

**PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA KELAS XI MA  
BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES* PADA MATERI  
KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI  
NEWTON, DAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE**

**SKRIPSI**

Diajukan guna Memenuhi Sebagian Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan  
dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Oleh :

**HUSNUL HIDAYAH**

NIM : 123611017

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG  
2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Jurusan : Pendidikan Fisika  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA KELAS XI MA  
BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES* PADA MATERI  
KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI  
NEWTON, DAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE**

secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Januari 2017  
Pembuat Pernyataan,



**Husnul Hidayah**  
NIM: 123611017



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus II Ngaliyan Telp. 7601295  
Fax. 7615387 Semarang 50185

### PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Pengembangan Buku Ajar Fisika Kelas XI MA  
Bercirikan *Unity of Sciences* pada Materi Kinematika  
Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan  
Hukum Hooke**


Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Program Studi : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang *munaqasyah* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

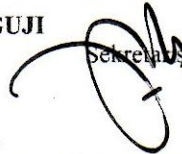
Semarang, 31 Januari 2017

### DEWAN PENGUJI

Ketua

  
Dr. Hamdan Hadi K, M. Sc  
NIP. 770320 200912 1 002

Sekretaris

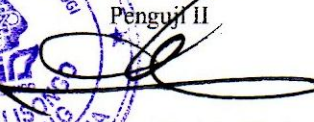


Agus Sudarmanto, M. Si  
NIP. 19770823 200912 1 001


Penguji I

  
Andi Fadlan, S.Si, M. Sc  
NIP. 19800915 200501 1 006


Penguji II

  
Drs. H. Agus Sholeh, M. Ag  
NIP. 19520915 198103 1 002

Pembimbing I

  
Lutfiyah, M.SI  
NIP: 19790422 200710 2 001

Pembimbing II

  
Alwiyah Nurhayati, M.Si  
NIP: 19811211 201101 2 006

**NOTA DINAS**

Semarang, 18 Januari 2017

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang  
di Semarang

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

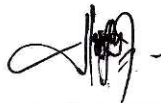
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Pengembangan Buku Ajar Fisika Kelas XI MA Bercirikan *Unity of Sciences* pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan Hukum Hooke**  
Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Program Studi: Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang Munaqosyah.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Pembimbing I,



**Lutfiyah, M.S.I.**

NIP: 19790422 200710 2 001

**NOTA DINAS**

Semarang, 18 Januari 2017

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang  
di Semarang

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Pengembangan Buku Ajar Fisika Kelas XI MA Bercirikan *Unity of Sciences* pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan Hukum Hooke**  
Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Program Studi: Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang Munaqosyah.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Pembimbing II,



Alwiyah Nurhayati, M.Si.

NIP: 19811211 201101 2 006

## ABSTRAK

Judul : **Pengembangan Buku Ajar Fisika Kelas XI MA Bercirikan *Unity of Sciences* pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan Hukum Hooke**

Penulis : **Husnul Hidayah**

NIM : **123611017**

Pengembangan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* pada materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke ini dilatarbelakangi oleh masih banyaknya para pendidik yang hanya menyediakan bahan ajar yang monoton, sudah tersedia, tinggal pakai dan tidak perlu susah payah membuat. Mutu pembelajaranpun menjadi rendah karena para pendidik hanya terpaku pada bahan-bahan ajar yang konvensional tanpa ada kreativitas untuk mengembangkan bahan ajar secara inovatif. Selain itu juga belum adanya buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* untuk kelas XI MA materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke di toko buku dan sekolahan. Penelitian ini bertujuan untuk: mengetahui bagaimanakah penulisan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* yang akan dikembangkan untuk siswa MA dan mengetahui kualitas buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* yang sedang dikembangkan.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau *Research and Development* dengan prosedur penelitian pengembangan menurut Borg dan Gall yang batasi sampai tahap validasi ahli. Instrumen yang digunakan berupa skala penilaian untuk mengetahui kualitas bahan ajar fisika yaitu menggunakan skala *Likert* dengan empat kategori disusun dalam bentuk *checklist*.

Analisis data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan data kualitatif dari ahli materi, ahli media dan guru Fisika, kemudian mengubah hasil penilaian ahli dari bentuk data kualitatif ke data kuantitatif (huruf ke skor dan persentase). Hasil penilaian menunjukkan bahwa bahan ajar fisika ini layak digunakan dengan kategori Sangat baik (SB). Hal ini didasarkan pada jumlah rerata skor dan rerata persentase kelayakan bahan ajar untuk ahli materi skor 3,3 persentase kelayakan 81,62%, untuk ahli media skor 3,5 persentase kelayakan 86,25%, dan guru fisika skor 3,25 persentase kelayakan 82,35%.

**Kata Kunci:** Buku Ajar Fisika, *Unity of Sciences*, Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillahillobbil Alamin.* Dengan menyebut asma Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Puji syukur dengan hati yang tulus tercurahkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW.

Skripsi yang berjudul “Pengembangan Buku Ajar Fisika Kelas XI MA Bercirikan *Unity of Sciences* pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan Hukum Hooke” disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu Program Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Proses penyusunan skripsi tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, motivasi, do’a, dan peran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Muhibbin, M.Ag., selaku Rektor UIN Walisongo Semarang
2. Dr. H. Ruswan, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika yang telah memberikan izin penelitian.
4. Lutfiyah, M.S.I. selaku pembimbing I dan Alwiyah Nurhayati, M.Si. selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta dengan tekun dan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun skripsi.

5. Segenap dosen pendidikan Fisika dan Fisika murni serta staf Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah mencurahkan segenap ilmunya kepada penulis.
6. Sunardi, S. Pd selaku guru mata pelajaran Fisika kelas XI MAN 2 Semarang yang telah membantu penulis memberikan penilaian terhadap bahan ajar Fisika.
7. Ahmad Fandi , S.Si, M. Pd selaku guru mata pelajaran Fisika kelas XI MA Darul Ma'la Winong Pati yang telah membantu penulis memberikan penilaian terhadap bahan ajar Fisika.
8. Bapak H. Suwanto, S.Pd.I. dan Ibu Hj. Kartini, S.Pd.SD selaku orang tua penulis, yang telah memberikan segalanya baik do'a, semangat, cinta, kasih sayang, pengertian, ilmu dan bimbingan, yang tidak dapat tergantikan dengan apapun.
9. Saudara kandungku Nafi „Atussalamah dan Saifulloh Ahmad yang telah memberikan semangat, motivasi dan do'a sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Sahabat sekaligus calon suami Ahmad Rif'an Ulin Nuha, S.H.I yang selalu setia,sabar menemani dan memotivasi dengan tiada henti penulis dari awal hingga akhir penyelesaian skripsi.
11. Sahabat-sahabat terbaik Pendidikan Fisika angkatan 2012 yang menjadi teman belajar, memberikan kenangan terindah serta pelajaran berharga.
12. Keluarga besar HIMATIF dan HMJ Pendidikan Fisika Walisongo yang telah memberikan ilmu, pengalaman dan manfaat kepada penulis.
13. Seluruh sedulur KMPP, TLC, dan BITA yang telah memberikan ilmu, pengalaman dan manfaat kepada penulis.
14. Abah Abbas Masrukin dan Ibu Siti Maimunah yang telah sabar menjadi orang tua kedua selama penulis berjuang Seluruh santriwan santriwati PP Al Ma'rufiyah terkhusus lantai I mbak nafi, laili, puji, mita, rahma, lida,



nok rini, mbak opip, mala, pipit, ulya, laila, kak yana, mbk fifah, nok anik, ipin, sizu, nok ziya, lekha, nok puput, nok lia, lala, nilna, dea, nurul, lutfi, tsalis, nok vera, evi, ifa, kartika, puri yang telah memberikan dukungan semangat dan kebersamaannya terhadap penulis.

15. Sahabat-sahabat terbaik: Andatu, Imas Asrofi, Eva, Nur Halimah, Dwi Wanti, Mila dan Antoni yang telah memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
16. Teman-teman PPL MAN 02 Semarang yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.
17. Teman-teman KKN Posko 47 Desa Karangwotan Kecamatan Pucakwangi Kabupaten Pati yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.
18. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan, dorongan serta bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dan kesempurnaan hasil yang telah di dapat. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan ridho-Nya. *Amin Yarabbal 'Aalamin.*

Semarang, 25 Januari 2017  
Penulis,

**Husnul Hidayah**  
NIM: 123611017

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>NOTA DINAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I: PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	5
D. Spesifikasi Produk .....	7
E. Asumsi Pengembangan .....	8
<b>BAB II : LANDASAN TEORI</b>	
A. Deskripsi Teori .....	10
1. Bahan Ajar.....	10
2. Buku Ajar .....	13
3. Pendekatan dalam Pembelajaran.....	25
4. Integrasi.....	27
5. <i>Unity of Sciences</i> .....	28
6. Standar Isi Materi Buku Ajar Fisika.....	31

B. Kajian Pustaka.....	32
C. Kerangka Berpikir .....	36
<b>BAB III: METODE PENELITIAN</b>	
A. Model Pengembangan.....	38
B. Prosedur Pengembangan .....	41
C. Subjek Penelitian .....	45
D. Teknik Pengumpulan data .....	46
E. Teknik Analisis Data .....	46
<b>BAB IV: DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA</b>	
A. Deskripsi Prototipe Produk .....	50
B. Analisis Data .....	64
C. Prototipe Hasil Pengembangan .....	75
<b>BAB V: PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	80
B. Saran .....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Interval Kelas, hlm 44.
- Tabel 4.1 Keterkaitan Keilmuan Lain dan Wahyu dengan Ilmu Fisika, hlm 49.
- Tabel 4.2 Data Hasil Validasi Buku Ajar Fisika oleh Ahli Materi, hlm 54.
- Tabel 4.3 Data Hasil Validasi Buku Ajar Fisika oleh Ahli Media, hlm 56.
- Tabel 4.4 Data Hasil Validasi Buku Ajar Fisika oleh Guru Fisika, hlm 58.
- Tabel 4.5 Kritik dan Saran oleh Ahli Materi, hlm 62.
- Tabel 4.6 Kritik dan Saran oleh Ahli Media, hlm 65.
- Tabel 4.7 Kritik dan Saran oleh Guru Fisika, hlm 66.

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Ilustrasi Paradigma *Unity Of Science*, hlm 26.
- Gambar 2.2 Kerangka Berpikir dalam Penelitian, hlm 34.
- Gambar 3.1 Langkah-langkah Penelitian dan Pengembangan, hlm 38.
- Gambar 4.1 *Cover* Depan dan *Cover* belakang Produk Awal Bahan Ajar, hlm 52.
- Gambar 4.2 Contoh gerak melingkar sebelum direvisi, hlm 63.
- Gambar 4.3 Contoh gerak melingkar sesudah direvisi, hlm 64.
- Gambar 4.4 Keterangan Gambar 3.1b sebelum direvisi, hlm 65.
- Gambar 4.5 Keterangan Gambar 3.1b sesudah direvisi, hlm 66.
- Gambar 4.6 Gambar 1.6 keterangan grafik sebelum direvisi , hlm 67.
- Gambar 4.7 Gambar 1.6 keterangan grafik sesudah direvisi, hlm 68.
- Gambar 4.8 Halaman 42 sebelum direvisi, hlm 68.
- Gambar 4.9 Halaman 42 sesudah direvisi, hlm 69.
- Gambar 4.10 Peta konsep bab kinematika gerak sebelum direvisi, hlm 69.
- Gambar 4.11 Peta konsep bab kinematika gerak sesudah direvisi, hlm 70.
- Gambar 4.12 Peta konsep bab Elastisitas dan hukum hooke sebelum direvisi, hlm 70.
- Gambar 4.13 Peta konsep bab Elastisitas dan hukum hooke sesudah direvisi, hlm 71.
- Gambar 4.14 Tampilan *Cover* bagian depan dan belakang buku ajar Fisika, hlm 72.

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Penunjukan Pembimbing.
Lampiran 2	Pengesahan Proposal.
Lampiran 3	Surat Ijin Penelitian.
Lampiran 4	Surat Keterangan Penelitian.
Lampiran 5	Nama Penilai.
Lampiran 6	Validasi Instrumen.
Lampiran 7	Kisi-Kisi Instrumen Penilaian.
Lampiran 8	Data Penilaian Ahli Materi.
Lampiran 9	Data Penilaian Ahli Media.
Lampiran 10	Data Penilaian Guru Fisika.
Lampiran 11	Transkrip Hasil Wawancara.
Lampiran 12	Produk Akhir Bahan Ajar Fisika.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang adalah salah satu Universitas Islam yang ada di Indonesia yang terus melakukan beberapa strategi baru guna meningkatkan kualitas sumber daya manusianya. Salah satu yang sedang dikembangkan dan menjadi suatu paradigma yang ada di UIN Walisongo Semarang yaitu *Wahdat al Ulum (Unity of Sciences)*.

Paradigma ini menegaskan bahwa semua ilmu pada dasarnya adalah satu kesatuan yang berasal dari dan bermuara pada Allah melalui wahyunya baik secara langsung dan tidak langsung. Oleh karena itu, semua ilmu sudah semestinya saling berdialog dan bermuara pada satu tujuan yakni mengantarkan pengkajinya semakin mengenal dan semakin dekat kepada Allah sebagai al-,Alim. Dalam hal strategi untuk mengimplementasikan paradigma *Unity of Sciences* itu, UIN Walisongo memiliki 5 strategi yakni : 1) Tauhidisasi semua cabang ilmu. 2) Revitalisasi wahyu sebagai sumber semua ilmu. 3) Humanisasi ilmu-ilmu keislaman. 4) Spiritualisasi ilmu-ilmu modern. 5) Revitalisasi *local wisdom*.

Tauhidisasi yang dimaksud adalah pengembalian orientasi semua ilmu dari ilmu untuk ilmu menjadi ilmu dari Tuhan dan manusia. Revitalisasi wahyu yang dimaksud adalah

pengakuan bahwa semua cabang ilmu memiliki landasan pada wahyu baik langsung maupun tidak langsung. Humanisasi yang dimaksud adalah merekonstruksi ilmu-ilmu keislaman agar semakin menyentuh dan memberi solusi bagi persoalan nyata kehidupan Bangsa Indonesia. Sedangkan spriritualisasi adalah memberikan pijakan nilai-nilai ke-Tuhanan dan etika terhadap ilmu-ilmu sekuler dan untuk memastikan bahwa pada dasarnya semua ilmu berorientasi pada peningkatan kualitas atau keberlangsungan hidup manusia dan alam serta bukan penistaan atau perusakan keduanya. Sementara revitalisasi *local wisdom* adalah penguatan kembali ajaran-ajaran luhur bangsa (Fanani,dkk, 2014: 3-4).

Ilmu pengetahuan Alam pada umumnya diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang susunan benda-benda serta perkembangannya, sedangkan Ilmu Alam (Fisika) menyelidiki fenomenanya terutama yang diamati dari benda-benda tak bernyawa. Dalam Ilmu Pengetahuan Islam, hal-hal tersebut dibedakan; dan studi Fisika merupakan bagian dari prinsip Filsafat alam yang banyak dibahas oleh ilmuwan Muslim kenamaan, di bawah judul “Filsafat Alam”, Ibnu Sina telah membahas ilmu ini secara panjang lebar dalam karyanya: “*Shifa*” (penyembuhan) dan “*Fann*” (teknik ilmiah). Al Kindi, Nasr Al-Tursi, Ali Riza, Al Biruni, al Baghdadi, Mulla Sadra, dan Sabziwari juga menulis ilmu ini dalam karya ilmiah mereka (Rahman, 2000 :71).



Hal tersebut memotivasi penulis untuk terus belajar dan berusaha untuk memberikan kontribusi dalam mengembangkan keilmuan tidak hanya Islam saja tetapi bisa mengkaitkannya dengan ilmu Alam (Fisika). Salah satu firman Allah SWT di dalam Al-Quran, surah Yunus ayat 5 yang memberikan motivasi untuk mempelajari ilmu kealaman (Fisika) adalah:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ  
لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ  
يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴿٥﴾

Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu)...(Q.S Yunus/10: 5).

Ayat diatas tampak bahwa Allah SWT memberi motivasi kepada manusia untuk mempelajari ilmu perhitungan. Terkhusus pada keilmuan alam dan perhitungan (Mas'ud, 2011:10). Islam mengatur keduanya secara *Integrated*. Islam sebagai agama universal dan berlaku sepanjang masa bukan hanya mengatur urusan akhirat, tetapi juga urusan dunia.

Namun kenyataannya pembelajaran yang dilakukan di Indonesia saat ini masih dilakukan secara terpisah, sebagai contoh pelajaran agama hanya membahas materi agama, begitu pula pelajaran IPA hanya membahas matematis tanpa memikirkan keterkaitan ilmu Agama dan ilmu lainnya. Berdasarkan Praktik

Pengalaman Lapangan (PPL) tahun 2015 penulis melihat langsung masih banyak para pendidik yang hanya menggunakan bahan ajar yang ditentukan sekolah, tinggal menggunakan dan tidak perlu susah payah membuatnya. Mutu pembelajaranpun menjadi rendah karena para pendidik hanya terpaku pada bahan-bahan ajar yang konvensional tanpa ada kreativitas untuk mengembangkan bahan ajar secara inovatif.

Berkaitan dengan asumsi tersebut penulis beranjak untuk lebih bertekad dalam menjalankan ilmunya. Sebagai calon pendidik penulis ingin menghasilkan suatu bahan ajar. Bahan ajar sendiri adalah segala bahan (baik informasi, alat, maupun teks) yang disusun secara sistematis, yang menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai peserta didik dan digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran.

Bahan ajarpun banyak jenisnya. Untuk Saat ini penulis ini ingin membuat bahan ajar berupa buku ajar. Buku ajar adalah buku yang digunakan dalam proses kegiatan belajar. Buku ajar biasanya identik dengan buku teks, buku paket, buku materi atau buku panduan belajar. Adanya Buku Ajar Fisika Bercirikan *Unity of Sciences* diharapkan siswa mampu mengkaitkan Fisika dengan nilai agama dan nilai keilmuwan lain dan mempunyai karakteristik yang berbeda dengan siswa lainnya. Islam mengatur ilmu-ilmu yang berhubungan dengan Tuhan, dan ilmu-ilmu yang berhubungan dengan keduniaan.

Alasan penulis memilih materi Kinematika Gerak, Hukum Newton tentang Gravitasi, Hukum Hooke dan Elastisitas, selain materi tersebut banyak terkait dengan nilai-nilai keagamaan dan keilmuan lainnya materi tersebut juga berdasarkan pengalaman penulis saat melakukan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) pada semester VII tahun pelajaran 2015/2016 di MAN 02 Semarang.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di atas, maka penulis mencoba meneliti permasalahan tersebut dengan judul “PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA MA KELAS XI BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES* PADA MATERI KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI NEWTON, DAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE .”

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis dapat merumuskan permasalahan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimanakah penulisan Buku Ajar Fisika Bercirikan *Unity of Sciences* yang akan dikembangkan untuk siswa MA?
2. Bagaimana kualitas Buku Ajar Fisika Bercirikan *Unity of Sciences* yang dikembangkan?

## **C. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

1. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengembangkan Buku Ajar Fisika Bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa MA.

- b. Untuk mengetahui kualitas Buku Ajar Fisika Bercirikan *Unity of Sciences* yang dikembangkan.

## 2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi semua pihak diantaranya sebagai berikut:

### a. Bagi Siswa

- 1) Dapat memanfaatkan buku ajar yang inovatif.
- 2) Memberikan motivasi siswa untuk meningkatkan kemampuan dalam bidang Fisika, Agama bahkan keilmuan lainnya.
- 3) Menjadikan kegiatan belajar mengajar menjadi lebih menarik.

### b. Bagi Guru

- 1) Sebagai buku ajar alternatif dalam pembelajaran Fisika di sekolah.
- 2) Sebagai refleksi untuk memperbaiki pembelajaran disesuaikan dengan kemampuan dan karakteristik peserta didik.

### c. Bagi Sekolah

Sebagai referensi dan kontribusi untuk meningkatkan kualitas sekolah.

### d. Bagi Peneliti

- 1) Memberikan pengalaman langsung dalam melakukan penelitian dalam pembuatan buku ajar.

- 2) Menambah wawasan dan meningkatkan kemampuan penulis dalam melakukan penelitian dan pembuatan buku ajar.
- e. Bagi Perkembangan Ilmu
- Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan referensi untuk penelitian lanjutan yang relevan.

#### **D. Spesifikasi Produk**

Produk yang dihasilkan dalam pengembangan ini adalah produk bahan ajar berupa buku ajar Fisika dengan spesifikasi produk adalah sebagai berikut:

1. Sebuah produk berupa buku ajar kompilasi yaitu dikembangkan berdasarkan buku-buku yang sudah beredar, artikel, jurnal ilmiah, dan bahan ajar yang sudah ada sebelumnya.
2. Isi materi pada bahan ajar ini disesuaikan dengan kebutuhan siswa dan mengacu pada kurikulum yang berlaku.
3. Materi dalam pengembangan bahan ajar Fisika ini terdiri dari tiga bab, yaitu: Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke.
4. Konsep pada bahan ajar ini terdiri dari konsep Fisika, konsep al-Qur'an, konsep hubungan antara Fisika dan al-Qur'an, konsep hubungan antara Fisika dan keilmuan lainnya, Pengetahuan Alam dan beberapa latihan soal.

5. Buku ajar ini diharapkan dapat memenuhi kriteria kualitas bahan pembelajaran yang sesuai.

## **E. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan**

1. Asumsi Pengembangan
  - a. Buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* pada materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke yang dapat digunakan sebagai buku ajar alternatif bagi guru dan peserta didik MA untuk pembelajaran Fisika di kelas.
  - b. Memberikan kontribusi dan inovasi dalam bidang pendidikan khususnya mengenai sumber belajar dan membaca.
  - c. Buku ajar ini dinilai oleh ahli media, ahli materi, dan guru Fisika MA.
  - d. Ahli media adalah ahli yang memahami kriteria buku ajar yang baik dan memiliki pengetahuan yang luas dalam media pendidikan.
  - e. Ahli materi adalah ahli yang memiliki pengetahuan dibidang ilmu Fisika terutama pada materi yang dikembangkan.
  - f. Guru Fisika adalah guru yang mempunyai pengetahuan dan pengalaman dalam mengajar Fisika terutama materi yang penulis kembangkan di MA.

- g. Penilaian buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* oleh ahli materi, ahli media dan guru Fisika MA dilakukan secara bersamaan.
2. Keterbatasan Pengembangan
- a. Buku ajar Fisika MA ini dibatasi pada tiga bab yaitu Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke.
  - b. Buku Ajar yang dikembangkan mengacu pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) 2006.
  - c. Tahap pendahuluan tidak ada studi lapangan (sekolah) dan siswa di sekolah MA.
  - d. Buku ajar Fisika dinilai oleh 2 ahli materi, 2 ahli media, dan 2 guru Fisika MA.
  - e. Buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* ini tidak dilakukan uji coba di kelas.
  - f. Menggunakan satu strategi untuk mengimplementasikan paradigma *Unity of Sciences* yaitu strategi Spiritualisasi ilmu-ilmu modern.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Deskripsi Teori**

##### **1. Bahan Ajar**

###### **a. Pengertian Bahan Ajar**

Terdapat beberapa pandangan para ahli mengenai pengertian istilah bahan ajar, diantaranya ialah sebagaimana yang dikemukakan oleh *National Centre for Competency Based Training*, Pannen (2007). Bahwa yang disebut dengan bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru atau instruktur dalam melaksanakan proses pembelajaran di kelas. Pandangan dari ahli lain mengatakan bahwa bahan ajar adalah seperangkat materi baik tertulis maupun tidak yang disusun secara sistematis sehingga tercipta lingkungan atau suasana agar peserta didik bisa belajar. Menurut Pannen (2001) bahan ajar adalah bahan-bahan atau materi pelajaran yang disusun secara sistematis, untuk digunakan oleh guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran.

Dari beberapa pandangan mengenai pengertian bahan ajar di atas, dapat dipahami bahwa bahan ajar merupakan segala bahan (baik informasi, alat, maupun teks) yang disusun secara sistematis, yang menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai peserta didik dan



digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan dan penelaahan pelaksanaan pembelajaran. (Prastawa, 2013: 16-17)

Definisi bahan ajar menurut Depdiknas yaitu sebagai berikut :

- 1) Bahan ajar adalah informasi, alat dan teks yang diperlukan guru untuk perencanaan dan penelaahan penerapan pembelajaran.
- 2) Bahan ajar merupakan bahan ajar berupa bahan tertulis maupun tidak tertulis yang digunakan pendidik dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas.
- 3) Bahan ajar merupakan seperangkat materi yang disusun sistematis baik tertulis maupun tidak tertulis untuk menciptakan suasana yang memungkinkan peserta didik untuk belajar. (Departemen Pendidikan Nasional, 2008: 5)

#### **b. Tujuan Bahan Ajar**

Tujuan dari pembuatan bahan ajar adalah sebagaimana berikut :

- 1) Membantu peserta didik dalam mempelajari sesuatu.
- 2) Menyediakan peserta didik untuk memperoleh berbagai jenis pilihan bahan ajar, sehingga peserta didik tidak merasa bosan.
- 3) Memudahkan guru dan peserta didik dalam melaksanakan pembelajaran.

- 4) Kegiatan pembelajaran menjadi lebih menarik.  
(Prastawa, 2013: 26-27).

**c. Manfaat Bahan Ajar**

Manfaat yang diperoleh seorang guru maupun peserta didik dalam mengembangkan bahan ajar diantaranya:

- 1) Diperoleh dan dihasilkan bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kurikulum dan kebutuhan belajar peserta didik.
- 2) Tidak menggantungkan lagi buku teks yang terkadang sulit diperoleh.
- 3) Bahan ajar menjadi lebih kaya karena dikembangkan dengan menggunakan berbagai referensi.
- 4) Menambah pengalaman dan khasanah pengetahuan guru dalam menulis bahan ajar.
- 5) Mampu dalam membantu membangun komunikasi pembelajaran yang efektif antara guru dengan peserta didik karena peserta didik akan merasa lebih percaya kepada gurunya.
- 6) Menambah finansial guru saat buku yang ditulis bisa diajukan dan diterbitkan.  
(Prastawa, 2013: 27-28).

**d. Jenis Bahan Ajar**

Menurut macamnya, bahan ajar terbagi atas tiga kategori yaitu sebagai berikut:

1) Bahan Ajar Menurut Bentuknya

Bahan ajar menurut bentuknya, bahan ajar dibedakan menjadi empat macam, yaitu bahan cetak, bahan ajar dengar, bahan ajar pandang dengar, dan bahan ajar interaktif.

2) Bahan Ajar Menurut Cara Kerjanya

Bahan ajar menurut cara kerjanya, dibedakan menjadi lima macam yaitu bahan ajar yang tidak di proyeksikan, bahan ajar audio, bahan ajar video, dan bahan ajar komputer.

3) Bahan Ajar Menurut Sifatnya

Rowntree dalam Belawati, dkk. (2003) mengatakan bahwa bahan ajar berdasarkan sifatnya dibagi menjadi empat bagian, yaitu bahan ajar yang berbasis cetak, bahan ajar yang berbasis teknologi, bahan ajar yang digunakan untuk praktik atau proyek, dan bahan ajar yang dibutuhkan untuk keperluan interaksi manusia (Prastawa, 2013: 40-43).

## 2. Buku Ajar

### a. Pengertian Buku

Kata “buku” dalam bahasa Indonesia memiliki persamaan dalam berbagai bahasa. Dalam bahasa Yunani buku disebut dengan *biblos*, dalam bahasa Inggris disebut *book*, dalam bahasa Belanda disebut *Boek*, dan dalam bahasa Jerman buku disebut *das Buch*. Secara redaksi, dari

beberapa pengertian buku yang tersebut di atas, dapat dipahami dengan jelas bahwa semua kata dasarnya diawali dengan huruf *b*, sehingga besar kemungkinan semuanya berasal dari akar kata yang sama, yaitu dari bahasa Yunani. Kalau dilihat dari kamus masing-masing bahasa yang menggunakannya, kata itu pada hakikatnya memiliki makna yang sama dan dipergunakan untuk benda yang sama, yaitu kumpulan kertas yang ditulis.

Dalam Ensiklopedia Indonesia (1980: 538) dijelaskan bahwa, “ dalam arti luas buku mencakup semua tulisan dan gambar yang ditulis dan dilukis atas segala macam gambaran papyrus, lontar, perkamen, dan kertas dengan segala bentuknya: berupa gulungan, dilubangi, dan diikat dan dijilid muka dan belakangnya dengan kulit. Kain, karton, dan kayu.”

Andriese, dkk. (1993: 16-17) menjelaskan pengertian buku dengan bahasa yang lebih sederhana yaitu “informasi tercetak di atas kertas yang dijilid menjadi satu kesatuan.” Dengan pengertian yang demikian, buku memiliki empat sifat pokok, yaitu (1) berisi informasi, (2) informasi itu ditampilkan dalam wujud cetakan, (3) media yang digunakan adalah kertas, dan (4) lembaran-lembaran kertas itu dijilid dalam bentuk satu kesatuan.

Mengacu pada ciri-ciri yang sama, dalam uraian berikut ini yang dimaksud dengan buku adalah kumpulan

kertas berisi informasi, tercetak, disusun secara sistematis, dijilid serta bagian luarnya diberi pelindung terbuat dari kertas tebal, karton, dan bahan lain.

**b. Pengertian Buku Ajar**

Buku ajar adalah buku yang digunakan dalam proses kegiatan belajar. Buku ajar identik dengan buku teks, buku paket, buku materi atau buku panduan belajar. Penulisan buku ajar harus mengacu kepada kurikulum dan harus tercermin adanya bahan yang tingkat kedalaman dan keluasannya berbeda. (Hanum, 2014: 39)

**c. Fungsi Buku Ajar**

Fungsi Buku Ajar yaitu sebagai berikut :

- 1) Mencerminkan tentang pengajaran dengan sudut pandang yang tangguh dan modern, serta mendemonstrasikan bahan pengajaran yang disajikan.
- 2) Menyajikan sumber pokok masalah atau *subject matter* yang kaya, mudah dibaca, bervariasi, sesuai minat dan kebutuhan para siswa, sebagai dasar bagi kegiatan dan keterampilan-keterampilan yang diperoleh pada kondisi yang menyerupai kehidupan sebenarnya.
- 3) Menyediakan sumber belajar yang disusun rapi dan bertahap.
- 4) Menyajikan metode-metode dan sarana-sarana pengajaran untuk memotivasi peserta didik.

- 5) Menyajikan fiksasi awal yang perlu untuk menunjang latihan dan tugas praktis.
- 6) Menyajikan bahan atau sarana evaluasi dan remedial yang serasi dan tepat guna.
- 7) Menarik minat dan motivasi peserta didik dan pembacanya. (Hanum, 2014: 40-41)

**d. Ciri-ciri Buku Ajar yang Baik**

Buku ajar yang baik mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- 1) Sudut Pandang (*Point of View*)  
Buku ajar harus mempunyai landasan, prinsip, dan sudut pandang yang melandasi atau menjiwai buku ajar secara keseluruhan.
- 2) Kejelasan konsep  
Konsep dalam buku harus jelas, dan semaksimal mungkin menghindari kata yang ambigu.
- 3) Relevan dengan Kurikulum  
Buku ajar harus menyesuaikan kurikulum yang berlaku. Karena buku ajar digunakan di sekolah.
- 4) Menarik Minat  
Buku ajar harus memiliki daya tarik yang kuat, agar siswa mempunyai semangat keinginan yang tinggi untuk membaca. Semakin sesuai buku ajar itu dengan minat siswa, semakin tinggi pula daya tarik buku tersebut untuk dibaca.

5) Menumbuhkan Motivasi

Buku ajar itu dapat dikategorikan baik ketika isi dan kurikulum yang terdapat di dalam buku ajar tersebut dapat membuat siswa ingin, mau dan senang mengerjakan apa yang diinstruksikan dalam buku tersebut.

6) Menstimulasi Aktivitas Siswa

Buku ajar harus mampu merangsang, menantang, dan mengingatkan aktivitas peserta didik.

7) Ilustratif

Ilustrasi yang relevan akan memperjelas hal yang dibicarakan.

8) Dapat Dipahami Siswa

Bahasa buku hendaknya disesuaikan dengan bahasa siswa, kalimat efektif, terhindar dari kata ambigu, sederhana, sopan, dan menarik.

9) Menghargai Perbedaan Individu

Buku ajar yang baik adalah yang tidak membesar-besarkan perbedaan individu tertentu.

10) Memantapkan Nilai-Nilai

Berusaha memantapkan nilai-nilai yang berlaku di masyarakat dan menghindari uraian-uraian yang menjurus kepada penggoyahan nilai-nilai yang berlaku. (Hanum, 2014: 41-43).

#### e. Jenis Buku

Buku menurut jenisnya dapat dibedakan dan dikelompokkan berdasarkan beberapa bagian sebagai berikut:

##### 1) Isi

Isi buku dapat mengandung informasi yang mengandung kebenaran faktual atau semata-mata imajinasi penulis, atau campuran antara imajinasi dan faktual. Dilihat dari kebenaran isinya, buku dikategorikan ke dalam buku fiksi, nonfiksi dan buku fiksi ilmu pengetahuan.

##### 2) Sasaran pembacanya

Buku dilihat dari sasaran pembacanya, terdapat tiga macam yaitu buku anak-anak, buku remaja, dan buku orang dewasa. Bahasa dan informasi yang diberikan juga harus sesuai dengan umur pembaca.

##### 3) Tampilan

Untuk tampilan fisiknya, buku terbagi ke dalam buku teks, buku bergambar dan buku gambar (*picture book*). Buku teks maksudnya mengandung informasi yang isinya didominasi oleh teks. Buku bergambar memuat informasi yang disampaikan dalam bentuk teks dan gambar. Sedangkan buku gambar adalah buku yang informasi di dalamnya didominasi oleh gambar atau keseluruhan informasi disampaikan dalam gambar.



#### 4) Peruntukan

Dilihat dari kepentingan pendidikan buku dapat dikategorikan ke dalam buku pelajaran dan buku bacaan. Buku pelajaran berisi informasi yang dapat dijadikan sumber belajar berdasarkan kurikulum pendidikan dasar, menengah, atau tinggi, sedangkan buku bacaan adalah buku umum yang tidak terkait dengan kurikulum pendidikan.

Semua buku masih dikelompokkan lagi menjadi empat kelompok dengan istilah dan pengertian yang berbeda, yakni:

##### 1) Buku Teks Pelajaran

Buku teks pelajaran adalah buku acuan wajib yang digunakan dalam satuan pendidikan dasar dan menengah atau perguruan tinggi yang memuat materi pembelajaran dalam rangka peningkatan keimanan, ketakwaan, akhlak, kepribadian, penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi, peningkatan kepekaan dan kemampuan estetis, peningkatan kemampuan kinestetis dan kesehatan yang disusun berdasarkan standar nasional pendidikan.

