram Batang Hasil Uji Validasi oleh Ahli Materi Fisika	73
Gambar 4.19 Diagram Batang Hasil Uji Validasi oleh Ahli Media	76
Gambar 4.20 Diagram Batang Hasil Uji Validasi oleh Ahli Pembelajaran	86
Gambar 4.21 Diagram Hasil Penilaian Seluruh Karakteristik Modul	89
Gambar 4.22 Diagram Penilaian Karakteristik Modul (Self-instructional)	90
Gambar 4.23 Diagram Penilaian Karakteristik Modul (Self Contained)	91

Gambar 4.24 Diagram Penilaian Karakteristik Modul (Stand Alone).....	93
Gambar 4.25 Diagram Hasil Penilaian Karakteristik Modul Adaptif.....	94
Gambar 4.26 Diagram Hasil Penilaian Karakteristik Modul User Friendly ...	96
Gambar 4.27 Diagram Hasil Uji Validasi oleh Guru Fisika SMA	98
Gambar 4.28 Diagram Batang pretest dan posttest.....	100
Gambar 4.29 Diagram Hasil Tanggapan Peserta Didik SMA kelas XI	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Materi	116
Lampiran 2. Rekapitulasi Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Materi.....	118
Lampiran 3. Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Media Pembelajaran	119
Lampiran 4. Rekapitulasi Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Media	122
Lampiran 5. Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Pembelajaran	124
Lampiran 6. Rekapitulasi Instrumen Hasil Validasi Ahli Pembelajaran	126
Lampiran 7. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul Self-Instructional .	127
Lampiran 8. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul Self-Contained	128
Lampiran 9. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul Stand Alone	129
Lampiran 10. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul Adaptif.....	130
Lampiran 11. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul User Friendly	131
Lampiran 12. Instrumen Hasil Validasi oleh Guru Fisika SMA	132
Lampiran 13. Rekapitulasi Hasil Uji Validasi Guru Fisika SMA	134
Lampiran 14. Rubrik Penilaian	135
Lampiran 15. Kunci jawaban Pretest atau Post Test	136
Lampiran 16. Pretest untuk Pengguna (Siswa SMA Kelas XI).....	150
Lampiran 17. Deskripsi nilai Pretest Pengguna (Siswa SMA Kelas XI).....	154
Lampiran 18. PostTest untuk Pengguna (Siswa SMA Kelas XI)	155
Lampiran 19. Deskripsi nilai PostTest Pengguna (Siswa SMA Kelas XI)..	159
Lampiran 20. Uji Normalitas PreTest	160
Lampiran 21. Uji Normalitas PostTest.....	162
Lampiran 22. Hasil Uji Gain Pretest dan Posttest	164
Lampiran 23. Instrumen Tanggapan Peserta Didik SMA Kelas XI	165
Lampiran 24. Deskripsi Tanggapan Peserta Didik SMA Kelas XI	167

Lampiran 25. Dokumentasi Penelitian.....	168
Lampiran 26. Surat Permohonan izin penelitian ke sekolah	169
Lampiran 27. Surat Keterangan Telah Melaksanakan Penelitian.....	171
Lampiran 28. Produk Modul Elektronik Fisika	173

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan merupakan salah satu aspek pembangunan yang harus dikembangkan. Proses pendidikan merupakan kunci bangsa untuk mengikuti perkembangan sains dan teknologi yang terus berkembang. Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan mutu pendidikan, diantaranya penyediaan sarana dan prasarana pendidikan serta pengembangan kurikulum.

Pada tahun 2013, pemerintah Indonesia melakukan penyempurnaan kurikulum yang dikenal dengan Kurikulum 2013. Berdasarkan Kurikulum 2013. Mata pelajaran fisika tingkat SMA kelas XI memiliki alokasi waktu belajar fisika minimal 4 jam per minggu. Alokasi waktu tersebut harus dimanfaatkan dengan efektif. Berdasarkan UU Nomor 20 Tahun 2003, pembelajaran fisika sebagai salah satu ilmu sains yang harus berpusat pada peserta didik (*student centered active learning*) dan berdasarkan Permendikbud Kurikulum 2013 menganut pandangan dasar bahwa pengetahuan tidak dapat dipindahkan begitu saja dari pendidik ke peserta didik. Pembelajaran harus berkenaan dengan kesempatan yang diberikan kepada peserta didik untuk mengkonstruksi pengetahuan dalam proses kognitifnya. Sehingga diperlukan pendekatan ilmiah dalam setiap proses pembelajaran untuk memenuhi tuntutan Kurikulum 2013, salah satunya adalah pendekatan saintifik.

Dalam Permendikbud RI nomor 103 tahun 2014 tentang pembelajaran pada pendidikan dasar dan menengah disebutkan bahwa pada implementasi Kurikulum 2013 sangat disarankan menggunakan pendekatan saintifik dengan model-model pembelajaran *inquiry based learning*, *discovery learning*, *project based learning*, dan *problem based learning*. Model *discovery learning* secara prinsip sama dengan *inquiry based learning* dan *problem based learning*. Perbedaannya adalah pada *discovery learning* permasalahan yang dihadapkan kepada peserta didik

dapat direkayasa oleh guru (Kemendikbud,2013:2). Selain itu pada penerapan *discovery learning* aktivitas peserta didik lebih kepada pengumpulan data, karena pada saat proses ini peserta didik akan melakukan percobaan, mengumpulkan data dan membuat jawaban sementara dari permasalahan yang diberikan guru (Reza Eko. Jurnal Pendidikan Olahraga dan Kesehatan Vol. 03 No. 02, 2015: 332). Menurut Kosasih (2014:83) dalam *discovery learning* peserta didik tidak hanya diberikan oleh sejumlah teori, tetapi mereka pun berhadapan dengan sejumlah fakta. Dari sejumlah teori dan fakta itulah, peserta didik diharapkan dapat merumuskan sejumlah penemuan. Sehingga hal-hal tersebut yang mendasari penulis memilih model pembelajaran *discovery* dalam penelitian ini.

Kelebihan Model pembelajaran *discovery* adalah pembelajaran menjadi tidak hanya menghafal, sehingga konsep dan prinsip mudah untuk diingat oleh peserta didik lebih lama. Sedangkan kekurangannya adalah pada kenyataannya peserta didik menjadi individual karena penemuan dilakukan secara mandiri. Peserta didik yang berkemampuan tinggi rata-rata tidak mau berbagi dengan peserta didik yang berkemampuan rendah. Hal ini dapat menyebabkan kesenjangan di dalam kelas (Septiana. Jurnal Inkuiri Vol. 4 No 2, 2015: 137). Untuk mengatasi kekurangan dari *discovery learning* maka diperlukan bahan belajar berbasis *discovery learning* berupa modul.

Modul merupakan salah satu jenis bahan ajar yang disajikan secara sistematis, sehingga peserta didik dapat belajar dengan atau tanpa fasilitator guru. (Depdiknas,2008:13). Penggunaan modul membuat siswa dapat belajar secara individual yang berarti bahwa mereka dapat menyesuaikan kecepatan belajar sesuai dengan kemampuan mereka (Septiani. Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia Vol 8 no 2, 2014: 1343). Modul berdasarkan pembelajaran penemuan (*discovery learning*) dapat meningkatkan keterampilan generik sains peserta didik yang mencakup pemahaman konsep dan strategi pemecahan masalah. Karena dalam modul berbasis *discovery learning* mempresentasikan kegiatan yang

terstruktur dalam bentuk eksperimen dan pengamatan dengan menggunakan sintaks pembelajaran penemuan (Norma Khabibah. *Jurnal of Education and Learning*, 2017: 150). Sehingga modul berbasis *discovery learning* dapat dijadikan solusi untuk pembelajaran secara mandiri dan individual namun tetap memenuhi tuntutan kurikulum 2013, terutama masalah alokasi waktu jam pembelajaran fisika yang terbatas dan implementasi pembelajaran yang saintifik.

Namun sejak diterapkannya Kurikulum 2013, berdasarkan pengamatan di beberapa SMA di Jakarta, buku peminatan fisika sudah tersedia namun masih berbentuk cetak. Adapun buku yang telah ada di situs resmi Kemdikbud yaitu <http://bse.kemdikbud.go.id> belum ada buku elektronik fisika yang memanfaatkan potensi maksimal dari buku elektronik, seperti fitur pencarian langsung yang memudahkan peserta didik mencari sub materi terkait dan pencantuman konten animasi, video, serta simulasi karena memang buku yang ada dalam situ tersebut dirancang untuk dicetak dengan bahan baku kertas. Buku teks yang berbentuk cetak dan tebal tentunya akan menyulitkan peserta didik untuk membawa sumber belajar. Sehingga perlu adanya sumber belajar atau media belajar yang berbentuk elektronik yang dapat di-copy dan digunakan secara mandiri.

Modul elektronik dapat meningkatkan efektifitas suatu pembelajaran dan dapat meningkatkan pemahaman peserta didik (Johnson Lim Soon Chong, *Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT)* Vol 2, No.3, 2005: 25). Selain itu modul elektronik dapat membantu siswa dalam memvisualisasikan konsep yang abstrak melalui animasi dan simulasi konsep yang diberikan, sehingga dapat meningkatkan pengetahuan dan kreativitas serta motivasi belajar peserta didik (Tien Lee, *International Education Studies* Vol 5 No.6, 2012: 60). Sehingga penggunaan modul elektronik dapat dijadikan sebagai alternatif bahan ajar atau media belajar dalam proses pembelajaran, seperti pembelajaran fisika.

Penggunaan modul elektronik dalam pembelajaran fisika memerlukan penyajian berupa multi representasi karena fisika merupakan bidang ilmu sains yang mempelajari fenomena alam, maka siswa dituntut untuk

menguasai serta mengelola berbagai macam representasi (berupa eksperimen, grafik, verbal, formula gambar/diagram) (Carl Angell. 2007: 2). Dalam jurnal yang berjudul *Multiple Representations as a Framework for a Modelling Approach to Physics Education*, Carl Angell (2007: 2-3) menganjurkan agar dalam kurikulum fisika untuk tingkat SMA dipusatkan pada pemodelan yang berdasarkan pada kerangka kerja multi representasi. Penyajian materi berupa multi representasi dalam proses pembelajaran fisika mampu membuat siswa lebih baik dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam pembelajaran fisika (Dong-Hai Nguyen. *Journal US-China Education Review* Vol 8 No.5, 2011: 559). Penggunaan multirepresentasi terbukti berpengaruh positif dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika dikarenakan multirepresentasi dapat membangun pemahaman siswa yang lebih dalam dengan memberikan informasi yang lengkap dari berbagai bentuk yang disajikan siswa, serta membuat siswa berpikir kreatif dengan menghubungkan bentuk-bentuk representasi dengan aplikasi fenomena alam yang terjadi (Bryan & Fennel. *Journal Physics Education*, 2009: 409). Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyajian berupa multi representasi pada modul elektronik sangat diperlukan dalam proses pembelajaran fisika.

Materi fisika yang dipilih untuk modul elektronik ini adalah materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar. Pemilihan materi didasari oleh rendahnya persentase siswa yang lulus UN SMA pada materi tersebut. Berdasarkan data kelulusan UN Fisika sejak tahun 2013 jumlah siswa yang lulus pada materi tersebut cenderung menurun.

Tabel 1.1 Data Kelulusan UN Fisika materi dinamika rotasi
kesetimbangan benda tegar

Tahun UN	Peserta UN Jakarta Timur	% Lulus	Peserta UN Jakarta	% Lulus	% lulus Nasional
2013	8358	75.45	24441	75.5	62.37
2014	8094	71.52	24474	10.79	70.05
2015	8553	62.24	25422	62.90	65.24
2016	8925	65.20	27378	62.19	50.98

Berdasarkan data tersebut dan fakta-fakta yang telah dijabarkan di atas maka perlu dilakukan penelitian pengembangan dengan judul penelitian, *“Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Fisika berbasis Discovery Learning pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar.*

B. Fokus Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka fokus masalah pada penelitian ini adalah pengembangan modul elektronik (*e-module*) fisika berbasis *discovery learning*. Materi yang dikembangkan dalam *e-module* ini adalah Kompetensi Dasar 3.1 kelas XI SMA terkait dengan materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan fokus masalah, dapat dibuat rumusan masalah dalam penelitian ini adalah *“Apakah modul elektronik (e-module) fisika berbasis discovery learning yang dikembangkan pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar layak dijadikan sebagai media untuk belajar fisika secara mandiri untuk peserta didik SMA kelas XI?”.*

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan modul elektronik (*e-module*) fisika berbasis *discovery learning* pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar yang layak dijadikan sebagai media untuk belajar fisika mandiri untuk peserta didik SMA kelas XI.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat terutama bagi pihak-pihak pendidikan, yaitu:

1. Peneliti, dapat menambah pengalaman pada bidang penelitian pengembangan yaitu pengembangan berupa modul elektronik (*e-*

module) multi representasi fisika berbasis *discovery learning* pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

2. Pendidik, dapat digunakan sebagai referensi memperkaya model bahan ajar dengan menggunakan cara yang lebih menarik, kreatif, dan inovatif dan sesuai dengan kemajuan IPTEK serta kebutuhan pendidikan. Serta menambah referensi bahan ajar yang memfasilitasi belajar mandiri dan berpusat pada peserta didik.
3. Peserta Didik, memperoleh bahan belajar mandiri yang lebih menarik, dapat menuntun dalam menemukan konsep secara mandiri, dan dapat meningkatkan minat dan motivasi peserta didik untuk belajar secara mandiri.

BAB II KAJIAN TEORITIK

A. Definisi Konseptual

1. Penelitian dan Pengembangan

a) Definisi Penelitian Pengembangan

Penelitian atau riset (*research*) menurut Tuckman (1988,1999) dalam Punaji Setyosari (2013 :32) didefinisikan sebagai berikut : *“Research is a systematic attempt to provide answer to questions”*. Sebagaimana menurut Tuckman penelitian adalah upaya secara sistematis untuk memberikan jawaban terhadap permasalahan atau fenomena yang kita hadapi. Menurut Kerlinger (1990: 17) dalam Emzir (2014 : 5) Mendefinisikan penelitian ilmiah sebagai penyelidikan sistematis, terkontrol, empiris, dan kritis tentang fenomena sosial yang terbimbing oleh teori dan hipotesis tentang dugaan yang berhubungan dengan fenomena tersebut.

Pengembangan dalam buku Punaji Setyosari (2013:226) adalah perubahan secara perlahan (evolusi) dan perubahan secara bertahap. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1989), pengembangan berarti proses, atau cara, perbuatan mengembangkan.

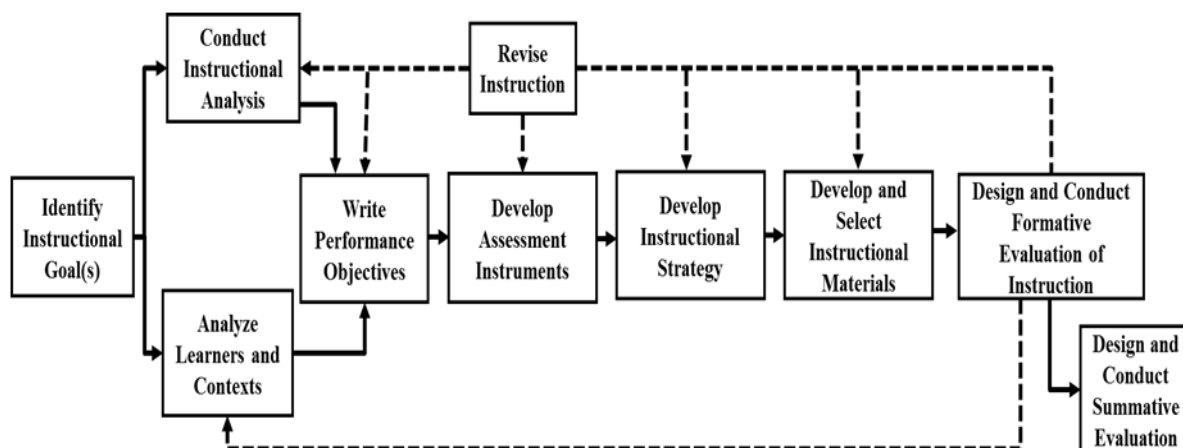
Penelitian pengembangan menurut Borg dan Gall (1983: 624) adalah *“educational research and development is a process used to develop and validate educational product”* atau yang dapat diartikan penelitian dan pengembangan pendidikan adalah proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan. sementara itu penelitian pengembangan menurut Seels & Richey (1994) dalam Punaji Setyosari (2013 :223) didefinisikan: *“Developmental research, as opposed to simple instructional development, has been defined as the systematic study of designing developing and evaluating instructional programs, processes and*

products that must meet the criteria of internal consistency and effectiveness". Berdasarkan pernyataan tersebut bahwa penelitian pengembangan sebagaimana dibedakan dengan pengembangan pembelajaran yang sederhana, didefinisikan sebagai kajian secara sistematis untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi program-program, proses, dan hasil pembelajaran yang harus memenuhi kriteria konsistensi dan keefektifan secara internal.

Kemudian Penelitian pengembangan menurut Sugiyono (2008: 407) metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Sementara menurut Sukmadinata (2011: 164) menjelaskan bahwa penelitian dan pengembangan adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggung jawabkan.

b) Prosedur Penelitian Pengembangan Dick & Carey

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan ini adalah model Dick & Carey. Menurut Borg and Gall (2003:570) menyatakan bahwa *"one of the most widely used models of educational research and development is the system approach model designed by Walter Dick and Lou Carey...."*, yang artinya model penelitian dan pengembangan pendidikan yang dapat digunakan adalah model pendekatan sistem yang dirancang oleh Walter Dick dan Lou Carey. Model penelitian ini memiliki sepuluh langkah yang diperlihatkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Prosedur penelitian pengembangan model Dick dan Carey

Sumber : Walter Dick & Lou Carey .2009. *The systematic Design of Instruction*. NY:Longman.Inc

Kesepuluh langkah model Dick & Carey (2015:6-8) dapat diuraikan sebagai berikut:

(1) Mengidentifikasi Tujuan Pembelajaran (*Identifying Instructional Goals*)

Langkah pertama dalam model ini adalah menentukan kemampuan atau kompetensi yang perlu dimiliki oleh siswa setelah mengikuti program pembelajaran. Perumusan tujuan pembelajaran dapat dikembangkan dari rumusan tujuan pembelajaran yang sudah ada pada silabus maupun hasil analisis kinerja dan analisis kebutuhan, refleksi berkaitan dengan kesulitan-kesulitan belajar yang dihadapi oleh siswa, hasil analisis tentang cara seseorang melakukan suatu pekerjaan/tugas dan persyaratan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan, maupun untuk tujuan pembelajaran baru.

(2) Melakukan Analisis Pembelajaran (*Conducting Instructional Analysis*)

Langkah kedua ini adalah suatu prosedur untuk menentukan keterampilan dan pengetahuan yang mempunyai relevansi dan diperlukan oleh siswa untuk mencapai kompetensi dan tujuan

pembelajaran, seperti pengetahuan, keterampilan dan sikap yang perlu dimiliki oleh siswa. Pada langkah ini akan dihasilkan “peta” yang menggambarkan keterkaitan dan hubungan seluruh keterampilan dan kemampuan yang diperlukan untuk mencapai kompetensi atau tujuan pembelajaran.

(3) Menganalisis Karakteristik Siswa dan konteks Pembelajaran (*Identifying Entry Behaviours and Learner Characteristics*)

Analisis karakteristik siswa meliputi analisis untuk mengetahui kemampuan awal siswa. Analisis karakteristik siswa yang tepat dan akurat akan sangat membantu dalam pemilihan dan penggunaan strategi pembelajaran, sedangkan analisis konteks pembelajaran meliputi situasi yang terkait dengan tugas yang dihadapi siswa dalam menerapkan pengetahuan dan keterampilan serta kondisi yang terkait dengan keterampilan yang dipelajari oleh siswa.

(4) Merumuskan Tujuan Pembelajaran Khusus (*Writing Performance Objective*)

Setelah melakukan analisis pembelajaran, langkah selanjutnya adalah mengembangkan kompetensi atau tujuan pembelajaran spesifik (*Instructional Objectives*) yang perlu dikuasai oleh siswa. Perumusan tujuan pembelajaran khusus ini perlu diperhatikan pengetahuan dan keterampilan yang harus dimiliki oleh siswa setelah proses pembelajaran selesai, kondisi yang diperlukan agar siswa dapat melakukan unjuk kemampuan atas pengetahuan yang telah dipelajarinya, Indikator dan kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan keberhasilan siswa dalam menempuh proses pembelajaran.

(5) Mengembangkan Instrumen Penilaian (*Developing Criterion-referenced test items*)

Berdasarkan tujuan atau kompetensi khusus yang telah dirumuskan sebelumnya, langkah selanjutnya adalah melakukan pengembangan alat/instrumen penilaian hasil belajar. Instrumen

penilaian pembelajaran ini harus mampu mengukur performa siswa baik dari sisi pengetahuan atau kognitif, keterampilan atau psikomotor maupun sikap. Instrumen dikembangkan lebih awal agar strategi dan perangkat yang dikembangkan lebih terarah.

(6) Mengembangkan Strategi Pembelajaran (*Developing Instructional Strategy*)

Berdasarkan informasi yang telah didapat pada tahap sebelumnya, dapat dikembangkan strategi pembelajaran yang akan digunakan agar program pembelajaran dapat tercapai. Strategi pembelajaran meliputi aktifitas pra-pembelajaran untuk meningkatkan motivasi, penyajian materi pembelajaran dengan menggunakan contoh dan demonstrasi, dan tindak lanjut dari proses pembelajaran. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pengembangan strategi pembelajaran adalah teori dan hasil penelitian pembelajaran terbaru, karakteristik media pembelajaran, materi atau substansi yang perlu dipelajari, dan karakteristik siswa. Pemilihan strategi pembelajaran yang tepat akan mampu mendukung berbagai aktifitas pembelajaran.

(7) Mengembangkan dan Memilih Bahan Ajar (*Developing and Selecting Instructional Materials*)

Pengembangan bahan ajar dapat berarti segala sesuatu yang digunakan untuk membawa dan menyampaikan informasi serta pesan dari sumber belajar kepada siswa. Bahan ajar yang digunakan dapat juga berasal dari produk komersial maupun memodifikasi bahan ajar yang sudah ada.

(8) Merancang dan Mengembangkan Evaluasi Formatif (*Designing and Conducting The Formative Evaluation of Instruction*)

Evaluasi formatif dilakukan untuk mengumpulkan data yang terkait dengan kelebihan dan kelemahan produk pembelajaran yang dikembangkan. Hasil proses evaluasi formatif digunakan sebagai masukan untuk memperbaiki rancangan proses atau produk pembelajaran. Tiga jenis evaluasi formatif yang dapat

digunakan untuk mengembangkan proses atau hasil pembelajaran adalah Evaluasi perorangan, Evaluasi kelompok kecil dan Evaluasi lapangan.

(9) Melakukan Revisi terhadap Produk (*Revising Instructional Product*)

Revisi terhadap produk pembelajaran merupakan langkah terakhir dalam proses desain dan pengembangan produk pembelajaran. Data yang diperoleh dari prosedur evaluasi formatif dirangkum dan ditafsirkan untuk mengetahui kesulitan yang dihadapi serta kelemahan-kelemahan dan selanjutnya dilakukan revisi. Prosedur evaluasi perlu dilakukan terhadap semua tahapan program pembelajaran. Tujuan utama langkah ini adalah untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk pembelajaran.

(10) Merancang dan Mengembangkan Evaluasi Sumatif (*Conducting Summative Evaluation*)

Evaluasi sumatif ini merupakan puncak evaluasi untuk mengukur efisiensi dan efektifitas pembelajaran tetapi langkah terakhir ini sering dipandang sebagai bagian diluar desain pembelajaran karena evaluasi ini dilakukan setelah seluruh komponen lengkap dan dilakukan evaluasi formatif serta telah dilakukan revisi secukupnya sesuai dengan standar yang digunakan oleh perancang pembelajaran dan evaluasi sumatif tidak melibatkan perancang program tetapi melibatkan penilai independen. Tahap evaluasi sumatif dilakukan setelah produk digunakan secara masal dalam rangka waktu yang panjang.

Berdasarkan uraian di atas maka dapat disintesa bahwa penelitian dan pengembangan (*Research and Developmet*) merupakan proses yang dilakukan untuk menambah daya guna suatu produk sesuai dengan kajian sistematis dan menerapkan metode ilmiah ilmiah, dimana produk tersebut bisa dikembangkan

dari produk yang telah ada atau menghasilkan produk baru yang kemudian produk tersebut nantinya akan diuji keefektifannya dan akan dipertanggungjawabkan serta diharapkan produk tersebut dapat memecahkan suatu permasalahan yang dikaji oleh peneliti.

Prosedur penelitian yang digunakan adalah prosedur penelitian Dick & Carey dengan kesepuluh langkah dimana kesepuluh langkah tersebut terhubung dengan langkah merevisi kegiatan instruksional. Sementara untuk keperluan pengembangan peneliti tidak melakukan langkah ke sepuluh yaitu, evaluasi sumatif karena diperlukan tingkat efisiensi, efektivitas dan daya tarik rancangan, proses dan program secara menyeluruh. Prosedur model Dick & Carey ini sangat tepat digunakan dalam mengembangkan modul elektronik fisika sebagai bahan pembelajaran. Langkah-langkah yang diuraikan sangat detail dan terarah mulai dari tahap analisis pendahuluan, perancangan, pengembangan produk maupun evaluasi produk.

2. Modul Elektronik

a) Pengertian Modul Elektronik

Dalam buku *Pedoman Pengembangan Bahan ajar* (Depdiknas, 2008:13) bahwa modul diartikan sebagai buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru. Hal senada juga dikemukakan dalam buku *Teknik Penyusunan modul* (Depdiknas, 2008: 4) bahwa yang dimaksud dengan modul adalah salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas secara utuh dan sistematis, didalamnya memuat seperangkat pengalaman belajar yang terencana dan didesain untuk membantu peserta didik agar menguasai tujuan belajar yang spesifik. Modul berfungsi sebagai sarana belajar yang bersifat mandiri, sehingga peserta didik dapat belajar sesuai dengan kecepatan masing-masing.

Sementara itu, Surrahman (2010) dalam Andi Prastowo (2011: 105) mengatakan bahwa modul adalah satuan program pembelajaran terkecil yang dapat dipelajari oleh peserta didik secara perseorangan (*self instructional*). Pengertian yang serupa juga diungkapkan oleh (Majid, 2007 : 176) bahwa modul adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru, sehingga modul berisi paling tidak tentang segala komponen dasar bahan ajar.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi menjelang akhir abad ke 20 telah berangsur menggeser era Guttenberg dengan mesin cetaknya dan menggantikannya dengan era digital. Informasi dan publikasi yang semula hanya didokumentasikan dan disebarluaskan melalui lembaran-lembaran kertas tercetak kini mulai menggunakan media elektronik sebagai pengganti alternatif (Soekartawi, *Jurnal Tektonik Edisi No.12*, Oktober 2003: 3).

Salah satu bentuk penyajian bahan belajar dalam format digital atau elektronik tersebut adalah *e-book*. Buku elektronik atau yang biasa dikenal dengan istilah *e-book* ini berbeda dengan buku yang berupa buku konvensional. Jika biasanya pada sebuah buku konvensional didalamnya terdapat informasi-informasi dalam kumpulan kertas-kertas yang berisi teks dan gambar, maka *e-book* ini berisi informasi digital yang tentunya berisi teks, gambar, tayangan suara, animasi maupun film yang kemudian dikemas dalam sebuah file (Ary Megabella, 2010: 2).

Terdapat beberapa pengertian mengenai *electronic book (e-book)* diantaranya definisi *e-book* menurut *Oxford Dictionary of English* mengatakan bahwa "*An e-book also known as a digital book is an electronic version of a printed book which can be read on a personal computer or hand-held device design specifically for this purpose*". Dari penjelasan tersebut dapat dipahami bahwa buku elektronik (*e-book*) merupakan buku dalam versi elektronik dari buku cetak yang dapat dibaca melalui perangkat komputer atau perangkat

khusus. Selain itu pengertian *e-book* menurut PCMag Encyclopedia dalam Ari Megabella (2010: 2-3) mengatakan bahwa “*The Electronic-Book is the electronic counterpart of a printed book, which can be viewed on a desktop computer or a portable device such as a laptop, PDA, or e-book reader. Numerous e-book can be kept on portable units for travelling, eliminating weight and volume compared to equivalent paper books. Electronic book make referencing easier, and most readers allow the user to annotate pages*”. Dari penjelasan tersebut dipahami bahwa buku elektronik (*E-book*) adalah versi elektronik dari buku cetak yang dapat dibaca pada komputer atau perangkat portable lain. *E-book* biasanya disimpan pada unit yang portable dan dapat tanpa beban seperti buku cetak pada umumnya. Sehingga *Electronic book* bisa dijadikan sebuah referensi yang lebih mudah untuk digunakan.

E-module atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan modul elektronik adalah modul yang dilengkapi dengan materi-materi sesuai dengan silabus yang ditampilkan melalui media elektronik serta berfungsi untuk mempermudah dalam proses pembelajaran sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan tidak membosankan (Sugianto,2013:113). Menurut Gunawan (2010) dalam Sugianto (2013: 102) modul elektronik adalah sebuah bentuk penyajian bahan belajar mandiri yang disusun secara sistematis ke dalam unit pembelajaran terkecil untuk mencapai tujuan pembelajaran yang disajikan ke dalam format elektronik. Format elektronik didalamnya terdapat animasi, audio, navigasi yang membuat pengguna lebih interaktif dengan program.

Perkembangan teknologi *e-book* mendorong terjadinya perpaduan antara teknologi cetak dengan teknologi komputer dalam kegiatan pembelajaran, salah satunya yaitu modul yang dapat ditransformasikan ke dalam bentuk elektronik. Sehingga melahirkan istilah modul elektronik atau *e-module*. Tidak ada definisi pasti mengenai modul elektronik sampai sejauh ini. Namun dengan

mengacu pada berbagai pendapat yang telah diuraikan di atas dapat disintesa bahwa modul elektronik merupakan sebuah bahan ajar yang disusun secara sistematis dan disajikan ke dalam format elektronik agar para peserta didik dapat belajar secara mandiri melalui media komputer atau perangkat portable lain.

b) Karakteristik Modul

Modul yang dikembangkan harus mampu meningkatkan motivasi peserta didik dan efektivitas peserta didik dalam mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya. Untuk menghasilkan modul yang layak, maka penyusunan modul harus sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2003 (Chomsin Widodo, 2008 : 50-54) diantaranya sebagai berikut:

(1) *Self Instructional*,

Melalui modul, peserta didik mampu membelajarkan diri sendiri secara mandiri dan tidak bergantung pada pihak lain. Hal ini sesuai dengan tujuan modul, yaitu agar peserta didik mampu belajar secara mandiri. Untuk memenuhi karakter *self instructional*, maka terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan modul yang mampu membuat peserta didik untuk belajar mandiri dan memperoleh ketuntasan dalam proses pembelajaran adalah:

- (a) Memuat tujuan pembelajaran yang jelas, dan dapat menggambarkan pencapaian dari Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar.
- (b) Memberikan materi pembelajaran yang dikemas ke dalam unit-unit atau kegiatan yang lebih spesifik, sehingga memudahkan peserta didik belajar secara tuntas.

- (c) Memberikan contoh-contoh dan ilustrasi yang menarik untuk mendukung pemaparan materi pembelajaran.
- (d) Memberikan kemungkinan bagi peserta didik untuk memberikan umpan balik atau mengukur penguasaannya terhadap materi yang diberikan dengan memberikan soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya.
- (e) Kontekstual, yaitu materi-materi yang disajikan terkait dengan suasana, tugas atau konteks kegiatan dan lingkungan peserta didik.
- (f) Bahasa yang digunakan cukup sederhana dan yang lebih penting adalah bahasa tersebut harus komunikatif karena peserta didik hanya berhadapan dengan buku ketika mereka belajar secara mandiri.
- (g) Memberikan rangkuman materi pembelajaran, untuk membantu peserta didik membuat sebuah catatan-catatan selama mereka belajar mandiri.
- (h) Mendorong peserta didik untuk melakukan '*self assessment*' dengan memberikan instrument penilaian/*assessment*.
- (i) Menyajikan umpan balik atas penilaian peserta didik sehingga peserta didik mengetahui tingkat penguasaan materi.
- (j) menyediakan informasi tentang rujukan/reserensi yang mendukung materi pembelajaran.

(2) *Self Contained*

Modul dikatakan *self contained* bila seluruh materi pembelajaran dari satu unit Kompetensi Inti dan kompetensi Dasar yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh. Tujuan konsep ini adalah memberikan kesempatan peserta didik untuk mempelajari materi pembelajaran secara tuntas, karena materi dikemas ke dalam satu kesatuan yang

utuh. Jika harus dilakukan pembagian atau pemisahan materi dari satu Kompetensi Dasar maka dapat dilakukan dengan memperhatikan keluasan Kompetensi Dasar yang harus dikuasai peserta didik.

(3) *Stand Alone* atau Berdiri Sendiri

Modul dengan karakteristik *stand alone* adalah modul yang tidak bergantung pada bahan ajar lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan bahan ajar lain. Dengan menggunakan modul, peserta didik tidak perlu bahan ajar lain untuk mempelajari dan/atau mengerjakan tugas pada modul tersebut. Jika peserta didik masih menggunakan dan bergantung pada bahan ajar lain selain modul yang digunakan tersebut, maka bahan ajar tersebut tidak dikategorikan sebagai modul yang berdiri sendiri.

(4) *Adaptif*

Adaptif yaitu jika modul tersebut dapat menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, fleksibel digunakan di berbagai tempat, serta isi materi pembelajaran dan perangkat lunaknya dapat digunakan sampai dengan kurun waktu tertentu, maka modul hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi.

(5) *User Friendly*

Modul hendaknya bersahabat atau *user friendly* dengan penggunaannya, maksudnya yaitu setiap instruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon, mengakses sesuai dengan keinginan. Selain itu, penggunaan bahasa yang sederhana, mudah dimengerti, serta

menggunakan istilah yang umum digunakan juga merupakan salah satu bentuk dari *user friendly*.

c) Struktur Penulisan Modul

Penstrukturan modul bertujuan untuk memudahkan peserta didik dalam mempelajari materi pada modul. Satu modul dibuat untuk mengajarkan suatu materi yang spesifik supaya peserta didik dapat mencapai kompetensi tertentu. Dalam buku *Penulisan Modul* yang diterbitkan oleh Depdiknas (2008:21) struktur penulisan modul terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian Pembuka, bagian Inti dan bagian Penutup yang diuraikan berikut ini:

(1) Bagian Pembuka

➤ Judul Modul

Judul modul harus dibuat menarik dan memberi gambaran tentang materi yang akan dibahas dalam modul.

➤ Daftar Isi

Daftar isi harus menyajikan topik-topik yang dibahas dengan diurutkan berdasarkan urutan kemunculan dalam modul. Kemudian daftar isi juga harus mencantumkan nomor halaman untuk memudahkan pembelajar menemukan topik.

➤ Peta Informasi

Peta informasi harus memperlihatkan kaitan antar topik-topik dalam modul.

➤ Daftar Tujuan Kompetensi

Penulisan tujuan kompetensi untuk membantu pembelajar mengetahui pengetahuan, sikap atau keterampilan apa saja yang akan dikuasai setelah menyelesaikan pembelajaran,

➤ Tes Awal

Tes awal atau pre-tes bertujuan memeriksa apakah pembelajar telah menguasai materi prasyarat untuk mempelajari materi dalam modul.

(2) Bagian Inti

➤ Pendahuluan/Tinjauan Umum Materi

Berisi tentang gambaran umum mengenai isi materi modul dan keterkaitan materi yang telah di pelajari dengan materi yang akan di pelajari.

➤ Uraian materi atau Kegiatan Belajar,

Uraian materi merupakan penjelasan secara terperinci tentang materi pembelajaran yang disampaikan dalam modul. Apabila materi yang dituangkan cukup luas, maka dapat dikembangkan ke dalam beberapa Kegiatan Belajar (KB). Setiap KB memiliki sistematika sebagai berikut:

- Tujuan/Kompetensi
- Uraian Materi
- Tes Formatif
- Umpan balik atau tindak lanjut
- Rangkuman

(3) Komponen Penutup

➤ *Glosary* atau daftar istilah

Glosary harus berisikan definisi-definisi konsep yang dibahas dalam modu. Definisi tersebut dibuat ringkas dengan tujuan untuk mengingat kembali konsep yang telah dipelajari.

➤ Tes Akhir

Tes Akhir atau evaluasi sumatif merupakan latihan yang dikerjakan pembelajar setelah mempelajari semua KB dalam modul. Selain itu juga ditulisnya kunci tes akhir agar pembelajar dapat mengukur kemampuannya diri sendiri.

➤ Indeks dan Daftar Pustaka

Indeks memuat istilah-istilah penting dalam modul serta halaman dimana istilah tersebut ditemukan. Indeks perlu mengandung kata kunci yang kemungkinan pembelajar akan mencarinya. Kemudian pada akhir modul juga dilampirkan

daftar pustaka sebagai referensi penulis dalam membuat modul.

d) Elemen Mutu Kelayakan Modul

Untuk menghasilkan modul pembelajaran yang layak dan mampu memerankan fungsi serta perannya dalam pembelajaran yang efektif, maka modul perlu dirancang dan dikembangkan dengan memperhatikan beberapa elemen yang mensyaratkan menurut depdiknas (2008:12) yaitu:

(1) Format

- Menggunakan format kolom (tunggal atau multi) yang proporsional dan harus sesuai dengan bentuk serta ukuran kertas yang digunakan. Jika menggunakan kolom multi, hendaknya jarak dan perbandingan antar kolom secara proporsional.
- Menggunakan format kertas (vertikal atau horisontal) yang tepat. Penggunaan format kertas secara vertikal atau horizontal harus memperhatikan tata letak dan format pengetikan.
- Menggunakan tanda-tanda (*icon*) yang mudah ditangkap dan bertujuan untuk menekankan pada hal-hal yang dianggap penting atau khusus. Tanda dapat berupa gambar, cetak tebal, cetak miring atau lainnya.

(2) Organisasi

- Menampilkan peta/bagan yang menggambarkan cakupan materi yang akan dibahas dalam modul.
- Mengorganisasikan isi materi pembelajaran dengan urutan dan susunan yang sistematis, sehingga memudahkan peserta didik memahami materi pembelajaran.

- Menyusun dan menempatkan naskah, gambar dan ilustrasi sedemikian rupa sehingga informasi mudah dimengerti oleh peserta didik.
- Mengorganisasi antarbab, antarunit dan antarparagraf dengan susunan dan alur yang memudahkan peserta didik memahaminya.
- Mengorganisasikan antar judul, sub judul dan uraian yang mudah diikuti oleh peserta didik.

(3) Daya Tarik

Daya tarik modul ditempatkan di beberapa bagian seperti:

- Bagian sampul (*cover*) dengan mengkombinasikan warna, gambar (ilustrasi), bentuk dan ukuran huruf yang serasi.
- Bagian isi modul dengan menempatkan rangsangan-rangsangan berupa gambar atau ilustrasi, pencetakan huruf tebal, miring, garis bawah atau warna.
- Tugas dan latihan harus dikemas sedemikian rupa agar menarik.

(4) Bentuk dan Ukuran Huruf

- Menggunakan bentuk dan ukuran huruf yang mudah untuk dibaca dan sesuai dengan karakteristik umum peserta didik. Dalam Azhar Arsyad (2009:89) ukuran huruf yang baik untuk teks adalah 12 poin per inchi.
- Menggunakan perbandingan huruf yang proporsional antar judul, sub judul dan isi naskah.
- Menghindari penggunaan huruf kapital untuk seluruh teks, karena dapat membuat proses membaca menjadi sulit.

(5) Ruang (Spasi Kosong)

Menggunakan spasi atau ruang kosong tanpa naskah atau gambar untuk menambah kontras penampilan

modul. Spasi kosong dapat berfungsi untuk menambahkan catatan penting dan memberikan kesempatan jeda kepada pembelajar/peserta didik. Penempatan ruang kosong dapat dilakukan di beberapa tempat seperti:

- Ruang sekitar judul bab dan subbab.
- Batas tepi (margin); batas tepi yang luas akan memaksa peserta didik untuk masuk ke tengah-tengah halaman.
- Spasi antarkolom; semakin lebar kolomnya semakin luas spasi diantaranya.
- Pergantian antarparagraf dan dimulai dengan huruf kapital.
- Pergantian antarbab atau bagian.

(6) Konsistensi

- Menggunakan bentuk dan huruf secara konsisten dari halaman ke halaman. Usahakan agar tidak menggunakan bentuk dan ukuran huruf yang terlalu banyak variasi.
- Menggunakan jarak spasi yang konsisten. Jarak antar judul dengan baris pertama, antara judul dengan teks utama. Jarak baris atau spasi yang tidak sama sering dianggap buruk dan tidak rapih.
- Menggunakan tata letak pengetikan yang konsisten, baik pola pengetikan maupun margin/batas-batas pengetikan.

e) Penilaian Kelayakan Bahan Ajar

Dalam mengembangkan modul sebagai bahan ajar yang layak digunakan, terdapat beberapa aspek utama dari bahan ajar yang harus diperhatikan. Beberapa aspek utama tersebut adalah aspek materi, aspek penyajian, dan aspek kebahasaan (Yunus: 2013.267-269).

Berdasarkan aspek materi, bahan ajar yang layak harus sesuai dengan beberapa hal sebagai berikut.

(1) Kesesuaian Kurikulum

- Bahan pelajaran dengan standar kompetensi, kompetensi dasar, dan indikator kurikulum.
 - Materi disajikan secara terpadu dengan konteks pendidikan dan konteks masyarakat.
 - Kesesuaian pengayaan materi dengan kurikulum.
- (2) Kesesuaian materi dengan tujuan pendidikan
- Kesesuaian muatan materi dengan tujuan pendidikan.
 - Kesesuaian penggunaan materi dengan tujuan pendidikan.
- (3) Kebenaran materi menurut ilmu yang diajarkan
- Kebenaran menerapkan prinsip kemampuan berdasarkan teori keilmuan yang diajarkan.
 - Kebenaran menerapkan prinsip-prinsip keilmuan tertentu.
 - Ketepatan penggunaan bahan bacaan dengan prinsip keilmuan tertentu.
 - Ketepatan materi berdasarkan perkembangan terbaru dari keilmuan tertentu.

Kemudian berdasarkan aspek penyajian, agar bahan ajar yang dikembangkan menjadi layak digunakan hendaknya harus memerhatikan beberapa hal sebagai berikut.

- (1) Tujuan pembelajaran harus dinyatakan secara eksplisit
- (2) Penahapan pembelajaran dilakukan berdasarkan kerumitan materi
- (3) Penahapan pembelajaran hendaknya dilakukan berdasarkan tahapan model tertentu yang dipilih dan digunakan guru dalam pembelajaran
- (4) Penyajian materi harus membangkitkan minat dan perhatian siswa
- (5) Penyajian materi harus mudah dipahami siswa
- (6) Penyajian materi harus mendorong keaktifan siswa untuk berpikir dan belajar

- (7) Bahan kajian yang berkaitan harus dihubungkan dengan materi yang disusun
- (8) Penyajian materi harus mendorong kreativitas dan keaktifan siswa untuk berpikir dan bernalar
- (9) Materi hendaknya disajikan berbasis penilaian formatif otentik
- (10) Soal disusun setiap akhir pelajaran

Selain itu, berdasarkan aspek kebahasaan, agar bahan ajar yang dikembangkan menjadi layak digunakan hendaknya harus memerhatikan beberapa hal sebagai berikut

- (1) Penyajian menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar
- (2) Penggunaan bahasa yang dapat meningkatkan daya nalar dan daya cipta anak melalui penggunaan bahasa laras keilmuan
- (3) Penggunaan bahasa (struktur dan isi) sesuai dengan tingkat penguasaan bahasa siswa
- (4) Paragraf dikembangkan secara efektif dan baku
- (5) Kesesuaian ilustrasi visual dengan wacana, materi keilmuan, dan kebenaran faktual
- (6) Kejelasan dan kemenarikan grafik dan ilustrasi visual yang terdapat dalam bahan ajar

Ketiga aspek utama pengembangan bahan ajar di atas merupakan Ketiga aspek utama pengembangan bahan ajar di atas merupakan satu kesatuan utuh yang harus diperhatikan guru dalam mengembangkan bahan ajar agar menjadi bahan ajar yang layak digunakan untuk pendidik dan peserta didik. Baik aspek materi, penyajian, maupun bahasa memiliki peranan penting dalam mewujudkan bahan ajar yang layak digunakan oleh pendidik dan peserta didik.

3. Penyajian Multi Representasi dalam Modul Fisika

a) Definisi dan Fungsi Multi Representasi

Representasi adalah suatu konfigurasi (bentuk atau susunan) yang dapat menggambarkan, mewakili atau melambangkan suatu cara (Goldin,2002).Menurut Carl Angell (2007) dalam papernya yang berjudul *Multiple Representations as a Framework for a Modelling Approach to Physics Education* menyebutkan bahwa multi representasi adalah model yang merepresentasi ulang konsep yang sama dalam beberapa format yang berbeda-beda. Menurut Prain dan waldrif (2007) multi representasi merupakan merepresentasi ulang konsep yang sama dengan format yang berbeda, termasuk verbal, gambar, grafik, dan matematik.Dalam pembelajaran sains, multi representasi mengacu pada pembelajaran sains yang menggambarkan suatu konsep dan proses yang sama dalam format yang berbeda, termasuk format verbal, format grafik, format gambar dan format numerik. (Murat Gunel, 2016: 119).

Multi representasi memiliki tiga fungsi utama, yaitu sebagai pelengkap, pembatas, interpretasi, dan pembangun pemahaman (Ainsworth,1999). Fungsi utama adalah multirepresentasi digunakan untuk memberikan representasi yang berisi informasi lengkap atau membantu melengkapi proses kognitif. Kedua, satu representasi digunakan untuk membatasi kemungkinan kesalahan menginterpretasi dalam menggunakan representasi yang lain. Ketiga, multirepresentasi dapat digunakan untuk mendorong siswa membangun pemahaman terhadap situasi secara mendalam.

b) Tipe-Tipe Multi Representasi dalam Modul Fisika

Dalam modul pembelajaran fisika banyak tipe repretasi yang dapat dimunculkan. Tipe-tipe multi representasi menurut M.Yusup (2009) antara lain:

- (1) Deskripsi Verbal, dimana deskripsi verbal ini untuk mendefinisikan suatu konsep.

- (2) Gambar/Diagram, dimana dapat membantu memvisualisasi sesuatu yang masih bersifat abstrak.
- (3) Grafik, dimana bentuk grafik dapat merepresentasikan suatu penjelasan yang panjang.
- (4) Matematik, dimana matematik ini untuk menyelesaikan persoalan kuantitatif.

c) Implikasi Multi Representasi Sains dalam Pembelajaran Fisika

Menurut Carl Angel dkk. (2007) mengungkapkan dua alasan utama mengapa multi representasi harus dijadikan pilihan utama sebagai strategi pembelajaran fisika, pertama pembelajaran fisika di sekolah harus merefleksikan model pembelajaran yang mengarahkan pada proses pencarian pengetahuan dan pengenalan produk pengetahuan. Alasan kedua, pendekatan yang bermacam-macam (bervariasi) harus selalu ada dalam pembelajaran fisika. Pendapat ini diperkuat oleh Patrick B. Kohl dkk. (2007) yang mengatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan multirepresentasi dapat dianggap sebagai kunci dari pembelajaran fisika. Sementara Dong-Hai Nguyen dkk. (2010) mempertegas bahwa pemecahan masalah menggunakan multi-representasi merupakan keahlian yang harus dimiliki oleh fisikawan dan teknisi di masa yang akan datang. Sehingga melatih pemecahan masalah menggunakan cara-cara multi representasi wajib diajarkan di sekolah atau universitas.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap penggunaan multi representasi dalam pembelajaran, semuanya menunjukkan hasil yang positif, yaitu bahwa penggunaan multi representasi memang penting dalam keberhasilan penyelesaian permasalahan dalam fisika (Kohl, 2007). Selain itu, multi representasi juga dapat membantu pembelajar dalam memahami konsep dan mengatasi permasalahan, menggunakannya untuk memecahkan masalah serta menyikapi masalah (Rosengrant, 2007).

Dari beberapa pendapat yang telah dikemukakan dapat disintesa bahwa multi representasi adalah cara untuk menggambarkan atau menampilkan suatu informasi ke dalam berbagai bentuk yang berbeda, contohnya dalam menampilkan informasi bentuk yang ditampilkan dapat berupa deskripsi verbal, gambar, grafik dan matematis. Multi representasi juga memiliki pengaruh yang positif dalam suatu pembelajaran. Sehingga diperlukannya penyajian berupa multi representasi dalam modul pembelajaran fisika.

4. Model Pembelajaran Penemuan (*Discovery Learning*)

a) Pengertian Model *Discovery Learning*

Pengertian *discovery learning* menurut Jerome Bruner (1963) adalah proses pembelajaran yang terjadi bila pembelajar tidak disajikan informasi dalam bentuk finalnya, namun melalui proses penemuan. Jerome Bruner mengungkapkan *discovery learning* merupakan sebuah model pengajaran yang menekankan pentingnya membantu siswa untuk memahami struktur atau ide-ide kunci suatu disiplin ilmu, kebutuhan akan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar, dan keyakinan bahwa pembelajaran terjadi melalui proses personal *discovery* atau penemuan pribadi (Saefuddin, 2015: 56).

Penemuan (*discovery*) merupakan suatu model pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan pandangan konstruktivisme. Model ini menekankan pentingnya pemahaman struktur atau ide-ide penting terhadap suatu disiplin ilmu, melalui keterlibatan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran. Menurut Wilcox (1977) dalam Hosnan (2013: 281), dalam pembelajaran *discovery* peserta didik akan didorong untuk belajar sebagian besar melalui keterlibatan aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip, kemudian pendidik mendorong siswa untuk memiliki pengalaman dan melakukan percobaan untuk menemukan suatu konsep atau prinsip.

Menurut Budiningsih (2005) dalam Agus Cahyo (2013: 101) model *discovey learning* adalah memahami konsep, arti, dan hubungan, melalui proses intuitif untuk akhirnya sampai kepada suatu penemuan. *Discovery* sendiri terjadi apabila individu terlibat dalam penggunaan proses mentalnya untuk menemukan beberapa konsep dan prinsip. Proses mental tersebut yakni, observasi, klasifikasi, pengukuran, prediksi, dan penentuan.

Menurut Kosasih (2014: 83) model *discovery learning* merupakan model pembelajaran yang mengarahkan siswa agar dapat menemukan suatu bentuk penemuan melalui proses pembelajaran yang dilakukan. Pada model pembelajaran ini siswa diberikan sejumlah teori dan fakta. Dari teori dan fakta itulah, siswa diharapkan dapat merumuskan sejumlah penemuan. Bentuk penemuan yang dimaksud adalah tidak selalu identik dengan suatu teori ataupun benda sebagaimana yang biasa dilakukan kalangan ilmuwan, namun penemuan yang dimaksud dapat suatu kesimpulan yang sederhana, namun memiliki makna dengan kehidupan para siswa. Penemuan itu tetap berkerangka pada kompetensi-kompetensi dasar (KD) dalam kurikulum.

Menurut Bell (1978) dalam Hosnan (2013: 281) bahwa pembelajaran *discovery* adalah pembelajaran yang terjadi sebagai dari hasil peserta didik dalam melakukan kegiatan memanipulasi, membuat struktur dan mentransformasikan informasi sedemikian sehingga peserta didik akan menemukan informasi baru. Dalam pembelajaran *discovery*, peserta didik dapat membuat perkiraan (*conjecture*), merumuskan suatu hipotesis dan menemukan kebenaran dengan menggunakan proses induktif dan proses deduktif, melakukan observasi serta membuat eksplorasi.

Sebagai strategi belajar, *discovery learning* memiliki prinsip yang sama dengan *inquiry* dan *problem solving*. Namun pada *discovery learning* lebih menekankan pada ditemukannya konsep atau prinsip yang sebelumnya belum diketahui. Perbedaannya

dengan *discovery* adalah pada *discovery learning* masalah yang dihadapkan kepada peserta didik merupakan masalah yang direkayasa oleh guru. Sedangkan pada *inquiry* masalahnya bukan hasil rekayasa, sehingga peserta didik harus mengerahkan seluruh pemikirannya melalui proses penelitian, sedangkan *problem solving* lebih memberi tekanan pada kemampuan menyelesaikan masalah.

b) Langkah-Langkah Model Discovery Learning

Menurut Syah (2004: 244 dalam Agus Cahyo, 2013: 249-251), dalam mengaplikasikan model *discovery learning*, tahapan atau prosedur yang harus dilakukan dalam kegiatan belajar mengajar secara umum adalah sebagai berikut:

(1) *Stimulation* (stimulasi/pemberian rangsangan)

Pertama-tama pada tahap ini pelajar dihadapkan pada sesuatu yang menimbulkan kebingungannya, kemudian dilanjutkan untuk tidak memberi generalisasi agar timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri. Disamping itu, pendidik dapat memulai dengan mengajukan pertanyaan atau mengajukan pelajar untuk membaca buku dan aktivitas belajar lainnya yang mengarah pada persiapan pemecahan masalah.

Stimulasi pada tahap ini berfungsi untuk menyediakan kondisi interaksi belajar yang dapat mengembangkan dan membantu siswa dalam mengeksplorasi bahan. Dalam hal ini, Bruner memberikan stimulasi menggunakan teknik bertanya, yaitu dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang dapat menghadapkan siswa pada kondisi internal yang mendorong eksplorasi. Dengan demikian seorang pendidik harus menguasai teknik-teknik dalam memberikan stimulus kepada peserta didik agar peserta didik dapat melakukan eksplorasi.

(2) *Problem statement (pernyataan/identifikasi masalah)*

Setelah dilakukan stimulasi, langkah selanjutnya adalah pendidik memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin masalah-masalah yang relevan dengan bahan pelajaran. Kemudian, salah satu dipilih dan dirumuskan dalam bentuk hipotesis (jawaban sementara atas pertanyaan masalah). Pada permasalahan yang dipilih itu harus dirumuskan dalam bentuk pertanyaan atau hipotesis, yakni pernyataan (*statement*) sebagai jawaban sementara atas pertanyaan yang diajukan. Pada tahap ini peserta didik diberikan kesempatan untuk mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan yang mereka hadapi. Tahap ini berguna dalam membangun peserta didik agar mereka terbiasa untuk menemukan suatu masalah kemudian menyelesaikannya.

(3) *Data collection (pengumpulan data)*

Ketika eksplorasi berlangsung, pendidik juga memberi kesempatan kepada para peserta didik untuk mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang relevan untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis. Pada tahap ini berfungsi untuk menjawab pertanyaan atau membuktikan benar atau tidaknya suatu hipotesis. Dengan demikian peserta didik diberi kesempatan untuk mengumpulkan (*collection*) berbagai informasi yang relevan, membaca literatur, mengamati objek, wawancara dengan narasumber, melakukan uji coba sendiri, dan sebagainya.

Konsekuensinya dari tahap ini adalah peserta didik belajar secara aktif untuk menemukan sesuatu yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapinya, sehingga secara tidak sengaja peserta didik akan

menghubungkan masalah dengan pengetahuan yang telah dimiliki.

(4) *Data processing* (pengolahan data)

Data processing merupakan kegiatan mengolah data dan informasi yang telah diperoleh para peserta didik baik melalui wawancara, observasi, dan sebagainya, lalu ditafsirkan. *Data processing* disebut juga dengan pengodean (*coding*) atau kategorisasi yang berfungsi sebagai pembentukan konsep dan generalisasi. Kemudian dari generalisasi tersebut siswa akan mendapatkan pengetahuan baru tentang alternatif jawaban/penyelesaian yang perlu mendapatkan pembuktian secara logis.

(5) *Verification* (pembuktian)

Pada tahap ini peserta didik melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang ditetapkan dengan temuan alternative dan dihubungkan dengan hasil *data processing*. Berdasarkan hasil pengolahan dan tafsiran atau informasi yang ada, pernyataan atau hipotesis yang telah dirumuskan terlebih dahulu itu di cek apakah terjawab atau tidak, apakah terbukti atau tidak. Menurut Bruner, *verification* bertujuan agar proses belajar akan berjalan dengan baik dan kreatif jika guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan suatu konsep, teori, aturan, pemahaman melalui contoh-contoh yang ia jumpai dalam kehidupannya.

Berdasarkan hasil pengolahan dan tafsiran, atau informasi yang ada, pernyataan atau hipotesis yang telah dirumuskan terdahulu itu kemudian di cek apakah terjawab atau tidak, apakah terbukti atau tidak.

(6) *Generalization* (menarik kesimpulan/generalisasi)

Tahap *generalization* (menarik kesimpulan) adalah proses menarik sebuah kesimpulan yang dapat dijadikan prinsip umum dan berlaku untuk semua kejadian atau masalah yang sama, tentu saja dengan memperhatikan hasil verifikasi (syah, 2004: 244 dalam Hosnan, 2013: 290). Berdasarkan hasil verifikasi, peserta didik dapat merumuskan suatu kesimpulan dengan kata-kata/tulisan tentang prinsip-prinsip yang mendasari generalisasi. Setelah menarik kesimpulan peserta didik harus memperhatikan proses generalisasi yang menekankan pentingnya penguasaan pelajaran atas makna dan kaidah atau prinsip-prinsip yang luas yang mendasari pengalaman seseorang, serta pentingnya proses pengaturan dan generalisasi dari pengalaman-pengalaman itu.

Berdasarkan pengertian beberapa ahli yang telah di kemukakan, maka dapat disintesis bahwa *discovery learning* adalah pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student centered*) dengan mengarahkan peserta didik untuk memperoleh pengetahuan baru melalui kegiatan penemuan. Sehingga materi pembelajaran tidak disajikan dalam bentuk finalnya namun peserta didik yang mengorganisasi sendiri. Model pembelajaran *discovery learning* ini terdiri dari enam tahapan, yakni stimulasi, identifikasi masalah, mengumpulkan data/informasi, mengolah data/informasi, pembuktian, dan generalisasi atau menarik kesimpulan.

5. Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar di SMA

Fisika merupakan cabang ilmu sains yang mempelajari prinsip-prinsip dasar Alam semesta. Fisika memiliki cabang ilmu, diantaranya adalah mekanika klasik, relativitas, termodinamika, elektromagnetisme, optika dan mekanika kuantum. Pada jenjang SMA, cabang ilmu fisika

yang paling banyak dipelajari adalah mekanika klasik. Mekanika klasik adalah cabang ilmu fisika yang mempelajari gerak benda yang ukurannya relatif besar dan bergerak dengan kelajuan yang jauh lebih lambat dibandingkan dengan kecepatan cahaya (Serway dan Jewet, 2009:1). Secara umum mekanika membahas kinematika dan dinamika dari suatu benda yang bergerak. Gerak dalam ilmu fisika tidak hanya gerak translasi dimana benda bergerak pada lintasan lurus atau melengkung. Namun ada juga gerak rotasi, dimana pada gerak rotasi benda berputar pada sumbu tertentu (Halliday dan Resnick, 2010 :262).

Pada materi dinamika rotasi, gerak benda yang dianalisis yaitu dengan menganggap benda sebagai benda tegar atau benda kaku. Gerak rotasi benda tidak dapat di analisis dengan menganggap benda sebagai partikel karena pada saat tertentu bagian-bagian benda yang berotasi memiliki kecepatan linier dan percepatan linier yang berbeda. Benda tegar atau benda kaku adalah benda yang tidak dapat berubah bentuk dan letak semua partikel yang menyusun benda tersebut selalu konstan (Serway dan Jewet, 2009: 446). Pada benda kaku juga terdapat kondisi-kondisi di mana sebuah benda kaku berada dalam kesetimbangan. Istilah kesetimbangan mengacu pada baik benda yang diam atau pusat massanya yang bergerak dengan kecepatan yang relative konstan terhadap pengamat . (Serway dan Jewet, 2009: 550).

Sesuai dengan kurikulum 2013 revisi pada jenjang SMA, materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar diberikan untuk kelas XI di semester ganjil. Kompetensi dasar untuk materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar ada pada Kompetensi Dasar 3.1 (Tiga poin satu) yang berbunyi, “ *menerapkan konsep torsi, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statis dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari*” dan Kompetensi Dasar 4.1 membuat karya yang menerapkan konsep titik berat dan kesetimbangan benda tegar”. Dalam silabus fisika SMA kelas XI kurikulum 2013 Revisi, materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar harus diajarkan sebanyak empat kali

pertemuan yang masing-masing pertemuannya dilaksanakan selama empat jam pelajaran.

Pada pengembangan modul elektronik ini Kompetensi Dasar yang digunakan hanya Kompetensi Dasar 3.1 (tiga poin satu) dan materi-materi yang disampaikan terbagi dalam dua kegiatan belajar. Pada kegiatan belajar satu materi-materi yang disampaikan adalah torsi, momen inersia, Hukum II Newton rotasi, hukum kekekalan momentum sudut dan energi kinetik pada gerak rotasi benda. Pada kegiatan belajar dua materi yang disampaikan adalah kesetimbangan statis benda tegar, kesetimbangan dinamis benda tegar dan titik berat.

B. Penelitian Yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian pengembangan yang akan dilakukan adalah :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Kiar Vansa Febrianti.Dkk (Prosiding Seminar Nasional Fisika UPI 2016) dari Universitas Negeri Jakarta yang berjudul “Pengembangan Modul Digital Fisika Berbasis *Discovery Learning* pada Pokok Bahasan Kinematika Gerak Lurus” Menunjukkan bahwa hasil uji validasi mencapai persentase sebesar 92,94 % menurut ahli materi, 84,73 % menurut ahli media dan 90,75 % menurut guru fisika SMA. Hasil uji coba *e-module* fisika terhadap siswa menunjukkan persentase capaian sebesar 84,87%. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa *e-module* fisika berbasis *discovery learning* hasil pengembangan telah memenuhi kriteria sangat baik dan layak digunakan sebagai bahan belajar mandiri untuk peserta didik SMA Kelas X.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Laras Widianingtyas (Vol.1, No.1,2015: 31-38), dari Universitas Negeri Jakarta dengan judul “Pengaruh Pendekatan Multi Representasi pada Pembelajaran Fisika terhadap Kemampuan Kognitif Siswa SMA” menunjukkan bahwa penerapan multi representasi pada pembelajaran fisika materi suhu dan kalor memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan kognitif siswa.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Fitri Nurmayanti. Dkk (Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015) dari Universitas Negeri Jakarta yang berjudul “Pengembangan Modul Elektronik Fisika dengan Strategi PDEODE pada Pokok Bahasan Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI SMA” Menunjukkan bahwa hasil uji validasi mencapai persentase sebesar 95,11 % menurut ahli materi, 85,08 % menurut ahli media, dan 83,65 % menurut ahli pembelajaran. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa *e-module* fisika berbasis PDEODE pada pokok bahasan teori kinetik gas telah memenuhi kriteria sangat baik dan layak digunakan sebagai bahan belajar mandiri untuk peserta didik SMA Kelas XI.

C. Kerangka Berpikir

Pendekatan saintifik yang telah dipaparkan terdahulu merupakan struktur umum dari keseluruhan proses yang menjadi standar proses pada Kurikulum 2013. Adapun dalam pengembangannya, pendidik dapat mengisi jam pelajaran dengan beragam model pembelajaran. Salah satu model pembelajaran yang disarankan Kurikulum 2013 revisi saat ini adalah pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*). Namun untuk melaksanakannya tentunya diperlukannya waktu jam pelajaran yang lamanya tidak bisa diprediksi dan ditentukan. Sedangkan alokasi waktu pelajaran fisika untuk satu Kompetensi Dasar hanya empat jam pelajaran dan empat kali pertemuan.

Dari sedikitnya alokasi waktu jam pelajaran di sekolah dan banyaknya jumlah kompetensi dasar fisika yang harus dikuasai peserta didik, agar dapat melaksanakan pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*), maka dibutuhkan suatu bahan ajar berbasis *discovery learning* yang bisa memfasilitasi peserta didik untuk belajar fisika secara mandiri kapanpun dan dimanapun.

Berdasarkan pengamatan peneliti di beberapa SMA di Jakarta, buku teks dan modul yang telah dimiliki oleh peserta didik selama ini belum

mampu membantu siswa untuk berpikir kreatif dan representasi dari penyajian materi yang masih kurang, selain itu soal-soal yang masih bersifat penerapan rumus atau menguji keterampilan menghitung peserta didik. sehingga melalui buku teks dan modul tersebut belum berbasis model pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) serta membuat peserta didik mengalami kesulitan saat mengerjakan soal.