##### 2) Buku Panduan Pendidikan

Buku panduan pendidikan adalah buku yang memuat prinsip, prosedur, deskripsi materi pokok, dan model pembelajaran untuk digunakan oleh para pendidik.

### 3) Buku Pengayaan

Buku pengayaan adalah buku yang isinya materi yang dapat memperkaya buku teks pendidikan dasar, menengah, dan perguruan tinggi.

### 4) Buku Referensi

Buku referensi adalah buku yang isi dan penyajiannya dapat digunakan untuk memperoleh informasi tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, dan budaya (Sitepu, 2015: 12-18).

## **f. Rancangan Buku**

Prinsip-prinsip dasar dalam membuat rancangan buku diantaranya yaitu ukuran buku, tata letak, ukuran huruf dan spasi baris, jenis huruf, spasi dan susunan, ilustrasi, dan anatomi buku.

### 1) Ukuran buku

Menentukan ukuran buku yang baik tidak selalu sederhana dan mudah. Di samping faktor kepraktisan penggunaannya, terdapat faktor-faktor lain, seperti halnya jenis informasi yang disampaikan, sasaran pembaca, kesukaan pembaca, biaya produksi dan pemasaran, ukuran kertas yang standar, dan efisiensi penggunaan bahan produksi, seperti kertas dan tinta cetak.

## 2) Tata Letak

Tata letak secara tradisional menggunakan *style sheet*, dengan menggunakan komputer, konsisten tata letak judul, subjudul, ilustrasi, teks, nomor halaman, dan judul berjalan. Di samping itu, ukuran halaman, margin, dan jumlah baris per halaman dan lebar kolom. Tata letak buku juga dipengaruhi oleh ukuran huruf dan spasi dalam setiap baris.

## 3) Ukuran huruf dan spasi baris

### a) Ukuran huruf

Ukuran yang lazim untuk buku adalah 10, 11, 12 point. Untuk catatan-catatan tertentu terkadang memakai huruf dengan ukuran 6 atau 8 point.

### b) Panjang baris dan ukuran huruf

Saat memilih jenis dan ukuran huruf, perlu juga dipertimbangkan besarnya huruf untuk masing-masing jenis huruf berbeda.

## 4) Spasi kata

Sebaiknya tidak menggunakan format rata tepi kiri dan kanan agar spasi kata tetap konsisten dan tidak perlu melakukan pemenggalan kata. Spasi kata yang baik adalah 25% dari ukuran huruf.

5) Spasi baris

Spasi yang digunakan antara satu baris dengan baris berikutnya hendaknya tidak terlalu rapat dan juga tidak terlalu renggang.

6) Jenis huruf

Jenis huruf dibedakan ke dalam dua jenis huruf, yaitu huruf *serif* dan huruf *sans-serif*. Huruf mempunyai kaitannya pada setiap ujung huruf (huruf berkait) sedangkan huruf *sans serif* tidak mempunyai kaitan pada setiap ujung huruf (tidak berkait).

7) Spasi dan struktur

Spasi memegang peranan penting dalam memperjelas struktur isi teks sehingga pembaca dapat dengan mudah memahami isi teks secara sistematis. Spasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu spasi antar kata dan spasi antar baris.

8) Diagram dan Ilustrasi

Huruf, kata, tanda baca, nomor, diagram, dan ilustrasi adalah tanda/symbol/lambang yang mengandung makna dalam berkomunikasi. Ilustrasi berfungsi untuk memperjelas bahan pelajaran. Dalam pembuatan ilustrasi harus jelas, menarik, dan memudahkan siswa memahami informasi yang disampaikan. Penggunaan warna dalam menyajikan ilustrasi juga dapat menarik dan memperjelas informasi.

9) Anatomi buku

Anatomi buku adalah unsur-unsur atau bagian-bagian pokok yang secara fisik terdapat dalam sebuah buku. Secara anatomis fisik buku teks pelajaran terdiri atas dua unsur pokok yaitu kulit dan isi buku.

Tampilan buku secara keseluruhan hendaknya mengundang rasa ingin tahu dan memberikan kenyamanan dalam membacanya (Sitepu, 2015: 128-164).

**g. Prosedur Pengembangan Bahan Ajar Cetak**

Pengembangan bahan ajar harus dilakukan secara baik dan sistematis berdasarkan langkah-langkah yang saling terkait untuk menghasilkan bahan ajar yang bermanfaat. Menurut Pannen dan Puspitasari dalam bukunya Andi Prastowo, terdapat lima langkah utama dalam prosedur pengembangan bahan ajar yang baik sebagai berikut:

1) Analisis

Bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik, dibutuhkan analisis terhadap SK-KD, analisis sumber belajar, dan penentuan jenis serta judul bahan ajar. (Pendidikan nasional, 2008:16).

2) Perencanaan

Tahap perancangan adalah tahap perumusan tujuan pembelajaran berdasarkan hasil analisis, pemilihan

topik mata pelajaran, pemilihan media dan sumber, serta pemilihan strategi pembelajaran.

3) Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan penulisan bahan ajar secara utuh. Beberapa saran untuk memulai pengembangan bahan ajar antara lain: menulis apa yang dapat ditulis (Buku, LKS, *Handout*, Bahan ajar, dan lain sebagainya), jangan merasa dalam memulai menulis harus dilakukan secara berurutan, bahan ajar yang dikembangkan diperuntukkan peserta didik yang dikenal, bahan ajar harus memberikan pengalaman kepada peserta didik, ilustrasi serta pengemasan bahan ajar juga memiliki arti penting untuk bahan ajar agar dapat lebih baik dan menarik.

4) Evaluasi

Tahap evaluasi adalah tahap untuk memperoleh beragam reaksi dari berbagai pihak terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Reaksi ini digunakan sebagai bahan ajar menjadi lebih berkualitas. Ada empat cara antara lain: validasi oleh ahli materi dan desain, uji coba satu-satu, uji coba kelompok kecil, dan uji coba lapangan.

5) Revisi

Revisi merupakan tahap perbaikan bahan ajar yang telah dibuat berdasarkan masukan-masukan perbaikan

yang diperoleh melalui tahap evaluasi. Revisi dapat dilakukan dalam bentuk menghilangkan bagian-bagian yang dianggap tidak diperlukan, memperluas dan memperdalam materi, menambah latihan dan contoh, memperbaiki kalimat dan penggunaan istilah, atau menambah penggunaan media untuk memudahkan pemahaman peserta didik. (Prastowo, 2011: 80-84).

### **3. Pendekatan dalam Pembelajaran**

Guru memandang anak didik sebagai individu dengan segala perbedaannya, sehingga mudah melakukan pendekatan dalam pembelajaran. Ada beberapa pendekatan dalam pembelajaran, antara lain sebagai berikut:

#### **a. Pendekatan Individual**

Pendekatan individual mempunyai fungsi yang sangat penting bagi kepentingan pengajaran. Pengelolaan kelas sangat memerlukan pendekatan individual ini.

#### **b. Pendekatan Kelompok**

Dengan pendekatan kelompok ini, diharapkan dapat ditumbuhkan rasa sosial yang tinggi pada diri setiap anak didik.

#### **c. Pendekatan Bervariasi**

Permasalahan yang sering dihadapi oleh setiap anak didik biasanya bervariasi. Maka untuk mengatasinya, akan lebih tepat jika pendekatan yang akan digunakan adalah pendekatan bervariasi.

**d. Pendekatan Edukatif**

Pendekatan yang benar bagi guru adalah dengan melakukan pendekatan edukatif. Setiap tindakan, sikap, dan perbuatan yang guru lakukan harus bernilai pendidikan, dengan tujuan untuk mendidik anak didik agar menghargai norma hukum, norma susila, norma sosial dan norma agama.

**e. Pendekatan Pengalaman**

Belajar dari pengalaman adalah lebih baik daripada sekedar bicara, dan tidak pernah berbuat sama sekali.

**f. Pendekatan Pembiasaan**

Pembiasaan adalah alat pendidikan. Bagi anak yang masih kecil, pembiasaan sangat penting. Karena dengan pembiasaan itulah akhirnya suatu aktivitas akan menjadi milik anak dikemudian hari. Pembiasaan yang baik akan membentuk sosok manusia yang baik pula, begitu juga sebaliknya.

**g. Pendekatan Emosional**

Emosi berhubungan dengan masalah perasaan. Emosi mempunyai peranan yang penting dalam pembentukan kepribadian seseorang.

**h. Pendekatan Rasional**

Akal atau rasio memang mempunyai potensi untuk menaklukkan dunia. Tetapi jangan sampai mempertuhankan akal. Untuk mendukung pendekatan ini, maka metode mengajar yang perlu dipertimbangkan antara lain adalah metode ceramah,



tanya jawab, diskusi, kerja kelompok, latihan, dan pemberian tugas.

**i. Pendekatan Fungsional**

Pendekatan fungsional yang diterapkan di sekolah diharapkan mampu menjadi jembatan tujuan yang diharapkan. Dalam hal ini ada beberapa metode mengajar yang dipertimbangkan antara lain adalah metode latihan, pemberian tugas, ceramah, tanya jawab, dan demonstrasi.

**j. Pendekatan Keagamaan**

Pendidikan dan pelajaran di sekolah tidak hanya memberikan satu atau dua macam pelajaran, tetapi terdiri dari banyak mata pelajaran. Khususnya untuk mata pelajaran umum, sangat berkepentingan dengan pendekatan keagamaan. Hal ini dimaksudkan agar nilai budaya ilmu itu tidak sekuler, tetapi menyatu dengan nilai agama. Pendekatan agama dapat membantu guru untuk memperkecil kerdilnya jiwa agama di dalam diri siswa.

**k. Pendekatan Kebermaknaan**

Salah satu yang menjadi penyebab gagalnya penguasaan mata pelajaran oleh siswa ialah kurang tepatnya pendekatan. Maka dari itu, pendekatan kebermaknaan juga sangat penting digunakan (Komsiyah, 2012: 49-68)

**4. Integrasi**

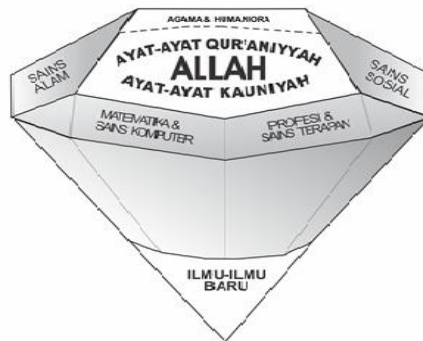
Salah satu istilah yang paling populer dipakai dalam konteks integrasi ilmu-ilmu agama dan ilmu-ilmu umum adalah kata

“Islamisasi”. Menurut Echols dan Hasan Sadily, kata Islamisasi berasal dari bahasa Inggris *Islamization* yang berarti pengislaman.

Untuk konteks Islamisasi ilmu pengetahuan, yang harus mengaitkan dirinya pada prinsip tauhid/ ketuhanan adalah pencari ilmu bukan ilmu itu sendiri. Karena pada dasarnya objek proses Islamisasi adalah orang atau manusia, bukan ilmu pengetahuan maupun objek lainnya (Nata, 2005: 141).

## 5. *Unity of Sciences*

Paradigma *Unity of Sciences* yang sedang dikembangkan UIN Walisongo Semarang saat ini merupakan penyatuan antara semua cabang ilmu pengetahuan dengan memberikan landasan wahyu sebagai latar atau pengikat penyatuan. Untuk memperjelas gambaran paradigma *Unity of Sciences* UIN Walisongo Semarang lihat Gambar 2.1 berikut:



*Sumber: Paradigma Unity of Sciences IAIN Walisongo dalam Tinjauan Filsafat Ilmu, 2014.*

Gambar 2.1 Ilustrasi Paradigma *Unity Of Sciences*

Pada gambar tersebut bundaran paling tengah adalah wahyu, sementara bundaran paling luar adalah alam. Sedangkan 5 bundaran lainnya adalah ilmu agama dan ilmu humaniora, ilmu-ilmu sosial, ilmu-ilmu kealaman, ilmu matematika, dan sains computer, serta ilmu profesi dan terapan. Gambar di atas meniscayakan kesatuan ilmu dalam arti semua ilmu pastilah bersumber dari wahyu baik langsung maupun tidak langsung dan pasti pula berada dalam wilayah alam yang kesemuanya bersumber dari Allah. Oleh karena itu, semua ilmu sudah semestinya saling berdialog dan bermuara pada satu tujuan yakni mengantarkan pengkajinya semakin mengenal dan semakin dekat pada Allah sebagai *al-Alim* (Yang Maha Tahu). (Fanani,dkk, 2014: 55-57)

Ada lima gugus keilmuan yang sedang dikembangkan oleh UIN Walisongo Semarang diantaranya :

**a. Ilmu Agama dan Humaniora**

Yaitu ilmu-ilmu yang muncul saat manusia belajar tentang agama dan diri sendiri, seperti ilmu-ilmu keislaman seni, sejarah, bahasa, dan filsafat.

**b. Ilmu-ilmu Sosial**

Yaitu Sains Sosial yang muncul saat manusia belajar interaksi antar semuanya, seperti sosiologi, ekonomi, geografi, politik, dan psikologi.

**c. Ilmu-ilmu Kealaman**

Yaitu saat manusia belajar fenomena alam, seperti kimia, fisika, antartika, dan geologi.

**d. Ilmu Matematika dan Sains Komputer**

Yaitu ilmu yang muncul saat manusia mengkuantisasi gejala sosial dan alam, seperti komputer, logika, matematika, dan statistika.

**e. Ilmu-ilmu Profesi dan Terapan**

Yaitu ilmu-ilmu yang muncul saat manusia menggunakan kombinasi dua atau lebih keilmuan di atas untuk memecahkan problem yang dihadapinya, seperti pertanian, arsitektur, bisnis, hukum, manajemen, dan pendidikan.(Fanani,dkk, 2014:6-7)

Prinsip-prinsip paradigma *Unity of Sciences (Wadat al Ulum)* adalah sebagai berikut:

- a. Meyakini bahwa bangunan semua ilmu pengetahuan sebagai satu kesatuan yang saling berhubungan yang kesemuanya bersumber dari ayat-ayat Allah baik yang diperoleh melalui para Nabi, eksplorasi akal, maupun eksplorasi alam.
- b. Memadukan nilai universal Islam dengan ilmu pengetahuan modern guna peningkatan kualitas hidup dan peradaban manusia.
- c. Melakukan dialog yang intens antara ilmu-ilmu yang berakar pada wahyu (*revealed sciences*), ilmu-ilmu modern (*modern sciences*), dan *local wisdom*.

- d. Menghasilkan ilmu-ilmu baru yang lebih humanis dan etis yang bermanfaat bagi pembangunan martabat dan kualitas bangsa serta kelestarian alam.
- e. Meyakini adanya pluralitas realitas, metode, dan pendekatan adanya pluralitas realitas, metode, dan pendekatan dalam semua aktifitas keilmuan (Fanani, 2014: 127).

## **6. Standar Isi Materi Buku Ajar Fisika**

### **a. Standar Kompetensi**

Menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan mekanika benda titik.

### **b. Kompetensi Dasar**

- 1) Menganalisis gerak lurus, gerak melingkar dan gerak parabola dengan menggunakan vektor.
- 2) Menganalisis keteraturan gerak planet dalam tata surya berdasarkan hukum-hukum Newton.
- 3) Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan.

### **c. Indikator**

- 1) Menganalisis besaran perpindahan, kecepatan dan percepatan pada perpaduan gerak lurus dengan menggunakan vektor.
- 2) Menganalisis besaran kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar dengan menggunakan vektor

- 3) Menganalisis besaran perpindahan dan kecepatan pada gerak parabola dengan menggunakan vektor
- 4) Menganalisis vektor percepatan tangensial dan percepatan sentripetal pada gerak melingkar
- 5) Menganalisis hubungan antara gaya gravitasi dengan massa benda dan jaraknya.
- 6) Menghitung resultan gaya gravitasi pada benda titik dalam suatu sistem.
- 7) Membandingkan percepatan gravitasi dan kuat medan gravitasi pada kedudukan yang berbeda.
- 8) Menganalisis gerak planet dalam tata surya berdasarkan hukum Kepler
- 9) Mendeskripsikan karakteristik gaya pada benda elastis berdasarkan data percobaan (grafik).
- 10) Mengidentifikasi modulus elastisitas dan konstanta gaya.
- 11) Membandingkan tetapan gaya berdasarkan data pengamatan.
- 12) Menganalisis susunan pegas seri dan paralel.
- 13) Mendeskripsikan karakteristik gerak pada getaran pegas.
- 14) Menjelaskan hubungan antara periode getaran dengan massa beban berdasarkan data pengamatan.
- 15) Menganalisis gaya simpangan, kecepatan, dan percepatan pada gerak getaran.

## B. Kajian Pustaka

Berkaitan dengan pengembangan buku ajar Fisika yang bercirikan *Unity of Sciences*, sepengetahuan penulis dan beberapa referensi serta informasi yang ada, belum pernah dilakukan penelitian. Hal ini dikarenakan paradigma *Unity of Sciences* ini baru dikembangkan oleh UIN Walisongo Semarang. Meskipun demikian, penulis tetap menggunakan referensi penelitian lainnya, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian tentang “Pengembangan buku ajar berbasis integrasi interkoneksi sebagai bahan pembelajaran fisika SMA/MA kelas XI semester I ” karya Slamet Fauzi. Tahun 2012. Program sarjana pendidikan Fisika UIN Kalijaga Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini : (1) mengembangkan buku ajar berbasis integrasi-interkoneksi pada materi Fisika SMA/MA kelas XI semester I dan (2) mengetahui kualitas buku ajar yang dikembangkan. Hasil penelitian ini berupa buku ajar berbasis integrasi-interkoneksi sebagai bahan pembelajaran Fisika SMA/MA kelas XI semester I. Kualitas buku ajar ini berdasarkan penilaian ahli materi memiliki kualitas Baik (B) dengan persentase 78,7 % dari skor tertinggi ideal 75, berdasarkan penilaian ahli media memiliki kualitas Baik (B) dengan persentase 82,7 % dari skor tertinggi ideal 55, berdasarkan penilaian guru SMA/MA memiliki kualitas Sangat Baik (SB) dengan persentase sebesar 84,5 % dari skor tertinggi ideal 110, berdasarkan penilaian *peer reviewer*

memiliki kualitas Sangat Baik (SB) dengan persentase sebesar 82,7 % dari skor tertinggi ideal 110, berdasarkan penilaian Uji Terbatas memiliki kualitas Sangat Baik (SB) dengan persentase sebesar 87,3 % dari skor tertinggi ideal 85, dan berdasarkan penilaian Uji Lapangan memiliki kualitas Baik (B) dengan persentase sebesar 84,2 % dari skor tertinggi ideal 85 (Fauzi, 2012: 57). Penelitian ini fokus kepada kajian integrasi interkoneksi yang menjadi simbol UIN Sunan Kalijaga dan dengan materi satu semester sehingga obyek kajian penelitian yang dilakukan berbeda dengan penelitian yang sudah ada sebelumnya.

2. Tugas akhir Subhan Lutfi Khamdani, tentang “Pengembangan Ensiklopedia Fisika Berbasis Islam-Sains sebagai Sumber Belajar Mandiri Siswa SMA/MA”. Tahun 2014. Program Studi Pendidikan Fisika UIN Kalijaga Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan (1) untuk memperoleh ensiklopedia Fisika berbasis integrasi Islam-sains sebagai sumber belajar mandiri siswa SMA/MA yang berkualitas melalui proses pengembangan, (2) mengetahui respon siswa SMA/MA terhadap ensiklopedia Fisika berbasis integrasi Islam-Sains yang dikembangkan. Hasil penelitian ini berupa (1) ensiklopedia fisika berbasis integrasi Islam-Sains sebagai sumber belajar mandiri siswa SMA/ MA. Kualitas ensiklopedia berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, ahli integrasi-interkoneksi, dan guru SMA/MA adalah sangat



baik (SB), (2) respon siswa SMA/MA terhadap ensiklopedia Fisika berbasis integrasi Islam-Sains yang dikembangkan termasuk ke dalam kategori sangat setuju (SS) (Khamdani, 2014: 74).

3. Penelitian tentang “Pengembangan Modul IPA Fisika Berbasis Integrasi Interkoneksi untuk Siswa SMP/MTs” karya Syafa’atun. Tahun 2013. UIN Kalijaga Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan mengembangkan IPA Fisika berbasis integrasi-interkoneksi untuk siswa SMP/MTs, mengetahui kualitas dan respon siswa terhadap modul IPA Fisika berbasis integrasi-interkoneksi yang telah dikembangkan. Penelitian ini bertujuan : (1) mengembangkan modul IPA Fisika berbasis integrasi-interkoneksi untuk siswa SMP/MTs, dan (2) mengetahui kualitas dan respon siswa terhadap modul IPA Fisika berbasis integrasi-interkoneksi yang telah dikembangkan. Hasil penelitian berdasarkan penilaian dari ahli materi, ahli media, ahli integrasi interkoneksi dan guru IPA Fisika modul memiliki kategori sangat baik (SB). Persentase keidealan menurut Ahli Materi 95,59 %, persentase keidealan menurut ahli media adalah 75 %, persentase keidealan menurut ahli integrasi-interkoneksi adalah 75 %, dan persentase keidealan menurut Guru Fisika SMP/MTs adalah 89,58 %, respon siswa terhadap modul IPA Fisika berbasis integrasi-interkoneksi pada Uji Lapangan skala kecil diperoleh persentase 91,67 %, sedangkan pada Uji Lapangan

skala besar diperoleh persentase 84,46 %. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa modul layak dijadikan sebagai salah satu sumber belajar yang berbasis integrasi-interkoneksi (Syafa'atun, 2013: 6).

### **C. Kerangka Berpikir**

UIN Walisongo Semarang adalah satu-satunya Universitas Islam Negeri yang berada di Jawa Tengah. Paradigma yang sedang dikembangkan yaitu Paradigma *Unity of Sciences*. Berdasarkan studi lapangan saat ini belum ditemukannya buku ajar Fisika yang membahas mengenai keterpaduan paradigma UIN Walisongo dengan Fisika. Kecenderungan yang sering terjadi saat ini mengenai Fisika pada umumnya hanya menekankan pada materi dan soal-soal kuantitatif (melalui perhitungan matematis) saja. Padahal permasalahan pokok dalam Fisika yang bersifat kualitatif (pemahaman alam) berupa sejarah kebudayaan, tradisi nilai, potensi alam, keterpaduan keilmuan lainnya itu juga perlu dipahami dan diketahui. Melalui buku ajar inilah peserta didik dapat mengetahui dan memahami apa itu ilmu Fisika dan keterpaduannya dengan keilmuan lainnya.

Bahan ajar pun banyak jenisnya, dan yang sedang penulis kembangkan yaitu bahan ajar berupa buku ajar. Buku ajar yaitu buku yang digunakan dalam proses kegiatan belajar yang mengacu kepada kurikulum dan sesuai dengan peserta didik butuhkan. Buku ajar Fisika MA bercirikan *Unity of Sciences* ini merupakan buku ajar Fisika MA kelas XI yang di dalamnya tidak hanya membahas

terkait keilmuan Fisika saja, namun keterkaitan antara ilmu Fisika dengan keilmuan lainnya diantaranya ilmu Matematika, Sejarah, Biologi, Olahraga, Komunikasi dan Teknologi yang semuanya berlandaskan wahyu sebagai pengikat keilmuan tersebut. Wahyu yang dimaksud tidak lain adalah al Qur'an dan al Hadits.

Buku ajar Fisika MA tersebut harus dinilai oleh ahli materi, ahli media dan guru Fisika MA untuk mengetahui kelayakan buku ajar sebelum diimplementasikan kepada peserta didik. Uji kelayakan tersebut terdiri dari kelayakan isi, kelayakan penyajian, kelayakan kebahasaan, dan kelayakan kegrafikan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Model Pengembangan

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Research and Development* (penelitian dan pengembangan). *Research and Development* (penelitian dan pengembangan) dapat diartikan sebagai proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada, dan dapat dipertanggung jawabkan. (Sukmadinata, 2009: 164).

Terdapat dua batasan pada metode penelitian pengembangan ini, yaitu *Research* yang berarti penelitian. Tahapan ini dimulai dari pengumpulan data berupa angket kelayakan produk bahan ajar berupa buku ajar, dan angket respon guru mengenai buku ajar. Hasil data dari pengumpulan angket tersebut dapat menunjukkan tingkat kelayakan bahan ajar yang berupa buku ajar. Batasan yang kedua adalah *Development*, berarti proses pengembangan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* yang diawali dengan analisis Kompetensi Dasar dan paradigma dari UIN Walisongo yaitu mengenai paradigma *Unity of Sciences* sehingga membentuk sebuah tema atau materi. Berdasarkan tema atau materi tersebut, maka dapatlah disusun buku ajar Fisika kelas XI MA bercirikan *Unity of Sciences*.

Menurut Sukmadinata mengacu pada percobaan-percobaan yang telah dilakukan pada Far West Laboratory, secara lengkap

Borg & Gall mengemukakan terdapat sepuluh langkah desain penelitian dan pengembangan, yaitu:

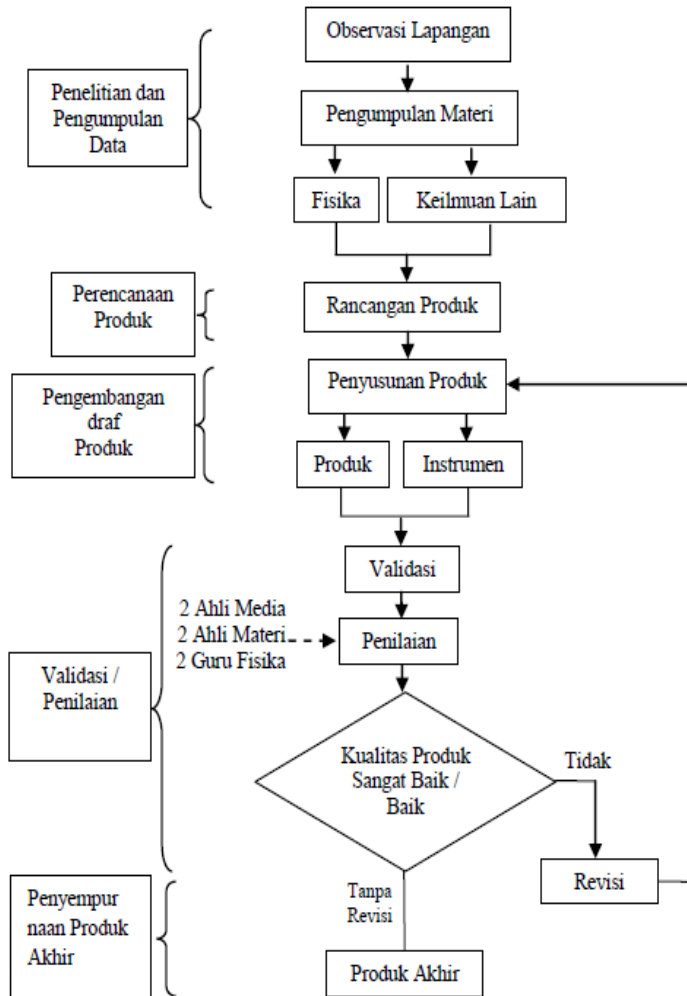
1. Penelitian dan pengumpulan data (*research and information collection*) yang didalamnya terdapat pengukuran kebutuhan, studi literatur, penelitian dalam skala kecil dan pertimbangan dalam segi nilai
2. Perencanaan (*planning*) maksudnya yaitu menyusun perencanaan penelitian yang meliputi kemampuan-kemampuan yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, rumusan tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian, desain atau langkah-langkah penelitian dan kemungkinan pengujian dalam lingkup terbatas
3. Pengembangan draf produk (*develop preliminary form of product*), meliputi pengembangan bahan pembelajaran, proses pembelajaran dan instrumen evaluasi
4. Uji coba lapangan awal (*preliminary field testing*), uji coba di lapangan pada 1 sampai 3 sekolah, selama ujicoba diadakan pengamatan, wawancara dan pengendara angket
5. Merevisi hasil uji coba (*main produk revision*), memperbaiki atau menyempurnakan hasil uji coba
6. Uji coba lapangan (*main field testing*), dilakukan uji coba yang lebih luas pada 5 sampai dengan 15 sekolah dengan 30 sampai 100 orang sebagai objek uji coba.

7. Penyempurnaan produk hasil uji coba lapangan (*operational produk revision*), menyempurnakan produk hasil uji coba lapangan
8. Uji pelaksanaan lapangan (*operasional field testing*), dilaksanakan pada 10 sampai 30 sekolah yang melibatkan 40 sampai 200 subjek. Pengujian dilakukan melalui angket, wawancara, observasi dan analisis hasilnya
9. Penyempurnaan produk akhir (*final product revision*), penyempurnaan didasarkan pada masukan dari uji pelaksanaan lapangan
10. Desiminasi dan implementasi (*dissemination and implementation*), melaporkan hasilnya dalam pertemuan profesional dan jurnal. Bekerjasama dengan penerbit untuk penerbitan, memonitor penyebaran untuk pengontrolan kualitas. (Sukmadinata, 2009: 169-170).

Berdasarkan pendapat Borg & Gall tersebut, penulis hanya merumuskan tahapan penelitian yang sesuai dan berdasarkan dengan kebutuhan penulis. Tahap yang ditempuh oleh penulis hanya sampai pada tahap revisi produk setelah divalidasi oleh 4 ahli dan 2 guru Fisika MA. Penelitian pengembangan buku ajar ini tidak diujicobakan di lapangan dengan alasan produk yang dihasilkan terdiri dari tiga bab sehingga tidak perlu diujicobakan. Produk yang dihasilkan dalam penelitian pengembangan ini adalah buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa kelas XI MA dengan mengacu kurikulum KTSP.

## **B. Prosedur Pengembangan**

Prosedur yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Sepuluh langkah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang dikembangkan oleh Borg & Gall itu, disederhanakan menjadi beberapa langkah penelitian. Hal tersebut dilakukan oleh penulis dikarenakan berbagai aspek pertimbangan diantaranya mengingat waktu, kebutuhan dan biaya oleh penulis. Model penyederhanaan dalam penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) yang dilakukan penulis adalah sebagai berikut:



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 3.1 Langkah-langkah Penelitian dan Pengembangan



## 1. Penelitian dan Pengumpulan Data

### a. Observasi Lapangan

Observasi Lapangan dilakukan adalah untuk mencari informasi mengenai penelitian pengembangan baik informasi dari skripsi, buku, maupun jurnal. Selain itu pula mempelajari landasan teori dari produk yang akan dibuat dan dihasilkan yaitu mengenai *Unity of Sciences* dan materi bahan ajar yaitu Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan Hukum Hooke, serta mencari informasi mengenai buku ajar kelas XI MA.

### b. Pengumpulan Materi

Pengumpulan Materi merupakan tahap menganalisis materi buku ajar Fisika yang ada dengan mengkaitkannya pada kesatuan ilmu lain dengan berlandaskan al Qur'an dan Hadits dilengkapi dengan gambar dan informasi yang mendukung. Tujuan tahap ini adalah untuk menyesuaikan antara materi buku ajar dengan metode penelitian dengan bercirikan *Unity of Sciences*.

## 2. Perencanaan Produk

a. Pengumpulan materi yang berkaitan dengan materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan Hukum Hooke, *Unity of Sciences*, keterkaitan ilmu lainnya, al Qur'an dan Hadits, serta kriteria standar buku ajar melalui buku, internet dan jurnal.

- b. Pembuatan rancangan buku ajar meliputi: desain buku ajar, materi, gambar, keterkaitan ilmu, al Qur'an dan Hadits yang kemudian dikonsultasikan kepada dosen pembimbing guna mendapatkan saran dan masukan yang baik dan sesuai dengan kebutuhan buku ajar.
3. Pengembangan Draf Produk
    - a. Penyusunan Produk
      - 1) Pembuatan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* pada materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton dan Elastisitas dan Hukum Hooke
      - 2) Pembuatan instrumen penilaian buku ajar yang kemudian divalidasikan kepada dosen pembimbing
      - 3) Pengembangan buku ajar Fisika ini dilakukan dengan mengacu pada kurikulum KTSP. Pada tahap ini semua yang dituangkan ke dalam buku ajar Fisika ini lebih terstruktur dan lengkap sehingga diperoleh draf buku ajar Fisika.
    - b. Validasi/ Penilaian Produk

Produk buku ajar Fisika yang dihasilkan dinilai oleh tim penilai yang terdiri dari 2 ahli materi, 2 ahli media dan 2 guru Fisika MA. Ahli materi dan ahli media adalah dari dosen Fisika UIN Walisongo Semarang. Guru Fisika MA adalah dari guru MA PPKP Darul Ma'la Pati dan MAN 2 Semarang.

#### 4. Penyempurnaan Produk Akhir

##### a. Revisi Produk

Setelah mendapatkan penilaian dari ahli materi dan ahli media serta 2 guru Fisika MA tahap selanjutnya yaitu revisi produk buku ajar yang dikembangkan. Revisi dilakukan setelah mendapatkan masukan, kritikan, maupun saran dari validator.

##### b. Produk Akhir

Setelah revisi dilakukan tahap akhir yaitu mencetak buku ajar sesuai dengan kebutuhan.

### C. Subjek Penelitian

#### 1. Validator

Validator produk pengembangan buku ajar Fisika pada penelitian ini berjumlah 2 orang ahli yang berkompeten dalam bidangnya.

#### 2. Subjek Penilai

Subyek penilai dalam penelitian ini adalah penelaah buku ajar Fisika kelas XI MA pada materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke adalah 6 orang ahli yang terdiri dari 2 ahli materi, 2 ahli media, dan 2 guru Fisika MA.

#### **D. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini berupa angket. Angket adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberikan seperangkat pertanyaan/ pertanyaan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. (Sugiyono, 2012: 199). Angket sebagai lembar penilaian produk digunakan untuk mendapatkan data tentang kelayakan buku ajar hasil pengembangan ditinjau dari aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek penyajian dan aspek kegrafikan. Angket tersebut diperuntukkan untuk ahli materi, ahli media, dan guru Fisika. Penyusunan instrumen angket dilakukan berdasarkan kisi-kisi, sebelum digunakan angket tersebut telah dikoreksi oleh dosen pembimbing penulis. Instrumen angket disusun dengan menggunakan skala likert yang dibuat dalam bentuk *checklist* serta lembar kritik dan saran untuk mengetahui kualitas buku ajar Fisika. Lembar penilaian menggunakan *skala likert* dengan skor 4= Sangat Baik (SB), 3= Baik (B), 2= Kurang (K), 1= Sangat Kurang (SK).