Fakta menunjukkan berdasarkan observasi peneliti yang dilakukan selama di sekolah, terlihat bahwa di setiap pembelajaran berlangsung hanya sedikit siswa yang siap dalam mengikuti pembelajaran. Ketidaksiapan dalam menerima pelajaran di kelas tentu disebabkan karena siswa belum belajar sebelum pembelajaran di kelas. Kemudian timbul pertanyaan mengenai alasan siswa terhadap hal tersebut, ternyata masih banyak siswa yang kurang meminati mata pelajaran fisika, hal ini karena berdasarkan pembelajaran di sekolah yang kurang bisa menjelaskan makna terhadap konsep fisika itu sendiri melainkan lebih kepada rumus dan persamaan matematis. Setelah melakukan analisis kebutuhan serta analisis terhadap buku teks dan modul yang siswa gunakan di sekolah, diantaranya siswa menyebutkan masih kurang bisa memahami isi dari buku teks dan modul tersebut, diantaranya siswa menyebutkan penyajian materi yang padat dengan tulisan dan persamaan matematis. Bahasa yang sulit untuk dipahami serta masih kurangnya contoh-contoh soal yang aplikatif sehingga menjadi alasan kurangnya motivasi siswa untuk belajar.

Padahal seharusnya kegiatan belajar fisika tidak hanya membaca, tetapi juga menuntut siswa untuk mengamati. Mengamati dapat dilakukan dengan cara menampilkan video, animasi, dan simulasi yang bisa disajikan di bahan ajar. Bahan ajar yang dimaksud yaitu berupa modul elektronik. Modul elektronik ini dapat diakses melalui komputer, *laptop*, atau tablet karena modul ini dilengkapi dengan fasilitas multimedia yang terintegrasi di dalamnya, seperti video, simulasi, animasi, gambar, dan tes yang interaktif. Modul juga dirancang dengan tahapan pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) yang menuntun siswa untuk menemukan konsep dengan memberikan penyajian materi yang multi representasi. Melalui

modul ini pada akhirnya pendidik akan menjadi fasilitator dalam proses pembelajaran.

Modul ini ditulis dengan bahasa yang sederhana, menarik, dan diatur sedemikian rupa sehingga modul tersebut seperti pengajar yang sedang memberikan pengajaran kepada murid-muridnya. Pada pembuatan isi materinya ditulis menggunakan *software Microsoft Office word 2016* dan *Microsoft Office PowerPoint 2016*. Kemudian untuk konten videonya diedit menggunakan *software Camtasia 9.0*, dan untuk membuat formasi tes dengan beragam bentuk tes menggunakan *software Wondershare Quiz Creator*. Kemudian hasil dari tes tersebut akan dikirim secara otomatis ke *email* pendidik dan peserta didik yang menggunakan. Modul elektronik ini kemudian disimpan dalam format *.exe* atau *html* yang bisa di *copy* di komputer tanpa menginstal *software* terlebih dahulu, sehingga modul elektronik dalam bentuk *sofffile* lebih mudah digunakan dan dibawa kemanapun.

Modul elektronik ini diharapkan membuat peserta didik lebih memahami materi pembelajaran secara mandiri, meringankan beban peserta didik karena modul tidak perlu dibeli dalam bentuk cetak, serta mendukung gerakan *Go Green* dan mengurangi efek pemanasan global karena melakukan penghematan penggunaan kertas. Oleh karena itu, peneliti akan mengembangkan modul elektronik fisika untuk SMA kelas XI yang diharapkan dapat menjadi bahan belajar mandiri bagi peserta didik dengan tampilan berupa multi representasi dan menggunakan tahapan model pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) pada pokok bahasan Dinamika Rotasi dan Keseimbangan benda Tegar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Operasional Penelitian

Tujuan operasional penelitian ini adalah menghasilkan modul elektronik (*e-module*) fisika berbasis model *discovery learning* pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar yang layak dijadikan media belajar fisika secara mandiri untuk peserta didik SMA kelas XI

B. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Pengembangan Media Pendidikan Fisika, program studi pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Uji coba skala kecil dan uji coba terbatas terhadap peserta didik kelas XI di laboratorium komputer SMA 77 Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan bulan September 2016 - Agustus 2017.

C. Validator Dan Responden

Uji kelayakan produk yang dikembangkan melibatkan beberapa validator, yaitu:

- Ahli media : Dosen Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA UNJ
- Ahli materi : Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNJ
- Ahli Pembelajaran : Dosen Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA UNJ

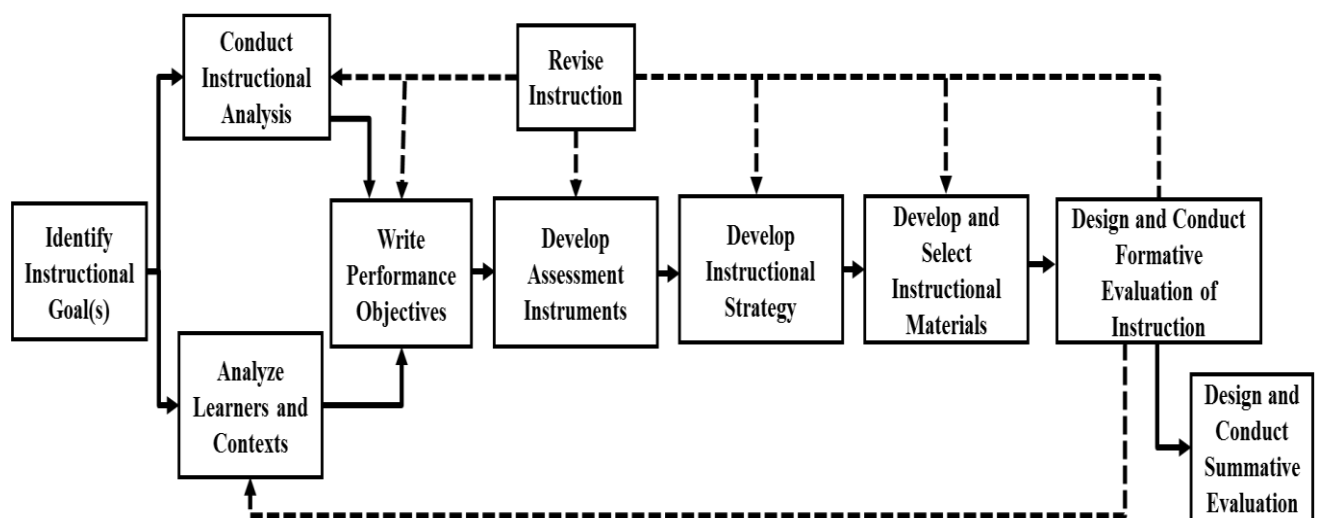
Responden yang menggunakan *e-module* fisika adalah guru fisika dan peserta didik tingkat SMA kelas XI di SMA Negeri 22 Jakarta, serta guru fisika SMA Negeri 103 Jakarta.

D. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Borg and Gall (2003: 570) menyatakan bahwa “*One of the most widely used models of educational research and development is the system approach model designed by Walter Dick and Lou Carey.....*”, yang artinya adalah model yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan pendidikan adalah model pendekatan sistem yang dirancang oleh Walter Dick dan Lou Carey.

E. Desain Penelitian

Penelitian pengembangan ini akan menggunakan model penelitian yang dikemukakan oleh Dick dan Carey (2015, 1-2) yang disajikan pada bagan berikut ini:



Gambar 3.1 Langkah Penelitian Pengembangan Model Dick & Carey
Sumber (Walter Dick & Lou Carey, 2015:1-2)

F. Prosedur Penelitian

Berdasarkan langkah-langkah penelitian dan pengembangan model Dick & Carey, maka prosedur penelitian ini yang akan dilakukan peneliti adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi Tujuan Pembelajaran

Tahap pertama dari pengembangan modul adalah menganalisis Kompetensi Dasar (KD) yang harus dikuasai siswa, yaitu KD 3.1 Fisika SMA Kelas XI yang berbunyi, “*Menerapkan konsep torsi, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statis dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari*” dengan dua kegiatan pembelajaran yaitu Dinamika Rotasi Benda Tegar dan Keseimbangan Benda Tegar. Hasil analisis KD menghasilkan rumusan umum tentang pembelajaran yang harus dilakukan termasuk materi-materi apa saja yang mencakupi KD tersebut dan apa saja yang harus dilakukan siswa agar menguasai konsep dinamika rotasi dan keseimbangan benda tegar dalam ranah kognitif tingkat tinggi.

2. Melakukan Analisis Pembelajaran

Setelah merumuskan tujuan penelitian, kemudian dilakukan analisis kompetensi yang harus dikuasai siswa. Tahap analisis ini akan menghasilkan indikator-indikator pembelajaran untuk menentukan tercapai atau tidaknya KD 3.1. Tahap ini juga dilakukan untuk menghimpun data tentang pengetahuan dan keterampilan yang dikuasai peserta didik agar mampu untuk mengikuti pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*).

3. Menganalisis Karakteristik Peserta didik dan Konteks Pembelajaran

Langkah ketiga yaitu menganalisis karakteristik peserta didik yang akan menggunakan *e-module* yang dikembangkan. Tuntutan Kurikulum 2013 memberikan saran agar pembelajaran dilakukan dengan berbasis penemuan (*discovery learning*). Pada tahap ini, dianalisis kemampuan peserta didik untuk melakukan pembelajaran mandiri, kemampuan siswa untuk belajar melalui media komputer, kemampuan siswa untuk belajar melalui proses penemuan, kemampuan siswa untuk membaca sajian multi representasi dan sebagainya. Terkait dengan konten pembelajaran, dilakukan analisis konten-konten apa saja seperti video dan animasi

yang ada dalam *e-module* sebagai pendukung pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) dengan sajian multi representasi fisika pada konteks materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar pada tingkat SMA kelas XI.

4. Merumuskan Tujuan Pembelajaran Khusus

Hasil analisis pembelajaran dan analisis karakteristik peserta didik digunakan dalam menyusun tujuan pembelajaran dalam *e-module* berbasis *discovery learning* dengan sajian multi representasi fisika. Perumusan tujuan pembelajaran menggunakan format ABCD (*Audience, Behaviour, Condition, Degree*) yang akan membantu kelancaran penyusunan *e-module* pada langkah berikutnya.

5. Mengembangkan Instrumen Penilaian Berdasarkan Acuan

Berdasarkan tujuan pembelajaran yang sudah dirumuskan maka dikembangkan alat ukur berupa tes yang interaktif untuk menentukan keberhasilan *discovery learning*. Tes tersebut dikerjakan peserta didik setelah membaca kegiatan belajar pada *e-module*. Alat ukur tersebut berisi soal objektif yang sesuai dengan ranah kognitif taksonomi *bloom*. Peserta didik yang sudah menyelesaikan tes akan langsung diberikan umpan balik (*feedback*) yang secara otomatis akan terkirim ke *e-mail* pendidik dan peserta didik untuk mengetahui kemampuan masing-masing peserta didik dan memotivasi peserta didik untuk mengikuti kegiatan belajar.

6. Mengembangkan Strategi Pembelajaran

Berdasarkan tujuan pembelajaran khusus dan instrumen penilaian dirancang strategi pembelajaran yaitu pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) untuk menentukan keberhasilan *discovery learning* dengan sajian materi berupa multi representasi fisika. Pembelajaran ini akan dirancang dalam bentuk bahan belajar mandiri berupa *e-module*

dengan kegiatan belajar yang sesuai dengan tahapan-tahapan pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*).

7. Mengembangkan dan Merancang Model Modul Elektronik (*E-Module*)

Tahap ini dilakukan untuk mulai menyusun kerangka dasar dari modul elektronik (*e-module*) yang dikembangkan. Modul sendiri terdiri dari tiga bagian, yaitu pendahuluan, kegiatan belajar dan penutup. Bagian pendahuluan berisi deskripsi singkat dan prasyarat modul, Kompetensi Dasar dan Tujuan Pembelajaran, Peta konsep, serta petunjuk penggunaan modul. Bagian kegiatan belajar berisi uraian materi, tes formatif dan umpan balik. Kemudian pada bagian penutup berisi evaluasi sumatif, Glosarium dan Daftar pustaka. Uraian materi yang ditulis pada bagian kegiatan belajar diuraikan dengan tahapan-tahapan model *discovery learning* dan ditambah dengan sajian multirepresentasi seperti tabel, grafik, persamaan matematis dan verbal yang dapat memperkaya isi modul elektronik fisika.

8. Merancang dan Mengembangkan Evaluasi Formatif

Evaluasi ini bertujuan untuk menyempurnakan modul elektronik fisika yang dihasilkan setelah mendapat kritik dan saran dari para ahli, pendidik dan peserta didik dalam skala kecil. Tahap ini adalah tahap yang paling utama dalam pengembangan produk dikarenakan proses perbaikan dan penilaian dapat dilakukan berulang-ulang sampai dihasilkannya modul elektronik fisika yang menurut para ahli sudah layak sebagai bahan belajar mandiri untuk peserta didik.

9. Melakukan Revisi Terhadap Program Pembelajaran

Proses pengembangan modul elektronik fisika akan dikatakan selesai setelah didapatkan produk yang menurut ahli sudah layak sebagai bahan belajar mandiri, sehingga revisi tetap dilakukan sampai

para ahli merekomendasikan kelayakan dari modul elektronik fisika yang dikembangkan.

10. Merancang dan Mengembangkan Evaluasi Sumatif

Tahap valuasi sumatif dalam penelitian ini tidak dilakukan karena kelayakan modul elektronik fisika sebagai bahan belajar mandiri baru bisa dilakukan setelah modul elektronik fisika digunakan dalam jangka panjang. Selain itu evaluator yang melakukan adalah evaluator eksternal. Sehingga langkah ini tidak dilakukan karena dalam penelitian ini modul elektronik fisika belum digunakan dalam jangka panjang dan dibutuhkannya evaluator yang independen.

F. Perangkat Pengembangan Produk Penelitian

Perangkat yang dibutuhkan untuk mengembangkan modul elektronik (*e-module*) meliputi perangkat keras komputer (*hardware*), dan perangkat lunak komputer (*software*).

1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras yang dibutuhkan untuk dapat mengembangkan dan mengakses modul elektronik (*e-module*) adalah sebagai berikut :

- a) Komputer berprosesor minimal Pentium IV 1 GHz, atau AMD, VIA yang setara. Disarankan Pentium *Dual Core* multimedia komputer atau sederajat.
- b) Untuk memaksimalkan sistem operasi diperlukan kapasitas RAM minimal 1 Gb.
- c) *Hard disk* tergantung sistem operasi yang digunakan. Disarankan kapasitasnya melebihi 250 Gb
- d) Disarankan untuk memiliki koneksi internet baik atau jaringan lokal yang sudah terhubung ke internet khusus untuk pemanfaatan tes formatif interaktif dan soal evaluasi sumatif,

- e) Monitor berwarna yang mampu menampilkan resolusi minimal 1024 x 768 *pixels* dan mampu menampilkan 256.000 warna.
- f) Agar suara yang didengar bisa lebih meningkat volumenya disarankan untuk ketersediaan adanya *Speaker* atau *headset*.

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan untuk dapat mengembangkan dan mengoperasikan modul elektronik yang dikembangkan, adalah sebagai berikut :

- a) Komputer yang digunakan minimal sistem operasi yang dipakai adalah *Windows 7*.
- b) Komputer yang digunakan sudah terdapat *browser* diantaranya, *Opera Mini*, *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*, atau *browser* lainnya yang menyediakan *plugin* untuk *Flash Player*.
- c) Perangkat lunak yang digunakan dalam tampilan fisik modul elektronik fisika secara keseluruhan adalah *3D PageFlip Professional 1.7.7*. fungsi perangkat lunak tersebut adalah untuk menampilkan modul berbentuk digital dalam tiga dimensi dengan menampilkan beberapa konten yang dapat disajikan atau digunakan pada komputer/ *laptop*.
- d) Konten modul berupa teks, animasi, simulasi, gambar, video, audio, tes formatif dan evaluasi sumatif dibuat dan diperbaiki menggunakan *software* tertentu diantaranya yaitu:
 - o Gambar *cover* pada modul menggunakan *Adobe Photoshop CS6*
 - o Video menggunakan *Camtasia 9.0*
 - o Simulasi dan Animasi menggunakan *Macromedia Flash Professional 8*
 - o Tes formatif dan soal evaluasi menggunakan *Wondershare Quiz Creator* untuk mendesain berbagai bentuk pernyataan dan mengkonversi

- o Modul ditulis menggunakan *Microsoft Office Word 2016* kemudian diconvert ke bentuk *.pdf*, kemudian dari beberapa *file* yang berformat *.pdf* disatukan menggunakan *PDF binder* hingga akhirnya didapat satu *file .pdf* yang utuh dan berisi teks dalam modul. Hingga akhirnya satu *file .pdf* yang utuh tersebut dikonversi kembali secara keseluruhan ke *flipbook* dengan menggunakan *3D PageFlip Professional 1.7.7*.

G. Instrument Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat pengumpul data yang dirancang dan dibuat untuk menghasilkan data empiris. Instrumen pada penelitian ini berupa angket atau kuesioner yang terdiri dari kumpulan pertanyaan tertulis untuk dijawab oleh sekelompok responden penelitian. Kuesioner yang disusun terstruktur dalam Skala Likert untuk menilai kelayakan media, materi dan pembelajaran.

Kisi-kisi instrumen kelayakan materi, media dan pembelajaran disajikan pada tabel berikut ini:

1. Kisi-Kisi Instrumen Validasi Ahli Materi

Tabel 3.1 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Materi

Aspek	Indikator	Nomor Butir
Kajian Materi dalam <i>e-module</i>	Kesesuaian kajian materi dengan kurikulum	1,9
	Kesesuaian kajian materi dengan tujuan pembelajaran	10
	Kesesuaian kajian materi dengan ilmu Fisika	15,16
	Kelayakan peta konsep	2,3
	Kesesuaian rangkuman dengan kajian materi	18

	Kesesuaian soal evaluasi dengan kajian materi	19,20
Konten media dalam <i>e-module</i>	Kelayakan video dalam <i>e-module</i>	4,5
	Kelayakan animasi dan simulasi	6,7,12
Multi Representasi dalam <i>e-module</i>	Kesesuaian deskripsi verbal	21,22
	Kesesuaian tabel dan grafik	7,8
	Kesesuaian persamaan matematis	14,15
	Ketepatan gambar	13

Tabel 3.2 Kisi-Kisi Karakteristik Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Materi

Butir Indikator	No. Butir Pertanyaan
<i>Self Instructional</i>	1,3,7,8,13,14,15,16,17
<i>Self Contained</i>	2,9,10,20
<i>Stand Alone</i>	18,19
Adaptif	4,5,6,12
<i>User Friendly</i>	21,22

2. Kisi-Kisi Instrumen Validasi Ahli Media

Tabel 3.3 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Media

Aspek	Indikator	Nomor Butir
Komponen <i>e-modul</i>	Kelayakan halaman sampul <i>e-module</i>	1,2,3,4
	Kelengkapan komponen <i>e-module</i>	5,6,29,32,34,35,45
	Kelayakan konten media <i>e-module</i>	11,12,13
Multi Representasi dalam <i>E-Module</i>	Kelayakan grafik	14,15,16,17
	Kelayakan tabel	19,20,21,22
	Kelayakan gambar	25,26,27
	kelayakan persamaan matematis	28,29

	Kelayakan deskripsi verbal	31,36
Elemen Mutu <i>e-Modul</i>	Kelayakan format dalam <i>e-module</i>	37
	Kelayakan organisasi dalam <i>e-module</i>	7,9
	Kelayakan daya tarik <i>e-module</i>	10,18,23,24, 33,30,40,43
	Kesesuaian bentuk dan ukuran huruf	8,38
	Konsistensi penulisan <i>e-module</i>	39,41,42

Tabel 3.4 Kisi-Kisi Karakteristik Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Media

Butir Indikator	No. Butir Pertanyaan
<i>Self Instructional</i>	14,15,19,22,24,25,26,27,32,33,34,35,45
<i>Self Contained</i>	6
<i>Stand Alone</i>	7,16,20,28,29,37,38,39,41,42
Adaptif	11,12,13
<i>User Friendly</i>	1,2,3,4,8,9,10,17,21,23,30,31,36,40,43

3. Kisi-Kisi Instrumen Validasi Ahli Pembelajaran

Tabel 3.5 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Pembelajaran

Aspek	Indikator	Nomor Butir
Komponen Pembelajaran	Kesesuaian tujuan pembelajaran dengan Kompetensi Dasar	1,2
	Kesesuaian tujuan pembelajaran dengan unsur <i>discovery learning</i>	3
	contoh soal untuk meningkatkan pemahaman konsep	16
Tahapan <i>Discovery learning</i>	Kesesuaian konten media pada tahap <i>stimulasi</i> dalam memberikan stimulus	4
	Ketepatan pertanyaan dan hipotesis pada tahap <i>identifikasi masalah</i>	5,6

	kesesuaian informasi–informasi pada tahap <i>pengkoleksian data</i> untuk membuktikan hipotesis	9,10
	ketepatan grafik dan informasi pada tahap <i>pemrosesan data</i>	11,12
	Kesesuaian penyajian materi dalam tahap <i>verifikasi</i> untuk membuktikan hipotesis	13,14
	Ketepatan informasi kesimpulan dalam tahap <i>generalisasi</i>	17,18
Kebahasaan	Kelayakan bahasa	7,8,15,19

Tabel 3.6 Kisi-Kisi Karakteristik Modul Elektronik Fisika oleh Ahli pembelajaran

Butir Indikator	No. Butir Pertanyaan
<i>Self Instructional</i>	2,6,7,11,12,13,20
<i>Self Contained</i>	1
<i>Stand Alone</i>	3,4,14,15,17,18
Adaptif	5,10
<i>User Friendly</i>	8,9,16,19

4. Kisi-Kisi Instrumen Uji Lapangan Pendidik Fisika SMA

Tabel 3.7 Kisi-Kisi Instrumen Uji Lapangan Pendidik Fisika SMA

Aspek	Indikator	Nomor Butir
Teknik Penyajian <i>E-Module</i>	Daya tarik <i>E-Module</i>	1,12,13,20,22, 23,24
	Kesesuaian komponen <i>E-Module</i>	2,4,19
	Kesesuaian konten Media	7,8,9,10,11
	Pengorganisasian <i>E-Module</i>	3
	Kesesuaian tampilan huruf <i>E-Module</i>	21

Cakupan Materi	Kejelasan materi yang dibahas	5
	Kesesuaian materi dengan kehidupan	6
	Konten representasi dalam <i>e-module</i>	14,15,16,17,18
kebahasaan	Kelayakan bahasa	25

5. Kisi-Kisi Instrumen Uji Lapangan Peserta didik Fisika SMA

Tabel 3.8 Kisi-Kisi Instrumen Uji Lapangan Peserta didik Fisika SMA

Aspek	Indikator	Nomor Butir
Kelayakan Materi	Kelayakan komponen <i>e-module</i>	3,5,16,17,20,21
	Kelayakan konten media <i>e-module</i>	7,11
	Konten representasi dalam <i>e-module</i>	12,13,18
Kelayakan Pembelajaran	Kelayakan komponen <i>e-module</i>	1,2,4,8,14,15,
	Kelayakan konten media <i>e-module</i>	6,10,19
Kebahasaan	Pada penyajian hipotesis	9
	Secara keseluruhan dalam <i>e-module</i>	22

H. Teknik Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan ini didapatkan melalui uji kelayakan produk oleh *expert* yang terdiri dari ahli materi, media dan pembelajaran, serta hasil uji coba produk secara terbatas kepada guru sekolah dan siswa dalam kelompok kecil dan kelompok besar.

1. Validasi oleh Ahli

Validasi ahli dilakukan melalui instrument kuesioner yang telah disusun untuk menguji validitas materi, media dan pembelajaran dalam produk yang telah dikembangkan. Menurut Atwi Suparman (2014 : 335) langkah-langkah validasi oleh ahli adalah:

- a) Peneliti mengidentifikasi para ahli yang terdiri dari

- dosen ahli di bidang media pembelajaran, khususnya modul elektronik (*e-module*).
 - dosen ahli di bidang fisika, khususnya pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.
 - dosen ahli di bidang pembelajaran, khususnya model *discovery learning*.
- b) Peneliti bertemu satu persatu dengan setiap ahli dan memberikan modul hasil pengembangan disertai lembar kuesioner kepada ahli yang bersangkutan.
- c) Peneliti kemudian mengambil kembali hasil kuesioner yang telah diisi sesuai dengan waktu yang ditentukan oleh ahli.
- d) Peneliti meminta kritik dan saran serta penilaian dari para ahli terhadap kualitas modul elektronik. Selain itu peneliti Dan apakah modul elektronik yang telah dikembangkan dapat diujicobakan tanpa perbaikan, atau diperlukan perbaikan.

2. Uji Coba Terbatas Produk kepada Siswa dalam Kelompok Kecil

Produk yang dikembangkan setelah direvisi berdasarkan masukan dari para pakar dan peserta didik, produk tersebut kemudian dievaluasi kembali dengan menggunakan sekelompok kecil peserta didik. Maksud dari evaluasi kelompok kecil ini adalah untuk mengidentifikasi kekurangan produk yang dikembangkan setelah direvisi berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya. Menurut Atwi Suparman (2014 : 336-337) langkah- langkah uji coba terbatas yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Memilih sekelompok kecil peserta didik yang terdiri atas 8-20 orang. Peserta didik yang dipilih harus representatif mewakili karakteristik populasi peserta didik yang sebenarnya.
- b) Mengumpulkan peserta didik yang menjadi sampel di suatu ruangan (lab. Komputer) dan menjelaskan maksud evaluasi ini,

yaitu untuk mendapatkan umpan balik dalam rangka merevisi modul elektronik yang dikembangkan.

- c) Menjelaskan kegiatan instruksional yang akan dilakukan dan mendorong peserta didik untuk memberi komentar dengan leluasi setiap saat, selama dan setelah kegiatan berlangsung.
- d) Melaksanakan kegiatan instruksional dengan menggunakan modul elektronik (*e-module*) yang sudah layak menurut para ahli.
- e) Membagikan kuesioner yang telah disusun sebelumnya untuk mendapatkan penilaian peserta didik terhadap kualitas modul.
- f) Meminta beberapa peserta didik untuk memberikan komentar lebih dalam terhadap kualitas modul elektronik (*e-module*).

3. Uji Coba Kepada Guru

Tahapan uji coba kepada guru dilakukan dengan prosedur yang sama seperti tahap uji validasi ahli dengan responden yaitu minimal 2 orang guru Fisika SMA.

H. Teknik Analisis Data

1. Skala Likert

Teknik analisis data dilakukan secara kualitatif dengan menghitung persentasi dan jawaban kuisisioner uji kelayakan oleh *expert* (ahli materi dan ahli media) serta uji coba guru fisika dan uji coba peserta didik. Untuk mendapatkan skor kualitas interpretasi produk, perlu mengkuantitatifkan hasil kuisisioner/angket sesuai dengan indikator-indikator yang telah ditetapkan dengan memberikan skor sesuai dengan bobot yang telah ditentukan.

Skala penilaian untuk menguji produk adalah menggunakan skala Likert. Skala Likert adalah skala yang digunakan untuk mengukur sikap, pendapat dan persepsi seseorang yang ditujukan oleh peneliti (Sukardi,

2009 : 146). Penilaian skala Likert menggunakan poin 1,2,3,4 dan 5 dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3.9 Skala Likert untuk Penilaian

Bobot Skor	Keterangan
1	Sangat Tidak Setuju
2	Tidak Setuju
3	Ragu-Ragu
4	Setuju
5	Sangat Setuju

Sumber : Sugiyono,2012: 134

Data yang telah diperoleh kemudian dihitung skornya dan disesuaikan berdasarkan kriteria interpretasi skor untuk skala Likert.

$$\text{interpretasi skor} = \frac{\sum \text{skor perolehan}}{\sum \text{skor maksimum}} \times 100\%$$

Setelah menghitung interpretasi skor maka didapatkan hasil persentase pada kualitas produk yang telah dikembangkan. Kriteria persentase tersebut dapat ditentukan dengan tabel berikut ini:

Tabel 3.10 Interpretasi Skor Skala Likert

Bobot Skor	Keterangan
0% - 20%	Sangat Tidak Baik
21% - 40 %	Tidak Baik
41% - 60 %	Cukup
61% - 80 %	Baik
81% - 100 %	Sangat Baik

Sumber : Sugiyono,2012: 135

Kriteria produk hasil penelitian pengembangan yang layak untuk digunakan adalah bila interpretasinya $\geq 60\%$ dari berdasarkan perhitungan skor menurut Skala Likert (Riduwan, 2012)

2. Uji Gain

Uji Gain dilakukan untuk mengetahui bertambah atau tidaknya pengetahuan siswa dan seberapa besar pertambahan pengetahuan yang dialaminya. Berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest*, maka nilai uji gain adalah :

$$\langle g \rangle = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretest}}$$

Dimana interpretasi hasil dari uji gain yaitu:

Tabel 3.11 Interpretasi Uji Gain

Uji Gain	Keterangan
$\langle g \rangle < 0,3$	Rendah
$0,3 < \langle g \rangle < 0,7$	Sedang
$0,7 < \langle g \rangle$	Tinggi

Sumber : Hake,1999: 1-4

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Produk Modul Elektronik Fisika Hasil Pengembangan

Produk hasil dari penelitian pengembangan ini adalah modul elektronik fisika yang dapat digunakan oleh peserta didik SMA kelas XI semester 1 sebagai bahan belajar mandiri berbasis model *discovery learning* pada pokok bahasan dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar. Modul elektronik ini dapat dioperasikan pada komputer atau *laptop* dengan sistem operasi minimal *Windows 7*, tetapi mengalami banyak kendala, sehingga sangat disarankan untuk mengoperasikannya di *Windows 8*.

1. Bagian-Bagian Modul Elektronik Fisika Hasil Pengembangan

Modul elektronik fisika berbasis model *discovery learning* pada pokok bahasan dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar ini terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut:

a. Cover (Halaman Sampul) Depan

Cover depan merupakan tampilan halaman pertama modul elektronik fisika pada pokok bahasan dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar. *Cover* depan terdiri dari judul, nama model pembelajaran, gambar terkait pokok bahasan yang dibahas, nama penulis, nama pembimbing, lambang lembaga yang terkait dalam pembuatan modul elektronik, dan tingkatan kelas yang ditujukan modul sesuai dengan tuntutan materi dalam silabus kurikulum 2013 revisi yang digunakan.



Gambar 4.1 Tampilan Cover depan modul elektronik

b. Kata Pengantar

Kata pengantar berisi ucapan syukur kepada ALLAH S.W.T, kelebihan modul elektronik fisika, penjelasan singkat mengenai tahapan model *discovery learning*, ucapan terimakasih kepada dosen pembimbing atas bantuan dan dukungan hingga terselesaikannya penyusunan dan pembuatan produk, serta harapan penulis untuk peserta didik yang menggunakan modul elektronik fisika dengan model *discovery learning*.

c. Daftar isi

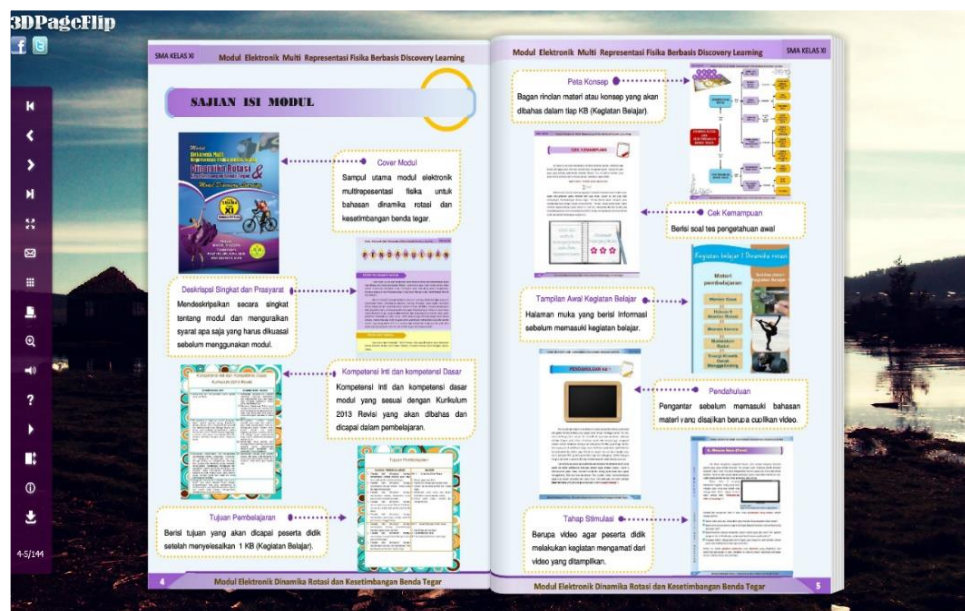
Daftar isi memuat bagian-bagian modul elektronik dan judul setiap kegiatan belajar. Daftar isi pada modul elektronik fisika mampu memudahkan pengguna untuk langsung menuju ke halaman modul yang diinginkan.



Gambar 4.2 Tampilan Kata Pengantar dan Daftar Isi

d. Sajian isi

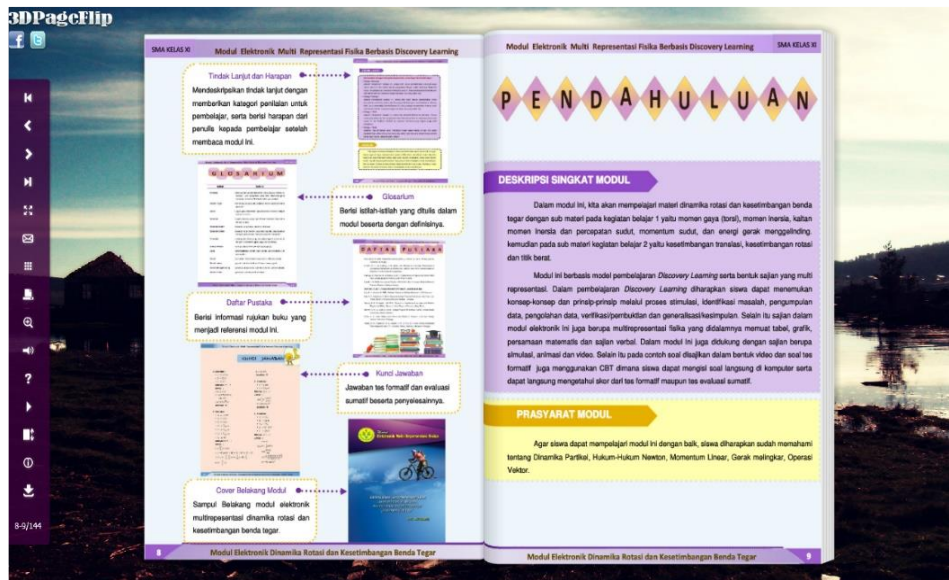
Sajian isi memuat *screenshot* komponen-komponen modul elektronik fisika beserta keterangan yang menjelaskan isi dari tiap komponen tersebut.



Gambar 4.3 Tampilan Sajian Isi Modul

e. Deskripsi Singkat dan Prasyarat Modul

Deskripsi singkat memuat penjelasan umum mengenai modul. Serta Prasyarat modul berisi materi yang harus dikuasai siswa.



Gambar 4.4 Tampilan Deskripsi dan Prasyarat Modul

f. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Berisi kompetensi inti dan kompetensi dasar modul elektronik fisika pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda sesuai dengan silabus kurikulum 2013 revisi.



Gambar 4.5 Tampilan KI, KD, indikator dan tujuan pembelajaran

g. Indikator dan Tujuan Pembelajaran

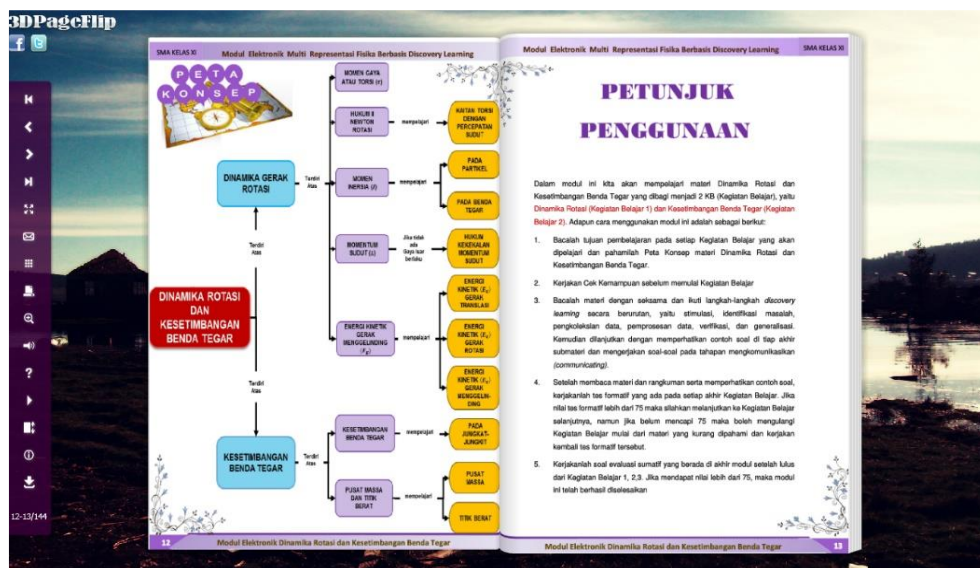
Berisi indikator dan tujuan-tujuan pembelajaran yang diuraikan dari Kompetensi Dasar 3.1 Fisika Kelas XI.

h. Peta konsep Kompetensi

Peta konsep kompetensi berisi gambaran materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar sesuai dengan Kompetensi Dasar 3.1 Fisika Kelas XI.

i. Petunjuk Penggunaan Modul

Petunjuk penggunaan berisi petunjuk-petunjuk yang menuntun pengguna sebelum menggunakan modul elektronik fisika.



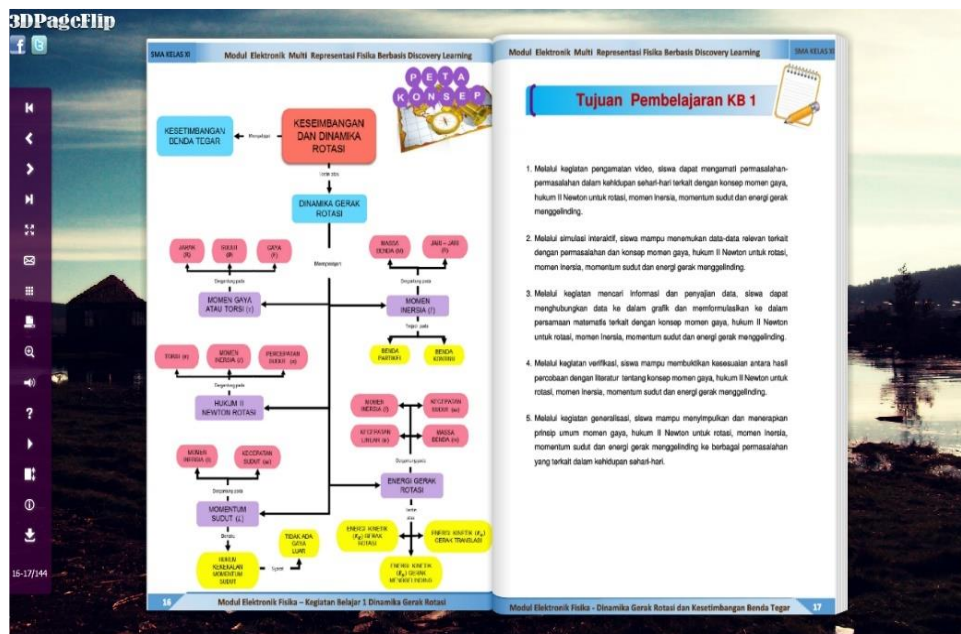
Gambar 4.6 Peta konsep dan Petunjuk Penggunaan modul

j. Peta Konsep Kegiatan Belajar

Peta konsep Kegiatan Belajar berisi gambaran sub materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar yang harus dicapai peserta didik.

k. Tujuan Pembelajaran Kegiatan Belajar

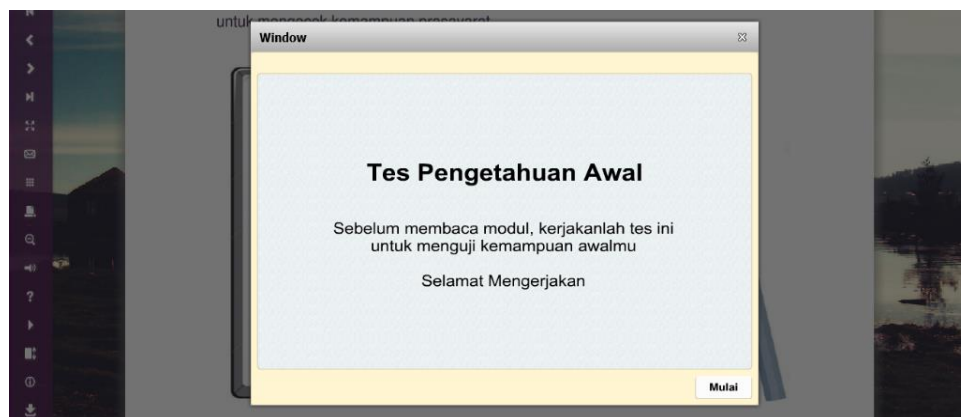
Tujuan pembelajaran memuat tujuan-tujuan akhir setiap Kegiatan Belajar yang diharapkan kepada peserta didik setelah mempelajari modul elektronik fisika.



Gambar 4.7 Peta konsep dan Tujuan Pembelajaran KB 1

l. Pre Test atau Test Pengetahuan Awal

Berisi pertanyaan terkait pengetahuan awal sebelum mempelajari setiap Kegiatan Belajar. Tes ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengetahuan awal peserta didik. Tes ini memiliki nilai kelulusan, yaitu 75.



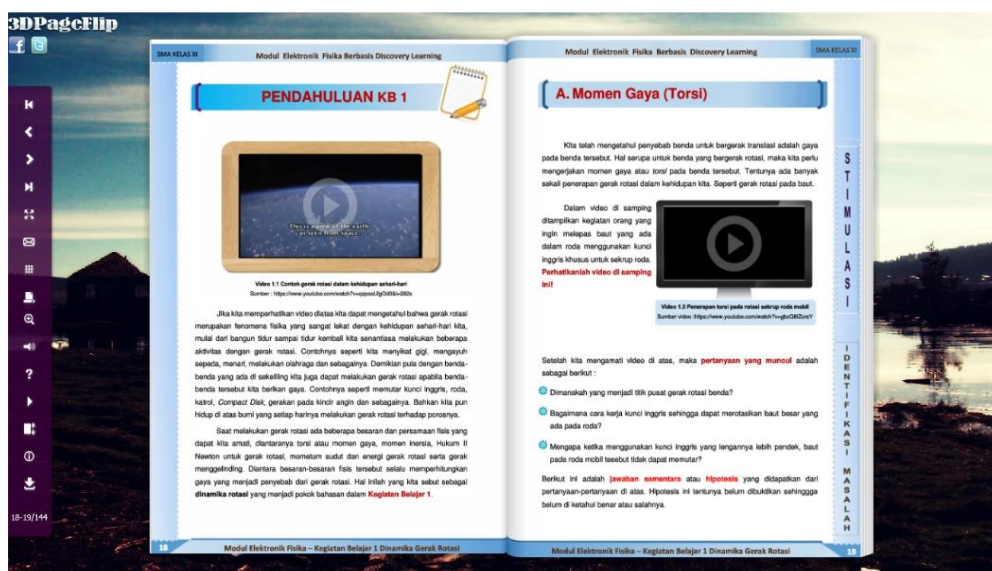
Gambar 4.8 Pre Test atau Tes Pengetahuan Awal

m. Pendahuluan

Berisi gambaran singkat materi yang akan dibahas dalam satu Kegiatan Belajar

n. Kegiatan Belajar

Setiap Kegiatan Belajar dalam modul elektronik fisika terdapat apresepsi yang difasilitasi oleh video, judul sub materi yang dibahas, peta konsep, tujuan pembelajaran, pre test atau tes pengetahuan awal, langkah-langkah model *discovery learning*, contoh soal yang ditampilkan menggunakan *photo slideshow*, rangkuman dan soal test tiap kegiatan belajar.



Gambar 4.9 Pendahuluan dan Kegiatan Belajar

o. Contoh Soal

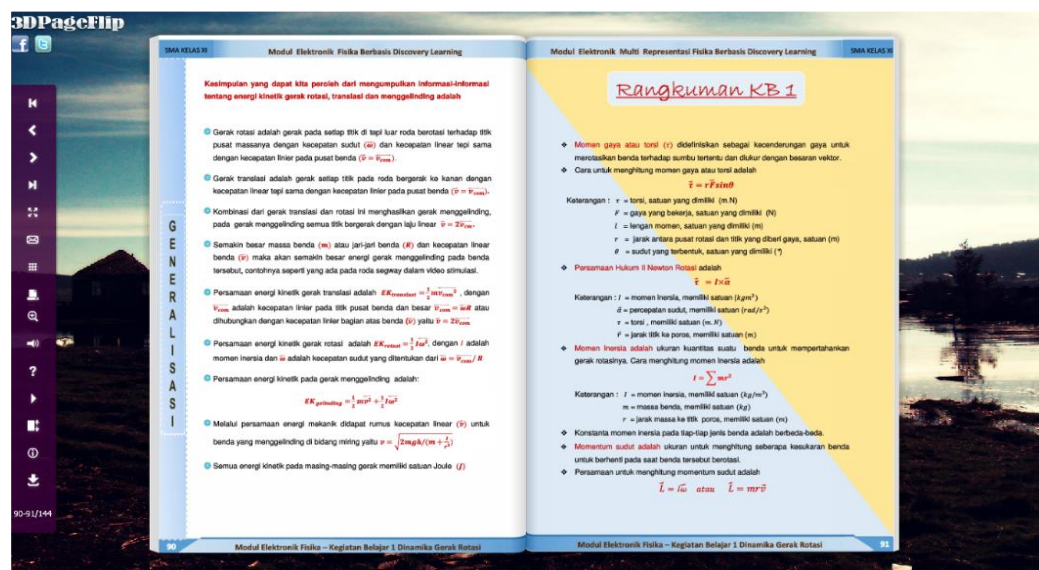
Contoh soal berada di tahap verifikasi atau pembuktian dalam setiap sub materi Kegiatan Belajar. Contoh soal disajikan dalam bentuk *photo slideshow* agar diberi kesempatan pengguna untuk menjawab soal sendiri terlebih dahulu.



Gambar 4.10 Contoh Soal

p. Rangkuman

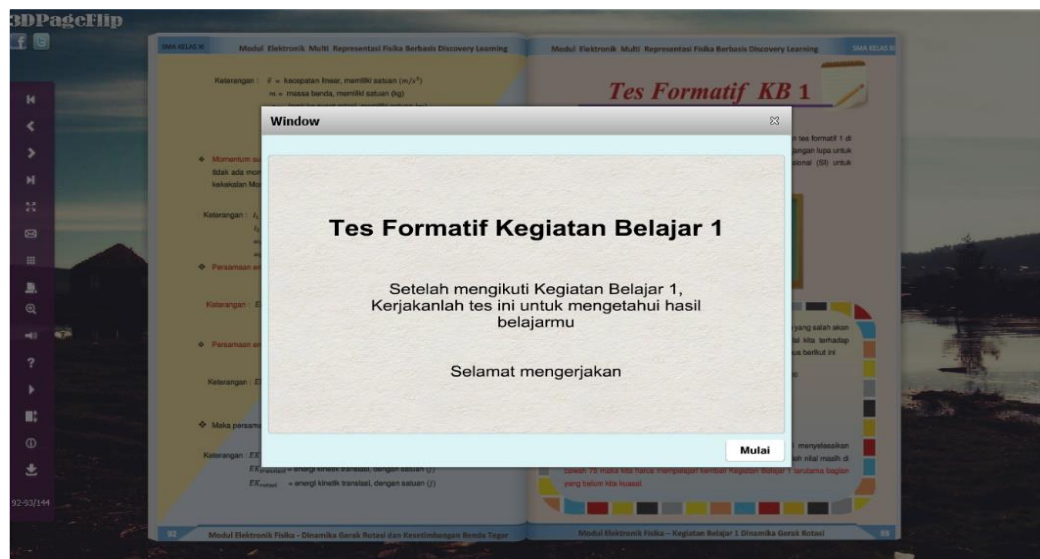
Rangkuman berisi poin-poin penting yang dibahas dalam setiap Kegiatan Belajar



Gambar 4.11 Rangkuman

q. Post Test atau Tes Formatif Kegiatan Belajar

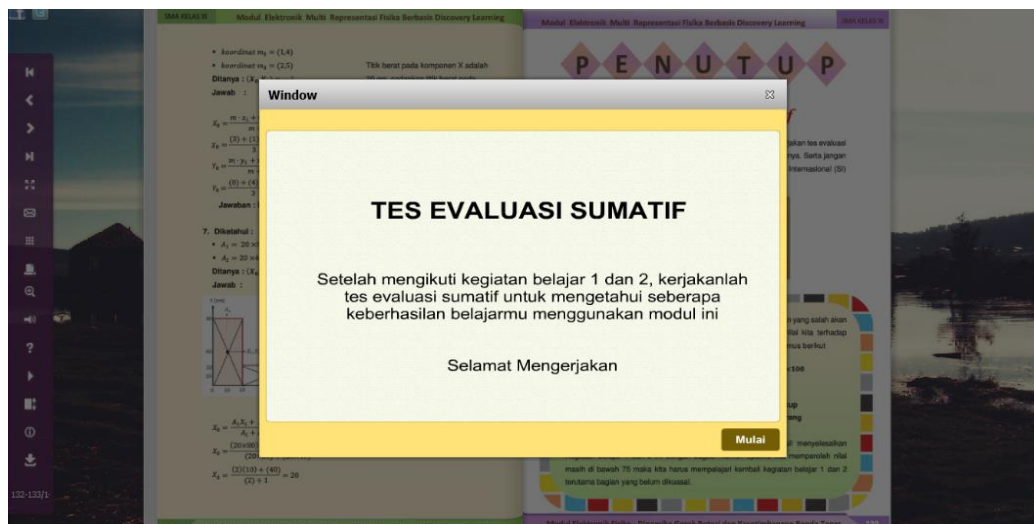
Tes ini terdapat di setiap akhir Kegiatan Belajar. Tes yang disajikan ini sudah dalam keadaan yang dipublish ke dalam format swf dan hasil test akan secara otomatis terkirim ke e-mail guru.



Gambar 4.12 Post Test atau Tes Formatif Kegiatan Belajar

r. Evaluasi Sumatif

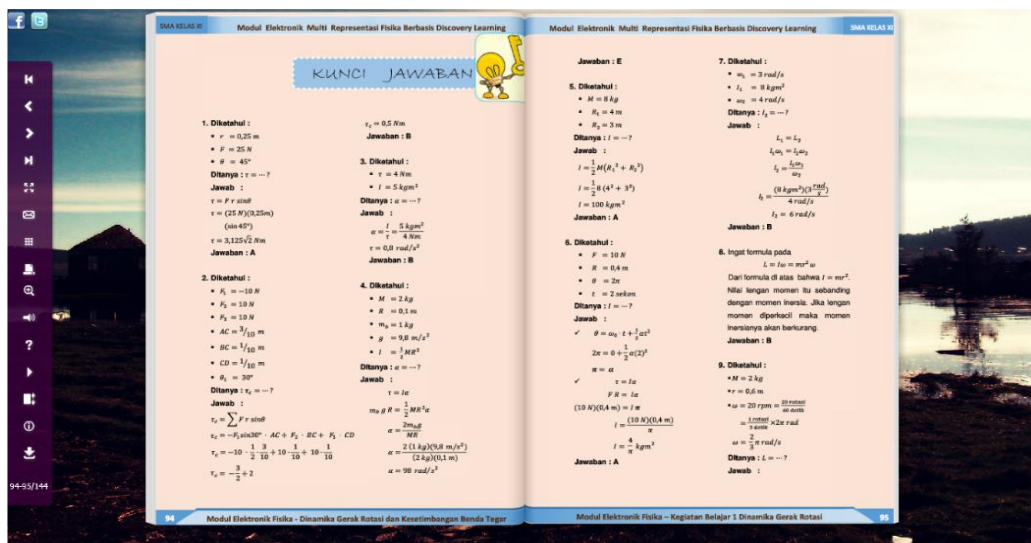
Evaluasi Sumatif berada di akhir modul elektronik. Tes yang disajikan ini sudah dalam keadaan yang dipublish ke dalam format swf dan hasil test akan secara otomatis terkirim ke *e-mail* guru.



Gambar 4.13 Tes Evaluasi Sumatif

s. Kunci Jawaban

Kunci Jawaban berisi jawaban-jawaban yang benar beserta pembahasannya dari soal-soal dari tes pengetahuan awal, tes formatif dan evaluasi sumatif.



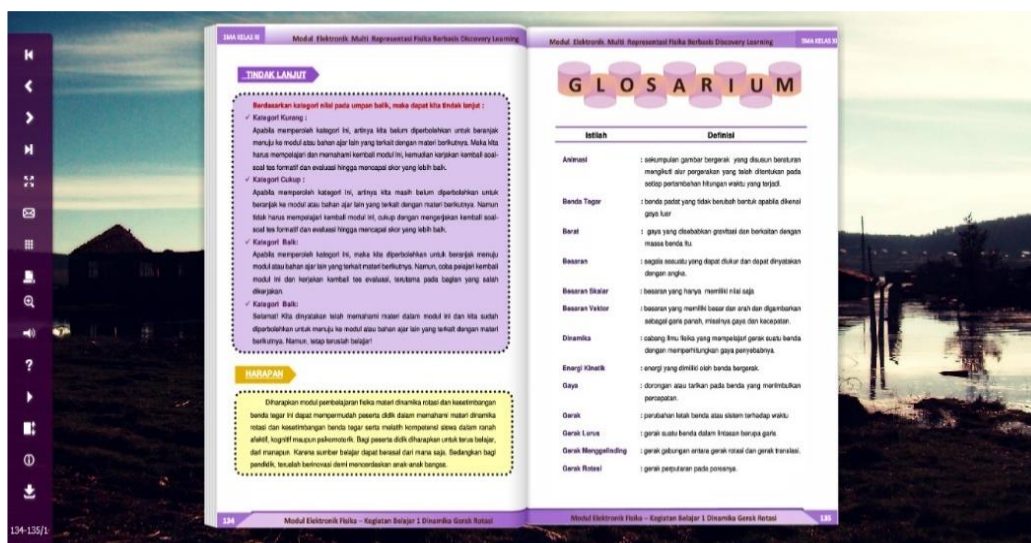
Gambar 4.14 Kunci jawaban

t. Tindak Lanjut dan Harapan

Tindak lanjut berisi tentang tindakan yang harus dilakukan oleh peserta didik berdasarkan kategori penilaian hasil tes yang didapat. Harapan berisi harapan penulis terhadap peserta didik setelah mempelajari modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

u. Glosarium

Glosarium memuat daftar istilah terkait konsep dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.



Gambar 4.15 Glosarium

v. Daftar Pustaka

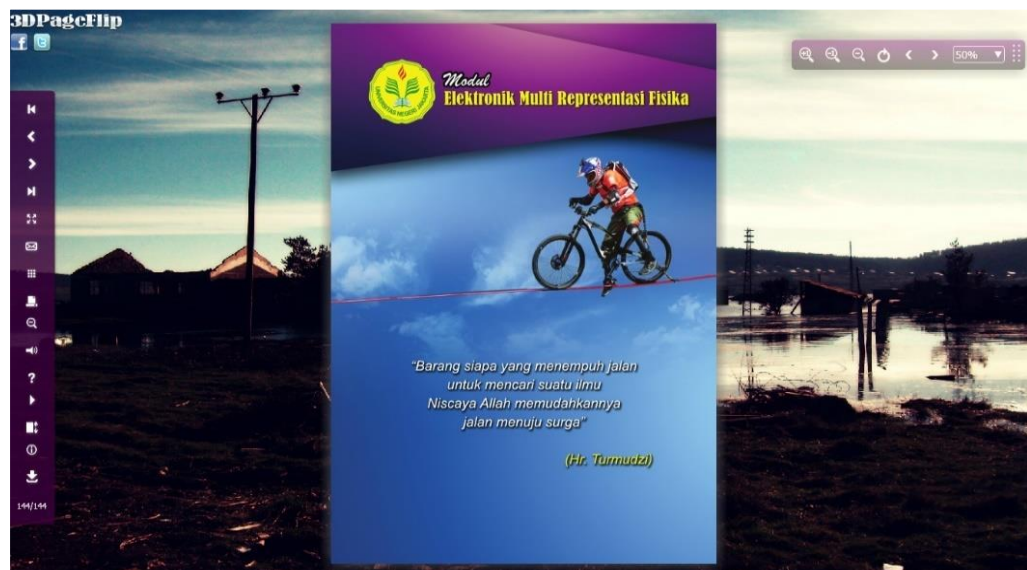
Daftar pustaka memuat referensi yang digunakan dalam menyusun materi pada modul elektronik fisika.



Gambar 4.16 Daftar Pustaka

w. Cover (Halaman Sampul) Belakang

Cover belakang berisi tulisan dari Hadist Riwayat Muslim, logo lembaga yang terkait dengan modul dan gambar yang terkait dengan materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.



Gambar 4.17 Cover Belakang

2. Tahap Model *Discovery Learning* Pada Modul Elektronik Fisika

Setiap Sub materi dalam Kegiatan Belajar yang ada pada modul elektronik fisika berisi tahap-tahap model *discovery learning* yaitu stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, perhitungan data, verifikasi dan generalisasi.

Tabel 4.1 Tahapan *Discovery Learning* pada Modul Elektronik Fisika

Tahap Stimulasi (<i>Stimulation</i>)	
 <p style="text-align: center;">D. Momentum Sudut</p> <p>Di kelas X kita telah mempelajari mengenai momentum linear yang mempelajari tingkat kesukaran benda untuk berhenti ketika benda sedang bergerak linear. Selain itu kita juga di kelas X telah mempelajari masalah interaksi antara dua benda yang bergerak linear dengan menerapkan hukum kekekalan momentum linear. Secara analogi, bahwa gerak rotasi pun akan menggunakan momentum sudut dan hukum kekekalan momentum sudut.</p> <p>Banyak fenomena menarik yang dapat dipahami dengan dasar kekekalan momentum sudut. Seperti seorang penari es skater yang dapat melakukan <i>spin</i> seperti gangsing. Perhatikanlah video di samping!</p> <p>Video 1.4 Penari es skater yang sedang melakukan spin Sumber video : https://www.youtube.com/watch?v=-iwr71zlk</p>	<p>Keterangan Tahap Stimulasi (<i>Stimulation</i>):</p> <p>Pada tahap stimulasi memfasilitasi peserta didik untuk melakukan kegiatan mengamati dengan menampilkan video-video aplikasi dalam kehidupan sehari-hari sebagai pemberian rangsangan agar peserta didik mengeksplorasi isi modul elektronik fisika.</p>

Tahap Identifikasi Masalah (*Problem Statement*)

I
D
E
N
T
I
F
I
K
A
S
I

M
A
S
A
L
A
H


Video 1.4 Penari es skater yang sedang melakukan spin

Sumber video :
<https://www.youtube.com/watch?v=-iwr71zlk>

Setelah kita mengamati video di atas, maka **pertanyaan yang muncul** adalah sebagai berikut :

- Bagaimanakah posisi tangan dan kaki penari saat berotasi dengan lambat dan berotasi dengan cepat?
- Mengapa penari harus melakukan *trik-trik* tertentu agar dapat mempertahankan gerak rotasinya? Apakah ini ada kaitannya dengan momen inersia yang telah dibahas sebelumnya?

Berikut ini adalah **jawaban sementara** atau **hipotesis** yang didapatkan dari pertanyaan-pertanyaan di atas. Hipotesis ini tentunya belum dibuktikan sehingga belum di ketahui benar atau salahnya.



50 Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi

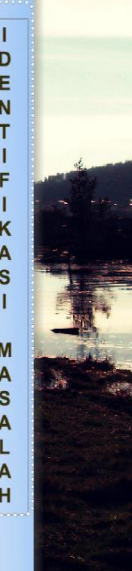
I
D
E
N
T
I
F
I
K
A
S
I

M
A
S
A
L
A
H

Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning

SMA KELAS XI

1. Pada awalnya awalnya, penari berputar lambat dengan kedua tangan dan salah satu kaki yang direntangkan. Kemudian penari berputar lebih cepat dengan kedua tangan terlipat dan salah satu kaki yang naikan hingga ke atas kepala seiring dengan bertambahnya kecepatan rotasinya. Pada akhirnya penari akan merentangkan kembali tangan dan salah satu kakinya, sehingga kecepatan berotasinya turun lalu berhenti berputar.
2. Penari harus melakukan *trik-trik* tertentu yang tentunya berkaitan dengan prinsip momen inersia dimana $I = \sum mr^2$. Ketika penari menarik kedua tangan atau salah satu kakinya ke dekat tubuhnya, maka momen inersianya berkurang karena nilai r diperkecil, sebaliknya ketika kedua tangan penari direntangkan , maka momen inersianya bertambah besar karena nilai r diperbesar. Sehingga dapat dihipotesis bahwa adanya kaitan antara momen inersia dengan kecepatan rotasi penari.



Keterangan tahap Identifikasi Masalah (*Problem Statement*) :

Pada tahap identifikasi masalah memfasilitasi peserta didik untuk melakukan kegiatan **menanya** dengan disajikannya beragam pertanyaan yang kemungkinan muncul dari peserta didik setelah

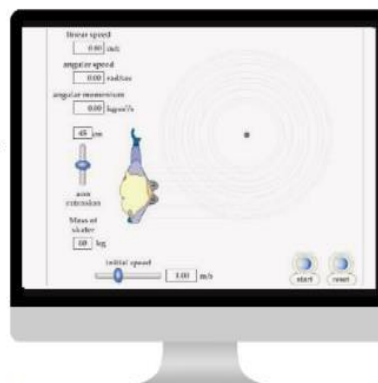
mengamati video dalam tahap stimulasi. Kemudian identifikasi masalah dirumuskan ke dalam bentuk hipotesis untuk dicari dan dibuktikan kebenarannya.

Tahap Pengumpulan Data (*Data Collection*)

Membuktikan Momentum Sudut dan Kekekalannya Pada Penari

mari kita lakukan percobaan melalui simulasi momentum sudut pada penari es skater dibawah ini dengan memperhatikan petunjuk berikut ini!

- ❁ Klik tombol biru *start* untuk menjalankan simulasi, klik tombol biru *reset* untuk mengulang simulasi dari awal. Untuk *angular speed* adalah momentum sudut dan *anglar momentum* adalah momentum sudut.
- ❁ Jika ingin memvariasikan data dapat digeser lingkaran biru atau bisa diketik angkanya pada kotak *initial speed* dan *arm extension*.



Simulasi 1.4 Momentum Sudut Pada Penari Es Skater
 Sumber simulasi :
web.it.nctu.edu.tw/~genelin/phys1_animation/chapter1/11.3.swf

PENGUMPULAN DATA

3DPageFlip

SMA KELAS 10 Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning

Sekarang marilah kita melakukan percobaan momentum sudut menggunakan simulasi 1.4 dengan ketentuan variable sebagai berikut!

- ❁ Variable yang tidak bisa diubah adalah massa penari yaitu **60 kg**.
- ❁ Variable yang dibuat tetap adalah kecepatan linear awal (*initial speed*) yaitu **2.00 m/s**. Kemudian kecepatan linier tersebut akan berkurang seiring dengan pertambahan panjang lengan (*arm extension*).
- ❁ Variable yang divariasikan adalah pajang lengan penari (*arm extension*) dengan rentang 7 m atau 0,07 m dari lengan yang terpendek.

Kemudian kita bisa mencatat hasil percobaan momentum sudut pada tabel berikut.

Tabel 1.5 Data Percobaan Momentum Sudut Pada Penari

No	Panjang Lengan $r(m)$	Kecapatan linear $v(m/s)$	Kecapatan sudut $\omega(rad/s)$	Momentum sudut $L(kgm^2/s)$
1				
2				
3				
4				
5				

Dengan diketahuinya massa penari es skater adalah 60 kg maka kita dapat menghitung momen inersia tiap panjang lengan penari es skater. Sehingga tabel data percobaan momentum sudut pada penari es skater menjadi :

Tabel 1.6 Data Hasil Percobaan dan Perhitungan Momentum Sudut

No	Panjang Lengan $r(m)$	Kecapatan linear $v(m/s)$	Kecapatan sudut $\omega(rad/s)$	Momen inersia $I(kgm^2)$	Momentum sudut $L(kgm^2/s)$
1					
2					
3					
4					
5					

SMA KELAS 10 Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning

Berdasarkan hasil data percobaan pada tabel 1.6 kita bisa membuat tiga grafik yaitu :

Grafik 1.5 Kaitan momen inersia dengan kecepatan sudut ($I - \omega$)

Grafik 1.6 Kaitan momentum sudut dengan kecepatan sudut ($L - \omega$)

Grafik 1.7 Kaitan momentum sudut dengan momen inersia ($L - I$)

PENGUMPULAN DATA

Keterangan tahap Pengumpulan Data (*Data Collection*) :

Pada tahap pengumpulan data memfasilitasi peserta didik untuk melakukan kegiatan **mengumpulkan** dengan simulasi dari berbagai sumber agar peserta didik mencari data-data untuk menemukan hubungan antara permasalahan dengan materi yang terkait.

Tahap Pengolahan Data (*Data Processing*)

3DPagFlip

SMA KELAS XI Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

maka hasil percobaan tersebut didapatkan data-data pada tabel berikut ini.

Tabel 1.5 Data Percobaan Momentum Sudut Pada Penari

No	Panjang Lengan r (m)	Kecapatan linear v (m/s)	Kecapatan sudut ω (rad/s)	Momentum sudut L (kgm^2/s)
1	0,30	2,00	6,67	36,00
2	0,37	1,62	4,38	36,00
3	0,44	1,36	3,10	36,00
4	0,51	1,18	2,31	36,00
5	0,58	1,03	1,78	36,00

Berdasarkan Tabel 1.5 kita bisa mendapatkan data momen inersia pada tiap panjang lengan penari ketika berotasi, dengan ditetapkannya massa dari penari $m = 60 \text{ kg}$, maka sesuai data panjang lengan dalam Tabel 1.5, momen inersianya adalah :

No	Lengan r (m)	Momen Inersia sesuai Tabel 1.5 adalah:
1	0,30	1. Pada $r = 0,30 \text{ m}$, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,30^2 \text{ m}^2 = 5,40 \text{ kgm}^2$
2	0,37	2. Pada $r = 0,37 \text{ m}$, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,37^2 \text{ m}^2 = 8,21 \text{ kgm}^2$
3	0,44	3. Pada $r = 0,44 \text{ m}$, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,44^2 \text{ m}^2 = 11,62 \text{ kgm}^2$
4	0,51	4. Pada $r = 0,51 \text{ m}$, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,51^2 \text{ m}^2 = 15,61 \text{ kgm}^2$
5	0,58	5. Pada $r = 0,58 \text{ m}$, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,58^2 \text{ m}^2 = 20,81 \text{ kgm}^2$

Selanjutnya didapatkan data momen inersia pada tiap panjang lengan penari maka tabel 1.5 menjadi :

Tabel 1.6 Data Hasil Percobaan dan Perhitungan Momentum Sudut

No	Panjang Lengan r (m)	Kecapatan linear v (m/s)	Kecapatan sudut ω (rad/s)	Momen inersia I (kgm^2)	Momentum sudut L (kgm^2/s)
1	0,30	2,00	6,67	5,40	36,00
2	0,37	1,62	4,38	8,21	36,00
3	0,44	1,36	3,10	11,62	36,00
4	0,51	1,18	2,31	15,61	36,00
5	0,58	1,03	1,78	20,81	36,00

Berdasarkan hasil data pada Tabel 1.6 kita bisa membuat tiga grafik dan persamaan matematis momentum sudut dan Hukum kekekalan momentum sudut.

Grafik 1.5 Kaitan momen inersia dengan kecepatan sudut ($I - \omega$)

Perhatikan lingkaran merah dalam grafik diatas!

- Pada momen inersia (I) $5,40 \text{ kgm}^2$ didapat kecepatan sudut (ω) $6,67 \text{ rad/s}$
- Pada momen inersia (I) $20,81 \text{ kgm}^2$ didapat kecepatan sudut (ω) $1,78 \text{ rad/s}$

54 Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 55 Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi

Keterangan tahap Pengolahan Data (*Data Processing*) :

Pada tahap pengolahan data memfasilitasi peserta didik untuk melakukan kegiatan **mengolah** data dengan menghitung data yang ada dalam tabel, menggambarkannya ke dalam grafik dan menuliskannya ke persamaan matematis.

Tahap Verifikasi (*Verification*)

SMA KELAS XI Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning

Seberapa kesukaran penari tersebut untuk berhenti berputar itulah yang dimaksud dengan momentum sudut. Sehingga dapat didefinisikan :

Momentum sudut adalah ukuran tingkat kesukaran suatu benda untuk dihentikan ketika benda itu sedang berputar atau berotasi.

Di kelas X besaran momentum linear yang dinyatakan dengan $\vec{p} = m\vec{v}$. Pada gerak rotasi, tentunya besaran yang analog dengan momentum linear adalah momentum sudut. Kemudian besaran massa benda analog dengan momen inersia, dan kecepatan linear analog dengan kecepatan sudut, maka besar momentum sudut (\vec{L}) adalah hasil kali dari momen inersia (I) dengan kecepatan sudut ($\vec{\omega}$). Sehingga bila momentum sudut pada penari es skater yang sedang berotasi dapat digambarkan sebagai berikut.

Sehingga momentum sudut dapat dituliskan ke dalam persamaan berikut.

$$\vec{L} = I \vec{\omega} \quad (1.23)$$

Keterangan :
 I = momen inersia awal, memiliki satuan (kgm^2)
 ω = kecepatan sudut awal, memiliki satuan (rad/s)
 L = momentum sudut akhir, memiliki satuan (kgm^2/s)

Sumber: <http://www.2pictures.com>

Gambar 1.7 momentum sudut pada penari (zahra leli) yang sedang menantang tangan

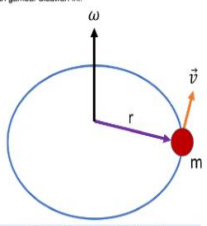
SMA KELAS XI Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning

Untuk mengetahui contoh soal pada momentum sudut, kita dapat me klik kotak dibawah ini.

Contoh soal tentang momentum sudut untuk benda tegar

2. Momentum Sudut pada Partikel

Jika kita ingin menghitung besar momentum sudut pada suatu partikel maka kita bisa menggunakan kecepatan linier yang dimiliki setiap partikel. Mari kita perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 1.8 momentum sudut pada partikel

Kemudian persamaan momentum sudut (\vec{L}) dapat kita numuskan sebagai berikut:

Pertama tinjau kembali persamaan (1.9):
 $I = \sum mr^2$
 serta rumus kecepatan sudut:
 $\vec{\omega} = \frac{\vec{v}}{r}$

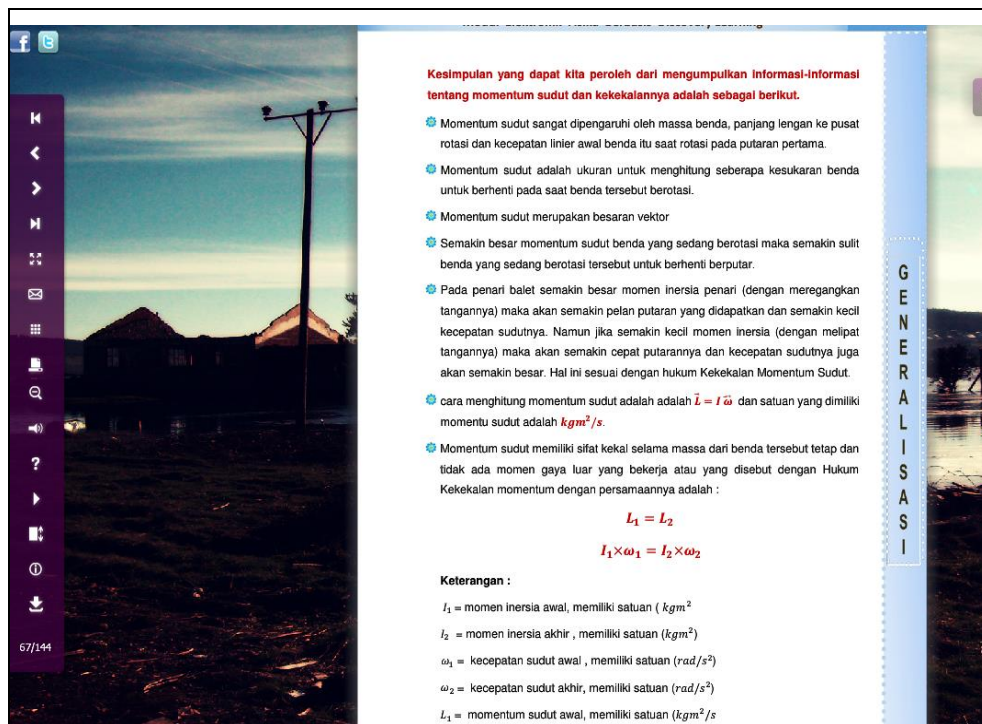
Kemudian bila persamaan (1.9) kita substitusikan ke persamaan (1.23) menjadi:
 $\vec{L} = mr^2 \omega$ (1.24)
 Lalu persamaan (1.24) diatas kita substitusikan lagi dengan rumus kecepatan sudut menjadi:
 $\vec{L} = mr^2 \frac{\vec{v}}{r}$ (1.25)

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi

Keterangan tahap Verifikasi (Verification) :

Pada tahap verifikasi dalam modul elektronik fisika ini bertujuan untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang sudah ditetapkan. Tahap verifikasi ini berisi kajian literatur dari berbagai sumber. Kemudian kajian literatur tersebut dihubungkan dengan hasil data yang didapat pada tahap pengumpulan dan pengolahan data. Apabila adanya kesesuaian antara hasil pengumpulan dan pengolahan data dengan kajian literatur maka hipotesis telah terbukti.

Tahap Generalisasi (Generalization)



Kesimpulan yang dapat kita peroleh dari mengumpulkan informasi-informasi tentang momentum sudut dan kekekalannya adalah sebagai berikut.

- Momentum sudut sangat dipengaruhi oleh massa benda, panjang lengan ke pusat rotasi dan kecepatan linier awal benda itu saat rotasi pada putaran pertama.
- Momentum sudut adalah ukuran untuk menghitung seberapa kesukaran benda untuk berhenti pada saat benda tersebut berotasi.
- Momentum sudut merupakan besaran vektor
- Semakin besar momentum sudut benda yang sedang berotasi maka semakin sulit benda yang sedang berotasi tersebut untuk berhenti berputar.
- Pada penari balet semakin besar momen inersia penari (dengan meregangkan tangannya) maka akan semakin pelan putaran yang didapatkan dan semakin kecil kecepatannya. Namun jika semakin kecil momen inersia (dengan melipat tangannya) maka akan semakin cepat putarannya dan kecepatannya juga akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan hukum Kekekalan Momentum Sudut.
- Cara menghitung momentum sudut adalah $\vec{L} = I \vec{\omega}$ dan satuan yang dimiliki momentum sudut adalah kgm^2/s .
- Momentum sudut memiliki sifat kekal selama massa dan benda tersebut tetap dan tidak ada momen gaya luar yang bekerja atau yang disebut dengan Hukum Kekekalan momentum dengan persamaannya adalah :

$$L_1 = L_2$$

$$I_1 \times \omega_1 = I_2 \times \omega_2$$

Keterangan :

- I_1 = momen inersia awal, memiliki satuan (kgm^2)
- I_2 = momen inersia akhir, memiliki satuan (kgm^2)
- ω_1 = kecepatan sudut awal, memiliki satuan (rad/s^2)
- ω_2 = kecepatan sudut akhir, memiliki satuan (rad/s^2)
- L_1 = momentum sudut awal, memiliki satuan (kgm^2/s)

Keterangan tahap Generalisasi (*Generalization*) :

Tahap generalisasi berisi kesimpulan yang dijadikan prinsip umum tiap sub materi modul elektronik fisika dan berlaku untuk semua kejadian atau permasalahan lain yang terkait. Kesimpulan yang diambil ini tentunya dengan memperhatikan hasil verifikasi.

B. Deskripsi Produk Modul Elektronik Fisika Hasil Pengembangan

Deskripsi data hasil penelitian digunakan untuk menganalisis tingkat kualitas modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* yang dikembangkan. Data-data tersebut didapatkan dari hasil validasi oleh ahli materi, media dan pembelajaran dan proses uji coba di lapangan oleh peserta didik SMA dan pendidik fisika SMA. Hasil penilaian tersebut kemudian dijadikan sebagai bahan analisis modul yang dikembangkan sehingga menjadi sebuah produk yang layak digunakan sebagai bahan belajar mandiri.

1. Deskripsi Hasil Uji Validasi Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Materi

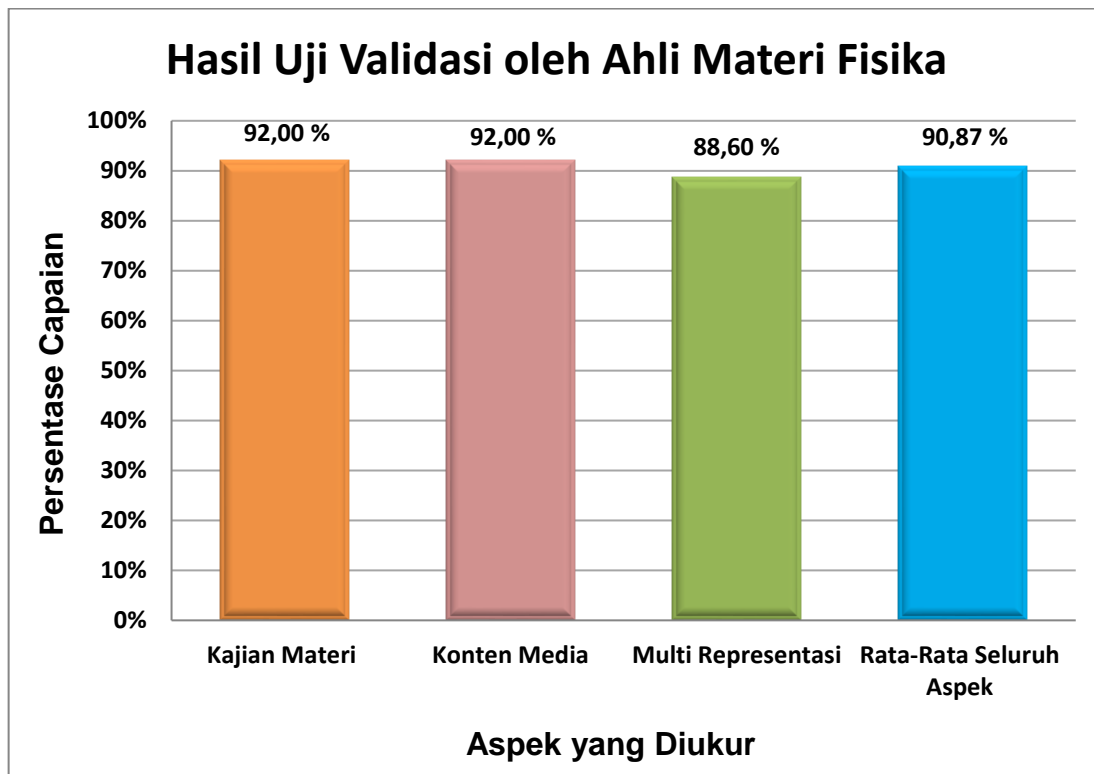
Uji validasi oleh ahli materi bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari bahan ajar yang ditinjau dari segi materi fisika. Uji validasi oleh ahli materi dilakukan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.

Penilaian diberikan melalui lembar uji validasi ahli materi fisika. Lembar uji validasi ini berisi 22 butir pertanyaan dari tiga aspek, yaitu (1) kesesuaian kajian materi dalam modul elektronik yang terdiri dari 10 butir pernyataan, (2) kesesuaian konten media dengan materi fisika yang terdiri dari 5 butir pernyataan, (3) kesesuaian konten representasi dalam modul elektronik fisika yang terdiri dari 7 butir pernyataan. Berikut ini adalah data yang diperoleh dari hasil uji validasi oleh ahli materi fisika:

Tabel 4.2 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Materi Fisika

No	Aspek yang Diukur	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Kajian Materi dalam <i>e-module</i>	92,00%	Sangat Baik
2	Konten Media dalam <i>e-module</i>	92,00%	Sangat Baik
3	Multi Represetasi	88,60%	Sangat Baik
Rata-Rata Seluruh Aspek		90,87%	Sangat Baik

Adapun diagram batang dari hasil uji validasi modul elektronik oleh ahli materi fisika adalah sebagai berikut:



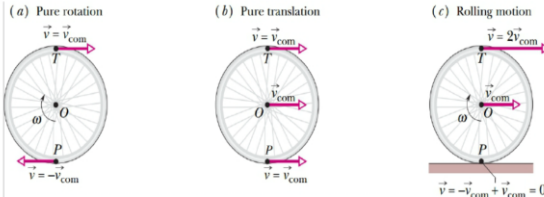

Gambar 4.18 Diagram Batang Hasil Uji Validasi oleh Ahli Materi Fisika

Berdasarkan diagram diatas diperoleh rata-rata persentase capaian keseluruhan aspek sebesar 90,87%. Berdasarkan interpersentase skala likert, hasil tersebut menunjukkan bahwa modul elektronik yang dikembangkan ditinjau dari aspek kajian materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar, kesesuaian konten media, dan kesesuaian tampilan multi representasi dalam modul elektronik dengan materi fisika dinilai sangat baik untuk dijadikan bahan belajar mandiri.

Pada tahap uji validasi yang dilakukan oleh ahli materi fisika terdapat beberapa saran untuk pengembangan modul elektronik fisika, antara lain gambar pada sub materi energi kinetik gerak menggelinding yang masih harus diperbaiki, istilah fisika yang digunakan masih belum tepat, dan tampilan rumus yang masih harus diperbaiki.

Berdasarkan saran dari ahli materi fisika tersebut, dilakukan penyempurnaan modul elektronik fisika sebagai berikut:

Tabel 4.3 Revisi Modul Elektronik Setelah Uji validasi oleh Ahli Materi Fisika

Sebelum Penyempurnaan	Sesudah Penyempurnaan
Tampilan Gambar Yang Sudah Disesuaikan	
<p>tepi luar roda berotasi terhadap titik pusat massanya dengan kecepatan sudut (ω) dan kecepatan linear (v_{com}). Kemudian pada gerak translasi setiap titik pada roda bergerak ke kanan dengan kecepatan linear (v_{com}). Sehingga kombinasi dari gerak translasi dan rotasi ini menghasilkan gerak menggelinding. Maka perhatikan gambar dibawah ini.</p>  <p>Gambar 1.8 sebuah roda dengan gerak rotasi (a), gerak translasi (b) dan gerak menggelinding (c).</p> <p>Sumber : Halliday Resnick, Fundamental of Physics 9th Edition, (2011) page 276</p>	<p>Ke dua animasi memperlihatkan gerak menggelinding merupakan kombinasi dari gerak translasi dan rotasi. Pada gerak rotasi setiap titik di tepi luar roda berotasi terhadap titik pusat massanya dengan kecepatan sudut (ω) dan kecepatan linear (v_{com}). Pada gerak translasi setiap titik pada roda bergerak ke kanan dengan kecepatan linear (v_{com}). Sehingga kombinasi dari gerak translasi dan rotasi ini menghasilkan gerak menggelinding. Mari kita perhatikan gambar dibawah ini.</p> 
Tampilan Rumus Fisika	
<p>SMA KELAS XI Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning</p> <p>Berdasarkan data dan grafik pada percobaan dapat kita ketahui bahwa semakin besar momen inersia roda (I) maka akan semakin besar energi kinetik gerak rotasi pada roda (EK_{rotasi}). Sebaliknya bila semakin besar momen inersia roda (I) maka akan semakin besar energi kinetik gerak rotasi pada roda (EK_{rotasi}). Dari data dapat kita ketahui bahwa EK_{rotasi} sama besarnya dengan $\frac{\text{momen inersia}}{2}$ jika kecepatan sudutnya (ω) adalah 1 (rad/s). Maka jika kita matematiskan hubungan tersebut menjadi :</p> $EK_{rotasi} \approx \frac{I}{2} \dots\dots\dots(1.32)$	<p>$EK_{rotasi} = \frac{1}{2} I \omega^2$</p> <p>• Pada momen inersia roda $m = 0,1 \text{ kgm}^2$, Energi gerak rotasi pada roda tersebut $EK_{rotasi} = 5 \text{ J}$.</p> <p>Berdasarkan data dan grafik diketahui bahwa semakin besar momen inersia roda (I) maka akan semakin besar energi kinetik gerak rotasi pada roda (EK_{rotasi}). Begitu sebaliknya. Kemudian dari data-data juga dapat kita ketahui bahwa EK_{rotasi} sama besarnya dengan $\frac{\text{momen inersia}}{2}$ jika kecepatan sudutnya (ω) adalah 1 (rad/s). Maka jika kita matematiskan hubungan tersebut menjadi :</p> $EK_{rotasi} \approx \frac{I}{2} \dots\dots\dots(1.32)$ <p>Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi</p>
Teks Pada Kajian Materi	
<p>tentang momen inersia adalah sebagai berikut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Momen inersia gerak rotasi sangat dipengaruhi oleh momen inersia. • Momen Inersia adalah ukuran kuantitas su gerak rotasinya. • Momen Inersia merupakan besaran scalar. • Semakin besar momen Inersia benda maka s 	<ul style="list-style-type: none"> • Momen inersia gerak rotasi sangat dipengaruhi oleh momen inersia. • Momen Inersia adalah ukuran kuantitas s gerak rotasinya. • Momen Inersia merupakan besaran skalar.

2. Deskripsi Hasil Uji Validasi Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Media

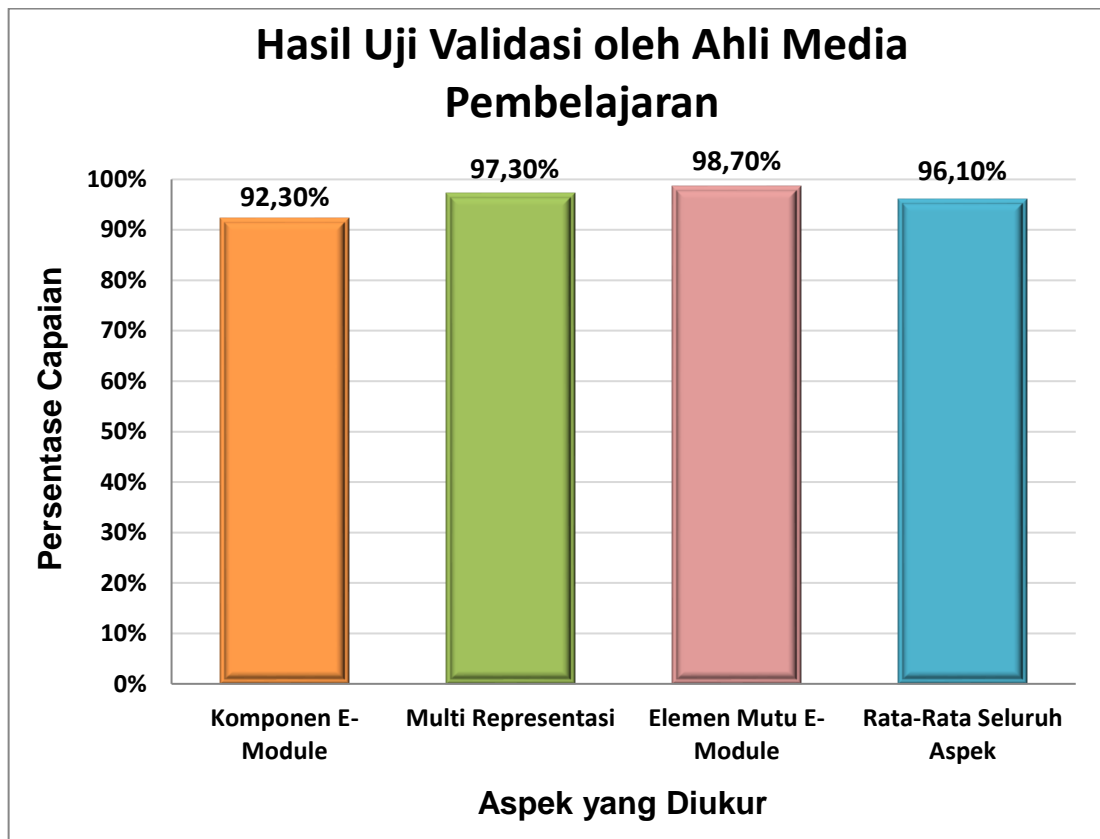
Uji validasi oleh ahli media pembelajaran bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari bahan ajar yang ditinjau dari segi media pembelajaran. Uji validasi oleh ahli media dilakukan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.

Penilaian diberikan melalui lembar uji validasi ahli materi fisika. Lembar uji validasi ini berisi 43 butir pertanyaan dari tiga aspek, yaitu (1) kesesuaian komponen modul elektronik yang terdiri dari 13 butir pernyataan, (2) kesesuaian konten representasi yang terdiri dari 15 butir pernyataan, (3) kesesuaian elemen mutu modul elektronik fisika yang terdiri dari 15 butir pernyataan. Berikut ini adalah data yang diperoleh dari hasil uji validasi oleh ahli media pembelajaran:

Tabel 4.4 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik oleh Ahli Media Pembelajaran

No	Aspek yang Diukur	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Komponen modul elektronik	92,30%	Sangat Baik
2	Multi Representasi	97,30%	Sangat Baik
3	Elemen Mutu Modul Elektronik	98,70%	Sangat Baik
Rata-Rata Seluruh Aspek		96,10%	Sangat Baik

Adapun diagram batang dari hasil uji validasi modul elektronik oleh ahli materi fisika adalah sebagai berikut:



Gambar 4.19 Diagram Batang Hasil Uji Validasi oleh Ahli Media Pembelajaran

Berdasarkan diagram diatas diperoleh rata-rata persentase capaian keseluruhan aspek sebesar 96,10%. Berdasarkan interpretasi skala likert, hasil tersebut menunjukkan bahwa modul elektronik yang dikembangkan ditinjau dari aspek kesesuaian komponen modul elektronik fisika, kesesuaian multi representasi, kesesuaian elemen mutu modul elektronik fisika dinilai sangat baik untuk dijadikan bahan belajar mandiri.

Pada tahap uji validasi yang dilakukan oleh ahli media pembelajaran terdapat beberapa saran untuk pengembangan modul elektronik fisika, antara lain penambahan kata pada judul sub materi, penulisan hipotesis yang lebih diperjelas, disediakannya tabel dan grafik yang masih kosong agar memberikan kesempatan pada pengguna untuk mengisi data, perlu disediakannya ruang dalam modul elektronik fisika untuk pengguna dalam menuliskan kesimpulan, dan tampilan contoh soal yang dibuat pertanyaan agar memberikan

kesempatan pada pengguna untuk menjawab soal sendiri terlebih dahulu. Pada tampilan contoh soal yang semula berupa video setelah dilakukannya penyempurnaan maka tampilan contoh soal menjadi berupa photo *slideshow*. Tampilan tersebut lebih sesuai dengan saran yang dianjurkan oleh ahli media pembelajaran.

Berdasarkan saran dari ahli media pembelajaran tersebut, dilakukan penyempurnaan modul elektronik fisika sebagai berikut:

Tabel 4.5 Revisi Modul Elektronik Setelah Uji validasi oleh Ahli Materi Fisika

Sebelum Penyempurnaan	Sesudah Penyempurnaan
Tampilan Hipotesis yang Lebih Diperjelas dan Dipersingkat	
<p style="text-align: center;">Materi Torsi atau Momen Gaya</p> <p>Dalam video stimulation, titik yang menjadi pusat gerak rotasi adalah sekrup besar yang ada pada roda mobil tersebut. Gaya sebesar F yang kita berikan pada kunci inggris akan mampu menggerakkan sekrup maju atau mundur, tergantung pada arah gaya yang kita berikan pada kunci inggris tersebut. namun gaya yang kita berikan juga bergantung pada jarak dari sekrup tersebut itulah yang disebut dengan momen gaya atau torsi. Untuk mengetahui nilai torsi adalah dengan mengkalikan besar gaya (F) dan lengan gaya (l) serta sudut (θ) antara garis gaya dan lengan gaya. Semakin besar nilai torsi maka akan semakin mudah dalam merotasikan sekrup dan gaya yang diberikan akan lebih kecil. Sehingga itulah sebabnya jika menggunakan kunci inggris yang lengannya pendek maka sekrup sulit untuk berotasi karena dibutuhkan gaya yang lebih besar. Dan sekrup akan berotasi dengan gaya yang lebih kecil jika kita memberikan gaya pada jarak yang lebih jauh dari sekrup tersebut. hal tersebut bisa dilakukan dengan menambah panjang lengan pada kunci inggris.</p>	<p style="text-align: center;">Materi atau Momen Gaya Torsi</p> <p>Titik yang menjadi pusat gerak rotasi pada sistem tersebut adalah baut-baut besar yang ada pada roda mobil tersebut. Ketika kita memberikan gaya pada lengan kunci inggris yang sudah dipasangkan pada sebuah sekrup, maka gaya (F) tersebut akan merotasikan baut dengan searah dengan gaya yang kita berikan pada lengan kunci inggris tersebut. jika lengan kunci inggris yang kita gunakan lebih pendek maka baut akan sulit berotasi karena dibutuhkan gaya dorong yang lebih besar. Dari hal tersebut dapat kita duga bahwa adanya hubungan antara ukuran lengan kunci inggris dengan besar gaya yang diperlukan untuk merotasikan sebuah baut.</p>
<p style="text-align: center;">Materi Hukum II Newton untuk Rotasi</p> <ol style="list-style-type: none"> Dalam video simulasi beban yang divariasikan pada katrol adalah 50 gram dan 100 gram. Pada katrol jika dihubungkan dengan beban 50 gram kita lihat dalam video dihasilkan perputaran yang lebih lambat dan dengan digantungkan beban 100 gram akan menghasilkan perputaran lebih cepat, hal ini karena percepatan linier pada katrol akan meningkat seiring dengan peningkatan massa katrol dan massa beban, begitu juga dengan percepatan sudut, karena percepatan sudut sama dengan $\frac{\text{percepatan linier}}{\text{jari-jari katrol}}$. Sehingga perputaran katrol atau percepatan sudut katrol bergantung dari massa katrol dan massa beban yang digantungkan. Sistem katrol ini berkaitan dengan hukum II Newton dimana pada Hukum II Newton adalah $F = m\bar{a}$. Namun pada katrol ini Hukum II Newton berlaku pada gerak rotasi dimana gaya (\bar{F}) analog dengan torsi (τ), massa benda (m) analog dengan momen inersia katrol (I) dan percepatan linearnya (\bar{a}) analog dengan percepatan sudut ($\bar{\alpha}$). Sehingga sistem katrol ini berlaku Hukum II Newton rotasi yaitu $\tau = I\bar{\alpha}$. Dimana pada sistem katrol ini torsi adalah gaya (F) analog dengan tegangan tali (T) dan lengan torsi (l) analog dengan jari-jari katrol (R) sehingga $\tau = \bar{T}R$. 	<p style="text-align: center;">Materi Hukum II Newton untuk Rotasi</p> <p style="text-align: center;">SMA KELAS XI Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning</p> <ol style="list-style-type: none"> Variasi beban yang digunakan pada percobaan katrol adalah 50 gram dan 100 gram. Jika katrol digantungkan beban 50 gram menghasilkan perputaran yang lebih lambat, sedangkan jika beban diganti 100 gram katrol akan berputar lebih cepat. Hal tersebut dikarenakan ada kaitan antara massa beban yang digantungkan dengan percepatan katrol ketika berputar.

<p style="text-align: center;">Materi Momen Inersia</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">IDENTIFIKASI MASALAH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dalam video simulasi, kedua silinder pejal dan bola dapat berotasi karena pada kedua silinder di <i>setting</i> untuk berlawanan arah pada kemiringan sudut tertentu dan bola di tempatkan ditengah antara kedua silinder, kemudian akibat dari kedua silinder yang berlawanan arah tersebut menyentuh permukaan bola maka bola dapat berotasi pada titik pusatnya dan akibat dari rotasi bola tersebut kedua silinder juga ikut berotasi. 2. Setiap benda yang berotasi akan cenderung mempertahankan gerak rotasinya, dan ukuran untuk mempertahankan gerak rotasinya itu yang kita sebut dengan momen inersia. Dimana untuk mengukur momen inersia ditentukan dari massa dan jari-jari pada benda yang berotasi. 3. Bola lebih cepat untuk berotasi karena memiliki momen inersia yang lebih kecil, semakin kecil momen inersia maka percepatan sudut rotasi yang dihasilkan akan semakin besar hal ini sesuai dengan hukum II Newton yang telah kita pelajari. 4. Ukuran kuantitas untuk setiap benda tentu berbeda-beda dimana untuk menentukan momen inersia selain dari massa dan jari-jari benda. Masing-masing benda juga memiliki konstanta yang menentukan momen inersia benda, konstanta tersebut didapat dari perumusan matematis. 	<p style="text-align: center;">Momen Inersia</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">IDENTIFIKASI MASALAH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dalam video simulasi, kedua silinder pejal dan bola dapat berotasi karena pada kedua silinder di <i>setting</i> untuk berlawanan arah pada kemiringan sudut tertentu dan bola di tempatkan ditengah antara kedua silinder, kemudian akibat dari kedua silinder yang berlawanan arah tersebut menyentuh permukaan bola maka bola dapat berotasi pada titik pusatnya dan akibat dari rotasi bola tersebut kedua silinder juga ikut berotasi. 2. Setiap benda yang berotasi akan cenderung mempertahankan gerak rotasinya, dan ukuran untuk mempertahankan gerak rotasinya itu yang disebut dengan momen kelembaman. 3. Bola lebih cepat untuk berotasi karena memiliki momen kelembaman benda yang lebih kecil.
<p style="text-align: center;">Materi Momentum Sudut</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">IDENTIFIKASI MASALAH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pada awalnya awalnya, penari berputar lambat dengan kedua tangan dan salah satu kaki yang direntangkan. Kemudian penari tersebut berputar cepat dengan kedua tangan terlipat dan salah satu kaki yang naikan hingga ke atas kepala seiring bertambahnya kecepatannya. Pada akhirnya penari akan merentangkan kembali tangan dan salah satu kakinya, sehingga kecepatan berotasinya turun lalu berhenti berputar. 2. Penari harus melakukan <i>trik-trik</i> tersebut karena ini sangat berkaitan dengan momen inersia dimana $I = \sum mr^2$. Ketika penari menarik kedua tangan atau salah satu kakinya ke dekat tubuhnya, maka momen inersianya berkurang karena nilai r diperkecil, sebaliknya ketika kedua tangan penari balet terentang, maka momen inersianya bertambah besar karena nilai r diperbesar. 3. Momentum sudut adalah ukuran kesukaran benda untuk berhenti ketika berotasi dengan rumus $\vec{L} = I\vec{\omega}$. Dengan momentum sudut yang tetap konstan (gesekan diabaikan). Maka jika momen inersia berkurang, kecepatan sudutnya akan menurun yang mengakibatkan gerakan berputarnya semakin cepat. Sebaliknya jika momen inersianya bertambah besar, kecepatan sudutnya meningkat hal ini mengakibatkan gerakan berputar penari balet menjadi lambat. 	<p style="text-align: center;">Materi Momentum Sudut</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">IDENTIFIKASI MASALAH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pada awalnya awalnya, penari berputar lambat dengan kedua tangan dan salah satu kaki yang direntangkan. Kemudian penari berputar lebih cepat dengan kedua tangan terlipat dan salah satu kaki yang naikan hingga ke atas kepala seiring dengan bertambahnya kecepatan rotasinya. Pada akhirnya penari akan merentangkan kembali tangan dan salah satu kakinya, sehingga kecepatan berotasinya turun lalu berhenti berputar. 2. Penari harus melakukan <i>trik-trik</i> tertentu yang tentunya berkaitan dengan prinsip momen inersia dimana $I = \sum mr^2$. Ketika penari menarik kedua tangan atau salah satu kakinya ke dekat tubuhnya, maka momen inersianya berkurang karena nilai r diperkecil, sebaliknya ketika kedua tangan penari direntangkan, maka momen inersianya bertambah besar karena nilai r diperbesar. Sehingga dapat dihipotesis bahwa adanya kaitan antara momen inersia dengan kecepatan rotasi penari.
<p style="text-align: center;">Materi Energi Kinetik Menggelinding</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">IDENTIFIKASI MASALAH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pada roda <i>segway</i> atau roda kendaraan lainnya yang sedang berjalan gerak yang terjadi adalah gerak menggelinding, dimana gerak menggelinding adalah kombinasi dari gerak rotasi dan gerak translasi. Sehingga ada tiga gerak yang bisa dilakukan roda yaitu gerak rotasi, gerak translasi dan gerak menggelinding. Ketiga gerak tersebut memiliki perbedaan yaitu <ul style="list-style-type: none"> ● Pada gerak rotasi semua titik pada roda yang mengitari titik pusat memiliki kecepatan sudut (ω) dan kecepatan linear (v) yang sama besarnya ($v = \overline{v}_{cm}$) ● Pada gerak translasi semua titik pada roda bergerak lurus, baik ke arah kanan ataupun kiri dengan kecepatan linear (\overline{v}_{cm}) yang sama. ● Pada gerak menggelinding adalah kombinasi dari gerak translasi dan rotasi sehingga semua titik bergerak dengan laju linear $\overline{v} = 2\overline{v}_{cm}$ 2. Pada video simulasi <i>segway</i> kecil yang menyimpan energi sedikit namun digunakan untuk mendorong dua roda yang ukurannya jauh lebih besar dari roda <i>segway</i> yang asli. Sehingga roda besar itu berjalan sangat lambat karena untuk membuat roda besar menggelinding dibutuhkan suplai energi yang lebih besar, karena semakin besar massa atau jari-jari roda, energi kinetik pada roda tersebut juga akan semakin besar. 3. Seperti kita ketahui bahwa gerak pada roda atau benda lainnya yang berbentuk seperti roda ada tiga yaitu gerak translasi dengan besar energi kinetik $EK_{translasi} = \frac{1}{2}mv^2$, gerak rotasi dengan energi kinetiknya adalah $EK_{rotasi} = \frac{1}{2}I\omega^2$ dan gerak menggelinding energi kinetiknya adalah $EK_{gelinding} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$ 4. Pada bahasan tentang momen inersia telah kita ketahui momen inersia untuk tiap jenis benda adalah berbeda. Dan melalui hipotesis nomor 3 bahwa suatu energi benda menggelinding dipengaruhi oleh besar momen inersia. Sehingga dari persamaan energi kinetik menggelinding kita dapat mencari kecepatan benda saat menggelinding. semakin besar momen inersia benda maka kecepatan benda akan semakin kecil atau lambat, sebaliknya bila momen inersia benda semakin kecil maka benda akan menggelinding lebih cepat. 	<p style="text-align: center;">Materi Energi Kinetik Menggelinding</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">IDENTIFIKASI MASALAH</p> <p>Berikut ini adalah jawaban sementara atau hipotesis yang didapatkan dari pertanyaan-pertanyaan di atas. Hipotesis ini tentunya belum dibuktikan sehingga belum di ketahui benar atau salahnya.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pada roda <i>segway</i> atau roda kendaraan lainnya yang sedang berjalan gerak yang terjadi adalah gerak menggelinding, dimana gerak menggelinding adalah kombinasi dari gerak rotasi dan gerak translasi. Sehingga ada tiga gerak yang bisa dilakukan roda yaitu gerak rotasi, gerak translasi dan gerak menggelinding. Ketiga gerak tersebut memiliki perbedaan yaitu 2. Pada video simulasi <i>segway</i> kecil yang menyimpan energi sedikit namun digunakan untuk mendorong dua roda yang ukurannya jauh lebih besar dari roda <i>segway</i> yang asli. Sehingga roda besar itu berjalan sangat lambat karena untuk membuat roda besar menggelinding dibutuhkan suplai energi yang lebih besar. 3. Pada bahasan tentang Hukum II Newton untuk gerak rotasi diketahui bahwa semakin besar momen inersia benda maka kecepatan benda akan semakin kecil atau lambat, sebaliknya bila momen inersia benda semakin kecil maka benda akan menggelinding lebih cepat. Sehingga dapat kita duga bahwa adanya kaitan antara momen inersia dengan kecepatan benda pada saat menggelinding.

Materi Kesetimbangan Benda Tegar

- Dalam video simulasi beberapa saat jungkat-jungkit dalam keadaan setimbang karena seseorang yang massanya lebih besar duduk di dekat titik porosnya dan seseorang yang massanya lebih kecil duduk di ujung papan jungkat-jungkit. Hal itu akan membuat jungkat-jungkit dalam keadaan setimbang.
- Pada permainan jungkat-jungkit apabila seseorang yang massanya lebih besar duduknya semakin mendekati titik poros masa torsi pada orang tersebut akan semakin kecil, dan apabila seseorang yang massanya lebih kecil duduknya semakin mendekati ujung papan jungkit maka torsi pada orang tersebut akan semakin besar, hal inilah yang menyebabkan seseorang yang massanya lebih kecil kemudian dapat menaik ke atas seseorang yang massanya lebih besar pada permainan jungkat-jungkit.
- Menentukan kesetimbangan dinamis pada permainan jungkat-jungkit memiliki syarat kesetimbangan yang sama dengan syarat kesetimbangan statis yaitu jumlah tiap komponen gaya haruslah nol ($\sum F = 0$) dan jumlah momen gayanya juga haruslah nol ($\sum \tau = 0$), jumlah ini didapat dari kedua pemain pada jungkat-jungkit yang posisinya bertawanan arah. Hal serupa juga sama untuk benda tegar lainnya bahwa syarat kesetimbangan dinamis adalah $\sum F = 0$ dan $\sum \tau = 0$.

IDENTIFIKASI MASALAH

Materi Kesetimbangan Benda Tegar

- Jungkat-jungkit dapat setimbang karena seseorang yang massanya lebih besar posisi duduknya lebih dekat dengan titik porosnya dan seseorang yang bermassa lebih kecil memiliki posisi duduk di ujung papan jungkat-jungkit atau lebih jauh dengan titik porosnya. Inilah yang membuat jungkat-jungkit dalam keadaan setimbang.
- Pada kegiatan belajar sebelumnya telah mempelajari torsi dimana dipengaruhi oleh gaya dan jarak. Dalam hal ini meskipun seseorang yang gaya beratnya lebih besar namun jarak antara posisi duduknya ke titik porosnya sangat dekat ($r \ll$) maka tetap saja torsi yang dihasilkan akan lebih kecil dibandingkan dengan seseorang yang gaya beratnya lebih kecil namun jarak antara posisi duduknya dengan titik porosnya lebih jauh ($r \gg$) maka torsi yang dihasilkan akan lebih besar, hal inilah yang membuat seseorang dengan berat badan lebih kecil namun dapat menyeimbangkan bahkan dapat menaik papan jungkat-jungkit yang sedang di duduki oleh seseorang dengan berat badan lebih besar.

IDENTIFIKASI MASALAH

Materi Titik Berat

- Dalam video simulasi terlihat benda-benda dengan berbagai bentuk, massa dan volume dapat diletakkan seimbang hanya dengan bertumpu pada sebuah titik. Titik-titik tersebut yang dijadikan tumpuan benda untuk dapat berdiri itu adalah titik pusat massa atau titik berat, sehingga benda-benda tersebut dapat berdiri seimbang karena bertumpu langsung pada pusat massanya.
- Agar kita dapat meletakkan benda seperti yang ada pada video simulasi maka kita harus mengetahui letak dari titik pusat massa pada setiap benda, dengan demikian apabila kita sudah mengetahui titik pusat massa dan titik berat dari suatu benda maka akan mudah bagi kita untuk membuat benda dapat berdiri seimbang dengan hanya bertumpu pada sebuah titik.
- Terdapat berbagai cara untuk mengetahui letak pusat massa dan titik berat benda simetris dan tidak simetris, pertama melalui eksperimen pada benda satu dan dua dimensi yang dapat kita temukan letak titik beratnya dengan menggantungkan benda tersebut, kedua dapat melalui cara kuantitatif melalui perhitungan sehingga dari cara kuantitatif ini akan didapatkan angka-angka koordinat dari letak titik berat atau pusat massa dari suatu benda.

IDENTIFIKASI MASALAH

Materi Titik Berat

- Dalam video simulasi terlihat benda-benda dengan berbagai bentuk, massa dan volume dapat diletakkan seimbang hanya dengan bertumpu pada sebuah titik. Titik-titik tersebut yang dijadikan tumpuan benda untuk dapat berdiri itu adalah titik pusat massa atau titik berat, sehingga benda-benda tersebut dapat berdiri seimbang karena bertumpu langsung pada pusat massanya.
- Agar kita dapat meletakkan benda seperti yang ada pada video simulasi maka kita harus mengetahui letak dari titik pusat massa pada setiap benda, dengan demikian apabila kita sudah mengetahui titik pusat massa dan titik berat dari suatu benda maka akan mudah bagi kita untuk membuat benda dapat berdiri seimbang dengan hanya bertumpu pada sebuah titik.

Penambahan Tabel dan Skala Grafik Kosong

Materi Torsi atau Momen Gaya

SMA KELAS XI Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning

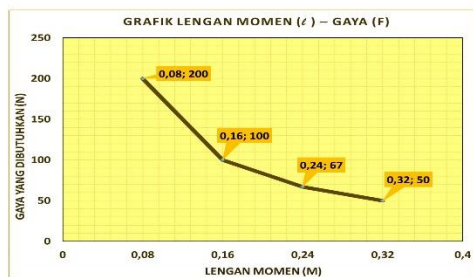
Dari percobaan menggunakan simulasi memutar sekrup dengan kunci inggris tersebut maka didapatkan data-data berikut. **Perhatikanlah tabel 1.1 di bawah ini!**

Tabel 1.1 Data Percobaan Momen Gaya atau Torsi

No	$r(m)$	$\theta(^{\circ})$	$l = r \sin \theta (m)$	$F(N)$	$\tau(N.m)$
1	0,08	90	0,08	200	16
2	0,16	90	0,16	100	16
3	0,24	90	0,24	67	16
4	0,32	90	0,32	50	16

- Jarak (r) antara tangan dengan sekrup dengan rentang tiap 0,06 m dari titik awal.
- Sudut (θ) selalu dibuat $\pm 90^{\circ}$ agar tegak lurus dengan jarak.
- Pada percobaan ini nilai torsi (τ) telah dibuat tetap.

Berdasarkan data tabel 1.1 dapat kita proses dengan membuat grafik hubungan antara lengan momen gaya terhadap gaya ($l - F$)



PENGKOLESIAN DATA

Materi Torsi atau Momen Gaya

Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

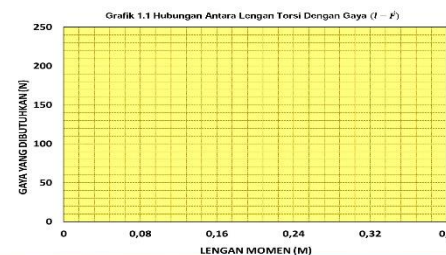
Sekarang marilah kita melakukan percobaan torsi menggunakan simulasi 1.1, dengan ketentuan variabel-variablenya sebagai berikut!

- Variasikanlah variabel jarak (r) antara tangan dengan sekrup dengan rentang tiap 0,06 m dari titik awal, kemudian pada sudut (θ) harus selalu dibuat $\pm 90^{\circ}$ agar tegak lurus dengan jarak, sehingga lengan kunci inggris = jarak ($l = r$).
- Data yang harus kita cari adalah berapa besar gaya (F) pada tiap jarak yang kita variasikan sehingga nilai torsi (τ) dapat bernilai sama atau tetap.

Tabel 1.1 Data Percobaan Momen Gaya atau Torsi

No	$r(m)$	$\theta(^{\circ})$	$l = r \sin \theta (m)$	$\tau(N.m)$	$F(N)$




Kemudian setelah mengisi tabel diatas, maka kita dapat membuat grafik hubungan antara panjang lengan dengan besar gaya ($l - F$)

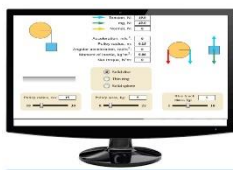


PENGUMPULAN DATA

Materi Hukum II Newton untuk Rotasi

Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

- Untuk menjalankan simulasi dapat klik tombol **start**  jika kita ingin berhenti sementara simulasi maka klik **pause** , jika ingin mengulang dari awal maka klik **reset** .
- Data yang dapat kita variasikan adalah massa balok biru (*blue block mass*).
- Saat percobaan usahakan selalu klik **pause** ketika beban balok biru mulai jatuh kebawah, agar bisa mencatat data.



Sumber simulasi : http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/cutnell/0470223553/concept_sims/sim23/sim23.swf

Berdasarkan percobaan dalam simulasi di atas maka didapatkan data-data berikut. Perhatikanlah tabel dibawah ini. Data yang kita variasikan adalah massa balok biru (*blue block mass*) dengan katrol agar sesuai dengan stimulation adalah *Thin Ring* dengan massa katrol *Thin Ring* dibuat tetap yaitu 20 kg dan jari-jari katrol *Thin Ring* dibuat tetap yaitu 20 cm atau 0,2 m.

Tabel 1.2 Data Percobaan Hukum II Newton Rotasi Pada Katrol

No	Massa balok biru m_b (kg)	Tegangan tali translasi T_t (N)	Percepatan linear a (m/s^2)	Percepatan sudut α (rad/s^2)	Torsi τ (m.N)	Momen Inersia I ($kg.m^2$)
1	2	17,82	0,89	4,45	3,56	0,80
2	4	32,68	1,63	8,15	6,54	0,80
3	6	45,24	2,26	11,20	9,05	0,80
4	8	56,00	2,80	14,00	11,20	0,80
5	10	65,30	3,27	16,35	13,06	0,80

Berdasarkan data dalam tabel 1.2 dapat kita proses sehingga kita mendapatkan dua grafik sebagai berikut ini :

Materi Hukum II Newton untuk Rotasi

Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

Sekarang marilah kita melakukan percobaan Hukum II Newton Rotasi menggunakan simulasi 1.2 dengan ketentuan variable - variabelnya sebagai berikut!

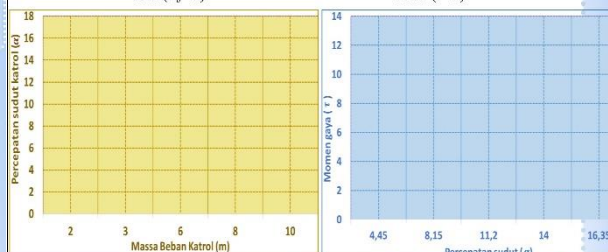
- Agar bisa membuktikan hipotesis maka jenis katrol yang digunakan adalah Silinder tipis berongga (*Thin Ring*).
- Variabel yang dibuat tetap adalah massa katrol *Thin Ring* yaitu 20 kg dan jari-jari katrol *Thin Ring* yaitu 20 cm atau 0,2 m.
- Variable yang kita variasikan adalah massa balok biru (*blue block mass*) dengan rentang tiap 2 kg darimassa yang terkecil.

Tabel 1.2 Data Percobaan Hukum II Newton Rotasi Pada Katrol

No	Massa balok biru m_b (kg)	Tegangan tali translasi T_t (N)	Percepatan linear a (m/s^2)	Percepatan sudut α (rad/s^2)	Torsi τ (m.N)	Momen Inersia I ($kg.m^2$)
1						
2						
3						
4						
5						

Berdasarkan data tabel 1.2 dapat kita gambarkan ke dalam dua grafik berikut:

Grafik 1.2 kaitan massa dengan percepatan sudut ($m_b - \alpha$) Grafik 1.3 kaitan torsi dengan percepatan sudut ($\tau - \alpha$)



Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 27

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 29

Materi Momen Inersia

Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

- Data yang kita variasi pada percobaan ini adalah jenis katrol, jari-jari katrol (*Pulley radius*), massa katrol (*pulley mass*). Hasil data yang kita lihat adalah hanya data momen inersia pada tiap jari-jari katrol atau massa katrol yang kita variasikan.



Sumber simulasi : http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/cutnell/0470223553/conccot_sims/sim23/sim23.swf

Pada percobaan untuk mencari persamaan momen inersia pada katrol, data yang kita variasikan adalah jari jari dan massa katrol dan untuk massa balok biru maksimum dibuat tetap yaitu 1 kg. Dari simulasi diatas kita dapat melakukan 2 percobaan dengan memvariasikan massa katrol (*pulley mass*) atau memvariasikan jari-jari katrol (*pulley radius*). Namun untuk lebih mudahnya dalam modul ini kita melakukan percobaan dengan memvariasikan massa katrol.

Percobaan Menentukan Momen Inersia Berdasarkan Variasi Massa Katrol

Percobaan ini untuk mencari persamaan momen inersia kita menetapkan jari-jari katrol (*pulley radius*) yaitu 10 cm atau 0,1 m dan massa balok biru 1 kg, dari hasil percobaan tersebut kita dapatkan data pada tabel berikut.

Tabel 1.3 Data Percobaan Momen inersia Pada Katrol

No	Massa Katrol/ Pulley Mass m_k (kg)	Momen inersia katrol silinder pejal (<i>solid disc</i>) I ($kg.m^2$)	Momen inersia katrol silinder tipis berongga (<i>thin ring</i>) I ($kg.m^2$)	Momen inersia katrol bola pejal (<i>solid sphere</i>) I ($kg.m^2$)
1	5	0,03	0,05	0,02
2	10	0,05	0,10	0,04
3	15	0,08	0,15	0,06
4	20	0,10	0,20	0,08
5	25	0,13	0,25	0,10

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 37

Materi Momen Inersia

Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

Sekarang marilah kita melakukan percobaan momen inersia menggunakan simulasi 1.2 dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut!

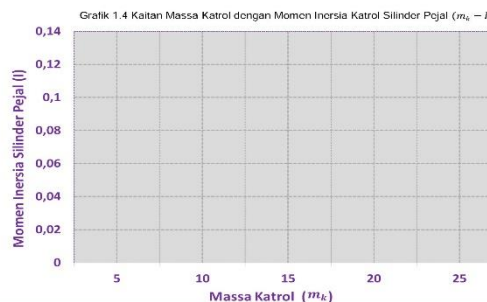
- Variable yang dibuat tetap yaitu massa beban balok biru yaitu 1 kg dan jari-jari katrol (*pulley radius*) yaitu 10 cm atau 0,1 m.
- Variable yang kita variasikan adalah massa katrol dengan rentang tiap 5 kg dari massa yang terkecil untuk tiap jenis katrol.

Kemudian kita bisa mencatat hasil percobaan momen inersia pada tabel dibawah ini.

Tabel 1.3 Data Percobaan Momen Inersia Pada Katrol

No	Massa Katrol/ Pulley Mass m_k (kg)	Momen inersia katrol silinder pejal (<i>solid disc</i>) I ($kg.m^2$)	Momen inersia katrol silinder tipis berongga (<i>thin ring</i>) I ($kg.m^2$)	Momen inersia katrol bola pejal (<i>solid sphere</i>) I ($kg.m^2$)
1				
2				
3				
4				
5				

Berdasarkan data tabel 1.3 dapat kita gambarkan ke dalam tiga grafik yaitu :

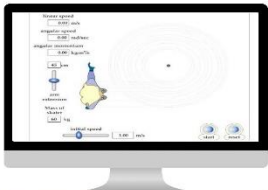


Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 37

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 40

Materi Momentum Sudut

- Data yang divariasikan yang pertama adalah *Initial speed* atau kecepatan linier pada penari. Perhatikan cara memvariasikan angkanya dapat digeser lingkaran biru pada *initial speed*.
- Data yang divariasikan yang kedua adalah *arm extension* atau panjang lengan pada penari. Cara memvariasikan angkanya dapat digeser lingkaran biru pada *arm extension*.



Sumber simulasi : web.it.nctu.edu.tw/~genelin/phys1/animation/chapter11/11.3.swf

Diketahui massa penari adalah 60 kg dan pada percobaan ini data yang divariasikan adalah *arm extension* (panjang lengan) dengan menetapkan *initial speed* (kecepatan linear awal) yaitu 2.00 m/s, kecepatan linier tersebut akan berkurang seiring dengan pertambahan *arm extension* maka hasil percobaan tersebut didapatkan data-data pada tabel berikut ini.

Tabel 1.5 Data Percobaan Momentum Sudut Pada Penari

No	Panjang Lengan r(m)	Kecepatan linear v(m/s)	Kecepatan sudut ω(rad/s)	Momentum sudut L(kg·m ² /s)
1	0,30	2,00	6,67	36,00
2	0,37	1,62	4,38	36,00
3	0,44	1,36	3,10	36,00
4	0,51	1,18	2,31	36,00
5	0,58	1,03	1,78	36,00

No	Lengan r(m)
1	0,30
2	0,37
3	0,44
4	0,51
5	0,58

- Momen Inersia sesuai Tabel 1.5 adalah:
- Pada $r = 0,30$ m, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,30^2 \text{ m}^2 = 5,40 \text{ kgm}^2$
 - Pada $r = 0,37$ m, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,37^2 \text{ m}^2 = 8,21 \text{ kgm}^2$
 - Pada $r = 0,44$ m, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,44^2 \text{ m}^2 = 11,62 \text{ kgm}^2$
 - Pada $r = 0,44$ m, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,30^2 \text{ m}^2 = 15,61 \text{ kgm}^2$
 - Pada $r = 0,44$ m, maka momen inersianya : $I = mr^2 = 60 \text{ kg} \cdot 0,30^2 \text{ m}^2 = 20,81 \text{ kgm}^2$

Setelah didapatkan data momen inersia pada tiap panjang lengan penari maka tabel 1.5 menjadi :

Tabel 1.6 Data Hasil Percobaan dan Perhitungan Momentum Sudut

No	Panjang Lengan r(m)	Kecepatan linear v(m/s)	Kecepatan sudut ω(rad/s)	Momen inersia I(kg·m ²)	Momentum sudut L(kg·m ² /s)
1	0,30	2,00	6,67	5,40	36,00
2	0,37	1,62	4,38	8,21	36,00
3	0,44	1,36	3,10	11,62	36,00
4	0,51	1,18	2,31	15,61	36,00
5	0,58	1,03	1,78	20,81	36,00

Materi Momentum Sudut

Sekarang marilah kita melakukan percobaan momentum sudut menggunakan simulasi 1.4 dengan ketentuan variable sebagai berikut!

- Variable yang tidak bisa diubah adalah massa penari yaitu 60 kg.
- Variable yang dibuat tetap adalah kecepatan linear awal (*initial speed*) yaitu 2.00 m/s. Kemudian kecepatan linier tersebut akan berkurang seiring dengan pertambahan panjang lengan (*arm extension*).
- Variable yang divariasikan adalah pajang lengan penari (*arm extension*) dengan rentang 7 m atau 0,07 m dari lengan yang terpendek.

Kemudian kita bisa mencatat hasil percobaan momentum sudut pada tabel berikut.

Tabel 1.5 Data Percobaan Momentum Sudut Pada Penari

No	Panjang Lengan r(m)	Kecepatan linear v(m/s)	Kecepatan sudut ω(rad/s)	Momentum sudut L(kg·m ² /s)
1				
2				
3				
4				
5				

Dengan diketahuinya massa penari es skater adalah 60 kg maka kita dapat menghitung momen inersia tiap panjang lengan penari es skater. Sehingga tabel data percobaan momentum sudut pada penari es skater menjadi :

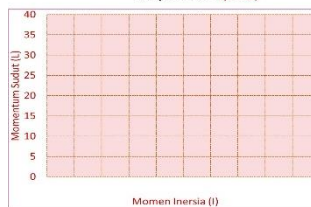
Tabel 1.6 Data Hasil Percobaan dan Perhitungan Momentum Sudut

No	Panjang Lengan r(m)	Kecepatan linear v(m/s)	Kecepatan sudut ω(rad/s)	Momen inersia I(kg·m ²)	Momentum sudut L(kg·m ² /s)
1					
2					
3					
4					
5					

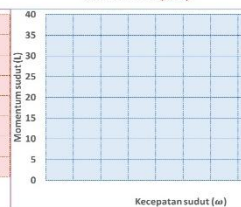
Berdasarkan hasil data percobaan pada tabel 1.6 kita bisa membuat tiga grafik yaitu :



Grafik 1.6 Kaitan momentum sudut dengan kecepatan sudut (L - ω)



Grafik 1.7 Kaitan momentum sudut dengan momen inersia (L - I)



Materi Energi Kinetik Menggelinding

2. Percobaan 2 Membuatkan Energi Kinetik Roda Dengan Kecepatan Awal Yang Berbeda

Kita telah membuatkan gambar dari variabel massa roda terhadap energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi. Lalu bagaimana persamaan energi kinetik translasi dan rotasi itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, marilah kita lakukan percobaan berikut dengan memperhatikan persamaan awal (ω) pada gerak roda. Berikan video berikut ini:



Setelah mengamati percobaan dalam video di atas maka dapat data-data berikut ini dimana data yang diperhatikan adalah kecepatan awal (ω_0) pada roda. Dari variabel massa tersebut mengkonversi nilai data kecepatan linier menjadi nilai pada roda (K_{trans}), energi kinetik translasi awal (K_{trans}), energi kinetik translasi (K_{trans}), energi kinetik rotasi (K_{rotasi}) dan energi total atau energi gerak menggelinding ($K_{Kombinasi}$). Maka Perlihatkan tabel dibawah ini!

No	Kecepatan awal roda $\omega_0(m/s)$	Kecepatan linier roda $v(m/s)$	Kecepatan sudut roda $\omega(rad/s)$	Energi Kinetik Translasi $E_{K_{trans}}(J)$	Energi Kinetik Rotasi $E_{K_{rotasi}}(J)$	Energi Kinetik Menggelinding $E_{K_{Kombinasi}}(J)$
1	2,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00
2	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00
3	6,00	3,00	3,00	4,50	4,50	9,00
4	8,00	4,00	4,00	8,00	8,00	16,00
5	10,00	5,00	5,00	12,50	12,50	25,00

3. Percobaan 3 Menakar Kecepatan Gerak Menggelinding Pada Bidang Miring

Kita telah melakukan percobaan untuk mencari persamaan energi kinetik pada gerak menggelinding benda, sekarang kita akan mencari kecepatan linier (v) dan kecepatan sudut (ω) pada gerak benda yang menggelinding. marilah kita lakukan percobaan dengan memperhatikan pajangan berikut ini:



Pilih salah satu benda yang tersedia lalu letakkan di atas bidang miring. Lalu klik tombol 'start' menggunakan mouse pada posisi benda tersebut sampai dasar. Perhatikan kecepatan linier dan kecepatan sudut (ω) pada waktu yang tercatat.

No	Jenis Benda	Radius Momen Inersia $I(kg \cdot m^2)$	Kecepatan Linier $v(m/s)$	Kecepatan Sudut $\omega(rad/s)$	Waktu untuk mencapai ke dasar (s)
1	Bola pejal (Solid Sphere)	$\frac{2}{5} mr^2 = 0,4 \text{ m}^2$	14,00	7,00	4,08
2	Silinder pejal (Solid Cylinder)	$\frac{1}{2} mr^2 = 0,5 \text{ m}^2$	13,53	6,78	4,17
3	Bola tipis berongga (Shell/Thin Hoop)	$mr^2 = 0,7 \text{ m}^2$	12,83	6,42	4,42
4	Silinder tipis berongga (Thin Hoop)	mr^2	11,71	5,86	4,92

Materi Energi Kinetik Menggelinding

1. Percobaan 1 Membuatkan Energi Kinetik dengan Massa Roda yang Berbeda

Sekarang marilah kita melakukan percobaan energi kinetik menggunakan simulasi 1.3 dengan ketentuan variabel sebagai berikut!

- Benda yang dipilih adalah silinder tipis berongga (Thin cylindrical shell) dalam simulasi ini yang dimungkinkannya adalah ketujuh roda.
- Variabel yang divariasikan pada percobaan ini adalah jari-jari roda (radius) yaitu $r = 0,4$ m, kecepatan awal (initial velocity) yaitu $\omega_0 = 2,0$ rad/s dan koefisien gesek (coefficient of friction) yaitu $\mu_0 = 0,15$.
- Variabel yang diperhatikan adalah massa benda (mass) dari 0,10 kg sampai 10 kg. Dengan rentang 0,5 kg, massa roda dapat diperlakukan lima kali.

Setelah melakukan percobaan menggunakan simulasi 1.3 maka didapat data-data pada tabel dibawah ini:

No	Massa Roda (m)	Momen inersia pada roda $I(kg \cdot m^2)$	Energi Kinetik Translasi $E_{K_{trans}}(J)$	Energi Kinetik Rotasi $E_{K_{rotasi}}(J)$	Energi Kinetik Menggelinding $E_{K_{Kombinasi}}(J)$
1					
2					
3					
4					
5					

Pada percobaan ini juga diarahkan data kecepatan linier terhadap pusat massa v_{cm} yaitu:

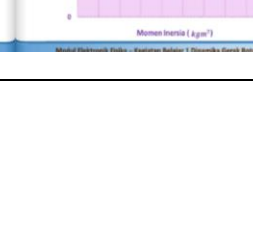


Grafik 1.6 Kaitan antara massa roda dengan Energi Translasi (E - E_{trans})

2. Percobaan 2 Kaitan antara massa roda dengan Energi Total (E - E_{Kombinasi})

Setelah mengamati percobaan dalam video di atas maka dapat data-data berikut ini dimana data yang diperhatikan adalah kecepatan awal (ω_0) pada roda. Dari variabel massa tersebut mengkonversi nilai data kecepatan linier menjadi nilai pada roda (K_{trans}), energi kinetik translasi awal (K_{trans}), energi kinetik translasi (K_{trans}), energi kinetik rotasi (K_{rotasi}) dan energi total atau energi gerak menggelinding ($K_{Kombinasi}$). Maka Perlihatkan tabel dibawah ini!