#### **E. Teknik Analisis Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif adalah data yang berbentuk angka-angka, sedangkan data kualitatif adalah data yang disajikan berupa kata-kata atau simbol. (Arikunto, 2009: 282). Data kuantitatif dalam penelitian ini berupa penilaian tim

penilai tentang kelayakan buku ajar, sedangkan data kualitatif berupa kritik dan saran dari tim penilai.

Data berupa saran dan masukan dari validator, ahli materi, ahli media, dan guru Fisika MA disesuaikan dengan elemen yang terkandung dalam buku ajar Fisika yang baik, kemudian dijadikan dasar untuk melakukan revisi terhadap buku ajar.

Data berupa skor didapatkan dari penilaian kualitas buku ajar fisika berupa lembar *chek list* yang dinilai oleh ahli materi, ahli media, ahli integrasi, dan guru Fisika MA. Lembar penilaian kualitas buku ajar Fisika menggunakan *skala likert* dengan ketentuan Sangat Baik (SB) = 4 hingga Sangat Kurang (SK) = 1. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kualitas buku ajar.

Langkah analisis data dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data kualitatif yang diperoleh dari ahli materi, ahli media dan guru Fisika MA.
2. Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek yang dinilai dengan persamaan

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Dengan :

$\bar{X}$  = skor rata-rata oleh ahli

$\sum X$  = jumlah skor yang diperoleh ahli

$N$  = jumlah butir pertanyaan

3. Mengubah hasil penilaian ahli dari data yang berbentuk kuantitatif menjadi data yang berbentuk kualitatif dengan ditentukan terlebih dahulu dengan mencari interval jarak antara jenjang kategori: Sangat Baik (SB) = 4 hingga Sangat Kurang (SK) = 1 dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{jarak interval } (i) &= \frac{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}}{\text{jumlah kelas interval}} \\ &= \frac{4 - 1}{4} \\ &= 0.75 \end{aligned}$$

(Widyoko, 2012: 110)

Shingga diperoleh kategori penilaian buku ajar sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut :

**Tabel 3.1. Interval Kelas** (Widyoko, 2012: 110)

Skor rata-rata( $\bar{X}$ )	Ahli
	Kategori
$3.25 < \bar{X} \leq 4.00$	Sangat Baik (SB)
$2.50 < \bar{X} \leq 3.25$	Baik (B)
$1.75 < \bar{X} \leq 2.50$	Kurang (K)
$1.00 \leq \bar{X} \leq 1.75$	Sangat Kurang (SK)

4. Menghitung persentase kelayakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Persentase kelayakan} &= \\ &= \frac{\text{skor hasil penelitian}}{\text{skor maksimal ideal}} \times 100\% \quad (\text{Riduwan, 2013: 23}) \end{aligned}$$

Jika dari analisis data penilaian para ahli terdiri dari ahli materi, ahli media, dan guru Fisika MA didapatkan hasil

dengan kategori sangat baik (SB) atau baik (B) maka buku ajar Fisika kelas XI MA pada materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke siap digunakan sebagai media pembelajaran Fisika. Apabila belum, maka bahan ajar perlu direvisi sehingga memenuhi kualitas yang layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran Fisika.

## BAB IV

### DESKRIPSI DAN PEMBAHASAN

#### A. Deskripsi Prototipe Produk

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan produk berupa yang bertujuan untuk menambah pengetahuan dan wawasan pembaca terutama untuk kalangan pelajar MA. Hasil produk buku ajar ini dievaluasi oleh ahli materi, ahli media dan guru Fisika. Pengembangan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* terdiri dari dua tahap yaitu penelitian dan pengembangan. Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan sebuah produk berupa buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* dengan materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke pada kelas XI MA.

Buku ajar Fisika yang dikembangkan ini mengacu pada silabus Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) 2006 dengan bercirikan *Unity of Sciences*. *Unity of Sciences* merupakan penyatuan antara semua cabang ilmu pengetahuan dengan memberikan landasan wahyu sebagai latar atau pengikat penyatuan. Jadi buku ajar Fisika ini di upayakan dapat mengkaitkan ilmu Fisika dengan keilmuan lain dengan berlandaskan wahyu di dalamnya.

Buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* dalam penelitian ini dikembangkan melalui beberapa tahap sesuai dengan prosedur pengembangan Borg dan Gall akan tetapi



dibatasi prosedur pengembangannya. Adapun prosedur pengembangan Borg dan Gall dalam pengembangan produk ini sebagai berikut:

## **1. Penelitian dan Pengumpulan Data**

Penelitian dan pengumpulan data merupakan tahap awal yang dilakukan penulis dalam penelitian ini. Pada tahap ini ditentukan beberapa indikator dan keterkaitan dengan keilmuan lain dengan berlandaskan wahyu yaitu Al Qur'an dan Al Hadits. Ada dua langkah yang dilakukan penulis dalam tahap ini yaitu observasi lapangan dan pengumpulan materi.

### **a. Observasi Lapangan**

Tahap observasi lapangan ini dilakukan penulis di perpustakaan Ilmu Tarbiyah dan Keguruan pada bulan Desember 2015 - Desember 2016, perpustakaan pusat UIN Walisongo Semarang pada bulan Januari-Desember 2016, perpustakaan daerah dan perpustakaan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta pada tanggal 22-24 Agustus 2016 guna untuk mencari literatur dan referensi mengenai penelitian dan pengembangan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* baik berupa skripsi maupun jurnal. Penulis juga wawancara langsung dengan salah satu mahasiswa UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta pada tanggal 10 April 2016 untuk memperoleh informasi mengenai keterkaitan materi penulis dengan integrasi dan

interkoneksi yang saat itu sedang dikembangkan di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan dengan hasil wawancara pada lampiran 11. Selain itu penulis juga mencari informasi dan *survey* langsung keberadaan mengenai buku SMA/ MA yang berkaitan antara Fisika dengan keilmuan lain seperti di toko buku Toga Mas Semarang pada tanggal 06 Agustus 2016, toko buku Gramedia Semarang pada tanggal 04 April 2016, toko buku Stadion pada tanggal 02 April 2016, toko buku Toga Mas Yogyakarta, dan toko buku Social Agency Baru Yogyakarta pada tanggal 23 Agustus 2016.

**b. Pengumpulan Materi**

Pada langkah kedua setelah penulis melakukan observasi lapangan yaitu pengumpulan materi dengan mencari bahan atau materi yang berkaitan dengan materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke. Pada tahap ini penulis juga menganalisis keilmuan apa saja yang dapat dikaitkan dengan materi yang penulis kembangkan. Selain itu juga penulis berusaha untuk dapat mengkaitkan beberapa ayat Al Qur'an dan Al Hadits yang berkaitan dengan pembelajaran Fisika pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke.

Setelah menemukan keterkaitan keilmuan lainnya penulis menganalisis apa saja yang sesuai dengan materi pembelajaran Fisika MA pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke. Pada proses ini penulis melakukan dua cara yaitu membaca jurnal dan berkonsultasi dengan dosen pembimbing agar diperoleh hasil yang lebih baik dan sesuai. Adapun hasil analisis penulis mengenai tahap ini yaitu

Tabel 4.1 keterkaitan keilmuan lain dan wahyu dengan Ilmu Fisika

<b>Fisika</b>	<b>Ayat Al Qur'an atau Al Hadits</b>	<b>Ilmu Lainnya</b>
Kinematika Gerak	Q. S An Nahl ayat 9 Q. S As Saba' ayat 18	
Gerak Lurus	Q. S Al Fatihah ayat 6	
Perpindahan dan Kelajuan		Teknologi (penggunaan <i>Google Map</i> ) Biologi (Pertumbuhan Kecambah)
Gerak Melingkar	Q. S Yasin ayat 40	Ilmuwan muslim (Ibnu Shatir, Qutbuddin ash Shirazi, Abdurrahman Al Jazari)
Gerak Parabola		Olahraga (Tendangan bebas)
GLBB	Q. S Al An'am ayat 59	
Hukum Gravitasi Newton	Q. S Maryam ayat 25 Q. S Yasin ayat 38 Q. S Al Furqon ayat 61 Q. S Al Anbiya' ayat 38	Tokoh Islam (Al Biruni)
Gravitasi		Kebumihan (alat gravimeter)
Elastisitas	Q. S As Saba' ayat 10 Q. S Al Hadid ayat 25	
Alat Uji Elastisitas		Pembuatan plastik ramah lingkungan
Anjuran Memanah	Hadits Nabi oleh Imam An nasa'i	
Penerapan Elastisitas		Kasur pegas, Peredam getaran, Katapel, Dinamometer, Olahraga (Lompat galah dan panahan)

Berdasarkan hasil analisis tersebut penulis juga mamadukan materi dengan pembelajaran yang sesuai. Adapun tujuan penulis yaitu agar pembelajaran Fisika lebih menyenangkan dan selain itu juga memberikan pengetahuan yang lebih untuk pembaca.

Hasil dari studi pendahuluan ini menunjukkan bahwa ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan pengembangan buku ajar Fisika yang berkaitan mengenai integrasi dan interkoneksi dengan materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke, namun belum ada yang membahas materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke yang bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa kela XI MA, sedangkan untuk buku ajar yang beredar di toko buku Kota Semarang belum ditemukan buku Fisika kelas XI MA yang bercirikan *Unity of Sciences*.

## **2. Perencanaan Produk**

Perencanaan produk berupa buku ajar Fisika MA kelas XI bercirikan *Unity of Sciences* pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke sangatlah perlu untuk dikembangkan, karena produk buku ajar Fisika tersebut belum pernah dikembangkan. Pengembangan buku ajar Fisika ini untuk menambah wawasan siswa dalam belajar dan pembaca lainnya.

Standar kompetensi dan kompetensi dasar yang digunakan dalam penelitian pengembangan buku ajar Fisika ini berdasarkan silabus Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) 2006. Materi yang ada dalam buku ajar Fisika ini dilengkapi dengan beberapa keterkaitan materi dengan keilmuan lain yang semuanya juga berlandaskan Al Qur'an dan Al Hadits, aktivitas dan kegiatan siswa dalam kehidupan sehari-hari yang disertai foto dan gambar agar lebih menarik.

Selanjutnya dari tahap perencanaan produk ini adalah menyusun draft buku Fisika bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa MA kelas XI pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke. Susunan draft dalam buku ajar Fisika ini diantaranya adalah *cover* depan, ucapan terimakasih, kata pengantar, petunjuk penggunaan buku ajar, daftar isi, standar isi, judul, *cover* bab dan kata mutiara, standar kompetensi, kompetensi dasar dan Indikator, peta konsep, kata kunci, aktivitas, contoh soal, *life skill*, informasi, berita sains, rangkuman, evaluasi bab, kunci jawaban, daftar pustaka, glosarium.

### **3. Pengembangan Draf Produk**

Pengembangan produk awal yang dilakukan penulis setelah menyusun *draft* adalah membuat produk berupa buku ajar Fisika yang berbentuk buku ajar Fisika untuk siswa kelas XI MA pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi

newton, dan elastisitas dan hukum hooke. Berikut tampilan *cover* bagian depan dan *cover* bagian belakang produk awal dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Cover* bagian depan dan bagian belakang produk awal buku ajar Fisika

Setelah *draft* dan *cover* buku ajar Fisika sudah jadi dan siap untuk dicetak, selanjutnya penulis membuat instrumen validator buku ajar Fisika dengan dikonsultasikan kepada dosen pembimbing. Instrumen validator ini bertujuan untuk memberikan evaluasi terhadap buku ajar Fisika yang telah dibuat untuk ahli media, ahli materi dan guru Fisika MA.

## 4. Validasi Produk

### a. Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi digunakan untuk mengetahui bahwa materi yang ada di dalam buku ini layak apa tidak untuk digunakan. Ahli materi memberikan validasi terhadap buku ajar Fisika serta memberikan kritik dan saran. Ahli materi ini dilakukan oleh 2 dosen Fisika UIN Walisongo Semarang yaitu M. Ardhi Khalif, M. Sc dan Arsini, M. Sc.

Validasi untuk ahli materi didasarkan pada 4 aspek yaitu aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafisan.

Tabel 4.2 Data Hasil Validasi Buku Ajar Fisika oleh Ahli Materi

Aspek Validasi	Nomor pernyataan	Validator		Skor	Per Aspek	Skor Rata-rata
		I	II			
Kelayakan Isi	1	3	4	7	45	3,2
	2	4	3	7		
	3	3	3	6		
	4	3	3	6		
	5	3	3	6		
	6	3	2	5		
	7	4	4	8		
Kebahasaan	8	4	3	7	21	3,5
	9	4	3	7		
	10	4	3	7		
Penyajian	11	3	3	6	18	3,0
	12	3	3	6		
	13	3	3	6		
Kegrafisan	14	3	3	6	27	3,4
	15	4	4	8		
	16	4	3	7		
	17	3	3	6		
Jumlah Skor		58	53	111	111	3,3
Jumlah Rerata Seluruh skor						

Rentang validasi	Kategori	Kelayakan
$55,25 < \text{skor} \leq 68,00$	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi
$42,50 < \text{skor} \leq 55,25$	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi
$29,75 < \text{skor} \leq 42,50$	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi
$17 \leq \text{skor} \leq 29,75$	Sangat kurang	Belum dapat digunakan

Validasi buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* berdasarkan aspek kelayakan isi didapatkan skor sebesar 3,2 dengan kategori Baik, aspek kebahasaan didapatkan skor sebesar 3,5 dengan kategori Sangat Baik, aspek penyajian didapatkan skor sebesar 3,0 dengan kategori Baik, dan untuk aspek kegrafisan didapatkan skor sebesar 3,4 dengan kategori Sangat Baik. Secara keseluruhan dari ketiga aspek didapatkan skor rata-rata sebesar 3,3 dengan kategori Sangat Baik dan rata-rata rentang validator sebesar 55,5 sehingga berdasarkan hasil perhitungan, buku ajar yang dikembangkan menurut kedua ahli materi dikategorikan Sangat Baik dengan kategori kelayakan dapat digunakan tanpa revisi.

#### **b. Validasi Ahli Media**

Validasi ahli media dilakukan untuk mengetahui kualitas produk buku ajar Fisika kelas XI MA. Ahli media memberikan validasi terhadap bahan ajar Fisika



serta memberikan kritik dan saran sesuai dengan validasi ahli media. Validasi ahli media dilakukan oleh 2 dosen ahli ini nantinya akan digunakan untuk merevisi bahan ajar yang telah dikembangkan sampai didapatkan kualitas bahan ajar yang baik. Kedua dosen tersebut yaitu Agus Sudarmanto, M.Si. (dosen Fisika UIN Walisongo) dan Biaunik Niski Kamila, M.Sc. (dosen Fisika UIN Walisongo).

Validasi buku ajar Fisika didasarkan pada 3 aspek , yaitu aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafisan. Berikut data hasil validasi buku ajar Fisika oleh ahli media.

Tabel 4.3 Data Hasil Validasi Buku Ajar Fisika oleh Ahli Media

Aspek Validasi	Nomor pernyataan	Validator		Skor	Per Aspek	Skor Rata-rata
		I	II			
Kebahasaan	1	3	3	6	21	3,5
	2	4	3	7		
	3	4	4	8		
Penyajian	4	4	4	8	21	3,5
	5	4	3	7		
	6	3	3	6		
Kegrafisan	7	3	3	6	27	3,4
	8	4	3	7		
	9	4	3	7		
	10	4	3	7		
Jumlah skor		37	32	69	69	3,5
Jumlah Rerata Seluruh skor						

Rentang validasi	Kategori	Kelayakan
$32,50 < \text{skor} \leq 40,00$	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi
$25,00 < \text{skor} \leq 32,50$	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi
$17,50 < \text{skor} \leq 25,00$	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi
$10 \leq \text{skor} \leq 17,50$	Sangat kurang	Belum dapat digunakan

Validasi buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* berdasarkan aspek kebahasaan didapatkan skor sebesar 3,5 dengan kategori Sangat Baik, aspek penyajian didapatkan skor sebesar 3,5 dengan kategori Sangat Baik, dan untuk aspek kegrafisan didapatkan skor sebesar 3,5 dengan kategori Sangat Baik. Secara keseluruhan dari ketiga aspek didapatkan skor rata-rata sebesar 3,5 dan rata-rata rentang validator sebesar 34,5 sehingga berdasarkan hasil perhitungan, buku ajar Fisika yang dikembangkan menurut kedua ahli media dikategorikan Sangat Baik dengan kategori kelayakan dapat digunakan tanpa revisi.

**c. Validasi Guru Fisika**

Pengembangan buku ajar Fisika MA kelas XI bercirikan *Unity of Sciences* dengan materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke sangatlah perlu untuk mendapatkan kritik

dan saran dari beberapa guru Fisika MA kelas XI. Validasi guru Fisika MA ini dilakukan oleh 2 guru Fisika yang nantinya juga akan digunakan untuk merevisi buku ajar Fisika yang telah dikembangkan sampai didapatkan kualitas buku ajar Fisika yang baik. Kedua guru Fisika MA tersebut yaitu Fandi Ahmad, S. Si, M. Pd. (guru Fisika MA PPKP Darul Ma'la Pati) dan Sunardi, S. Pd. (guru Fisika MAN 2 Semarang).

Validasi buku ajar Fisika didasarkan pada 4 aspek yaitu aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafisan. Berikut data hasil validasi buku ajar Fisika oleh ahli media.

Tabel 4.4 Data Hasil Validasi Buku Ajar Fisika oleh Ahli Media

Aspek Validasi	Nomor pernyataan	Validator		Skor	Per Aspek	Skor Rata-rata
		I	II			
Kelayakan Isi	1	3	3	6	48	3,4
	2	3	3	6		
	3	3	3	6		
	4	4	4	8		
	5	4	3	7		
	6	4	4	8		
	7	4	3	7		
Kebahasaan	8	3	3	6	18	3,0
	9	3	3	6		
	10	2	4	6		
Penyajian	11	3	3	6	19	3,2
	12	3	4	7		
	13	3	3	6		
Kegrafisan	14	3	3	6	27	3,4
	15	3	4	7		
	16	3	4	7		
	17	3	4	7		
Jumlah Skor		54	58	112	112	3,25
Jumlah Rerata Seluruh skor						

Rentang validasi	Kategori	Kelayakan
$55,25 < \text{skor} \leq 68,00$	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi
$42,50 < \text{skor} \leq 55,25$	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi
$29,75 < \text{skor} \leq 42,50$	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi
$17 \leq \text{skor} \leq 29,75$	Sangat kurang	Belum dapat digunakan

Validasi buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* berdasarkan aspek kelayakan isi didapatkan skor rata-rata sebanyak 3,4 dengan kategori Sangat Baik, aspek kebahasaan didapatkan skor rata-rata sebesar 3,0 dengan kategori Baik, aspek penyajian didapatkan skor sebesar 3,2 dengan kategori Baik, dan untuk aspek kegrafisan didapatkan skor sebesar 3,4 dengan kategori Sangat Baik. Secara keseluruhan dari keempat aspek didapatkan skor rata-rata sebesar 3,25 dan rata-rata rentang validator sebesar 56 sehingga berdasarkan hasil perhitungan, buku ajar yang dikembangkan menurut kedua guru Fisika dikategorikan Sangat Baik dengan kategori kelayakan dapat digunakan tanpa revisi.

## 5. Penyempurnaan Produk Akhir

### a. Revisi Produk

Revisi dilakukan setelah validasi. Validasi dilakukan oleh 6 orang yaitu 2 ahli materi, 2 ahli media dan 2 guru Fisika MA. Beberapa aspek yang dinilai dalam pengembangan buku ajar Fisika yaitu aspek kelayakan

isi, aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafisan untuk Ahli Materi, aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafisan untuk Ahli Media dan aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek penyajian, dan aspek kegrafisan untuk Guru Fisika MA.

Pada penelitian ini, instrumen yang digunakan berupa angket semi terbuka sehingga data yang dihasilkan terdiri dari data kuantitatif yang berupa pengisian angket dan data kualitatif yang berupa kritik dan saran terhadap bahan ajar fisika supaya dapat dikembangkan lebih baik lagi. Kritik dan saran tersebut selanjutnya ditindak lanjuti sebagai revisian penulis supaya memperoleh buku ajar Fisika yang lebih baik lagi.

#### **b. Produk Akhir**

Produk akhir penelitian ini berupa buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* kelas XI MA pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, elastisitas dan hukum hooke. Buku ajar Fisika ini dicetak dengan ukuran A4 panjang 287 mm, lebar 202 mm dan tebal 8 mm. Buku ajar Fisika ini berisi tentang keterkaitan ilmu Fisika dengan keilmuan lainnya, Al Qur'an dan Al Hadits. buku ajar Fisika ini dapat digunakan dalam pembelajaran Fisika MA kelas XI. Produk akhir buku ajar Fisika yang dihasilkan dalam penelitian ini terdapat pada lampiran 12.

## B. Analisis Data

Pengembangan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of sciences* merupakan pengembangan buku ajar Fisika yang berusaha untuk bisa dikaitkan antara materi Fisika dengan keilmuan lainnya yang semuanya berlandaskan Al Quran dan Al Hadits.

Model penelitian dan pengembangan model Borg dan Gall yang terdiri dari sepuluh tahap, tetapi penulis hanya membatasi sampai lima tahap yaitu studi pendahuluan, perencanaan produk, pengembangan buku ajar Fisika, validasi ahli, revisi dan produk akhir. Berdasarkan hasil analisis data pada studi pendahuluan, diperlukan buku yang berkaitan tentang materi penulis dengan keilmuan lain dan berlandaskan Al Qur'an dan Al Hadits yang nantinya dapat dijadikan buku ajar Fisika yang bercirikan *Unity of Sciences*.

*Unity of Sciences* merupakan paradigma yang sedang dikembangkan UIN Walisongo Semarang. Maksud dari *Unity of Sciences* merupakan penyatuan antara semua cabang ilmu pengetahuan dengan memberikan landasan wahyu sebagai latar atau pengikat penyatuan. Buku ajar Fisika dengan bercirikan *Unity of Sciences* ini bertujuan untuk memahami dan menjelaskan bahwa ilmu Sains dapat dikombinasikan dengan ilmu lainnya, dan menyadarkan bahwa semua keilmuan ini berlandaskan pada wahyu Allah SWT yaitu Al Qur'an dan Al Hadits. Setelah didapatkan dan diketahui referensi yang terkait dengan materi buku ajar Fisika yang penulis kembangkan yaitu

materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke dengan keterkaitan ilmu lainnya maupun Al Qur'an dan Al Hadits, langkah selanjutnya adalah perencanaan dan pembuatan produk.

Produk yang sudah dibuat dan dikonsultasikan dengan dosen pembimbing yang selanjutnya dinilai oleh tim ahli yang terdiri dari 6 validator diantaranya 2 ahli materi, 2 ahli media, dan 2 guru Fisika.

Tahap validasi ahli yang terdiri dari 6 validator tersebut mendapatkan kritik dan saran yang menunjukkan bahwa buku ajar dapat digunakan dengan revisi supaya menjadi lebih baik.

### 1. Validasi Ahli Materi

Menurut validator I dan validator II bahwa buku ajar Fisika yang telah dikembangkan dalam kategori Sangat Baik. Kritik dan saran dari ahli materi digunakan penulis untuk menyempurnakan buku ajar Fisika agar lebih baik lagi.

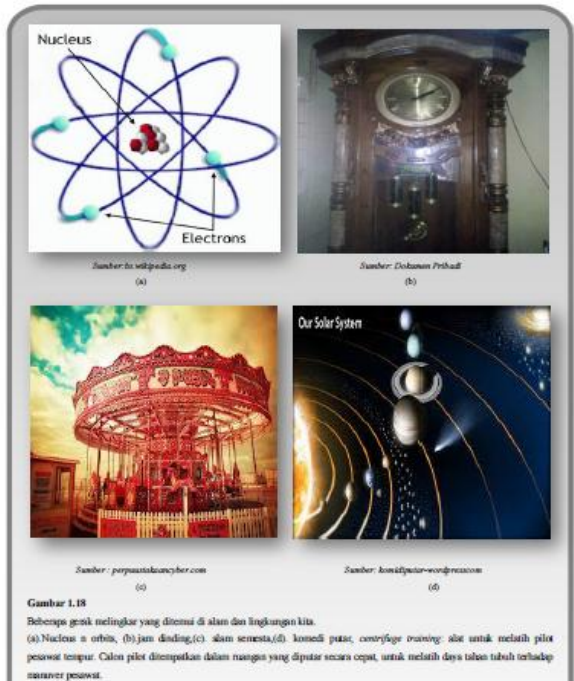
Berikut tabel kritik dan saran dari ahli materi :

Tabel 4.5 Kritik dan saran dari Ahli Materi

No	Kritik dan Saran
1.	Penulisan rumus harus di tengah-tengah bidang teks
2.	Halaman 16 dan seterusnya dalam penggunaan vektor harus konsisten
3.	Gambar a halaman 34 (model atom Bohr) tidak banyak digunakan jadi sebaiknya dihapuskan atau diganti contoh lain.
4.	Diperbaiki kesalahan-kesalahan pengetikan per halaman
5.	Penggunaan kertas lebih tebal lagi agar tulisan tidak tembus disebaliknya
6.	Penggunaan bahasa disesuaikan dengan kaidah EYD
7.	Dalam penyajian persamaan matematik diteliti lagi penomoran dan lebih baik ditulis dengan <i>equation</i> (diletakkan ditengah dan tercetak miring)
8.	Konsisten dalam penggunaan istilah dan konsep

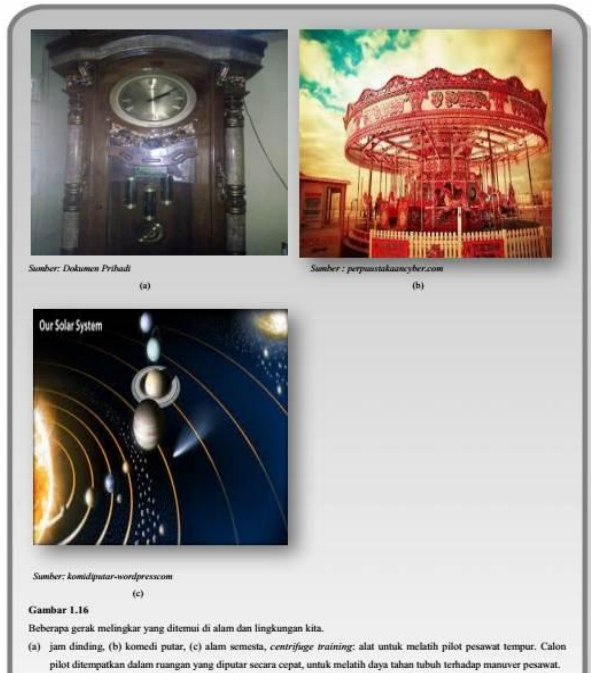
Berikut tampilan beberapa saran dari ahli materi :

- a. Gambar a halaman 34 (model atom Bohr) tidak banyak digunakan jadi sebaiknya dihapuskan atau diganti contoh lain.



Gambar 4.2 Contoh gerak melingkar sebelum direvisi





Gambar 4.3 Contoh gerak melingkar sesudah direvisi

## 2. Validasi Ahli Media

Menurut 2 dosen validator I dan validator II bahwa buku ajar Fisika yang telah dikembangkan dalam kategori Sangat Baik. Kritik dan saran dari ahli media digunakan penulis untuk merevisi buku ajar Fisika yang telah dibuat. Berikut kritik dan saran dari ahli media :

Tabel 4. 6 Kritik dan saran dari Ahli Media

NO.	Kritik dan Saran
1.	Kekurangan huruf dalam kalimat perlu dicek kembali
2.	Persamaan perlu untuk dirapikan
3.	Penomoran dalam persamaan perlu untuk dicek dan diubah
4.	Beberapa gambar untuk dirapikan tata letaknya dan ada gambar yang diperbaiki keterangan dan sumbernya.
5.	Kunci jawaban evaluasi per bab untuk dijadikan perlembar
6.	Keterangan Gambar 1. 18 (a) diperbaiki
7.	Gambar 3.1b keterangan tidak sesuai gambar
8.	Gambar 3.6 Sumber diperjelas

Berikut tampilan beberapa saran dari ahli media :

- a. Gambar 1.18a dihapuskan karena sekarang sudah tidak digunakan
- b. Gambar 3.1b keterangan tidak sesuai gambar



Sumber: Dokumen Perbaik  
Gambar 3.1a karet yang diregangka



Gambar 3.1b plastis

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Apakah kalian pernah bermain dengan karet dan plastisin? Bagaimana keadaan kedua benda tersebut pada saat diregangkan?

Kedua benda tersebut akan berubah bentuk jika dikenai gaya. Apabila gaya dihilangkan, maka karet akan berubah kembali pada bentuk semula sedangkan plastisin tidak mengalami perubahan bentuk. Hal ini berkaitan dengan sifat elastisitas bahan yang mempengaruhi keadaan benda setelah gaya dihilangkan.

#### A. Elastisitas

Sifat elastisitas atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu dihindarkan.

Gambar 4.4 Keterangan Gambar 3.1b sebelum direvisi

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Sumber: Diklat.com/Prubadi

Gambar 3.1a karet yang diregangkan



Gambar 3.1b plastisin

Pernahkah bermain dengan karet dan plastisin? Bagaimana keadaan kedua benda tersebut pada saat diregangkan?

Kedua benda tersebut akan berubah bentuk jika dikenai gaya. Apabila gaya dihilangkan, maka karet akan berubah kembali pada bentuk semula sedangkan plastisin tidak mengalami perubahan bentuk. Hal ini berkaitan dengan sifat elastisitas bahan yang mempengaruhi keadaan benda setelah gaya dihilangkan.

#### A. Elastisitas

Sifat elastisitas atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu diiadakan.

Gambar 4.5 Keterangan Gambar 3.1b sesudah direvisi

### 3. Validasi Guru Fisika

Menurut validator I dan validator II bahwa buku ajar Fisika yang telah dikembangkan dalam kategori Sangat Baik. Sama seperti ahli media dan ahli materi guru Fisika MA juga memberikan kritik dan saran yang sangat membangun untuk buku ajar Fisika penulis. Kritik yang sangat teliti dan saran yang baik patut untuk ditindaklanjuti penulis. Berikut kritik dan saran dari 2 guru Fisika MA :

Tabel 4.7 Kritik dan saran dari guru Fisika MA

NO	Kritik dan Saran
1.	Perbaiki peta konsep untuk gerak melingkar
2.	Halaman 18 gambar 1.6 keterangan grafik kurang jelas
3.	Halaman 25 lebih baik dibuat lembar percobaan siswa agar lebih aktif
4.	Halaman 42 soal essay, belum menjawab indikator 3 pada bab kinematika gerak
5.	Halaman 45, peta konsep yang banyak dibahas materi Hukum Gravitasi Newton, Kuat Medan dan Hukum II Kepler, untuk

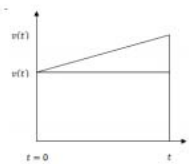
	keterangan dalam peta konsep lebih baik dihapuskan saja
6.	Soal KD 3 dalam awal SK KD sebelum bab belum ada perlu ditambahkan keterangan SK, KD 3
7.	Kekurangan huruf
8.	Persamaan dan penomoran persamaan dirapikan
9.	Kunci jawaban perlembar

Berikut tampilan beberapa saran dari guru Fisika MA :

a. Halaman 18 gambar 1.6 keterangan grafik kurang jelas

Kinematika Gerak | 18

Gambar 1.6 Menggambarkan laju koordinat benda titik yang kita tinjau. Laju koordinat adalah perubahan koordinat  $r$  tiap satu satuan waktu, dituliskan sebagai  $v(t) = dr/dt$ . Gambar 1. Menunjukkan luas total wilayah yang diarsir sama dengan luas persegi panjang ditambah luas segitiga



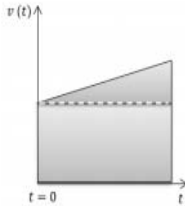
$$Luas = v_0 t + \frac{1}{2} t a t = v_0 \frac{1}{2} a^2 \quad (1.22)$$

Persamaan 1.22 dengan persamaan 1.17 oleh karena itu, perpindahan benda titik dari saat  $t = 0$  sampai  $t$  sama dengan luas wilayah grafik laju koordinat yang dibatasi oleh kurva  $v(t)$ , sumbu  $t$ , garis  $t = 0$  serta garis yang tegak lurus pada sumbu  $t$  melalui titik sumbu  $t$ .

Gambar 1.6 Grafik  $v$  fungsi  $t$

Gambar 4.6 Gambar 1.6 keterangan grafik sebelum direvisi

Gambar 4.7 Gambar 1.6 keterangan grafik sesudah direvisi



Gambar 1.6 Grafik  $v$  fungsi  $t$

Gambar 1.6 Menggambarkan laju koordinat benda titik yang kita tinjau. Laju koordinat adalah perubahan koordinat  $r$  tiap satu satuan waktu, dituliskan sebagai  $v(t) = dr/dt$ . Gambar 1.6 menunjukkan luas total wilayah yang diarsir sama dengan luas persegi panjang ditambah luas segitiga

$$Luas = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = v_0 t + \frac{1}{2} a^2 t^2 \quad (1.25)$$

Persamaan 1.25 dengan persamaan 1.20 oleh karena itu, pergeseran benda titik dari saat  $t = 0$  sampai  $t$  sama dengan luas wilayah grafik laju koordinat yang dibatasi oleh kurva  $v(t)$ , sumbu  $t$ , garis  $t = 0$  serta garis yang tegak lurus pada sumbu  $t$  melalui titik sumbu  $t$ .

- b. Halaman 42 soal *essay*, belum menjawab indikator 3 pada bab kinematika gerak

**B. Uraian**

*Jawablah dengan tepat!*

- Karena terlambat bangun pagi dan ketinggalan bus, Putri terpaksa berlari terburu-buru ke sekolahnya. Ia berlari 600 m ke utara kemudian 800 m ke timur. Jika waktu yang dibutuhkan Putri adalah 0,25 jam, berapakah jarak dan perpindahan Putri? Tentukan pula kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata yang dimiliki Putri!
- Suatu benda bergerak sepanjang sumbu-x mengikuti persamaan  $x = 2t^3 + 5t^2 - 5$  dengan  $x$  dalam meter dan  $t$  dalam detik.
  - Tentukan persamaan kecepatan dan persamaan percepatan.
  - Tentukan posisi, kecepatan dan percepatan pada  $t = 2s$
  - Tentukan kecepatan rata-rata serta percepatan rata-rata antara  $t = 2s$  dan  $t = 3s$ .
- Sebuah bola diluncurkan tegak lurus ke atas dari atas tanah dengan kecepatan 20 m/s, hitunglah waktu yang diperlukan untuk mencapai ketinggian maksimum sebelum jatuh kembali ke tanah, hitung pula ketinggian maksimum yang bisa dicapai bola?
- Sebuah benda bergerak melingkar dengan kecepatan sudut  $\omega = (2t^2 - 3t + 6) \frac{rad}{s}$ . Tentukan besar percepatan sudut rata-ratanya dalam selang waktu  $t = 1$  s sampai  $t = 3s$  ?
- Untuk memecahkan rekor dunia, seorang drag racer memacu mobilnya dengan diameter ban 40 cm agar bergerak dari diam menjadi 56 m/s dalam waktu 2 detik. Hitunglah percepatan mobil dan percepatan sudut dari ban serta telah berputar berapakah ban dalam waktu 10 detik?