No	Kecepatan awal roda $\omega_0(m/s)$	Kecepatan linier roda $v(m/s)$	Kecepatan sudut roda $\omega(rad/s)$	Energi Kinetik Translasi $E_{K_{trans}}(J)$	Energi Kinetik Rotasi $E_{K_{rotasi}}(J)$	Energi Kinetik Menggelinding $E_{K_{Kombinasi}}(J)$
1	2,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00
2	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00
3	6,00	3,00	3,00	4,50	4,50	9,00
4	8,00	4,00	4,00	8,00	8,00	16,00
5	10,00	5,00	5,00	12,50	12,50	25,00



Grafik 1.7 Kaitan antara Massa benda dengan Energi Total (E - E_{Kombinasi})

1. Percobaan 1: Hubungan antara Energi Kinetik Translasi ($E_{k,translasi}$) dan Momentum (p).
 Grafik 1.1: Hubungan antara Energi Kinetik Translasi ($E_{k,translasi}$) dan Momentum (p).
 Grafik 1.2: Hubungan antara Energi Kinetik Translasi ($E_{k,translasi}$) dan Momentum (p).

2. Percobaan 2: Hubungan antara Energi Kinetik Rotasi ($E_{k,rotasi}$) dan Momentum Sudut (L).
 Grafik 1.3: Hubungan antara Energi Kinetik Rotasi ($E_{k,rotasi}$) dan Momentum Sudut (L).
 Grafik 1.4: Hubungan antara Energi Kinetik Rotasi ($E_{k,rotasi}$) dan Momentum Sudut (L).

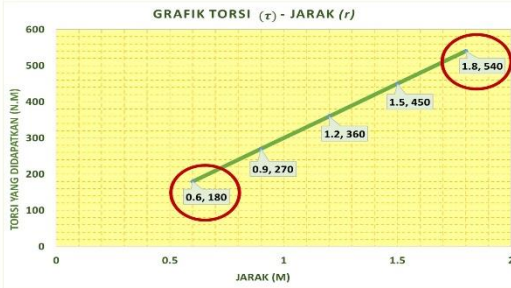
Materi Kesetimbangan Benda Tegar

1) Data percobaan mencari pengaruh nilai torsi pada kondisi jungkat-jungkit

Tabel 2.2 Data percobaan dengan variasi jarak dan torsi pada anak

No	Jarak anak ($r_k(m)$)	Torsi anak ($\tau_k(N.m)$)	Kondisi jungkat-jungkit
1	0,6	180	Bergerak ke kiri
2	0,9	270	Bergerak ke kiri
3	1,2	360	Setimbang
4	1,5	450	Bergerak ke kanan
5	1,8	540	Bergerak ke kanan

1) Grafik hubungan jarak anak dengan titik poros rotasi dengan torsi yang dihasilkan.



Materi Kesetimbangan Benda Tegar

1) Percobaan 1 mencari pengaruh nilai torsi pada kondisi jungkat-jungkit

Sekarang marilah kita melakukan percobaan kesetimbangan benda tegar menggunakan simulasi 2.1 jungkat-jungkit dengan ketentuan variabel sebagai berikut!
 * Variabel yang dibuat tetap adalah jarak orang dewasa atau $adult(r_a)$ terhadap titik poros yaitu pada 0,6 m dengan torsi orang dewasa (τ_a) 360 N.m
 * Berat anak (W_a) adalah 300 N dan berat pada orang dewasa (W_d) adalah 600 N.
 * Variabel yang divariasikan adalah jarak anak (r_a) dari 0,6 m sampai 1,8 m dengan rentang 0,3 m.

Kemudian kita bisa menuliskan data percobaan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Data percobaan dengan variasi jarak dan torsi pada anak

No	Jarak anak ($r_a(m)$)	Torsi anak ($\tau_a(N.m)$)	Kondisi jungkat-jungkit
1			
2			
3			
4			
5			

Berdasarkan data dapat digambarkan ke dalam grafik dibawah ini.
 Grafik 2.1 kaitan antar jarak kid dengan torsi yang dihasilkan.



Materi Titik Berat

1) Grafik hubungan Koordinat partikel terhadap pusat massa pada sumbu X.
 Grafik 2.2: Koordinat partikel terhadap pusat massa pada sumbu X.
 Grafik 2.3: Koordinat partikel terhadap pusat massa pada sumbu Y.

Dari data percobaan akan dihasilkan tabel data dan grafik berikut ini :
 Tabel 2.3 Data Koordinat Pusat Massa Sistem Partikel
 Grafik 2.2 Koordinat partikel terhadap pusat massa pada sumbu X
 Grafik 2.3 Koordinat partikel terhadap pusat massa pada sumbu Y

Perubahan Tampilan Contoh Soal

Materi Torsi atau Momen Gaya


Temukanlah besar momen gaya atau torsi pada gambar dibawah ini!

Penyelesaian:

Diketahui:

- $F = 10\text{ N}$
- $R = 2\text{ m}$
- $\alpha = 30^\circ$ dan poros berada di titik O

Ditanya:




Materi Torsi atau Momen Gaya

Gambar dibawah ini adalah skema saat kita membuka pintu (tampak dari atas). Berapakah besar momen gaya atau torsi pada gambar berikut?

Penyelesaian:

Diketahui: (Tuliskan diketahui di kertasmu terlebih dahulu, jika sudah selesai klik next (ke kanan) untuk melihat hasilnya)

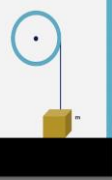


Materi Hukum II Newton untuk Rotasi

Sebuah tali dililitkan pada katrol yang berjari-jari 5 cm dan bermassa 0,5 kg. Salah satu pada ujung talinya diberikan sebuah beban dengan massa 2 kg. Berapakah besar percepatan sudut pada katrol?

Penyelesaian:

Diketahui: (Tuliskan diketahui di kertasmu terlebih dahulu, jika sudah selesai next (ke kanan) untuk melihat hasilnya)



Materi Hukum II Newton untuk Rotasi

Sebuah tali dililitkan pada katrol yang berjari-jari 5 cm dan bermassa 0,5 kg. Salah satu pada ujung talinya diberikan sebuah beban dengan massa 2 kg. Berapakah besar percepatan sudut pada katrol?

Penyelesaian:

Diketahui: (Tuliskan diketahui di kertasmu terlebih dahulu, jika sudah selesai next (ke kanan) untuk melihat hasilnya)



Materi Momen Inersia

Contoh Soal Momen Inersia (I)

Materi Momen Inersia

Bola bermassa 100 gram dihubungkan dengan seutas tali yang panjangnya 30 cm seperti pada gambar. Momen inersia bola terhadap sumbu AB adalah ...


Penyelesaiannya:

Diketahui:

- Sumbu rotasi adalah AB
- Massa bola (m) = 100 gram = 0,1 kilogram
- Jarak bola dari sumbu rotasi (r) = 30 cm = 0,3 meter

Ditanya:

Berapa Momen Inersia bola (I) ?




Materi Momentum Sudut

Seorang perenang bermassa 50 kg meloncat meninggalkan papan tumpu dalam konfigurasi lurus dengan kecepatan sudut 0,25 putaran per sekon terhadap pusat massanya. Kemudian, perenang tersebut

Penyelesaian:

Diketahui: (Tuliskan diketahui di kertasmu, jika sudah selesai klik next (ke kanan) untuk melihat hasilnya)



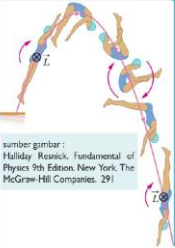
Materi Momentum Sudut

Seorang perenang bermassa 50 kg meloncat meninggalkan papan tumpu dalam konfigurasi lurus dengan kecepatan sudut 0,25 putaran per sekon terhadap pusat massanya. Kemudian, perenang tersebut mengulungkan tubuhnya dan gulungan tersebut berjari-jari 30 cm. Dengan menganggap perenang sebagai sebuah batang homogen dengan panjang 1,6 m sesaat setelah meloncat, dan mirip sebuah bola homogen saat bergulung, maka berapakah kecepatan sudut perenang saat bergulung ?

Penyelesaian:

Diketahui: (Tuliskan diketahui di kertasmu, jika sudah selesai klik next (ke kanan) untuk melihat hasilnya)

sumber gambar: Hallyday Resnick, Fundamental of Physics 9th Edition, New York: The McGraw-Hill Companies, 291



Materi Energi Kinetik Menggelinding

Gambar dibawah ini tampak sebuah mobil Thruat SSC jika kita asumsikan pada setiap roda mobil tersebut memiliki kesetimbangan cakram yang homogen dan bermassa $M = 10$ kg, dan mampu menggelinding dengan lancar. Keeska lalu mobil mencapai 1.233 km/jam, berapakah energi kinetik pada setiap roda ?

Diketahui :
 $v_{\text{ges}} = 1.233 \text{ km/jam} = 342,5 \text{ m/s}$
 $\omega = v_{\text{ges}}/R$
 momen inersiaanya adalah $I_{\text{ges}} = \frac{1}{2} MR^2$

Ditanya :
 Energi kinetik

Materi Energi Kinetik Menggelinding

Sebuah roda yang berotasi memiliki kecepatan linier adalah 5 m/s. Jika jari jari roda tersebut adalah R maka berapakah kecepatan linier jika roda itu menggelinding?

Penyelesaian :
Diketahui :
 $v_{\text{com}} = 5 \frac{m}{s}$
 $r = R$

Ditanya : berapakah kecepatan linier jika roda itu menggelinding (v)

Materi Kesetimbangan Benda Tegar

Suatu batang homogen AB memiliki massa 40 kg dan panjang 5 m. Ujung B terletak 3 m di hadapan tembok vertikal. Kemudian Batang AB bersandar di tembok vertikal dengan ketinggian 4 m. Jika tembok vertikal dan lantai kasar maka koefisien gesek statis adalah ...

Diketahui :
 $M_{\text{batang}} = 40 \text{ kg}$, $M_{\text{batang}} = 400 \text{ N}$, $L_{\text{batang}} = 5 \text{ m}$
 $N_1 = \text{gaya normal}$, $N_2 = \text{gaya normal}$
 $N_1 = 400 \text{ N}$, $N_2 = 15 \text{ m}$

Ditanya : berapakah gesek statis ?

Menentukan syarat kesetimbangan tersebut:
 $\sum \tau = 0$
 $\sum F_x = 0$
 $\sum F_y = 0$

Materi Kesetimbangan Benda Tegar

Suatu batang homogen AB memiliki massa 40 kg dan panjang 5 m. Ujung B terletak 3 m di hadapan tembok vertikal. Kemudian Batang AB tersebut bersandar di tembok vertikal dengan ketinggian 4 m. Jika tembok vertikal licin dan lantai kasar maka koefisien gesek statis lantai adalah ...

Diketahui : (Tuliskan diketahui di kertasmu terlebih dahulu, jika sudah selesai klik next (ke kanan) untuk melihat hasilnya)

Materi Titik Berat

CONTOH SOAL TITIK BERAT BENDA HOMOGEN

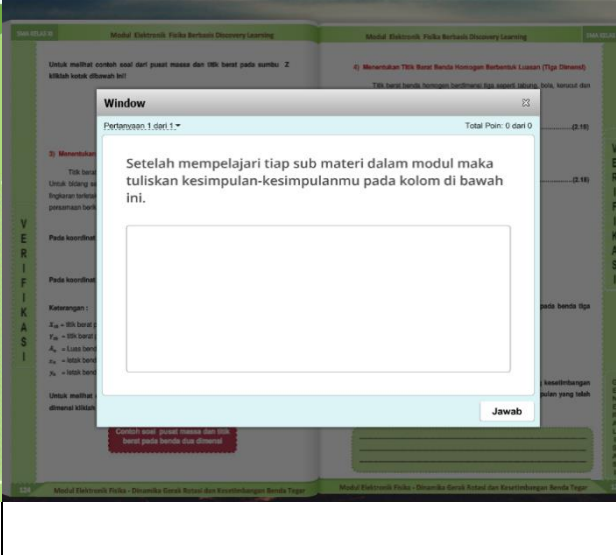
Kegiatan Belajar 3
 Kesetimbangan Benda Tegar

Materi Titik Berat

Sebuah karton berbentuk huruf L dengan ukuran seperti pada gambar di bawah. Tentukan koordinat titik berat pada karton tersebut.

Penyelesaian :
Diketahui : (Tuliskan diketahui di kertasmu, jika sudah selesai klik next (ke kanan) untuk melihat hasilnya)

Penambahan tempat untuk pengguna menuliskan kesimpulan pada semua sub materi

<p>Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI</p>	
<p>Penambahan Kata dalam Judul Sub Materi</p>	
<p>Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KE</p>	<p>Modul Elektronik Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KE</p>
<p>B. Hukum II Newton Gerak Rotasi</p>	<p>B. Hukum II Newton untuk Gerak Rotasi</p>

3. Deskripsi Hasil Uji Validasi Modul Elektronik oleh Ahli Pembelajaran

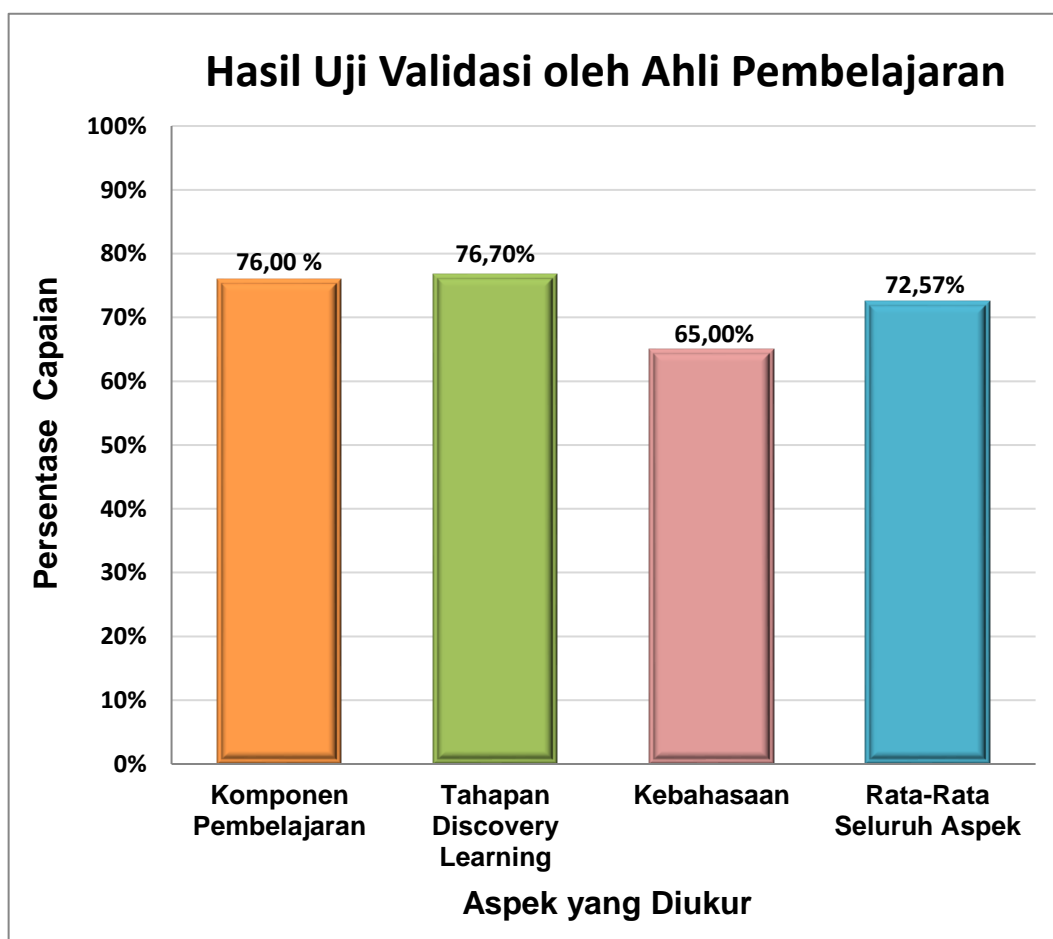
Uji validasi oleh ahli media pembelajaran bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari bahan ajar yang ditinjau dari segi tahapan pembelajaran. Uji validasi oleh ahli pembelajaran dilakukan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.

Penilaian diberikan melalui lembar uji validasi ahli materi fisika. Lembar uji validasi ini berisi 20 butir pertanyaan dari tiga aspek, yaitu (1) kesesuaian komponen pembelajaran yang terdiri dari 5 butir pernyataan, (2) kesesuaian tahapan *discovery learning* dalam uraian materi modul elektronik fisika yang terdiri dari 11 butir pernyataan, (3) kelayakan bahasa dalam pembelajaran yang terdiri dari 4 butir pernyataan. Berikut ini adalah data yang diperoleh dari hasil uji validasi oleh ahli pembelajaran:

Tabel 4.6 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik Fisika oleh Ahli Pembelajaran

No	Aspek yang Diukur	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Kesesuaian Komponen Pembelajaran	76,00%	Baik
2	Karakteristik Model <i>Discovery Learning</i>	76,70%	Baik
3	Kelayakan Bahasa dalam Pembelajaran	65,00%	Baik
Rata-Rata Seluruh Aspek		72,57%	Baik

Adapun diagram batang dari hasil uji validasi modul elektronik oleh ahli pembelajaran adalah sebagai berikut:



Gambar 4.20 Diagram Batang Hasil Uji Validasi oleh Ahli Pembelajaran

Berdasarkan diagram diatas diperoleh rata-rata persentase capaian keseluruhan aspek sebesar 72,57%. Berdasarkan interpretasi skala likert, hasil tersebut menunjukkan bahwa modul elektronik yang dikembangkan ditinjau dari aspek kesesuaian komponen pembelajaran, kesesuaian tahapan *discovery learning* dalam uraian materi modul elektronik fisika, dan kelayakan bahasa dalam pembelajaran dinilai baik untuk dijadikan bahan belajar mandiri.

Pada tahap uji validasi yang dilakukan oleh ahli pembelajaran terdapat beberapa saran untuk pengembangan modul elektronik fisika, antara lain perbaikan judul pada halaman sampul, perbaikan tata letak gambar, perbaikan daftar pustaka, dan penambahan contoh soal pada tiap sub materi.

Berdasarkan saran dari ahli media pembelajaran tersebut, dilakukan penyempurnaan modul elektronik fisika sebagai berikut:

Tabel 4.7 Revisi Modul Elektronik Setelah Uji validasi oleh Ahli Materi Fisika

Sebelum Penyempurnaan	Sesudah Penyempurnaan
Tampilan Cover	
	
Contoh soal yang diperbanyak	
	

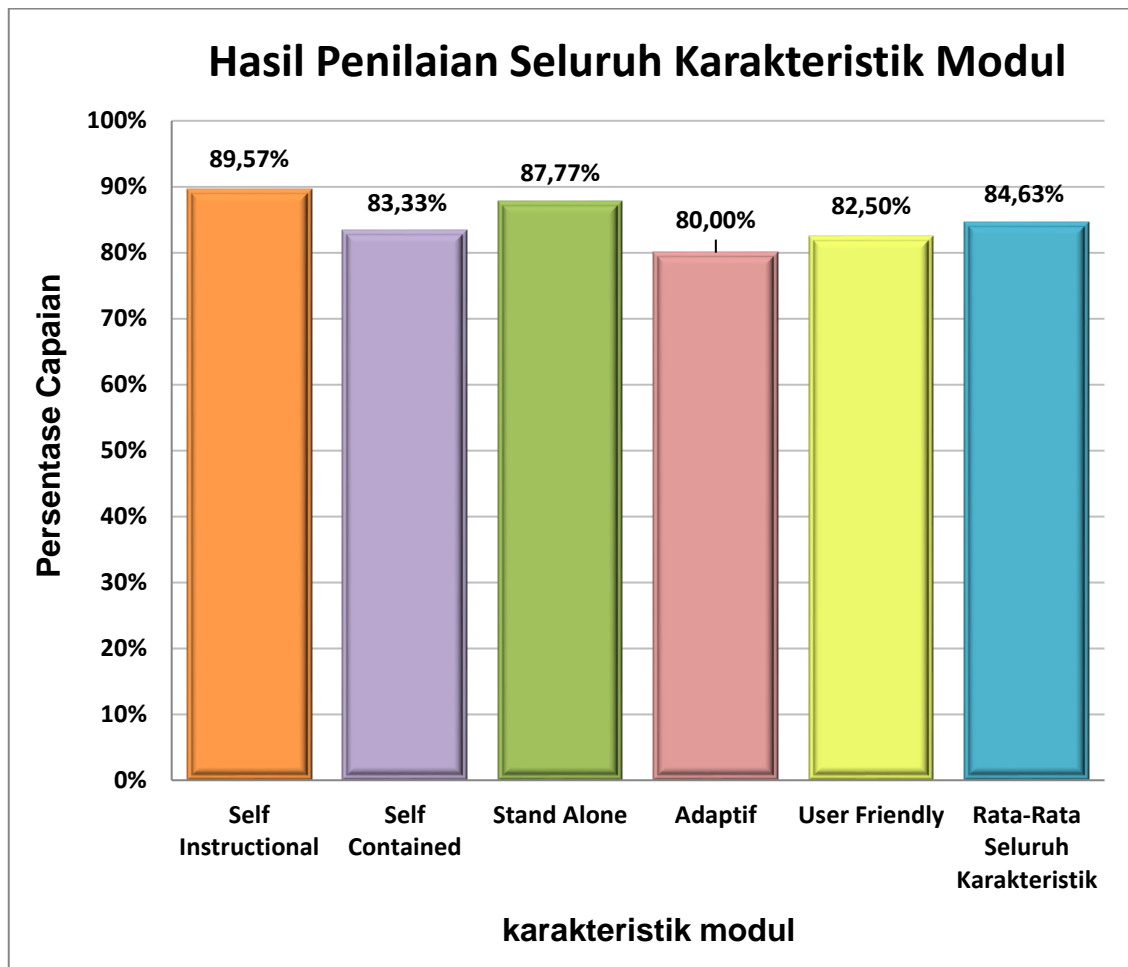
4. Deskripsi Penilaian Karakteristik Modul Elektronik Fisika oleh Para Ahli

Penilaian karakteristik modul diperlukan untuk menyatakan modul agar layak menjadi bahan belajar mandiri. Adapun kelima karakteristik modul adalah *self-instructional*, *self-contained*, *stand alone*, adaptif, dan *user friendly*. Dengan mengelompokkan beberapa pernyataan-pernyataan yang ada pada angket uji validasi ahli materi fisika, angket uji validasi ahli media pembelajaran, dan angket uji validasi ahli pembelajaran. Berikut ini adalah tabel hasil penilaian seluruh karakteristik modul:

Tabel 4.8 Hasil Penilaian Seluruh Karakteristik Modul

No	Validator	Persentase Capaian
1	<i>Self Instructional</i>	89,57%
2	<i>Self Contained</i>	83,33%
3	<i>Stand Alone</i>	87,77%
4	Adaptif	80,00%
5	<i>User Friendly</i>	82,50%
Rata-Rata Persentase Capaian		84,63%

Berikut ini diagram dari persentase pencapaian hasil penilaian seluruh karakteristik modul elektronik.



Gambar 4.21 Diagram Hasil Penilaian Seluruh Karakteristik Modul

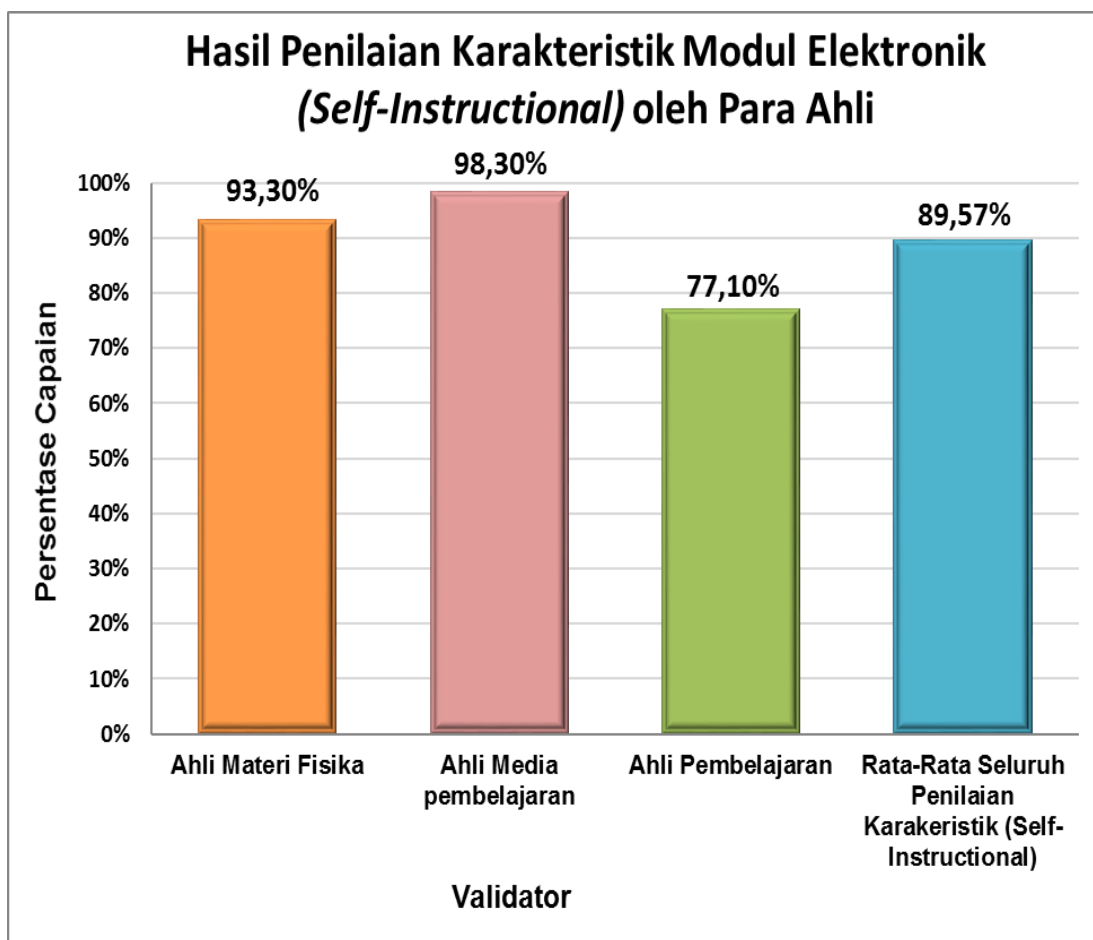
a. Karakteristik *Self-Instructional*

Berikut ini tabel hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika (*Self-Instructional*) oleh para ahli:

Tabel 4.9 Hasil Penilaian Karakteristik Modul (*Self-instructional*)

No	Validator	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Ahli Materi Fisika	93,30%	Sangat Baik
2	Ahli Media pembelajaran	98,30%	Sangat Baik
3	Ahli Pembelajaran	77,10%	Baik
Rata-Rata Persentase Capaian		89,57%	Sangat Baik

Berikut ini diagram dari persentase pencapaian hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika (*Self-Instructional*) oleh para ahli:



Gambar 4.22 Diagram Penilaian Karakteristik Modul (*Self-instructional*)

Berdasarkan diagram diatas terlihat bahwa karakteristik modul *Self-Instructional* mendapat perolehan persentase sebesar 93,30% oleh ahli materi fisika, 98,30% oleh ahli media pembelajaran dan 77,10% oleh ahli pembelajaran. Rata-rata seluruh penilaian karakteristik modul *Self-Instructional* mendapat perolehan persentase sebesar 89,57% yang menyatakan bahwa modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* dapat dengan sangat baik apabila digunakan peserta didik untuk membelajarkan dirinya sendiri, sehingga tidak bergantung dengan orang lain.

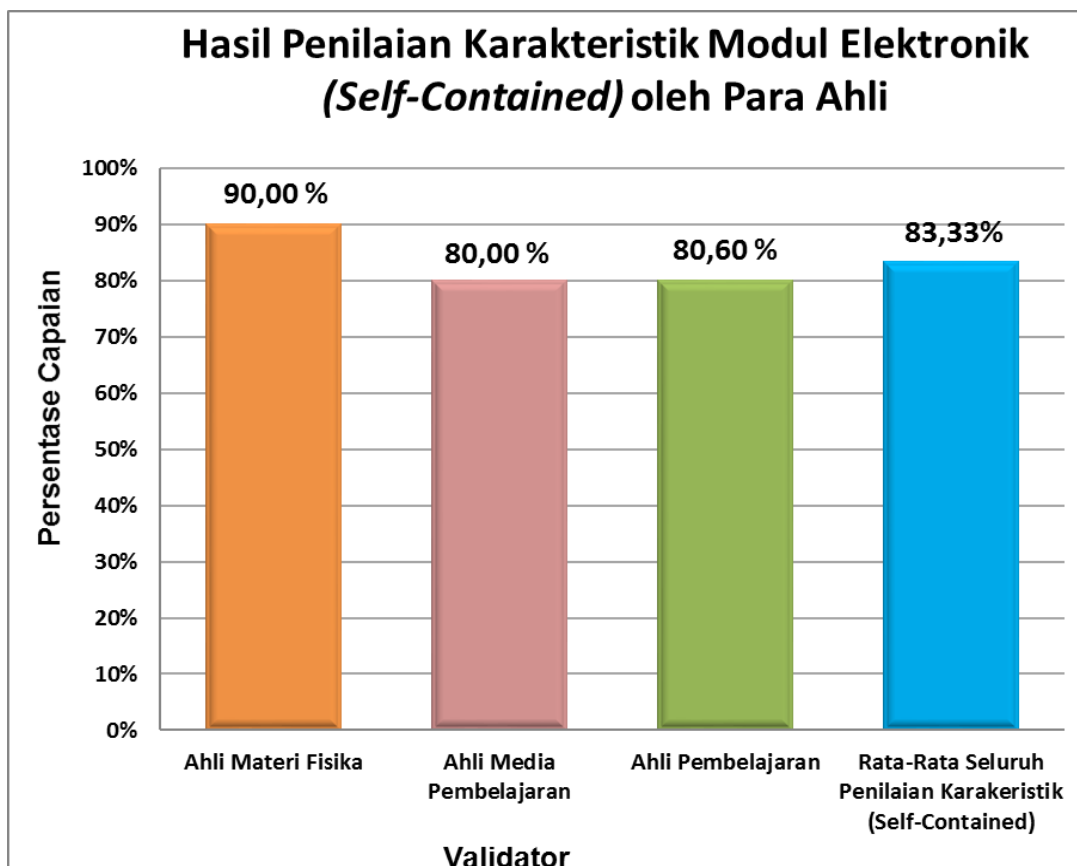
b. Karakteristik *Self Contained*

Berikut ini tabel hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika (*Self Contained*) oleh para ahli:

Tabel 4.10 Hasil Penilaian Karakteristik Modul (*Self Contained*)

No	Validator	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Ahli Materi Fisika	90,00%	Sangat Baik
2	Ahli Media pembelajaran	80,00%	Sangat Baik
3	Ahli Pembelajaran	80,00%	Sangat Baik
Rata-Rata Persentase Capaian		83,33%	Sangat Baik

Berikut ini diagram dari persentase pencapaian hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika (*Self Contained*) oleh para ahli:



Gambar 4.23 Diagram Penilaian Karakteristik Modul (*Self Contained*)

Berdasarkan diagram diatas terlihat bahwa karakteristik modul *Self-Instructional* mendapat perolehan persentase sebesar 90,00% oleh ahli materi fisika, 80,00% oleh ahli media pembelajaran dan 80,00% oleh ahli pembelajaran. Rata-rata seluruh penilaian karakteristik modul *Self-Instructional* mendapat perolehan persentase sebesar 83,33% yang menyatakan bahwa modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* utuh dari segi materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar, susunan komponen modul elektronik fisika serta langkah-langkah pembelajaran *discovery*.

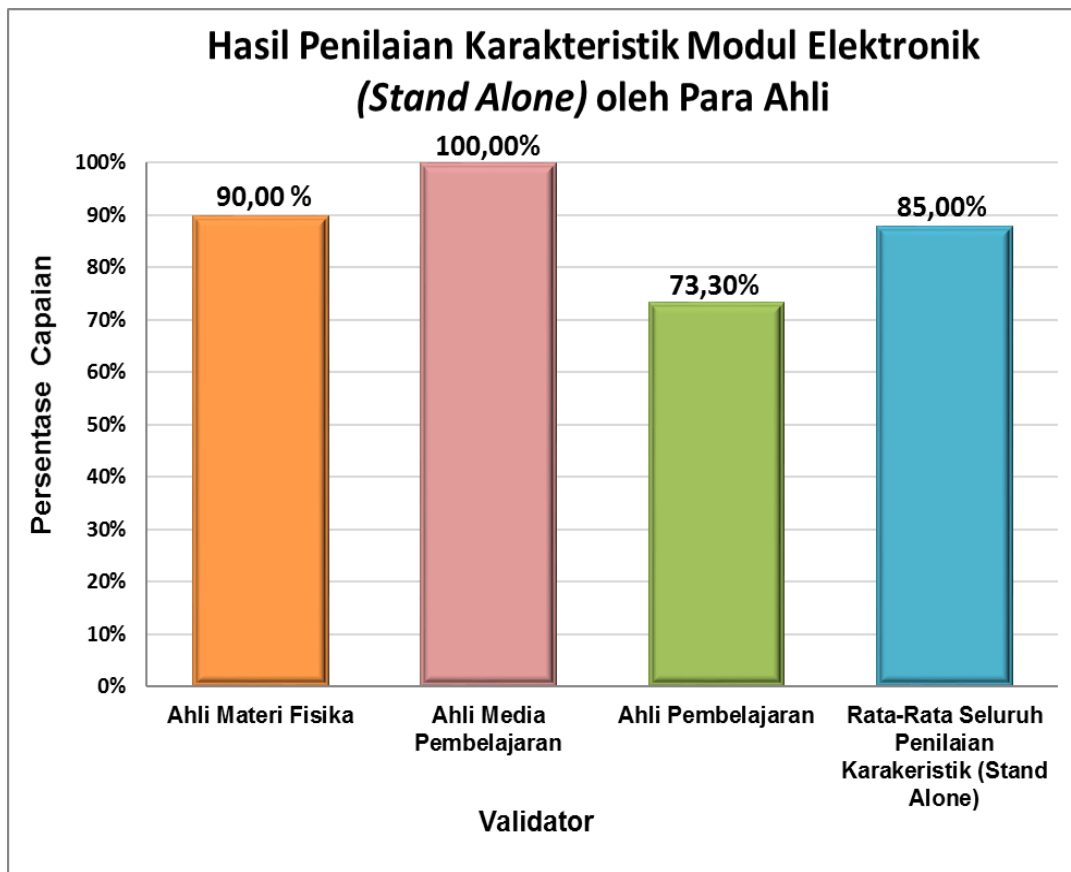
c. Karakteristik *Stand Alone*

Berikut ini tabel hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika (*Stand Alone*) oleh para ahli:

Tabel 4.11 Hasil Penilaian Karakteristik Modul (*Stand Alone*)

No	Validator	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Ahli Materi Fisika	90,00%	Sangat Baik
2	Ahli Media pembelajaran	100,00%	Sangat Baik
3	Ahli Pembelajaran	73,30%	Baik
Rata-Rata Persentase Capaian		87,77%	Sangat Baik

Berikut ini diagram dari persentase pencapaian hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika (*Stand Alone*) oleh para ahli:



Gambar 4.24 Diagram Penilaian Karakteristik Modul (*Stand Alone*)

Berdasarkan diagram diatas terlihat bahwa karakteristik modul *Stand Alone* mendapat perolehan persentase sebesar 90,00% oleh ahli materi fisika, 100,00% oleh ahli media pembelajaran dan 73,30% oleh ahli pembelajaran. Rata-rata seluruh penilaian karakteristik modul *Stand Alone* mendapat perolehan persentase sebesar 87,77% yang menyatakan bahwa modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* tidak bergantung dengan bahan belajar lain dari segi materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar, media pembelajaran, serta langkah pembelajaran *discovery*.

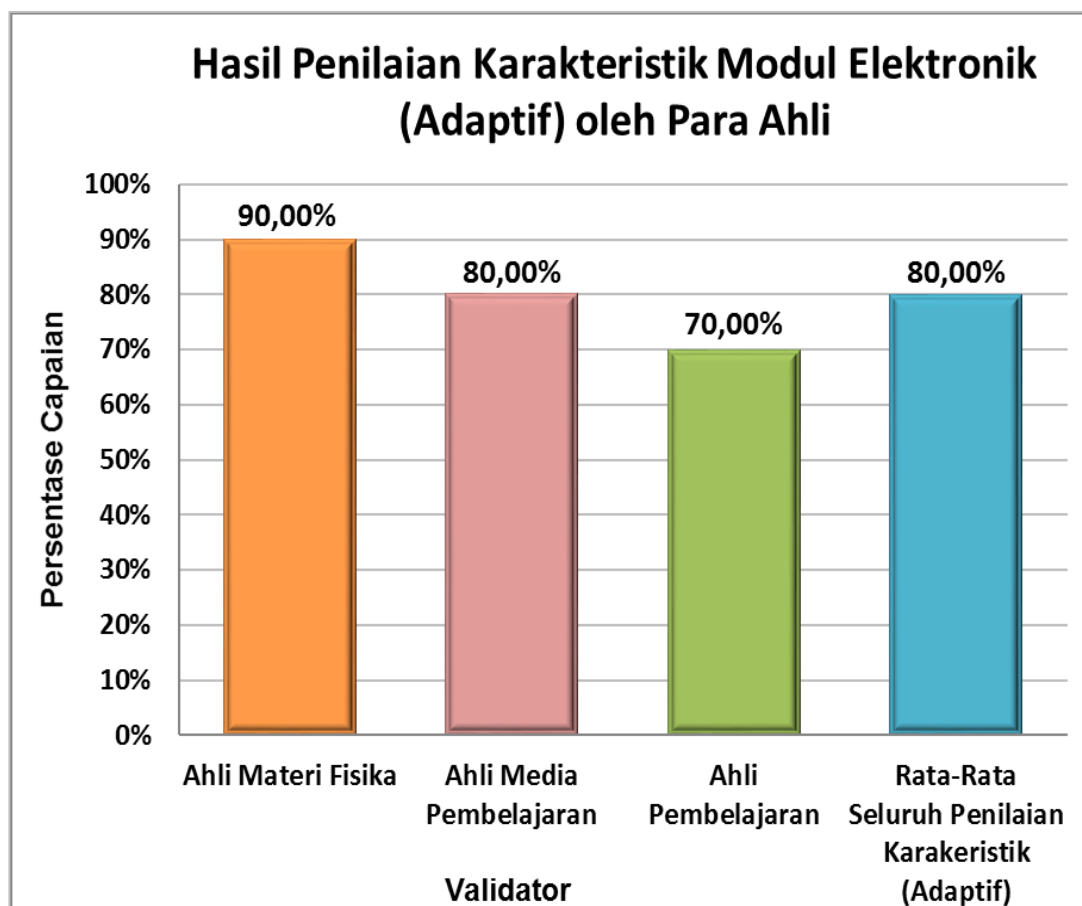
d. Karakteristik Adaptif

Berikut ini tabel hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika adaptif oleh para ahli:

Tabel 4.12 Hasil Penilaian Karakteristik Modul Adaptif

No	Validator	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Ahli Materi Fisika	90,00%	Sangat Baik
2	Ahli Media pembelajaran	80,00%	Sangat Baik
3	Ahli Pembelajaran	70,00%	Baik
Rata-Rata Persentase Capaian		80,00%	Sangat Baik

Berikut ini diagram dari persentase pencapaian hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika adaptif oleh para ahli:

**Gambar 4.25** Diagram Hasil Penilaian Karakteristik Modul Adaptif

Berdasarkan diagram diatas terlihat bahwa karakteristik modul adaptif mendapat perolehan persentase sebesar 90,00% oleh ahli materi fisika, 80,00% oleh ahli media pembelajaran dan 70,00% oleh

ahli pembelajaran. Rata-rata seluruh penilaian karakteristik modul adaptif mendapat perolehan persentase sebesar 80,00% yang menyatakan bahwa dari segi materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar, media pembelajaran serta langkah pembelajaran *discovery* modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* sudah sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi.

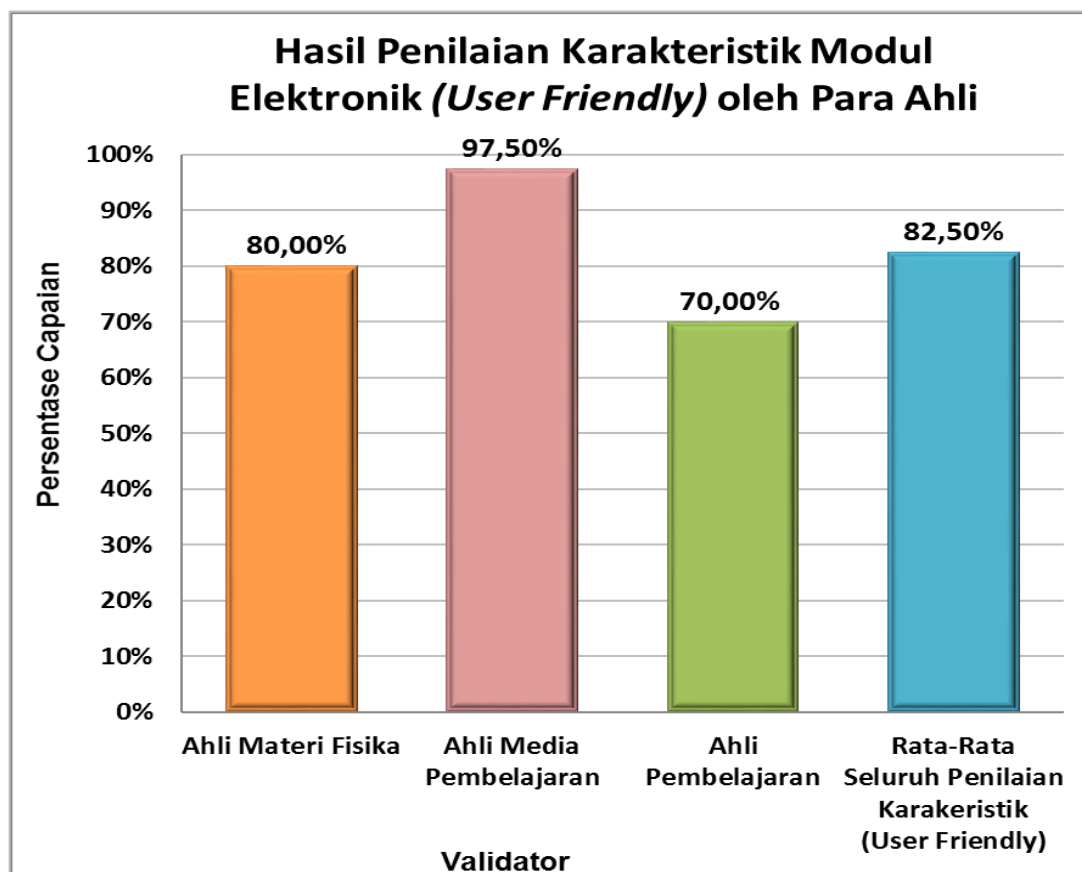
e. Karakteristik *User Friendly*

Berikut ini tabel hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika adaptif oleh para ahli:

Tabel 4.13 Hasil Penilaian Karakteristik Modul *User Friendly*

No	Validator	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Ahli Materi Fisika	80,00%	Sangat Baik
2	Ahli Media pembelajaran	97,50%	Sangat Baik
3	Ahli Pembelajaran	70,00%	Baik
Rata-Rata Persentase Capaian		82,50%	Sangat Baik

Berikut ini diagram dari persentase pencapaian hasil penilaian karakteristik modul elektronik fisika *user friendly* oleh para ahli:



Gambar 4.26 Diagram Hasil Penilaian Karakteristik Modul *User Friendly*

Berdasarkan diagram diatas terlihat bahwa karakteristik modul *user friendly* mendapat perolehan persentase sebesar 80,00% oleh ahli materi fisika, 97,50% oleh ahli media pembelajaran dan 70,00% oleh ahli pembelajaran. Rata-rata seluruh penilaian karakteristik modul *user friendly* mendapat perolehan persentase sebesar 82,50% yang menyatakan bahwa modul elektronik fisika berbasis *discovery learning* sudah memudahkan peserta didik dalam memahami materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar, memudahkan peserta didik untuk menggunakan aplikasi modul elektronik fisika dan memudahkan peserta didik untuk melakukan kegiatan pembelajaran *discovery*.

5. Deskripsi Hasil Uji Validasi Modul Elektronik oleh Guru Fisika SMA

Uji validasi oleh guru fisika SMA bertujuan untuk kualitas modul elektronik fisika yang telah dikembangkan untuk dapat digunakan oleh

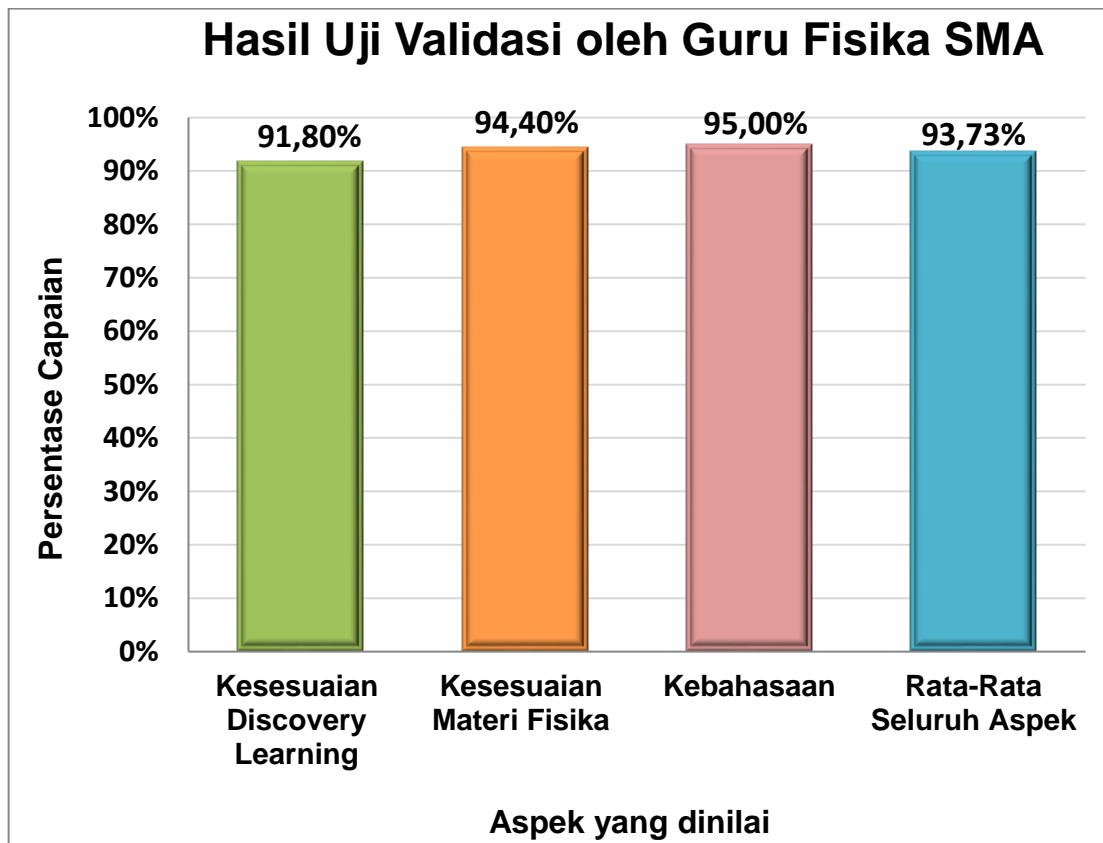
peserta didik sebagai bahan belajar mandiri dimana saja dan kapan saja. Uji validasi oleh guru fisika SMA dilakukan di SMA Negeri 103 Jakarta. Guru fisika SMA yang dilibatkan untuk melakukan uji validasi modul elektronik fisika berjumlah dua orang yaitu, satu orang guru dari SMAN 103 Jakarta dan satu orang guru dari SMAN 22 Jakarta .

Penilaian diberikan melalui lembar uji validasi guru fisika SMA. Lembar uji validasi ini berisi 22 butir pertanyaan dari tiga aspek, yaitu (1) kesesuaian materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar yang terdiri dari 11 butir pernyataan, (2) kesesuaian pembelajaran *discovery* dalam modul elektronik fisika yang terdiri dari 9 butir pernyataan, (3) kelayakan bahasa dalam modul elektronik fisika yang terdiri dari 2 butir pernyataan. Berikut ini adalah data yang diperoleh dari hasil uji validasi oleh guru fisika SMA:

Tabel 4.14 Hasil Uji Validasi Modul Elektronik oleh Guru Fisika SMA

No	Aspek yang Diukur	Persentase Capaian	Interpretasi
1	kesesuaian materi	91,80%	Sangat Baik
2	Kesesuaian pembelajaran <i>discovery</i>	94,40%	Sangat Baik
3	Kelayakan Bahasa	95,00%	Sangat Baik
Rata-Rata Seluruh Aspek		93,73%	Sangat Baik

Adapun diagram batang dari hasil uji validasi modul elektronik oleh guru fisika SMA adalah sebagai berikut:



Gambar 4.27 Diagram Hasil Uji Validasi oleh Guru Fisika SMA

Berdasarkan diagram diatas bahwa untuk aspek kesesuaian materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar, kesesuaian pembelajaran *discovery*, kelayakan bahasa dalam modul elektronik fisika diperoleh rata-rata persentase capaian keseluruhan aspek sebesar 100,00%. Berdasarkan interpertasi skala likert, hasil tersebut menunjukkan bahwa modul elektronik yang dikembangkan dinilai sangat baik untuk dijadikan bahan belajar mandiri. Guru SMA Negeri 103 Jakarta dan SMA Negeri 22 Jakarta merespon sangat baik dalam pengembangan bahan belajar mandiri berupa modul elektronik fisika pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

Pada tahap uji validasi yang dilakukan oleh guru fisika SMA terdapat beberapa saran untuk pengembangan modul elektronik fisika, antara lain penambahan video dan penambahan narasi pada video yang ditampilkan dalam modul elektronik.

Berdasarkan saran dari para guru fisika SMA tersebut, dilakukan penyempurnaan modul elektronik fisika sebagai berikut:

Tabel 4.15 Revisi Modul Elektronik Setelah Uji validasi oleh guru Fisika SMA

Sebelum Penyempurnaan	Sesudah Penyempurnaan
Video yang sudah diberikan narasi	
	

6. Deskripsi Hasil Uji Lapangan Modul Elektronik oleh Peserta Didik Kelas XI SMA

Modul elektronik fisika berbasis model *discovery learning* yang telah melalui uji validasi oleh ahli materi fisika, ahli media pembelajaran, ahli pembelajaran dan guru fisika SMA. Kemudian direvisi sesuai dengan saran dari para validator. Setelah revisi selesai, tahap selanjutnya adalah uji coba modul elektronik fisika kepada peserta didik SMA Negeri 22 Jakarta.

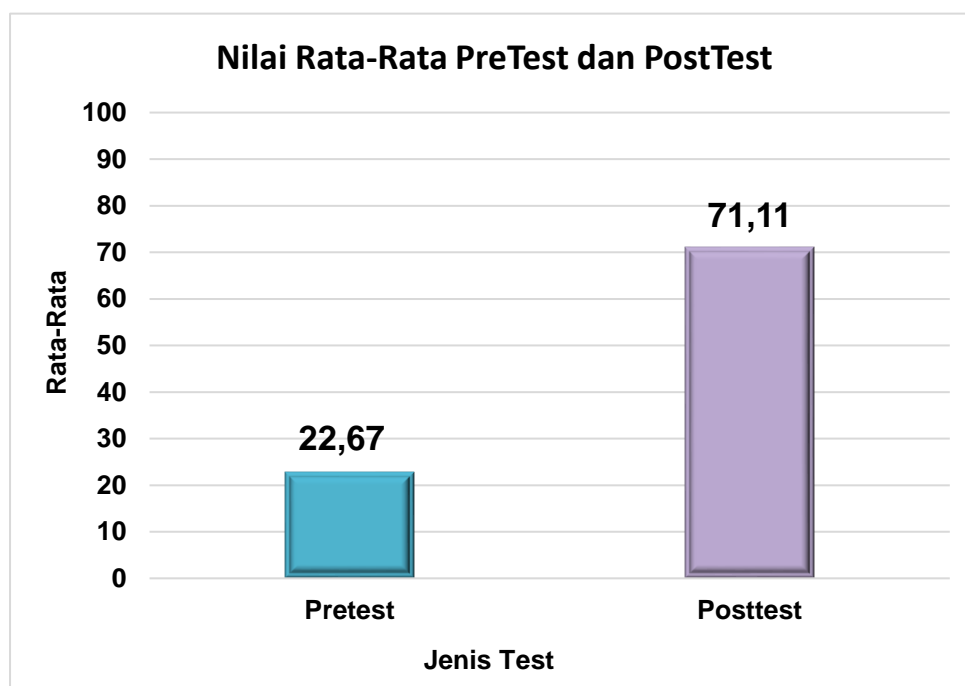
Uji coba penggunaan produk dilakukan oleh 18 orang peserta didik kelas XI SMA Negeri 22 Jakarta. Proses uji coba penggunaan produk dilakukan setelah melakukan uji keterbacaan dan *pretest* yang telah dilakukan pada hari sebelumnya. Proses uji coba penggunaan produk ini dilakukan di laboratorim komputer SMA Negeri 22 Jakarta dengan alokasi waktu selama 90 menit. Pada 60 menit pertama diisi dengan kegiatan mempelajari atau mengoperasikan modul elektronik fisika dan 30 menit terakhir diisi dengan mengerjakan *posttest*. Karena keterbatasan waktu maka para peserta didik dibagi menjadi tiga

kelompok sesuai dengan sub materi dalam Kegiatan Belajar modul elektronik fisika. Tiap kelompok beranggotakan enam orang dan mempelajari 2-3 sub materi dalam Kegiatan Belajar modul elektronik fisika. Setelah membaca modul elektronik fisika para peserta didik diberikan *posttest* sebanyak 10 soal yang sesuai dengan sub materi yang telah mereka pelajari. Hasil *pretest* dan *posttest* nilai gain dipaparkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.16 Nilai Gain

No	Bentuk Test	Nilai Rata-Rata	Nilai Gain
1	<i>Pretest</i>	22,67	0,63
2	<i>Posttest</i>	71,11	

Adapun diagram batang dari nilai *pretest* dan *posttest* sebagai berikut:



Gambar 4.28 Diagram Batang *pretest* dan *posttest*

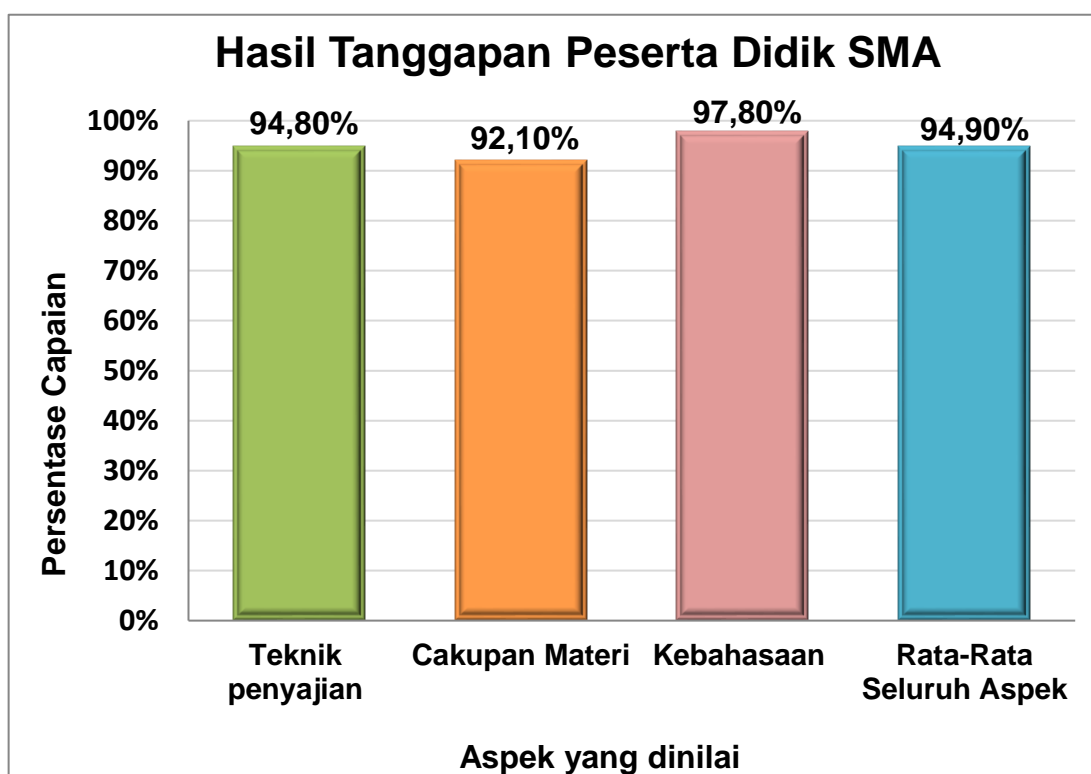
Setelah modul diujicobakan, peserta didik memberi tanggapan terhadap modul elektronik fisika. Tanggapan diberikan melalui lembar angket uji coba lapangan modul elektronik fisika oleh peserta didik

SMA. Lembar angket uji coba peserta didik SMA ini terdiri dari 25 butir pernyataan dari tiga aspek, yaitu teknik penyajian E-Module, cakupan materi, dan kebahasaan. Berikut ini adalah data yang diperoleh dari hasil uji coba lapangan oleh peserta didik SMA.

Tabel 4.17 Hasil Tanggapan Peserta Didik SMA kelas XI

No	Aspek yang Diukur	Persentase Capaian	Interpretasi
1	Teknik Penyajian	94,80%	Sangat Baik
2	Cakupan Materi	92,10%	Sangat Baik
3	Kelayakan Bahasa	97,80%	Sangat Baik
Rata-Rata Seluruh Aspek		94,90%	Sangat Baik

Adapun diagram dari hasil tanggapan peserta didik sebagai berikut:



Gambar 4.29 Diagram Hasil Tanggapan Peserta Didik SMA kelas XI

Berdasarkan diagram diatas terlihat bahwa untuk aspek teknik penyajian E-Module, cakupan materi, dan kebahasaan dalam modul

elektronik fisika diperoleh rata-rata persentase capaian keseluruhan aspek sebesar 94,90%. Berdasarkan interpretasi skala likert, hasil tersebut menunjukkan bahwa modul elektronik fisika yang dikembangkan dinilai sangat baik oleh peserta didik untuk dijadikan bahan belajar mandiri.

C. Pembahasan Hasil Penelitian Pengembangan

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan modul elektronik (*e-module*) yang dapat digunakan sebagai bahan untuk belajar fisika secara mandiri dengan sasaran yang dituju yaitu untuk peserta didik SMA kelas XI. Produk yang dihasilkan berupa modul elektronik (*e-module*) menggunakan model *discovery learning* pada pokok bahasan dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

Modul terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian Pembuka, bagian Inti dan bagian Penutup. Pada bagian pembuka membuat lima komponen, yaitu: (1) judul modul, (2) daftar isi, (3) peta informasi/konsep, (4) daftar tujuan pembelajaran, (5) tes awal atau pre test. Peta informasi/konsep memperlihatkan kaitan antar topik-topik dalam modul elektronik fisika. Tujuan pembelajaran menyesuaikan dengan kompetensi dasar yang digunakan dan disusun menggunakan aturan ABCD (*Audience, Behaviour, Condition, Degree*). Tes awal atau pre-test bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik sebelum mempelajari modul elektronik fisika yang dikembangkan.

Pada bagian inti membuat dua komponen yaitu (6) Pendahuluan/Tinjauan Umum Materi dan (7) uraian materi atau Kegiatan Belajar. Pendahuluan umum yang disajikan dalam modul elektronik fisika sebelum kegiatan belajar adalah tentang gambaran umum dari aplikasi dalam kehidupan sehari-hari mengenai isi materi kegiatan belajar dan keterkaitan materi yang telah dipelajari dengan materi yang akan dipelajari. Setiap Kegiatan Belajar dalam modul elektronik fisika disusun secara sistematis dengan sistematika (a) peta konsep kegiatan belajar, (b) tujuan

pembelajaran tiap kegiatan belajar, (c) uraian materi kegiatan belajar, (d) rangkuman tiap kegiatan belajar, (e) tes formatif atau pre test kegiatan belajar, (f) umpan balik atau tindak lanjut. Uraian materi tiap kegiatan belajar dalam modul elektronik fisika yang dikembangkan berisi tentang uraian materi fisika khususnya dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar yang disajikan dengan mengikuti tahapan pembelajaran *discovery* dan disajikan berupa multi representasi sains yang diantaranya berupa tabel data, grafik dan persamaan matematis. Pada uraian materi dalam modul elektronik fisika ini didukung dengan ilustrasi gambar dan konten-konten media berupa video, animasi dan simulasi. Selain itu dalam uraian materi disajikan tabel dan grafik yang masih kosong untuk memberikan kesempatan pada peserta didik agar mengisi data sesuai dengan percobaan yang dilakukan melalui simulasi yang disajikan dalam modul elektronik fisika. Rangkuman berisi poin-poin penting dari tiap sub materi yang disajikan dalam uraian materi tiap kegiatan belajar. Tes formatif atau pre test tiap kegiatan belajar adalah untuk mengetahui kemampuan peserta didik dalam mengisi soal yang disediakan setelah para peserta didik membaca modul elektronik fisika yang dikembangkan. Umpan balik berisi tentang kategori yang sesuai dengan skor pre test yang didapat peserta didik. Serta tindak lanjut berisi tentang apa yang harus dilakukan peserta didik setelah melakukan pre test tiap kegiatan belajar sesuai dengan skor yang sudah didapat peserta didik.

Pada bagian penutup membuat tiga komponen yaitu (8) Glosarium atau daftar istilah, (9) tes akhir atau evaluasi sumatif, (10) Daftar Pustaka. Glosarium berisi definisi-definisi konsep yang dibahas dalam modul elektronik fisika yang dikembangkan. Definisi-definisi tersebut dibuat ringkas dengan tujuan untuk mengingat kembali konsep yang telah dipelajari. Tes akhir atau evaluasi sumatif merupakan latihan yang dikerjakan peserta didik setelah mempelajari semua KB dalam modul. Selain itu juga dituliskan kunci jawaban dan pembahasannya pada tiap tes agar peserta didik dapat mengukur kemampuannya diri sendiri. Kemudian

pada akhir modul dilampirkan daftar pustaka sebagai referensi penulis dalam mengembangkan modul elektronik fisika.

Modul elektronik fisika yang telah selesai dikembangkan memasuki tahapan evaluasi formatif oleh para ahli untuk uji kelayakan dan diujicobakan kepada peserta didik. Uji kelayakan dilakukan oleh ahli materi fisika, ahli media pembelajaran dan ahli pembelajaran dengan masing-masing aspek yang berbeda pada instrumen penilaiannya.

Instrumen penilaian untuk ahli materi fisika terdiri dari tiga aspek, yaitu kajian materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar, kesesuaian konten media, dan kesesuaian tampilan multi representasi sains dalam modul elektronik dengan materi fisika. Kriteria butir untuk validasi oleh ahli materi fisika memperoleh hasil persentase pada rentang 88,60% - 92,00% dengan interpretasi "sangat baik". Rentang penilaian tersebut diperoleh setelah melalui beberapa perbaikan sesuai dengan saran yang diberikan oleh ahli materi fisika. Secara materi aspek kajian materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar dan aspek kesesuaian konten media dalam modul elektronik fisika memperoleh penilaian terbaik oleh ahli materi senilai 92,00%, seperti kajian materi yang secara keseluruhan sudah sesuai dengan konsep fisika, rangkuman yang sudah menjelaskan garis besar isi materi, video yang disajikan pada tahap stimulasi sudah sesuai dengan materi yang dibahas dalam modul elektronik fisika, serta animasi yang disajikan sudah membantu memvisualkan kajian materi dalam modul elektronik fisika yang masih abstrak. Dapat diperoleh rata-rata hasil akhir persentase oleh ahli materi adalah 90,87% dengan interpretasi "sangat baik".

Instrumen penilaian untuk ahli media pembelajaran terdiri dari tiga aspek, yaitu aspek kesesuaian komponen modul elektronik fisika, kesesuaian tampilan multi representasi sains, kesesuaian elemen mutu modul elektronik fisika. Kriteria butir untuk validasi oleh ahli media pembelajaran memperoleh hasil persentase pada rentang 92,30% - 98,70% dengan interpretasi "sangat baik". Rentang penilaian tersebut diperoleh

setelah melalui lima kali perbaikan sesuai dengan saran yang diberikan oleh ahli media pembelajaran. Secara media pembelajaran aspek elemen mutu modul elektronik fisika memperoleh penilaian terbaik oleh ahli materi senilai 98,70%, seperti desain peta konsep yang sudah memperlihatkan kaitan antar topik, kombinasi warna pada tiap peta konsep, tabel data, grafik, persamaan matematis dan teks dalam modul elektronik fisika yang sudah menarik, format konten *e-module* yang sudah disusun secara sistematis, penempatan nomor halaman yang sudah disajikan dengan tepat dan konsisten, tata letak pada pengetikan pada semua konten modul elektronik fisika yang dikembangkan sudah disajikan secara konsisten, serta desain dan tata letak pada semua konten modul elektronik fisika secara keseluruhan sudah menarik. Dapat diperoleh rata-rata hasil akhir persentase oleh ahli media pembelajaran adalah 96,10% dengan interpretasi “sangat baik”.