Gambar 4.8 Halaman 42 sebelum direvisi

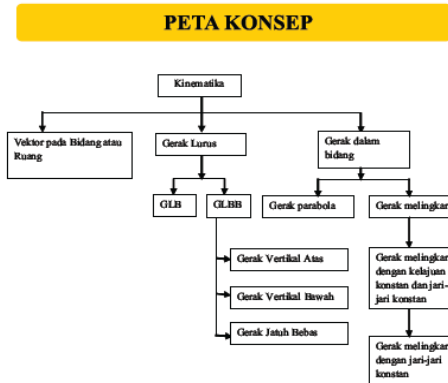
**B. Uraian**

*Jawablah dengan tepat!*

- Karena terlambat bangun pagi dan ketinggian bus, Putri terpaksa berlari terburu-buru ke sekolahnya. Ia berlari 600 m ke utara kemudian 800 m ke timur. Jika waktu yang dibutuhkan Putri adalah 0,25 jam, berapakah jarak dan perpindahan Putri? Tentukan pula kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata yang dimiliki Putri!
- Suatu benda bergerak sepanjang sumbu-x mengikuti persamaan  $x = 2t^3 + 5t^2 - 5$ , dengan  $x$  dalam m dan  $t$  dalam s.
  - Tentukan persamaan kecepatan dan persamaan percepatan.
  - Tentukan posisi, kecepatan dan percepatan pada  $t = 2$  s
  - Tentukan kecepatan rata-rata serta percepatan rata-rata antara  $t = 2$  s dan  $t = 3$  s.
- Sebuah bola ditendang ke udara sehingga lintasannya berbentuk parabola. Jika kecepatan awalnya  $30 \text{ m/s}$ , sudut elevasinya  $45^\circ$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , Tentukanlah :
  - Ketinggian maksimum?
  - Waktu yang diperlukan untuk mencapai ketinggian maksimum?
  - Jarak jangkauan maksimum?
  - Waktu yang diperlukan untuk mencapai jarak maksimum?
- Sebuah benda bergerak melingkar dengan kecepatan sudut  $\omega = (2t^2 - 3t + 6) \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ . Tentukan besar percepatan sudut rata-ratanya dalam selang waktu  $t = 1$  s sampai  $t = 3$  s ?
- Untuk memecahkan rekor dunia, seorang drag racer memacu mobilnya dengan diameter ban 40 cm agar bergerak dari diam menjadi 56 m/s dalam waktu 2 s. Hitunglah percepatan mobil dan percepatan sudut dari ban serta telah berputar berapa kalikah ban dalam waktu 10 detik?

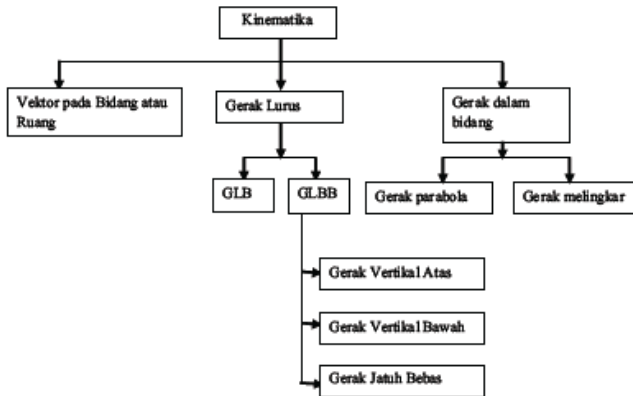
Gambar 4.9 Halaman 42 sesudah direvisi

- Perbaiki peta konsep pada bab Kinematika Gerak dan bab Hukum Gravitasi Newton



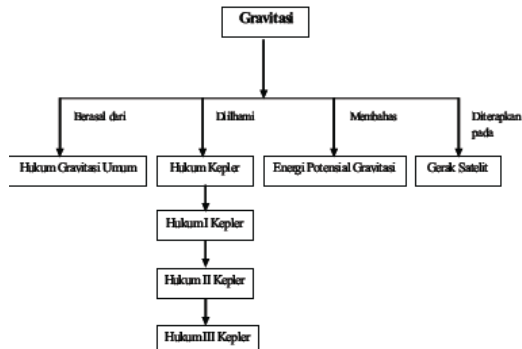
Gambar 4.10 Peta konsep bab kinematika gerak sebelum direvisi

## PETA KONSEP



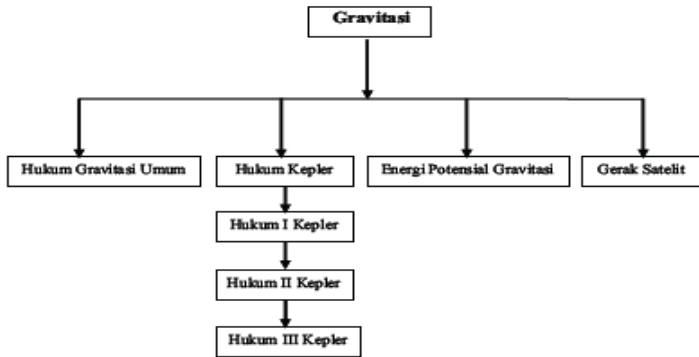
Gambar 4.11 Peta konsep bab kinematika gerak sesudah direvisi

## PETA KONSEP



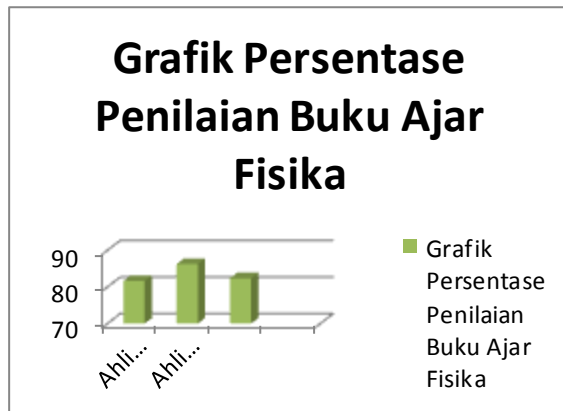
Gambar 4.12 Peta konsep bab Elastisitas dan hukum hooke sebelum direvisi

## PETA KONSEP



Gambar 4.13 Peta konsep bab elastisitas dan hukum hooke sesudah direvisi

Selain penilaian kuantitatif, buku ajar Fisika ini juga memperoleh penilaian kualitatif dari tim validator. Penilaian kualitatif yang diberikan tim validator secara garis besar menyatakan bahwa buku ajar Fisika sudah sesuai dan dapat digunakan, hanya saja ada beberapa yang perlu diperbaiki. Adapun hasil persentase keseluruhan validasi buku ajar Fisika terdapat dalam grafik berikut:



Grafik 4.1 Persentase validasi buku ajar Fisika



Hasil Persentase penilaian buku ajar Fisika buku ajar Fisika oleh ahli materi sebesar 81,62% dengan kategori Sangat Baik, oleh ahli media sebesar 86,25% dengan kategori Sangat Baik dan oleh guru Fisika MA sebesar 82,35% dengan kategori Sangat Baik. Jadi dapat dikatakan bahwa produk buku ajar Fisika ini dapat digunakan dengan tanpa revisi. Berikut perhitungan persentase :

$$\text{Rumus persentase kelayakan} = \frac{\text{skor hasil penelitian}}{\text{skor maksimal ideal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Ahli Materi} &= \frac{55,5}{68} \times 100\% \\ &= 81,62 \%\end{aligned}$$

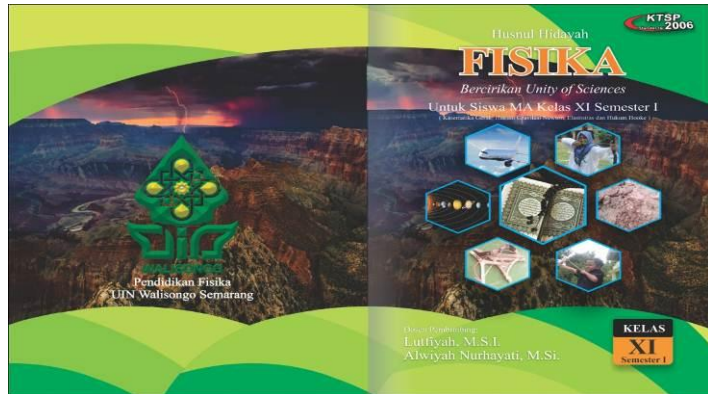
$$\begin{aligned}\text{Ahli Media} &= \frac{34,5}{40} \times 100\% \\ &= 86,25 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Guru Fisika MA} &= \frac{56}{68} \times 100\% \\ &= 82,35 \%\end{aligned}$$

### C. Prototipe Hasil Pengembangan

Setelah mendapatkan kritik dan saran dari tim validator, jadi akhir desain buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* sebagai berikut:

Cover bagian depan dan bagian belakang buku ajar Fisika :



Gambar 4.14 Tampilan *Cover* bagian depan dan belakang buku ajar Fisika

Keterangan *cover* bagian depan buku ajar Fisika yaitu pada bagian kanan atas tertulis KTSP 2006 hal ini menandakan bahwa buku yang dikembangkan berorientasi pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) 2006. Identitas penulis, judul buku ajar pada buku diletakkan di tengah atas yang bertuliskan Fisika Bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa MA kelas XI semester I sebagai identitas bahwa buku tersebut merupakan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa MA kelas XI semester I dan dengan dicantumkan materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, elastisitas dan hukum hooke dikarenakan tidak semua materi semester I yang berada dalam silabus materi semester I Fisika MA ada di buku ajar Fisika ini. *Background* pada *cover* buku bergambarkan fenomena alam ini dikarenakan buku ajar yang dikembangkan mengenai kealaman

dan ada 7 gambar yang ditengahnya bergambar Al Qur'an itu karena untuk memberikan gambaran secara umum mengenai isi buku ajar dan materi yang akan di bahas yang semuanya juga berlandaskan wahyu. Pada bagian bawah kiri tertulis nama dosen pembimbing dan pada bagian kanan bawah menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan untuk siswa kelas XI semester I. Bagian *cover* belakang berlambangkan lambang UIN Walisongo Semarang dan dengan tulisan Pendidikan Fisika UIN Walisongo sebagai identitas bahwa buku ini ditulis oleh mahasiswa Pendidikan Fisika UIN Walisongo Semarang.

Setelah mendapatkan Kritik dan saran dari tim validator yaitu dari 2 ahli materi, 2 ahli media dan 2 Guru Fisika MA, maka hasil desain akhir buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* secara umum sebagai berikut:

1. *Cover* buku ajar Fisika
2. Bagian Awal

Bagian Awal buku ajar Fisika ini terdiri dari:

- a. *Cover*
- b. Ucapan terimakasih
- c. Kata Pengantar
- d. Petunjuk Penggunaan Buku ajar
- e. Daftar Isi
- f. Standar Isi

### 3. Bagian isi

Bagian isi buku ajar Fisika ini terdiri dari:

- a. Judul, *cover* bab dan kata mutiara
- b. Standar Kompetensi, Kompetensi dasar, dan Indikator
- c. Peta Konsep
- d. Kata Kunci
- e. Aktivitas
- f. Contoh soal
- g. *Life skill*
- h. Informasi
- i. Berita Sains
- j. Rangkuman
- k. Evaluasi Bab

### 4. Bagian Akhir

- a. Kunci Jawaban
- b. Daftar Pustaka
- c. Glosarium

Produk akhir penelitian ini berupa buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* kelas XI MA pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, elastisitas dan hukum hooke. Buku ajar Fisika ini dicetak dengan ukuran A4 panjang 287 mm, lebar 202 mm dan tebal 8 mm. Buku ajar Fisika ini berisi tentang keterkaitan ilmu Fisika dengan keilmuan lainnya, Al Qur'an dan Al Hadits. buku ajar Fisika ini dapat digunakan dalam pembelajaran Fisika MA kelas XI. Buku ajar ini lebih

memberikan informasi tentang keterkaitan Fisika dengan keilmuan lain dan dalam kehidupan sehari-hari, ini semua agar siswa lebih tertarik untuk membaca dan lebih menyadari bahwa Fisika tidak hanya momok mengenai rumus/ hitungan saja. Buku ajar ini juga di desain sedemikian rupa dengan *colour full* agar siswa lebih tertarik dan tidak bosan saat membaca. Produk akhir buku ajar Fisika yang dihasilkan dalam penelitian ini terdapat pada lampiran 12.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan pengembangan yang dilakukan oleh penulis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penulisan buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa kelas XI MA pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton dan elastisitas dan hukum hooke telah dikembangkan dengan menggunakan teori Borg dan Gall yang disederhanakan menjadi dua tahap yaitu tahap pendahuluan dan pengembangan. Tahap pendahuluan terdiri dari studi kepustakaan, analisis keilmuan lain dengan bercirikan *Unity of Sciences* dan perencanaan. Tahap pengembangan terdiri dari penyusunan produk awal, penilaian produk, revisi produk dan menjadi produk akhir.
2. Persentase penilaian buku ajar Fisika oleh ahli materi yaitu 81,62%, ahli media 86,25% dan guru Fisika 82,35%. Berdasarkan hasil penilaian tersebut dapat dikatakan bahwa buku ajar Fisika ini mempunyai kualitas Sangat Baik dan dapat digunakan tanpa revisi.

#### **B. Saran**

1. Produk yang dihasilkan pada penelitian dan pengembangan ini berupa buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa kelas XI MA pada materi kinematika gerak, hukum

gravitasi newton, dan elastisitas dan hukum hooke disarankan agar diujicobakan dalam kegiatan pembelajaran di kelas untuk mengetahui langsung kelebihan dan kekurangan buku ajar Fisika sebagai salah satu media belajar bagi siswa dalam pembelajaran Fisika.

2. Buku ajar Fisika bercirikan *Unity of Sciences* untuk siswa kelas XI MA pada materi kinematika gerak, hukum gravitasi newton, elastisitas dan hukum hooke dapat digunakan dan dikembangkan lebih lanjut dalam proses pembelajaran yang melibatkan peserta didik dan pendidik.
3. Penulis selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian dan pengembangan bercirikan *Unity of Sciences* untuk materi Fisika dan jenjang pendidikan yang berbeda sehingga dapat memperkaya buku ajar Fisika yang dapat diketahui peserta didik dan pendidik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Najjar, Zaghلول, *Sains dalam Hadis (Mengungkap Fakta Ilmiah dari Kemukjizatan Hadis Nabi)*, Jakarta: Amzah, 2011.
- Fanani, Muhyar, Dkk, *Transformasi Paradigma dan Implikasinya pada Desain Kurikulum Sains (Studi atas UIN Syarif Hidayatullah, UIN Sunan Kalijaga, dan UIN Maliki)*, Semarang: IAIN Walisongo, 2014.
- Fanani, Muhyar, *Empat istilah Kunci dalam Visi Misi IAIN Walisongo 2014*, hlm. 9, disampaikan dalam acara Raker Auditor Mutu Internal LPM IAIN Walisongo di Hotel Amanda Hills Bandungan Semarang, Kamis 24 April 2014 dalam buku Tsuwaibah, *Epistemologi Unity Of Sciences Ibn Sina (Kajian Integrasi Keilmuan Ibn Sina dalam Kitab Asy Syifa Juz 1 dan Relevansinya dengan Unity of Sciences IAIN Walisongo)*, Semarang: IAIN Walisongo, 2014.
- Fauzi, Slamet, *Pengembangan buku ajar berbasis integrasi interkoneksi sebagai bahan pembelajaran fisika SMA/MA kelas XI semester I*, Yogyakarta: Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, 2012.
- Hanum, Farida, *Panduan Lengkap Karya Tulis Penelitian & Non Penelitian untuk Guru Guna Menaikkan Pangkat & Golongan Profesi Guru*, Yogyakarta: Araska, 2014.
- Komsiyah, Indah, *Belajar dan Pembelajaran*, Yogyakarta: Teras. 2012.
- Khamdani, Subhan Lutfi, *Pengembangan Ensiklopedia Fisika Berbasis Islam-Sains sebagai Sumber Belajar Mandiri Siswa SMA/ MA*, Yogyakarta: Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, 2014.



- Mas'ud, Muhammad, *Dahsyatnya Misteri Bilangan- bilangan & Angka-angka dalam Al Qur'an*, Yogyakarta: Laksana, 2011.
- Nata, Abuddin, dkk., *Integrasi Ilmu Agama dan Ilmu Umum*, Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2005.
- Prastawa, Andi, *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*, Jogjakarta: DIVA Press, 2013.
- Rahman, Afzalur, *Al-Qur'an Sumber Ilmu Pengetahuan*, Jakarta: PT Rincka Cipta, 2000.
- Riduwan dan Sanorto, *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, Komunikasi, dan Bisnis*, Bandung: Alfabeta 2013.
- Sani, Ridwan Abdullah, *Sains Berbasis Al Qur'an*, Jakarta: Bumi Aksara, 2014.
- Satya, Palupi Dwi, dkk., *Fisika: Untuk SMA dan MA Kelas XI*, Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
- Sitepu, *Penulisan Buku Teks Pelajaran*, Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2015.
- Sugiono, *Metodologi Penelitian Pendidikan (pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*, Bandung: Alfabeta, 2012.
- Sukmadinata, Nana Syaodih, *Metode Penulisan Pendidikan, cet-V*, Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2009.
- Sumarno, dkk., *Sukses Membidik Ujian Nasional Fisika*, Semarang: Pelita Insani, 2011.

Syafa'atun, *Pengembangan Modul IPA Fisika Berbasis Integrasi Interkoneksi untuk Siswa SMP/ MTs*, Yogyakarta: Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, 2013.

Tipler, Paul A, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jakarta : Erlangga, 1998.

Widyoko, Eko Putro, *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.

# LAMPIRAN-LAMPIRAN



## Lampiran 1 : Penunjukan Pembimbing



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN  
Alamat : Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang  
Telp. (024) 7601295 Fax. 7615387

No. : In.06.03/J6/PP.00.9/5564/2015

Semarang, 25 November 2015

Lamp. : -

Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Kepada Yth.:

1. Lutfiah., M.SI
2. Alwiyah Nurhayati., M.Si

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian pada Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, maka disetujui judul skripsi mahasiswa:

Nama : Husnul Hidayah

NIM : 123611017

Judul :

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR FISIKA KELAS XI MA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM PADA MATERI KINEMATIKA GERAK, HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI, HUKUM HOOKE DAN ELASTISITAS, DAN GERAK GETARAN.**

Dan menunjuk:

1. Lutfiah., M.SI., sebagai Pembimbing I
2. Alwiyah Nurhayati., M.Si., sebagai Pembimbing II

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan, atas perhatian yang diberikan kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

411 Dekan  
Kendua Jurusan Pendidikan Fisika,  
  
**Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc.**  
NIP. 197703202009121002

Tembusan:

1. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

## Lampiran 2 : Pengesahan Proposal



### PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI

Proposal penelitian skripsi yang ditulis oleh:

Nama : **Husnul Hidayah**  
NIM : 123611017  
Jurusan : Pendidikan Fisika  
Judul Penelitian : **PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA KELAS XI MA  
BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES* PADA MATERI  
KINEMATIKA GERAK, HUKUM NEWTON TENTANG  
GRAVITASI, DAN HUKUM HOOKE DAN ELASTISITAS**

telah disetujui dan dapat dijadikan dasar dalam melaksanakan  
penelitian untuk penulisan skripsi.

Disahkan oleh:

1. Pembimbing I : **Lutfiyah, M. SI.**  
NIP : 19790422 200710 2 001  
Tanggal : 16 Maret 2016  
Tanda tangan 
2. Pembimbing II : **Alwiyah Nurhayati, M. Si.**  
NIP : 19811211 201101 2 006  
Tanggal : 01 April 2016  
Tanda tangan : 

## Lampiran 3 : Surat Ijin Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Alamat : Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang

No. : B. 2218/ Un.10.8/ D.1/ TL.00/ 2016 Semarang, 16 Desember 2016  
Lamp. : -  
Hal : Mohon Izin Riset  
A.n : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017

Kepada Yth.:  
Kepala MA Darma Winong  
di Pati

***Assalamu'alaikum Wr. Wb.***

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa berikut ini:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Alamat : Desa Kudur, Rt:03/Rw:02, Kecamatan Winong, Kabupaten Pati  
Judul : **PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA KELAS XI MA BERCIRIKAN UNITY OF SCIENCES PADA MATERI KINEMATIKA GERAK, HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI, DAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE**

Pembimbing : 1. Lutfiyah, M.S.I.  
2. Alwiyah Nurhayati, M.Si.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data pendukung untuk bahan penulisan skripsi yang sedang disusunnya, dan oleh karena itu kami mohon diberi ijin riset selama 5 hari, pada tanggal 19 Desember 2016 sampai dengan tanggal 23 Desember 2016.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terimakasih.

***Wassalamu'alaikum Wr. Wb.***

A.n. Dekan



Wakil Dekan Bidang Akademik,

Tembusan:  
Dosen Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang



**KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Alamat : Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang

No. : B. 2218/ Un.10.8/ D.1/ TL.00/ 2016

Semarang, 16 Desember 2016

Lamp. : -

Hal : Mohon Izin Riset

A.n : Husnul Hidayah

NIM : 123611017

Kepada Yth.:

Kepala MAN 2 Semarang  
di Semarang

***Assalamu'alaikum Wr. Wb.***

Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa berikut ini:

Nama : Husnul Hidayah

NIM : 123611017

Alamat : Desa Kudur, Rt:03/Rw:02, Kecamatan Winong, Kabupaten Pati

Judul : **PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA KELAS XI MA  
BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES* PADA MATERI KINEMATIKA  
GERAK, HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI, DAN  
ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE**

Pembimbing : 1. Lutfiyah, M.S.I.

2. Alwiyah Nurhayati, M.Si.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data pendukung untuk bahan penulisan skripsi yang sedang disusunnya, dan oleh karena itu kami mohon diberi ijin riset selama 5 hari, pada tanggal 19 Desember 2016 sampai dengan tanggal 23 Desember 2016.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terimakasih.

***Wassalamu'alaikum Wr. Wb.***



A.n. Dekan

Dekan Bidang Akademik,

Tembusan:

Dosen Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang



## Lampiran 4 : Surat Keterangan Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**  
**KANTOR KEMENTERIAN AGAMA KOTA SEMARANG**  
MADRASAH ALIYAH NEGERI 2  
Jl. Bangetayu Raya Genuk Semarang  
Telepon (024) 6595440 Faximili (024) 6595440  
e-mail : man2smrg@gmail.com Website : www.man2smg.sch.id

### SURAT KETERANGAN

Nomor : B6 /Ma.11.61/TL.00/1 /2017

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Drs. H. Taufik, MPd  
NIP : 196606011994031002  
Jabatan : Kepala Madrasah

Menerangkan bahwa :

Nama : HUSNUL HIDAYAH  
NIM : 123611017  
Fakultas : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang

Yang bersangkutan benar- benar telah melakukan riset di MAN 2 Semarang dengan judul “ **PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA KELAS XI MA BERCIRIKAN UNITY OF SCIENCES PADA MATERI KINEMATIKA GERAK, HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI, DAN ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE**”

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 4 Januari 2017





**YAYASAN DARUL MA'LA  
MADRASAH ALIYAH PPKP DARUL MA'LA  
KEC. WINONG KAB. PATI  
Jl. Winong Pucakwangi Km. 1 Telp 02954101163 KP 59181  
Email : mappkpdarma@gmail.com**

**SURAT KETERANGAN**

Nomor : MA.DM/PP.01.1/010/2017

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dra. Hj. Sri Hidayati, M.Pd  
N I P : 19620204 1992 03 2 002  
Jabatan : Kepala MA PPKP Darul Ma'la

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa :

Nama : HUSNUL HIDAYAH  
NIM : 123611017  
Alamat : Ds. Kudur RT 03 RW 02, Kec. Winong, Kab. Pati  
Judul skripsi : PENGEMBANGAN BUKU AJAR FISIKA KELAS XI MA  
BERCIRIKAN UNITY OF SCIENCES PADA MATERI KINEMATIKA  
GERAK, HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI, DAN  
ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE.

Keterangan : Yang bersangkutan diatas benar-benar telah melakukan  
penelitian pada lembaga kami MA PPKP Darul Ma'la Winong  
Pati mulai tanggal 19 s.d 23 Desember 2016.

Demikian surat keterangan ini kami buat agar dapat digunakan sebagaimana  
mestinya.

Winong, 4 Januari 2017

Kepala Madrasah



Dra. Hj. Sri Hidayati, M.Pd

NIP 19620204 199203 2 002

## **Lampiran 5 : Daftar Nama Penilai**

### **Daftar Nama Ahli Materi**

Muhammad Ardhi Khalif, M.Sc.

Arsini, M.Sc.

### **Daftar Nama Ahli Media**

Agus Sudarmanto, M.Si.

Beaunik Niski Kamila, M.Sc.

### **Daftar Nama Guru Fisika**

Fandi Ahmad, S.Si.M.Pd

Sunardi, S.Pd

## Lampiran 6 : Validasi Instrumen

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lutfiyah, M.S.I.  
NIP : 19790422 200710 2 001  
Instansi : Jurusan Pendidikan Agama Islam, FITK, UIN Walisongo  
Bidang Keahlian :

Menyatakan bahwa saya telah memberikan penilaian pada “angket untuk ahli materi”, “angket untuk ahli media”, “angket untuk guru Fisika MA” yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Angket tersebut dapat digunakan sebagai instrumen penelitian dengan judul “Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Bercirikan *Unity of Sciences* pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke” setelah disempurnakan sesuai dengan masukan yang saya berikan.

Semarang, 15 Desember 2016

Validator



**Lutfiyah, M.S.I.**  
NIP. 19790422 200710 2 001

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alwiyah Nurhayati, M. Si.  
NIP : 19811211 201101 2 006  
Instansi : Jurusan Fisika, FST, UIN Walisongo  
Bidang Keahlian :

Menyatakan bahwa saya telah memberikan penilaian pada “angket untuk ahli materi”, “angket untuk ahli media”, “angket untuk guru Fisika MA” yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Angket tersebut dapat digunakan sebagai instrumen penelitian dengan judul “Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Ber cirikan *Unity of Sciences* pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke” setelah disempurnakan sesuai dengan masukan yang saya berikan.

Semarang, 15 Desember 2016

Validator



**Alwiyah Nurhayati, M.Si.**  
NIP. 19811211 201101 2 006

## Lampiran 7 : Kisi-kisi Instrumen Penilaian

### KISI-KISI INSTRUMEN PENILAIAN KUALITAS BUKU AJAR FISIKA (KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI NEWTON, ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE)

UNTUK SISWA MA KELAS XI BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES*

#### 1. Ahli Materi dan Guru Fisika

No	Aspek Penilaian	Kriteria	Jumlah
1	Kelayakan Isi	1,2,3,4,5,6,7	7
2	Kebahasan	8,9,10	3
3	Penyajian	11,12 13	3
4	Kegrafisan	14,15,16,17	4

#### 2. Ahli Media

No	Aspek Penilaian	Kriteria	Jumlah
1	Kebahasan	1,2,3	3
2	Penyajian	4,5,6	3
3	Kegrafisan	7,8,9,10	4

**INSTRUMEN PENILAIAN KUALITAS BUKU AJAR FISIKA  
(KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI NEWTON, ELASTISITAS  
DAN HUKUM HOOKE)  
UNTUK SISWA MA KELAS XI BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES***

**1. Penilai Ahli Materi dan Guru Fisika**

- a. Komponen kelayakan isi, antara lain:
  - 1) Kesesuaian dengan SK, KD, dan tujuan
  - 2) Kesesuaian dengan kemampuan berpikir siswa
  - 3) Kebenaran substansi materi pembelajaran
  - 4) Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
  - 5) Penggunaan contoh berkarakter keilmuan lain
  - 6) Kesesuaian dengan nilai-nilai keilmuan lain
  - 7) Manfaat untuk menambah wawasan
- b. Komponen kebahasaan, antara lain:
  - 8) Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)
  - 9) Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien
  - 10) Penggunaan bahasa yang mudah dipahami
- c. Komponen Penyajian, antara lain:
  - 11) Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
  - 12) Gambar memadai dan sesuai dengan materi
  - 13) Kelengkapan informasi
- d. Komponen kegrafisan, antara lain:
  - 14) Kejelasan tulisan dan gambar
  - 15) Sampul buku yang menarik
  - 16) Kertas yang digunakan
  - 17) Ilustrasi atau gambar

**2. Penilai Ahli Media**

- a. Komponen kebahasaan, antara lain:
  - 1) Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)
  - 2) Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien
  - 3) Penggunaan bahasa yang mudah dipahami
- b. Komponen Penyajian, antara lain:
  - 4) Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
  - 5) Gambar memadai dan sesuai dengan materi
  - 6) Kelengkapan informasi
- c. Komponen kegrafisan, antara lain:
  - 7) Kejelasan tulisan dan gambar
  - 8) Sampul buku yang menarik
  - 9) Kertas yang digunakan
  - 10) Ilustrasi atau gambar

Sumber:

- \* Panduan Pengembangan Bahan Ajar Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas tahun 2008
- \* Standar Penilaian Buku Teks Pelajaran oleh BSNP.



**RUBRIK**  
**INSTRUMEN PENILAIAN KUALITAS BUKU AJAR FISIKA**  
**(KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI NEWTON, ELASTISITAS**  
**DAN HUKUM HOOKE)**  
**UNTUK SISWA MA KELAS XI BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES***  
**UNTUK AHLI MATERI**

<b>Indikator</b>	<b>Indikator Penilaian</b>	
1. Kesesuaian dengan SK, KD, indikator, dan tujuan	4	Jika semua materi sesuai dengan SK, KD, Indikator dan tujuan
	3	Jika 75% materi sesuai dengan SK, KD, Indikator, dan tujuan
	2	Jika 50% materi sesuai dengan SK, KD, Indikator dan tujuan
	1	Jika semua materi tidak sesuai dengan SK, KD, Indikator dan tujuan
2. Kesesuaian dengan kemampuan berfikir siswa	4	Jika isi materi sesuai dengan kemampuan berfikir siswa dan terdapat pengembangan
	3	Jika isi materi sesuai dengan kemampuan berfikir siswa tetapi tidak terdapat pengembangan
	2	Jika isi materi tidak sesuai dengan kemampuan berfikir siswa tetapi terdapat pengembangan
	1	Jika isi materi tidak sesuai dengan kemampuan berfikir siswa tetapi terdapat pengembangan
3. Kebenaran substansi materi pembelajaran	4	Jika materi yang disajikan sesuai dengan konsep
	3	Jika 75% materi yang disajikan sesuai dengan konsep
	2	Jika 50% materi yang disajikan sesuai dengan konsep
	1	Jika materi yang disajikan tidak sesuai dengan konsep
4. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi	4	Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
	3	Apersepsi sebagian besar dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
	2	Apersepsi sebagian kecil dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
	1	Apersepsi tidak dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
5. Penggunaan contoh peristiwa keilmuan lain	4	Jika semua contoh menggunakan peristiwa keilmuan lain
	3	Jika sebagian besar contoh menggunakan peristiwa keilmuan lain
	2	Jika ebagian kecil contoh menggunakan peristiwa keilmuan lain
	1	Jika semua contoh tidak menggunakan peristiwa keilmuan lain
6. kesesuaian dengan nilai-nilai keilmuan lain	4	Jika semua materi sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain
	3	Jika 75% materi sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain

	2	Jika 50% materi sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain
	1	Jika semua materi tidak sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain
7. Manfaat untuk menambah wawasan siswa	4	Jika semua materi dapat menambah wawasan siswa
	3	Jika 75% materi dapat menambah wawasan siswa
	2	Jika 50% materi dapat menambah wawasan siswa
	1	Jika semua materi tidak dapat menambah wawasan siswa
8. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)	4	Jika bahasa yang digunakan sesuai dengan EYD
	3	Jika bahasa yang digunakan 75% sesuai dengan EYD
	2	Jika bahasa yang digunakan 50% sesuai dengan EYD
	1	Jika bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan EYD
9. Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien	4	Jika bahasa yang digunakan efektif dan efisien
	3	Jika bahasa yang digunakan efektif dan kurang efisien
	2	Jika bahasa yang digunakan kurang efektif dan tidak efisien
	1	bahasa yang digunakan tidak efektif dan tidak efisien
10. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	4	Jika kalimat jelas, singkat, dan mudah dipahami
	3	Jika kalimat jelas, panjang, dan mudah dipahami
	2	Jika kalimat jelas, panjang, dan sulit dipahami
	1	Jika kalimat kurang jelas, panjang, dan sulit dipahami
11. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami	4	Jika gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	3	Jika gambaran isi bahan ajar 75% isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	2	Jika gambaran isi bahan ajar 50% isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	1	Jika gambaran isi bahan ajar dan peta konsep sulit dipahami
12. Gambar memadai dan sesuai dengan materi	4	Jika gambar memadai dan sesuai dengan materi
	3	Jika gambar memadai tetapi kurang sesuai dengan materi
	2	Jika gambar kurang memadai dan tidak sesuai dengan materi
	1	Jika gambar tidak memadai dan tidak sesuai dengan materi
13. Kelengkapan informasi	4	Jika semua materi terdapat informasi
	3	Jika sebagian besar materi terdapat informasi
	2	Jika sebagian kecil materi terdapat informasi
	1	Jika semua materi tidak terdapat informasi
14. Kejelasan tulisan dan gambar	4	Jika tulisan yang digunakan jelas dan gambar yang dilihat jelas
	3	Jika tulisan yang digunakan jelas tetapi gambar yang dilihat kurang jelas
	2	Jika tulisan yang digunakan kurang jelas dan gambar yang dilihat tidak jelas
	1	Jika tulisan yang digunakan tidak jelas dan gambar yang dilihat tidak jelas

15. Sampul buku yang menarik	4	Jika sampul buku menarik dan sesuai dengan konteks
	3	Jika sampul buku menarik tetapi kurang sesuai dengan konteks
	2	Jika sampul buku kurang menarik dan tidak sesuai dengan konteks
	1	Jika sampul buku tidak menarik dan tidak sesuai dengan konteks
16. Kualitas kertas yang digunakan	4	Kertas yang digunakan sangat berkualitas
	3	Kertas yang digunakan berkualitas
	2	Kertas yang digunakan kurang berkualitas
	1	Kertas yang digunakan tidak berkualitas
17. Ilustrasi atau gambar	4	Ilustrasi atau gambar sangat sesuai dengan penempatannya
	3	Ilustrasi atau gambar sesuai dengan penempatannya
	2	Ilustrasi atau gambar kurang sesuai dengan penempatannya
	1	Ilustrasi atau gambar sesuai tidak dengan penempatannya