Instrumen penilaian untuk ahli pembelajaran terdiri dari tiga aspek, yaitu aspek kesesuaian komponen pembelajaran, kesesuaian tahapan *discovery learning*, dan kelayakan bahasa dalam modul elektronik fisika. Kriteria butir untuk validasi oleh ahli pembelajaran memperoleh hasil persentase pada rentang 65,00% - 76,70% dengan interpretasi “baik”. Dari segi pembelajaran aspek kesesuaian tahapan *discovery learning* memperoleh penilaian terbaik oleh ahli pembelajaran senilai 76,70%, seperti hipotesis sudah sesuai dengan pertanyaan-pertanyaan yang diidentifikasi, simulasi sudah menampilkan data yang dibutuhkan untuk membuktikan hipotesis, grafik yang didapat dari tabel data sudah membantu untuk penyusunan konsep yang terkait, penyajian materi pada tahap verifikasi sudah tepat untuk membuktikan hipotesis dan kesimpulan dalam tahap *generalisasi* sudah menyajikan prinsip umum dari tiap sub topik pembelajaran. Dapat diperoleh rata-rata hasil akhir persentase oleh ahli pembelajaran adalah 72,57% dengan interpretasi “baik”.

Setelah melakukan penilaian oleh para ahli, selanjutnya melakukan penilaian produk oleh guru fisika SMA. Guru fisika SMA yang menilai adalah satu orang guru fisika SMA Negeri 103 Jakarta dan satu orang guru

fisika SMA 22 Jakarta. Instrumen penilaian untuk guru fisika SMA terdiri dari tiga aspek, yaitu kesesuaian materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar, kesesuaian pembelajaran *discovery*, kelayakan bahasa dalam modul elektronik fisika. Kriteria butir untuk validasi oleh guru fisika SMA memperoleh hasil persentase pada rentang 91,80% - 95,00% dengan interpersi “sangat baik”. Menurut penilaian dari guru fisika SMA aspek kebahasaan memperoleh penilaian terbaik yaitu senilai 95,00%. Selain itu aspek kesesuaian pembelajaran *discovery* memperoleh nilai dengan interpersi “sangat baik” oleh kedua guru fisika SMA senilai 94,4%, seperti tujuan pembelajaran sudah sesuai kompetensi dasar, peta konsep sudah sesuai kompetensi dasar, penulisan hipotesis sudah sesuai dengan pertanyaan-pertanyaan yang diidentifikasi dan kajian materi yang sudah sesuai tujuan pembelajaran.

Setelah uji validasi dan revisi produk selesai, tahapan selanjutnya adalah uji coba produk modul elektronik fisika kepada peserta didik SMA kelas XI. Tahapan uji coba yang dilakukan terdiri dua tahapan yaitu uji coba keterbacaan dan uji coba penggunaan. Semua kegiatan dalam tahap uji coba ini dilakukan di luar jam pelajaran fisika kelas XI sehingga tidak mengganggu keberlangsungan proses kegiatan belajar mengajar di sekolah.

Pada hari pertama dilakukan uji coba keterbacaan modul elektronik fisika. Uji coba keterbacaan ini dilakukan di ruang laboratorium komputer SMA Negeri 22 Jakarta dengan sampel sebanyak 5 orang peserta didik dari kelas XI MIA 4. Peserta didik diberikan waktu selama 20 menit untuk membaca modul elektronik fisika secara keseluruhan. Setelah itu, mulai dilakukan tanya jawab secara langsung terkait dengan modul elektronik fisika yang telah mereka baca, seperti misalnya konten media dan bahasa atau kalimat yang kurang mereka pahami sehingga dapat dilakukan perbaikan sebelum modul elektronik fisika uji coba penggunaan. Secara umum didapat bahwa peserta didik sudah paham dengan isi modul elektronik fisika. Berdasarkan uji coba keterbacaan modul elektronik fisika sudah boleh memasuki tahapan uji coba penggunaan produk. Kemudian

setelah melakukan uji keterbacaan dilakukan *pretest* selama 30 menit terhadap ke 18 siswa dari kelas XI MIA 4 SMA Negeri 22 Jakarta. Setelah mengerjakan *pretest* ke 18 peserta didik diberikan *copy softfile* modul elektronik fisika agar mereka dapat mengeksplorasi sendiri terlebih dahulu.

Kemudian hari berikutnya melakukan uji coba penggunaan produk modul elektronik fisika yang dilakukan kembali di laboratorium komputer SMA Negeri 22 Jakarta. Peserta didik yang dilibatkan dalam uji coba penggunaan produk ini adalah peserta didik yang telah mengikuti *pretest* di hari sebelumnya dan 3 orang peserta didik diantaranya telah mengikuti uji coba keterbacaan yang telah dilakukan sebelumnya. Waktu yang digunakan dalam uji coba produk penelitian ini adalah 90 menit. Karena keterbatasan waktu maka peserta didik dibagi menjadi tiga kelompok yaitu pada kelompok 1 mempelajari sub materi tentang momen gaya, hukum II Newton untuk gerak rotasi, dan momen inersia, pada kelompok 2 mempelajari sub materi tentang momentum sudut dan energi kinetik gerak menggelinding dan pada kelompok 3 mempelajari sub materi tentang kesetimbangan benda tegar dan titik berat. Masing-masing kelompok berjumlah 6 orang peserta didik dengan tiap masing-masing peserta didik dapat mengoperasikan satu unit komputer. Pada waktu 60 menit pertama masing-masing peserta didik melakukan kegiatan mengeksplorasi modul elektronik fisika. Para peserta didik terlihat sangat antusias dalam mengeksplorasi isi modul elektronik fisika, seperti membaca isi modul elektronik fisika, memperhatikan konten media yang tersedia seperti video dan animasi, serta mengikuti latihan-latihan dalam modul elektronik fisika seperti latihan mengambil data melalui simulasi yang disajikan dan latihan mengerjakan contoh soal.

Setelah para peserta didik selesai mengeksplorasi modul elektronik fisika, waktu 30 menit terakhir dalam jam pelajaran dimanfaatkan oleh para peserta didik untuk mengerjakan *posttest* sebanyak 10 soal, soal *pretest* dan *posttest* terdiri dari tiga jenis sesuai dengan kelompok peserta didik. Pada kelompok 1 masing-masing siswa yang terdiri dari 6 orang mengerjakan soal tentang momen gaya, hukum II Newton untuk gerak

rotasi, dan momen inersia, dimana materi tersebut disajikan dalam kegiatan belajar 1 pada modul elektronik. Pada kelompok 2 masing-masing siswa yang terdiri dari 6 orang mengerjakan soal tentang momentum sudut dan energi kinetik gerak menggelinding, dimana materi tersebut disajikan dalam kegiatan belajar 1 modul elektronik. Pada kelompok 3 masing-masing siswa yang terdiri dari 6 orang mengerjakan soal tentang kesetimbangan benda tegar dan titik berat, dimana materi tersebut disajikan dalam kegiatan belajar 2 modul elektronik.

Hasil *pretest* dari 18 orang peserta didik didapat salah satu nilai yang merupakan nilai terendah *pretest* yaitu 8 dan salah satu nilai yang merupakan nilai tertinggi *pretest* 40 yaitu. Dari hasil 18 peserta didik yang melakukan *pretest* tersebut hanya memperoleh rata-rata nilai sebesar 21,33. Setelah mereka mengeksplorasi modul elektronik fisika baik mengeksplorasi dirumah maupun di laboratorium komputer SMA Negeri 22 Jakarta, kemudian 18 orang peserta didik melakukan *posttest*. Hasil *posttest* dari 18 orang peserta didik didapat salah satu nilai yang merupakan nilai terendah *posttest* yaitu 46 dan salah satu nilai yang merupakan nilai tertinggi *posttest* yaitu 98. Dari hasil 18 peserta didik yang melakukan *posttest* tersebut memperoleh rata-rata nilai sebesar 71,11.

Untuk mengetahui terjadinya peningkatan atau tidaknya terhadap pengetahuan peserta didik sebelum dan sesudah mengeksplorasi modul elektronik fisika, maka dilakukan Uji Gain. Berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* tersebut, dapat diperoleh masing-masing nilai Gain pada setiap peserta didik. Salah satu nilai Gain yang terendah yaitu 0,2500 dan salah satu nilai Gain yang tertinggi yaitu 0,9667. Meskipun banyak antar peserta didik memiliki selisih nilai *pretest* dan *posttest* yang sama namun tiap para peserta didik memiliki nilai Gain yang berbeda-beda. Nilai Gain tertinggi yang diperoleh peserta didik adalah peserta didik yang memperoleh nilai tertinggi saat *pretest*. Karena ketika peserta didik yang sudah memiliki pengetahuan awal yang tinggi, maka akan lebih mudah pada peserta didik tersebut untuk meningkatkan pemahamannya setelah diberinya tindakan dimana dalam penelitian ini tindakan tersebut adalah membaca atau

mengeksplorasi modul elektronik fisika yang dikembangkan. Hasil uji Gain yang didapat dari 18 peserta didik memperoleh rata-rata sebesar 0,63 dengan interpretasi terjadi peningkatan yang “sedang”. Peningkatan ini dapat dilihat dari siswa yang mampu untuk menemukan konsep dengan melakukan percobaan melalui simulasi yang ditampilkan dalam modul elektronik fisika untuk membuktikan hipotesis, mampu mengerjakan latihan contoh soal, mampu untuk menulis kesimpulan dan mampu untuk menyelesaikan *posttest* dengan baik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat dikatakan bahwa modul elektronik fisika yang dikembangkan layak digunakan sebagai bahan atau media untuk peserta didik belajar fisika secara mandiri.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Modul elektronik fisika tentang dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar yang dihasilkan dari penelitian ini mendapat penilaian dengan kategori baik oleh ahli pembelajaran dan penilaian dengan kategori sangat baik oleh ahli materi fisika, ahli pembelajaran, dan guru fisika SMA serta peserta didik SMA kelas XI. Sehingga dapat disimpulkan bahwa modul elektronik (*e-module*) fisika berbasis model *discovery learning* pada materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar telah layak digunakan sebagai bahan belajar mandiri peserta didik SMA kelas XI.

B. Implikasi

Modul elektronik fisika ini dikembangkan sesuai dengan tuntutan kurikulum pembelajaran fisika SMA. Selain itu, modul elektronik fisika ini menampilkan video, animasi, simulasi dan gambar-gambar yang menarik untuk mendukung materi fisika, serta menyajikan tes yang interaktif. Oleh karena itu, modul elektronik fisika berbasis model *discovery learning* ini diharapkan peserta didik dapat memanfaatkannya sebagai bahan belajar mandiri.

C. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut modul ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan pengembangan modul elektronik fisika berbasis model *discovery learning* untuk pokok bahasan lain dalam pembelajaran fisika atau pengembangan modul elektronik fisika berbasis model pembelajaran lainnya.

2. Penelitian pengembangan sebaiknya menggunakan sampel dengan jumlah besar yang diperoleh minimal lima sekolah, tidak hanya satu dua sekolah.
3. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengetahui efektivitas dan motivasi belajar peserta didik dengan menggunakan modul elektronik fisika berbasis model *discovery learning* yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Y. (2014). *Desain Sistem Pembelajaran dalam Konteks Kurikulum 2013*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Ainsworth, S. (1999). The Functions of Multiple Representations. *Computer & Science Education Journal*, 131-152.
- Ainsworth, S. (2008). Visualization: Theory and Practices in Science Education. UK: Springer, 195-199.
- Angell, C., Guttersrud, O., & Henriksen, E. K. (2007). *Multiple Representation as a Framework for a Modelling Approach to Physics Education*. UK: Durham University.
- Arsyad, A. (2011). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo.
- Bryan, J., & Fennel, B. D. (2009). Wave modelling: a lesson illustrating the integration of mathematics, science, and technology through multiple representations. *Journal Physics Education*, 403-410.
- Cahyo, A. (2013). *Panduan Aplikasi Teori-Teori Belajar Mengajar*. Yogyakarta: DIVA Press.
- Chomsin S. Widodo M.Si, J. S. (2008). *Panduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Chong, J. L., & Spahat, J. M. (2005). The Development and Evaluation of an E-Module for Pneumatics Technology. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT) Vol.2 No.3*, 25-33.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Departemen Pendidikan nasional. (2008). *Penulisan Modul*. Jakarta: Sekretariat negara.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2009). *The Systematic Design of Instruction Seventh Edition*. United States of America: Pearson.
- Febrianti, K. V. (2015). Pengembangan Modul Digital Fisika Berbasis Discovery Learning Pada Pokok Bahasan Kinematika Gerak Lurus. *Prosiding Seminar Nasional UPI 2016*.

- Goldin, G.A. (2002). Reresentation in Mathematical Learning and Problem Solving. Dalam *Hand Book of International research in Mathematics Education (IRME)*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gunel, M., & Yesildag-Hasancebi, F. (2016). Modal Representation and their Role in the Learning Process: A Theoretical and Pragmatic Analysis . *Journal Education Sciences: Theory & Pratices* 16 (1), 109-126.
- Halliday,D.,Resnick,R., & Walker,J. (New York, USA). *Fundamental of Physics 9th Edition*. 2011: John Wiley & Sons.
- Hosnan, M. (2014). *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21 Kunci Sukses Implementasi Kurikulum 2013*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Ivanto, R. E. (2015). Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning Pada pada Kurikulum 2013 Terhadap Hasil belajar Passing Bawah. *Jurnal Pendidikan Olahraga dan Kesehatan*, 330-336.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2013). *Model Pembelajaran Penemuan (Discovery Learning)*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Khabibah, N. (2017). The Effectiveness of Module Based on Discovery Learning to Increase Generic Science Skills. *Journal of Education and Learning*, 146-153.
- Kohl, P.B., D. Rosengrant and ND. Finkelstein. (2007). "Strongly and Weakly Directed Approaches to Teaching Multiple Representation Use in Physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*.
- kosasih. (2014). *Strategi Belajar dan Pembelajaran implementasi Kurikulum 2013*. Bandung: Yrama Widya.
- Lee, T. T., & Osman, K. (2012). Interactive Multimedia Module with Pedagogical Agents: Formative Evaluation. *Internationa I Education Studies Vol.5 No.6*, 50-64.
- M.Yusup. (2009). Multirepresentasi Dalam Pembelajaran Fisika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Unsri*, 1-7.
- Majid, A. (2007). *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

- Megabella, A. (2010). *Berbisnis E-book di Kala Krisis*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Meredith D. Gall, J. P. (2003). *Educational Research an Introduction Seventh Edition*. USA: Person Education, Inc.
- Nguyen, D.-H., & Rebello, N. (2010). Facilitating Student Problem Solving Across Multiple Representations in Introductory Mechanics. *Departemen of Physics, 116 Cardwell Hall, Kansas State University, Manhattan, KS 66506-2601*.
- Nguyen, D.-H., & Rebello, N. (2011). Student Difficulties With Multiple Representations in Introductory Mechanics. *US-China Education Review Vol.8 No.5*, 559-569.
- Nurmayanti, F. (2015). Pengembangan Modul Elektronik Fisika dengan Strategi PDEODE Pada Pokok Bahasan Teori Kinetik Gas untuk Siswa SMA Kelas XI. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*.
- Prasetyana, S. D. (2015). *pengembangan Model Pembelajaran Discovery Learning Diintegrasikan dengan Group investigation pada materi Protista Kelas X SMAN Karangpandan*. Surakarta: Jurnal inkuiri.
- Prastowo, A. (2011). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Prof. Dr. Emzir, M. Pd. (2014). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Depok: PT. RajaGrafindo Persada.
- Prof. Dr. H Punaji Setyosari, M.Ed. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta: Kencana Prenadamedia Group.
- puspendiknas. (2017, 8 13). *Laporan Hasil Ujian Nasional* . Diambil kembali dari Laporan Hasil Ujian Nasional: <http://118.98.234.50/lhun/statistik.aspx>
- Republik Indonesia. (t.thn.). *Peraturan Menteri pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 103 Tahun 2014 Tentang Pembelajaran pada Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Sekretariat Negara.

- Republik Indonesia. (t.thn.). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan nasional*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Riduwan. (2012). *Skala Pengukuran Variable-Variable Penelitian*. Bandung: Alfa Beta.
- Rosengrant, D. E. (2007). An Overview of Recent Research on Multiple Representations. *Rutgers, The State University of New Jersey GSE, 10 Seminary Place, New Brunswick NJ, 08904*.
- Saefuddin, A. (2015). *Pembelajaran Efektif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Septiani. (2014). Efektivitas Model Pembelajaran dengan Modul Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Keterampilan Ilmu Generik. *Jurnal inovasi Pendidikan Kimia Vol 8 No 2*, 1340-1350.
- Serway, R. A & Jewett, J.W. (2014). *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics 9th Edition*. Boston, USA: Mary Finch.
- Soekartawi. (2003). Prinsip Dasar E-Learning dan Aplikasinya di Indonesia. *Jurnal Teknodik No.12/VII*, 124-130.
- Sugianto, D. (2013). Modul Virtual: Multimedia Flipbook Dasar Teknik Digital. *Jurnal INVOTEC Vol 9 No 2*, 101-116.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan : Penekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R& D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmadinata. (2011). *Metode Penelitian pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Suparman, A. (2014). *Desain instruksional Modern Panduan Para Pengajar dan Inovator Pendidikan*. Jakarta : Erlangga.
- Widianigtiyas, L., Siswoyo, & Bakri, F. (2015). Pengaruh Pendekatan Multi Representasi dalam Pembelajaran Fisika Terhadap Kemampuan Kognitif Siswa SMA. *JPPPF - Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika Vol 1(1)*, 31-38.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Materi



*Building
Future
Leaders*

INSTRUMEN UJI VALIDASI OLEH AHLI MATERI

**Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) Multi
Representasi Fisika Berbasis *Discovery Learning* Pada
Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar**

Nama Ahli Materi	: Dr. Widyaningrum Inarasan
NIP	: 19770510 200604 2001
Instansi/Jabatan Ahli	: Dosen Fisika

Petunjuk pengisian:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom skor sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu terhadap modul elektronik (*e-module*) yang dikembangkan

Keterangan :

1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Ragu-Ragu

4 = Setuju

5 = Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Tingkat Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Tujuan pembelajaran sudah sesuai dengan KD					✓
2	Peta konsep sudah sesuai dengan KD				✓	
3	Peta konsep sudah menggambarkan seluruh cakupan materi yang akan dibahas dalam modul					✓
4	Video pendahuluan sudah menyajikan gambaran umum mengenai kajian materi tiap kegiatan belajar				✓	
5	Video <i>stimulasi</i> sudah sesuai dengan materi yang akan dibahas					✓
6	Simulasi sudah menyajikan data-data yang terkait dengan materi				✓	
7	Data yang disajikan sudah merepresentasikan hasil percobaan dalam simulasi					✓

8	Grafik sudah merepresentasikan variabel bebas dan terikat yang terkait dengan materi				✓
9	Kajian materi sudah sesuai dengan Kompetensi Dasar 3.1 Fisika kelas XI				✓
10	Kajian materi sudah sesuai dengan tujuan pembelajaran				✓
11	Kajian materi sudah sesuai dengan tingkat kognitif siswa SMA				✓
12	Animasi pada tahap <i>verifikasi</i> sudah memvisualisasikan kajian materi				✓
13	Tiap gambar sudah memvisualiasaikan kajian materi yang masih bersifat abstrak				✓
14	Persamaan matematis sudah sesuai dengan teori Fisika				✓
15	Persamaan matematis sudah dilengkapi dengan keterangan lambang/symbol				✓
16	Kajian materi secara keseluruhan sudah sesuai dengan konsep Fisika				✓
17	Kajian materi sudah bersifat kontekstual				✓
18	Rangkuman sudah menyajikan garis besar kajian materi				✓
19	Soal tes formatif sudah sesuai dengan pencapaian tujuan pembelajaran				✓
20	Soal tes evaluasi sudah mengukur pencapaian tujuan pembelajaran dan indikator dalam Kompetensi Dasar 3.1 Fisika Kelas XI				✓
21	Secara keseluruhan bahasa yang digunakan dalam <i>e-module</i> sudah etis dan komunikatif				✓
22	Penyajian ejaan dan tanda baca sudah sesuai dengan Ejaan Bahasa Indonesia				✓

Saran :

- gambar 1-8 : diperbaiki
- ada penulisan : scalar → skalar
- $E_k \approx \frac{1}{2}mv^2$ faktor

Jakarta, 7 - Juli - 2017

/ms,

Dr. Wiyandayana

Lampiran 2. Rekapitulasi Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Materi

Aspek	No	Penilaian Ahli Materi Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Kajian Materi E-Module	1	5	5
	2	5	4
	3	5	5
	9	5	4
	10	5	5
	15	5	5
	16	5	5
	18	5	5
	19	5	4
	20	5	4
Total	7	50	46
Persentase	92,00%		
Aspek	No	Penilaian Ahli Materi Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Konten Media E-Module	4	5	4
	5	5	5
	6	5	4
	7	5	5
	12	5	5
Total	5	25	23
Persentase	92,00%		
Aspek	No	Penilaian Ahli Materi Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Konten Representasi dalam E-Module	7	5	5
	8	5	4
	13	5	4
	14	5	5
	15	5	5
	21	5	4
	22	5	4
Total	7	35	31
Persentase	88,60%		
Rata-Rata Persentase Seluruh Aspek	90,87%		

Lampiran 3. Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Media Pembelajaran



*Building
Future
Leaders*

INSTRUMEN UJI VALIDASI OLEH AHLI MEDIA

Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) Fisika
Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika
Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar

Nama Ahli Media	: Drs. Handjoko Permana, M.Si
NIP	: 19621124 199403 1 001
Instansi/Jabatan Ahli	: UNJ / Dosen Fisika

Petunjuk pengisian:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom skor sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu terhadap modul elektronik (*e-module*) yang dikembangkan

Keterangan :

- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Ragu-Ragu
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Tingkat Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Kombinasi ukuran dan jenis huruf pada halaman sampul sudah menarik untuk dibaca					✓
2	Kombinasi warna dan gambar pada halaman sampul sudah menarik untuk dibaca					✓
3	Tata letak kata dan gambar pada halaman sampul depan sudah menarik untuk dibaca					✓
4	Tampilan halaman sampul depan secara keseluruhan sudah sesuai dengan isi modul					✓
5	Sajian isi modul sudah tersedia secara lengkap				✓	
6	Penyajian KI, KD dan tujuan pembelajaran sudah jelas dan menarik				✓	
7	Peta konsep sudah memperlihatkan kaitan antar topik					✓

8	Bentuk dan ukuran huruf dalam peta konsep mudah untuk dibaca					✓
9	Desain tata letak pada peta konsep sudah tepat					✓
10	Kombinasi warna pada peta konsep sudah menarik					✓
11	Tiap Video dalam <i>e-module</i> sudah menarik dan mudah dimengerti				✓	
12	Tiap simulasi dan animasi sudah menarik untuk dilihat				✓	
13	Tiap simulasi sudah menyajikan data secara lengkap				✓	
14	Setiap grafik sudah disertai keterangan yang jelas					✓
15	Skala grafik sudah dapat terbaca dengan jelas					✓
16	Kurva grafik dapat terlihat dengan jelas					✓
17	Ukuran tiap grafik yang disajikan sudah proporsional dengan ukuran buku					✓
18	Penggunaan warna pada tiap grafik sudah menarik					✓
19	Setiap tabel sudah disertai keterangan yang jelas					✓
20	Data dalam tabel dapat terbaca dengan jelas					✓
21	Ukuran tiap tabel yang disajikan sudah proporsional dengan tulisan					✓
22	Ukuran tulisan dalam tabel dapat terbaca					✓
23	Penggunaan warna pada tiap tabel sudah menarik					✓
24	Tiap gambar yang disajikan sudah menarik untuk dilihat				✓	
25	Ukuran tiap gambar sudah proporsional					✓
26	Tiap gambar sudah disertai dengan keterangan					✓
27	Tata letak tiap gambar sudah tepat					✓
28	Tiap persamaan matematis sudah dilengkapi dengan keterangan simbol					✓
29	Tiap persamaan matematis sudah diberikan nomor persamaan yang konsisten					✓
30	Penggunaan warna pada tiap persamaan matematis sudah menarik					✓
31	kajian materi disajikan dengan kalimat yang jelas dan mudah dipahami				✓	
32	Tersedianya rangkuman secara lengkap dan mudah dipahami					✓
33	Tersedianya tes awal, tes formatif dan evaluasi sumatif secara lengkap, menarik dan mudah digunakan					✓

34	Umpan balik sudah tersedia secara lengkap					✓
35	Kunci jawaban tiap tes sudah disajikan secara lengkap					✓
36	Penggunaan kosakata pada glosarium sudah jelas				✓	
37	Format konten <i>e-module</i> sudah disusun secara sistematis					✓
38	Penggunaan bentuk dan ukuran huruf pada semua konten <i>e-module</i> mudah untuk dibaca					✓
39	Penggunaan jarak spasi, bentuk dan ukuran huruf sudah konsisten					✓
40	Penggunaan warna huruf pada teks <i>e-module</i> sudah menarik					✓
41	Terdapat spasi atau kosong di tiap sekitar judul bab dan subbab, batas tepi (margin) dan pergantian paragraf					
41	Penempatan nomor halaman sudah disajikan dengan tepat dan konsisten					✓
42	Tata letak pengetikan semua konten pada <i>e-module</i> sudah disajikan secara konsisten					✓
43	Desain dan tata letak pada semua konten <i>e-module</i> secara keseluruhan sudah menarik					✓

Saran :

- 1) Hipotesis diarahkan ke masalah yg ada dlm video saja
- 2) sedikit tabel & grafik kosong yg siswa magasin' dlm
- 3) contoh soal dibuat pertanyaan & siswa diberi kesempatan yg mengerjakan sendiri terlebih dahulu. Ber mural jawaban.

Jakarta, 31 Juli 2017



A. HANDJOKO PERMANA

Lampiran 4. Rekapitulasi Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Media

Aspek	No	Penilaian Ahli Media Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Komponen <i>E-Module</i>	1	5	5
	2	5	5
	3	5	5
	4	5	5
	5	5	4
	6	5	4
	11	5	4
	12	5	4
	13	5	4
	29	5	5
	32	5	5
	34	5	5
	35	5	5
Total	13	65	60
Persentase	92,3 %		
Aspek	No	Penilaian Ahli Media Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Konten Representasi dalam <i>E-Module</i>	14	5	5
	15	5	5
	16	5	5
	17	5	5
	19	5	5
	20	5	5
	21	5	5
	22	5	5
	25	5	5
	26	5	5
	27	5	5
	28	5	5
	29	5	5
	31	5	4
36	5	4	
Total	15	75	73
Persentase	97,3 %		

Aspek	No	Penilaian Ahli Media Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Elemen Mutu E-Module	7	5	5
	8	5	5
	9	5	5
	10	5	5
	18	5	5
	23	5	5
	24	5	4
	30	5	5
	33	5	5
	37	5	5
	39	5	5
	40	5	5
	41	5	5
	42	5	5
	43	5	5
Total	15	75	74
Persentase	98,7 %		
Rata-Rata Persentase Seluruh Aspek	96,10%		

Lampiran 5. Instrumen Hasil Validasi oleh Ahli Pembelajaran



Berikan
saran
kebaikan

INSTRUMEN UJI VALIDASI OLEH AHLI PEMBELAJARAN

Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) Multi Representasi Fisika Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar

Nama Ahli	: Sunaryo
NIP	: 195503031987031002
Instansi/Jabatan Ahli	: Me

Petunjuk pengisian:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom skor sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu terhadap modul elektronik (*e-module*) yang dikembangkan

Keterangan :

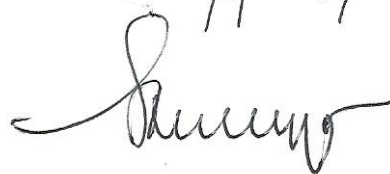
- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Ragu-Ragu
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

No	Pertanyaan	Tingkat Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Indikator pembelajaran sudah sesuai dengan Kompetensi Dasar 3.1 Fisika Kelas XI				✓	
2	Tujuan pembelajaran sudah sesuai dengan indikator pembelajaran				✓	
3	Tujuan pembelajaran sudah sesuai dengan kajian materi				✓	
4	Tujuan pembelajaran sudah terdapat unsur <i>discovery learning</i>			✓		
5	Video dalam <i>stimulasi</i> sudah menarik perhatian peserta didik mengeksplorasi kajian materi			✓		
6	Pertanyaan-pertanyaan <i>identifikasi masalah</i> sudah sesuai dengan konsep yang terdapat pada video <i>stimulasi</i>				✓	
7	Hipotesis sudah sesuai dengan pertanyaan-pertanyaan yang diidentifikasi				✓	

8	Kalimat pada penyajian hipotesis mudah dipahami			✓	
9	Penyajian petunjuk penggunaan simulasi mudah dipahami			✓	
10	Simulasi sudah menampilkan data yang dibutuhkan untuk membuktikan hipotesis			✓	
11	Data yang ditampilkan sudah relevan untuk membuktikan hipotesis			✓	
12	Grafik yang didapat dari tabel data sudah membantu untuk penyusunan konsep yang terkait			✓	
13	Setiap grafik pada tahap pemrosesan data sudah menggambarkan hubungan variabel bebas dan terikat			✓	
14	Penyajian materi pada tahap <i>verifikasi</i> sudah sesuai dengan hasil analisa grafik			✓	
15	Penyajian materi pada tahap <i>verifikasi</i> sudah tepat untuk membuktikan hipotesis			✓	
16	Penyajian materi dengan kalimat yang mudah dipahami			✓	
17	Kesimpulan dalam tahap <i>generalisasi</i> sudah sesuai dengan hasil <i>verifikasi</i>			✓	
18	Kesimpulan dalam tahap <i>generalisasi</i> sudah menyajikan prinsip umum dari tiap sub topik pembelajaran			✓	
19	Kalimat pada tahap <i>generalisasi</i> mudah dipahami			✓	
20	Soal tes evaluasi sudah sesuai dengan tujuan pembelajaran			✓	

Saran :

Jakarta, 6/7 2017



.....
Dr. Sunaryo, M.Si

Lampiran 6. Rekapitulasi Instrumen Hasil Validasi Ahli Pembelajaran

Aspek	No	Penilaian Ahli Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Komponen Pembelajaran	1	5	4
	2	5	4
	3	5	4
	4	5	3
	20	5	4
Total	5	25	19
Persentase	76,0 %		
Aspek	No	Penilaian Ahli Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Tahapan <i>Discovery Learning</i>	5	5	3
	6	5	4
	7	5	4
	10	5	4
	11	5	3
	12	5	4
	13	5	4
	14	5	3
	15	5	4
	17	5	4
	18	5	4
Total	11	30	23
Persentase	76,7 %		
Aspek	No	Penilaian Ahli Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Kebahasaan	8	5	3
	9	5	4
	16	5	3
	19	5	3
Total	4	20	13
Persentase (%)	65,0 %		
Rata-Rata Persentase Seluruh Aspek	76,70%		

Lampiran 7. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul *Self-Instructional*

Validator	No Butir	Penilaian Ahli Materi Fisika	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Materi Fisika	21	5	4
	22	5	4
Total Butir	2	10	8
Persentase (%)	80,0		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Materi Fisika	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Materi Fisika	1	5	5
	2	5	5
	3	5	5
	4	5	5
	8	5	5
	9	5	5
	10	5	5
	17	5	5
	21	5	5
	23	5	5
	30	5	5
	31	5	4
	36	5	4
	40	5	5
	41	5	5
43	5	5	
Total Butir	16	80	78
Persentase (%)	97,5		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Pembelajarn	8	5	3
	9	5	4
	16	5	3
	19	5	4
Total Butir	4	20	14
Persentase (%)	70,0		
Rata-Rata Persentase Seluruh Validator (%)	89,57		

Lampiran 8. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul *Self-Contained*

Validator	No Butir	Penilaian Ahli Materi Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Materi Fisika	2	5	5
	9	5	4
	10	5	5
	20	5	4
Total	4	20	18
Persentase (%)	90,0		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Media Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Media Pembelajaran	6	5	4
Total Butir	1	5	4
Persentase (%)	80,0		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Materi Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Pembelajaran	1	5	4
Total Butir	1	5	4
Persentase (%)	80,0		
Rata-Rata Persentase Seluruh Validator (%)	83,33		

Lampiran 9. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul *Stand Alone*

Validator	No Butir	Penilaian Ahli Materi Fisika	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Materi Fisika	18	5	5
	19	5	4
Total Butir	2	10	9
Persentase (%)	90,0		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Media Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Media Pembelajaran	7	5	5
	16	5	5
	20	5	5
	28	5	5
	29	5	5
	37	5	5
	38	5	5
	39	5	5
	41	5	5
	42	5	5
Total Butir	10	50	50
Persentase (%)	100,0		
Validator	No	Penilaian Ahli Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Pembelajaran	3	5	4
	4	5	3
	14	5	3
	15	5	4
	17	5	4
	18	5	4
Total Butir	6	30	22
Persentase (%)	73,3		
Rata-Rata Persentase Seluruh Validator (%)	87,77		

Lampiran 10. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul Adaptif

Validator	No Butir	Penilaian Ahli Materi Fisika	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Materi Fisika	4	5	5
	5	5	4
	6	5	4
	12	5	5
Total Butir	4	20	18
Persentase (%)	90,0		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Media Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Media Pembelajaran	11	5	4
	12	5	4
	13	5	4
Total Butir	3	15	12
Persentase (%)	80,0		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Pembelajaran	5	5	3
	10	5	4
Total Butir	2	10	7
Persentase (%)	70,0		
Rata-Rata Persentase Seluruh Validator (%)	80,00		

Lampiran 11. Rekapitulasi Penilaian Karakteristik Modul *User Friendly*

Validator	No Butir	Penilaian Ahli Materi Fisika	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Materi Fisika	21	5	4
	22	5	4
Total Butir	2	10	8
Persentase (%)	80,0		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Media Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Media pembelajaran	1	5	5
	2	5	5
	3	5	5
	4	5	5
	8	5	5
	9	5	5
	10	5	5
	17	5	5
	21	5	5
	23	5	5
	30	5	5
	31	5	4
	36	5	4
	40	5	5
	41	5	5
43	5	5	
Total Butir	16	80	78
Persentase (%)	97,5		
Validator	No Butir	Penilaian Ahli Pembelajaran	
		Skor Maksimum	Skor Penilaian
Ahli Pembelajaran	8	5	3
	9	5	4
	16	5	3
	19	5	4
Total Butir	4	20	14
Persentase (%)	70,0		
Rata-Rata Persentase Seluruh Validator (%)		80,00	

Lampiran 12. Instrumen Hasil Validasi oleh Guru Fisika SMA



INSTRUMEN UJI LAPANGAN OLEH GURU FISIKA

Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) Fisika Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar

Oleh : Inas Nur Azizah (3215126554)

Nama	: Dra. Diah Kurniawati, MM
NIP	: 196811061995012001
Instansi/Jabatan Ahli	: SMAN 103 Jakarta

Petunjuk pengisian:

Berilah tanda *checklist* (✓) pada kolom skor sesuai dengan penilaian.

Bapak/Ibu terhadap modul elektronik (*e-module*) yang dikembangkan

Penjelasan :

1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Ragu-Ragu

4 = Setuju

5 = Sangat Setuju

No	Pernyataan	Tingkat Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Tujuan pembelajaran sudah sesuai dengan KD					✓
2	Tujuan pembelajaran sudah terdapat unsur <i>discovery learning</i>					✓
3	Tujuan pembelajaran sudah sesuai dengan kajian materi					✓
4	Peta konsep sudah sesuai dengan KD					✓
5	Peta konsep sudah menggambarkan seluruh cakupan materi yang akan dibahas dalam modul					✓

6	Video dalam <i>stimulasi</i> sudah menarik perhatian peserta didik mengeksplorasi kajian materi					✓
7	Video <i>stimulasi</i> sudah sesuai dengan materi yang akan dibahas					✓
8	Hipotesis sudah sesuai dengan pertanyaan-pertanyaan yang diidentifikasi					✓
9	Kalimat pada penyajian hipotesis mudah dipahami					✓
10	Simulasi sudah menampilkan data yang dibutuhkan untuk membuktikan hipotesis					✓
11	Simulasi yang ditampilkan sudah sesuai dengan konsep fisika					✓
12	Tabel data yang ditampilkan sudah relevan untuk membuktikan hipotesis					✓
13	Grafik yang didapat dari tabel data sudah membantu untuk penyusunan konsep yang terkait					✓
14	Kajian materi sudah sesuai dengan tujuan pembelajaran					✓
15	Penyajian materi pada tahap <i>verifikasi</i> sudah tepat untuk membuktikan hipotesis					✓
16	Kajian materi sudah bersifat kontekstual					✓
17	Kajian materi secara keseluruhan sudah sesuai dengan konsep Fisika					✓
18	Contoh soal sudah sesuai dengan kajian materi					✓
19	Contoh soal dapat meningkatkan pemahaman konsep					✓
20	Kesimpulan dalam tahap <i>generalisasi</i> sudah menyajikan prinsip umum dari tiap sub topik pembelajaran					✓
21	Rangkuman sudah menyajikan garis besar kajian materi					✓
22	Secara keseluruhan bahasa yang digunakan dalam <i>e-module</i> sudah etis dan komunikatif					✓

Saran :

1. Video perlu ditambah yang mengandung narasi
2. Modul sebaiknya di Publish

Jakarta, 27 Juli 2017



Dra. Diah Kurniawati, MM

Lampiran 13. Rekapitulasi Hasil Uji Validasi Guru Fisika SMA

Aspek	No Butir	Penilaian Uji Kelayakan Guru		
		Skor Maksimum	Skor Penilaian	Skor Penilaian
Kesesuaian Materi Fisika dalam E-Module	3	5	5	4
	5	5	5	4
	7	5	5	4
	11	5	5	4
	12	5	5	4
	13	5	5	5
	16	5	5	4
	17	5	5	5
	18	5	5	4
	20	5	5	4
	21	5	5	4
Total Butir	11	55	55	46
Persentase (%)		100	100,0	83,6
Rata-Rata Persentase (%)			91,80	
Aspek	No Butir	Penilaian Uji Kelayakan Guru		
		Skor Maksimum	Skor Penilaian	Skor Penilaian
Kesesuaian Discovery Learning dalam E-Module	1	5	5	5
	2	5	5	4
	4	5	5	5
	6	5	5	4
	8	5	5	5
	10	5	5	4
	14	5	5	5
	15	5	5	4
	19	5	5	4
Total Butir	9	45	45	40
Persentase (%)		100	100,0	88,9
Rata-Rata Persentase (%)			94,40	
Aspek	No Butir	Penilaian Uji Kelayakan Guru		
		Skor Maksimum	Skor Penilaian	Skor Penilaian
Kebahasaan	9	5	5	4
	22	5	5	5
Total Butir	2	10	10	9
Persentase (%)		100	100,0	90,00
Rata-Rata Persentase (%)			95,00	
Rata-Rata Persentase semua aspek(%)			93,73	

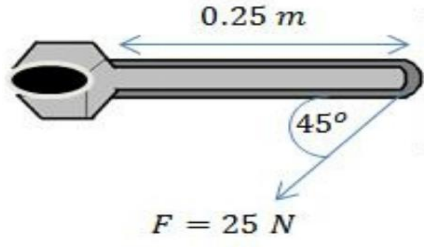
Lampiran 14. Rubrik Penilaian

Rubrik penilaian *Pre-Test* dan *Post-Test*

Skor Per Butir Soal	Rubrik Penilaian
10	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika jawaban pilihan benar ▪ Jika langkah penyelesaian lengkap ▪ Jika mendapatkan hasil akhir yang benar
8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika jawaban pilihan benar ▪ Jika langkah penyelesaian belum mendapatkan hasil akhir yang benar
6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika jawaban pilihan benar ▪ Jika tidak ada langkah penyelesaian
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika jawaban pilihan salah ▪ Jika ada langkah penyelesaian yang sudah mendapatkan hasil akhir
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika jawaban pilihan salah ▪ Jika ada langkah penyelesaian namun belum mendapatkan hasil akhir
0	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jika jawaban pilihan salah atau tidak ada pilihan jawaban ▪ Jika tidak ada langkah penyelesaian

Lampiran 15. Kunci jawaban *Pretest* atau *Post Test* untuk Pengguna (Siswa SMA Kelas XI)

1. Kunci Jawaban soal *PreTest* atau *PostTest* sub materi momen gaya, hukum II Newton rotasi dan momen inersia

Butir Soal	
<p>1. Torsi atau momen gaya adalah kemampuan suatu benda untuk melakukan gerak rotasi. Hal-hal yang mempengaruhi torsi yaitu di bawah ini, <i>kecuali</i>...</p> <p>a. Gaya b. Percepatan sudut c. Momen Inersia</p> <p>d. Panjang lengan gaya e. Momentum Sudut</p> <p>Jawaban : E</p>	
<p>2. Jika kita membuka baut menggunakan bantuan alat berupa kunci inggris. Agar lebih ringan dalam mengangkat lengan kunci inggris tersebut maka kita dapat memberikan gaya pada ...</p> <p>a. Posisi lengan kunci inggris yang dekat dengan baut b. Posisi ujung lengan kunci inggris yang jauh dari baut c. Posisi sudut yang tegak lurus terhadap lengan kunci inggris d. Jawaban A dan C keduanya benar e. Jawaban B dan C keduanya benar</p> <p>Jawaban : E</p>	
<p>3. Gaya yang dikerjakan oleh kunci inggris dengan panjang 0,25 m kepada sekrup adalah 25 N dengan membentuk sudut 45° seperti pada ilustrasi di samping. Besar torsi yang diakibatkan oleh gaya tersebut adalah ...</p> <p>a. $3,125 \sqrt{2}$ Nm b. $3,334 \sqrt{2}$ Nm c. $3,415 \sqrt{2}$ Nm</p> <p>d. $3,654 \sqrt{2}$ Nm e. $3,855 \sqrt{2}$ Nm</p> <p>Jawaban : a. $3,125 \sqrt{2}$ Nm</p> <p>Diketahui :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $r = 0,25 \text{ m}$ 	 <p>The diagram shows a horizontal wrench handle of length 0.25 m. At the right end, a force vector F = 25 N is applied, pointing downwards and to the left at an angle of 45 degrees relative to the handle. The handle has a hexagonal head on the left and a rounded end on the right.</p>

- $F = 25 \text{ N}$

- $\theta = 45^\circ$

Ditanya : $\tau = \dots ?$

Jawab :

$$\tau = F r \sin\theta$$

$$\tau = (25 \text{ N})(0,25\text{m}) (\sin 45^\circ)$$

$$\tau = 3,125\sqrt{2} \text{ N}$$

4. Berikut ini pernyataan yang benar tentang besaran-besaran Hukum II Newton pada gerak rotasi yang benar kecuali ...

- a. Torsi analog dengan gaya pada gerak linier.
- b. Percepatan sudut analog dengan percepatan linier.
- c. Torsi sebanding dengan percepatan sudut.
- d. Torsi berbanding terbalik dengan percepatan sudut
- e. Momen inersia pada gerak rotasi analog dengan massa pada gerak linier

Jawaban : D

5. Sebuah roda pejal memiliki momen inersia 5 kgm^2 dalam keadaan diam. Sebuah momen gaya sebesar 4 Nm bekerja pada roda tersebut. Besar percepatan sudut yang dialami roda adalah...

- a. $0,5 \text{ rad/s}^2$
- b. $0,8 \text{ rad/s}^2$
- c. $1,0 \text{ rad/s}^2$
- d. $1,5 \text{ rad/s}^2$
- e. $2,0 \text{ rad/s}^2$

Jawaban : B

Diketahui :

- $\tau = 4 \text{ Nm}$

- $I = 5 \text{ kgm}^2$

Ditanya : $\alpha = \dots ?$

Jawab :

$$\alpha = \frac{I}{\tau} = \frac{5 \text{ kgm}^2}{4 \text{ Nm}}$$

$$\alpha = 0,8 \text{ rad/s}^2$$

6. Sebuah katrol bermassa 2 kg , katrol tersebut dililitkan tali yang ujungnya diberi beban bermassa 1 kg seperti gambar. Apabila jari-jari pada katrol tersebut adalah 10 cm dan

- b. Volume katrol
c. Jari-jari katrol

e. Jawaban A dan C benar

Jawaban : C

9. Sebuah silinder berongga yang bermassa 8 kg, memiliki diameter luar 8 m dan diameter dalam 6 m, momen inersia silinder tersebut terhadap sumbu horizontal melalui titik pusatnya adalah. . .

- a. 100 kgm^2
b. 60 kgm^2
c. 30 kgm^2
- d. 20 kgm^2
e. 10 kgm^2

Jawaban : a. 100 kgm^2

Diketahui :

- $M = 8 \text{ kg}$
- $R_1 = 4 \text{ m}$
- $R_2 = 3 \text{ m}$

Ditanya : $I = \dots ?$

Jawab :

$$I = \frac{1}{2} M (R_1^2 + R_2^2)$$

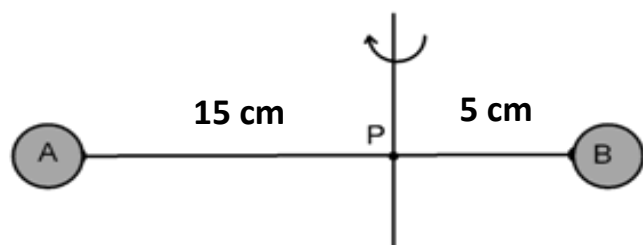
$$I = \frac{1}{2} 8 (4^2 + 3^2)$$

$$I = 100 \text{ kgm}^2$$

UN FISIKA 2013

10. Bola A bermassa 60 gram dan bola B bermassa 40 gram dihubungkan dengan batang AB yang massanya diabaikan. Jika kedua bola diputar dengan sumbu putar P maka momen inersia sistem adalah ...

- a. $12,25 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
b. $13,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
c. $14,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
d. $15,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
e. $16,25 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$



Jawaban : c. $14,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$

Diketahui :

- $m_a = 60 \text{ gram} = 6 \times 10^{-2} \text{ kg}$
- $m_b = 40 \text{ gram} = 4 \times 10^{-2} \text{ kg}$
- $r_a = 15 \text{ cm} = 15 \times 10^{-2} \text{ m}$
- $r_b = 5 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$

Ditanya: momen inersia (I_p) ?

Dijawab :

$$I_p = m_a r_a^2 + m_b r_b^2$$

$$I_p = (6 \times 10^{-2} \text{ kg}) (15 \times 10^{-2} \text{ m})^2 + (4 \times 10^{-2} \text{ kg}) (5 \times 10^{-2} \text{ m})^2$$

$$I_p = (6 \times 10^{-2} \text{ kg}) (225 \times 10^{-4} \text{ m}^2) + (4 \times 10^{-2} \text{ kg}) (25 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$$

$$I_p = (13,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2) + (1 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2)$$

$$I_p = 14,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

2. Kunci Jawaban soal *PreTest* atau *PostTest* sub materi momentum sudut dan energi kinetik gerak menggelinding

Butir Soal

1. Berikut ini pernyataan yang benar tentang pengertian dari momentum sudut gerak rotasi adalah . . .
- a. Kecenderungan gaya untuk merotasikan benda terhadap sumbu tertentu
 - b. Gaya yang menyebabkan gerak rotasi bergantung pada besarnya momen inersia dan percepatan sudut benda
 - c. Ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut rotasinya
 - d. Ukuran tingkat kesukaran benda untuk berhenti berputar
 - e. Energi untuk benda bergerak translasi, rotasi dan menggelinding

Jawaban : D

2. Di bawah ini adalah besaran fisis fisika

- (i) Massa benda
- (ii) Titik Berat
- (iii) Momen inersia
- (iv) Kecepatan sudut

Dari pilihan di atas yang dapat mempengaruhi besarnya momentum sudut yaitu...

- a. 1,2, dan 3 d. 2,3, dan 4
 b. 1,2, dan 4 e. 2,3, dan 5
 c. 1,3, dan 4

Jawaban : C

3. Seseorang sedang duduk di kursi putar. Kemudian, ia berputar di atas kursi putar tersebut dengan posisi tangan yang terentang. jika ia tiba-tiba melipat kedua tangannya, maka ...

- a. Kecepatan sudutnya berkurang d. Momentum sudut bertambah
 b. Momen inersianya berkurang e. Momen Inersia bertambah
 c. Kecepatan sudutnya tetap

Jawaban : B

4. Sebuah silinder tipis berongga memiliki diameter 120 cm. Jika silinder tersebut berotasi melalui sumbunya seperti pada gambar disamping. Silinder tersebut memiliki kecepatan sudut 20 rpm dan massa 20 kg, maka momentum sudut pada silinder tersebut adalah ...

- a. 765 kgm^2 d. 875 kgm^2
 b. 823 kgm^2 e. 897 kgm^2
 c. 864 kgm^2

Jawaban : c. 864 kgm^2

Diketahui :

▪ $M = 20 \text{ kg}$

▪ $r = 0,6 \text{ m}$

▪ $\omega = 20 \text{ rpm} = \frac{20 \text{ rotasi}}{60 \text{ detik}}$

$= \frac{1 \text{ rotasi}}{3 \text{ detik}} \times 2\pi \text{ rad}$

$\omega = \frac{2}{3} \pi \text{ rad/s}$

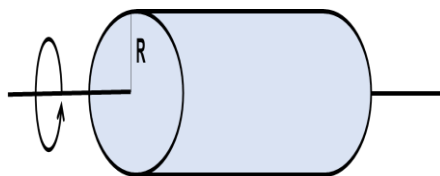
Ditanya : $L = \dots ?$

Jawab :

$I = Mr^2$

$L = I\omega = Mr^2\omega$

$L = (20 \text{ kg})(0,6 \text{ m})^2 \left(\frac{2}{3} (180) \text{ rad/s} \right) = 864 \text{ kgm}^2/\text{s}$



5. Seorang penari balet berputar dengan kecepatan sudut 3 rad/s saat tangannya direntangkan. Momen inersia penari pada saat itu sebesar 8 kgm^2 . Ketika kedua tangannya dilipat, kecepatan sudut berubah menjadi 4 rad/s. Momen inersia penari pada saat kedua tangannya dilipat sebesar. . .

- a. 4 kgm^2 d. 12 kgm^2
 b. 6 kgm^2 e. 14 kgm^2
 c. 10 kgm^2

Jawaban : B. 6 kgm^2

- $\omega_1 = 3 \text{ rad/s}$
- $I_1 = 8 \text{ kgm}^2$
- $\omega_2 = 4 \text{ rad/s}$

Ditanya : $I_2 = \dots ?$

Jawab :

$$L_1 = L_2$$

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

$$I_2 = \frac{I_1\omega_1}{\omega_2}$$

$$I_2 = \frac{(8 \text{ kgm}^2)(3 \frac{\text{rad}}{\text{s}})}{4 \text{ rad/s}}$$

$$I_2 = 6 \text{ rad/s}$$

6. Jika Dua buah silinder yaitu silinder pejal dan silinder berongga memiliki diameter, ketebalan dan massa yang sama. Kedua silinder itu kemudian digelindingkan pada bidang miring dari posisi yang sama. Mengapa silinder yang pejal lebih cepat untuk sampai ke dasar bidang miring dibandingkan silinder yang berongga

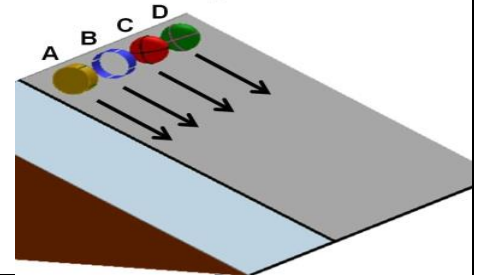
- a. Kecepatan sudut silinder pejal lebih besar daripada silinder berongga
 b. Kecepatan sudut silinder pejal lebih kecil daripada silinder berongga
 c. Kecepatan linier silinder pejal lebih besar daripada silinder berongga
 d. Koefisien momen inersia silinder pejal lebih besar daripada silinder berongga
 e. Koefisien momen inersia silinder pejal lebih kecil daripada silinder berongga

Jawaban : E

7. Empat buah benda A silinder pejal, B silinder berongga tipis, C bola pejal dan D bola berongga tipis. Keempat benda tersebut digelindingkan (dilepas) dari bidang miring secara bersamaan, maka benda yang paling cepat untuk sampai ke di dasar adalah ...

- a. Benda A d. Benda D
 b. Benda B e. Semua benda sampai bersamaan
 c. Benda C

Jawaban : C



8. Sebuah bola pejal bertranslasi dan berotasi dengan kecepatan linier dan kecepatan sudut masing-masing v dan ω . Energi kinetik total pada bola pejal tersebut adalah. . .

- a. $\frac{2}{5} mv^2$ Joule d. $\frac{5}{2} mv^2$ Joule
 b. $\frac{10}{9} mv^2$ Joule e. $\frac{7}{10} mv^2$ Joule
 c. $\frac{1}{2} mv^2$ Joule

Jawaban : E. $\frac{7}{10} mv^2$ Joule

Diketahui :

- $m = m$
- $r = r$

Ditanya : $EK_{total} = \dots ?$

Jawab :

$$EK_{tot} = EK_{rans} + EK_{rot}$$

$$EK_{tot} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$EK_{tot} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(kmr^2)\left(\frac{v}{r}\right)^2$$

$$EK_{tot} = \frac{1}{2}(1+k)mv^2$$

$$EK_{tot} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2}{5}\right)mv^2$$

$$EK_{tot} = \frac{7}{10}mv^2$$

9. Bola pejal bermassa m dan berjari-jari $2R$ diletakkan di atas bidang miring dengan sudut kemiringan 37° . Bola pejal tersebut menggelinding pada lintasan sejauh $5h$ hingga

mencapai dasar bidang miring dengan percepatan gravitasi g . Kecepatan bola pejal tersebut saat berada di dasar miring adalah ...

- a. $\sqrt{\frac{5gh}{7}} \text{ m/s}$ d. $\sqrt{\frac{30gh}{7}} \text{ m/s}$
 b. $\sqrt{\frac{10gh}{7}} \text{ m/s}$ e. $\sqrt{7gh} \text{ m/s}$
 c. $\sqrt{\frac{15gh}{7}} \text{ m/s}$

Jawaban : d. $\sqrt{\frac{30gh}{7}} \text{ m/s}$

Diketahui :

- $M_{bola} = m$
- $R_{bola} = 2R$
- $\alpha = 37^\circ$
- $g = g$
- $s = 5h$

Ditanya : $v = \dots ?$

Jawab :

$$w = \Delta EK$$

$$F s = EK_2 - EK_1$$

$$w \sin \alpha s = EK_2 - 0$$

$$mg \sin \alpha s = EK_{rotasi} + EK_{trans}$$

$$mg \sin 37^\circ s = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2$$

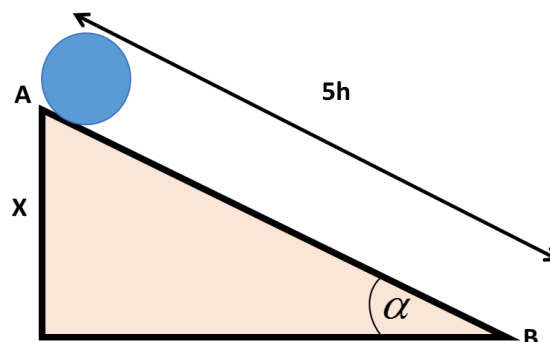
$$mg \left(\frac{3}{5}\right) (5h) = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{5} MR^2\right) \left(\frac{v}{R}\right)^2 + \frac{1}{2} m v^2$$

$$3gh = \frac{1}{5} v^2 + \frac{1}{2} v^2$$

$$3gh = \frac{7}{10} v^2$$

$$v^2 = \frac{30gh}{7}$$

$$v = \sqrt{\frac{30gh}{7}}$$



UMPTN 1994 Rayon C

10. Perhatikan 2 pernyataan berikut

1. Momentum sudut benda yang dirotasikan dengan momen gaya tetap adalah konstan
2. Momen gaya pada benda yang berotasi tidak mengubah energi kinetik benda itu

Sesuai dengan ke 2 pernyataan di atas maka. . .

- a. Pernyataan 1 dan pernyataan 2 benar dan mengandung sebab akibat.
- b. Pernyataan 1 dan pernyataan 2 benar namun tidak mengandung sebab akibat.
- c. Pernyataan 1 benar dan pernyataan 2 salah
- d. Pernyataan 1 salah dan pernyataan 2 benar
- e. Pernyataan 1 salah dan pernyataan 2 salah

Jawaban : E

3. Kunci Jawaban soal *PreTest* atau *PostTest* sub materi kesetimbangan benda tegar

Butir Soal

1. Berikut ini pernyataan yang benar tentang kesetimbangan rotasi benda yang terjadi pada benda tegar adalah ...

- a. Kondisi dimana benda dengan resultan gaya tidak sama dengan nol
- b. Kondisi dimana benda dengan resultan momen gaya tidak sama dengan nol
- c. Kondisi dimana benda dengan resultan gaya sama dengan nol
- d. Kondisi dimana benda dengan resultan gaya tidak sama dengan nol
- e. Kondisi dimana benda dengan resultan gaya dan resultan momen gaya sama dengan nol

Jawaban : E

2. Berikut adalah syarat-syarat yang terjadi kesetimbangan

(i) $\sum F_x = 0$

(ii) $\sum F_y = 0$

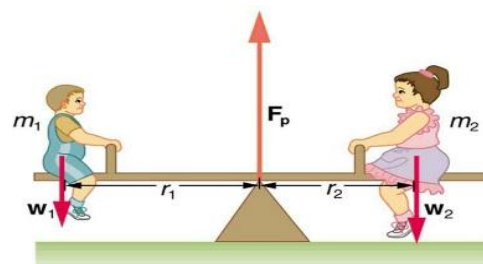
(iii) $\sum \tau = 0$

Yang termasuk syarat dari kesetimbangan translasi atau partikel adalah . . .

- a. (1) dan (2) d. (3) saja
 b. (1) dan (3) e. Semua benar
 c. (2) dan (3)

Jawaban : A

3. Perhatikan gambar dibawah ini. Seorang anak yang massanya lebih kecil tampak sedang bermain jungkat-jungkit bersama dengan kakaknya. pada gambar papan jungkat-jungkit yang sedang dinaiki mereka tampak mendatar atau dalam kondisi kesetimbangan, padahal sudah jelas besar massa dari keduanya berbeda. Kondisi kesetimbangan pada jungkat-jungkit tersebut karena kecuali ...



- a. $\sum F_{titik\ poros} = 0$
 b. $\sum F_{anak} = 0$
 c. $\sum F_{kakak} = 0$
 d. $\tau_{anak} \geq \tau_{kakak}$
 e. $r_{anak} \geq r_{kakak}$

Jawaban : D

4. Sebuah balok kayu dengan panjang 8 m dan berat 200 N berada di atas dua buah tiang penyangga A dan B. Besarnya beban yang di sanggah oleh tiang A adalah ...

- a. 60 N d. 150 N
 b. 90 N e. 180 N
 c. 120 N

Jawaban : D

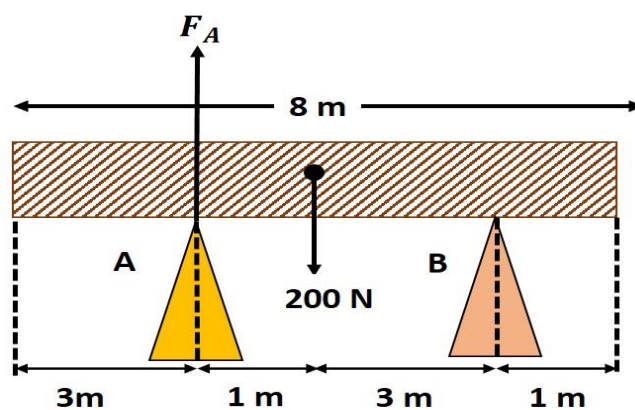
Diketahui :

- $W_{balok} = 200\text{ N}$
- *bidang tegak lurus F_A sampai ke titik pusat balok (l_{F_A}) = 4 m*
- *panjang balok yang disanggah oleh penumpu A (l_W) = 3 m*

Ditanya : $F_A = \dots ?$

Jawab :

$$\sum \tau = F_A(l_{F_A}) - W(l_W)$$



$$\sum \tau = F_A(4 \text{ m}) - 200(3 \text{ m})$$

$$\sum \tau = F_A(4 \text{ m}) - 200(3 \text{ m})$$

$$F_A = 200 \times \frac{3}{4}$$

$$F_A = 150 \text{ N}$$

5. Dua orang anak menaiki jungkat jungkit. Anak A masanya 32 kg menaiki jungkat jungkit sebelah kanan dengan jarak 2 m dari titik tumpu, sedangkan anak B masanya 38 kg menaiki sebelah kiri yang jaraknya 1,8 m dari titik tumpu. Jika kita anggap percepatan gravitasi di lokasi tersebut adalah 10 m/s^2 , Berapakah torsi total kedua anak tersebut?

- a. $35 \text{ kgm}^2/\text{s}$ d. $50 \text{ kgm}^2/\text{s}$
 b. $40 \text{ kgm}^2/\text{s}$ d. $55 \text{ kgm}^2/\text{s}$
 c. $44 \text{ kgm}^2/\text{s}$

Jawaban : C

Diketahui:

- $m_a = 32 \text{ kg}$ dan $m_b = 38 \text{ kg}$
- $m_b = 2 \text{ m}$ dan $m_b = 1,8 \text{ m}$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$

Ditanya: $\sum \tau$?

Jawab :

$$\tau_A = F \cdot d$$

$$\tau_A = mg \cdot d$$

$$\tau_A = 32 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m}$$

$$\tau_A = 640 \text{ kgm}^2/\text{s}$$

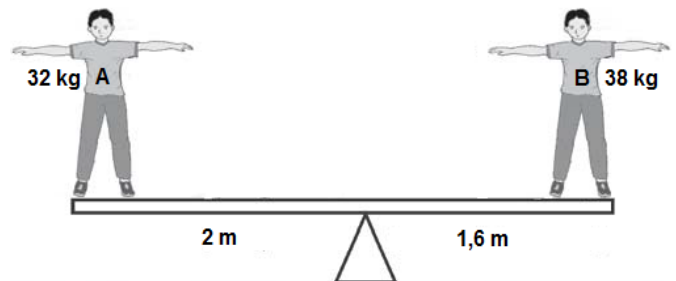
$$\tau_B = F \cdot d$$

$$\tau_B = mg \cdot d$$

$$\tau_B = 38 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1,8 \text{ m}$$

$$\tau_B = 684 \text{ kgm}^2/\text{s}$$

$$\sum \tau = \tau_B - \tau_A = 684 \text{ kgm}^2/\text{s} - 640 \text{ kgm}^2/\text{s} = 44 \text{ kgm}^2/\text{s}$$



6. Sebuah Batang atau pulpen dapat ditopang dengan menggunakan satu jari karena pulpen atau batang tersebut memiliki.....

- a. Titik berat d. Momentum Sudut
 b. Momen gaya e. Percepatan Sudut
 c. Momen inersia

Jawaban : A



7. Berikut ini pernyataan yang benar tentang titik berat adalah ...

- Titik yang berimpit dengan titik pusat massa dan dengan percepatan gravitasi
- Suatu titik dimana semua massa benda terkonsentrasi pada titik tersebut
- Titik tangkap resultan semua gaya berat yang bekerja pada setiap bagian benda
- Jawaban A dan B benar
- Jawaban A dan C benar

Jawaban : E

8. Berikut adalah persamaan-persamaan titik berat

$$(1) \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i}$$

$$(2) \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i}$$

$$(3) \frac{\sum W_i A_i}{\sum W_i}$$

Yang termasuk persamaan titik berat pada partikel adalah . . .

- (1) dan (2)
- (1) dan (3)
- (2) dan (3)
- (3) saja
- Semua benar

Jawaban : A

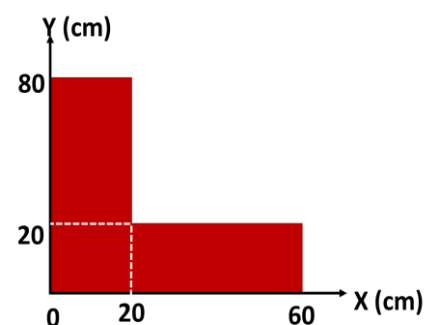
9. Dua buah lembar papan homogen digabungkan seperti yang ada pada gambar. Letak titik berat benda gabungan tersebut dalam satuan cm adalah ...