**RUBRIK**  
**INSTRUMEN PENILAIAN KUALITAS BUKU AJAR FISIKA**  
**(KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI NEWTON, ELASTISITAS**  
**DAN HUKUM HOOKE)**  
**UNTUK SISWA MA KELAS XI BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES***  
**UNTUK AHLI MEDIA**

<b>Indikator</b>	<b>Indikator Penilaian</b>	
1. Kesesuaian dengan kaidah bahasa indonesia yang baik dan benar (EYD)	4	Jika bahasa yang digunakan sesuai dengan EYD
	3	Jika bahasa yang digunakan 75% sesuai dengan EYD
	2	Jika bahasa yang digunakan 50% sesuai dengan EYD
	1	Jika bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan EYD
2. Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien	4	Jika bahasa yang digunakan efektif dan efisien
	3	Jika bahasa yang digunakan efektif dan kurang efisien
	2	Jika bahasa yang digunakan kurang efektif dan tidak efisien
	1	bahasa yang digunakan tidak efektif dan tidak efisien
3. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	4	Jika kalimat jelas, singkat, dan mudah dipahami
	3	Jika kalimat jelas, panjang, dan mudah dipahami
	2	Jika kalimat jelas, panjang, dan sulit dipahami
	1	Jika kalimat kurang jelas, panjang, dan sulit dipahami
4. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami	4	Jika gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	3	Jika gambaran isi bahan ajar 75% gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	2	Jika gambaran isi bahan ajar 50% gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	1	Jika gambaran isi bahan ajar dan peta konsep sulit dipahami
5. Gambar memadai dan sesuai dengan materi	4	Jika gambar memadai dan sesuai dengan materi
	3	Jika gambar memadai tetapi kurang sesuai dengan materi
	2	Jika gambar kurang memadai dan tidak sesuai dengan materi
	1	Jika gambar tidak memadai dan tidak sesuai dengan materi
6. Kelengkapan informasi	4	Jika semua materi terdapat informasi
	3	Jika sebagian besar materi terdapat informasi
	2	Jika sebagian kecil materi terdapat informasi
	1	Jika semua materi tidak terdapat informasi
7. Kejelasan tulisan dan gambar	4	Jika tulisan yang digunakan jelas dan gambar yang dilihat jelas
	3	Jika tulisan yang digunakan jelas tetapi gambar yang dilihat kurang jelas
	2	Jika tulisan yang digunakan kurang jelas dan gambar yang dilihat tidak jelas
	1	Jika tulisan yang digunakan tidak jelas dan gambar yang dilihat tidak jelas

8. Sampul buku yang menarik	4	Jika sampul buku menarik dan sesuai dengan konteks
	3	Jika sampul buku menarik tetapi kurang sesuai dengan konteks
	2	Jika sampul buku kurang menarik dan tidak sesuai dengan konteks
	1	Jika sampul buku tidak menarik dan tidak sesuai dengan konteks
9. Kualitas kertas yang digunakan	4	Kertas yang digunakan sangat berkualitas
	3	Kertas yang digunakan berkualitas
	2	Kertas yang digunakan kurang berkualitas
	1	Kertas yang digunakan tidak berkualitas
10. Ilustrasi atau gambar	4	Ilustrasi atau gambar sangat sesuai dengan penempatannya
	3	Ilustrasi atau gambar sesuai dengan penempatannya
	2	Ilustrasi atau gambar kurang sesuai dengan penempatannya
	1	Ilustrasi atau gambar sesuai tidak dengan penempatannya

**RUBRIK**  
**INSTRUMEN PENILAIAN KUALITAS BUKU AJAR FISIKA**  
**(KINEMATIKA GERAK, HUKUM GRAVITASI NEWTON, ELASTISITAS**  
**DAN HUKUM HOOKE)**  
**UNTUK SISWA MA KELAS XI BERCIRIKAN *UNITY OF SCIENCES***  
**UNTUK GURU FISIKA**

<b>Indikator</b>	<b>Indikator Penilaian</b>	
1. Kesesuaian dengan SK, KD, indikator, dan tujuan	4	Jika semua materi sesuai dengan SK, KD, Indikator dan tujuan
	3	Jika 75% materi sesuai dengan SK, KD, Indikator, dan tujuan
	2	Jika 50% materi sesuai dengan SK, KD, Indikator dan tujuan
	1	Jika semua materi tidak sesuai dengan SK, KD, Indikator dan tujuan
2. Kesesuaian dengan kemampuan berfikir siswa	4	Jika isi materi sesuai dengan kemampuan berfikir siswa dan terdapat pengembangan
	3	Jika isi materi sesuai dengan kemampuan berfikir siswa tetapi tidak terdapat pengembangan
	2	Jika isi materi tidak sesuai dengan kemampuan berfikir siswa tetapi terdapat pengembangan
	1	Jika isi materi tidak sesuai dengan kemampuan berfikir siswa tetapi terdapat pengembangan
3. Kebenaran substansi materi pembelajaran	4	Jika materi yang disajikan sesuai dengan konsep
	3	Jika 75% materi yang disajikan sesuai dengan konsep
	2	Jika 50% materi yang disajikan sesuai dengan konsep
	1	Jika materi yang disajikan tidak sesuai dengan konsep
4. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi	4	Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
	3	Apersepsi sebagian besar dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
	2	Apersepsi sebagian kecil dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
	1	Apersepsi tidak dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi
5. Penggunaan contoh peristiwa keilmuan lain	4	Jika semua contoh menggunakan peristiwa keilmuan lain
	3	Jika sebagian besar contoh menggunakan peristiwa keilmuan lain
	2	Jika ebagian kecil contoh menggunakan peristiwa keilmuan lain
	1	Jika semua contoh tidak menggunakan peristiwa keilmuan lain
6. kesesuaian dengan nilai-nilai keilmuan lain	4	Jika semua materi sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain
	3	Jika 75% materi sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain

	2	Jika 50% materi sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain
	1	Jika semua materi tidak sesuai dengan nilai-nilai keilmuan lain
7. Manfaat untuk menambah wawasan siswa	4	Jika semua materi dapat menambah wawasan siswa
	3	Jika 75% materi dapat menambah wawasan siswa
	2	Jika 50% materi dapat menambah wawasan siswa
	1	Jika semua materi tidak dapat menambah wawasan siswa
8. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)	4	Jika bahasa yang digunakan sesuai dengan EYD
	3	Jika bahasa yang digunakan 75% sesuai dengan EYD
	2	Jika bahasa yang digunakan 50% sesuai dengan EYD
	1	Jika bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan EYD
9. Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien	4	Jika bahasa yang digunakan efektif dan efisien
	3	Jika bahasa yang digunakan efektif dan kurang efisien
	2	Jika bahasa yang digunakan kurang efektif dan tidak efisien
	1	bahasa yang digunakan tidak efektif dan tidak efisien
10. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	4	Jika kalimat jelas, singkat, dan mudah dipahami
	3	Jika kalimat jelas, panjang, dan mudah dipahami
	2	Jika kalimat jelas, panjang, dan sulit dipahami
	1	Jika kalimat kurang jelas, panjang, dan sulit dipahami
11. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami	4	Jika gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	3	Jika gambaran isi bahan ajar 75% isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	2	Jika gambaran isi bahan ajar 50% isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami
	1	Jika gambaran isi bahan ajar dan peta konsep sulit dipahami
12. Gambar memadai dan sesuai dengan materi	4	Jika gambar memadai dan sesuai dengan materi
	3	Jika gambar memadai tetapi kurang sesuai dengan materi
	2	Jika gambar kurang memadai dan tidak sesuai dengan materi
	1	Jika gambar tidak memadai dan tidak sesuai dengan materi
13. Kelengkapan informasi	4	Jika semua materi terdapat informasi
	3	Jika sebagian besar materi terdapat informasi
	2	Jika sebagian kecil materi terdapat informasi
	1	Jika semua materi tidak terdapat informasi
14. Kejelasan tulisan dan gambar	4	Jika tulisan yang digunakan jelas dan gambar yang dilihat jelas
	3	Jika tulisan yang digunakan jelas tetapi gambar yang dilihat kurang jelas
	2	Jika tulisan yang digunakan kurang jelas dan gambar yang dilihat tidak jelas
	1	Jika tulisan yang digunakan tidak jelas dan gambar yang dilihat tidak jelas

15. Sampul buku yang menarik	4	Jika sampul buku menarik dan sesuai dengan konteks
	3	Jika sampul buku menarik tetapi kurang sesuai dengan konteks
	2	Jika sampul buku kurang menarik dan tidak sesuai dengan konteks
	1	Jika sampul buku tidak menarik dan tidak sesuai dengan konteks
16. Kualitas kertas yang digunakan	4	Kertas yang digunakan sangat berkualitas
	3	Kertas yang digunakan berkualitas
	2	Kertas yang digunakan kurang berkualitas
	1	Kertas yang digunakan tidak berkualitas
17. Ilustrasi atau gambar	4	Ilustrasi atau gambar sangat sesuai dengan penempatannya
	3	Ilustrasi atau gambar sesuai dengan penempatannya
	2	Ilustrasi atau gambar kurang sesuai dengan penempatannya
	1	Ilustrasi atau gambar sesuai tidak dengan penempatannya



## Lampiran 8 : Data Penilaian Ahli Materi

### Lembar Instrumen Penilaian Ahli Materi Bahan Ajar Bercirikan *Unity of Sciences* Kelas XI MA Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke

Nama : M. Ardhi Khalif, M. Sc.  
NIP : 19821009 201101 1 010  
Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo  
Tanggal : 23-12-2016

#### Petunjuk pengisian

- Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
- Pengisian dilakukan pada tiap-tiap kolom. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, tulislah kritik dan saran Bapak/Ibu pada lembar kritik dan saran yang telah disediakan.

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai			
			4	3	2	1
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, Indikator dan Tujuan		✓		
		2. Kesesuaian dengan kemampuan berpikir siswa	✓			
		3. Kebenaran substansi materi pembelajaran		✓		
		4. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi		✓		
		5. Penggunaan contoh peristiwa keilmuan lain		✓		
		6. Kesesuaian dengan nilai-nilai keilmuan lain		✓		
		7. Manfaat untuk menambah wawasan	✓			
2	Kebahasaan	8. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)	✓			
		9. Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien	✓			
		10. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	✓			
3	Penyajian	11. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep yang mudah dipahami		✓		
		12. Gambar memadai dan sesuai dengan materi		✓		
		13. Kelengkapan informasi		✓		
4	Kegrafisan	14. Kejelasan tulisan dan gambar		✓		
		15. Sampul buku yang menarik	✓			
		16. Kertas yang digunakan	✓			
		17. Ilustrasi atau gambar		✓		

**Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Bercirikan *Unity of Sciences***

- Penulisan rumus harus di tengahnya <sup>2</sup> biDang teles.  
 - Penggunaan velokitas harus konsisten (hal 16, dst)  
 - Gambar a. hal 34 (model atom Bohr) tidak lengkap & janggal.

Mohon Bapak/Ibu memberi tanda centang (√)

Rentang penilaian	Kategori	Kelayakan	
55,25 < skor ≤ 68	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi	✓
42,50 < skor ≤ 55,25	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit-revisi	
29,75 < skor ≤ 42,50	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi	
17 ≤ skor ≤ 29,75	Sangat kurang	Belum dapat digunakan	

Semarang, 23-12-2016

Penilai,



(M. Ardhi Khalif, M.Sc.)

NIP. 19821009 201101 1 010

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Ardhi Khalif, M.Sc.  
NIP : 19821009 201101 1 010  
Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Bercirikan Unity of Sciences pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke*" yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Harapan saya, penilaian, kritik, dan saran yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan dalam memperoleh produk berupa buku fisika yang berkualitas.

Semarang, ..... 23-12-2016  
Penilai,



(M. Ardhi Khalif, M.Sc.)  
NIP. 19821009 201101 1 010

**Lembar Instrumen Penilaian Ahli Materi**  
**Bahan Ajar Bercirikan *Unity of Sciences* Kelas XI MA Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke**

Nama : Arsini, M. Sc.  
 NIP : 19840812 201101 2 011  
 Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo  
 Tanggal : 28 Desember 2016

**Petunjuk pengisian**

1. Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
2. Pengisian dilakukan pada tiap-tiap kolom. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, tulislah kritik dan saran Bapak/Ibu pada lembar kritik dan saran yang telah disediakan.

No	AspekPenilaian	Indikator	Nilai			
			4	3	2	1
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, Indikator dan Tujuan	✓			
		2. Kesesuaian dengan kemampuan berpikir siswa		✓		
		3. Kebenaran substansi materi pembelajaran		✓		
		4. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi		✓		
		5. Penggunaan contoh peristiwa keilmuan lain		✓		
		6. Kesesuaian dengannilai-nilai keilmuan lain			✓	
		7. Manfaat untuk menambah wawasan	✓			
2	Kebahasaan	8. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)		✓		
		9. Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien		✓		
		10. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami		✓		
3	Penyajian	11. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep yang mudah dipahami		✓		
		12. Gambar memadai dan sesuai dengan materi		✓		
		13. Kelengkapan informasi		✓		
4	Kegrafisan	14. Kejelasan tulisan dan gambar		✓		
		15. Sampul buku yang menarik	✓			
		16. Kertas yang digunakan		✓		
		17. Ilustrasi atau gambar		✓		

Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Bercirikan *Unity of Sciences*

- Diperbaiki kesalahan-kesalahan pengetikan per halaman lagi
- Penggunaan kertas disarankan lebih tebal lagi agar tulisan tidak tembus kebalikannya.
- Penggunaan bahasa disesuaikan dengan kaidah EKD
- Dalam penyajian persamaan matematika keteliti lagi penomorannya (jangan berulang-ulang) dan lebih baik ditulis dengan "equation" (ditetakkan & tengah & tercetak miring).
- ↳ Beberapa konsep masih sukar dipahami (bahasanya tidak konsisten) contoh: hukum tiga / hukum ketiga Kepler
- Belum konsisten penggunaan istilah "peneliti" atau penulis

Mohon Bapak/Ibu memberi tanda centang (√)

<b>Rentang penilaian</b>	<b>Kategori</b>	<b>Kelayakan</b>	
55,25 < skor ≤ 68	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi	
42,50 < skor ≤ 55,25	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi	✓
29,75 < skor ≤ 42,50	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi	
17 ≤ skor ≤ 29,75	Sangat kurang	Belum dapat digunakan	

Semarang, ...*28 Desember 2016*.....  
Penilai,



(Arsini, M. Sc.)  
NIP.19840812 201101 2 011

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arsini, M.Sc.  
NIP : 19840812 201101 2 011  
Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Bercirikan Unity of Sciences pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke*" yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Harapan saya, penilaian, kritik, dan saran yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan dalam memperoleh produk berupa buku fisika yang berkualitas.

Semarang, 28 Desember 2016  
Penilai,



(Arsini, M.Sc.)  
NIP. 19840812 201101 2 011

## Lampiran 9 : Data Penilaian Ahli Media

**Lembar Instrumen Penilaian Ahli Media**  
**Buku Ajar Bercirikan *Unity of Sciences* Kelas XI MA Materi Kinematika Gerak,**  
**Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke**

Nama : Agus Sudarmanto, M. Si.  
 NIP : 19770823 200912 1 001  
 Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo  
 Tanggal : 22-12-2016

**Petunjuk pengisian**

3. Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Pengisian dilakukan pada tiap-tiap kolom. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, tuliskan kritik dan saran Bapak/Ibu pada lembar kritik dan saran yang telah disediakan.

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai			
			4	3	2	1
1	Kebahasaan	11. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)		✓		
		12. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien	✓			
		13. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	✓			
2	Penyajian	14. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami	✓			
		15. Gambar memadai dan sesuai dengan materi	✓			
		16. Kelengkapan informasi		✓		
3	Kegrafisan	17. Kejelasan tulisan dan gambar		✓		
		18. Sampul buku yang menarik	✓			
		19. Kertas yang digunakan	✓			
		20. Ilustrasi atau gambar	✓			



Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Berisikan *Unity of Sciences*

1. ukuran huruf kecil
2. persamaan dirapikan
3. penomoran persamaan
4. beberapa gambar dirapikan
5. kunci jawaban per bab / lembar

Mohon Bapak/Ibu memberi tanda centang (✓)

Rentang penilaian	Kategori	Kelayakan	
32,50 > skor ≤ 40,00	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi	✓
25,00 > skor ≤ 32,50	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi	
17,50 > skor ≤ 25,00	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi	
10 ≥ skor ≤ 17,50	Sangat kurang	Belum dapat digunakan	

Semarang, 22-12-2016

Penilai,



(Agus Sudarmanto, M. Si.)

NIP. 19770823 200912 1 001

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agus Sudarmanto, M. Si.  
NIP : 19770823 200912 1 001  
Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Bercirikan Unity of Sciences pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke*" yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Harapan saya, penilaian, kritik, dan saran yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan dalam memperoleh produk berupa buku fisika yang berkualitas.

Semarang, 22.12.2016..

Penilai



(Agus Sudarmanto, M. Si.)  
NIP. 19770823 200912 1 001

**Lembar Instrumen Penilaian Ahli Media**  
**Buku Ajar Bercirikan *Unity of Sciences* Kelas XI MA Materi Kinematika Gerak,**  
**Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke**

Nama : Biaunik Niski Kamila, M. Sc.  
 NIP :  
 Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo  
 Tanggal : 21 - 12 - 2016

**Petunjuk pengisian**

1. Berilah tanda centang (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
2. Pengisian dilakukan pada tiap-tiap kolom. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, tulislah kritik dan saran Bapak/Ibu pada lembar kritik dan saran yang telah disediakan.

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai			
			4	3	2	1
1	Kebahasaan	1. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)		✓		
		2. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien		✓		
		3. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	✓			
2	Penyajian	4. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep mudah dipahami	✓			
		5. Gambar memadai dan sesuai dengan materi		✓		
		6. Kelengkapan informasi		✓		
3	Kegrafisan	7. Kejelasan tulisan dan gambar		✓		
		8. Sampul buku yang menarik		✓		
		9. Kertas yang digunakan		✓		
		10. Ilustrasi atau gambar		✓		

Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Bercirikan *Unity of Sciences*

~~Gambar 1.18 dan 1.19 yang berubah di atas~~ ~~pernyataan~~

Keterangan Gambar 1.18 (a)  $\Rightarrow$  dipelajari

Gambar 3.16  $\Rightarrow$  Ketsangan tidak sesuai gambar.

Gambar 3.6  $\Rightarrow$  Sumber ?

Mohon Bapak/Ibu memberi tanda centang ( $\checkmark$ )

Rentang penilaian	Kategori	Kelayakan	
32,50 > skor $\leq$ 40,00	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi	
25,00 > skor $\leq$ 32,50	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi	$\checkmark$
17,50 > skor $\leq$ 25,00	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi	
10 $\geq$ skor $\leq$ 17,50	Sangat kurang	Belum dapat digunakan	

Semarang, 21 - 12 - 2016  
Penilai,



(Biaunik Niski Kamila, M. Sc.)  
NIP.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Biaunik Niski Kamila, M. Sc.  
NIP :  
Instansi : Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Bercirikan Unity of Sciences pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke*" yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Harapan saya, penilaian, kritik, dan saran yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan dalam memperoleh produk berupa buku fisika yang berkualitas.

Semarang, 21 - 12 - 2016...

Penilai,



(Biaunik Niski Kamila, M. Sc.)

NIP.

## Lampiran 10 : Data Penilaian Guru Fisika

**Lembar Instrumen Penilaian Guru Fisika**  
**Bahan Ajar Bercirikan *Unity of Sciences* Kelas XI MA Materi Kinematika Gerak,  
 Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke**

Nama : Fandi Ahmad, S.Si, M.Pd.  
 NIP : -  
 Instansi : MA PAKP Darul Ma'la  
 Tanggal : 21 Desember 2016

**Petunjuk pengisian**

- Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
- Pengisian dilakukan pada tiap-tiap kolom. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, tuliskan kritik dan saran Bapak/Ibu pada lembar kritik dan saran yang telah disediakan.

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai			
			4	3	2	1
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, Indikator dan Tujuan		✓		
		2. Kesesuaian dengan kemampuan berpikir siswa		✓		
		3. Kebenaran substansi materi pembelajaran		✓		
		4. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi	✓			
		5. Penggunaan contoh peristiwa keilmuan lain	✓			
		6. Kesesuaian dengan nilai-nilai keilmuan lain	✓			
		7. Manfaat untuk menambah wawasan	✓			
2	Kebahasaan	8. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)		✓		
		9. Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien		✓		
		10. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami			✓	
3	Penyajian	11. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep yang mudah dipahami		✓		
		12. Gambar memadai dan sesuai dengan materi		✓		
		13. Kelengkapan informasi		✓		
4	Kegrafisan	14. Kejelasan tulisan dan gambar		✓		
		15. Sampul buku yang menarik		✓		
		16. Kertas yang digunakan		✓		
		17. Ilustrasi atau gambar		✓		

Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Bercirikan *Unity of Sciences*

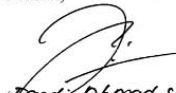
Buku ajar yg dibuat Prudis Bagus akan baik untuk digunakan dg revisi beberapa bagian.

Mohon Bapak/Ibu memberi tanda centang (√)

Rentang penilaian	Kategori	Kelayakan	
$55,25 < \text{skor} \leq 68$	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi	
$42,50 < \text{skor} \leq 55,25$	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi	✓
$29,75 < \text{skor} \leq 42,50$	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi	
$17 \leq \text{skor} \leq 29,75$	Sangat kurang	Belum dapat digunakan	

Semarang, 21 Desember 2016

Penilai,

  
(Fandi Ahmad S.Pi, M.Pd)  
NIP.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : *Fandi Ahmad, S.S., M.Pd*  
NIP : -  
Instansi : *MA PPPK Dulu Ma'ca*

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Bercirikan Unity of Sciences pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke*" yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Harapan saya, penilaian, kritik, dan saran yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan dalam memperoleh produk berupa buku fisika yang berkualitas.

Semarang, *21 Desember 2016*

Penilai,

  
*Fandi Ahmad S.S., M.Pd*  
NIP. -



**Lembar Instrumen Penilaian Guru Fisika**  
**Bahan Ajar Bercirikan *Unity of Sciences* Kelas XI MA Materi Kinematika Gerak,**  
**Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke**

Nama : SUSLARDI, S. Pd  
 NIP : 19720901 200501 1 003  
 Instansi : MAN 2 SEMARANG  
 Tanggal : 23 - 12 - 2016

**Petunjuk pengisian**

1. Berilah tanda centang (√) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
2. Pengisian dilakukan pada tiap-tiap kolom. Jika ada penilaian yang tidak sesuai atau terdapat kekurangan, tuliskan kritik dan saran Bapak/Ibu pada lembar kritik dan saran yang telah disediakan.

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai			
			4	3	2	1
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, Indikator dan Tujuan		√		
		2. Kesesuaian dengan kemampuan berpikir siswa		√		
		3. Kebenaran substansi materi pembelajaran		√		
		4. Apersepsi dapat memicu motivasi siswa untuk membaca materi	√			
		5. Penggunaan contoh peristiwa keilmuan lain		√		
		6. Kesesuaian dengan nilai-nilai keilmuan lain	√			
		7. Manfaat untuk menambah wawasan		√		
2	Kebahasaan	8. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)		√		
		9. Penggunaan bahasa yang efektif dan efisien		√		
		10. Penggunaan bahasa yang mudah dipahami	√			
3	Penyajian	11. Gambaran isi bahan ajar dan peta konsep yang mudah dipahami		√		
		12. Gambar memadai dan sesuai dengan materi	√			
		13. Kelengkapan informasi		√		
4	Kegrafisan	14. Kejelasan tulisan dan gambar		√		
		15. Sampul buku yang menarik	√			
		16. Kertas yang digunakan		√		
		17. Ilustrasi atau gambar	√			

Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Bercirikan *Unity of Sciences*

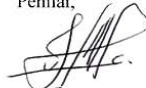
- Perbaiki peta konsep untuk gerak melingkar
- hal 10 & 1.6 → keterangan grafik kurang jelas
- hal 20 mungkin lebih baik & buat lembar percobaan siswa agar lebih aktif
- hal 42. Soal essay, belum menjawab indikator 1 & indikator 3 belum ada
- hal 45, peta konsep yg banyak & bahas materi Hk Gravitasi Newton, Keat Medan & Hk III Kepler.
- Soal KD → 8 → usaha penyelesaian/ kutipan

Mohon Bapak/Ibu memberi tanda centang (✓)

Rentang penilaian	Kategori	Kelayakan	
55,25 < skor ≤ 68	Sangat baik	Dapat digunakan tanpa revisi	✓
42,50 < skor ≤ 55,25	Baik	Dapat digunakan dengan sedikit revisi	
29,75 < skor ≤ 42,50	Kurang	Dapat digunakan dengan banyak revisi	
17 ≤ skor ≤ 29,75	Sangat kurang	Belum dapat digunakan	

Semarang, 23-12-2016

Penilai,



(Sunardi.....)

NIP. 197209012005011003

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sunardi, S.Pd  
NIP : 197209012005011003  
Instansi : MAN 2 Semarang

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "Pengembangan Buku Ajar Fisika MA Kelas XI Bercirikan Unity of Sciences pada Materi Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, dan Elastisitas dan Hukum Hooke" yang disusun oleh:

Nama : Husnul Hidayah  
NIM : 123611017  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Harapan saya, penilaian, kritik, dan saran yang saya berikan dapat digunakan untuk menyempurnakan dalam memperoleh produk berupa buku fisika yang berkualitas.

Semarang, 23-12-2016

Penilai,



(Sunardi, S.Pd)

NIP. 197209012005011003

## Lampiran 11 : Transkrip Hasil Wawancara

### TRANSKRIP HASIL WAWANCARA DENGAN SALAH SATU MAHASISWA UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Pewawancara : Husnul Hidayah (123611017)  
Narasumber : Selamat Fauzi, S.Pd.

#### Hasil Wawancara

Pewawancara : Hal apa yang mendasari anda melakukan penelitian dengan materi pengembangan buku ajar berbasis Integrasi Interkoneksi sebagai bahan pembelajaran Fisika SMA/MA kelas XI semester I?

Narasumber : Sebenarnya tidak ada alasan khusus untuk memilih materi tersebut. Akan tetapi berdasarkan observasi saya di MA yang belum mengetahui dan belum menggunakan keilmuan berparadigma Integrasi Interkoneksi antara konsep Al Qur'an dengan konsep Fisika selain itu juga ada salah satu guru Fisika MA yang sudah menggunakan buku keterkaitan Fisika dengan keislaman namun buku ajarnya masih sangat terbatas.

Pewawancara : Apa yang membedakan antara Integrasi dan Interkoneksi kaitannya dengan keilmuan yang berbasis Sains?

Narasumber : Menurut saya yang membedakan hanya batasan masalah yang dipelajari, Integrasi dan Interkoneksi memiliki cakupan materi yang lebih luas daripada keilmuan berbasis Sains.

Pewawancara : Bagaimana cara untuk memadukan antara Integrasi dengan Interkoneksi?

Narasumber : Kita dapat memadukan Integrasi dengan cara melalui pendekatan Interkoneksi, karena pendekatan Interkoneksi merupakan bagian dari Integrasi.

Pewawancara : Selama proses memadukan Integrasi dan Interkoneksi, apakah ada kesulitan yang dihadapi?

Narasumber : Jelas, pasti akan ada kesulitan yang dihadapi. Karena paradigm Integrasi dan Interkoneksi saat itu adalah yang pertama kali baru dikembangkan di Universitas Islam Negeri Yogyakarta. Selain itu, literatur yang terkait dengan hal tersebut juga sulit didapatkan.

Pewawancara : Bagaimana kiat-kiat membuat buku ajar Fisika dengan materi sedemikian rupa, yang berstandarkan Integrasi Interkoneksi?

Narasumber : a. Menentukan konsep Fisika yang akan dijadikan bahan buku tersebut.  
b. Mencari konsep Integrasi Interkoneksi yang berhubungan dengan materi yang ditentukan.  
c. Selanjutnya menghubungkan kedua konsep Integrasi dan Interkoneksi tersebut.  
d. Membuat desain buku ajar dan langkah selanjutnya sesuai skripsi saya.

Pewawancara : Dalam bidang apa yang lebih dikuatkan pembahasannya untuk buku ajar anda, sehingga menjadikan cirri khas buku tersebut?

Narasumber : Keunggulan buku saya terdapat konsep Integrasi dan Interkoneksi yang dipadukan dalam konsep Fisika terutama juga dalam bidang keagamaanya.

Pewawancara : Strategi apa yang anda gunakan agar buku ajar anda layak digunakan?

Narasumber : Tidak ada strategi khusus, akan tetapi pembuatan buku ajar saya lebih saya tekankan pada keilmuan Islam dan informasi yang mendukung pada bab tersebut. Selain itu juga desain buku saya tidak serta merta menyajikan hanya konsep Fisika dan rumus saja namun informasi lainnya agar pembaca tidak mudah bosan.

Pewawancara : Mengapa dalam judul skripsi anda menggunakan kata buku ajar?

Narasumber : Karena materinya lebih dari satu bab sehingga menggunakan kata buku ajar.

Kudus, 10 April 2016

Narasumber,



Selamet Fauzi, S. Pd.

## **Lampiran 12**

**Produk Akhir Buku Ajar Fisika**

Husnul Hidayah

# FISIKA

*Bercirikan Unity of Sciences*

Untuk Siswa MA Kelas XI Semester I

(Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke)



**WALISONGO**

Pendidikan Fisika  
UIN Walisongo Semarang



Dosen Pembimbing:

Lutfiyah, M.S.I.

Alwiyah Nurhayati, M.Si.

**KELAS**

**XI**

Semester I

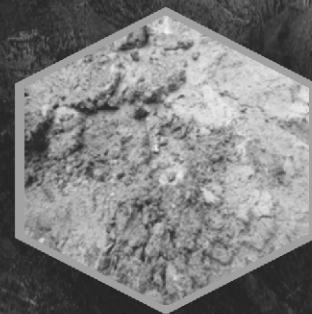
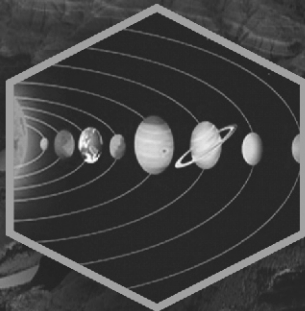
Husnul Hidayah

# FISIKA

*Bercirikan Unity of Sciences*

Untuk Siswa MA Kelas XI Semester I

( Kinematika Gerak, Hukum Gravitasi Newton, Elastisitas dan Hukum Hooke )



Dosen Pembimbing:

Lutfiyah, M.S.I.

Alwiyah Nurhayati, M.Si.

**KELAS**

**XI**

**Semester I**



# Ucapan Terimakasih

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur patut saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, taufik, hidayah dan inayahNya saya dapat menyelesaikan buku ajar Fisika kelas XI MA bercirikan *Unity of Sciences* ini dengan baik. Saya sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang turut membantu terealisasinya penyusunan buku ajar ini, terutama : keluarga, teman, pembimbing, dosen dan guru Fisika.

Terkhusus ucapan terimakasih saya sampaikan kepada Ibu Lutfiyah, M.S.I selaku pembimbing I dan Ibu Alwiyah Nurhayati, M.Si selaku pembimbing II yang dengan sabar dan mau memberikan masukan dan motivasinya agar buku ajar Fisika ini dapat terselesaikan. Masukan dan arahan dari Ibu sangat bermanfaat untuk menyempurnakan buku ajar Fisika ini.

Saya menyadari bahwa buku ajar Fisika ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran sangat perlu saya dapatkan untuk perbaikan hasil selanjutnya dan saya berharap semoga buku ajar ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi dunia akademis.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb*

Semarang, Desember 2016

Penulis

# Kata Pengantar

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Fisika merupakan cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang bertujuan mempelajari dan menganalisis gejala atau proses alam dan sifat zat serta penerapannya. Fisika tidak hanya berupa fakta, hukum, rumus, dan ilmu perhitungan belaka, namun Fisika juga merupakan ilmu yang mempelajari dan mengkaji tentang dunia, keilmuan lain, kehidupan dan dapat dikaitkan dengan Al Qur'an dan Al Hadits.

Penulis berusaha untuk membuat buku ajar Fisika yang tidak monoton, selain itu juga untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan bernalar, mengembangkan pengalaman, memupuk sikap ilmiah, dan membuat sikap positif terhadap ilmu tidak hanya ilmu Fisika namun ilmu lainnya.

Buku Ajar ini diharapkan mampu dijadikan salah satu strategi bagi penulis dan terkhusus UIN Walisongo Semarang untuk dapat mewujudkan tujuan UIN Walisongo. Adanya bercirikan *Unity of Sciences* karena UIN Walisongo memiliki paradigma *Unity of Sciences*. Paradigma ini tentu akan menjiwai keilmuan yang berkembang dan sekaligus memunculkan kekhasan dan karakteristik keilmuan yang berkembang di UIN Walisongo.

Demikian, semoga buku ajar Fisika ini dapat membantu siswa dalam memahami dan mengerti materi di dalamnya sehingga apa yang diharapkan dapat terwujud. Kritik dan saran yang sifatnya membangun dari para pembaca sangat penulis harapkan demi perbaikan buku ajar Fisika ini.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Semarang, Desember 2016

Penulis

# Petunjuk Penggunaan Buku Ajar

Buku ajar Fisika ini dilengkapi dengan berbagai macam informasi dan penguasaan. Untuk itu jangan melewatkan satu komponen pun dalam buku ajar Fisika ini. Berikut merupakan petunjuk-petunjuk yang terdapat dalam buku ajar Fisika ini.

- *Cover* Buku Ajar Fisika  
Berisi gambar dan penjelasannya. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran kepada kalian mengenai materi yang berkaitan dengan keilmuan lain di sekitar kita dengan berlandaskan Al Qur'an dan Al Hadits. Gambar yang diberikan merupakan contoh kehidupan nyata.
- Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar  
Merupakan standar pencapaian belajar yang harus kalian kuasai dan pahami dalam mempelajari suatu konsep (materi).
- Indikator  
Tujuan yang harus dicapai dalam mempelajari materi pokok dalam satu buku ajar Fisika.
- Peta Konsep  
Merupakan diagram alur penyajian materi atau konsep agar kalian dapat mengetahui alur belajar yang tepat.
- Kata Mutiara  
Merupakan kata motivasi untuk diresapi.
- Kata Kunci  
Merupakan daftar istilah atau kata yang perlu dipahami dalam suatu bahasan (materi).
- Aktivitas  
Merupakan kegiatan yang dapat dilakukan di laboratorium atau tempat lain untuk menguji kebenaran suatu konsep secara mandiri ataupun kelompok.
- Contoh Soal  
Berisi penyelesaian soal agar dapat diketahui contoh penggunaan suatu persamaan atau konsep untuk menyelesaikan persoalan.

- *Life Skill*  
Berisi tantangan agar dapat diselesaikan dengan mandiri maupun dengan kelompok yang berisi keterkaitannya dengan materi.
- Informasi  
Berisi informasi tentang keterkaitan Fisika dengan keilmuan lain.
- Berita Sains  
Merupakan sajian mengenai keterkaitan antara ilmu Fisika dan keilmuan lain yang berlandaskan Al Qur'an dan Al Hadits sehingga bisa mengetahui dan mengerti ilmu Fisika dan keterkaitannya dengan ilmu lain yang semuanya berlandaskan Al Qur'an dan Al Hadits.
- Rangkuman  
Berisi ringkasan materi dalam suatu buku ajar agar dapat dipahami garis besar materi yang kalian pelajari.
- Glosarium  
Merupakan pengertian dari istilah-istilah penting yang terdapat dalam materi tersebut.
- Evaluasi  
Merupakan bentuk evaluasi berupa soal pilihan ganda dan esai yang diberikan di setiap akhir materi buku ajar Fisika untuk mengukur pemahaman dalam mempelajari materi pokok.
- Kunci Jawaban  
Sebagai sarana untuk mengetahui ketepatan jawaban dari soal evaluasi.
- Daftar Pustaka  
Merupakan daftar rujukan atau referensi yang digunakan dalam penulisan buku ajar Fisika ini.

# Daftar Isi

Halaman Judul	i	
Ucapan Terimakasih	ii	
Kata Pengantar	iii	
Petunjuk Penggunaan Buku Ajar Fisika	iv	
Daftar Isi	vi	
Standar Isi	vii	
Bab I	Kinematika Gerak	
	A. Vektor Posisi, Kecepatan, dan Percepatan	5
	B. Gerak Lurus	15
	C. Gerak Pada Bidang	20
	D. Gerak Melingkar	27
	Rangkuman	37
	Evaluasi Bab I	40
Bab II	Hukum Gravitasi Newton	
	A. Gravitasi	46
	B. Hukum Kepler	55
	C. Energi Potensial Gravitasi	59
	D. Gerak Satelit	62
	Rangkuman	68
	Evaluasi Bab II	70
Bab III	Elastisitas dan Hukum Hooke	
	A. Elastisitas	77
	B. Hukum Hooke	86
	C. Tetapan pegas	87
	D. Gerak Harmonik Sederhana	94
	Rangkuman	108
	Evaluasi Bab III	111
Kunci Jawaban	113	
Daftar Pustaka	117	
Glosarium	118	

# Standar Isi

## STANDAR KOMPETENSI

3. Menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan mekanika benda titik.

## KOMPETENSI DASAR

- 3.1 Menganalisis gerak lurus, gerak melingkar dan gerak parabola dengan menggunakan vektor.
- 3.2 Menganalisis keteraturan gerak planet dalam tata surya berdasarkan hukum-hukum Newton.
- 3.3 Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan.
- 3.4 Menganalisis hubungan antara gaya dengan gerak getaran.

## INDIKATOR

1. Menganalisis besaran perpindahan, kecepatan dan percepatan pada perpaduan gerak lurus dengan menggunakan vektor.
2. Menganalisis besaran kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar dengan menggunakan vektor.
3. Menganalisis besaran perpindahan dan kecepatan pada gerak parabola dengan menggunakan vektor.
4. Menganalisis hubungan antara gaya gravitasi dengan massa benda dan jaraknya.
5. Menghitung resultan gaya gravitasi pada benda titik dalam suatu sistem.
6. Membandingkan percepatan gravitasi dan kuat medan gravitasi pada kedudukan yang berbeda.
7. Menganalisis gerak planet dalam tata surya berdasarkan hukum Kepler.
8. Mendeskripsikan karakteristik gaya pada benda elatis berdasarkan data percobaan (grafik).
9. Mengidentifikasi modulus elastisitas dan konstanta gaya.
10. Membandingkan tetapan gaya berdasarkan data pengamatan.
11. Menganalisis susunan pegas seri dan paralel.
12. Mendeskripsikan karakteristik gerak pada getaran pegas.
13. Menjelaskan hubungan antara periode getaran dengan massa beban berdasarkan data pengamatan.
14. Menganalisis gaya simpangan, kecepatan, dan percepatan pada gerak getaran.

# 1

## KINEMATIKA GERAK



Sumber : [blogpenemu.com](http://blogpenemu.com)



Sumber : [newsmetrotv.news.com](http://newsmetrotv.news.com)



Sumber : Dokumen Pribadi

"Dalam setiap generasi dan setiap bangsa, terdapat beberapa golongan yang memiliki keinginan untuk mempelajari cara alam bekerja. Seandainya mereka tidak ada, maka bangsa-bangsa pun akan binasa".

*Al Jahiz, Kitab Al Hayaawan/The Book of Animals. (Ahli Biologi, zoologi, bahasa Arab, dll)*

### **Standar Kompetensi :**

3. Menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan mekanika benda titik.

### **Kompetensi Dasar :**

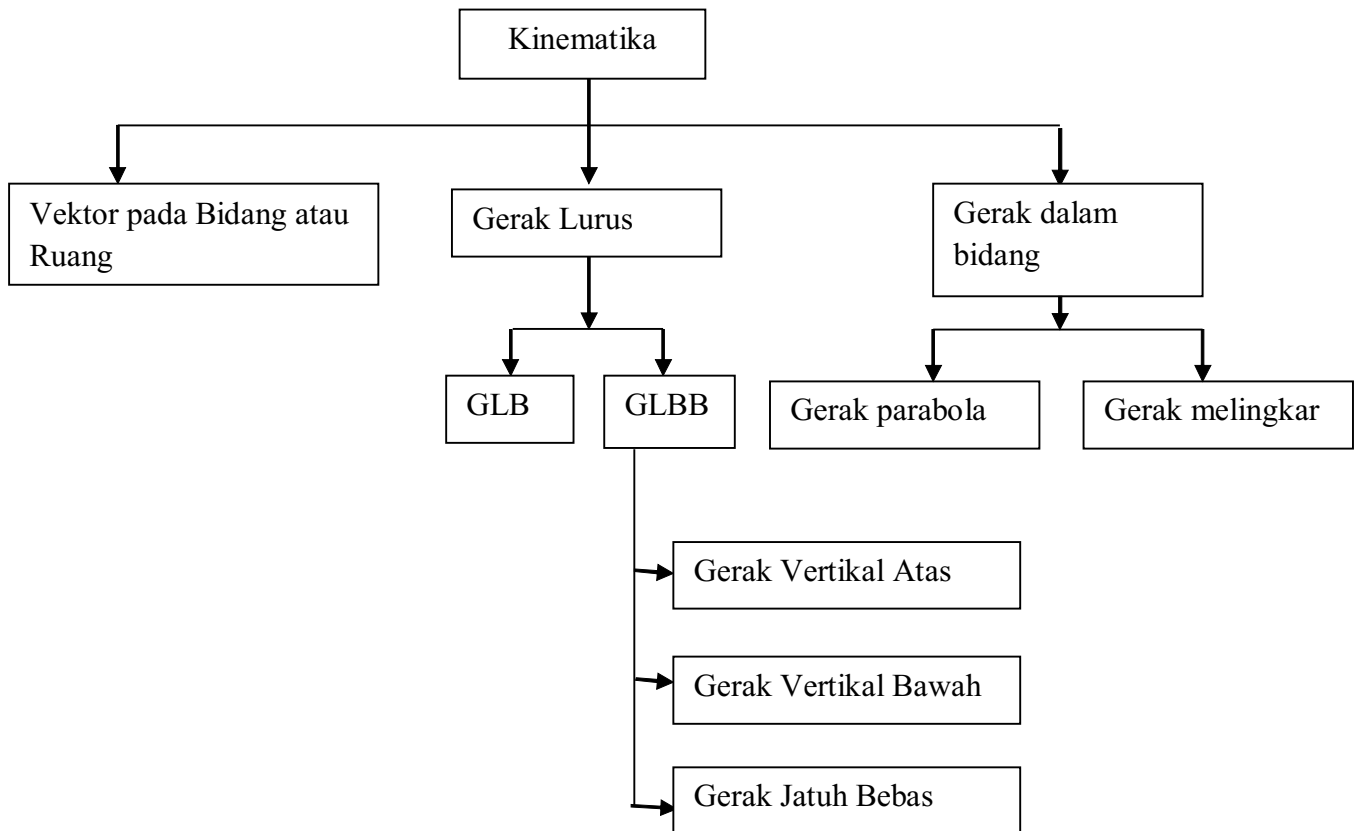
- 3.1 Menganalisis gerak lurus, gerak melingkar dan gerak parabola dengan menggunakan vektor.

### **Indikator :**

1. Menganalisis besaran perpindahan, kecepatan dan percepatan pada perpaduan gerak lurus dengan menggunakan vektor.
2. Menganalisis besaran kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar dengan menggunakan vektor.
3. Menganalisis besaran perpindahan dan kecepatan pada gerak parabola dengan menggunakan vector.



# PETA KONSEP



## KATA KUNCI

Vektor, Kecepatan, Kelajuan, Percepatan, Gerak

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Salah satu cabang ilmu dalam Fisika yang mempelajari tentang gerak adalah kinematika. Pada cabang ilmu ini akan mempelajari gerakan benda, apakah gerakannya lurus, melingkar, atau mungkin membentuk lintasan yang lain seperti parabola. Selain itu juga akan mempelajari perubahan gerak benda. Perubahan gerakan benda menunjukkan adanya percepatan. Bagaimanakah percepatan yang dialami oleh sebuah bola yang melayang karena ditendang oleh seorang pemain sepak bola? Bagaimana juga sebuah kelapa yang jatuh dari atas pohonnya, samakah kecepatannya?



Sumber: Ayobuka.com

**Gambar 1.1** Pesawat yang terbang di permukaan bumi.

Bagaimana gerakan pesawat yang terbang di permukaan bumi? Apakah bergerak lurus, ataukah bergerak melingkar beraturan? Seperti apakah gerak melingkar?

Untuk mempermudah pembahasan tentang gerakan, maka akan dimulai dengan benda-benda yang posisinya dapat digambarkan dengan menentukan posisi satu titik benda semacam ini dinamakan partikel.

Sebelum memasuki bahasan mengenai bab kinematika, Marilah terlebih dahulu merenungi beberapa ayat di bawah ini yang terkait mengenai bab kinematika gerak.

Q.S An Nahl ayat 9 :

وَعَلَى اللَّهِ قَصْدُ السَّبِيلِ وَمِنْهَا جَائِرٌ وَلَوْ شَاءَ لَهَدَيْنَاكُمْ أَجْمَعِينَ ۙ

Artinya: "Dan hak Allah menerangkan jalan yang lurus, dan diantaranya ada (jalan) yang menyimpang. Dan jika Dia Menghendaki, tentu Dia Memberi petunjuk kamu semua (ke jalan yang benar)".

Q.S As Saba' ayat 18 :

وَجَعَلْنَا بَيْنَهُمْ وَبَيْنَ الْقُرَى الَّتِي بَرَكْنَا فِيهَا ظَهْرًا وَقَدَرْنَا فِيهَا السَّيْرَ سِيرُوا فِيهَا لَيَالِيَ وَأَيَّامًا آمِنِينَ ۝۱۸

Artinya: "Dan kami jadikan antara mereka (penduduk Saba') dan negeri-negeri yang Kami Berkahi (Syam), beberapa negeri yang berdekatan dan Kami tetapkan antara negeri-negeri itu (jarak-jarak) perjalanan. Berjalanlah kamu di negeri-negeri itu pada malam dan siang hari dengan aman".

Dari ayat di atas sebagai orang yang berpendidikan hendaklah dapat menggunakan dan memanfaatkan perjalanan hidup sebaik mungkin untuk menggapai ridho Allah SWT.



Sumber: Dokumen Pribadi

**Gambar 1.2** Spidometer motor

## A. Vektor Posisi, Kecepatan, dan Percepatan

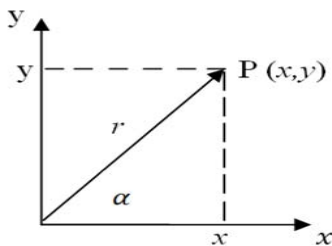
Saat mengamati spidometer sepeda motor, dalam jarum spidometer menunjukkan kelajuan sesaat sepeda motor.

Sebuah benda yang bergerak selalu mengalami perubahan posisi. Benda bergerak juga pasti memiliki kecepatan dan percepatan. Bagaimanakah hubungan antara perpindahan, kecepatan, dan percepatan?

Dengan menggunakan sistem koordinat ini dapat menentukan posisi benda. Koordinat yang digunakan adalah sistem koordinat Cartesius, baik untuk dua dimensi maupun tiga dimensi. Dalam sistem koordinat, posisi sebuah benda dinyatakan dengan vektor posisi.

### 1. Vektor Posisi

Vektor posisi adalah vektor yang menyatakan kedudukan atau posisi benda pada bidang atau ruang koordinat.



**Gambar 1.3** Vektor Posisi suatu titik P (x,y)

**MENGINGAT**

Vektor posisi adalah vektor yang menyatakan kedudukan atau posisi benda pada bidang atau ruang koordinat.

Posisi benda pada koordinat dinyatakan oleh vektor posisi  $\mathbf{r}$ , yaitu vektor yang berpangkal di titik asal  $(0,0)$  dan ujungnya di posisi benda itu. Perhatikan Gambar 1.3. Vektor posisi dari titik P.

$(x, y)$  pada bidang koordinat Cartesius dapat dinyatakan dengan  $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$ .

Besar atau panjang vektor posisi dilambangkan dengan  $r$  yang nilainya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1.1)$$

Jika  $\alpha$  adalah sudut antara  $r$  dan sumbu  $x$ , berlaku :

$$\tan \alpha = \frac{y}{x} \quad (1.2)$$

Dalam koordinat ruang (tiga dimensi), vektor posisi dinyatakan dalam bentuk :

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

## 2. Perpindahan (pergeseran) dan Jarak

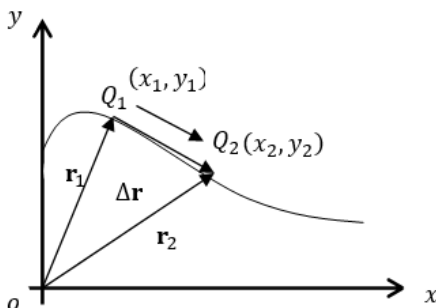
Perpindahan didefinisikan sebagai perubahan kedudukan suatu benda. Perhatikan Gambar (1.4) Misalkan pada saat  $t_1$  posisi benda di titik  $Q_1(x_1, y_1)$  dengan vektor posisi  $\mathbf{r}_1$  dan pada saat  $t_2$  benda sampai di titik  $Q_2(x_2, y_2)$  dengan vektor posisi  $\mathbf{r}_2$ . Vektor yang ditarik dari  $Q_1$  ke  $Q_2$ , yaitu  $\Delta\mathbf{r}$  merupakan vektor perpindahannya dari  $Q_1$  ke  $Q_2$  yang dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta\mathbf{r} &= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 \quad (1.3) \\ &= (x_2\mathbf{i} + y_2\mathbf{j}) - (x_1\mathbf{i} + y_1\mathbf{j}) \\ &= (x_2 - x_1)\mathbf{i} + (y_2 - y_1)\mathbf{j} \\ &= \Delta x\mathbf{i} + \Delta y\mathbf{j} \end{aligned}$$

Besar vektor perpindahan benda adalah:

$$\Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Besar vektor perpindahan merupakan besaran skalar.



Sumber: fisikazone.com

**Gambar 1.4** Vektor perpindahan dari posisi titik  $Q_1$  ke titik  $Q_2$ .

## Contoh Soal 1:

Misalkan vektor posisi suatu partikel diberikan oleh  $\mathbf{r} = (t^3 + t)\mathbf{i} + 2t^2\mathbf{j}$ ,  
 $t$  dalam sekon dan  $\mathbf{r}$  dalam meter. Tentukanlah besar dan arah perpindahan  
 partikel dari  $t_1 = 1$  s sampai ke  $t_2 = 2$  s.

Penyelesaian:

Diketahui :  $\mathbf{r} = (t^3 + t)\mathbf{i} + 2t^2\mathbf{j}$

Ditanya :  $\Delta r$  dan arah perpindahan?

Jawab :

Untuk  $t_1 = 1$  s, maka

$$\mathbf{r}_1 = (1^3 + 1)\mathbf{i} + (2 \times 1^2)\mathbf{j} = 2\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$$

Untuk  $t_2 = 2$  s, maka

$$\mathbf{r}_2 = (2^3 + 2)\mathbf{i} + (2 \times 2^2)\mathbf{j} = 10\mathbf{i} + 8\mathbf{j}$$

Vektor perpindahan

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{r} &= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 \\ &= (10\mathbf{i} + 8\mathbf{j}) - (2\mathbf{i} + 2\mathbf{j}) \\ &= (10 - 2)\mathbf{i} + (8 - 2)\mathbf{j} \\ &= 8\mathbf{i} + 6\mathbf{j} \end{aligned}$$

Besar perpindahan

$$\Delta r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} \text{ m} = 10 \text{ m}$$

Arah perpindahan

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \\ &= \frac{6}{8} = \frac{3}{4} \\ \theta &= \tan^{-1} \left( \frac{3}{4} \right) \\ &= 36,87^\circ \end{aligned}$$

### 3. Kelajuan dan Kecepatan

#### a. Kecepatan

Setiap benda yang bergerak pasti mempunyai kecepatan. Kecepatan merupakan besaran vektor.

##### 1. Kecepatan rata-rata

Kecepatan rata-rata ( $\mathbf{v}_{\text{rata-rata}}$ ) merupakan perbandingan antara perpindahan dengan lama waktu melakukan perpindahan.

Kecepatan rata-rata dengan persamaan :

$$\mathbf{v}_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1} \quad (1.4)$$

Dengan  $\mathbf{r}_2$  adalah vektor posisi pada saat  $t = t_2$  dan  $\mathbf{r}_1$  adalah vektor posisi pada saat  $t = t_1$ .

Dalam bentuk komponen-komponen koordinat, vektor perpindahan dapat dinyatakan dalam bentuk  $\Delta \mathbf{r} = \Delta \mathbf{r}_x + \Delta \mathbf{r}_y = \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j}$ . Dalam demikian, kecepatan rata-rata dapat dinyatakan dalam bentuk

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{\text{rata-rata}} &= \frac{\Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j}}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \mathbf{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t} \mathbf{j} \\ &= v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} \end{aligned} \quad (1.5)$$

Dengan  $v_x =$  besar atau panjang komponen kecepatan rata-rata yang searah sumbu  $x$  dan  $v_y =$  besar komponen kecepatan rata-rata yang searah sumbu  $y$ .

##### 2. Kecepatan Sesaat

Kecepatan sesaat adalah kecepatan rata-rata dengan mengambil selang waktu yang sangat kecil, yaitu mendekati nol.

Secara matematis, hal ini dinyatakan dalam bentuk limit seperti berikut :

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \mathbf{v}_{\text{rata-rata}} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \end{aligned}$$

Pada gerak dua dimensi,  $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$  sehingga persamaan diatas menjadi :

$$\mathbf{v} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} \text{ atau } \mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} \quad (1.6)$$

#### MENINGAT

Kecepatan rata-rata ( $\mathbf{v}_{\text{rata-rata}}$ ) merupakan perbandingan antara perpindahan dengan lama waktu melakukan perpindahan.

#### MENINGAT

Kecepatan sesaat adalah kecepatan rata-rata dengan mengambil selang waktu yang sangat kecil, yaitu mendekati nol.

Untuk membedakan kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat merupakan hal yang penting. Biasanya, kata “kecepatan” saja dimaksudkan sebagai kecepatan sesaat.

## b. Kelajuan

Kelajuan rata-rata partikel didefinisikan sebagai perbandingan jarak total yang ditempuh terhadap waktu total yang dibutuhkan :

$$\text{kelajuan rata - rata} = \frac{\text{jarak total}}{\text{waktu total}} \quad (1.7)$$

Satuan SI kelajuan rata-rata adalah meter per sekon (m/s), dan satuan kelajuan rata-rata dalam satuan British Gravitational (BG) adalah feet per sekon (ft/s). Satuan kelajuan yang sehari-hari lebih dikenal di Amerika adalah mil per jam (mil/jam). Secara internasional, satuan yang lebih umum adalah kilometer per jam (km/jam).

Misalkan jika anda sedang berkendara menempuh jarak 200 km dalam 5 jam, maka kelajuan rata-rata anda adalah  $(200 \text{ km})/(5 \text{ jam}) = 40 \text{ km/jam}$ . Kelajuan rata-rata tidak menceritakan apa-apa mengenai rincian perjalanan itu. Anda mungkin berkendara dengan kelajuan tetap 40 km/jam selama 5 jam itu, bisa jadi anda berkendara lebih cepat selama sebagian waktu dan lebih lambat selama sisa waktunya, atau mungkin anda telah berhenti untuk satu jam dan kemudian berkendara dengan kelajuan yang berubah-ubah selama 4 jam yang lain.

Kelajuan sesaat adalah besar kecepatan sesaat. Besar kecepatan sesaatnya ditentukan berdasarkan hubungan:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (1.8)$$



Sumber : wall.alpachodesh.com

**Gambar 1.5** Cheetah, binatang yang larinya paling cepat, dapat mencapai kelajuan lebih dari 100 km/jam.

### MENGINGAT

Kelajuan rata-rata partikel didefinisikan sebagai perbandingan jarak total yang ditempuh terhadap waktu total yang dibutuhkan.

## Contoh Soal 2:

Misalkan diberikan vektor posisi suatu partikel  $\mathbf{r} = (2t^2 - t)\mathbf{i} + 2t\mathbf{j}$ ,  $t$  dalam sekon dan  $\mathbf{r}$  dalam meter.

Tentukanlah:

- Vektor kecepatan rata-rata
- Besar dan arah kecepatan rata-rata untuk selang waktu dari  $t_1 = 2$  s sampai  $t_2 = 4$  s

Penyelesaian:

Diketahui:  $\mathbf{r} = (2t^2 - t)\mathbf{i} + 2t\mathbf{j}$

Ditanya : a.  $\mathbf{v}$  ?

b.  $v$  dan  $\theta$  ?

Jawab :

- Vektor kecepatan rata-rata

$$\mathbf{v} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{(28\mathbf{i} + 8\mathbf{j}) - 6\mathbf{i} + 4\mathbf{j}}{4 - 2} = 11\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$$

- Besar kecepatan rata-rata

Besar kecepatan rata-rata

$$v = \sqrt{11^2 + 2^2} = 5\sqrt{5} \text{ m/s}$$

Arah kecepatan rata-rata

$$\tan \theta = \frac{2}{11} \leftrightarrow \theta = \tan^{-1} \left( \frac{2}{11} \right) = 10,3^\circ$$

## Contoh Soal 3:

Seorang anak pergi ke sekolah dengan mengayuh sepeda. Semula, dalam waktu 3 menit ia dapat menempuh jarak 150 m. Dia lupa membawa uangnya sehingga dia kembali ke rumah dalam waktu 2 menit. Di rumahnya ia mencari dompetnya selama 6 menit. Dia berangkat lagi ke sekolah yang berjarak 500 m dalam waktu 9 menit.

Hitunglah :

- Berapa kecepatan rata-rata anak?
- Berapa kelajuan rata-rata anak?



Penyelesaian:

- a. Jika rumah anak diberi posisi nol maka posisi sekolah pada  $x = 500$  m. Perpindahan posisi anak adalah  $x_2 - x_1 = 500$  m. Untuk mencari kecepatan rata-rata, kita hanya melihat posisi awal dan akhirnya saja tanpa melihat bagaimana anak tersebut menempuh jarak itu.

Waktu yang diperlukan :

$$3 \text{ menit} + 2 \text{ menit} + 6 \text{ menit} + 9 \text{ menit} = 20 \text{ menit.}$$

Kecepatan rata-rata anak :

$$v_{\text{rata-rata}} = \frac{500 \text{ meter}}{20 \text{ menit}} = 25 \text{ m/menit}$$

Jadi, kecepatan rata-rata anton 25 m/menit atau dalam Standar Internasional (SI) 0,42 m/s.

- b. Jarak total yang ditempuh anton adalah  $150 + 150 + 500 = 800$  m. Waktu yang diperlukan anak tersebut adalah 20 menit. Jadi, kelajuan anak adalah 40 m/menit atau 0,67 m/s.

### c. Percepatan

Kecepatan benda yang bergerak, umumnya berubah-ubah. Perubahan kecepatan tiap satuan waktu disebut sebagai percepatan. Percepatan merupakan besaran vektor. Percepatan timbul karena adanya perubahan kecepatan benda. Ada dua pengertian percepatan, yaitu percepatan rata-rata dan percepatan sesaat.

#### 1. Percepatan Rata-rata

Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) perubahan vektor kecepatan sesaat  $\Delta \mathbf{v}$  terhadap selang waktu  $\Delta t$ .

Percepatan rata-rata dengan persamaan :

$$\mathbf{a}_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{t_2 - t_1} \quad (1.9)$$

### MENINGAT

Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) perubahan vektor kecepatan sesaat  $\Delta \mathbf{v}$  terhadap selang waktu  $\Delta t$ .

Dengan  $\mathbf{v}_2$  adalah kecepatan pada saat  $t_2$  dan  $\mathbf{v}_1$  adalah kecepatan pada saat  $t_1$ . Berdasarkan rumusan  $\Delta \mathbf{v} = \Delta v_x \mathbf{i} + \Delta v_y \mathbf{j}$ , persamaan di atas dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\mathbf{a}_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta v_x \mathbf{i} + \Delta v_y \mathbf{j}}{\Delta t} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \mathbf{i} + \frac{\Delta v_y}{\Delta t} \mathbf{j} \quad (1.10)$$

Dimensi percepatan adalah panjang dibagi kuadrat waktu. Satuan yang umum adalah meter per sekon per sekon, ditulis lebih ringkas meter per sekon kuadrat ( $\text{m/s}^2$ ), atau feet per sekon kuadrat ( $\text{ft/s}^2$ ). Misalkan jika kita mengatakan bahwa sebuah partikel dipercepat dengan percepatan  $5 \text{ m/s}^2$ , yang kita maksudkan adalah jika partikel itu mulai dari keadaan diam, setelah 1 s partikel itu bergerak dengan kecepatan 5 m/s, setelah 2 s partikel itu bergerak dengan kecepatan 10 m/s, setelah 3 s partikel itu bergerak dengan kecepatan 15 m/s, dan seterusnya.

## 2. Percepatan Sesaat

Percepatan sesaat ( $\mathbf{a}$ ) didefinisikan sebagai percepatan rata-rata untuk selang waktu mendekati nol.

Secara matematis, persamaan percepatan sesaat dalam bentuk limit sebagai berikut :

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

Oleh karena percepatan sesaat dapat dinyatakan  $\mathbf{v}$  dalam koordinat tegak :

$$\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j}$$

Kemudian :

$$\mathbf{a} = \frac{dv_x}{dt} \mathbf{i} + \frac{dv_y}{dt} \mathbf{j} = \frac{d^2x}{dt^2} \mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \mathbf{j} \quad (1.11)$$

### MENGINGAT

Percepatan sesaat ( $\mathbf{a}$ ) didefinisikan sebagai percepatan rata-rata untuk selang waktu mendekati nol.

## Contoh Soal 4:

Partikel A pada saat  $t_1 = 0$  berada pada koordinat (20,13) m dan setelah 2 sekon partikel itu berada di koordinat (26, 21) m. Tentukan komponen dan besar kecepatan rata-rata partikel tersebut!

Penyelesaian:

Diketahui:

$$t_1 = 0, \quad t_2 = 2 \text{ s},$$

$$x_1 = 20 \text{ m}, \quad x_2 = 26 \text{ m},$$

$$y_1 = 13 \text{ m}, \quad y_2 = 21 \text{ m},$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 26 - 20 = 6 \text{ m},$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 = 21 - 13 = 8 \text{ m},$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 2 - 0 = 2 \text{ s}$$

Ditanya:  $\mathbf{v}_{\text{rata-rata}}$ ?

$$\text{Jawab: } v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}$$

$$v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{8 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{v}_{\text{rata-rata}} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} = (3 \mathbf{i} + 4 \mathbf{j}) \text{ m/s}$$

Besar kecepatan rata-rata partikel tersebut adalah

$$v = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m/s}$$

## Contoh Soal 5:

Sebuah benda bergerak dari keadaan diam dengan vektor percepatannya dinyatakan oleh  $\mathbf{a} = (6t - 4)\mathbf{i} + 6\mathbf{j}$ , dalam  $\text{m/s}^2$  dan  $t$  dalam s. Tentukan kecepatan benda pada saat  $t = 4 \text{ s}$ !

Penyelesaian:

$$\text{Diketahui: } \mathbf{a} = (6t - 4)\mathbf{i} + 6\mathbf{j}$$

Ditanya:  $v$  saat  $t = 4 \text{ s}$ ?

Jawab:

Untuk menghitung kecepatan benda kita integrasikan terlebih dahulu persamaan :

$$\mathbf{a} = (6t - 4)\mathbf{i} + 6\mathbf{j}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \int \mathbf{a} dt$$

$$\mathbf{v} = 0 + \int [(6t - 4)\mathbf{i} + 6\mathbf{j}]dt ; \mathbf{v}_0 = 0$$

$$\mathbf{v} = \left(\frac{6}{2}t^2 - 4t\right)\mathbf{i} + 6t\mathbf{j}$$

Vektor kecepatan benda pada saat  $t = 4$  s adalah

$$\begin{aligned}\mathbf{v} &= \left[\frac{6}{2}(4)^2 - 4(4)\right]\mathbf{i} + 6(4)\mathbf{j} \\ &= 32\mathbf{i} + 24\mathbf{j}\end{aligned}$$

Kecepatan benda pada saat  $t = 4$  s adalah

$$v = \sqrt{(32)^2 + (24)^2} = 40 \text{ m/s}$$

## Contoh Soal 6:

Sebuah partikel memiliki posisi sebagai fungsi waktu

$$x = 5t^3 + 2t$$

Carilah kecepatan dan percepatannya sebagai fungsi waktu. Berapakah kecepatannya saat  $t = 3$  s?

Penyelesaian :

Kecepatan sebagai fungsi waktu adalah :

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d(5t^3 + 2t)}{dt} = 15t^2 + 2$$

Kecepatan saat  $t = 3$  s adalah  $15(3)^2 + 2 = 137$  m.

Percepatan sebagai fungsi waktu adalah :

$$a = \frac{dv}{dt} = 30t$$

Percepatan saat  $t = 3$  s adalah  $a = 30(3) = 90 \text{ m/s}^2$

## B. Gerak Lurus

Q.S Al Fatihah ayat 6

أَهْدِنَا الصِّرَاطَ الْمُسْتَقِيمَ ۝

Artinya: “Tunjukilah kami jalan yang lurus”.

Seseorang bersepeda di jalan dapat bergerak dengan kecepatan tetap apabila tidak ada hambatan selama perjalanan. Kendaraan itu harus mengurangi kecepatan bahkan berhenti saat terhalang misalnya oleh lampu lalu lintas atau pintu kereta api.

Secara sederhana Gerak Lurus adalah gerak benda yang lintasannya berbentuk garis lurus.

Secara umum gerak lurus dibagi dalam dua kategori, yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), GLBB memiliki beberapa jenis yaitu Gerak Vertikal Atas, Gerak Vertikal Bawah, Gerak Jatuh Bebas dan Gerak Parabola.

### MENINGAT

Secara umum gerak lurus dibagi dalam dua kategori, yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), GLBB memiliki beberapa jenis yaitu Gerak Vertikal Atas, Gerak Vertikal Bawah, Gerak Jatuh Bebas, dan Gerak Parabola.

### 1. Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Artinya gerak benda yang lintasannya lurus dan kecepatannya tetap, sehingga nilai percepatannya nol. Jika  $v$  konstan (tidak bergantung waktu), maka turunannya terhadap waktu sama dengan nol.

$$\mathbf{a} = \frac{dv}{dt} = 0 \quad (1.12)$$

Hal ini menjadi ciri-ciri khusus dari GLB yang perlu diingat yaitu  $a = 0$ , dalam hal ini berlaku:

$$\mathbf{v} = \frac{dr}{dt} = \text{konstan}$$

$$d\mathbf{r} = \mathbf{v} dt$$

Misalkan pada saat  $t_0$  benda berada pada posisi  $\mathbf{r}_0$  dan saat  $t$  sembarang posisi benda dinyatakan oleh  $\mathbf{r}$ . Dua ruas dalam persamaan dapat diintegrasikan menjadi

$$\int_{\mathbf{r}_0}^{\mathbf{r}} d\mathbf{r} = \int_{t_0}^t \mathbf{v} dt$$

$$\mathbf{r} - \mathbf{r}_0 = \mathbf{v} (t - t_0)$$

Pada  $\mathbf{r}_0 = 0$  m dan  $t_0 = 0$  s, maka :

$$\mathbf{r} = \mathbf{v} t$$

Pada  $\mathbf{r}_0 = 0$  m maka :

$$\mathbf{r} = \mathbf{v} \Delta t \quad (1.13)$$

Dengan:

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

$\mathbf{r}$  = posisi benda (m)

$\Delta t$  = waktu tempuh benda (s)

Ketika kita melakukan integrasi  $\mathbf{v}$  terhadap  $dt$ ,  $\mathbf{v}$  dapat keluar dari integrasi karena dianggap konstan, yang merupakan ciri utama dalam GLB.

## 2. Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Dalam gerak lurus berubah beraturan, kata “berubah” yang dimaksudkan adalah berkaitan dengan kecepatannya, hal ini jelas berbeda dengan GLB yang mensyaratkan tetapnya kecepatan. Karena terjadi perubahan kecepatan secara “beraturan” maka dalam GLBB terdapat faktor percepatan yang terlibat.