- (20,30)
- (20,40)
- (30,20)
- (30,30)
- (30,40)

Jawaban : A

Diketahui :

- $A_1 = 20 \times 80$; $x_1 = 10$; $Y_1 = 40$
- $A_2 = 20 \times 40$; $x_2 = 10$; $Y_2 = 10$



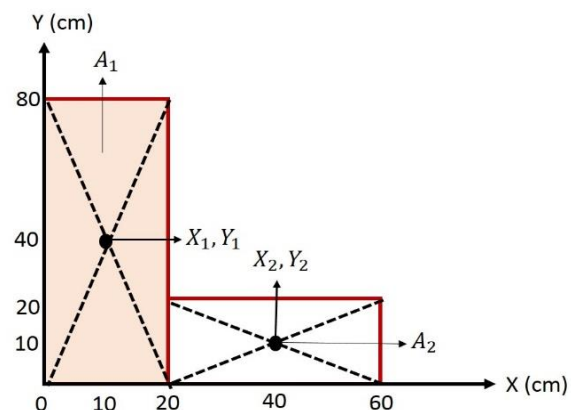
Ditanya : $(X_0, Y_0) = \dots ?$

Jawab :

$$X_0 = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2}{A_1 + A_2}$$

$$X_0 = \frac{(20 \times 80)(10) + (20 \times 40)(40)}{(20 \times 80) + (20 \times 40)}$$

$$X_0 = \frac{(2)(10) + (40)}{(2) + 1} = 20$$



Titik berat pada komponen X adalah 20 cm, sedangkan titik berat pada komponen Y adalah:

$$Y_0 = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2}{A_1 + A_2}$$

$$Y_0 = \frac{(20 \times 80)(40) + (20 \times 40)(10)}{(20 \times 80) + (20 \times 40)}$$

$$Y_0 = \frac{(2)(40) + (10)}{(2) + 1} = 30$$

Sehingga koordinat titik beratnya (20,30)

10. Tiga buah partikel yang bermassa sama menempati koordinat-koordinat (3,0), (1,4) dan (2,5) koordinat titik pusat massa sistem tersebut adalah ...

- a. (1,2) d. (3,2)
 b. (3,3) e. (2,3)
 c. (2,4)

Jawaban : E

Diketahui :

- $m_1 = m_2 = m_3 = m$
- koordinat $m_1 = (3,0)$
- koordinat $m_2 = (1,4)$
- koordinat $m_3 = (2,5)$

Ditanya : $(X_0, Y_0) = \dots ?$

Jawab :

$$X_0 = \frac{m \cdot x_1 + m \cdot x_2 + m \cdot x_3}{m + m + m}$$

$$X_0 = \frac{(3) + (1) + (2)}{3} = 2$$

$$Y_0 = \frac{m \cdot y_1 + m \cdot y_2 + m \cdot y_3}{m + m + m}$$

$$Y_0 = \frac{(0) + (4) + (5)}{3} = 3$$

Jadi koordinat titik beratnya (2,3)

Lampiran 16. Pretest untuk Pengguna (Siswa SMA Kelas XI)



Building
Future
Leaders

UJI LAPANGAN OLEH SISWA SMA KELAS XI

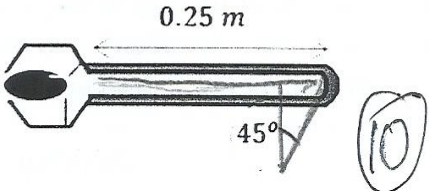
Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) Fisika Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar

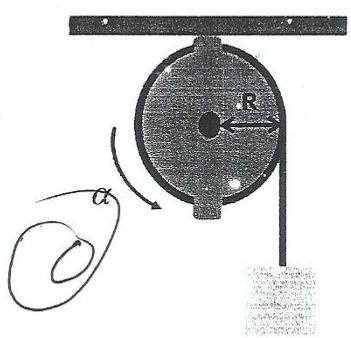
Oleh : Inas Nur Azizah (3215126554)



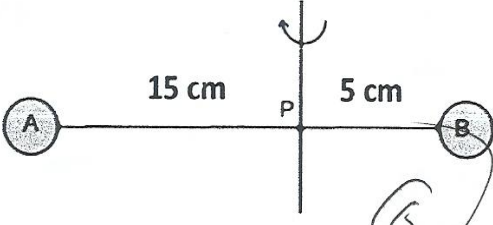

Nama Siswa : Alvie Aditya Pamdani	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">40</div>
Kelas : XI-MIPA 4	
Sekolah : SMAN 22 Jakarta	

Jawablah soal-soal pilihan ganda di bawah ini, jika terdapat uraian jawaban maka tuliskan uraiannya di kolom "Jawaban" di bawah ini. Apabila ada yang tidak mengerti silahkan ditanyakan ke peneliti.

Butir Soal	Jawaban
<p>1. Torsi atau momen gaya adalah kemampuan suatu benda untuk melakukan gerak rotasi. Hal-hal yang mempengaruhi torsi yaitu di bawah ini, <i>kecuali</i>...</p> <p>a. Gaya ✓ F (10)</p> <p>b. Percepatan sudut α ✓</p> <p>c. Momen Inersia I ✓</p> <p>d. Panjang lengan gaya l ✓</p> <p>e. Momentum Sudut</p>	
<p>2. Jika kita membuka baut menggunakan bantuan alat berupa kunci inggris. Agar lebih ringan dalam mengangkat lengan kunci inggris tersebut maka kita dapat memberikan gaya pada ... (10)</p> <p>a. Posisi lengan kunci inggris yang dekat dengan baut</p> <p>b. Posisi ujung lengan kunci inggris yang jauh dari baut</p>	

<p>c. Posisi sudut yang tegak lurus terhadap lengan kunci inggris</p> <p>d. Jawaban A dan C keduanya benar</p> <p>e. Jawaban B dan C keduanya benar</p>	
<p>3. Gaya yang dikerjakan oleh kunci inggris dengan panjang 0,25 m kepada sekrup adalah 25 N dengan membentuk sudut 45 seperti pada ilustrasi di samping. Besar torsi yang diakibatkan oleh gaya tersebut adalah ...</p>  <p style="text-align: center;">$F = 25 \text{ N}$</p> <p>a. $3,125 \sqrt{2} \text{ Nm}$ d. $3,654 \sqrt{2} \text{ Nm}$</p> <p>b. $3,334 \sqrt{2} \text{ Nm}$ e. $3,855 \sqrt{2} \text{ Nm}$</p> <p>c. $3,415 \sqrt{2} \text{ Nm}$</p>	<p>$l = 0,25$</p> <p>$\alpha = 45$</p> <p>$F = 25$</p> <p>$T = 25 \cdot \cos 45 \cdot 0,25$</p> <p>$= 25 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 0,25$</p> <p>$= 3,125$</p>
<p>4. Berikut ini pernyataan yang benar tentang besaran-besaran Hukum II Newton pada gerak rotasi yang benar kecuali ...</p> <p>a. Torsi analog dengan gaya pada gerak linier.</p> <p>b. Percepatan sudut analog dengan percepatan linier.</p> <p>c. Torsi sebanding dengan percepatan sudut.</p> <p>d. Torsi berbanding terbalik dengan percepatan sudut</p> <p>e. Momen inersia pada gerak rotasi analog dengan massa pada gerak linier</p>	
<p>5. Sebuah roda pejal memiliki momen inersia 5 kgm^2 dalam keadaan diam. Sebuah momen</p>	

<p>gaya sebesar 4 Nm bekerja pada roda tersebut. Besar percepatan sudut yang dialami roda adalah...</p> <p>a. $0,5 \text{ rad/s}^2$ d. $1,5 \text{ rad/s}^2$ b. $0,8 \text{ rad/s}^2$ e. $2,0 \text{ rad/s}^2$ c. $1,0 \text{ rad/s}^2$ (10)</p>	<p>$\tau = 4 \text{ I } \alpha$ $\alpha ?$ $\frac{\tau}{I} = \frac{4}{5} = 0,8$</p>
<p>6. Sebuah katrol bermassa 2 kg, katrol tersebut dililitkan tali yang ujungnya diberi beban bermassa 1 kg seperti gambar. Apabila jari-jari pada katrol tersebut adalah 10 cm dan katrol dianggap silinder pejal. Jika percepatan gravitasi bumi adalah $9,8 \text{ m/s}^2$ maka percepatan sudut katrol sebesar . . .</p> <p>a. 49 rad/s^2 b. 72 rad/s^2 c. 65 rad/s^2 d. 90 rad/s^2 e. 98 rad/s^2 (10)</p> 	
<p>7. Berikut ini pernyataan yang benar tentang momen inersia adalah . . . (10)</p> <p>a. Kecenderungan gaya untuk merotasikan benda terhadap sumbu tertentu. b. Gaya yang menyebabkan gerak rotasi bergantung pada besarnya momen inersia dan percepatan sudut benda. c. Ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut rotasinya. d. Ukuran tingkat kesukaran benda untuk berhenti berputar.</p>	

<p>e. Energi untuk benda bergerak translasi, rotasi dan menggelinding</p>	
<p>8. Momen inersia sebuah katrol yang berotasi terhadap titik tetap dipengaruhi oleh ...</p> <p>a. Massa katrol b. Volume katrol c. Jari-jari katrol d. Jawaban A dan B benar e. Jawaban A dan C benar</p>	
<p>9. Sebuah silinder berongga yang bermassa 8 kg, memiliki diameter luar 8 m dan diameter dalam 6 m, momen inersia silinder tersebut terhadap sumbu horizontal melalui titik pusatnya adalah ...</p> <p>a. 100 kgm^2 b. $60 kgm^2$ c. $30 kgm^2$ d. $20 kgm^2$ e. $10 kgm^2$</p>	
<p>UN FISIKA 2013</p>	
<p>10. Bola A bermassa 60 gram dan bola B bermassa 40 gram dihubungkan dengan batang AB yang massanya diabaikan. Jika kedua bola diputar dengan sumbu putar P maka momen inersia sistem adalah ...</p>	
	
<p>a. $12,25 \times 10^{-4} kgm^2$ b. $13,50 \times 10^{-4} kgm^2$ c. $14,50 \times 10^{-4} kgm^2$ d. $15,50 \times 10^{-4} kgm^2$ e. $16,25 \times 10^{-4} kgm^2$</p>	

Lampiran 17. Deskripsi nilai *Pretest* untuk Pengguna (Siswa SMA Kelas XI)

No	NAMA	KELAS	JUMLAH SOAL	KRITERIA JAWABAN			SKOR AKHIR
				BENAR	SALAH	KOSONG	
1	Siswa 1	XI MIA 4	10	2	8	0	18
2	Siswa 2	XI MIA 4	10	4	1	5	40
3	Siswa 3	XI MIA 4	10	4	1	5	40
4	Siswa 4	XI MIA 4	10	3	7	0	26
5	Siswa 5	XI MIA 4	10	2	9	0	16
6	Siswa 6	XI MIA 4	10	2	4	5	16
7	Siswa 7	XI MIA 4	10	2	8	0	12
8	Siswa 8	XI MIA 4	10	3	7	0	28
9	Siswa 9	XI MIA 4	10	1	4	5	10
10	Siswa 10	XI MIA 4	10	1	4	5	8
11	Siswa 11	XI MIA 4	10	1	4	5	8
12	Siswa 12	XI MIA 4	10	2	6	2	12
13	Siswa 13	XI MIA 4	10	3	7	0	26
14	Siswa 14	XI MIA 4	10	3	7	0	32
15	Siswa 15	XI MIA 4	10	3	4	3	26
16	Siswa 16	XI MIA 4	10	3	7	0	30
17	Siswa 17	XI MIA 4	10	2	8	0	34
18	Siswa 18	XI MIA 4	10	3	7	0	26
TOTAL							408
RATA-RATA							22,7

Lampiran 18. PostTest untuk Pengguna (Siswa SMA Kelas XI)

1. PostTest untuk siswa yang mempelajari momen gaya, hukum II Newton rotasi dan momen inersia



Building
Future
Leaders

UJI LAPANGAN OLEH SISWA SMA KELAS XI

Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Fisika Berbasis Discovery Learning Pada Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar

Oleh : Inas Nur Azizah (3215126554)

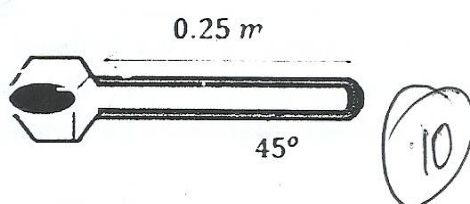
Nama Siswa	: Alvie Aditya R	
Kelas	: XI-MIPA 4	
Sekolah	: SMA N 22 Jakarta	

Jawablah soal-soal pilihan ganda di bawah ini, jika terdapat uraian jawaban maka tuliskan uraiannya di kolom "Jawaban" di bawah ini. Apabila ada yang tidak mengerti silahkan ditanyakan ke peneliti.

Butir Soal	Jawaban
<p>1. Torsi atau momen gaya adalah kemampuan suatu benda untuk melakukan gerak rotasi. Hal-hal yang mempengaruhi torsi yaitu di bawah ini, <i>kecuali</i>...</p> <p>a. Gaya (10)</p> <p>b. Percepatan sudut</p> <p>c. Momen Inersia</p> <p>d. Panjang lengan gaya</p> <p>e. Momentum Sudut</p>	
<p>2. Jika kita membuka baut menggunakan bantuan alat berupa kunci inggris. Agar lebih ringan dalam mengangkat lengan kunci inggris tersebut maka kita dapat memberikan gaya pada ... (10)</p> <p>a. Posisi lengan kunci inggris yang dekat dengan baut</p> <p>b. Posisi ujung lengan kunci inggris yang jauh dari baut</p>	

- c. Posisi sudut yang tegak lurus terhadap lengan kunci inggris
 d. Jawaban A dan C keduanya benar
 e. Jawaban B dan C keduanya benar

3. Gaya yang dikerjakan oleh kunci inggris dengan panjang 0,25 m kepada sekrup adalah 25 N dengan membentuk sudut 45° seperti pada ilustrasi di samping. Besar torsi yang diakibatkan oleh gaya tersebut adalah ...



$$F = 25 \text{ N}$$

- a. $3,125 \sqrt{2} \text{ Nm}$ d. $3,654 \sqrt{2} \text{ Nm}$
 b. $3,334 \sqrt{2} \text{ Nm}$ e. $3,855 \sqrt{2} \text{ Nm}$
 c. $3,415 \sqrt{2} \text{ Nm}$

4. Berikut ini pernyataan yang benar tentang besaran-besaran Hukum II Newton pada gerak rotasi yang benar kecuali ...

- a. Torsi analog dengan gaya pada gerak linier.
 b. Percepatan sudut analog dengan percepatan linier. 10
 c. Torsi sebanding dengan percepatan sudut.
 d. Torsi berbanding terbalik dengan percepatan sudut
 e. Momen inersia pada gerak rotasi analog dengan massa pada gerak linier

5. Sebuah roda pejal memiliki momen inersia 5 kgm^2 dalam keadaan diam. Sebuah momen

$$F = 25$$

$$L = 0,25$$

$$\alpha = 45$$

$$I = 25 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot 0,25$$

$$= 3,125 \sqrt{2}$$

gaya sebesar 4 Nm bekerja pada roda tersebut. Besar percepatan sudut yang dialami roda adalah...

- a. $0,5 \text{ rad/s}^2$ d. $1,5 \text{ rad/s}^2$
 b. $0,8 \text{ rad/s}^2$ e. $2,0 \text{ rad/s}^2$ **10**
 c. $1,0 \text{ rad/s}^2$

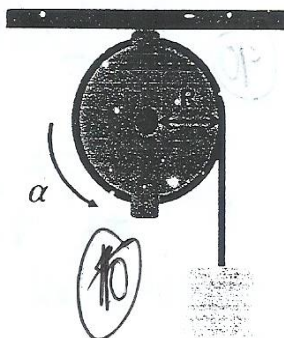
$$I = 5$$

$$\tau = 4$$

$$\alpha = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ rad/s}^2$$

6. Sebuah katrol bermassa 2 kg, katrol tersebut dililitkan tali yang ujungnya diberi beban bermassa 1 kg seperti gambar. Apabila jari-jari pada katrol tersebut adalah 10 cm dan katrol dianggap silinder pejal. Jika percepatan gravitasi bumi adalah $9,8 \text{ m/s}^2$ maka percepatan sudut katrol sebesar...

- a. 49 rad/s^2
 b. 72 rad/s^2
 c. 65 rad/s^2
 d. 90 rad/s^2
 e. 98 rad/s^2 **10**



$$M = 2$$

$$R = 1 = \cancel{0,1} \text{ m}$$

$$m_b = 1 \text{ kg}$$

$$g = 9,8$$

$$I = \frac{1}{2} M r^2$$

$$\tau = I \alpha$$

$$m_b g R = \frac{1}{2} M r^2 \alpha$$

$$\alpha = \frac{2 m_b g R}{M r^2}$$

$$\frac{2(1)(9,8)}{2(0,1)^2} = \frac{19,6}{0,2} = 98 \text{ rad/s}^2$$

7. Berikut ini pernyataan yang benar tentang momen inersia adalah...

- a. Kecenderungan gaya untuk merotasikan benda terhadap sumbu tertentu.
 b. Gaya yang menyebabkan gerak rotasi bergantung pada besarnya momen inersia dan percepatan sudut benda. **10**
 c. Ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut rotasinya.
 d. Ukuran tingkat kesukaran benda untuk berhenti berputar.

e. Energi untuk benda bergerak translasi, rotasi dan menggelinding

8. Momen inersia sebuah katrol yang berotasi terhadap titik tetap dipengaruhi oleh ...

a. Massa katrol
 b. Volume katrol
 c. Jari-jari katrol
 d. Jawaban A dan B benar
 e. Jawaban A dan C benar

10

9. Sebuah silinder berongga yang bermassa 8 kg, memiliki diameter luar 8 m dan diameter dalam 6 m, momen inersia silinder tersebut terhadap sumbu horizontal melalui titik pusatnya adalah ...

a. 100 kgm²
 b. 60 kgm²
 c. 30 kgm²
 d. 20 kgm²
 e. 10 kgm²

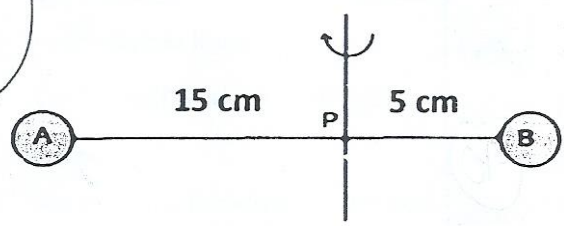
10

$m = 8$
 $D_L = 8$
 $D_D = 6$
 $I = \frac{1}{2} M (R_1^2 + R_2^2)$
 $I = \frac{1}{2} 8 (4^2 + 3^2)$
 $I = 4 (16 + 9) = 100 \text{ kgm}^2$

UN FISIKA 2013

10. Bola A bermassa 60 gram dan bola B bermassa 40 gram dihubungkan dengan batang AB yang massanya diabaikan. Jika kedua bola diputar dengan sumbu putar P maka momen inersia sistem adalah ...

8



- a. $12,25 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
 b. $13,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
 c. $14,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
 d. $15,50 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
 e. $16,25 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$

$m_1 = 60$
 $m_2 = 40$
 $A = 15$
 $B = 5$

~~$I = m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2$~~
 $I = 60 \cdot 15^2 + 40 \cdot 5^2$
 $= 13500 + 1000$
 $= 14500$

tdk dijumlahkan kg dan m

Lampiran 19. Deskripsi nilai *PostTest* untuk Pengguna (Siswa SMA Kelas XI)

No	NAMA	KELAS	JUMLAH SOAL	KRITERIA JAWABAN			SKOR AKHIR
				BENAR	SALAH	KOSONG	
1	SISWA 1	XI MIA 4	10	7	3	0	78
2	SISWA 2	XI MIA 4	10	10	0	0	98
3	SISWA 3	XI MIA 4	10	8	2	0	80
4	SISWA 4	XI MIA 4	10	5	5	0	54
5	SISWA 5	XI MIA 4	10	8	0	2	82
6	SISWA 6	XI MIA 4	10	6	2	2	60
7	SISWA 7	XI MIA 4	10	6	4	0	56
8	SISWA 8	XI MIA 4	10	4	6	0	46
9	SISWA 9	XI MIA 4	10	7	3	0	70
10	SISWA 10	XI MIA 4	10	7	3	0	70
11	SISWA 11	XI MIA 4	10	7	3	0	70
12	SISWA 12	XI MIA 4	10	7	3	0	66
13	SISWA 13	XI MIA 4	10	9	1	0	90
14	SISWA 14	XI MIA 4	10	7	3	0	70
15	SISWA 15	XI MIA 4	10	8	2	0	80
16	SISWA 16	XI MIA 4	10	7	3	0	80
17	SISWA 17	XI MIA 4	10	6	4	0	60
18	SISWA 18	XI MIA 4	10	7	3	0	70
TOTAL							1280
RATA-RATA							71,1

Lampiran 20. Uji Normalitas *PreTest*

NO	NAMA	NILAI		
1	SISWA 1	8	-14,6670	215,1209
2	SISWA 2	8	-14,6670	215,1209
3	SISWA 3	10	-12,6670	160,4529
4	SISWA 4	12	-10,6670	113,7849
5	SISWA 5	12	-10,6670	113,7849
6	SISWA 6	16	-6,6670	44,4489
7	SISWA 7	16	-6,6670	44,4489
8	SISWA 8	18	-4,6670	21,7809
9	SISWA 9	26	3,3330	11,1089
10	SISWA 10	26	3,3330	11,1089
11	SISWA 11	26	3,3330	11,1089
12	SISWA 12	26	3,3330	11,1089
13	SISWA 13	28	5,3330	28,4409
14	SISWA 14	30	7,3330	53,7729
15	SISWA 15	32	9,3330	87,1049
16	SISWA 16	34	11,3330	128,4369
17	SISWA 17	40	17,3330	300,4329
18	SISWA 18	40	17,3330	300,4329
JUMLAH		408		1872,0000
X RATA-RATA		22,667		104,000
STANDAR DEVIASI		10,49369559		

NO	NAMA	NILAI	f kum	Zi	f(z)	s(z)	f(z)-s(z)
1	SISWA 1	8	2	-1,3977	0,0811	0,11111	0,030009
2	SISWA 2	8	2	-1,3977	0,0811	0,11111	0,030009
3	SISWA 3	10	3	-1,2071	0,1137	0,16667	0,052971
4	SISWA 4	12	5	-1,0165	0,15469	0,27778	0,123086
5	SISWA 5	12	5	-1,0165	0,15469	0,27778	0,123086
6	SISWA 6	16	7	-0,6353	0,26261	0,38889	0,126284
7	SISWA 7	16	7	-0,6353	0,26261	0,38889	0,126284
8	SISWA 8	18	8	-0,4447	0,32825	0,44444	0,116192
9	SISWA 9	26	12	0,31762	0,62461	0,66667	0,042054
10	SISWA 10	26	12	0,31762	0,62461	0,66667	0,042054
11	SISWA 11	26	12	0,31762	0,62461	0,66667	0,042054
12	SISWA 12	26	12	0,31762	0,62461	0,66667	0,042054
13	SISWA 13	28	13	0,50821	0,69435	0,72222	0,027875
14	SISWA 14	30	14	0,6988	0,75766	0,77778	0,020116
15	SISWA 15	32	15	0,88939	0,8131	0,83333	0,020230
16	SISWA 16	34	16	1,07998	0,85992	0,88889	0,028964
17	SISWA 17	40	18	1,65175	0,95071	1	0,049292
18	SISWA 18	40	18	1,65175	0,95071	1	0,049292

JUMLAH SISWA	N	18
ALPHA	A	0,05
NILAI L TABEL	0,239	
NILAI L HITUNG	0,126284	
DIKARENAKAN NILAI L HITUNG < NILAI L TABEL MAKA DAPAT DISIMPULKAN HASIL NILAI PRE TEST TERDISTRIBUSI NORMAL		

Lampiran 21. Uji Normalitas *PostTest*

NO	NAMA	NILAI		
1	SISWA 1	46	-25,1110	630,5623
2	SISWA 2	54	-17,1110	292,7863
3	SISWA 3	56	-15,1110	228,3423
4	SISWA 4	60	-11,1110	123,4543
5	SISWA 5	60	-11,1110	123,4543
6	SISWA 6	66	-5,1110	26,1223
7	SISWA 7	70	-1,1110	1,2343
8	SISWA 8	70	-1,1110	1,2343
9	SISWA 9	70	-1,1110	1,2343
10	SISWA 10	70	-1,1110	1,2343
11	SISWA 11	70	-1,1110	1,2343
12	SISWA 12	78	6,8890	47,4583
13	SISWA 13	80	8,8890	79,0143
14	SISWA 14	80	8,8890	79,0143
15	SISWA 15	80	8,8890	79,0143
16	SISWA 16	82	10,8890	118,5703
17	SISWA 17	90	18,8890	356,7943
18	SISWA 18	98	26,8890	723,0183
JUMLAH		1280		2913,7778
X RATA-RATA		71,111		161,877
STANDAR DEVIASI		13,09193241		

NO	NAMA	NILAI	f kum	Zi	f(z)	s(z)	f(z)-s(z)
1	SISWA 1	46	1	-1,9181	0,02755	0,05556	0,028003
2	SISWA 2	54	2	-1,307	0,09561	0,11111	0,015503
3	SISWA 3	56	3	-1,1542	0,1242	0,16667	0,042462
4	SISWA 4	60	6	-0,8487	0,19803	0,33333	0,135307
5	SISWA 5	60	6	-0,8487	0,19803	0,33333	0,135307
6	SISWA 6	66	6	-0,3904	0,34812	0,33333	0,014790
7	SISWA 7	70	11	-0,0849	0,46619	0,61111	0,144925
8	SISWA 8	70	11	-0,0849	0,46619	0,61111	0,144925
9	SISWA 9	70	11	-0,0849	0,46619	0,61111	0,144925
10	SISWA 10	70	11	-0,0849	0,46619	0,61111	0,144925
11	SISWA 11	70	11	-0,0849	0,46619	0,61111	0,144925
12	SISWA 12	78	12	0,5262	0,70063	0,66667	0,033959
13	SISWA 13	80	15	0,67897	0,75142	0,83333	0,081912
14	SISWA 14	80	15	0,67897	0,75142	0,83333	0,081912
15	SISWA 15	80	15	0,67897	0,75142	0,83333	0,081912
16	SISWA 16	82	16	0,83173	0,79722	0,88889	0,091669
17	SISWA 17	90	17	1,4428	0,92546	0,94444	0,018983
18	SISWA 18	98	18	2,05386	0,98001	1	0,019995

JUMLAH SISWA	N	18
ALPHA	A	0,05
NILAI L TABEL	0,239	
NILAI L HITUNG	0,144925	
DIKARENAKAN NILAI L HITUNG < NILAI L TABEL MAKA DAPAT DISIMPULKAN HASIL NILAI POST TEST TERDISTRIBUSI NORMAL		

Lampiran 22. Hasil Uji Gain *Pretest* dan *Posttest*

No.	Nama	Pre-Test	Post-Test	N-Gain
1	SISWA 1	18	78	0,7317
2	SISWA 2	40	98	0,9667
3	SISWA 3	40	80	0,6667
4	SISWA 4	26	54	0,3784
5	SISWA 5	16	82	0,7857
6	SISWA 6	16	60	0,5238
7	SISWA 7	12	56	0,5000
8	SISWA 8	28	46	0,2500
9	SISWA 9	10	70	0,6667
10	SISWA 10	8	70	0,6739
11	SISWA 11	8	70	0,6739
12	SISWA 12	12	66	0,6136
13	SISWA 13	26	90	0,8649
14	SISWA 14	32	70	0,5588
15	SISWA 15	26	80	0,7297
16	SISWA 16	30	80	0,7143
17	SISWA 17	34	60	0,3939
18	SISWA 18	26	70	0,5946
TOTAL		408	1280	11,2873
RATA-RATA		22,67	71,11	0,63

Lampiran 23. Instrumen Tanggapan Peserta Didik SMA Kelas XI



Building
Future
Leaders

INSTRUMEN UJI LAPANGAN OLEH PENGGUNA

Pengembangan Modul Elektronik (*E-Module*) Fisika
Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika
Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar

Oleh : Inas Nur Azizah (3215126554)

Nama Siswa : Dinda febrl Istiana

NIK :

Sekolah : SMAN 22 Jakarta.

Petunjuk pengisian: Berilah tanda *checklist* (√) pada kolom skor sesuai dengan penilaian pengguna terhadap modul elektronik (*e-module*) Fisika.

Keterangan : 1 = Sangat Tidak Setuju

2 = Tidak Setuju

3 = Ragu-Ragu

4 = Setuju

5 = Sangat Setuju

No	Pernyataan	Tingkat Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Tampilan sampul depan <i>e-module</i> sudah menarik					√
2	Sajian isi <i>e-module</i> membantu pengguna memahami bagian-bagian isi module					√
3	Peta konsep sudah memperlihatkan kaitan antar topik				√	
4	Pendahuluan materi membantu pengguna mengetahui deskripsi umum isi kegiatan belajar					
5	Materi yang dibahas mudah dipahami pengguna					√
6	Materi yang dibahas sudah berkaitan dengan kehidupan sehari-hari					√
7	Video yang disajikan dalam <i>e-module</i> sudah menarik					√
8	Video yang disajikan memudahkan pengguna untuk memahami materi fisika					√
9	Tiap simulasi sudah menyajikan data secara lengkap				√	

10	Simulasi dan animasi yang disajikan sudah membantu pengguna memahami materi fisika					✓
11	Simulasi dan animasi yang disajikan sudah menarik					✓
12	Gambar yang disajikan sudah menunjang penjelasan verbal materi fisika				✓	
13	Gambar yang disajikan sudah menarik dan beresolusi baik					✓
14	Tiap isi tabel data berkaitan dengan data dari simulasi				✓	
15	Ukuran tabel dan grafik yang disajikan dalam <i>e-module</i> sudah proporsional tiap halaman					✓
16	Skala dan kurva grafik sudah terbaca dengan jelas				✓	
17	Tiap grafik sudah menggambarkan isi tabel data				✓	
18	Tiap persamaan matematis sudah dilengkapi keterangan simbol, Satuan Internasional dan nomor persamaan yang konsisten					✓
19	Rangkuman sudah tersedia secara lengkap dan memudahkan pengguna memahami isi materi fisika				✓	
20	Tersedianya tes awal, tes formatif dan evaluasi sumatif secara lengkap, menarik dan mudah digunakan				✓	
21	Secara keseluruhan kombinasi warna huruf, <i>font size</i> huruf, dan penggunaan jenis huruf sudah menarik					✓
22	Secara keseluruhan desain dan tata letak pada semua konten <i>e-module</i> sudah menarik					✓
23	Secara keseluruhan komposisi dan perpaduan warna pada semua konten <i>e-module</i> sudah menarik.					✓
24	Penyajian <i>e-module</i> fisika dapat meningkatkan minat baca pengguna					✓
25	Gaya bahasa yang digunakan sederhana, mudah dipahami dan komunikatif					✓

Saran tentang modul :

Semoga semua mapel ada E-Modulnya ☺

Jakarta, 07 - 08 - 2017 .



Dinda Febri Istiana

Lampiran 24. Deskripsi Tanggapan Peserta Didik SMA Kelas XI

No	NAMA	TEKNIK PENYAJIAN E-MODULE																	CAKUPAN MATERI						KEBAHASAAN	
		1	2	3	4	7	8	9	10	11	12	13	19	20	21	22	23	24	5	6	14	15	16	17		18
1	AL FITRIANI	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5
2	ALVIE ADITYA RAMDANI	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5
3	DAFFA RIZKY	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	DHIPA RILNA PUTRA	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	5	3	4	5	4	5	4	4
5	GRACE SHAFADITA	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	5
6	IRVAN CHRISTIAN	4	5	3	4	2	4	4	5	5	4	4	5	4	4	4	4	5	3	4	3	4	5	5	5	5
7	BAGUS TRESNA	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4
8	CHRISTIAN CANDRA M	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5
9	CITRA MUTIARA FANI	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5
10	DEVI LESIANI	5	5	4	5	5	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	5	5
11	DINDA FEBRI ISTIANA	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5
12	DWITA UTAMI	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5
13	ANDRIYANI SAFFANAH	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	BINTANG GITANO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	3	5	4	5	3	5	5
15	CECILIA SYADIRA	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5
16	CUT FATINAH DILA	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	DEA ADINDA SYAHNA MU	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
18	DIMAS PRIHANDOKO	5	5	5	4	3	5	4	5	5	5	4	4	3	4	5	5	5	4	5	3	4	5	4	5	5
TOTAL		85	86	79	84	83	88	85	87	89	86	87	84	83	85	83	88	88	85	82	76	83	84	87	83	88
RATA-RATA		4,72222	4,778	4,3889	4,667	4,611	4,8889	4,722	4,833	4,944	4,7778	4,833	4,6667	4,6111	4,7222	4,6111	4,8889	4,889	4,722	4,556	4,2222	4,611	4,667	4,833	4,6111	8,8
PERSENTASE (%)		94,44	95,56	87,78	93,33	92,22	97,78	94,44	96,67	98,89	95,56	96,67	93,33	92,22	94,44	92,22	97,78	97,78	94,44	91,11	84,44	92,22	93,33	96,67	92,22	97,78
TOTAL PERSENTASE (%)		94,8																	92,1						97,8	
RATA-RATA PERSENTASE (%)		94,9																								

Lampiran 25. Dokumentasi Penelitian



Uji keterbacaan terhadap 5 siswa



uji coba terhadap 18 siswa



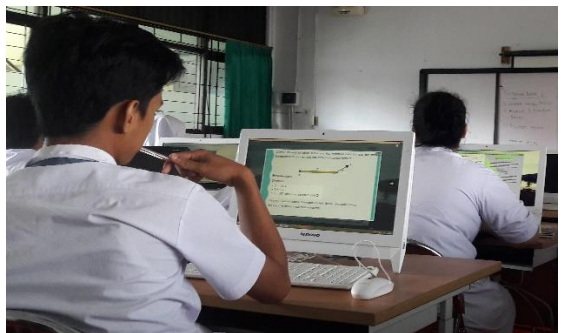
Siswa/i membaca teks dalam *e-module*



siswa/i menjalankan simulasi



siswa/i menjalankan video



siswa/i memahami contoh soal



siswa/i mengerjakan post test



siswa/i mengerjakan soal post test

Lampiran 26. Surat Permohonan izin penelitian ke sekolah

1. Permohonan Izin Penelitian ke SMA Negeri 103 Jakarta



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Kampus B, Jl. Pemuda No. 10 Rawamangun Jakarta 13220
Telepon : (021) 4894909 Fax. : (021) 4894909 E-mail : dekanfmipa@unj.ac.id

No : 416/6.FMIPA/DT/2017 Jakarta, 31 Mei 2017
Lamp. : -
Hal : Permohonan Uji Lapangan

Kepada Yth.
Kepala **SMA Negeri 103 Jakarta**
Jl. Mawar Merah VI, Perumnas Klender Duren Sawit
di.
Jakarta Timur

Dengan hormat,

Sehubungan dengan persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Institusi kami maka dengan ini kami memohon kepada Bapak/Ibu **Kepala SMA Negeri 103 Jakarta**, untuk memberi kesempatan kepada mahasiswa kami atas nama:

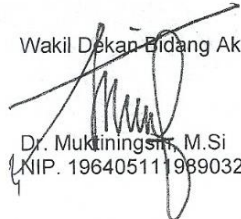
No	Nama	No Reg.	Judul
1.	In.as Nur Azizah	3215126554	Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning Pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar

Untuk melaksanakan Permohonan Uji Lapangan dalam menyelesaikan skripsi agar mendapatkan kompetensi yang harus dimiliki sebagai Sarjana nantinya, adapun Permohonan Uji Lapangan tersebut akan dilaksanakan pada bulan **Juni - Juli 2017**.

Merupakan suatu kehormatan bagi kami atas kesempatan yang diberikan semoga hal ini bisa memberikan manfaat bagi kedua pihak.

Demikian permohonan ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasamanya yang baik diucapkan terima kasih.

Wakil Dekan Bidang Akademik,


Dr. Muktiningsih, M.Si
NIP. 196405111989032001

Tembusan :

1. Dekan
2. Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika
3. Kasubag Akademik Kemahasiswaan dan Alumni
4. Mahasiswa ybs

2. Permohonan Izin Penelitian ke SMA Negeri 22 Jakarta



*Building
Future
Leaders*

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
Kampus A, Gedung Hasjim Asjarie Rawamangun, Jakarta Timur 13220
Telp. : (021) 4894909, 08111937664, 08111511664 Fax. : (021) 4894909 E-mail : dekanfmipa@unj.ac.id

No : 701/6.FMIPA/DT/2017
Hal : Permohonan ijin Penelitian

24 Juli 2017

Yth.
SMA Negeri 22 Jakarta
Jl. Kramat Asem, Utan Kayu Selatan, Matraman
Jakarta 13120

Dengan hormat,

Sehubungan dengan persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Institusi kami maka dengan ini kami memohon kepada Bapak/Ibu **SMA Negeri 22 Jakarta**, untuk memberi kesempatan kepada mahasiswa kami atas nama :

No	Nama	No Reg.	Judul
1.	Inas Nur Azizah	3215126549	Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Fisika Berbasis Discovery Learning Pada Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar

Untuk melaksanakan Penelitian dalam tugas menyelesaikan skripsi agar mendapatkan kompetensi yang harus dimiliki sebagai Sarjana nantinya. Adapun Penelitian tersebut akan dilaksanakan pada bulan **Juli 2017**.

Merupakan suatu kehormatan bagi kami atas kesempatan yang diberikan semoga hal ini bisa memberikan manfaat bagi kedua pihak.

Demikian permohonan ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasamanya yang baik diucapkan terima kasih.

Wakil Dekan Bidang Akademik,

Dr. Muktiningsih M. Si
NIP. 196405111989032001

Tembusan :

1. Dekan
2. Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika
3. Kasubag Akademik Kemahasiswaan dan Alumni
4. Mahasiswa ybs

Lampiran 27. Surat Keterangan Telah Melaksanakan Penelitian

1. Surat Keterangan Penelitian di SMA Negeri 103 Jakarta



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBU KOTA JAKARTA
DINAS PENDIDIKAN

SMA NEGERI 103 JAKARTA

Jl. Mawar Merah VI Perumnas Klender Malaka Jaya Duren Sawit

Telp. (021) 8622372, Fax. (021) 86601939

E-mail. sma_negeri103@yahoo.com Web-Site. <http://www.sman103-jkt.sch.id>
Jakarta Timur 13460

SURAT KETERANGAN

Nomor : 0407/-089.1

TENTANG UJI LAPANGAN

Kepala SMA Negeri 103 Jakarta menerangkan bahwa

Nama : INAS NUR AZIZAH
NPM : 3215126554
Fakultas : FMIPA

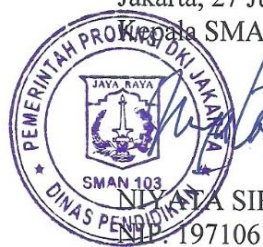
Telah melaksanakan Uji Lapangan pada tanggal 27 Juli 2017 di SMA Negeri 103 Jakarta dalam rangka penyusunan skripsi yang berjudul :

“ Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Fisika Berbasis Discovery Learning . “

Demikian surat keterangan ini kami buat, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 27 Juli 2017

Kepala SMA Negeri 103 Jakarta



NIYATI SIRAT, S.Pd

NIP. 197106101997022002

2. Surat Keterangan Penelitian di SMA Negeri 22 Jakarta



SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) NEGERI 22 JAKARTA

SURAT KETERANGAN

NOMOR : 737 / -1.851.622

TENTANG
PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

- a. Nama : **Dra. Hj. SRI SARIWARNI, M.Pd**
- b. NIP / NRK : 196905151999032004 / 163391
- c. Pangkat / Golongan : Penata Tk. 1 / III.d
- d. Jabatan : Kepala Sekolah

dengan ini menerangkan bahwa :

- a. Nama : **INAS NUR AZIZAH**
- b. No. Registrasi : 3215126554
- c. Program Studi : Pendidikan Fisika
- d. Strata : S. 1
- e. Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)
- f. Universitas : Universitas Negeri Jakarta

Bermaksud :

Telah melaksanakan Penelitian di SMA Negeri 22 Jakarta dalam rangka menyusun penulisan skripsi yang berjudul " Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Fisika Berbasis *Discovery Learning* Pada Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar " dengan memberikan questioner dan penggunaan laboratorium komputer untuk uji coba produk terhadap siswa / siswi SMA Negeri 22 Jakarta sebanyak 18 orang dari kelas XI. MIPA. 4 pada hari Jum'at tanggal 04 Agustus 2017 dan hari Senin tanggal 07 Agustus 2017.

Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dikeluarkan di Jakarta
pada tanggal 08 Agustus 2017

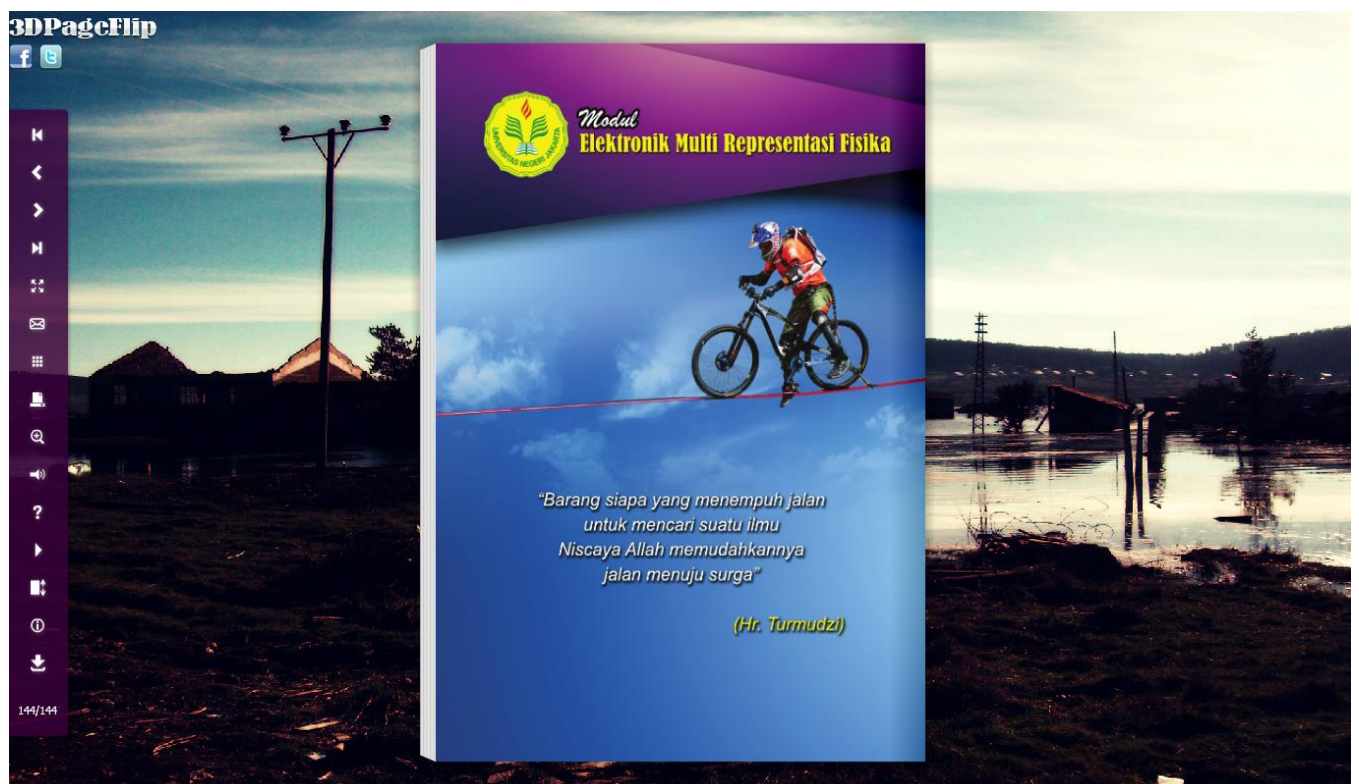
Kepala Sekolah,



Dra. Hj. SRI SARIWARNI, M.Pd

NIP / NRK. 196905151999032004 / 163391

Lampiran 28. Produk Modul Elektronik Fisika



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Inas Nurazizah. Anak tunggal dari pasangan bapak mokh Wahidin dan Ibu Lilis Lestari. Lahir di Magetan, 17 Juli 1994. Bertempat tinggal di Perumahan Vila Mutiara Gading Blok E7 no 16A RT 002 RW 015, Kelurahan Setia Asih, Kecamatan Taruma Jaya, Kabupaten Bekasi, 17215.

Berikut riwayat pendidikan penulis:

- | | |
|-------------|---|
| 1999 – 2000 | : TK Islam Al-Jupri |
| 2000 – 2006 | : SD Negeri 03 Setia Asih |
| 2006 – 2009 | : SMP Negeri 19 Bekasi |
| 2009 – 2012 | : SMA Negeri 10 Bekasi |
| 2012 – 2017 | : Program Studi Pendidikan Fisika Non Reguler 2012, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta |



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan bahan ajar berupa modul elektronik fisika ini. Modul ini menggunakan model pembelajaran **discovery learning** yang terdiri dari enam tahapan yakni pertama stimulasi dan kedua identifikasi masalah dimana terdapat permasalahan awal serta hipotesis, ketiga pengumpulan data dimana terdapat simulasi untuk mencari data-data untuk membuktikan hipotesis melalui percobaan, keempat perhitungan data dimana siswa dapat menghitung data dan menggambarkan ke dalam grafik, kelima verifikasi/pembuktian dimana terdapat kajian literatur untuk membuktikan hipotesis dan terakhir generalisasi sebagai tahap kesimpulan dari tiap sub materi.

Modul elektronik ini dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran secara mandiri yang dilengkapi dengan berbagai konten pendukung berupa audio, video, animasi, simulasi, serta soal-soal yang dapat terhubung ke *e-mail* sehingga memudahkan pendidik untuk mengetahui hasil belajar peserta didik kapan dan dimana saja.


Pengembangan Modul elektronik fisika ini dilakukan dengan bimbingan, bantuan, saran, dan dukungan dari berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terutama kepada Bapak Fauzi Bakri, S.Pd, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dwi Susanti, M.Pd selaku dosen pembimbing II.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam modul elektronik ini. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis senantiasa menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Dengan adanya modul elektronik ini diharapkan para peserta didik lebih termotivasi dalam mempelajari fisika dan memudahkan peserta didik dalam mempersiapkan kegiatan pembelajaran di kelas.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Penulis

Inas Nur Azizah





DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	2
Daftar Isi.....	3
Sajian Isi Modul.....	4

PENDAHULUAN

Deskripsi Singkat dan Prasyarat Modul.....	9
KI dan KD.....	10
Tujuan Pembelajaran.....	11
Peta Konsep.....	12
Petunjuk Penggunaan.....	13
Cek kemampuan.....	14

KEGIATAN BELAJAR 1

Peta Konsep KB 1	16
Tujuan Pembelajaran KB 1	17
Uraian Materi Dinamika Rotasi.....	18
Rangkuman.....	91
Tes Formatif KB 1.....	93
Kunci Jawaban Tes Formatif KB 1.....	94

KEGIATAN BELAJAR 2

Peta Konsep KB 2	98
Tujuan Pembelajaran KB 2	99
Uraian Materi Kesetimbangan Benda Tegar.....	100
Rangkuman.....	127
Tes Formatif KB 2.....	129
Kunci Jawaban Tes Formatif KB 2.....	130

PENUTUP

Evaluasi Sumatif	133
Tindak lanjut dan Harapan.....	134
Glosarium.....	135
Daftar Pustaka.....	138
Kunci Jawaban Tes Evaluasi.....	139



SAJIAN ISI MODUL



Cover Modul

Sampul utama modul elektronik multirepresentasi fisika untuk bahasan dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

Deskripsi Singkat dan Prasyarat

Mendeskripsikan secara singkat tentang modul dan menguraikan syarat apa saja yang harus dikuasai sebelum menggunakan modul.



Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Kurikulum 2013 Revisi	
KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dituju.	1.1. Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagad raya terhadap keberadaan Tuhan yang menciptakannya. 1.2. Menyadari keberadaan Tuhan yang mengatur keberadaan materi dan bumi sehingga memiliki gaya gravitasi, orbit, dan temperatur yang sesuai untuk kehidupan manusia di muka bumi.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1. Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi. 2.2. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan.
3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, keragaman, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.	3.1. Menerapkan konsep torque, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statik dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.	

Kompetensi Inti dan kompetensi Dasar

Kompetensi inti dan kompetensi dasar modul yang sesuai dengan Kurikulum 2013 Revisi yang akan dibahas dan dicapai dalam pembelajaran.

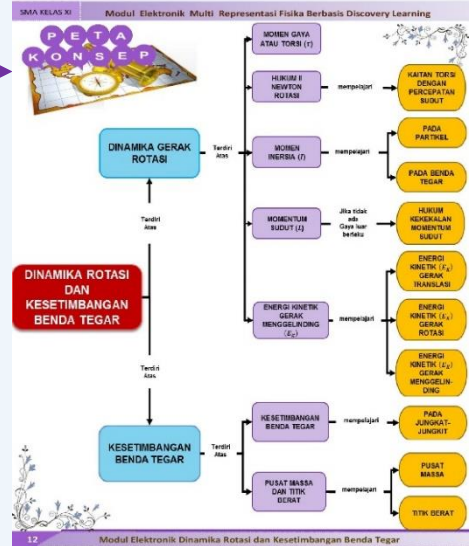
Tujuan Pembelajaran

Berisi tujuan yang akan dicapai peserta didik setelah menyelesaikan 1 KB (Kegiatan Belajar).

Tujuan Pembelajaran	
TUJUAN PEMBELAJARAN	MATERI
1. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep momen gaya atau torsi pada gerak rotasi benda tegar.	KB 1 : Dinamika Gerak Rotasi 1. Momen gaya atau torsi 2. Kaitan torsi dengan percepatan sudut 3. Momen inersia pada partikel dan benda tegar. 4. Momentum sudut rotasi dan Hukum kekekalan momentum sudut rotasi 5. Energi gerak rotasi, translasi dan menggelinding
2. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep momen inersia pada berbagai benda tegar.	
3. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep momentum sudut pada gerak rotasi benda tegar.	
4. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan persamaan Hukum Kekekalan momentum sudut pada gerak rotasi benda tegar.	
5. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan persamaan energi mekanik pada gerak menggelinding.	
1. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep kesetimbangan translasi pada sistem partikel.	KB 2 : Kesetimbangan Benda Tegar 1. Kesetimbangan translasi 2. Kesetimbangan rotasi 3. Titik berat partikel dan benda tegar
2. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep kesetimbangan rotasi pada benda tegar.	
3. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep dan persamaan titik berat pada partikel dan benda tegar.	

Peta Konsep

Bagan rincian materi atau konsep yang akan dibahas dalam tiap KB (Kegiatan Belajar).



CEK KEMAMPUAN

Di kelas X kita telah mempelajari tentang dinamika partikel, dimana suatu benda (dianggap suatu titik atau materi) akan mengalami gerak translasi jika ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Secara fisis, ini artinya resultan gaya pada benda tersebut tidak nol atau secara matematis dapat ditulis :

$$\sum F \neq 0$$

Ingatk! Gerak Translasi adalah gerak lurus

Dalam modul ini, kita akan mempelajari *Dinamika Rotasi* dimana resultan gaya dapat menyebabkan gerak translasi dan juga rotasi. Selain itu kita juga akan mempelajari *Keseimbangan Benda Tegar* dimana benda dapat mencapai posisi kesetimbangannya dengan syarat-syarat tertentu. Namun, sebelum kita benar-benar memulai kegiatan belajar pada modul ini, mari kita meninjau kembali materi yang menjadi prasyarat untuk mempelajari modul ini dengan mengerjakan soal-soal berikut untuk mengecek kemampuan prasyarat.

Klik ini untuk mengerjakan soal Cek Kemampuan

Selamat Mengerjakan

Cek Kemampuan

Berisi soal tes pengetahuan awal

Tampilan Awal Kegiatan Belajar

Halaman muka yang berisi informasi sebelum memasuki kegiatan belajar.

Kegiatan belajar 1 Dinamika rotasi

Materi pembelajaran

- Momen Gaya
- Hukum II Newton Rotasi
- Momen Inersia
- Momentum Sudut
- Energi Kinetik Gerak Menggelinding

Sekilas dalam Kegiatan Belajar 1

PENDAHULUAN KB 1

Jika kita memperhatikan video diatas kita dapat mengetahui bahwa gerak rotasi merupakan fenomena fisika yang sangat dekat dengan kehidupan sehari hari kita, mulai dari bangun tidur sampai tidur kembali kita senantiasa melakukan beberapa aktivitas dengan gerak rotasi. Contohnya seperti kita menyikat gigi, mengayuh sepeda, merani, melakukan olahraga dan sebagainya. Demikian pula dengan benda-benda yang ada di sekeliling kita juga dapat melakukan gerak rotasi apabila benda-benda tersebut kita berikan gaya. Contohnya seperti memutar kunci inggris, roda, katrol, Compact Disk, gerakan pada kipas angin dan sebagainya. Bahkan kita pun hidup di atas bumi yang setiap harinya melakukan gerak rotasi terhadap porosnya.

Saat melakukan gerak rotasi ada beberapa besaran dan persamaan fisis yang dapat kita amati, diantaranya torsi atau momen gaya, momen inersia, Hukum II Newton untuk gerak rotasi, momentum sudut dan energi gerak rotasi serta gerak menggelinding. Di antara besaran-besaran fisis tersebut selalu memperlihatkan gaya yang menjadi penyebab dari gerak rotasi. Hal inilah yang kita sebut sebagai **dinamika rotasi** yang menjadi pokok bahasan dalam *Kegiatan Belajar 1*.

Pendahuluan

Pengantar sebelum memasuki bahasan materi yang disajikan berupa cuplikan video.

Tahap Stimulasi

Berupa video agar peserta didik melakukan kegiatan mengamati dari video yang ditampilkan.

A. Momen Gaya (Torsi)

Kita telah mengetahui penyebab benda untuk menjadi bergerak translasi adalah gaya pada benda tersebut. Hal serupa untuk membuat benda tersebut bergerak rotasi, maka kita perlu mengerjakan momen gaya atau torsi pada benda tersebut. Ternyata ada banyak sekali penerapan gerak rotasi dalam kehidupan kita. Seperti pada perpotanan atau rotasi pada baut atau sekrup.

Dalam video di samping ditampilkan kegiatan orang yang ingin melepas baut yang ada dalam roda menggunakan kunci inggris khusus untuk sekrap roda. Perhatikanlah video di samping ini!

Sumber video : <https://www.youtube.com/watch?v=gzG8LzraY>

Setelah kita mengamati video di atas, maka pertanyaan yang muncul adalah sebagai berikut :

- 1. Dalam video stimulasi, dimanakah yang menjadi titik pusat gerak rotasi benda?
- 2. Bagaimana cara kerja kunci inggris sehingga dapat memutar sekrap besar yang ada pada roda?
- 3. Bagaimanakah caranya mengetahui besar momen gaya atau torsi? Dan apakah pengaruh dari torsi terhadap gerak rotasi benda pertama pada sekrap?
- 4. Mengapa ketika menggunakan kunci inggris yang panjangnya lebih pendek, sekrap pada roda mobil tersebut tidak dapat memutar?

Berikut ini adalah jawaban sementara atau hipotesis yang didapatkan dari pertanyaan-pertanyaan di atas. Hipotesis ini tentunya belum dibuktikan sehingga belum di ketahui benar atau salahnya.

Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

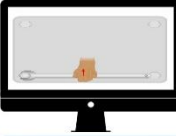
I D E N T I F I K A S I M A S A L A H

Dalam video stimulation, titik yang menjadi pusat gerak rotasi adalah sekrup besar yang ada pada roda mobil tersebut. Gaya sebesar F yang kita berikan pada kunci inggris akan mampu menggerakkan sekrup maju atau mundur, tergantung pada arah gaya yang kita berikan pada kunci inggris tersebut, namun gaya yang kita berikan juga bergantung pada jarak dari sekrup tersebut ke arah yang disebut dengan momen gaya atau torsi. Untuk mengetahui nilai torsi adalah dengan mengkalikan besar gaya (F) dan lengan gaya (l) serta sudut (θ) antara garis gaya dan lengan gaya. Semakin besar nilai torsi maka akan semakin mudah dalam merotasi sekrup dan gaya yang diberikan akan lebih kecil. Sehingga itulah sebabnya jika menggunakan kunci inggris yang lengannya pendek maka sekrup sulit untuk berotasi karena dibutuhkan gaya yang lebih besar. Dan sekrup akan berotasi dengan gaya yang lebih kecil jika kita memberikan gaya pada jarak yang lebih jauh dari sekrup tersebut, hal tersebut bisa dilakukan dengan menambah panjang lengan pada kunci inggris.

Untuk membalikan hipotesis-hipotesis yang telah kita buat, mari kita melakukan percobaan momen gaya atau torsi menggunakan simulasi dibawah ini!

Untuk menjalankan simulasi tersebut perhatikanlah petunjuk berikut.

- Ilustrasi berupa lengan dapat digeser untuk menentukan jarak (l) dan lengan momen (θ).
- Panah berwarna merah dapat ditarik ke atas guna menentukan besar gaya yang diberikan (semakin panjang panahnya semakin besar gaya yang diberikan).
- Panah berwarna merah juga dapat dimiringkan guna menentukan besar sudut yang dihasilkan.



Sumber simulasi : http://ed.dhorenes.org/~Lisa_Pack/Physics/tylab/1/mehenics/circularmotion/newtts/Source_Files/08_29_Hewitt_IP.swf

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 19

Tahap Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dari stimulasi yang dirumuskan ke dalam bentuk hipotesis untuk dicari dan dibuktikan kebenarannya. Kegiatan menanya ini disajikan dengan beragam pertanyaan yang kemungkinan muncul dari peserta didik setelah mengamati video stimulasi.

Tahap Pengumpulan Data

Mengumpulkan data dari simulasi yang diberikan sehingga didapat data-data angka dalam tabel yang nantinya data-data tersebut akan diolah ke dalam grafik sehingga peserta didik dapat menemukan persamaan matematis dan keterkaitan materi dengan kehidupan sehari-hari.

Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

P E N G K O L E K S I A N D A T A

- Data yang divalidasi yang pertama adalah *initial speed* atau kecepatan linier pada panari. Perhatikan cara memvariasikan angkanya dapat digeser lingkaran biru pada *initial speed*.
- Data yang divalidasi yang kedua adalah *arm extension* atau panjang lengan pada panari. Cara memvariasikan angkanya dapat digeser lingkaran biru pada *arm extension*.

Diketahui massa panari adalah 60 kg dan pada percobaan ini data yang divalidasi adalah *arm extension* (panjang lengan) dengan menetapkan *initial speed* (kecepatan linier awal) yaitu $2,00\text{ m/s}$, kecepatan linier tersebut akan berkurang seiring dengan pertambahan *arm extension* maka hasil percobaan tersebut didapatkan data data pada tabel berikut ini.

Tabel 1.5 Data Percobaan Momentum Sudut Pada Panari

No	Panjang Lengan r (m)	Kecepatan linear v (m/s)	Kecepatan sudut ω (rad/s)	Momentum sudut L (kgm ² /s)
1	0,30	2,00	6,67	36,00
2	0,37	1,62	4,38	36,00
3	0,44	1,36	3,10	36,00
4	0,51	1,18	2,31	36,00
5	0,58	1,03	1,78	36,00

Berdasarkan Tabel 1.5 bisa mendapatkan data momen inersia pada tiap panjang lengan panari ketika berotasi, dengan ditetapkannya massa dari panari $m = 60\text{ kg}$, maka sesuai data panjang lengan dalam Tabel 1.5, momen inersianya adalah :

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 47

Tahap pemrosesan data

Kegiatan langkah mengolah data dengan menjadikan ke dalam bentuk grafik sehingga didapat hubungan persamaan matematis.

Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

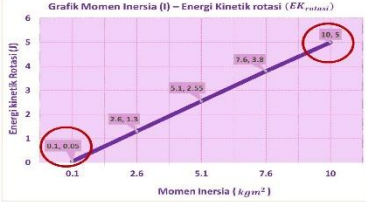
P E M P R O S E S A N D A T A

besarnya dengan $\frac{1}{2}mv^2$ jika kecepatan linier terhadap pusat massa roda v_{cm} adalah 1 (m/s) . Maka jika kita matematikasikan hubungan tersebut menjadi :

$$EK_{translasi} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1.31)$$

b). Grafik hubungan Momen Inersia dengan Energi Rotasi ($I - EK_{rotasi}$)

Seperti yang pernah kita pelajari pada gerak rotasi atau melingkar bahwa variabel yang kita butuhkan adalah momen inersia (I) benda dan kecepatan sudut benda (ω), karena kecepatan sudut adalah tetapan yaitu 1 (rad/s) , maka grafik hubungan antara momen inersia dengan energi gerak gerak roda ($I - EK_{rotasi}$) adalah :



Perhatikan lingkaran merah dalam grafik diatas!

- Pada momen inersia roda $I = 0,1\text{ kgm}^2$, Energi gerak rotasi pada roda tersebut $EK_{rotasi} = 0,05\text{ J}$.
- Pada momen inersia roda $m = 0,1\text{ kgm}^2$, Energi gerak rotasi pada roda tersebut $EK_{rotasi} = 5\text{ J}$.

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 65

Tahap verifikasi/pembuktian

Membuktikan hasil pengolahan dan pemrosesan data dengan berbagai literature dan teori yang ada.

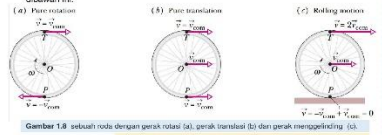
Modul Elektronik Multi Representasi Fisika Berbasis Discovery Learning SMA KELAS XI

V E R I F I K A S I

Pada animasi tersebut memperlihatkan bahwa gerak menggelinding sebenarnya titik pusat pada objek bergerak lurus namun titik pada tepi objek tidak bergerak lurus melainkan bergerak rotasi dan translasi terhadap pusat massanya. Bagaimana gerak rotasi dan translasi dapat dilakukan bersamaan? Jika diasumsikan pada gerak pada sebuah roda, maka perhatikan animasi berikut.

- klik rotation untuk membuat roda menjadi berotasi.
- klik translation untuk membuat roda menjadi bertranslasi
- klik combined untuk membuat roda menjadi menggelinding.

Animasi di atas memperlihatkan bahwa gerak menggelinding pada roda merupakan kombinasi dari gerak translasi dan rotasi. Pada gerak rotasi setiap titik di tepi luar roda berotasi terhadap titik pusat massanya dengan kecepatan sudut (ω) dan kecepatan linier (v_{cm}). Kemudian pada gerak translasi setiap titik pada roda bergerak ke kanan dengan kecepatan linier (v_{cm}). Sehingga kombinasi dari gerak translasi dan rotasi ini menghasilkan gerak menggelinding. Maka perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 1.8 sebuah roda dengan gerak rotasi (a), gerak translasi (b) dan gerak menggelinding (c).

Perhatikan bahwa dalam gerak menggelinding gambar 1.8 (c), bagian bawah pada roda titik P dan bagian atas roda titik Q bergerak dengan kecepatan gerak ini lebih cepat dan bagian roda yang lain, sehingga $v = v_{cm} + v_{rot}$

Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi 71

GENERALISASI

Kesimpulan yang dapat kita peroleh dari mengumpulkan informasi-informasi tentang energi kinetik gerak rotasi, translasi dan menggelinding adalah

- Gerak rotasi adalah gerak pada setiap titik di tepi luar roda berotasi terhadap titik pusat massanya dengan kecepatan sudut (ω) dan kecepatan linear tepi sama dengan kecepatan linier pada pusat benda ($\vec{v} = \vec{v}_{\text{pusat}}$).
- Gerak translasi adalah gerak setiap titik pada roda bergerak ke kanan dengan kecepatan linear tepi sama dengan kecepatan linier pada pusat benda ($\vec{v} = \vec{v}_{\text{pusat}}$).
- Kombinasi dari gerak translasi dan rotasi ini menghasilkan gerak menggelinding, pada gerak menggelinding semua titik bergerak dengan laju linier $\vec{v} = 2\vec{v}_{\text{pusat}}$.
- Semakin besar massa benda (m) atau jari-jari benda (R) dan kecepatan linear benda (\vec{v}) maka akan semakin besar energi gerak menggelinding pada benda tersebut, contohnya seperti yang ada pada roda segway dalam video stimulasi.
- Persamaan energi kinetik gerak translasi adalah $EK_{\text{translasi}} = \frac{1}{2} m v_{\text{pusat}}^2$, dengan v_{pusat} adalah kecepatan linier pada titik pusat benda dan besar $v_{\text{pusat}} = \omega R$ atau dihubungkan dengan kecepatan linier bagian atas benda (\vec{v}) yaitu $\vec{v} = 2\vec{v}_{\text{pusat}}$.
- Persamaan energi kinetik gerak rotasi adalah $EK_{\text{rotasi}} = \frac{1}{2} I \omega^2$, dengan I adalah momen inersia dan ω adalah kecepatan sudut yang ditentukan dari $\omega = \vec{v}_{\text{pusat}} / R$.
- Persamaan energi kinetik pada gerak menggelinding adalah:

$$EK_{\text{gelinding}} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$
- Melalui persamaan energi mekanik didapat rumus kecepatan linear (v) untuk benda yang menggelinding di bidang miring yaitu $v = \sqrt{2mgh / (m + \frac{I}{R^2})}$.
- Semua energi kinetik pada masing-masing gerak memiliki satuan Joule (J).

Untuk memperdalam pemahaman dan memperoleh hasil tes yang baik maka perhatikanlah contoh soal gerak menggelinding berikut dengan me-klik papan tulis ini.

76 Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi

Tahap Generalisasi

Berupa kesimpulan yang menjawab dari *problem statement* dan hipotesis dengan memperhatikan hasil verifikasi.

Rangkuman

Ulasan materi secara umum dan singkat dalam 1 KB (Kegiatan Belajar)

Rangkuman KB 1

- Momen gaya atau torsi (τ) didefinisikan sebagai kecenderungan gaya untuk merotasi benda terhadap sumbu tertentu dan diukur dengan besaran vektor.
- Cara untuk menghitung momen gaya atau torsi adalah

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \sin \theta$$

Keterangan : τ = torsi, satuan yang dimiliki (m.N)
 F = gaya yang bekerja, satuan yang dimiliki (N)
 l = lengan momen, satuan yang dimiliki (m)
 r = jarak antara pusat rotasi dan titik yang diberi gaya, satuan (m)
 θ = sudut yang terbentuk, satuan yang dimiliki ($^\circ$)

- Persamaan Hukum II Newton Rotasi adalah

$$\vec{\tau} = I \times \alpha$$

Keterangan : I = momen inersia, memiliki satuan (kgm^2)
 α = percepatan sudut, memiliki satuan (rad/s^2)
 τ = torsi , memiliki satuan (m.N)
 r = jarak titik ke poros, memiliki satuan (m)

- Momen Inersia adalah ukuran kuantitas suatu benda untuk mempertahankan gerak rotasinya. Cara menghitung momen inersia adalah

$$I = \sum m r^2$$

Keterangan : I = momen inersia, memiliki satuan (kg/m^2)
 m = massa benda, memiliki satuan (kg)
 r = jarak massa ke titik poros, memiliki satuan (m)

- Konstanta momen inersia pada tiap-tiap jenis benda adalah berbeda-beda.
- Momentum sudut adalah ukuran untuk menghitung seberapa kasukaran benda untuk berhenti pada saat benda tersebut berotasi.
- Persamaan untuk menghitung momentum sudut adalah

$$\vec{L} = I \vec{\omega} \text{ atau } \vec{L} = m r \vec{v}$$

77 Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi

Tes Formatif KB 1

Setelah kita mempelajari kegiatan belajar 1, mari kita coba kerjakan tes formatif 1 di bawah ini dengan me-klik tombol START untuk memulainya. Serta jangan lupa untuk mengubah satuannya terlebih dahulu ke dalam Satuan Internasional (SI) untuk mempermudah latihan soal.

Selamat Mengerjakan

START

Soal yang dijawab dengan benar akan mendapat poin 1 dan jawaban yang salah akan mendapat poin 0. Untuk mengetahui tingkat penguasaan atau nilai kita terhadap materi modul pada Kegiatan Belajar 1, kita dapat menggunakan rumus berikut ini

$$\text{Perolehan Nilai} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100$$

Arti perolehan nilai :

90-100 = Baik Sekali	70-79 = Cukup
80-89 = Baik	<70 = Kurang

Apabila kita memperoleh nilai 75 atau lebih, kita telah berhasil menyelesaikan Kegiatan Belajar 1 ini dengan bagus. Namun apabila kita memperoleh nilai masih di bawah 75 maka kita harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 1 terutama bagian yang belum kita kuasai.

79 Modul Elektronik Fisika – Kegiatan Belajar 1 Dinamika Gerak Rotasi

Tes Formatif dan Umpan Balik

Tes akhir uji pemahaman tentang materi dalam 1 KB (Kegiatan Belajar) dan Rentang skor penilaian dari banyaknya soal yang dijawab benar pada tes formatif

Tes Evaluasi Sumatif

Tes akhir modul atau tes setelah melewati 2 KB (Kegiatan Belajar)

P E N U T U P

Tes Evaluasi Sumatif

Setelah kita mempelajari kegiatan belajar 1 dan 2, mari kita coba kerjakan tes evaluasi sumatif di bawah ini dengan me-klik tombol START untuk memulainya. Serta jangan lupa untuk mengubah satuannya terlebih dahulu ke dalam Satuan Internasional (SI) untuk mempermudah latihan soal.

START

Soal yang dijawab dengan benar akan mendapat poin 1 dan jawaban yang salah akan mendapat poin 0. Untuk mengetahui tingkat penguasaan atau nilai kita terhadap materi yang disajikan dalam modul ini, kita dapat menggunakan rumus berikut

$$\text{Perolehan Nilai} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100$$

Kategori nilai :

90-100 = Baik Sekali	70-79 = Cukup
80-89 = Baik	< 70 = Kurang

Apabila kita memperoleh nilai 75 atau lebih, kita telah berhasil menyelesaikan Kegiatan Belajar 1 dan 2 ini dengan bagus. Namun apabila kita memperoleh nilai masih di bawah 75 maka kita harus mempelajari kembali kegiatan belajar 1 dan 2 terutama bagian yang belum dikuasai.

115 Modul Elektronik Fisika – Dinamika Gerak Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar

Tindak Lanjut dan Harapan

Mendeskripsikan tindak lanjut dengan memberikan kategori penilaian untuk pembelajar, serta berisi harapan dari penulis kepada pembelajar setelah membaca modul ini.

TINDAK LANJUT

Berdasarkan kategori nilai pada umpan balik, maka dapat kita tindak lanjut :

- ✓ **Kategori Kurang :**
Apabila memperoleh kategori ini, artinya kita belum diperbolehkan untuk berangkat menuju ke modul atau bahan ajar lain yang terkait dengan materi berikutnya. Maka kita harus mempelajari dan memahami kembali modul ini, kemudian kerjakan kembali soal-soal tes formatif dan evaluasi hingga mencapai skor yang lebih baik.
- ✓ **Kategori Cukup :**
Apabila memperoleh kategori ini, artinya kita masih belum diperbolehkan untuk berangkat ke modul atau bahan ajar lain yang terkait dengan materi berikutnya. Namun, kita harus mempelajari kembali modul ini, cukup dengan mengerjakan kembali soal-soal tes formatif dan evaluasi hingga mencapai skor yang lebih baik.
- ✓ **Kategori Baik :**
Apabila memperoleh kategori ini, maka kita diperbolehkan untuk berangkat menuju ke modul atau bahan ajar lain yang terkait dengan materi berikutnya. Namun, coba pelajari kembali modul ini dan kerjakan kembali tes evaluasi, terutama pada bagian yang sudah dikerjakan.
- ✓ **Kategori Baik :**
Selamat! Kita dinyatakan telah memahami materi dalam modul ini dan kita sudah diperbolehkan untuk menuju ke modul atau bahan ajar lain yang terkait dengan materi berikutnya. Namun, tetap utuslah belajar!

HARAPAN

Diharapkan modul pembelajaran fisika materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar ini dapat memengaruhi peserta didik dalam memahami materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar serta melatih kompetensi siswa dalam ranah afektif, kognitif maupun psikomotorik. Bagi peserta didik diharapkan untuk terus belajar, dari manapun. Karena sumber belajar dapat berasal dari mana saja. Sedangkan bagi pendidik, tenailah berinovasi demi mensejahterakan anak-anak bangsa.

G L O S A R I U M

Istilah	Definisi
Animasi	: sekumpulan gambar bergerak yang disusun beraturan mengikuti alur pergerakan yang telah ditentukan pada setiap pertambahan hitungan waktu yang terjadi.
Benda Tegar	: benda padat yang tidak berubah bentuk apabila dikalahkan gaya luar.
Berat	: gaya yang disebabkan gravitasi dan berkaitan dengan massa benda itu.
Besaran	: segala sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan angka.
Besaran Skalar	: besaran yang hanya memiliki nilai saja.
Besaran Vektor	: besaran yang memiliki besar dan arah dan digambarkan sebagai garis panah, misalnya gaya dan kecepatan.
Dinamika	: cabang ilmu fisika yang mempelajari gerak suatu benda dengan memperhatikan gaya penyebabnya.
Energi Kinetik	: energi yang dimiliki oleh benda bergerak.
Gaya	: dorongan atau tarikan pada benda yang menimbulkan percepatan.
Gerak	: perubahan letak benda atau sistem terhadap waktu.
Gerak Lurus	: gerak suatu benda dalam lintasan berupa garis.
Gerak Menggelinding	: gerak gabungan antara gerak rotasi dan gerak translasi.
Gerak Rotasi	: gerak perputaran pada porosnya.

Glosarium

Berisi istilah-istilah yang ditulis dalam modul beserta dengan definisinya.

D A F T A R P U S T A K A

Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima, Jilid 1*. y. Harum, & I. Arifin, Penerj. Jakarta, Indonesia: Erlangga.

Griffith, W. T., & Broising, J. W. 2009. *The Physics of Everyday Phenomena a Conceptual Introduction to Physics 6th Edition*. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies.

Haliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2011. *Fundamentals of Physics 9th Edition*. New York, United States of America: John Wiley & Sons.

Horvath, P. G. 2006. *Conceptual Physics 10th Edition*. San Francisco, United States of America: Pearson Addison Wesley.

Kanginan, M. 2014. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.

Knight, R., & Jones, R. 2015. *College Physics a Strategic Approach USA*: Pearson.

Rex, A. F., & Wolfson, R. 2010. *Essential College Physics First Edition*. San Francisco, United States of America: Pearson Addison Wesley.

Serway, H. A., & Jewett, J. W. 2014. *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics 9th Edition*. Boston, United States of America: Mary Finch.

Serway, H. A., & Vuille, C. 2012. *College Physics 9th Edition*. Boston, United States of America: Charles Harford.

Tipar, P. A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. L. Prasetyo, & R. Adi, Penerj. Jakarta, Indonesia: Erlangga.

Young, H. D., Freedman, R. A., Sandin, T. R., & Ford, A. L. 2002. *Fisika Universitas Edisi Keempat Jilid 1*. E. Julastuti, Penerj. Jakarta, Indonesia: Erlangga.

Daftar Pustaka

Berisi informasi rujukan buku yang menjadi referensi modul ini.

Kunci Jawaban

Jawaban tes formatif dan evaluasi sumatif beserta penyelesaiannya.

KUNCI JAWABAN

1. Diketahui :

- $r = 0,25 \text{ m}$
- $F = 25 \text{ N}$
- $\theta = 45^\circ$

Ditanya : $\tau = \dots?$

Jawab :

$$\tau = F \cdot r \cdot \sin\theta$$

$$\tau = (25 \text{ N})(0,25 \text{ m}) \cdot (\sin 45^\circ)$$

$$\tau = 4,25\sqrt{2} \text{ Nm}$$

Jawaban : A

2. Diketahui :

- $F_1 = -10 \text{ N}$
- $F_2 = 10 \text{ N}$
- $F_3 = 10 \text{ N}$
- $AC = \frac{2}{10} \text{ m}$
- $BC = \frac{1}{10} \text{ m}$
- $CD = \frac{1}{10} \text{ m}$
- $\theta_1 = 30^\circ$

Ditanya : $\tau_2 = \dots?$

Jawab :

$$\tau_2 = \sum F \cdot r \cdot \sin\theta$$

$$\tau_2 = -F_1 \sin 30^\circ \cdot AC + F_2 \cdot BC + F_3 \cdot CD$$

$$\tau_2 = -10 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{10} + 10 \cdot \frac{1}{10} + 10 \cdot \frac{1}{10}$$

$$\tau_2 = \frac{3}{2} + 2$$

3. Diketahui :

- $r = 4 \text{ Nm}$
- $I = 5 \text{ kgm}^2$

Ditanya : $\alpha = \dots?$

Jawab :

$$\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{4 \text{ Nm}}{5 \text{ kgm}^2}$$

$$\alpha = 0,8 \text{ rad/s}^2$$

Jawaban : B

4. Diketahui :

- $M = 2 \text{ kg}$
- $R = 0,1 \text{ m}$
- $m_0 = 1 \text{ kg}$
- $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
- $I = \frac{1}{2} MR^2$

Ditanya : $\alpha = \dots?$

Jawab :

$$\tau = I\alpha$$

$$m_0 g R = \frac{1}{2} MR^2 \alpha$$

$$\alpha = \frac{2m_0 g}{MR}$$

$$\alpha = \frac{2(1 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)}{(2 \text{ kg})(0,1 \text{ m})}$$

$$\alpha = 98 \text{ rad/s}^2$$

Cover Belakang Modul

Sampul Belakang modul elektronik multirepresentasi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

Modul Elektronik Multi Representasi Fisika

"Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari suatu ilmu Niscaya Allah memudahkannya jalan menuju surga"

(Hr. Turmudzi)

P E N D A H U L U A N

DESKRIPSI SINGKAT MODUL

Dalam modul ini, kita akan mempelajari materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar dengan sub materi pada kegiatan belajar 1 yaitu momen gaya (torsi), momen inersia, kaitan momen inersia dan percepatan sudut, momentum sudut, dan energi gerak menggelinding. kemudian pada sub materi kegiatan belajar 2 yaitu kesetimbangan translasi, kesetimbangan rotasi dan titik berat.

Modul ini berbasis model pembelajaran *Discovery Learning* serta bentuk sajian yang multi representasi. Dalam pembelajaran *Discovery Learning* diharapkan siswa dapat menemukan konsep-konsep dan prinsip-prinsip melalui proses stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi/pembuktian dan generalisasi/kesimpulan. Selain itu sajian dalam modul elektronik ini juga berupa multirepresentasi fisika yang didalamnya memuat tabel, grafik, persamaan matematis dan sajian verbal. Dalam modul ini juga didukung dengan sajian berupa simulasi, animasi dan video. Selain itu pada contoh soal disajikan dalam bentuk video dan soal tes formatif juga menggunakan CBT dimana siswa dapat mengisi soal langsung di komputer serta dapat langsung mengetahui skor dari tes formatif maupun tes evaluasi sumatif.

PRASYARAT MODUL

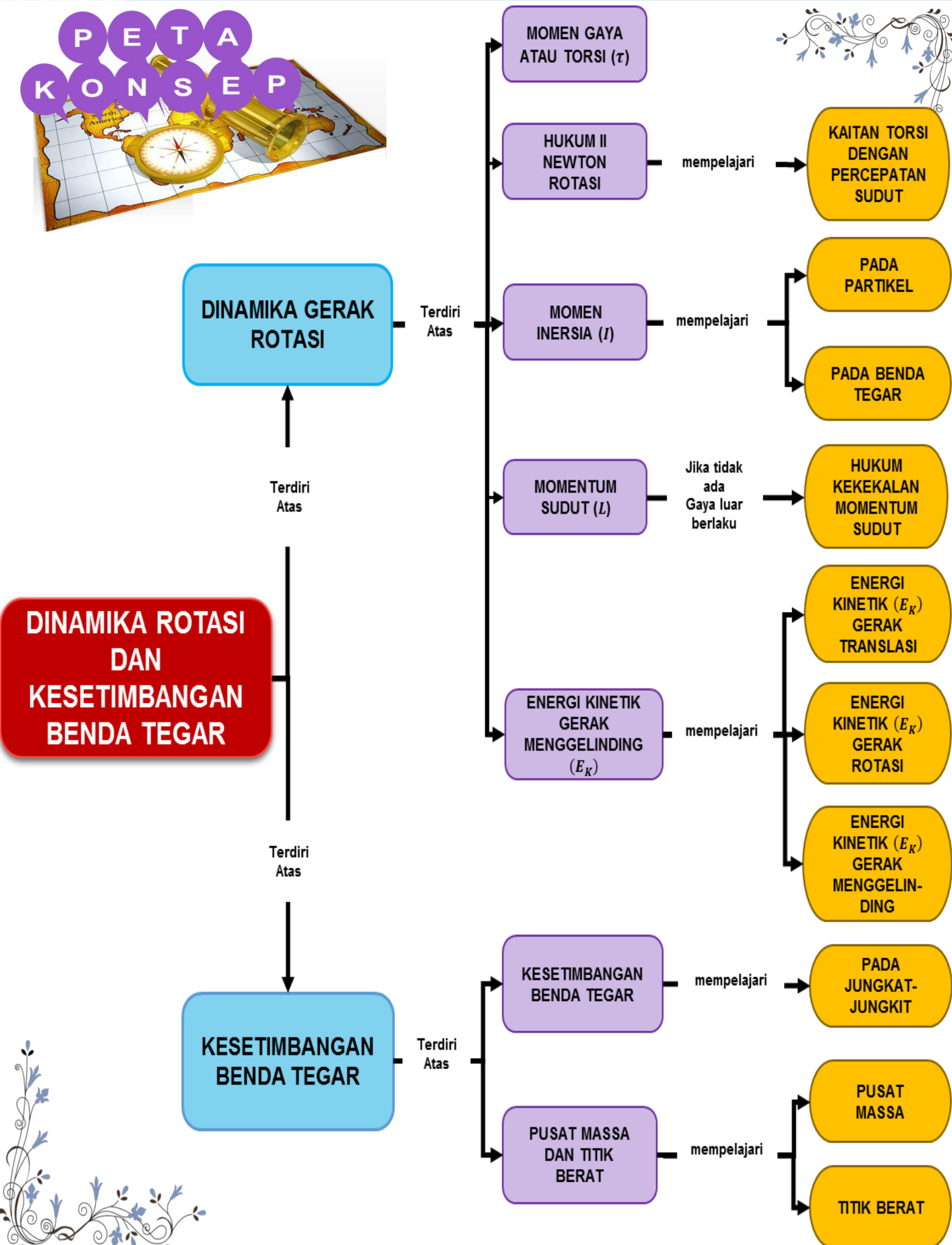
Agar siswa dapat mempelajari modul ini dengan baik, siswa diharapkan sudah memahami tentang Dinamika Partikel, Hukum-Hukum Newton, Momentum Linear, Gerak melingkar, Operasi Vektor.

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR KURIKULUM 2013 REVISI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
<p>1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.</p>	<p>1.1 bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.</p> <p>1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang mengatur karakteristik matahari dan bumi sehingga memiliki gaya gravitasi, orbit, dan temperatur yang sesuai untuk kehidupan manusia di muka bumi.</p>
<p>2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung-jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.</p>	<p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi.</p> <p>2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan</p>
<p>3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasar-kan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerap-kan pengetahuan prose-dural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minat-nya untuk memecahkan masalah.</p>	<p>3.1 Menerapkan konsep torsi, momen inersia, titik berat, dan momentum sudut pada benda tegar (statis dan dinamis) dalam kehidupan sehari-hari.</p>
<p>4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.</p>	

INDIKATOR DAN TUJUAN PEMBELAJARAN

INDIKATOR PEMBELAJARAN	TUJUAN PEMBELAJARAN
<p data-bbox="236 342 691 432">Kegiatan Belajar 1 Dinamika Rotasi Benda Tegar</p> <ol data-bbox="153 510 722 1205" style="list-style-type: none">1. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep momen gaya atau torsi pada gerak rotasi benda tegar.2. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep momen inersia dan Hukum II Newton pada gerak rotasi benda tegar.3. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan persamaan pada hukum kekekalan momentum sudut dan energi mekanik pada gerak rotasi benda tegar.	<p data-bbox="943 342 1329 432">Untuk Kegiatan Belajar 1 Dan Kegiatan Belajar 2</p> <ol data-bbox="754 510 1445 1346" style="list-style-type: none">1. Melalui kegiatan pengamatan video, siswa dapat mengamati permasalahan-permasalahan dalam kehidupan sehari-hari terkait dengan konsep dinamika rotasi benda dan kesetimbangan benda tegar.2. Melalui simulasi interaktif, siswa mampu menemukan data-data relevan terkait dengan permasalahan dan konsep dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.3. Melalui kegiatan mencari informasi dan penyajian data, siswa dapat menghubungkan data ke dalam grafik dan memformulasikan persamaan matematis terkait dengan konsep dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.
<p data-bbox="240 1301 686 1391">Kegiatan Belajar 2 Kesetimbangan Benda Tegar</p> <ol data-bbox="153 1469 722 2101" style="list-style-type: none">1. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep kesetimbangan statis atau translasi pada sistem partikel.2. Peserta didik diharapkan mampu menerapkan konsep kesetimbangan dinamis atau rotasi pada benda tegar.3. Peserta didik diharapkan mampu untuk menerapkan konsep dan persamaan titik berat pada partikel dan benda tegar.	<ol data-bbox="754 1379 1445 1928" style="list-style-type: none">4. Melalui kegiatan verifikasi, siswa mampu membuktikan kesesuaian antara hasil percobaan dengan literatur tentang konsep dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.5. Melalui kegiatan generalisasi, siswa mampu menyimpulkan dan menerapkan prinsip umum dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar pada permasalahan yang terkait dengan konsep tersebut.





PETUNJUK PENGUNAAN

Dalam modul ini kita akan mempelajari materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar yang dibagi menjadi 2 KB (Kegiatan Belajar), yaitu **Dinamika Rotasi (Kegiatan Belajar 1)** dan **Kesetimbangan Benda Tegar (Kegiatan Belajar 2)**. Adapun cara menggunakan modul ini adalah sebagai berikut:

1. Bacalah tujuan pembelajaran pada setiap Kegiatan Belajar yang akan dipelajari dan pahami Peta Konsep materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar.
2. Kerjakan Cek Kemampuan sebelum memulai Kegiatan Belajar
3. Bacalah materi dengan seksama dan ikuti langkah-langkah *discovery learning* secara berurutan, yaitu stimulasi, identifikasi masalah, pengkoleksian data, pemrosesan data, verifikasi, dan generalisasi. Kemudian dilanjutkan dengan memperhatikan contoh soal di tiap akhir submateri dan mengerjakan soal-soal pada tahapan mengkomunikasikan (*communicating*).
4. Setelah membaca materi dan rangkuman serta memperhatikan contoh soal, kerjakanlah tes formatif yang ada pada setiap akhir Kegiatan Belajar. Jika nilai tes formatif lebih dari 75 maka silahkan melanjutkan ke Kegiatan Belajar selanjutnya, namun jika belum mencapai 75 maka boleh mengulangi Kegiatan Belajar mulai dari materi yang kurang dipahami dan kerjakan kembali tes formatif tersebut.
5. Kerjakanlah soal evaluasi sumatif yang berada di akhir modul setelah lulus dari Kegiatan Belajar 1, 2,3. Jika mendapat nilai lebih dari 75, maka modul ini telah berhasil diselesaikan

CEK KEMAMPUAN



Di kelas X kita telah mempelajari tentang dinamika partikel, dimana suatu benda (dianggap suatu titik atau materi) akan mengalami gerak translasi jika ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Secara fisis, ini artinya resultan gaya pada benda tersebut tidak nol atau secara matematis dapat ditulis :

Ingat! Gerak Translasi adalah gerak lurus

$$\sum F \neq 0$$

Dalam modul ini, kita akan mempelajari *Dinamika Rotasi* dimana resultan gaya dapat menyebabkan gerak translasi dan juga rotasi. Selain itu kita juga akan mempelajari *Keseimbangan Benda Tegar* dimana benda dapat mencapai posisi kesetimbangannya dengan syarat-syarat tertentu. Namun, sebelum kita benar-benar memulai kegiatan belajar pada modul ini, mari kita mengulang kembali materi yang menjadi prasyarat untuk mempelajari modul ini dengan mengerjakan soal-soal berikut untuk mengecek kemampuan prasyarat.



Kegiatan belajar 2

Keseimbangan Benda Tegar

Materi pembelajaran

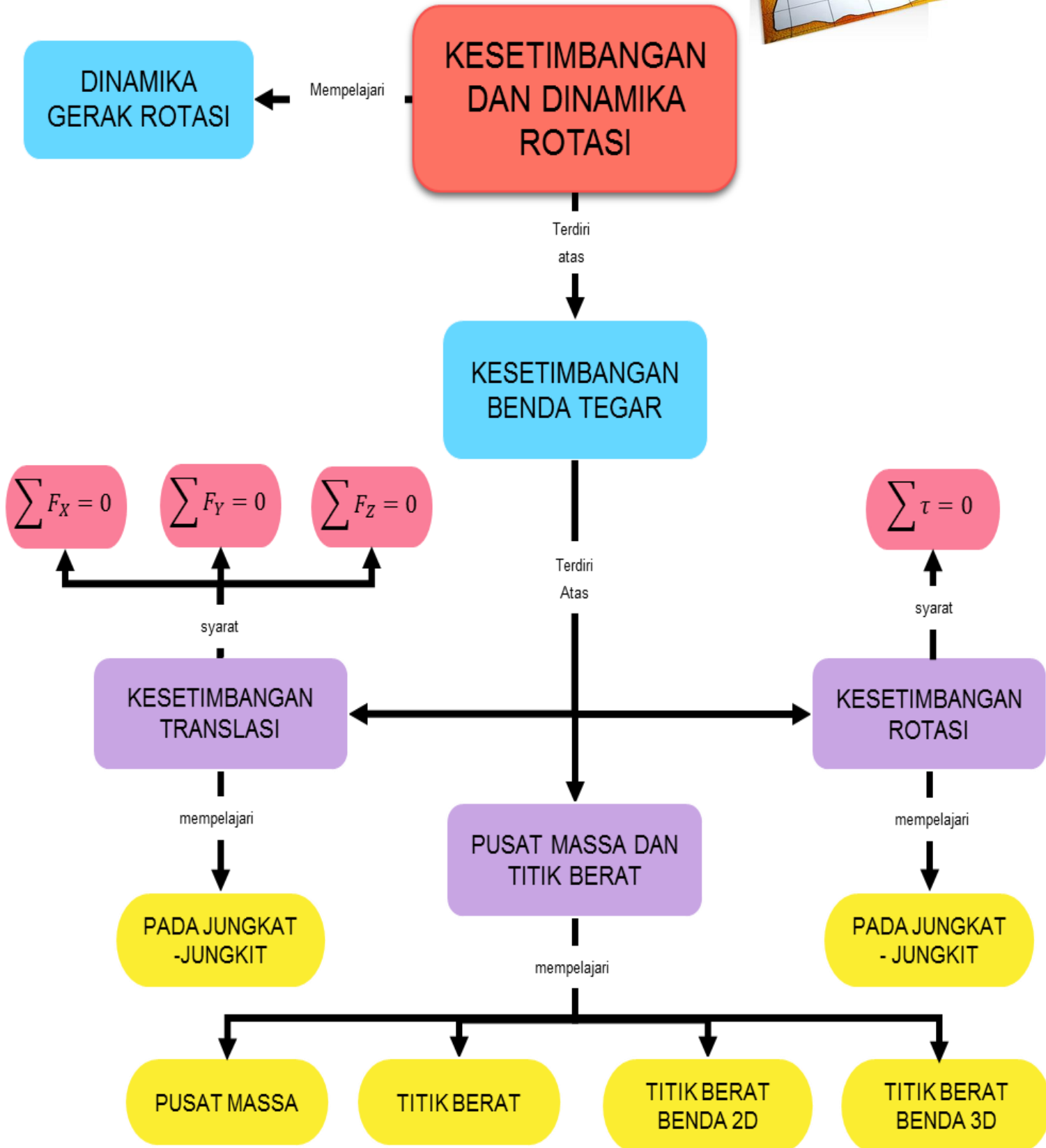
Keseimbangan Translasi

Keseimbangan Rotasi

Pusat Massa dan Titik Berat

Sekilas dalam Kegiatan Belajar 2





Tujuan Pembelajaran KB 2

1. Melalui kegiatan pengamatan video, siswa dapat mengamati permasalahan-permasalahan dalam kehidupan sehari-hari terkait dengan konsep kesetimbangan translasi benda tegar, kesetimbangan rotasi benda tegar dan titik berat.
2. Melalui simulasi interaktif, siswa mampu menemukan data-data relevan terkait dengan permasalahan dan konsep kesetimbangan translasi benda tegar. Kesetimbangan rotasi benda tegar dan titik berat.
3. Melalui kegiatan mencari informasi dan penyajian data, siswa dapat menghubungkan data ke dalam grafik dan memformulasikan ke dalam persamaan matematis terkait dengan konsep kesetimbangan translasi benda tegar, kesetimbangan rotasi benda tegar dan titik berat.
4. Melalui kegiatan verifikasi, siswa mampu membuktikan kesesuaian antara hasil percobaan dengan literatur tentang konsep kesetimbangan translasi benda tegar, kesetimbangan rotasi benda tegar dan titik berat.
5. Melalui kegiatan generalisasi, siswa mampu menyimpulkan dan menerapkan prinsip umum kesetimbangan translasi benda tegar, kesetimbangan rotasi benda tegar dan titik berat ke berbagai permasalahan yang terkait dalam kehidupan sehari-hari.

PENDAHULUAN KB 2



Video 2.1 contoh gerak rotasi dalam kehidupan sehari-hari

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=yLrZ4K1D18U>

Sebelumnya kita telah mengetahui bahwa benda tegar merupakan benda yang tidak akan berubah bentuk akibat adanya gaya luar. Hampir semua benda yang ada di kehidupan kita bahkan tubuh manusia pun merupakan benda tegar. Dalam benda tegar, ukuran benda tidak dapat diabaikan. Sehingga gaya-gaya yang bekerja pada benda hanya mungkin menyebabkan gerak translasi dan rotasi terhadap suatu poros. Pada benda tegar itulah dikenal dengan kesetimbangan yang letaknya ada pada titik berat atau pusat massa dari tiap benda tegar.

Salah satu aplikasi dari kesetimbangan benda tegar dan titik berat adalah seorang atlet yang bernama **Kenny Belaey** mampu mengendarai sepedanya di atas sebuah tali dari ketinggian tertentu. Tentunya atraksi tersebut sangat mengagumkan. Selain dibutuhkannya keberanian, dibutuhkan juga pemahaman konsep kesetimbangan dan letak titik berat agar atlet tersebut dapat mencapai posisi kesetimbangannya ketika ia mengendarai sepeda di atas tali.

Konsep kesetimbangan benda tegar ini meliputi kesetimbangan translasi dan rotasi serta titik berat benda tegar akan dibahas dalam **Kegiatan Belajar 2** ini.

A. Keseimbangan Benda Tegar

Pada pendahuluan kita telah melihat contoh bila benda berada dalam keseimbangan. Lalu bagaimanakah bisa benda-benda berada dalam keseimbangan sedangkan benda sedang berotasi?

Untuk itu marilah kita perhatikan permainan jungkat-jungkit yang bergerak rotasi terhadap titik porosnya, dapatkah kita menentukan keseimbangan pada permainan jungkat-jangkit tersebut?



Video 2.2 Permainan jungkat-Jungkit

Sumber video:

<https://www.youtube.com/watch?v=L-up9xwPGXQ>

c

Setelah kita mengamati video di atas, maka **pertanyaan yang muncul** adalah sebagai berikut :

- ✿ Mengapa dalam beberapa saat jungkat-jungkit tersebut dapat seimbang meskipun beban kedua orang yang menaiki jungkat-jungkit tersebut berbeda?
- ✿ Setelah beberapa saat kemudian, mengapa seseorang yang massanya lebih kecil kemudian dapat menaikan ke atas seseorang yang massanya lebih besar?

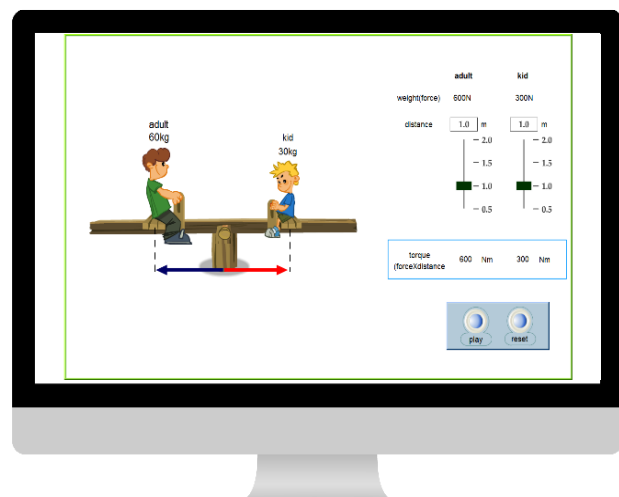
Berikut ini adalah **jawaban sementara** atau **hipotesis** yang didapatkan dari pertanyaan-pertanyaan di atas. Hipotesis ini tentunya belum dibuktikan sehingga belum di ketahui benar atau salahnya.

- ❁ Jungkat-jungkit dapat setimbang karena seseorang yang massanya lebih besar posisi duduknya lebih dekat dengan titik porosnya dan seseorang yang bermassa lebih kecil memiliki posisi duduk di ujung papan jungkat-jungkit atau lebih jauh dengan titik porosnya. Inilah yang membuat jungkat-jungkit dalam keadaan setimbang.
- ❁ Pada kegiatan belajar sebelumnya telah mempelajari torsi dimana dipengaruhi oleh gaya dan jarak. Dalam hal ini meskipun seseorang yang gaya beratnya lebih besar namun jarak antara posisi duduknya ke titik porosnya sangat dekat ($r \ll$) maka tetap saja torsi yang dihasilkan akan lebih kecil dibandingkan dengan seseorang yang gaya beratnya lebih kecil namun jarak antara posisi duduknya dengan titik porosnya lebih jauh ($r \gg$) maka torsi yang dihasilkan akan lebih besar, hal inilah yang membuat seseorang dengan berat badan lebih kecil namun dapat menyeimbangkan bahkan dapat menaikin papan jungkat-jungkit yang sedang di duduki oleh seseorang dengan berat badan lebih besar.

Untuk membuktikan hipotesis-hipotesis yang telah kita buat, mari kita melakukan percobaan dengan simulasi dibawah ini!

Simulasi berikut adalah simulasi permainan jungkat-jungkit yang dimainkan oleh seorang anak (*kid*) dengan massa lebih kecil dan orang dewasa (*adult*) dengan massa lebih besar. Untuk menjalankan simulasi permainan jungkat-jungkit tersebut maka perhatikanlah petunjuk-petunjuk berikut ini!

- ❁ Untuk memvariasikan jarak tempat duduk dengan menaikin turunkan tombol kotak hitam
- ❁ Untuk menjalankan simulasi klik tombol *Play* dan untuk mengulang klik tombol *Reset*



Simulasi 2.1 kesetimbangan jungkat - jungkit

Sumber simulasi:

<https://sites.google.com/site/jhswfsrc/seesaw.swf>

1) Percobaan 1 mencari pengaruh nilai torsi pada kondisi jungkat-jungkit

Sekarang marilah kita melakukan percobaan kesetimbangan benda tegar menggunakan simulasi 2.1 jungkat jungkit dengan ketentuan variable sebagai berikut!

- ✿ Variable yang dibuat tetap adalah jarak orang dewasa atau *adult* (r_a) terhadap titik poros yaitu pada **0,6 m** dengan torsi orang dewasa (τ_a) **360 N.m**
- ✿ Berat anak (W_k) adalah **300 N** dan berat pada orang dewasa (\vec{W}_a) adalah **600 N**.
- ✿ Variable yang divariasikan adalah jarak anak (r_k) dari 0,6 m sampai 1,8 m dengan rentang 0,3 m.

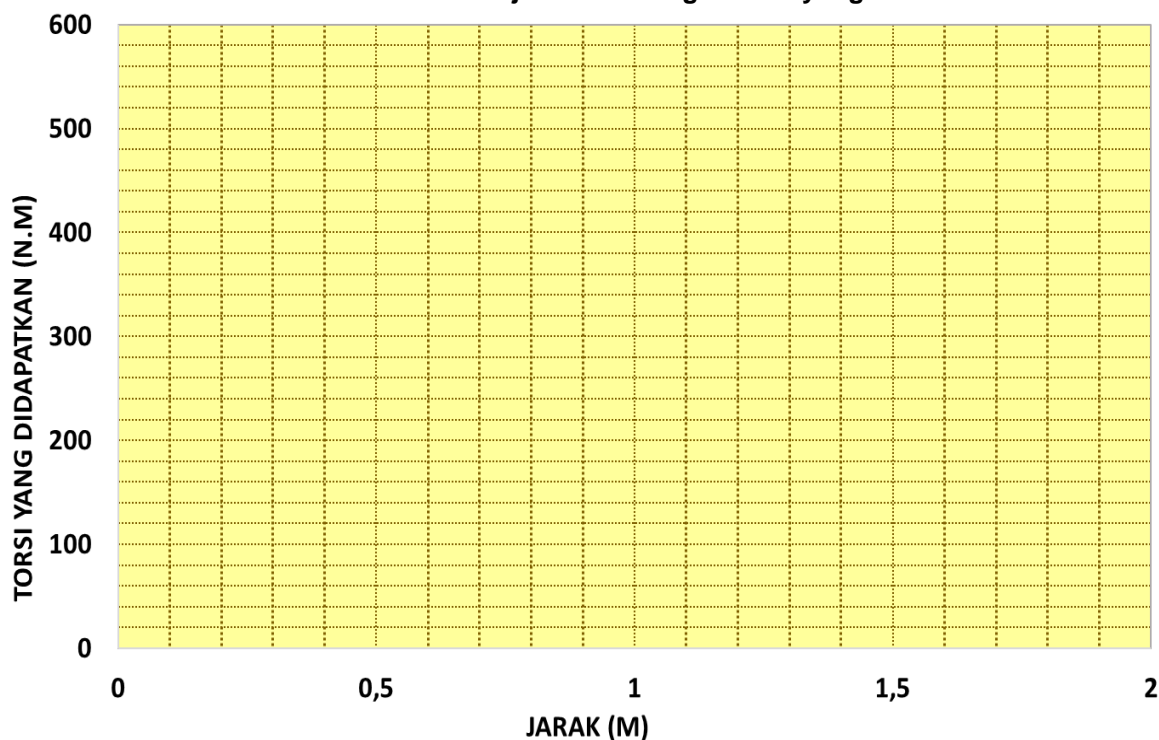
Kemudian kita bisa menuliskan data percobaan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Data percobaan dengan variasi jarak dan torsi pada anak

No	Jarak anak ($r_k(m)$)	Torsi anak ($\tau_k(N.m)$)	Kondisi jungkat-jungkit
1			
2			
3			
4			
5			

Bedasarkan data dapat digambarkan ke dalam grafik dibawah ini.

Grafik 2.1 kaitan antar jarak *kid* dengan torsi yang dihasilkan.



2) Percobaan 2 Mencari kesetimbangan pada jungkat-jungkit

Sekarang marilah kita melakukan percobaan kedua dengan ketentuan variable sebagai berikut :

- ❁ Pada jarak orang dewasa atau *adult* (r_a) dibuat untuk lebih dekat dengan titik poros jungkat jungkit, sehingga data yang divariasikan pada jarak orang dewasa atau *adult* (r_a) adalah dari 0,6 m sampai 1,0 m dengan rentang 0,1 m.
- ❁ Pada jarak anak atau *kid* (r_k) data divariasikan hingga jarak yang jauh dari titik poros, sehingga data jarak anak atau *kid* (r_k) divariasikan dari 0,6 m sampai 2,0 m dengan rentang 0,1 m.
- ❁ Contoh percobaan ke satu, pada jarak *adult* (r_a) 0,6 m dipasangkan dengan *kid* (r_k) yang berjarak 0,6 m sampai 1,2 m dari titik poros (7x percobaan).
- ❁ Pada percobaan ke dua dan selanjutnya, pada jarak *adult* (r_a) 0,7 m dipasangkan dengan *kid* (r_k) yang berjarak 1,3 m dan 1,4 dari titik poros (hanya 2x percobaan).

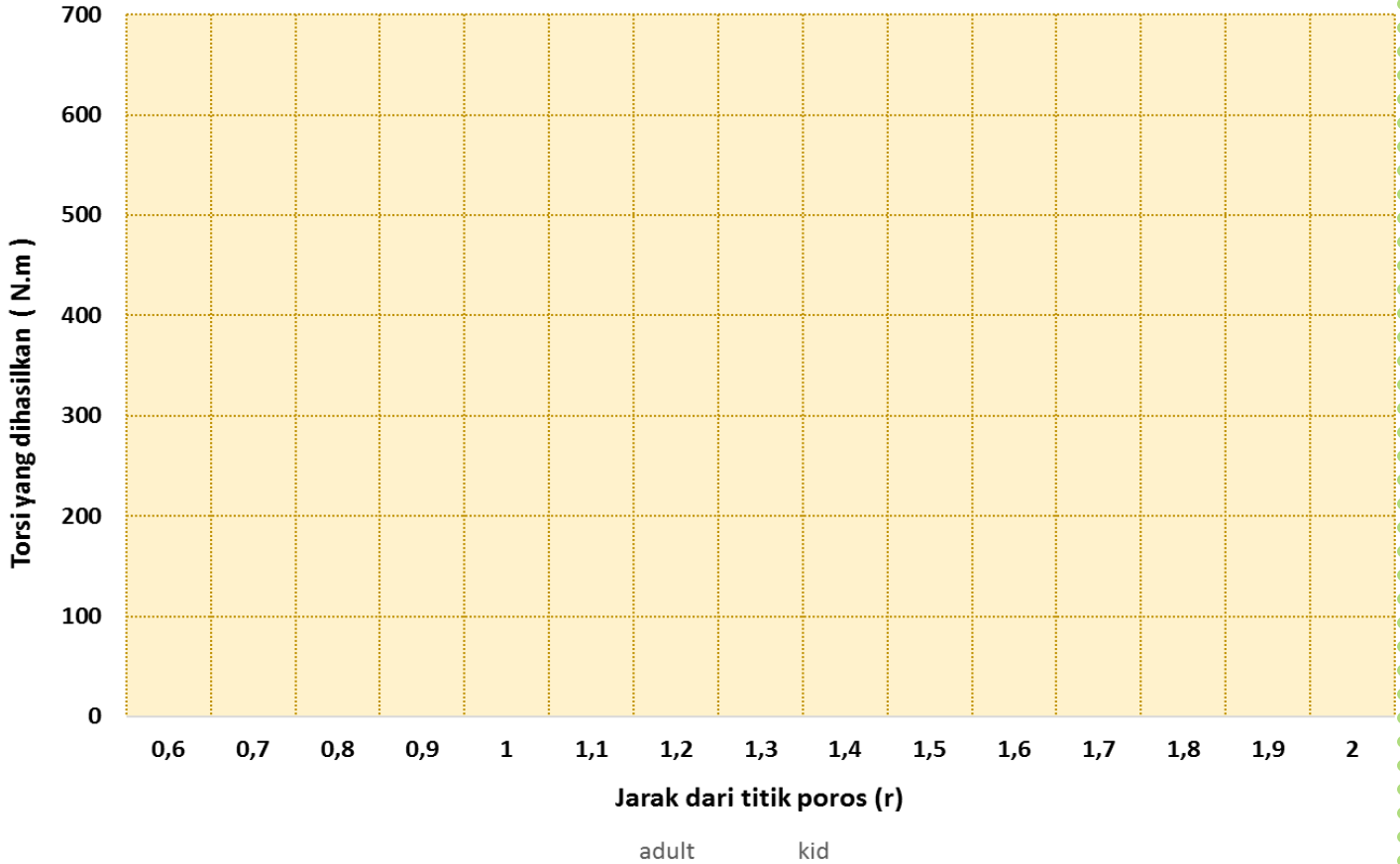
Hasil dari percobaan dapat dituliskan pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Data Percobaan untuk mencari kesetimbangan jungkat-jungkit

No	Jarak <i>adult</i> $r_a(m)$	Torsi <i>adult</i> $\bar{\tau}_a(Nm)$	Jarak <i>kid</i> $r_k(m)$	Torsi <i>kid</i> $\tau_k(Nm)$	Kondisi jungkat-jungkit
1					
2					
3					
4					
5					

Berdasarkan data tabel 2.2 kita dapat membuat dua grafik dalam satu skala di bawah ini. Kita dapat menggambarkan grafik dengan warna garis yang berbeda.

Grafik 2.2 hubungan antara jarak dengan torsi yang dihasilkan *kid* dan *adult*



1) Percobaan 1 mencari pengaruh nilai torsi pada kondisi jungkat-jungkit

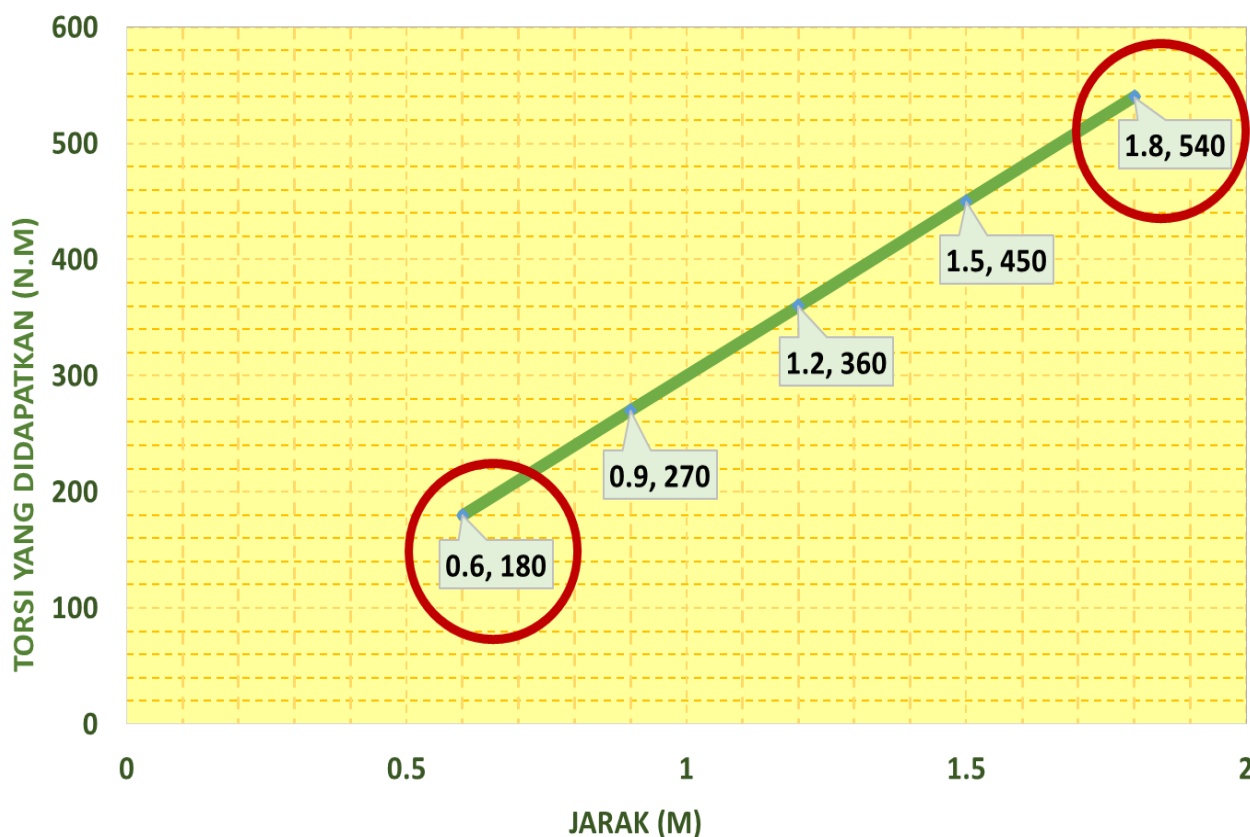
Setelah melakukan percobaan hasil data yang benar adalah pada tabel berikut dan bandingkan dengan hasil data yang telah didapat.

Tabel 2.1 Data percobaan dengan variasi jarak dan torsi pada anak

No	Jarak anak ($r_k(m)$)	Torsi anak ($\tau_k(N.m)$)	Kondisi jungkat-jungkit
1	0,6	180	Bergerak ke kiri
2	0,9	270	Bergerak ke kiri
3	1,2	360	Setimbang
4	1,5	450	Bergerak ke kanan
5	1,8	540	Bergerak ke kanan

Kemudian dari tabel 2.1 dapat kita gambarkan ke dalam berikut, serta sesuaikanlah dengan grafik percobaan 1 yang telah dibuat.

Grafik 2.1 kaitan antar jarak *kid* dengan torsi yang dihasilkan.



Mari kita perhatikan lingkaran merah pada grafik diatas!

- ✿ Pada jarak anak atau *kid* (r_k) sejauh **0,6 m** dari titik porosnya didapat torsi anak atau *kid* (τ_k) sebesar **180 Nm**
- ✿ Pada jarak anak atau *kid* (r_k) sejauh **1,8 m** dari titik porosnya didapat torsi anak atau *kid* (τ_k) sebesar **540 Nm**

Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa semakin jauh jarak (r_k) dan dari titik porosnya maka akan semakin besar juga torsi atau momen gaya ($\vec{\tau}_k$) yang dihasilkan, begitupun sebaliknya. Ketika torsi anak ($\vec{\tau}_k$) lebih besar dari torsi orang dewasa ($\vec{\tau}_a$) maka papan jungkat-jungkit yang akan turun kebawah adalah sisi papan yang diduduki oleh anak tersebut. **Sehingga berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa jarak anak atau *kid* (r_k) dengan torsi anak atau *kid* ($\vec{\tau}_k$) yang didapat adalah berbanding lurus atau jika dibuat matematis yang seperti pada persamaan 1.2**

$$r_k \approx \tau_k \dots \dots \dots (2.1)$$

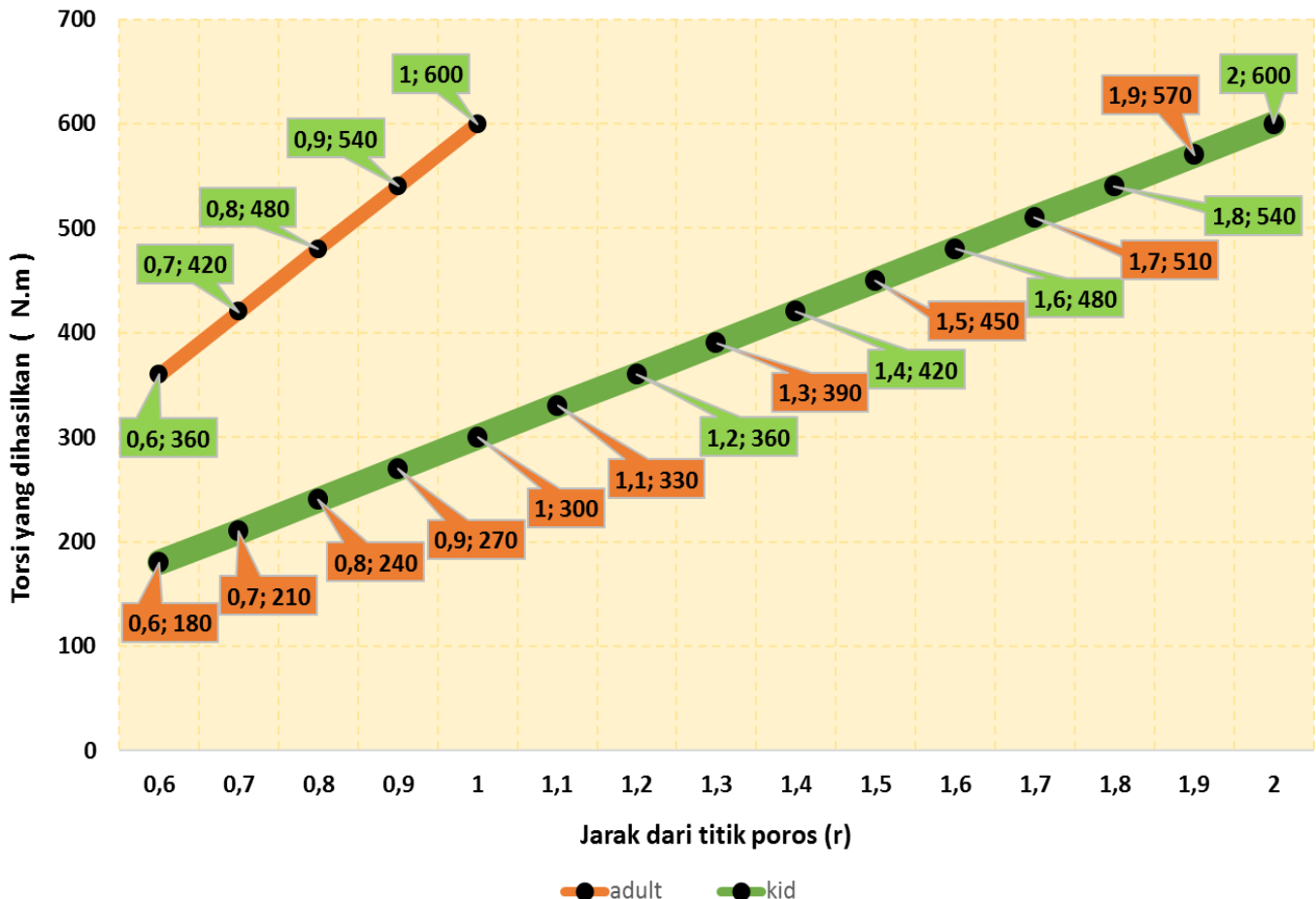
2) Percobaan 2 mencari kesetimbangan pada jungkat-jungkit

Setelah melakukan percobaan hasil yang benar adalah pada tabel dan rafik berikut dan bandingkan dengan hasil data yang telah didapat.

Tabel 2.2 Data Percobaan untuk mencari kesetimbangan jungkkat-jungkit

No	Jarak <i>adult</i> $r_a(m)$	Torsi <i>adult</i> $\bar{\tau}_a(Nm)$	Jarak <i>kid</i> $r_k(m)$	Torsi <i>kid</i> $\tau_k(Nm)$	Kondisi jungkat-jungkit
1	0,6	360	0,6	180	Bergerak ke kiri
			0,7	240	Bergerak ke kiri
			0,8	300	Bergerak ke kiri
			0,9	270	Bergerak ke kiri
			1,0	300	Bergerak ke kiri
			1,1	330	Bergerak ke kiri
			1,2	360	Setimbang
2	0,7	420	1,3	390	Bergerak ke kiri
			1,4	420	Bergerak ke kiri
3	0,8	480	1,5	450	Bergerak ke kiri
			1,6	480	Setimbang
4	0,9	540	1,7	510	Bergerak ke kiri
			1,8	540	Setimbang
5	1,0	600	1,9	570	Bergerak ke kiri
			2,0	600	Setimbang

Grafik 2.2 hubungan antara jarak dengan torsi yang dihasilkan *kid* dan *adult*



PERHITUNGAN DATA

Berdasarkan grafik 2.2 diketahui bahwa semakin jauh jarak dari titik porosnya maka akan semakin besar juga torsi atau momen gaya yang didapatkan. Maka pada masing-masing grafik terdapat kesamaan nilai torsi pada jarak tertentu (dilihat di label berwarna hijau) yang menandakan bahwa keadaan setimbang bisa didapat bila adanya kesamaan nilai torsi. **Sehingga bila masing-masing torsi itu dijumlahkan akan dihasilkan nilai sama dengan nol. Jika dimatematiskan menjadi:**

$$\sum \vec{\tau} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : $\vec{\tau}$ = momen gaya atau torsi, satuannya Nm

Mari kita buktikan dengan penjelasan materi di bawah ini!

1. Kestimbangan Benda Tegar

cPada kegiatan sebelumnya kita telah mempelajari torsi atau momen gaya serta pada kelas X kita telah mempelajari tentang gaya total suatu sistem benda. Pada kasus ini, benda atau sistem benda yang kita pelajari dalam keadaan diam. Benda-benda yang diam umumnya paling tidak memiliki satu gaya yang bekerja yaitu **gaya Gravitasi** dan jika ada terdapat gaya lain yang bekerja seperti **gaya Normal** pada benda tersebut maka gaya totalnya akan nol.

2. Syarat –Syarat Kestimbangan Benda Tegar

Kita telah mengetahui bahwa benda tegar merupakan benda yang terdiri dari kumpulan partikel, sehingga untuk mencapai kestimbangan pada benda tegar pertama harus memiliki syarat kestimbangan pada benda partikel yang persamaannya mengacu pada Hukum I Newton, yaitu :

$$\sum \vec{F}_x = 0, \quad \sum \vec{F}_y = 0, \quad \sum \vec{F}_z = 0 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan : \vec{F}_x = Gaya pada komponen x, satuannya Newton

\vec{F}_y = Gaya pada komponen y, satuannya Newton

\vec{F}_z = Gaya pada komponen z, satuannya Newton

Untuk melihat contoh soal dari kesetimbangan translasi benda tegar kliklah kotak dibawah ini!

Contoh soal kesetimbangan translasi benda tegar

kita harus ingat bahwa gaya merupakan komponen vektor, dan setiap komponen gaya tertentu menunjuk ke suatu arah yang berlaku tanda positif dan negatif. Namun walaupun ($\sum \vec{F}$) yang bekerja padanya menghasilkan gaya total nol pada benda. Pada benda tegar mampu untuk berotasi sehingga syarat kedua yaitu total ($\sum \vec{\tau}$) bekerja padanya haruslah nol. Dengan demikian kita memiliki persamaan syarat kedua kesetimbangan yaitu:

$$\sum \vec{\tau} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

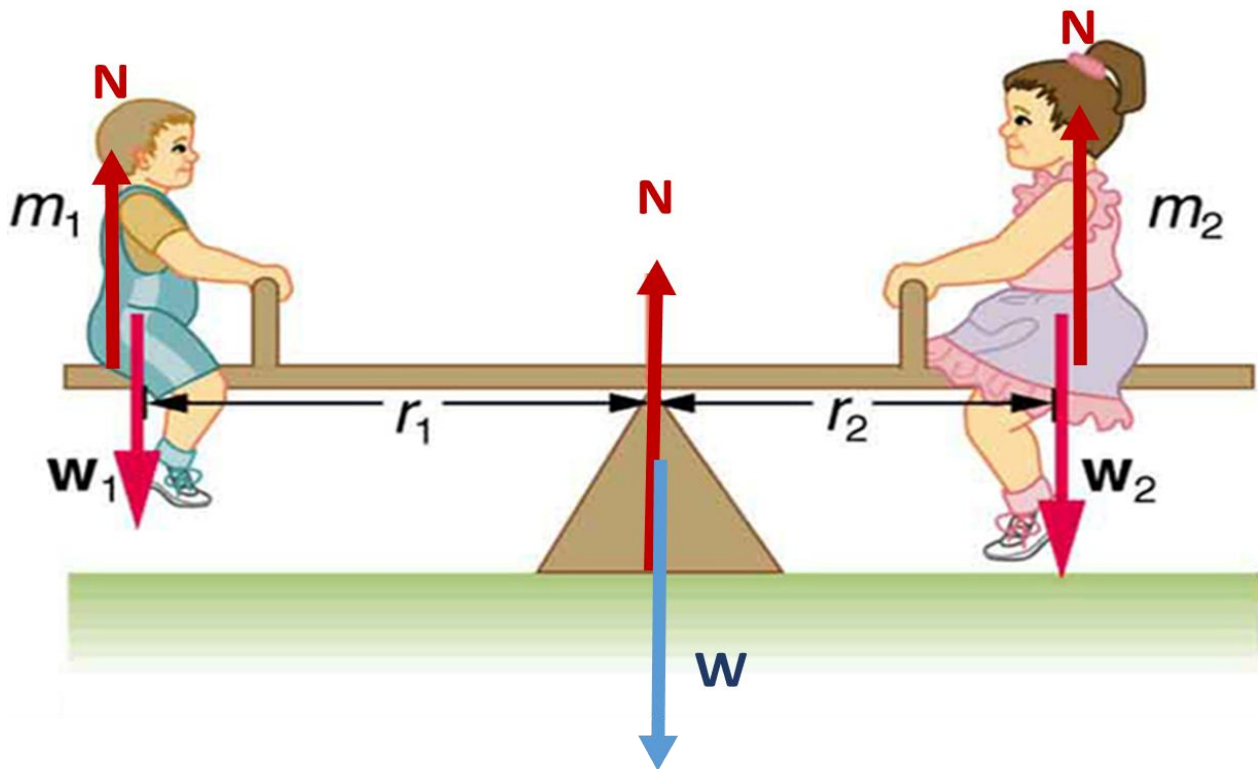
Keterangan : $\vec{\tau}$ = momen gaya atau torsi, satuannya Nm

Untuk melihat contoh soal dari kesetimbangan rotasi benda tegar kliklah kotak dibawah ini!

Contoh soal kesetimbangan rotasi benda tegar

3. Kestimbangan Pada Jungkat-Jungkit

Untuk mengetahui kestimbangan pada jungkat-jungkit maka kita analisis syarat pertama kestimbangan yaitu $\sum \vec{F} = \mathbf{0}$ pada jungkat-jungkit sebagai berikut:



Gambar 2.4 komponen-komponen gaya yang bekerjaketika bermain jungkat-jungkit

Sehingga berdasarkan gambar 2.4 dapat kita analisis komponen-komponen vektor gaya yang bekerja sesuai dengan persamaan 2.2 maka :

$$\sum \vec{F}_{total} = \sum \vec{F}_{poros} + \sum \vec{F}_a - \sum \vec{F}_k$$

$$\sum \vec{F}_{total} = (\vec{W} - \vec{T}) + (\vec{W}_a - \vec{N}) - (\vec{W}_k - \vec{N})$$

$$\sum \vec{F}_{total} = \mathbf{0} + \mathbf{0} + \mathbf{0} - \mathbf{0}$$

$$\sum \vec{F}_{total} = \mathbf{0}$$

Dari perhitungan di atas telah terbukti bahwa agar jungkat-jungkit dapat dengan setimbang maka dibutuhkan persyaratan $\sum F_{total} = 0$. Namun seperti yang telah kita ketahui bahwa persyaratan pertama tidaklah cukup untuk benda tegar yang mampu berotasi apabila $\sum \tau \neq 0$. Benarkah demikian? Marilah kita buktikan dengan melakukan perhitungan data pada salah satu data yang ada pada tabel 2.3 marilah kita buktikan syarat kedua kesetimbangan.

No	Jarak adult $r_a(m)$	Torsi adult $\vec{\tau}_a(N.m)$	Jarak kid $r_k(m)$	Torsi kid $\vec{\tau}_k(N.m)$	Kondisi jungkat-jungkit
5	1,0	600	1,9	570	Bergerak ke kiri
			2,0	600	Setimbang

Dengan torsi total :

$$\sum \vec{\tau} = -(\vec{\tau}_a) + (\vec{\tau}_k) = 0$$

$$\sum \vec{\tau} = -(\vec{W}_a \times r_a) + (\vec{W}_k \times r_k) = 0$$

dan diketahui berat badan orang dewasa pada jungkat-jungkit adalah 600 N dan berat badan anak adalah 300 N.

a). $\sum \vec{\tau} = -((600 N) \times 1,0 m) + (300 N) \times 1,9 m$

$$\sum \vec{\tau} = -600 Nm + 570 Nm = 30 Nm ,$$

terbukti $\sum \vec{\tau} \neq 0$ dan jungkat-jungkit tidak seimbang tapi bergerak ke arah kiri

b). $\sum \vec{\tau} = -((600 N) \times 1,0 m) + (300 N) \times 2,0 m$

$$\sum \vec{\tau} = -600 Nm + 600 Nm = 0 ,$$

terbukti $\sum \vec{\tau} = 0$ dan jungkat-jungkit seimbang.

VERIFIKASI

Setelah melakukan percobaan dan membaca literatur tentang kesetimbangan benda tegar, maka kita harus menuliskan kesimpulan – kesimpulan yang telah didapat dengan me Klik kotak dibawah ini.

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan yang dapat kita peroleh dari mengumpulkan informasi-informasi tentang kesetimbangan benda tegar adalah sebagai berikut. Bandingkan dengan kesimpulan yang telah ditulis di atas.

- ❁ Kesetimbangan dinamis benda tegar adalah kondisi keseimbangan dengan berbagai syarat tertentu pada benda tegar yang sedang bergerak translasi atau bergerak rotasi.
- ❁ Syarat kesetimbangan dinamis pada benda tegar adalah sama dengan syarat pada kesetimbangan statis yaitu m resultan gaya pada benda sama dengan nol ($\sum \vec{F} = 0$), serta torsi terhadap titik sembarang yang dipilih sebagai poros sama dengan nol ($\sum \vec{\tau} = 0$).
- ❁ Jungkat-jungkit dapat setimbang apabila seseorang yang massanya lebih besar duduk di dekat titik porosnya dan seseorang yang massanya lebih kecil duduk di ujung papan jungkat-jungkit. Hal ini dikarenakan besar torsi pada masing-masing orang tersebut dipengaruhi oleh jarak mereka duduk dari titik poros.
- ❁ Menentukan kesetimbangan dinamis pada permainan jungkat-jungkit jumlah tiap komponen gaya haruslah nol ($\sum \vec{F} = 0$) dan jumlah momen gayanya juga haruslah nol ($\sum \vec{\tau} = 0$), Jumlah ini didapat dari kedua pemain pada jungkat jungkit yang posisinya berlawanan arah.