Apabila suatu benda titik bergerak dengan percepatan tetap, maka menurut persamaan  $\mathbf{a} = \frac{dv}{dt}$  adalah

$$a = \frac{d}{dt} \left( \frac{dr}{dt} \right) \quad (1.14)$$

Dengan  $a$  suatu tetapan. Kita ketahui dari persamaan  $\mathbf{v} = \frac{dr}{dt}$  bahwa kecepatan sesaat  $v(t) = dr/dt$ . Oleh karena itu, dari persamaan 1.14, kecepatan benda sebagai fungsi waktu dapat dinyatakan sebagai :

$$v(t) = at + C \quad (1.15)$$

Dengan  $C$  suatu tetapan. Misalkan pada saat  $t = 0$ , kecepatan benda adalah  $v_0$  persamaan 1.15 dapat dituliskan sebagai :

$$v(0) = a0 + C = v_0 \quad (1.16)$$

Jadi  $C = v_0$  dengan demikian, besarnya kecepatan sesaat benda sebagai fungsi waktu untuk sembarang  $t$  dapat dinyatakan sebagai :

$$v(t) = v_0 + at \quad (1.17)$$

Karena  $v(t) = dr/dt$ , maka  $dr = v_0 + at$  sehingga apabila kedua ruas diintegrasikan dengan memasukkan syarat bahwa pada saat  $t = 0$  benda berada di posisi  $r = r_0$  dan pada saat  $t$  benda berada di posisi  $(r) t$ , maka diperoleh :

$$\int_{r_0}^{r(t)} dr = \int_{t_0}^t [v_0 + at] dt \quad (1.18)$$

$$r(t) = r_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (1.19)$$

Oleh karena itu pergeseran benda diberikan oleh :

$$r(t) - r_0 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (1.20)$$

$t$  pada persamaan 1.17 dapat disubstitusikan ke persamaan 1.19, maka akan diperoleh persamaan :

$$r(t) = r_0 + v_0 \left[ \frac{v(t) - v_0}{a} \right] + \frac{1}{2} a \left[ \frac{v(t) - v_0}{a} \right]^2 \quad (1.21)$$

Kedua ruas persamaan 1.21 dikalikan  $a$ , dan dijabarkan tiap sukunya sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} (x(t) - r_0)a &= v_0 v(t) - v_0^2 + \frac{1}{2} v(t)^2 + \frac{1}{2} v_0^2 - v_0 v(t) \\ &= \frac{1}{2} v(t)^2 - \frac{1}{2} v_0^2 \end{aligned} \quad (1.22)$$

Atau

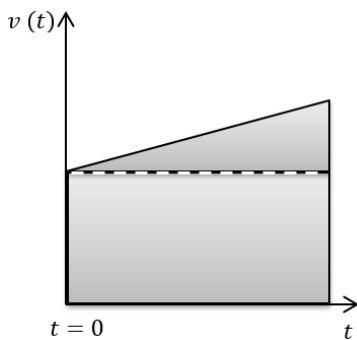
$$2\Delta r a = v(t)^2 - v_0^2 \quad (1.23)$$

Dengan  $\Delta r = r(t) - r_0$  merupakan jarak yang ditempuh benda, maka persamaan 1.23 dapat dinyatakan sebagai

$$v(t)^2 = v_0^2 + 2a\Delta r \quad (1.24)$$

Persamaan 1.24 menunjukkan hubungan jarak tempuh, percepatan, dan kecepatan awal dan akhir.

Gambar 1.6 Menggambarkan laju koordinat benda titik yang kita tinjau. Laju koordinat adalah perubahan koordinat  $r$  tiap satu satuan waktu, dituliskan sebagai  $v(t) = dr/dt$ . Gambar 1.6 menunjukkan luas total wilayah yang diberi warna abu-abu sama dengan luas persegi panjang ditambah luas segitiga



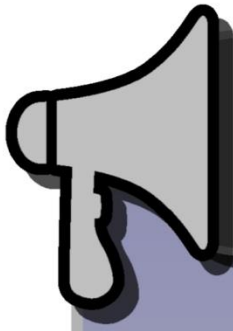
**Gambar 1.6** Grafik  $v$  fungsi  $t$

$$Luas = v_0 t + at^2 = v_0 + \frac{1}{2} a^2 \quad (1.25)$$

Persamaan 1.25 dengan persamaan 1.20 oleh karena itu, perpindahan benda titik dari saat  $t = 0$  sampai  $t$  sama dengan luas wilayah grafik laju koordinat yang dibatasi oleh kurva  $v(t)$ , sumbu  $t$ , garis  $t = 0$  serta garis yang tegak lurus pada sumbu  $t$  melalui titik sumbu  $t$ .

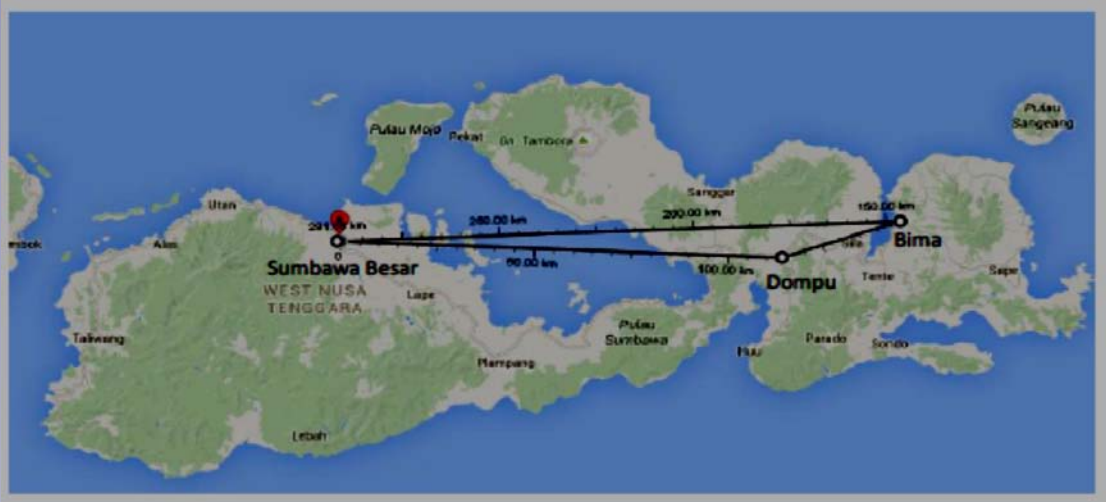
Ada tiga variasi GLBB yaitu Gerak Vertikal Atas, Gerak Vertikal Bawah dan Gerak Jatuh Bebas.





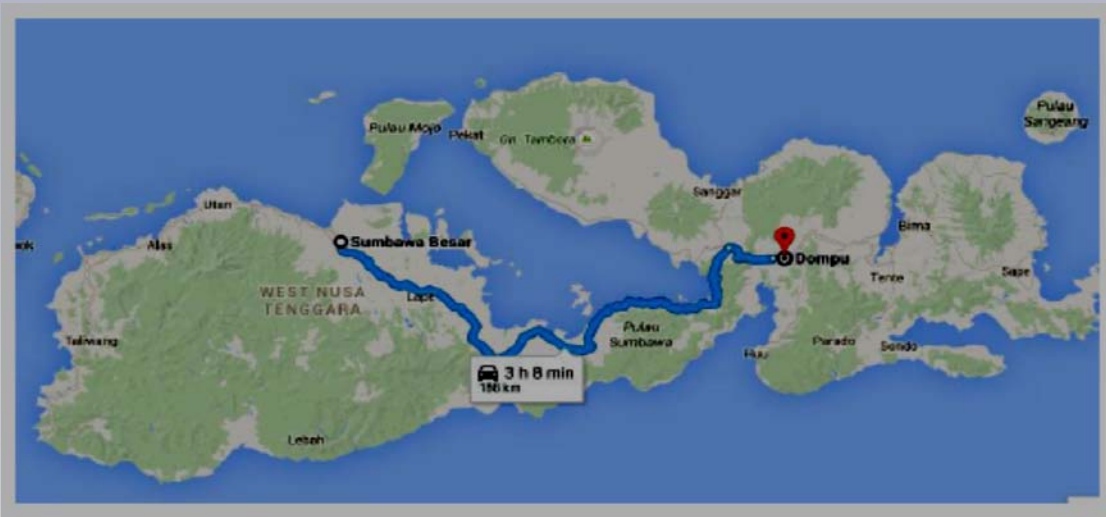
# Informasi

## Fisika dan Teknologi



Sumber : Google Map

Gambar 1.7 : Perpindahan dari Sumbawa Besar ke Dompu, Dompu ke Bima dan Sumbawa Besar ke Bima.



Sumber : Google Map

Gambar 1.8 : Lintasan dan Jarak dari Sumbawa Besar ke Dompu

Dari Gambar 1.7 dan Gambar 1.8 merupakan contoh dari kehidupan sehari-hari bahwa Fisika sangat penting untuk diketahui. Gambar tersebut akan dapat diketahui berapa besar perpindahan dari keterangan Gambar 1.7 dan dari Gambar 1.8 dapat diketahui berapakah jarak tempuh dan kelajuan rata-ratanya.

## Contoh Soal 7:

Sebuah bom dijatuhkan dari ketinggian 2 km dari atas tanah, berapakah kecepatan bom saat menyentuh tanah dan berapa waktu yang diperlukan untuk menyentuh tanah dari mulai dilepaskan!  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Diketahui:  $h = 2 \text{ km} = 2.000 \text{ m}$

Ditanya:  $t, v$  ?

Jawab:

Untuk menjawab waktu yang diperlukan bom untuk mencapai tanah, kita dapat menggunakan persamaan :

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2(2000)}{10}} = 20 \text{ s}$$

Dalam 20 s diperkirakan bom tersebut telah menyentuh tanah, dengan mengabaikan hambatan dari udara dan gaya angkat serta tiupan angin. Kecepatan saat menyentuh tanah dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} v_t^2 &= 2gh \\ &= \sqrt{2gh} = \sqrt{2(10)(2000)} = 200 \text{ m/s} \end{aligned}$$

### C. Gerak pada Bidang

Sebuah partikel dapat dikatakan bergerak pada suatu bidang jika lintasan partikel tersebut terletak pada suatu bidang. Sebagai contoh gerak pada bidang adalah gerak elips. Dalam bab kinematika gerak pada bidang cukup dijelaskan dalam dua dimensi saja.

#### 1. Gerak Parabola

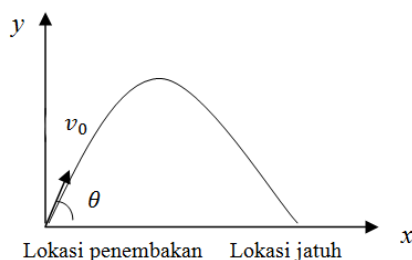
Gerak Parabola merupakan salah satu contoh gerak pada bidang datar. Contoh gerak parabola diantaranya adalah orang yang melemparkan benda dari permukaan bumi, gerak percikan kembang api, gerakan peluru yang ditembakkan dari meriam. Oleh karena itu gerak parabola juga disebut gerak peluru.

Gerak peluru dipengaruhi oleh beberapa hal:

- Hambatan udara
- Variasi percepatan gravitasi
- Gerakan bumi

Asumsi gerak parabola yang akan dibahas ini mengabaikan hambatan udara dan menganggap nilai percepatan gravitasi konstan yang berarah ke pusat bumi dengan besar  $g = 9,8 \text{ m/s}^2 = 32,2 \text{ ft/s}^2$ .

Dalam gerak dua dimensi, posisi benda baru terdefinisi secara lengkap apabila kita menggunakan dua buah koordinat posisi. Disini kita gunakan koordinat  $x$  dan  $y$  di mana dua sumbu tersebut saling tegak lurus. Seperti lazimnya digunakan, kita pilih sumbu  $x$  dalam arah horizontal dimana benda mengalami GLB dan sumbu  $y$  dalam arah vertikal dimana benda mengalami GLBB.



Sumber: Dokumen pribadi

**Gambar 1.9** Lintasan benda ditembakkan dengan membentuk sudut elevasi tertentu.

Peluru yang ditembakkan dengan kecepatan awal membentuk sudut elevasi tertentu terhadap sumbu datar akan mengambi lintasan seperti pada Gambar 1.9.

Selama benda bergerak:

- Benda mendapat percepatan gravitasi dalam arah vertikal ke bawah.
- Tidak ada percepatan dalam arah horizontal.
- Kecepatan awal benda membentuk sudut  $\theta$  terhadap arah horizontal.

Dari hal tersebut dapat dituliskan:

$$\mathbf{a} = -g \mathbf{j} \quad (1.26)$$

$$\mathbf{v}_0 = v_0 \cos \theta \mathbf{i} + v_0 \sin \theta \mathbf{j} \quad (1.27)$$

Karena merupakan gerak dengan percepatan konstan maka :

- a. Kecepatan benda tiap saat memenuhi persamaan :

$$\begin{aligned} \mathbf{v} &= \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}(t - t_0) \\ &= (v_0 \cos \theta \mathbf{i} + v_0 \sin \theta \mathbf{j}) + (-g\mathbf{j})(t - t_0) \\ &= v_0 \cos \theta \mathbf{i} + [v_0 \sin \theta - g(t - t_0)]\mathbf{j} \end{aligned} \quad (1.28)$$

- b. Posisi benda tiap saat memenuhi persamaan :

$$\begin{aligned} \mathbf{r} &= \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0(t - t_0) + \frac{1}{2} \mathbf{a} (t - t_0)^2 \\ &= (x_0 \mathbf{i} + y_0 \mathbf{j}) + (v_0 \cos \theta \mathbf{i} + v_0 \sin \theta \mathbf{j})(t - t_0) + \frac{1}{2} (-g\mathbf{j})(t - t_0)^2 \\ &= [x_0 + v_0 \cos \theta (t - t_0)]\mathbf{i} + \left[ y_0 + v_0 \sin \theta (t - t_0) - \frac{1}{2} g(t - t_0)^2 \right]\mathbf{j} \end{aligned} \quad (1.29)$$

Dari persamaan 1.28 dan 1.29 dapat diuraikan atas komponen-komponen kecepatan maupun komponen-komponen posisi dalam arah sumbu  $x$  dan sumbu  $y$ . Dari persamaan 1.28 kita dapatkan komponen-komponen kecepatan sebagai berikut:

$$v_x = v_0 \cos \theta \quad (1.29.a)$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - g(t - t_0) \quad (1.29.b)$$

Dari persamaan 1.29 kita dapatkan komponen-komponen posisi sebagai berikut:

$$x = x_0 + v_0 \cos \theta (t - t_0) \quad (1.30.a)$$

$$y = y_0 + v_0 \sin \theta (t - t_0) - \frac{1}{2} g(t - t_0)^2 \quad (1.30.b)$$

### Ketinggian maksimum

Dari persamaan 1.29.b laju dalam arah vertikal yang mula-mula makin lama makin kecil, kemudian menjadi nol pada puncak lintasan lalu membalik arah ke bawah. Berapa ketinggian maksimal lintasan benda? Lihat Gambar 1.10 mengenai penjelasan tentang ketinggian maksimum.

Pada puncak lintasan berlaku  $v_y = 0$ . Jika benda berada pada titik tertinggi lintasan terjadi saat  $t_m$ , maka waktu yang diperlukan benda sejak ditembakkan sampai mencapai ketinggian maksimum adalah  $T_m = t_m - t_0$ . Berdasarkan persamaan 1.29.b diperoleh waktu yang diperlukan untuk mencapai ketinggian maksimum adalah:

$$\begin{aligned} T_m &= \frac{v_{y0}}{g} \\ &= \frac{v_0 \sin \theta}{g} \end{aligned} \quad (1.31)$$

Misalkan disimbolkan ketinggian maksimum sebagai  $h_m = y - y_0$ . Dengan menggunakan persamaan 1.30.b dan persamaan 1.31 diperoleh ketinggian maksimum benda sebagai berikut:

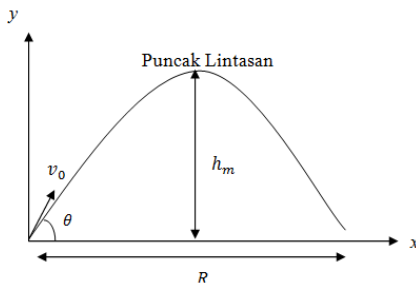
$$\begin{aligned} h_m &= v_{y0}T_m - \frac{1}{2}gT_m^2 \\ &= v_{y0}\left(\frac{v_{y0}}{g}\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_{y0}}{g}\right)^2 \\ &= \frac{1}{2}\frac{v_{y0}^2}{g} \end{aligned} \quad (1.32)$$

### Jangkauan maksimum

Misalkan ada sebuah peluru yang sedang ditembakkan pada sebuah bidang datar, jangkauan maksimumnya adalah jarak horizontal diukur dari tempat peluru ke tempat jatuhnya peluru. Lihat Gambar 1.10 untuk menentukan jangkauan maksimum, terlebih dahulu tentukan waktu yang diperlukan oleh peluru saat tiba di tanah.

Jika ketinggian posisi pelemparan dan posisi peluru jatuh kembali ke tanah sama maka peluru akan jatuh kembali setelah selang waktu adalah :

$$T = 2T_m \quad (1.33)$$



*Sumber: Dokumen pribadi*

**Gambar 1.10** Ketinggian maksimum dan jangkauan maksimum.

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan 1.30.a maka jangkauan maksimum peluru ( $R$ ) adalah :

$$\begin{aligned}
 R &= x - x_0 \\
 &= v_{x0}T \\
 &= v_{x0}(2T_m) \\
 &= v_{x0}\left(2\frac{v_{y0}}{g}\right) \\
 &= 2\frac{v_{x0}v_{y0}}{g} \qquad (1.34)
 \end{aligned}$$

Pertanyaan berapa sudut penembakan agar tercapai jangkauan maksimum di bidang datar. Maka jawabannya dapat diperoleh dari persamaan 1.34. Dengan menggunakan hubungan  $v_{0y} = v_0 \cos \theta$  dan  $v_{0y} = v_0 \sin \theta$  . Maka persamaan 1.34 dapat ditulis :

$$\begin{aligned}
 R &= 2\frac{(v_0 \cos \theta)(v_0 \sin \theta)}{g} \\
 &= \frac{v_0^2}{g}(2 \cos \theta \sin \theta) \\
 \cos \theta \sin \theta &= \frac{1}{2} \sin 2\theta \\
 2\cos \theta \sin \theta &= \sin 2\theta \\
 R &= \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta \qquad (1.35)
 \end{aligned}$$

# Aktivitas

## Gerak Parabola

### Tinjaungan Umum :

1. Sebuah benda dilontarkan dari sebuah mainan secara horizontal di ketinggian 0,4 m dari atas tanah. Kecepatan awal bola adalah 2,5 m/s. Lintasan gerak bola itu berbentuk parabola dengan sudut  $45^\circ$ . Gaya gesekan yang terjadi di udara saat bola melintas diabaikan.
2. Isikan dalam tabel data hasil percobaan gerak parabola tersebut yang menunjukkan jarak atau posisi terhadap waktu.

No.	Waktu (s)	Jarak Horizontal (m)	Jarak Vertikal (m)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			

**Analisis :**

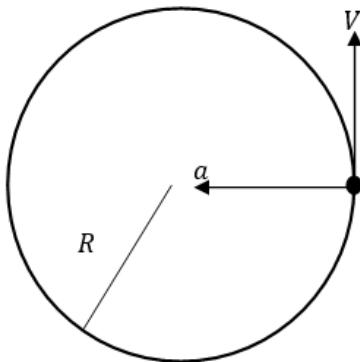
1. Apa yang dapat kamu ceritakan dari data jarak horizontal setiap saat? Jelaskan terhadap gaya gravitasi, gerak horizontal bola, dan kecepatan bola!
2. Apa yang dapat kamu ceritakan dari data jarak vertikal setiap saat?
3. Buatlah grafik jarak horizontal terhadap jarak vertikal. Lengkapi dengan komponen vektor kecepatan horizontal dan komponen vektor kecepatan vertikal setiap saat!
4. Apa persamaan untuk mengukur jarak horizontal?
5. Apa persamaan untuk mengukur jarak vertikal?
6. Buatlah kesimpulan dari Aktivitas 1.2 yang kamu lakukan!





Sumber : Dokumen Pribadi

**Gambar 1.11** Gerak bianglala yang ada di Citra grand daerah Meteseh, Tembalang termasuk salah satu contoh gerak melingkar.



**Gambar 1.12** Partikel bergerak melingkar dengan jari-jari konstan dan kelajuan konstan. Percepatan yang diperlukan agar partikel bergerak melingkar dengan percepatan konstan sebesar  $a = \frac{v^2}{r}$

## D. Gerak Melingkar

Jika direnungkan, betapa banyaknya Allah SWT menggunakan gerak melingkar dengan berbagai variasinya di alam semesta. Gerak rotasi planet, revolusi planet, gerak elektron mengelilingi inti atom, gerak berpusarnya angin tornado, berpusarnya galaksi pada porosnya, berpusarnya cairan inti bumi, berpilinnya muatan listrik dalam medan magnet seperti terjadi dalam peristiwa Aurora, dan sebagainya. Atau lihatlah bagaimana biji pohon mahoni jatuh ke tanah dengan gerak melingkar serupa baling-baling.

Mengapa gerak melingkar begitu banyak nampak di alam semesta? Adakah rahasia padanya?

### 1. Gerak Melingkar dengan Kelajuan Konstan dan Jari-Jari Konstan

Sebuah partikel bergerak melingkar dengan kelajuan konstan, dengan demikian besar percepatannya nol. Apakah benar percepatannya nol? Lihatlah partikel yang bergerak melingkar dengan jari-jari  $R$  dengan kelajuan konstan. Sebuah partikel yang bergerak dengan kelajuan konstan mempunyai arah partikel selalu berubah mengikuti arah lintasan partikel, ini berarti kecepatan partikel tidak konstan meskipun kelajuan partikel konstan.

Kecepatan partikel yang tidak konstan berarti partikel mengalami percepatan. Percepatan yang dialami partikel tidak mengubah kelajuan partikel tetapi mengubah arah gerak partikel. Gerak partikel tetap bergerak melingkar dengan kelajuan konstan. Percepatan partikel harus berarah tegak lurus lintasan partikel atau menuju pusat lingkaran. Besar percepatan yang harus dikerahkan agar partikel tetap melingkar adalah:

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (1.36)$$

Percepatan yang memiliki arah percepatan ke arah pusat lingkaran disebut percepatan sentripetal.

## 2. Gerak Melingkar dengan Jari-Jari Konstan

Setelah mengetahui sebuah partikel bergerak melingkar dengan kelajuan konstan, mari tinjau sebuah partikel yang bergerak melingkar dengan jari-jari konstan seperti Gambar 1.13. Apabila mula-mula partikel berada pada titik  $P_0$ , maka setelah  $dt$  detik posisi  $P_0$  bergeser ke  $P'$ . Sudut yang ditempuh partikel adalah  $d\theta$  disebut sebagai perpindahan sudut. Ukuran sudut apabila dinyatakan dalam radian adalah panjang busur  $ds$  dibagi dengan  $r$ .

$$\begin{aligned}d\theta &= \frac{ds}{r} \\ ds &= r d\theta\end{aligned}\quad (1.37)$$

Bila partikel melakukan 1 putaran penuh maka perpindahan sudutnya  $360^\circ$ , sedangkan panjang busur yang ditempuh adalah keliling lingkaran. Kita dapat :

$$\begin{aligned}1 \text{ putaran penuh} &= \Delta\theta = \frac{2\pi r}{r} \text{ radian} \\ 1 \text{ putaran penuh} &= 360^\circ = 2\pi \text{ radian}\end{aligned}\quad (1.38)$$

Untuk partikel yang bergerak melingkar kelajuan partikel terhadap waktu partikel adalah :

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{r d\theta}{dt}\quad (1.39)$$

$\frac{d\theta}{dt}$  dinamakan laju perubahan sudut diberi simbol  $\omega$  atau ditulis :

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}\quad (1.40)$$

Biasanya laju perubahan sudut bernilai positif jika rotasi berlawanan dengan arah jarum jam dan bernilai negatif jika searah dengan jarum jam. Satuan kecepatan sudut adalah radian/s. Hubungan antara laju perubahan sudut dan kelajuan linier dapat dilihat pada persamaan 1.39 dan 1.40 sehingga :

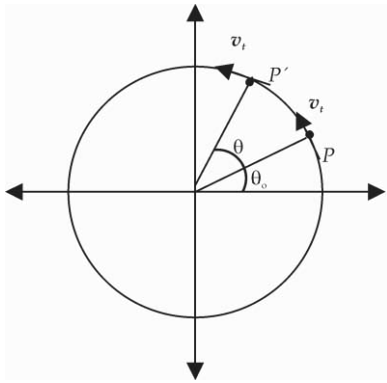
$$v = r \omega\quad (1.41)$$

Kelajuan partikel bisa konstan namun dapat juga berubah terhadap waktu. Jika kelajuan sudut berubah maka akan terdapat percepatan sudut  $\alpha$  yaitu laju perubahan kelajuan sudut terhadap waktu.

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}\quad (1.42)$$

Partikel memiliki percepatan linier atau percepatan tangensial  $a_t$  yang arahnya sejajar lintasan partikel.

$$a_t = \frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r \alpha\quad (1.43)$$



**Gambar 1.13** Benda berotasi dengan jari-jari konstan memiliki kecepatan sudut  $\omega$ . Arah kecepatan tangensial dan percepatan tangensial searah dengan lintasan.

Setelah didapatkan hubungan antara percepatan sudut dan percepatan tangensial. Arah kecepatan sudut dan kecepatan linier, percepatan sudut dan percepatan tangensial maka dapat dilihat pada Gambar 1.13.

Mari tinjau sebuah partikel yang berotasi dengan jari-jari konstan dan percepatan sudut konstan. Kelajuan sudut setiap saat adalah :

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \quad (1.44)$$

Analogi dengan lurus, bisa diperoleh perpindahan sudut setiap saat adalah :

$$\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad (1.45)$$

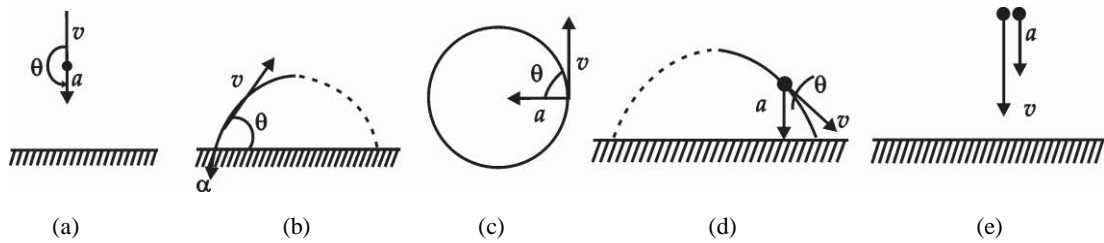
Kaitan antara gerak lurus dengan percepatan konstan dan gerak melingkar dengan percepatan sudut konstan bisa dilihat tabel dibawah ini :

**Tabel 1.1** Gerak dengan Percepatan Linier dan Percepatan Sudut Konstan

Gerak lurus (arah tetap)	Gerak Melingkar (sumbu tetap)
$v_t = v_0 + at$	$\omega_t = \omega_0 + \alpha t$
$\Delta x = \frac{v_0 + v}{2} t$	$\Delta \theta = \frac{\omega_0 + \omega}{2} t$
$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$	$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
$v_t^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$	$\omega_t^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\Delta \theta$

Sumber : Fisika SMA dan MA karangan Dwi Satya Palupi,dkk

Lintasan benda bergantung dengan kecepatan awal benda dan arah percepatannya. Gambar 1.14 menunjukkan lintasan bermacam benda dengan berbagai percepatan.



Sumber: penerbit

**Gambar 1.14** (a) Sebuah bola dilemparkan ke atas (b) sebuah peluru saat ditembakkan, (c) gerak melingkar, (d) arah percepatan selalu tegak lurus dengan arah lintasan, (e) gerak peluru ketika benda jatuh ke bawah.

## Contoh Soal 8:

Sebuah roda berjari-jari 10 cm dililit oleh tali sabuk. Tali memutar roda dengan kelajuan linier 2 m/s. Hitunglah kecepatan sudut dari putaran roda tersebut?

Diketahui:  $v = 2$  m/s,  $r = 0,1$  m

Ditanya:  $\omega$ ?

Jawab:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2}{0,1} = 20 \text{ rad/s}$$



Berkunjuglah ke suatu bengkel, tanyakan kepada karyawan yang ada di bengkel tersebut sehingga didapatkan jawaban pertanyaan berikut ini :

1. Sebutkanlah benda-benda yang bergerak melingkar dengan jari-jari konstan dengan kelajuan konstan.
2. Sebutkanlah benda-benda yang bergerak melingkar dengan jari-jari konstan tetapi kelajuannya tidak konstan.

## Berita Sains

### Dan Semesta Pun “Berthawwaf”: Gerak pada bidang

#### Gerak Melingkar

Banyak dalam sisi kehidupan dan kejadian di alam, Allah SWT mengatur benda-benda melalui gerakan melingkar. Diantaranya: gerak elektron dalam model atom Bohr, thawaf dalam ibadah haji, gerak planet-planet-planet mengelilingi matahari, gerak bulan mengelilingi bumi, rotasi bumi yang berputar pada sumbunya sesuai dalam Q.S Yasin ayat 40 :

لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ،

“ Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan, dan malampun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya.”

Makna kalimat وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ adalah tidak mungkin malam menempati posisi siang, sehingga terjadi dua malam secara berturut-turut dalam waktu yang sama. Artinya, matahari tidaklah mungkin terbit di malam hari dan tidak mungkin pula malam muncul di waktu siang.

Kata كُلٌّ merupakan pengganti susunan *mudhaf ilaih* (kata majemuk) yang terdiri dari kata *as Syams* (matahari) dan *al Qamar* (bulan), karena kata nujum (bintang) tidak disebutkan dalam ayat tersebut. Kata فَلَكٍ berarti bulatan (orbit). يَسْبَحُونَ berarti berjalan. Maksudnya adalah matahari dan bulan, malam dan siang seluruhnya berjalan pada porosnya. Dan kata فَلَكٍ berarti sesuatu yang bulat.

Terdapat rahasia dan kekuatan yang begitu menakjubkan dalam gerak melingkar. Allah memang merancang banyak hal di alam ini sehingga sering memilih yang paling efisien. Misalnya roda sepusat pada gir sepeda tujuannya untuk meringankan kayuhan sepeda saat menemui tanjakan. Hal ini dilakukan dengan memindahkan “gigi” pada gir yang lebih kecil. Karena jika terdapat dua roda (atau lebih) berbentuk lingkaran, yang masing-masing

berjari-jari  $r_1$  dan  $r_2$ , dengan pusat yang sama, maka jika salah satu bergerak, roda kedua akan bergerak secara bersamaan. Kecepatan sudut kedua roda adalah sama  $\omega_1 = \omega_2$ . Selain itu juga dalam jam mekanik, hubungan roda atau gir yang berbeda ukuran dan bersinggungan satu sama lain sangat banyak dipakai. Tujuannya adalah untuk mengatur waktu putaran jarum jam. Mesin jahit mekanik atau pada sepeda. Kecepatan linier kedua roda adalah sama  $v_1 = v_2$  atau  $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$

Seorang pemain golf membuat gerakan melingkar saat memukul bola. Ini semua dilakukan agar energinya dapat secara efisien dapat disalurkan ke bola. Demikian juga pesenam, taekwondo, pesilat dan penari. Sering melakukan gerakan-gerakan memutar dan melingkar.

Gerak melingkar sudah sejak lama dipelajari ilmuwan, baik dari kalangan muslim maupun non muslim. Gerak melingkar ini terutama dipelajari pada gerak planet mengelilingi matahari. Diantara ilmuwan muslim yang terkenal yaitu :

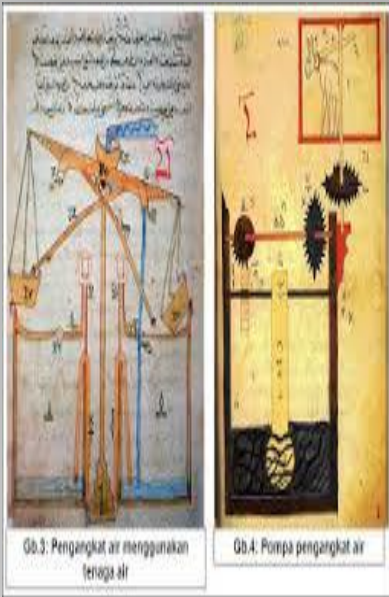
1. Ibnu Shatir

Salah satu ilmuwan muslim yang mempelajari gerak melingkar (episiklus) planet Merkurius. Karyanya ini, terutama persamaan matematis yang digunakan, sangat mempengaruhi Nicolas Copernicus dalam membuat model tata suryanya yang terenal.

2. Qutbuddin ash-Shirazi,

Qutbuddin ash-Shirazi adalah ilmuwan yang membuat model gerak melingkar (episiklus) planet. Episiklus adalah gerak melingkar planet menyusuri lingkaran yang lebih besar.

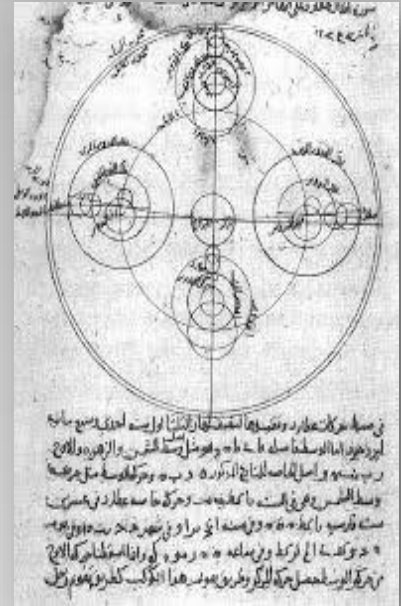
Dalam keteknikan, peradaban Islam memanfaatkan gerak melingkar dalam mesin seperti pompa air, jam air, dan alat-alat mekanik yang menggunakan gir sebagai penggerak. Salah satu contohnya adalah pompa air yang dirancang oleh Abdurrahman Al Jazari dalam buku mekaniknya.



Sumber: langitselatan.com  
(a)



Sumber: blogpenemu.com  
(b)



Sumber: mesjid-asri.com  
(c)

**Gambar 1.15** (a). Karya Ibnu Shatir yang menggambarkan gerak melingkar (episiklus) kemunculan Merkurius terhadap Bumi (b). Salah satu ilustrasi dalam karya Ash Shirazi (c). Konstruksi mesin pompa Al-Jazari menurut bukunya.

Selain itu juga, dalam keteknikan, gerak melingkar dapat ditemui pada gerak sebuah korsel di taman hiburan, gerak satelit pada orbitnya, gerak mesin pemutar sentrifugal (*medical centrifuge*), yang digunakan untuk memisahkan zat-zat kimiawi, *centrifuge training* untuk melatih pilot pesawat tempur, pemutar pada mesin cuci, gerak putar pada lengan robot, gerak gir mesin dan rotasi turbin. Jenis-jenis gerak tersebut merupakan contoh gerak melingkar dalam alat-alat teknologi. Gerak melingkar dari tiap alat tersebut, tentunya tidak dibuat secara sembarangan. Namun dihitung sedemikian rupa agar sesuai dengan kebutuhan. Bagaimana gerak melingkar dapat dihitung dan diukur? Tentunya dengan ilmu Fisika kita akan mengetahuinya.

Gerak melingkar memang menjadi jenis gerak yang mungkin paling banyak ditemukan, baik di alam semesta maupun dalam kehidupan sehari-hari. Gerak melingkar bukan saja gerak yang lintasannya berbentuk lingkaran, namun juga berupa elips atau yang bersifat orbital, yang kita kenal dalam matematika sebagai bagian dari keluarga “iris kerucut”.