B. Pusat Massa dan Titik Berat

Pada kegiatan belajar sebelumnya kita telah membahas salah satu contoh kesetimbangan yaitu pada permainan jungkat-jungkit. Pada permainan jungkat-jungkit telah kita ketahui bahwa salah satu gaya yang bekerja adalah gaya berat dari masing-masing pemain. Dari gaya tersebut kita dapat menghitung torsi pada masing-masing pemain jungkat-jungkit.

Pada sub bab kegiatan belajar ini kita dapat menghitung torsi dari gaya berat benda dengan mengasumsikan bahwa seluruh massa dan berat benda tersebut terkonsentrasi di satu titik, hal inilah yang kita sebut dengan **Pusat massa dan Titik Berat**. Kemudian seperti apakah apabila kita mengetahui pusat massa dari setiap benda baik yang bentuknya homogen atau tidak homogen? **marilah kita perhatikan video di samping!**



Video 2.3 benda-benda yang bisa seimbang

Sumber video :

<https://www.youtube.com/watch?v=UuufFUmPNa4>

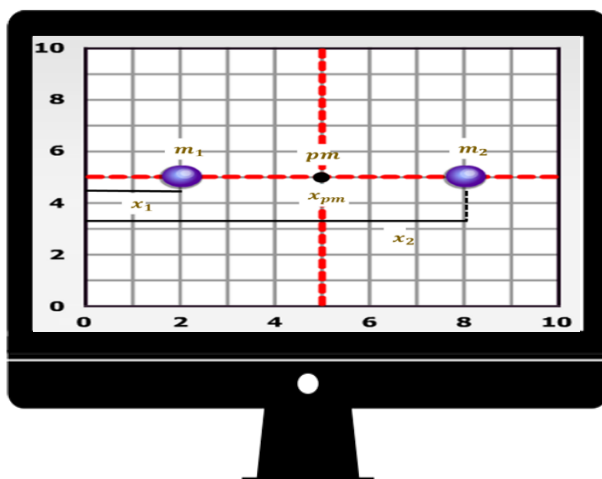
Setelah kita mengamati video di atas, maka **pertanyaan yang muncul** adalah sebagai berikut :

- ❁ Mengapa benda-benda yang ada dalam video stimulasi dapat berdiri seimbang?
- ❁ Dalam video stimulasi, Apakah yang harus dilakukan oleh orang tersebut untuk bisa membuat benda-benda itu dapat berdiri seimbang?

Berikut ini adalah **jawaban sementara** atau **hipotesis** yang didapatkan dari pertanyaan-pertanyaan di atas. Hipotesis ini tentunya belum dibuktikan sehingga belum di ketahui benar atau salahnya.

- ❁ Dalam video stimulasi terlihat benda-benda dengan berbagai bentuk, massa dan volume dapat diletakkan seimbang hanya dengan bertumpu pada sebuah titik. Titik-titik tersebut yang dijadikan tumpuan benda untuk dapat berdiri itu adalah titik pusat massa atau titik berat, sehingga benda-benda tersebut dapat berdiri seimbang karena bertumpu langsung pada pusat massanya.
- ❁ Agar kita dapat meletakkan benda seperti yang ada pada video stimulasi maka kita harus mengetahui letak dari titik pusat massa pada setiap benda, dengan demikian apabila kita sudah mengetahui titik pusat massa dan titik berat dari suatu benda maka akan mudah bagi kita untuk membuat benda dapat berdiri seimbang dengan hanya bertumpu pada sebuah titik.

Untuk membuktikan hipotesis-hipotesis yang telah kita buat, marilah kita lakukan percobaan dengan simulasi dibawah ini dengan petunjuk sebagai berikut.



Simulasi 2.2 titik berat partikel

Sumber simulasi:

http://bcs.whfreeman.com/webpub/Ektron/FRKT%20College%20Physics%201e/Picture%20Its%2005_WHFPI_center_of_mass.swf

- ❁ kita dapat memindahkan partikel berwarna ungu dengan menggeser animasi partikel tersebut ke dalam koordinat yang tersedia.
- ❁ Jika kita ingin menambah massa partikel dapat memindahkan partikel lain ke koordinat yang sama.
- ❁ Perhatikan keterangan *centre of mass* (pusat massa) pada simulasi dan jika ingin mengulang simulasi dari awal maka klik *reset*.

1) Percobaan 1 mencari koordinat Pusat Massa Sistem Partikel

Sekarang marilah kita melakukan percobaan kedua dengan ketentuan sebagai berikut

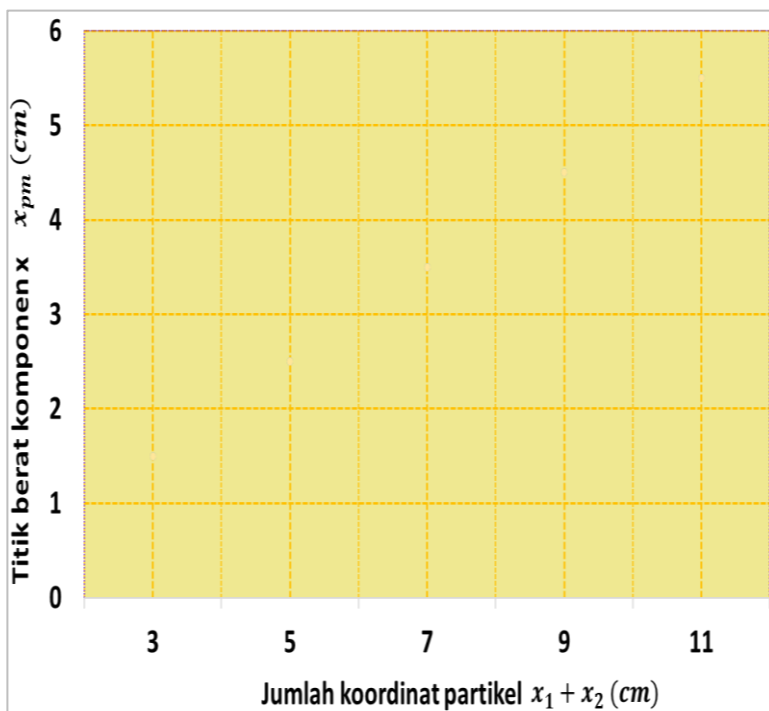
- Sistem partikel terdiri dari dua buah partikel dengan $w_1 = w_2$ ditetapkan masing-masing 1 gram.
- Variable yang dibuat tetap adalah jarak partikel satu (x_1, y_1) ditetapkan pada koordinat (1,1) dari titik nol.
- Variable yang divariasikan adalah koordinat pada partikel ke-dua dari titik nol (x_2, y_2) . Untuk variasi x_2 dari 2 cm sampai 10 cm dengan rentang 2 cm dan untuk variasi Y_2 dari 1 cm sampai 5 cm dengan rentang 1 cm.

Dari data percobaan akan dihasilkan tabel data dan grafik berikut ini :

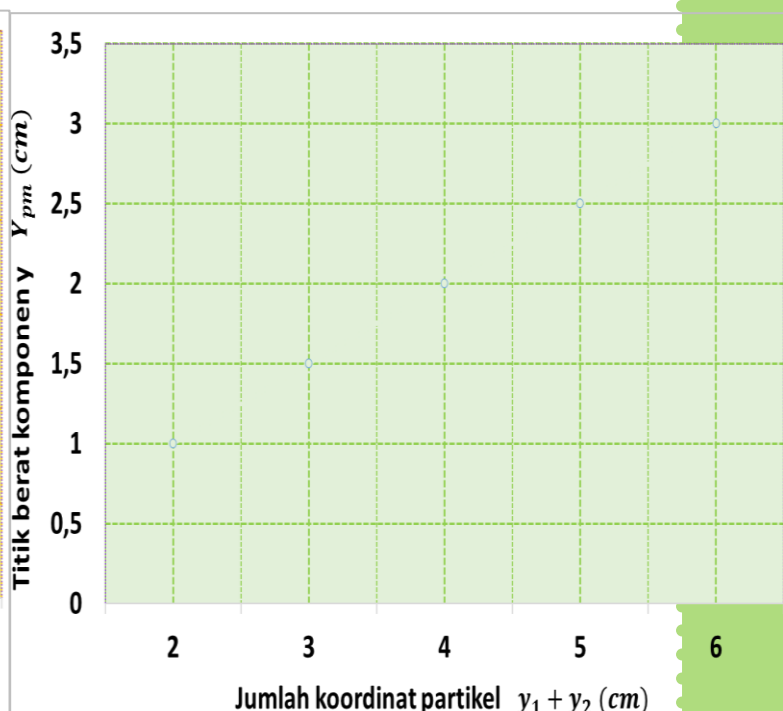
Tabel 2.3 Data Koordinat Pusat Massa Sistem Partikel

No	$x_2 (cm)$	$y_2 (cm)$	$x_1 + x_2 (cm)$	$y_1 + y_2 (cm)$	$X_{pm} (cm)$	$Y_{pm} (cm)$
1						
2						
3						
4						
5						

Grafik 2.2 Koordinat partikel terhadap pusat massa pada sumbu X



Grafik 2.3 Koordinat partikel terhadap pusat massa pada sumbu Y



1) Percobaan untuk menentukan koordinat pusat massa pada benda 2 Dimensi



Video 2.4 cara mengetahui titik berat benda
 Sumber video:
<https://www.youtube.com/watch?v=34AhmNi-uEw>

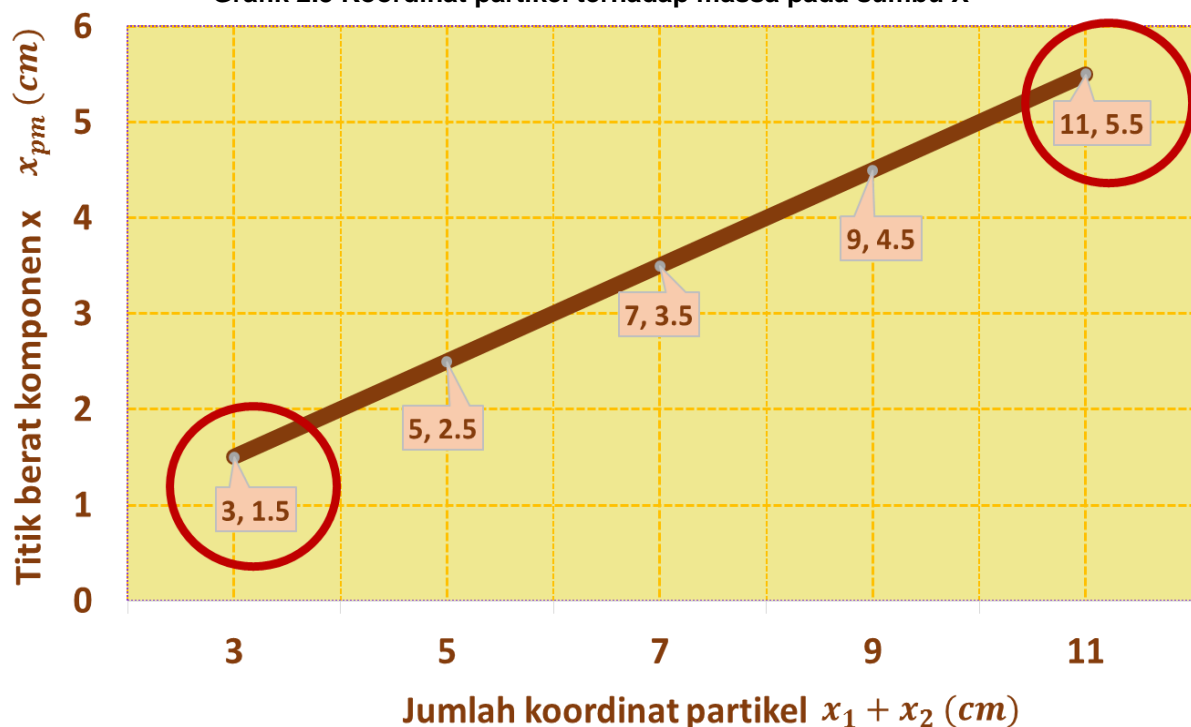
Untuk mengetahui letak pusat massa dan titik berat pada suatu benda tegar kita bisa menentukan tanpa melalui cara kuantitatif. Kita dapat melakukan eksperimen menentukan titik berat benda tegar dengan cara menggantungkan benda tegar tersebut dan dipilih pada sembarang titik poros. Untuk lebih memahaminya simaklah video berikut.

Tabel 2.3 Data Koordinat Pusat Massa Sistem Partikel

No	x_2 (cm)	y_2 (cm)	$x_1 + x_2$ (cm)	$y_1 + y_2$ (cm)	X_{pm} (cm)	Y_{pm} (cm)
1	2	1	3	2	1,5	1
2	4	2	5	3	2,5	1,5
3	6	3	7	4	3,5	2
4	8	4	9	5	4,5	2,5
5	10	5	11	6	5,5	3

Berdasarkan tabel 2.4 dapat kita gambarkan ke dalam dua grafik sebagai berikut.

Grafik 2.3 Koordinat partikel terhadap massa pada sumbu X



Mari kita perhatikan lingkaran merah pada grafik diatas!

- ❁ Pada saat jumlah koordinat partikel $x_1 + x_2$ adalah 3 cm didapat koordinat pusat massa pada sumbu X (X_{pm}) adalah 1,5 cm
- ❁ Pada saat jumlah koordinat partikel $x_1 + x_2$ adalah 11 cm didapat koordinat pusat massa pada sumbu X (X_{pm}) adalah 5,5 cm

Berdasarkan grafik yang dihasilkan bahwa semakin jauh rentang antara partikel satu dengan partikel yang lain maka letak titik berat yang didapatkan juga akan semakin jauh dari titik nol. Dan jika kita perhatikan bahwa letak pusat massa pada kedua partikel tersebut adalah tepat di tengah-tengah antara kedua partikel sehingga bila hubungan tersebut di buat persamaan matematis maka :

$$X_{pm} = \frac{x_1 + x_2}{\text{jumlah partikel atau benda}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan angka 2 nya adalah jumlah partikel atau jumlah benda dan diketahui massa kedua partikelnya adalah sama, sehingga jika terdapat sistem yang terdiri lebih dari 2 partikel atau benda. Maka persamaan umum pusat massa pada sumbu X menjadi :

$$X_{pm} = \frac{w_1x_1 + w_2x_2 + \dots\dots\dots w_nx_n}{w_1 + w_2 + \dots\dots\dots w_n} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$X_{pm} = \frac{\sum w_nx_n}{\sum w_n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

X_{tb} = letak titik pusat massa pada sumbu X, satuan yang dimiliki (cm atau m)

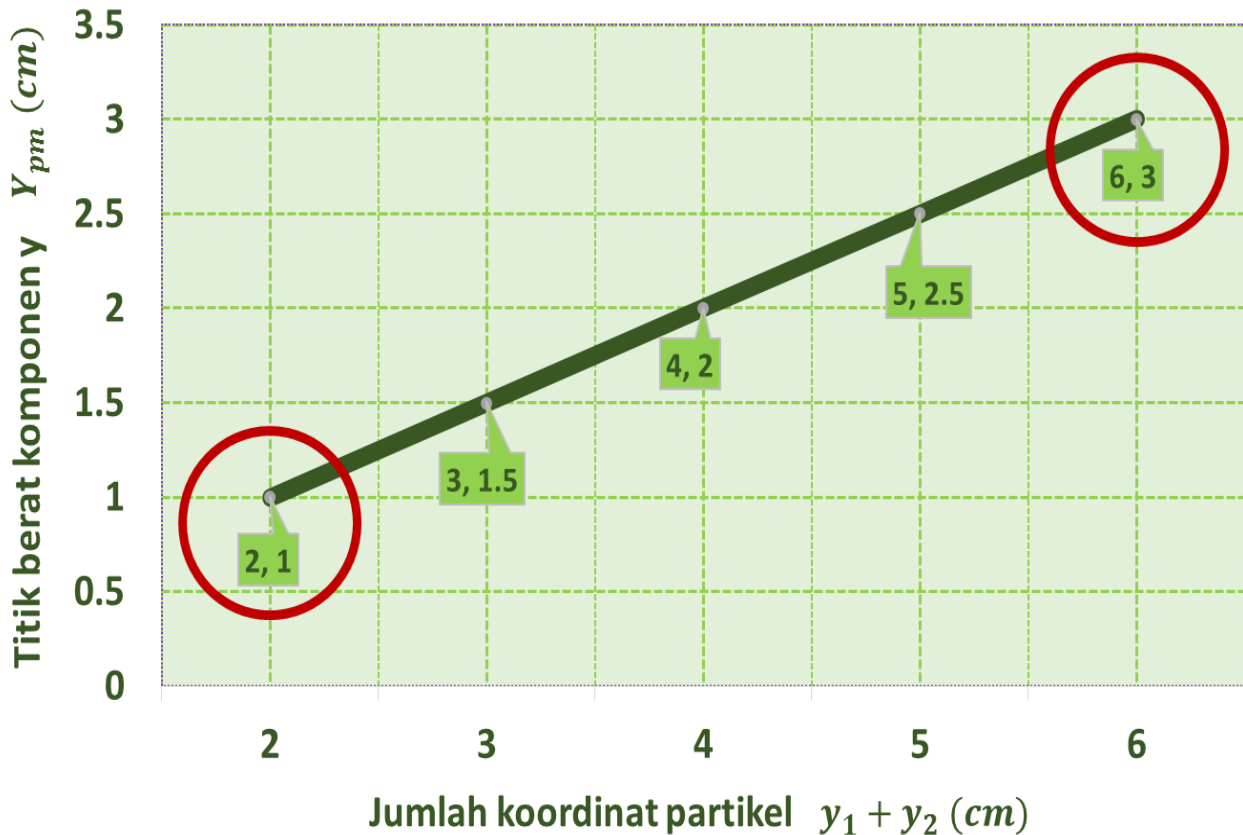
w_n = berat benda atau partikel ke-n

x_n = letak benda atau partikel ke-n pada titik sumbu Y

P
E
R
H
I
T
U
N
G
A
N
D
A
T
A

1) Grafik hubungan sumbu y partikel terhadap titik berat pada sumbu Y

Grafik 2.4 Koordinat partikel terhadap massa pada sumbu Y



Mari kita perhatikan lingkaran merah pada grafik diatas!

- ✿ Pada saat jumlah koordinat partikel $y_1 + y_2$ adalah 2 cm didapat koordinat pusat massa pada sumbu Y (Y_{pm}) adalah 1 cm
- ✿ Pada saat jumlah koordinat partikel $y_1 + y_2$ adalah 6 cm didapat koordinat pusat massa pada sumbu Y (y_{pm}) adalah 3 cm

Berdasarkan grafik yang dihasilkan bahwa semakin jauh rentang antara partikel satu dengan partikel yang lain maka letak pusat massa yang didapatkan juga akan semakin jauh dari titik nol pada sumbu Y. Jika kita perhatikan bahwa koordinat sumbu Y, pusat massa pada kedua partikel tersebut adalah tepat di tengah-tengah antara kedua partikel sehingga bila hubungan tersebut di buat persamaann matematis maka :

$$Y_{pm} = \frac{y_1 + y_2}{\text{jumlah partikel benda}} \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan angka 2 nya adalah jumlah partikel atau jumlah benda dan diketahui massa kedua partikelnya adalah sama, sehingga jika terdapat sistem yang terdiri lebih dari 2 partikel atau benda. Maka persamaan umum pusat massa pada sumbu Y menjadi :

$$Y_{pm} = \frac{w_1y_1 + w_2y_2 + \dots + w_ny_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Y_{pm} = \frac{\sum w_ny_n}{\sum w_n} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

Y_{tb} = letak titik berat pada sumbu Y , satuan yang dimiliki (cm atau m)

w_n = berat benda atau partikel ke-n

y_n = letak benda atau partikel ke-n pada titik sumbu Y

Mari kita buktikan dengan penjelasan materi di bawah ini!

Pusat Massa dan Titik Berat

Dalam subab ini kita akan membahas bagaimana suatu sistem benda yang dapat diam atau bergerak dengan keseimbangannya menggunakan pusat massanya atau titik berat dari benda itu sendiri. Lalu apakah itu pusat massa? perhatikanlah contoh kasus dibawah ini.

Contoh apabila ada sebuah benda yang dilempar ke atas akan membentuk lintasan parabola pada titik pusat massanya. Dapatkah kita memahami apa itu pusat massa dengan memperhatikan video berikut!



Video 2.5 titik berat pada benda yang dilempar membentuk lintasan parabola
 Sumber video :
https://www.youtube.com/watch?v=_DzgPB9646k

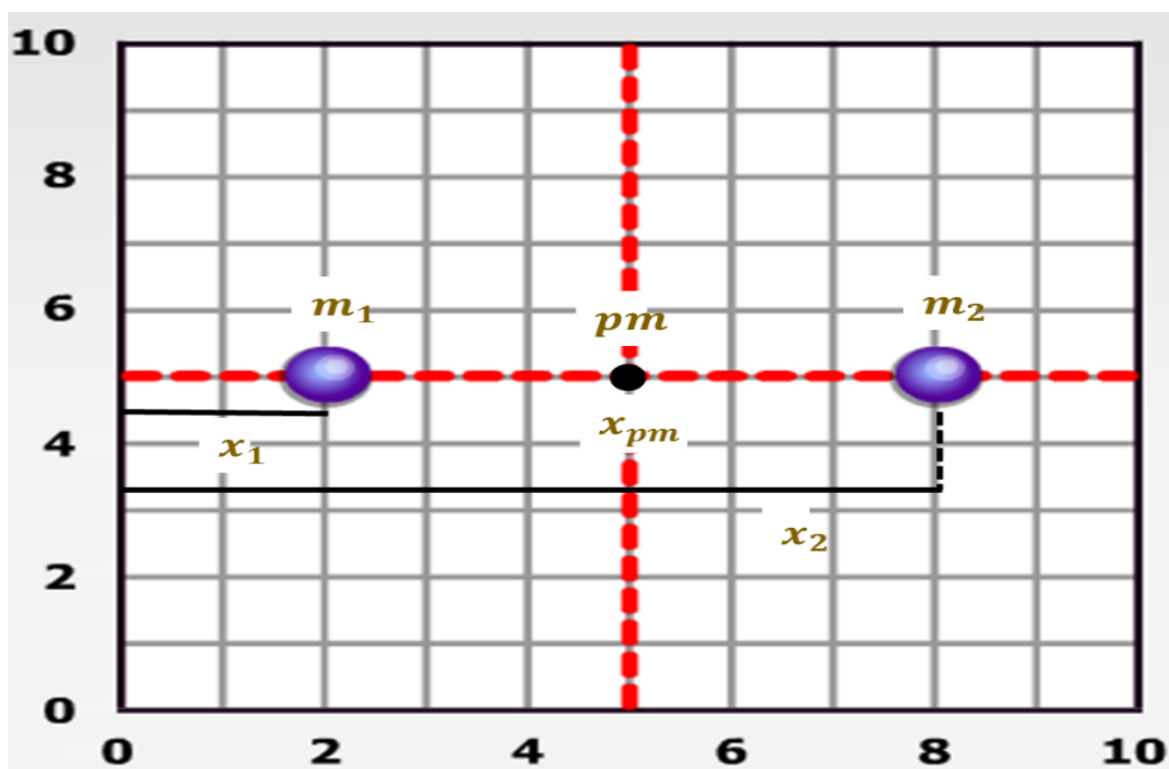
Setelah memperhatikan video di atas kita dapat mendefinisikan pusat massa pada sistem partikel atau benda tegar untuk memprediksi gerakannya apakah akan seimbang atau tidak. Sehingga kita definisikan pusat massa yaitu :

Pusat massa adalah sebuah titik pada suatu sistem partikel atau benda tegar, dimana pada titik itu semua massa dari sistem partikel atau benda tegar menjadi terkonsentrasi pada titik tersebut.

Sehingga titik pusat massa itulah yang dapat kita sebut juga dengan titik berat atau pusat gravitasi dari suatu sistem partikel atau benda tegar, apabila kita tidak mengabaikan percepatan gravitasi yang bekerja pada sistem partikel atau benda tegar tersebut.

1) Pusat Massa dan Titik Berat pada Sistem Partikel

Perhatikan bila terdapat sebuah sistem yang terdiri atas dua partikel atau benda, seperti yang ada dalam simulasi yang telah kita pelajari berikut.



Gambar 2.5 suatu sistem yang terdiri dari dua buah partikel dengan massa yang sama

Pada partikel m_1 berada di koordinat x_1 , sedangkan partikel m_2 berada di koordinat x_2 . Massa kedua benda tersebut sama yaitu $m_1 = m_2$. Jika koordinat pusat massa sistem kita lambangkan dengan X_{pm} dan massa total kita lambangkan dengan $M = m_1 + m_2$, maka koordinat pusat massa secara umum :

$$MX_{pm} = m_1x_1 + m_2x_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Pusat massa juga di analogikan sebagai suatu titik di tempat tertentu. Jika titik itu diletakkan pada sebuah tumpuan, maka sistem akan berada dalam keadaan setimbang. maka dalam pernyataan yang lebih umum titik pusat massa suatu sistem pada subu X adalah:

$$X_{pm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1 + m_2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dan apabila suatu sistem terdapat partikel atau benda yang jumlahnya melebihi dua maka untuk menentukan pusat masanya adalah :

$$X_{pm} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots\dots\dots m_nx_n}{m_1 + m_2 + \dots\dots\dots m_n} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$X_{pm} = \frac{\sum m_nx_n}{\sum m_n}$$

Berdasarkan pembahasan definisi pusat massa dan titik berat, telah kita ketahui bahwa untuk menentukan titik berat kita dapat menghitung percepatan gravitasi pada tiap massa benda atau kita telah ketahui bahwa $w = m \cdot g$ sehingga persamaan titik berat suatu sistem pada komponen X menjadi :

$$X_{tb} = \frac{\sum w_nx_n}{\sum w_n} \dots\dots\dots(2.13)$$

V
E
R
I
F
I
K
A
S
I

Keterangan :

X_{pm} = pusat massa pada sumbu X, satuan yang dimiliki (cm atau m)

X_{tb} = titik berat pada sumbu X, satuan yang dimiliki (cm atau m)

w_n = berat benda atau partikel ke-n

x_n = letak benda atau partikel ke-n pada titik sumbu X

Maka persamaan 2.6 terbukti dimana pada persamaan tersebut mencari titik berat sumbu x melalui data-data percobaan menggunakan simulasi.

Untuk melihat contoh soal dari pusat massa dan titik berat pada sumbu X kliklah kotak dibawah ini!

Contoh soal pusat massa dan titik berat pada sumbu X

2) Formulasi Pusat massa dan Titik Berat Pada Sumbu Y dan Z

Kita telah memformulasikan pusat massa dan titik berat untuk sumbu X untuk sistem sembarang partikel atau benda, Kemudian bagaimanakah bila pusat massa dan titik berat dalam ruang tiga dimensi?. Kita telah mengetahui bahwa tiga dimensi terdiri dari koordinat x, y, z pada persamaan 2.15 dan persamaan 2.16 kita telah mengetahui pada komponen x maka pusat massa dan titik berat sistem pada sumbu Y dan Z adalah

a) Pusat massa dan titik berat pada sumbu Y

$$Y_{pm} = \frac{\sum m_n y_n}{\sum m_n} \dots\dots\dots(2.14)$$

Titik berat suatu sistem pada sumbu Y adalah

$$Y_{tb} = \frac{\sum w_n y_n}{\sum w_n} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

Y_{pm} = pusat massa pada sumbu Y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

Y_{tb} = titik berat pada sumbu Y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

w_n = berat benda atau partikel ke-n

y_n = letak benda atau partikel ke-n pada titik sumbu Y

Untuk melihat contoh soal dari pusat massa dan titik berat pada sumbu Y kliklah kotak dibawah ini!

Contoh soal pusat massa dan titik berat pada sumbu Y

b) Pusat massa dan titik berat pada sumbu Z

$$Z_{pm} = \frac{\sum m_n z_n}{\sum m_n} \dots\dots\dots(2.16)$$

Titik berat suatu sistem pada sumbu Z adalah

$$Z_{tb} = \frac{\sum w_n z_n}{\sum w_n} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

Z_{pm} = pusat massa pada sumbu Z, satuan yang dimiliki (cm atau m)

Z_{tb} = titik berat pada sumbu Z, satuan yang dimiliki (cm atau m)

w_n = berat benda atau partikel ke-n

z_n = letak benda atau partikel ke-n pada titik sumbu Z

Untuk melihat contoh soal dari pusat massa dan titik berat pada sumbu Z kliklah kotak dibawah ini!

Contoh soal pusat massa dan titik berat pada sumbu Z

3) Menentukan Titik Berat Benda Homogen Berbentuk Luasan (Dua Dimensi)

Titik berat benda homogen berbentuk luasan terletak pada sumbu simetrinya. Untuk bidang segi empat, titik beratnya pada perpotongan diagonalnya dan untuk lingkaran terletak dipusat lingkaran. Titik berat benda homogen dapat ditentukan pada persamaan berikut:

Pada koordinat X :

$$X_{tb} = \frac{\sum A_n x_n}{\sum A_n} \dots\dots\dots(2.17)$$

Pada koordinat Y :

$$Y_{tb} = \frac{\sum A_n y_n}{\sum A_n} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

X_{tb} = titik berat pada sumbu X, satuan yang dimiliki (cm atau m)

Y_{tb} = titik berat pada sumbu Y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

A_n = Luas benda n

x_n = letak benda atau partikel ke- n pada titik sumbu X

y_n = letak benda atau partikel ke- n pada titik sumbu Y

Untuk melihat contoh soal dari pusat massa dan titik berat pada benda dua dimensi kliklah kotak dibawah ini!

Contoh soal pusat massa dan titik berat pada benda dua dimensi

4) Menentukan Titik Berat Benda Homogen Berbentuk Luasan (Tiga Dimensi)

Titik berat benda homogen berdimensi tiga seperti tabung, bola, kerucut dan sebagainya dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

Pada koordinat X :
$$X_{tb} = \frac{\sum V_n x_n}{\sum V_n} \dots\dots\dots(2.19)$$

Pada koordinat Y :
$$Y_{tb} = \frac{\sum V_n y_n}{\sum V_n} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

X_{tb} = titik berat pada sumbu X, satuan yang dimiliki (cm atau m)

Y_{tb} = titik berat pada sumbu Y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

V_n = Volume benda n

x_n = letak benda atau partikel ke- n pada titik sumbu X

y_n = letak benda atau partikel ke- n pada titik sumbu Y

Untuk melihat contoh soal dari pusat massa dan titik berat pada benda tiga dimensi kliklah kotak dibawah ini!

Contoh soal pusat massa dan titik berat pada benda tiga dimensi

Setelah melakukan percobaan dan membaca literatur tentang kesetimbangan benda tegar, maka kita harus menuliskan kesimpulan – kesimpulan yang telah didapat dengan me Klik kotak dibawah ini.

.....

.....

.....

V
E
R
I
F
I
K
A
S
I

G
E
N
E
R
A
L
I
S
A
S
I

Kesimpulan yang dapat kita peroleh dari mengumpulkan informasi-informasi tentang kesetimbangan statis benda tegar adalah sebagai berikut.

- ❁ Pusat massa adalah sebuah titik dimana pada titik itu semua massa dari sistem partikel atau benda tegar menjadi terkonsentrasi pada titik tersebut.
- ❁ Titik berat adalah suatu titik dimana di mana resultan gaya percepatan gravitasi yang bekerja pada sistem partikel atau benda tegar menjadi terkonsentrasi pada titik tersebut.
- ❁ Untuk mencari pusat massa yaitu pada koordinat x adalah $X_{pm} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$, pada koordinat y adalah $Y_{pm} = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$ dan pada koordinat z adalah $Z_{pm} = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i}$
- ❁ Untuk mencari titik berat yaitu pada koordinat x adalah $X_{tb} = \frac{\sum w_i x_i}{\sum m_i}$, pada koordinat y adalah $Y_{tb} = \frac{\sum w_i y_i}{\sum m_i}$ dan pada koordinat z adalah $Z_{tb} = \frac{\sum w_i z_i}{\sum m_i}$
- ❁ Untuk mencari titik berat dari benda berdimensi dua pada koordinat X adalah $X_{tb} = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}$ dan pada koordinat Y adalah $Y_{tb} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$
- ❁ Untuk mencari titik berat dari benda berdimensi tiga pada koordinat Y adalah $X_{tb} = \frac{\sum V_i x_i}{\sum V_i}$ dan pada koordinat Y adalah $Y_{tb} = \frac{\sum V_i y_i}{\sum V_i}$
- ❁ Jika benda ditumpu berdasarkan titik beratnya seperti dalam video simulasi maka resultan torsi dari gaya gravitasi partikel-partikelnya adalah nol sehingga benda akan dalam kondisi kesetimbangan statis dan tidak akan jatuh
- ❁ Menentukan letak titik berat benda dapat dengan menggantungkan benda tersebut kemudian dipilih sembarang partikel dan dihubungkan sehingga ditemukanlah letak titik berat pada benda tersebut tanpa melalui cara kuantitatif.

Rangkuman KB 2

- **Keseimbangan statis benda tegar** adalah kondisi keseimbangan dengan berbagai syarat tertentu pada benda tegar yang diam, diam disini diartikan benda tegar tersebut tidak bergerak translasi dan tidak bergerak rotasi.
- **Syarat keseimbangan statis pada benda tegar** adalah mula-mula benda dalam keadaan diam dan resultan gaya pada benda sama dengan nol pada komponen :

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

Keterangan : $\sum F_x$ = resultan gaya pada komponen x

$\sum F_y$ = resultan gaya pada komponen y

$\sum F_z$ = resultan gaya pada komponen z

- **Keseimbangan dinamis benda tegar** adalah kondisi keseimbangan dengan berbagai syarat tertentu pada benda tegar yang sedang bergerak translasi atau bergerak rotasi.
- **Syarat keseimbangan dinamis pada benda tegar** adalah sama dengan syarat pada keseimbangan statis yaitu resultan gaya pada benda sama dengan nol ($\sum F = 0$), serta torsi terhadap titik sembarang yang dipilih sebagai poros sama dengan nol ($\sum \tau = 0$). Komponen-komponen torsi tersebut adalah

$$\sum \tau_x = 0, \quad \sum \tau_y = 0, \quad \sum \tau_z = 0$$

Keterangan : $\sum \tau_x$ = resultan torsi pada komponen x

$\sum \tau_y$ = resultan torsi pada komponen y

$\sum \tau_z$ = resultan torsi pada komponen z

- **Pusat massa adalah** sebuah titik dimana pada titik itu semua massa dari sistem partikel atau benda tegar menjadi terkonsentrasi pada titik tersebut.
- **Titik berat adalah** suatu titik dimana di mana resultan gaya percepatan gravitasi yang bekerja pada sistem partikel atau benda tegar menjadi terkonsentrasi pada titik tersebut.

- Untuk mencari pusat massa dan titik berat pada koordinat x adalah

$$X_{pm} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}, \quad X_{tb} = \frac{\sum w_i x_i}{\sum m_i}$$

Keterangan :

X_{pm} = pusat massa pada komponen x, satuan yang dimiliki (cm atau m)

X_{tb} = titik berat pada komponen x, satuan yang dimiliki (cm atau m)

w_i = berat benda atau partikel ke-i

x_i = komponen x pada letak benda atau partikel ke-i

- Untuk mencari pusat massa dan titik berat pada koordinat Y adalah

$$Y_{pm} = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}, \quad Y_{tb} = \frac{\sum w_i y_i}{\sum m_i}$$

Keterangan :

Y_{pm} = pusat massa pada komponen y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

Y_{tb} = titik berat pada komponen y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

w_i = berat benda atau partikel ke-i

x_i = komponen x pada letak benda atau partikel ke-i

- Untuk mencari pusat massa dan titik berat pada koordinat z adalah

$$Z_{pm} = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i}, \quad Z_{tb} = \frac{\sum w_i z_i}{\sum m_i}$$

Keterangan :

Z_{pm} = titik berat pada komponen y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

Y_{tb} = titik berat pada komponen y, satuan yang dimiliki (cm atau m)

w_i = berat benda atau partikel ke-i

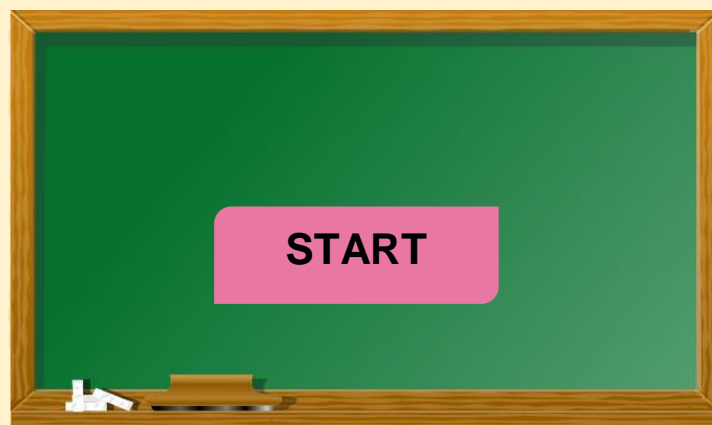
x_i = komponen x pada letak benda atau partikel ke-i

- Menentukan letak titik berat benda dapat dengan menggantungkan benda tersebut kemudian dipilih sembarang partikel dan dihubungkan sehingga ditemukanlah letak titik berat pada benda tersebut tanpa melalui cara kuantitatif.

Tes Formatif KB 2



Setelah kita mempelajari kegiatan belajar 2, mari kita coba kerjakan tes formatif 1 di bawah ini dengan me-Klik tombol START untuk memulainya. Serta jangan lupa untuk mengubah satuannya terlebih dahulu ke dalam Satuan Internasional (SI) untuk mempermudah latihan soal.



Soal yang dijawab dengan benar akan mendapat poin 1 dan jawaban yang salah akan mendapat poin 0. Untuk mengetahui tingkat penguasaan atau nilai kita terhadap materi modul pada Kegiatan Belajar 1, kita dapat menggunakan rumus berikut ini

$$\text{Perolehan Nilai} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100$$

Arti perolehan nilai :

90-100 = Baik Sekali

70-79 = Cukup

80-89 = Baik

<70 = Kurang

Apabila kita memperoleh nilai 75 atau lebih, kita telah berhasil menyelesaikan Kegiatan Belajar 1 ini dengan bagus. Namun apabila kita memperoleh nilai masih di bawah 75 maka kita harus mempelajari kembali Kegiatan Belajar 1 terutama bagian yang belum kita kuasai.

KUNCI JAWABAN



Jawab :

1. Kita telah mengetahui bahwa syarat kesetimbangan translasi adalah

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$$

Persamaan diatas berlaku untuk semua komponen termasuk pada pemain jungkat jungkit, kemudian syarat kedua untuk kesetimbangan rotasi adalah

$$\sum \tau = 0$$

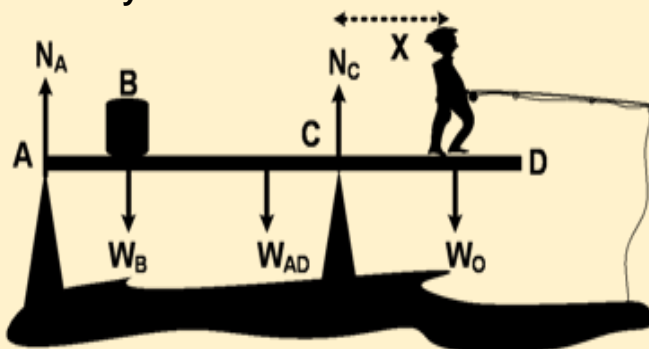
Untuk mendapatkan syarat kedua tersebut maka masa torsi antara kedua pemain harus bernilai sama.

Jawaban : D

2. Diketahui :

- $W_b = 500 \text{ N}$
- $L_{Bc} = 3 \text{ m}$
- $W_{AD} = 1000 \text{ N}$
- $L_{W_{AD}} = 1 \text{ m}$
- $W_o = 500 \text{ N}$

Ditanya : $X = \dots ?$



$$\sum \tau_C = 0$$

$$W_b (L_{Bc}) + W_{AD} (L_{W_{AD}}) - W_o (X) = 0$$

$$(500)(3) + (1000)(1) - (500)(X) = 0$$

$$2500 = 500 X$$

$$X = 5 \text{ meter}$$

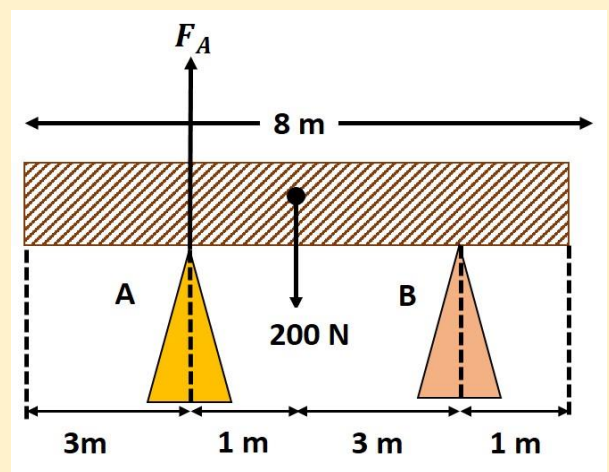
Jawaban : E

3. Diketahui :

- $W_{balok} = 200 \text{ N}$
- bidang tegak lurus F_A sampai ke titik pusat balok ($l_{F_A} = 4 \text{ m}$)
- panjang balok yang disanggah oleh penumpu A ($l_W = 3 \text{ m}$)

Ditanya : $F_A = \dots ?$

Jawab :



$$F_A(4) - 200(3) = 0$$

$$F_A(4) = 200(3)$$

$$F_A = 200 \times \frac{3}{4}$$

$$F_A = 150 \text{ N}$$

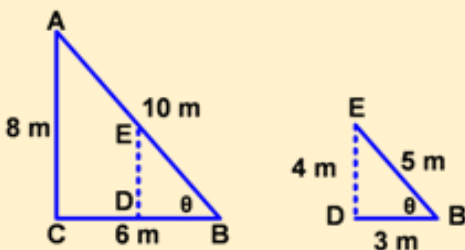
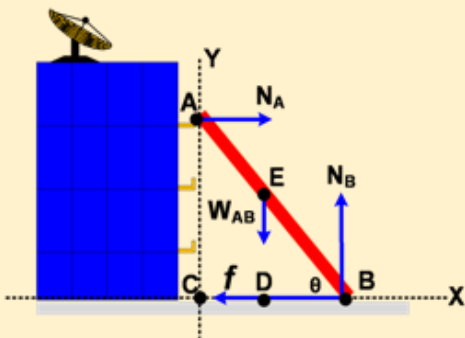
Jawaban : D

4. Diketahui :

- $W_{AB} = 500 \text{ N}$
- $AC = 8 \text{ m}$
- $CB = 6 \text{ m}$

Ditanya : $\mu = \dots ?$

Jawab :



Jumlah gaya pada sumbu Y :

$$\sum F_Y = 0$$

$$N_B - W_{AB} = 0$$

$$N_B = W_{AB} = 500 \text{ N}$$

✓ Jumlah torsi di titik B :

$$\sum \tau_B = 0$$

$$\sum \tau = F_A(l_{F_A}) - W(l_w)$$

$$N_A(AC) - W_{AB}(BD) = 0$$

$$N_A(8) - (500)(3) = 0$$

$$N_A = \frac{1500}{8} \text{ N}$$

✓ Jumlah gaya pada sumbu X :

$$\sum F_X = 0$$

$$N_A - f = 0$$

$$N_A - \mu N_B = 0$$

$$\mu N_B = N_A$$

$$\mu(500 \text{ N}) = \frac{1500}{8} \text{ N}$$

$$\mu = \frac{3}{8}$$

Jawaban : C

5. Diketahui :

- $tinggi \ tabung = 8R$
- $Lebar \ tabung = 4R$

Ditanya : $(X, Y) = \dots ?$

Jawab :

Titik berat pada tabung berada di pusat

$$X : \frac{1}{2} \times 4R = 2R$$

$$Y : \frac{1}{2} \times 8R = 4R$$

Jawaban : C

6. Diketahui :

- $m_1 = m_2 = m_3 = m$
- $koordinat \ m_1 = (3,0)$

▪ koordinat $m_2 = (1,4)$

▪ koordinat $m_3 = (2,5)$

Ditanya : $(X_0, Y_0) = \dots ?$

Jawab :

$$X_0 = \frac{m \cdot x_1 + m \cdot x_2 + m \cdot x_3}{m + m + m}$$

$$X_0 = \frac{(3) + (1) + (2)}{3} = 2$$

$$Y_0 = \frac{m \cdot y_1 + m \cdot y_2 + m \cdot y_3}{m + m + m}$$

$$Y_0 = \frac{(0) + (4) + (5)}{3} = 3$$

Jawaban : E

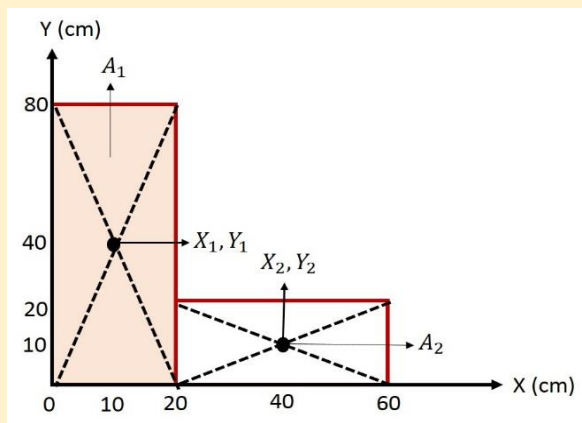
7. Diketahui :

▪ $A_1 = 20 \times 80$; $x_1 = 10$; $Y_1 = 40$

▪ $A_2 = 20 \times 40$; $x_2 = 10$; $Y_2 = 10$

Ditanya : $(X_0, Y_0) = \dots ?$

Jawab :



$$X_0 = \frac{A_1 X_1 + A_2 X_2}{A_1 + A_2}$$

$$X_0 = \frac{(20 \times 80)(10) + (20 \times 40)(40)}{(20 \times 80) + (20 \times 40)}$$

$$X_0 = \frac{(2)(10) + (40)}{(2) + 1} = 20$$

Titik berat pada komponen X adalah

20 cm, sedangkan titik berat pada

komponen Y adalah:

$$Y_0 = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2}{A_1 + A_2}$$

$$Y_0 = \frac{(20 \times 80)(40) + (20 \times 40)(10)}{(20 \times 80) + (20 \times 40)}$$

$$Y_0 = \frac{(2)(40) + (10)}{(2) + 1} = 30$$

Jawaban : A

8. Diketahui :

▪ $x_1 = 0$; $x_2 = -R$

▪ $V_1 = \frac{4}{3}\pi(2R)^3$; $V_2 = \frac{4}{3}\pi(R)^3$

Ditanya : $(X_0, Y_0) = \dots ?$

$$X_0 = \frac{V_1 X_1 - V_2 X_2}{V_1 - V_2}$$

$$X_0 = \frac{\frac{4}{3}\pi(2R)^3(0) - \frac{4}{3}\pi(R)^3(-R)}{\left(\frac{4}{3}\pi(2R)^3\right) - \left(\frac{4}{3}\pi(R)^3\right)}$$

$$X_0 = \frac{0 + (R)}{8 - 1} = \frac{R}{7}$$

Jawaban : B

P E N U T U P

Tes Evaluasi Sumatif

Setelah kita mempelajari kegiatan belajar 1 dan 2, mari kita coba kerjakan tes evaluasi sumatif di bawah ini dengan me-Klik tombol START untuk memulainya. Serta jangan lupa untuk mengubah satuannya terlebih dahulu ke dalam Satuan Internasional (SI) untuk mempermudah latihan soal.



Soal yang dijawab dengan benar akan mendapat poin 1 dan jawaban yang salah akan mendapat poin 0. Untuk mengetahui tingkat penguasaan atau nilai kita terhadap materi yang disajikan dalam modul ini, kita dapat menggunakan rumus berikut

$$\text{Perolehan Nilai} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100$$

Kategori nilai :

90-100 = Baik Sekali

70-79 = Cukup

80-89 = Baik

< 70 = Kurang

Apabila kita memperoleh nilai 75 atau lebih, kita telah berhasil menyelesaikan Kegiatan Belajar 1 dan 2 ini dengan bagus. Namun apabila kita memperoleh nilai masih di bawah 75 maka kita harus mempelajari kembali kegiatan belajar 1 dan 2 terutama bagian yang belum dikuasai.

TINDAK LANJUT

Berdasarkan kategori nilai pada umpan balik, maka dapat kita tindak lanjut :

✓ **Kategori Kurang :**

Apabila memperoleh kategori ini, artinya kita belum diperbolehkan untuk beranjak menuju ke modul atau bahan ajar lain yang terkait dengan materi berikutnya. Maka kita harus mempelajari dan memahami kembali modul ini, kemudian kerjakan kembali soal-soal tes formatif dan evaluasi hingga mencapai skor yang lebih baik.

✓ **Kategori Cukup :**

Apabila memperoleh kategori ini, artinya kita masih belum diperbolehkan untuk beranjak ke modul atau bahan ajar lain yang terkait dengan materi berikutnya. Namun tidak harus mempelajari kembali modul ini, cukup dengan mengerjakan kembali soal-soal tes formatif dan evaluasi hingga mencapai skor yang lebih baik.

✓ **Kategori Baik:**

Apabila memperoleh kategori ini, maka kita diperbolehkan untuk beranjak menuju modul atau bahan ajar lain yang terkait materi berikutnya. Namun, coba pelajari kembali modul ini dan kerjakan kembali tes evaluasi, terutama pada bagian yang salah dikerjakan.

✓ **Kategori Baik:**

Selamat! Kita dinyatakan telah memahami materi dalam modul ini dan kita sudah diperbolehkan untuk menuju ke modul atau bahan ajar lain yang terkait dengan materi berikutnya. Namun, tetap teruslah belajar!

HARAPAN

Diharapkan modul pembelajaran fisika materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar ini dapat mempermudah peserta didik dalam memahami materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar serta melatih kompetensi siswa dalam ranah afektif, kognitif maupun psikomotorik. Bagi peserta didik diharapkan untuk terus belajar, dari manapun. Karena sumber belajar dapat berasal dari mana saja. Sedangkan bagi pendidik, teruslah berinovasi demi mencerdaskan anak-anak bangsa.

GLOSARIUM

Istilah	Definisi
Animasi	: sekumpulan gambar bergerak yang disusun beraturan mengikuti alur pergerakan yang telah ditentukan pada setiap penambahan hitungan waktu yang terjadi.
Benda Tegar	: benda padat yang tidak berubah bentuk apabila dikenai gaya luar
Berat	: gaya yang disebabkan gravitasi dan berkaitan dengan massa benda itu.
Besaran	: segala sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan angka.
Besaran Skalar	: besaran yang hanya memiliki nilai saja
Besaran Vektor	: besaran yang memiliki besar dan arah dan digambarkan sebagai garis panah, misalnya gaya dan kecepatan.
Dinamika	: cabang Ilmu fisika yang mempelajari gerak suatu benda dengan memperhitungkan gaya penyebabnya.
Energi Kinetik	: energi yang dimiliki oleh benda bergerak.
Gaya	: dorongan atau tarikan pada benda yang menimbulkan percepatan.
Gerak	: perubahan letak benda atau sistem terhadap waktu
Gerak Lurus	: gerak suatu benda dalam lintasan berupa garis.
Gerak Menggelinding	: gerak gabungan antara gerak rotasi dan gerak translasi.
Gerak Rotasi	: gerak perputaran pada porosnya.

Gerak Translasi	: gerak lurus tanpa rotasi.
Grafik	: lukisan pasang surut suatu keadaan dengan garis atau gambar
Hukum Kekekalan Energi	: energi total sebuah sistem dan lingkungannya tidak akan berubah, tetapi hanya terjadi perubahan bentuk.
Hukum Kekekalan Momentum Sudut	: apabila tidak ada gaya dari luar sistem maka momentum sudut total sistem adalah kekal atau tidak berubah.
Jarak	: panjang lintasan yang ditempuh oleh suatu benda yang bergerak tanpa memperhatikan arah gerak benda tersebut.
Jungkat – Jungkit	: papan panjang yang berporos di tengah.
Kecepatan linear	: jarak yang ditempuh benda per satuan waktu.
Kecepatan Sudut	: sudut yang ditempuh oleh sebuah titik yang bergerak di tepi lintasan yang melingkar per satuan waktu.
Kesetimbangan	: suatu keadaan di mana benda tidak mengalami gerak translasi ataupun gerak rotasi.
Kunci Inggris	: kunci untuk melepas atau memasang baut atau sekrup yang dapat disetel menyempit atau melebar menyesuaikan ukuran baut atau sekrupnya.
Lengan Momen Gaya	: jarak tegak lurus yang ditarik dari poros rotasi sampai ke garis kerja gaya
Massa	: jumlah zat (materi) yang dikandung suatu benda.
Momen Inersia	: ukuran kuantitas suatu benda untuk mempertahankan gerak rotasinya.
Momen Gaya	: kecendrungan gaya untuk merotasikan benda terhadap sumbu tertentu. Momen gaya dihitung berdasarkan hasil

kali gaya dengan jarak suatu titik terhadap garis kerja gaya.

- Momentum Sudut** : ukuran kesukaran benda untuk berhenti pada saat benda tersebut berotasi.
- Percepatan Linier** : perubahan kecepatan linear tiap satuan waktu
- Percepatan Sudut** : perubahan kecepatan sudut tiap satuan waktu
- Pusat Massa** : sebuah titik di mana semua massa dari suatu benda atau sistem menjadi terkonsentrasi pada titik itu.
- Sekrup** : besi batangan yang berulir
- Simulasi** : suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya dan menggambarkan karakteristik dari sistem fisik atau abstrak tertentu.
- Tabel** : daftar yang berisi ikhtisar sejumlah data-data informasi yang biasanya berupa kata-kata atau bilangan yang tersusun dengan garis pembatas.
- Tegangan Tali** : gaya yang ada pada saat tali diregangkan pada kedua ujungnya.
- Titik Berat** : suatu titik di mana semua berat dari suatu benda atau sistem menjadi terkonsentrasi pada titik itu.

DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi kelima, jilid 1*. y. Hanum, & I. Arifin, Penerj. Jakarta, Indonesia: Erlangga.
- Griffith, W. T., & Brossing, J. W. 2009. *The Physics of Everyday Phenomena a Conceptual Introduction to Physics 6th Edition*. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2011. *Fundamental of Physics 9th Edition*. New York, United States of America: John Wiley & Sons.
- Hewitt, P. G. 2006. *Conceptual Physics 10th Edition*. San Francisco, United States of America: Pearson Addison Wesley.
- Kanginan, M. 2014. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- knight, R., & jones, B. 2015. *College Physics a Strategic Approach*. USA: Pearson.
- Rex, A. F., & Wolfson, R. 2010. *Essential College Physics First Edition*. San Francisco, United States of America: Pearson Addison - Wesley.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. 2014. *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics 9th Edition*. Boston, United States of America: Mary Finch.
- Serway, R. A., & Vuille, C. 2012. *College Physics 9th Edition*. Boston, United States of America: Charles Hartford.
- Tipler, P. A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. L. Prasetio, & R. Adi, Penerj. Jakarta, Indonesia: Erlangga.
- Young, H. D., Freedman, R. A., Sandin, T. R., & Ford, A. L. 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. E. Juliastuti, Penerj. Jakarta, Indonesia: Erlangga.



KUNCI JAWABAN



Tes Pengetahuan Awal

1. Diketahui :

- $F_1 = 10 \text{ N}$
- $F_2 = 15 \text{ N}$

Ditanya : $F_3 = \dots?$

Jawab :

Karena benda diam maka berlaku Hukum I Newton

$$\sum F = 0$$

$$F_1 + F_2 - F_3 = 0$$

$$F_3 = F_1 + F_2 = 10 + 15 = 25 \text{ N}$$

Jawaban : D

2. Diketahui :

- $F_1 = -10 \text{ N}$
- $F_2 = 10 \text{ N}$
- $F_3 = 10 \text{ N}$
- $AC = \frac{3}{10} \text{ m}$
- $BC = \frac{1}{10} \text{ m}$
- $CD = \frac{1}{10} \text{ m}$
- $\theta_1 = 30^\circ$

Ditanya : $\tau_c = \dots?$

Jawab :

$$\tau_c = \sum F r \sin\theta$$

$$\tau_c = -F_1 \sin 30^\circ \cdot AC + F_2 \cdot BC + F_3 \cdot CD$$

$$m_b g R = \frac{1}{2} MR^2 \alpha$$

$$\alpha = \frac{2m_b g}{MR}$$

$$\alpha = \frac{2(1 \text{ kg})(9,8 \text{ m/s}^2)}{(2 \text{ kg})(0,1 \text{ m})}$$

$$\alpha = 98 \text{ rad/s}^2$$

Jawaban : E

3. Diketahui :

- $M = 8 \text{ kg}$
- $R_1 = 4 \text{ m}$
- $R_2 = 3 \text{ m}$

Ditanya : $I = \dots?$

Jawab :

$$I = \frac{1}{2} M(R_1^2 + R_2^2)$$

$$I = \frac{1}{2} 8(4^2 + 3^2)$$

$$I = 100 \text{ kgm}^2$$

Jawaban : A

4. Diketahui :

- $\theta = (t^2 + 10t + 2)$

Ditanya : $\omega(5) = \dots?$

Jawab :

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\omega = 2t - 10$$

$$\omega(5) = 2(5) - 10$$

$$\omega(5) = 0$$

Jawaban : A

5. Diketahui :

- $\omega_0 = 4 \text{ rad/s}$
- $\alpha = 0,5 \text{ rad/s}^2$
- $t = 4 \text{ sekon}$

Ditanya : $\omega_t(4) = \dots?$

Jawab :

$$\omega_t = \omega_0 + \alpha \cdot t$$

$$\omega_t = 4 + 0,5 \cdot 4$$

$$\omega_t = 6 \text{ rad/s}$$

Jawaban : D

6. Diketahui :

- $m_{\text{peluru}} = 0,2 \text{ kg}$
- $m_{\text{senapan}} = 3 \text{ kg}$
- $v_{\text{senapan}}' = 0,2 \text{ m/s}$

Ditanya : $p_{\text{peluru}}' = \dots?$

Jawab :

$$\sum P_{\text{sebelum}} = \sum P_{\text{sesudah}}$$

$$0 = m_p \cdot v_p' + m_s \cdot v_s'$$

$$0 = m_p \cdot v_p' + (3) \cdot (0,2)$$

$$m_p \cdot v_p' = -0,6 \text{ kgm/s}$$

Jawaban : B

7. Diketahui :

- $M = 3 \text{ kg}$
- $v_0 = 0 \text{ m/s}$

Ditanya : $v_t = \dots?$

Jawab :

Dari grafik $F \propto t : I$

$$m \cdot v_t - m \cdot v_0 = \text{luas grafik}$$

$$3 \text{ kg} \cdot v_t - 0 = (9 + 6) \frac{4}{2}$$

$$3 \text{ kg} \cdot v_t = 30$$

$$v_t = 10 \text{ m/s}$$

Jawaban : B

8. Diketahui :

- $h_p = 1 \text{ m}$
- $g = 10 \text{ m/s}^2$

Ditanya : $v_Q = \dots?$

Jawab :

Bidang licin = Hukum kekekalan energi mekanik

$$EP_p + EK_p = EP_Q + EK_Q$$

$$mgh_p + 0 = 0 + \frac{1}{2}mv_Q^2$$

$$v_Q = \sqrt{2gh_p} = \sqrt{2(10)(1)} = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$$

Jawaban : C

9. Diketahui :

- $m_a = m_B$
- $h_a = h$
- $h_b = 2h$
- $v_a = v$

Ditanya : $EK_b = \dots?$

Jawab :

EP berubah menjadi EK

Pada benda A :

$$mgh = \frac{1}{2}mv_a^2 = EK_A$$

Pada benda b :

$$mg(2h) = 2 \left(\frac{1}{2}mv_B^2 \right)$$

$$mv_B^2 = EK_b$$

Jawaban : B

10. Diketahui :

- $m = 20 \text{ kg}$
- $W = \text{luas trapesium}$

$$W = (7 + 3) \frac{8}{2} = 40 \text{ J}$$

Ditanya : $v = \dots ?$

Jawab :

$$W = \Delta EK = \frac{1}{2}(20)v^2 - 0 = 40$$

$$10 v^2 = 40 \rightarrow v = 2 \text{ m/s}$$

Jawaban : A

Tes Evaluasi Sumatif

1. Torsi (τ) adalah gaya yang menyebabkan benda berotasi terhadap porosnya sehingga analog dengan gaya (F) yang menyebabkan benda bergerak translasi.

Jawaban : A

2. Jika ingin memutar kunci inggris dengan gaya yang lebih kecil maka sesuai dengan persamaan torsi:

$$\tau = F l \sin\theta$$

Maka nilai jarak (l) dan sudut (θ) harus diperbesar.

3. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 Nomor 1

Jawaban : A

4. Momen gaya (torsi): $\tau = F \cdot R \cdot \sin\theta$

F = gaya, R = jarak titik tangkap gaya ke tumpu (sumbu rotasi) dan θ = sudut F dengan R .

Torsi oleh F = maksimal jika tumpu di ujung titik tangkap juga di ujung (R = maksimal) dan $\theta = 90^\circ$ ($\sin 90^\circ = 1 = \text{maksimal}$) = tegak lurus.

Jawaban : E

5. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 Nomor 2

Jawaban : B

6. Pada Hukum II Newton rotasi menjelaskan bahwa gaya yang menyebabkan benda berotasi (torsi) bergantung pada besarnya momen inersia dan percepatan sudut, sesuai dengan persamaan:

$$\tau = I\alpha$$

Jawaban : B

7. Pada persamaan Hukum II Newton Rotasi pernyataan yang tidak benar adalah torsi berbanding terbalik dengan percepatan sudut.

Jawaban : D

8. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 Nomor 3

Jawaban : B

9. Pada katrol yang dihubungkan beban 100 kg memiliki perputaran lebih cepat karena percepatan linier pada katrol yang meningkat seiring dengan massa katrol dan massa beban, begitu juga dengan percepatan sudut yang dirumuskan

$$\alpha = \frac{\text{percepatan linier}}{\text{jari - jari katrol}}$$

Selain percepatan sudut tegangan tali juga meningkat seiring dengan besarnya beban.

Jawaban : D

10. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 nomor 4

Jawaban : E

11. Momen inersia adalah ukuran kemampuan benda untuk mempertahankan kecepatan sudut rotasinya.

Jawaban : C

12. Momen inersia dipengaruhi oleh massa dan jari-jari benda.

Jawaban : E

13. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 nomor 5

Jawaban : D

14. Salah satu cara untuk menambah waktu sleep adalah memperbesar momen inersia (massa dan jari-jari yoyo).

Jawaban : D

15. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 Nomor 6

Jawaban : A

16. Momentum sudut adalah ukuran yang menyatakan kesukaran suatu benda untuk berhenti berotasi.

Jawaban : D

17. Momentum sudut dipengaruhi oleh, momen inersia (massa dan jari-jari) dan kecepatan sudut.

Jawaban : D

18. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 nomor 7

Jawaban : B

19. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 nomor 8

Jawaban : B

20. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 nomor 9

Jawaban : C

21. Laju untuk menuruni bidang miring:

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{(1+k)}} \text{ laju yang paling besar}$$

dimiliki benda menggelinding dengan nilai k yang minimal pada silinder pejal ; $k = 2/5$, silinder rongga tipis $k = 1$, bola pejal $k = 2/5$, dan bola ringga tipis $k=2/3$ yang paling kecil k adalah bola pejal = benda C = laju paling besar = tiba lebih dahulu.

Jawaban : C

22. Koefisien silinder pejal ; $k = 2/5$, silinder rongga tipis $k = 1$. Jika

$$\text{dimasukkan ke rumus } v = \sqrt{\frac{2gh}{(1+k)}}$$

Maka nilai v pada bola peja akan lebih besar.

Jawaban : E

23. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 nomor 10

Jawaban : D

24. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 1 nomor 11

Jawaban : C

25. Momentum sudut :

$$L = mvR = m\omega R^2$$

Sedangkan momen gaya : $\tau = I\alpha$, artinya bila τ konstan, maka α konstan. Karena ada α yang konstan maka ω yang berubah sehingga L berubah.

Benda berotasi:

$EK_{rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$ karena $\tau = I\alpha$ maka bila ada τ akan timbul α . α yang mengakibatkan kecepatan sudut ω berubah sehingga energi kinetik juga berubah.

Jawaban: E

26. Kesetimbangan rotasi dapat terjadi pada benda tegar apabila resultan gaya dan resultan torsi pada benda tersebut adalah nol.

Jawaban : E

27. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 nomor 1

Jawaban : D

28. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 nomor 2

Jawaban : E

29. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 nomor 3

Jawaban : D

30. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 Nomor 4

Jawaban : C

31. Titik berat adalah titik tangkap resultan gaya berat dari setiap benda menjadi terkonsentrasi pada titik tersebut, serta titik ini berimpit dengan titik pusat massa dan searah dengan arah gravitasi.

Jawaban : E

32. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 nomor 5

Jawaban : E

33. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 nomor 6

Jawaban : E

34. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 nomor 7 maka **Jawaban : A**

35. Jawaban sama seperti jawaban tes formatif kegiatan belajar 2 nomor 8

Jawaban : B