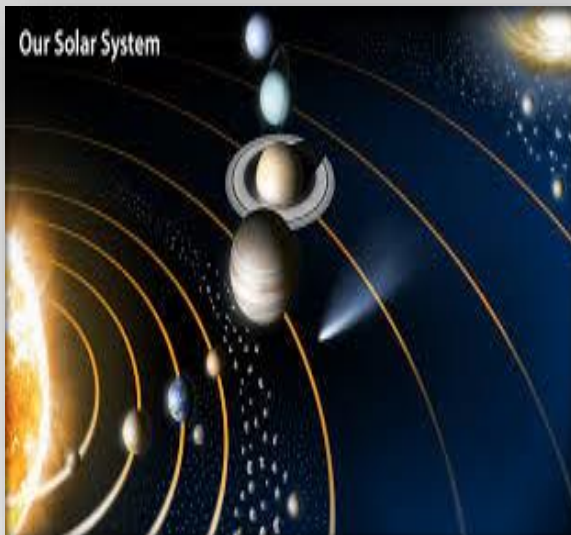
Sumber: Dokumen Pribadi

(a)



Sumber : perpuustakaancyber.com

(b)



Sumber: komidiputar-wordpresscom

(c)

### Gambar 1.16

Beberapa gerak melingkar yang ditemui di alam dan lingkungan kita.

(a) jam dinding, (b) komedi putar, (c) alam semesta, *centrifuge training*: alat untuk melatih pilot pesawat tempur. Calon pilot ditempatkan dalam ruangan yang diputar secara cepat, untuk melatih daya tahan tubuh terhadap manuver pesawat.

### Gerak Parabola

Setiap peluru yang akan dikirim ke pengguna, terlebih dahulu harus diukur dan dinyatakan lulus, artinya spesifikasi dan karakterisasi peluru baru tersebut standar. Salah satu parameter peluru yang perlu diukur dan diuji adalah *muzzle velocity* (kecepatan awal peluru) di mana pengukuran dan pengujiannya memanfaatkan gerak parabola.





**Gambar 1.17** Seseorang sedang melakukan tendangan bebas.

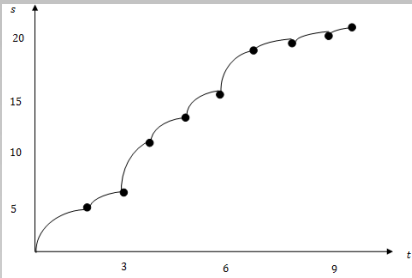
### Antara Olahraga dan Fisika

Seorang pemain sepak bola akan melakukan tendangan bebas. Beberapa pemain lawan berdiri merapat beberapa meter di depannya membentuk pagar betis untuk mengantisipasi arah bola. Sementara itu, penjaga gawang lawan berteriak-teriak mengatur teman-temannya untuk menutup celah yang mungkin dilalui melewati pagar betis bola ke gawangnya.

Setelah beberapa saat, tendangan bebas pun dilakukan dengan keras, melengkung ke atas melewati pagar betis pemain-pemain lawan. Penjaga gawang hanya melihat ke arah bola karena mengira bola itu akan jauh melewati mistar gawangnya. Namun ajaib! Ternyata bola itu masuk dengan deras ke sudut kiri atas gawangnya. Sang penjaga gawang hanya terkesima mengalami hal yang tak diduganya. Para penonton pun terpana dengan fenomena itu sehingga sebagian besar terlambat memberikan respon spontannya.

Dalam Fisika, hal itu bukanlah keajaiban. Gerak bola yang ditendang akan berbentuk parabola. Dengan kemahiran si penendang bola, fenomena Fisika biasa itu akan terlihat begitu fantastis termanfaatkan dengan baik.

### Pertumbuhan Kecambah



**Gambar 1.18** Kelajuan pertumbuhan tinggi kecambah

	Hari ke -									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tinggi Kecambah (cm)	-	5,7	7	12	14	15,5	19,5	19,7	19,9	20,7

Sumber : Pribadi

**Tabel 1.2** Pertumbuhan tinggi kecambah

Dari data tersebut kita dapat menentukan kelajuan rata-rata pertumbuhan tinggi kecambah dalam selang waktu 10 hari.

#### Contoh dalam kehidupan sehari-hari dari GLBB

Seorang penerjun (*sky diver*) yang meluncur jatuh dari sebuah pesawat pengangkut, seseorang yang merasakan ketegangan saat meluncur dalam permainan *bungie jumping*, atau saat kita mengamati buah kelapa yang jatuh ke tanah. Ketiga contoh tersebut adalah contoh gerak jatuh bebas. Benda yang jatuh tidak semata-mata jatuh, namun terdapat aturan atau hukum Allah SWT yang teratur bekerjanya.

Q.S Al an'am ayat 59:

وَعِنْدَهُ مَفَاتِحُ الْغَيْبِ لَا يَعْلَمُهَا إِلَّا هُوَ وَيَعْلَمُ مَا فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ  
 وَمَا تَسْقُطُ مِنْ وَرَقَةٍ إِلَّا يَعْلَمُهَا وَلَا حَبَّةٍ فِي ظُلْمَتِ الْأَرْضِ وَلَا  
 رَطْبٍ وَلَا يَابِسٍ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ٥٩

Artinya : “Dan kunci-kunci semua yang ghaib ada pada-Nya, tidak ada yang mengetahui selain Dia. Dia mengetahui apa yang ada di darat dan di laut. Tidak ada sehelai daun pun yang gugur yang tidak diketahui-Nya. Tidak ada sebutir biji pun dalam kegelapan bumi dan tidak pula sesuatu yang basah atau yang kering, yang tidak tertulis dalam Kitab yang nyata (Lauhul Mahfuzh)”.



## Rangkuman

1. Vektor posisi adalah vektor yang menyatakan kedudukan atau posisi benda pada bidang atau ruang koordinat.
2. Perpindahan didefinisikan sebagai perubahan kedudukan suatu benda

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$$

Sedangkan jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh benda dari posisi  $\mathbf{r}_1$  menuju posisi  $\mathbf{r}_2$ . Jarak adalah besaran skalar.

3. Kelajuan rata-rata partikel didefinisikan sebagai perbandingan jarak total yang ditempuh terhadap waktu total yang dibutuhkan.

$$\text{kelajuan rata-rata} = \frac{\text{jarak total}}{\text{waktu total}}$$

4. Kecepatan rata-rata ( $\mathbf{v}_{\text{rata-rata}}$ ) merupakan hasil bagi perpindahan ( $\Delta \mathbf{r}$ ) dengan selang waktu ( $\Delta t$ ). Kecepatan rata-rata dirumuskan:

$$\mathbf{v}_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1}$$

5. Kecepatan sesaat adalah kecepatan rata-rata untuk selang waktu mendekati nol. Secara matematis, hal ini dinyatakan dalam bentuk limit seperti berikut:

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \mathbf{v}_{\text{rata-rata}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

6. Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) perubahan vektor kecepatan sesaat  $\Delta \mathbf{v}$  terhadap selang waktu  $\Delta t$ . Percepatan rata-rata dirumuskan dengan:

$$\mathbf{a}_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{t_2 - t_1}$$

7. Percepatan sesaat ( $\mathbf{a}$ ) didefinisikan sebagai percepatan rata-rata untuk selang waktu mendekati nol. Secara matematis, percepatan sesaat dirumuskan dalam bentuk limit sebagai berikut:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

8. Gerak Lurus beraturan Artinya gerak benda yang lintasannya lurus dan kecepatannya tetap, sehingga nilai percepatannya nol karena kecepatannya tetap.

### 9. Gerak lurus Berubah Beraturan

Ada tiga persamaan penting dalam gerak lurus berubah beraturan, yaitu:

$$v = v_0 + a \Delta t$$

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 a s$$

Ada tiga variasi yaitu Gerak vertikal atas, Gerak vertikal bawah dan Gerak jatuh bebas.

### 10. Gerak parabola

Gerak parabola disebut juga gerak peluru dipengaruhi oleh beberapa hal:

Hambatan udara, Variasi percepatan gravitasi, Gerakan bumi.

Ketinggian maksimum  $h_m = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$

Waktu yang diperlukan untuk mencapai ketinggian maksimum  $T_m = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$

Jarak jangkauan maksimum  $R = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta$

Waktu yang diperlukan untuk mencapai jarak maksimum  $T = 2 T_m$

### 11. Gerak melingkar dengan kelajuan konstan

Partikel yang bergerak dengan jari-jari konstan dan kelajuan konstan memiliki

percepatan sentripetal sebesar  $a = \frac{v^2}{r}$

Kelajuan partikel tetap, akan tetapi arah gerak partikel berubah searah dengan lintasan partikel.

Partikel memiliki percepatan ke arah radial dan ke arah tangensial.

### 12. Gerak melingkar dengan jari-jari konstan

Pada gerak melingkar dengan jari-jari konstan  $R$  memiliki kecepatan sudut  $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

Kaitan antara kecepatan sudut dan kecepatan linearnya (kecepatan tangensialnya)  $v = \omega R$

Arah kecepatan linier searah dengan arah lintasan partikel

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

Partikel memiliki kecepatan linier atau percepatan tangensial yang arahnya sejajar lintasan partikel  $a_t$ .

$$a_t = \frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r\alpha$$

Pada gerak melingkar dengan kecepatan konstan berlaku:

$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha t$$

$$\theta = \theta_0 + \omega t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

## Evaluasi Bab Kinematika Gerak

## A. Pilihan Ganda

*Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!*

1. Seseorang mengendarai motor bergerak dengan persamaan lintasan  $x = 2t + t^3$  dengan  $x$  dalam meter dan  $t$  dalam sekon. Besar kecepatan motor saat  $t = 3$  sekon adalah....
  - A. 16 m/s
  - B. 20 m/s
  - C. 29 m/s
  - D. 30 m/s
  - E. 35 m/s
2. Mobil jamaah haji Indonesia dengan massa 800 kg bergerak lurus ke barat dengan kecepatan awal 36 km/jam setelah menempuh jarak 150 m kecepatan menjadi 72 km/jam. Waktu yang ditempuh mobil adalah ....
  - A. 5 sekon
  - B. 10 sekon
  - C. 17 sekon
  - D. 25 sekon
  - E. 35 sekon
3. Sebuah mobil bergerak lurus dengan vektor perpindahan  $\mathbf{r} = (2t^2\mathbf{i} + 6t\mathbf{j})\text{m}$ . Besar kecepatan mobil tersebut pada saat  $t = 2$  s adalah ....
  - A. 3 m/s
  - B. 4 m/s
  - C. 5 m/s
  - D. 8 m/s
  - E. 10 m/s
4. Sebuah partikel bergerak dengan percepatan  $a = 10 - t$ , dengan  $a$  dalam  $\text{m/s}^2$  dan  $t$  dalam s. Jika pada  $t = 0$  s kecepataannya nol, maka besar kecepatan partikel saat  $t = 2$  s adalah ....
  - A. 15 m/s
  - B. 10 m/s
  - C. 17 m/s
  - D. 20 m/s
  - E. 18 m/s
5. Sebuah perahu motor menyeberangi sungai dengan arah perahu tegak lurus terhadap arah arus sungai. Kecepatan perahu motor dan kecepatan arus sungai berturut-turut 0,4 m/s dan 0,3 m/s. Bila lebar sungai 60 m, maka perahu mencapai seberang dalam waktu....
  - A. 120 sekon
  - B. 150 sekon
  - C. 200 sekon
  - D. 300 sekon
  - E. 400 sekon

6. Sebuah titik materi dipengaruhi 2 gerak lurus beraturan sekaligus. Gerak (I) berkecepatan 4 m/s dan gerak (II) berkecepatan 4 m/s serta membentuk  $120^\circ$  terhadap arah gerak (I). Karena pengaruh kedua gerak itu, maka jenis gerak dan kecepatan benda adalah....
- gerak lurus beraturan dengan kecepatan 4 m/s
  - gerak lurus berubah beraturan dengan kecepatan 4 m/s
  - gerak lurus berubah beraturan dengan kecepatan  $4\sqrt{3}$  m/s
  - gerak lurus beraturan dengan kecepatan  $4\sqrt{3}$  m/s
  - gerak lurus berubah beraturan dengan kecepatan  $4\sqrt{3}$  m/s

7. Perhatikan data tabel di bawah ini!

No.	Gerak I	Gerak II
1.	Gerak lurus	Gerak lurus
2.	Gerak lurus	Gerak lurus beraturan
3.	Gerak lurus beraturan	Gerak lurus beraturan
4.	Gerak lurus berubah beraturan	Gerak lurus beraturan
5.	Gerak lurus berubah beraturan	Gerak lurus

Sebuah benda dipengaruhi oleh Gerak I dan Gerak II. Arah kedua gerak saling tegak lurus. Dari tabel jenis geraknya di atas, yang menghasilkan lintasan benda berbentuk parabola adalah nomor....

- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- 8.



Infounik.org

Seorang anak dan ibu membonceng motor yang dikemudikan oleh bapaknya. Motor bergerak dengan laju konstan seperti terlihat pada gambar di atas. Tiba-tiba anak tersebut melemparkan bola kecil lurus ke atas sementara motor terus berjalan lurus dengan laju konstan. Jika hambatan udara diabaikan, bola akan jatuh....

- di belakang motor
- di depan motor
- di tangan anak tersebut
- di samping kiri motor
- di samping kanan motor

9. Sebuah kelereng di putar dalam baskom berbentuk lingkaran berdiameter 1 m. Jika kelereng memutar pinggir baskom dengan kecepatan sudut 50 rpm, maka kecepatan linier kelereng adalah ....
- 50 m/s
  - $5\pi/3$  m/s
  - $5/2$  m/s
  - $5/6$  m/s
  - $5/12$  m/s
10. Sebuah proyektil ditembakkan dengan kecepatan awal 80 m/s dan sudut elevasi  $60^\circ$ . Ketinggian maksimum yang dicapai proyektil adalah ....
- 240 m
  - 260 m
  - 280 m
  - 300 m
  - 320 m

### B. Uraian

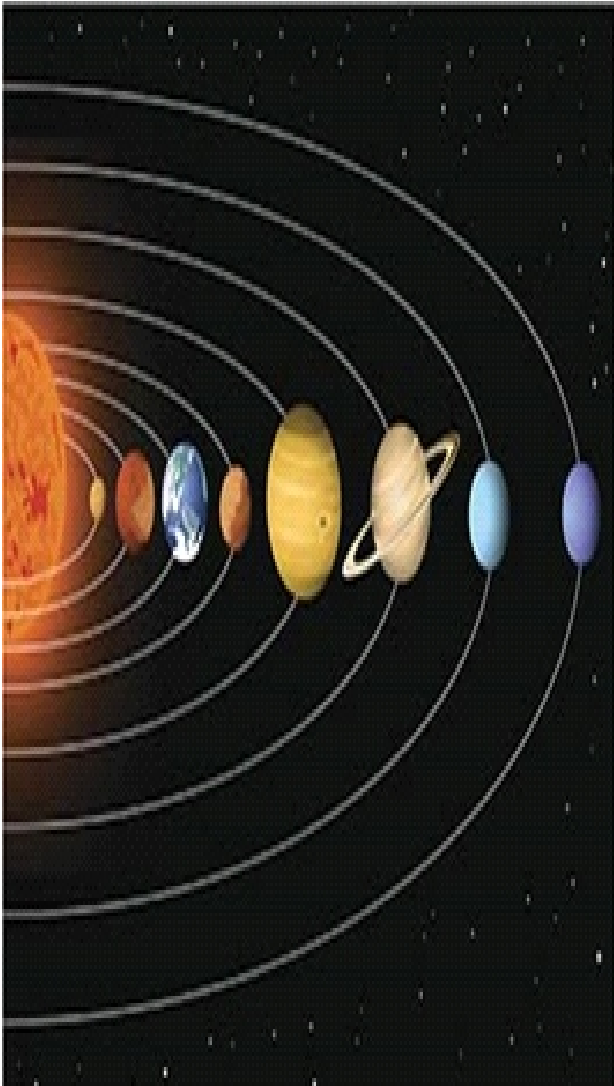
*Jawablah dengan tepat!*

- Karena terlambat bangun pagi dan ketinggalan bus, Putri terpaksa berlari terburu-buru ke sekolahnya. Ia berlari 600 m ke utara kemudian 800 m ke timur. Jika waktu yang dibutuhkan Putri adalah 0,25 jam, berapakah jarak dan perpindahan Putri? Tentukan pula kelajuan rata-rata dan kecepatan rata-rata yang dimiliki Putri!
- Suatu benda bergerak sepanjang sumbu-x mengikuti persamaan  $x = 2t^3 + 5t^2 - 5$ , dengan x dalam m dan t dalam s.
  - Tentukan persamaan kecepatan dan persamaan percepatan.
  - Tentukan posisi, kecepatan dan percepatan pada  $t = 2$  s
  - Tentukan kecepatan rata-rata serta percepatan rata-rata antara  $t = 2$  s dan  $t = 3$  s.
- Sebuah bola ditendang ke udara sehingga lintasannya berbentuk parabola. Jika kecepatan awalnya 30 m/s, sudut elevasinya  $45^\circ$  dan  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , Tentukanlah :
  - Ketinggian maksimum?
  - Waktu yang diperlukan untuk mencapai ketinggian maksimum?
  - Jarak jangkauan maksimum?
  - Waktu yang diperlukan untuk mencapai jarak maksimum?
- Sebuah benda bergerak melingkar dengan kecepatan sudut  $\omega = (2t^2 - 3t + 6) \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ . Tentukan besar percepatan sudut rata-ratanya dalam selang waktu  $t = 1$  s sampai  $t = 3$  s ?
- Untuk memecahkan rekor dunia, seorang drag racer memacu mobilnya dengan diameter ban 40 cm agar bergerak dari diam menjadi 56 m/s dalam waktu 2 s. Hitunglah percepatan mobil dan percepatan sudut dari ban serta telah berputar berapa kalikah ban dalam waktu 10 sekon?



# 2

## HUKUM GRAVITASI NEWTON



Sumber: science.howstuffwork.com



Sumber:Dokumen Pribadi

"Penciptaan alam semesta merupakan manifesta (perwujudan) kekuasaan Sang Pencipta dan bukan sesuatu yang harus ditolak dengan alasan yang dicari-cari oleh akal manusia."

*Abu rayhan Al-Biruni, Kitab Tahdid Hikayah Al-Makkan. (Ahli Fisika, Geografi, Astronomi, Filsafat, Matematika, dll).*

### **Standar Kompetensi :**

3. Menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan mekanika benda titik.

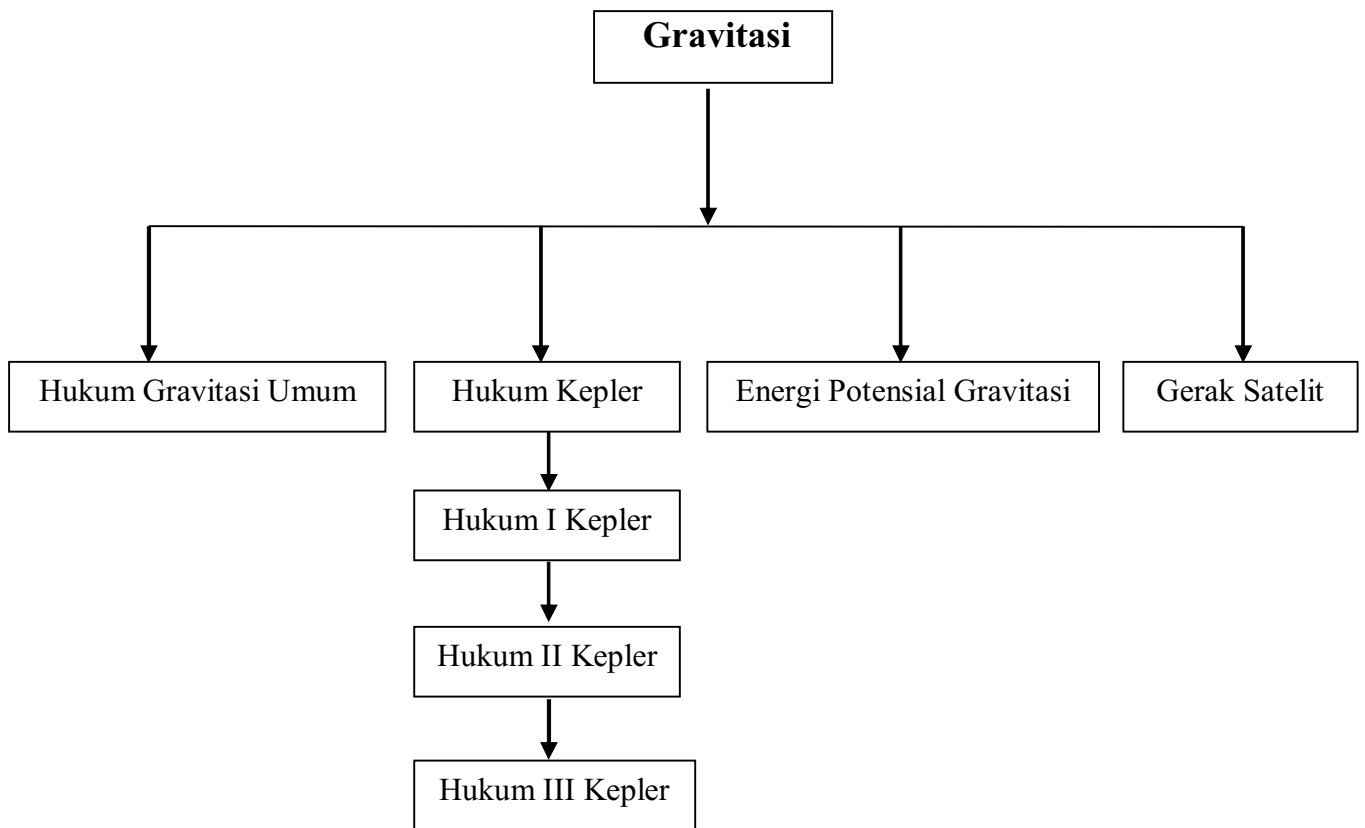
### **Kompetensi Dasar :**

- 3.1 Menganalisis keteraturan gerak planet dalam tata surya berdasarkan hukum-hukum Newton.

### **Indikator :**

1. Menganalisis hubungan antara gaya gravitasi dengan massa benda dan jaraknya.
2. Menghitung resultan gaya gravitasi pada benda titik dalam suatu sistem.
3. Membandingkan percepatan gravitasi dan kuat medan gravitasi pada kedudukan yang berbeda.
4. Menganalisis gerak planet dalam tata surya berdasarkan hukum Kepler.

## PETA KONSEP



## KATA KUNCI

Hukum Gravitasi Newton, Kepler, Energi Potensial Gravitasi, Medan Gravitasi, Gerak Satelit

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



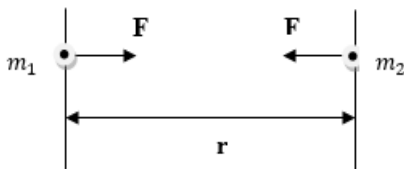
Sumber: hmolpedia.com

Gambar 2.1 Al Biruni

### A. Gravitasi

#### 1. Hukum Gravitasi Umum

Al Biruni telah mendahului Newton dalam menemukan hukum gravitasi, dialah yang pertama kali mengkritik pandangan Aristoteles yang menyatakan bahwa pusat gravitasi bersifat ganda yaitu inti bumi untuk unsur tanah dan air, dan langit untuk udara dan air. Menurut Al Biruni, pusat gravitasi itu satu yaitu pusat bumi. Adapun yang menyebabkan satu unsur itu melayang dan yang lain tenggelam adalah berat jenis yang berlainan. Atas eksperimen-eksperimen yang intensif itu, Al Biruni juga telah berhasil menentukan gravitasi spesifik (*specific gravity*) bagi lebih dari dua puluh unsur kimia. Selain itu pula, Al Biruni berhasil mengukur keliling bumi secara matematis dengan menggunakan rumus-rumus trigonometri. Fakta ini sekaligus menunjukkan bahwa Al Biruni, pada awal abad ke-11, telah memahami bahwa bumi ini bulat, mendahului Vasco Da Gama atau Columbus.



Gambar 2.2 Dua benda titik bermassa  $m$  yang terpisah sejauh  $r$ .

Setelah kita mengetahui salah satu tokoh Islam yang menemukan hukum gravitasi. Mari kita lihat kembali ungkapan hukum Newton yang kedua untuk benda yang jatuh ke bawah gaya yang bekerja pada benda dinamakan gaya gravitasi. Percepatan yang dialami benda disebabkan oleh gaya gravitasi, sehingga percepatan benda tersebut disebut percepatan gravitasi. Berapa besarnya dan bagaimana arahnya? Lihatlah terlebih dahulu apa yang disebut sebagai gaya gravitasi.

Newton menggunakan ide massa dan gravitasi untuk mengembangkan hukum gravitasi pada dua benda titik bermassa. Perhatikan Gambar 2.2.

Newton menyajikan dua benda titik bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  yang terpisah sejauh  $r$ . Setiap massa saling tarik-menarik dengan gaya  $F$  (sesuai hukum Newton yang ketiga bahwa dua benda titik bermassa mengadakan gaya aksi dan reaksi sama besar, tetapi dengan arah berlawanan satu sama lain).

Dari diagram pada Gambar 2.2, Newton menyatakan hukum gravitasi umum sebagai berikut:

“Tiap partikel di jagat raya menarik tiap partikel lain dengan gaya yang besarnya sebanding dengan perkalian massa dua partikel tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak keduanya. Arah gaya terletak sepanjang garis lurus yang menghubungkan kedua partikel tersebut”. Hukum gravitasi umum Newton (*Principia*, 1687).

Setiap partikel benda akan berinteraksi dengan setiap partikel pada benda lain dan kita harus menjumlahkan semua gaya-gaya yang bekerja pada kedua benda.

Bagaimana Newton mengaplikasikan hukum gravitasinya terhadap benda langit, seperti bumi dan bulan yang merupakan benda titik?

Newton mampu membuktikan bahwa gaya pada bola seragam yang saling tarik-menarik akan sama jika massa kedua benda itu terkonsentrasi pada titik pusatnya (perbandingan jari-jari kedua benda lebih besar daripada jarak kedua benda dari titik pusat massanya. Perhatikan Gambar 2.3.

Berdasarkan hukum gravitasi umum Newton, maka :  
 gaya  $\sim$  perkalian antarmassa atau  $F \sim m_1 m_2$

Gaya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak atau  $F \sim \frac{1}{r^2}$   
 oleh karena itu :

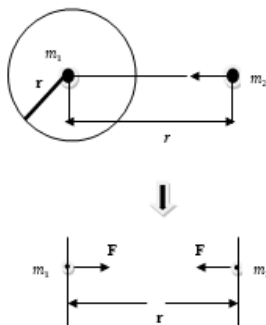
$$F \sim \frac{m_1 m_2}{r^2} \tag{2.1}$$

### MENGINGAT

Hukum gravitasi umum

Newton (*Principia*, 1687):

“Tiap partikel di jagat raya menarik tiap partikel lain dengan gaya yang besarnya sebanding dengan perkalian massa dua partikel tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak keduanya. Arah gaya terletak sepanjang garis lurus yang menghubungkan kedua partikel tersebut”.



**Gambar 2.3** Gaya pada bola seragam (anggapan untuk bumi dan benda langit lainnya) dan benda titik adalah sama jika massa bola seragam terkonsentrasi pada titik pusat massanya.

Agar persamaan tersebut lengkap, masukkan sebuah konstanta gravitasi  $G$ . Kita juga bubuhi tanda negatif karena arah gaya gravitasi saling tarik-menarik.

$$\mathbf{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \tag{2.2}$$

Persamaan 2.2 dinamakan hukum gravitasi umum karena konstanta gravitasi  $G$  diyakini berlaku di seluruh alam semesta dengan nilai yang sama, yaitu  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ .

Dari persamaan hukum gravitasi umum, dapat ditarik butir-butir penting, yaitu sebagai berikut:

- a. Kedua massa benda sangat penting.
- b. Semakin jauh dari planet, semakin kecil gaya tariknya. Dua kali jarak menghasilkan  $\frac{1}{4}$  kali tarikan gaya gravitasi. Hal itu juga disebut hukum kuadrat terbalik.
- c. Jarak  $R$  diukur dari benda yang menarik ke dalam sehingga ketentuan tanda  $F$  bernilai negatif.
- d. Jarak  $R$  diukur dari titik pusat massa benda satu ke titik pusat massa benda lainnya. Dengan benda pertama akan mengalami gaya tarikan ke arah benda kedua dan benda kedua akan mengalami gaya tarikan ke arah benda pertama. Besar gaya yang dialami benda pertama sama dengan gaya yang dialami benda kedua, yaitu sesuai hukum aksi reaksi. Benda pertama memberikan gaya gravitasi ke benda kedua, benda kedua memberikan reaksi dengan memberikan gaya gravitasi yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan. Jadi tanda negatif (-) menunjukkan kedua massa tarik-menarik.

Gaya gravitasi antara dua benda pertama kali diukur oleh **Henry Cavendish** pada tahun 1798, seratus tahun setelah Newton mengemukakan hukum-hukum fisiknya.

Dalam pengukurannya, Cavendish menggunakan peralatan yang selanjutnya dikenal sebagai neraca Cavendish.

Cavendish tidak hanya memperkuat temuan Newton bahwa dua benda saling tarik-menarik, tetapi ia juga berhasil menentukan nilai tetapan gravitasi, yaitu:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$$

Gayagravitasi merupakan besaran vektor. Penjumlahan beberapa gaya gravitasi yang bekerja pada benda harus menggunakan kaidah penjumlahan vektor.

Allah berfirman dalam Q.S Maryam ayat 25:

وَهَزَىٰ إِلَيْكَ بِجِذْعِ النَّخْلَةِ تُسْقِطُ عَلَيْكَ رَطْبًا جَنِيًّا ۝

Artinya: “ Dan goyanglah pangkal pohon kurma itu ke arahmu, niscaya pohon itu akan menggugurkan buah kurma yang masak kepadamu”.

Dalam ayat tersebut mempunyai makna yang dalam dan luas terhadap hukum gravitasi Newton. Saat menggoyangkan pohon kurma, maka buahnya akan jatuh kebawah. Mengapa buah

kurma jatuh ke bawah? Mengapa tidak semua buah kurma itu jatuh? Dalam Q.S Maryam ayat 25, dijelaskan bahwa yang jatuh adalah buah kurma masak. Ilmu Allah dalam ayat tersebut merupakan kemukjizatan terhadap hukum gravitasi yang dikemukakan oleh ilmuwan Newton. Mengapa ada kemukjizatan dalam Al Qur'an? Ilmu Allah tentang gravitasi, dituliskan dalam Al Qur'an ribuan tahun yang lalu sebelum Newton mendapat inspirasi untuk menemukannya, seperti rumus persamaan di atas.

Benda yang massanya lebih besar akan menarik benda yang massanya kecil. Jadi kurma jatuh ke permukaan karena mendapat gaya tarik bumi, demikian juga apel jatuh, lampu jatuh, orang yang terpeleset akan jatuh ke permukaan bumi.

## Contoh Soal 1:

Hitunglah besar gaya tarik gravitasi antara dua benda yang masing-masing bermassa 3 kg dan 4 kg jika diketahui jarak antara keduanya 50 cm!

Penyelesaian :

Massa benda  $m_1 = 3$  kg dan  $m_2 = 4$  kg

Jarak =  $r = 50$  cm = 0,5 m

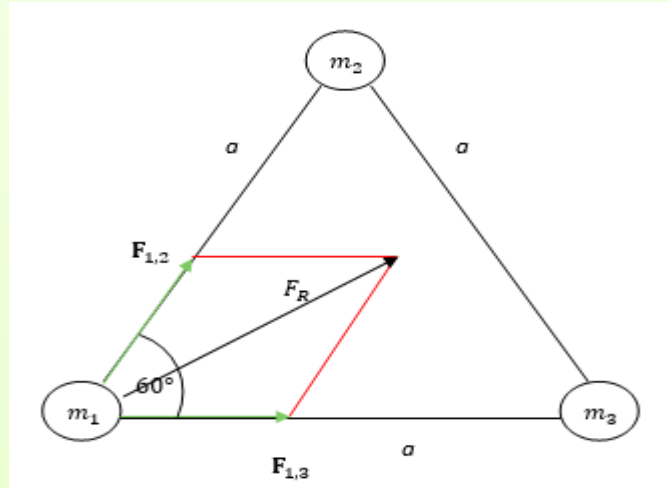
Untuk menghitung gaya tarik gravitasi digunakan Persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \mathbf{F} &= G \frac{m_1 m_2}{r^2} \\ &= 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2 \frac{(3 \text{ kg})(4 \text{ kg})}{(0,5\text{m})^2} \\ &= 3,2 \times 10^{-9} \text{ N} \end{aligned}$$

Terlihat bahwa gaya tarik gravitasi yang terjadi antara kedua benda tersebut nilainya sangat kecil.

## Contoh Soal 2:

Tiga benda masing-masing bermassa  $m$  membentuk formasi segitiga sama sisi, dengan panjang sisi  $a$ . Jika konstanta gravitasi umum adalah  $G$ , rumuskan besar gaya gravitasi pada massa  $m_1$ !



Penyelesaian :

Diketahui  $m_1 = m_2 = m_3 = m$ ,  $R = a$ . Dibuat skema Gambar di atas untuk menentukan gaya gravitasi pada massa  $m_1$ . Untuk segitiga sama sisi,  $\theta = 60^\circ$ . Gaya gravitasi merupakan besaran vektor sehingga berlaku penjumlahan vektor.

Gaya gravitasi pada  $m_1$  akibat massa  $m_2$  adalah :

$$\mathbf{F}_{1,2} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = G \frac{m^2}{r^2}.$$

Besar gaya gravitasi pada  $m_1$  akibat massa  $m_3$  sama besar dengan gaya gravitasi yang diakibatkan oleh massa  $m_2$  yaitu:

$$\mathbf{F}_{1,3} = G \frac{m_1 m_3}{r^2} = G \frac{m^2}{r^2}.$$

Besar gaya gravitasi resultan pada massa  $m_1$  dapat ditentukan dengan persamaan cosinus :

$$\begin{aligned} \mathbf{F} &= \sqrt{\mathbf{F}_{1,2}^2 + \mathbf{F}_{1,3}^2 + 2(\mathbf{F}_{1,2})(\mathbf{F}_{1,3}) \cos 60^\circ} \\ &= \sqrt{\left(G \frac{m^2}{a^2}\right)^2 + \left(G \frac{m^2}{a^2}\right)^2 + 2 \left(G \frac{m^2}{a^2}\right) \left(G \frac{m^2}{a^2}\right) \left(\frac{1}{2}\right)} \\ &= \sqrt{3 \left(G \frac{m^2}{a^2}\right)^2} \\ &= \left(G \frac{m^2}{a^2}\right) \sqrt{3} \text{ N} \end{aligned}$$





Setelah mempelajari teori gravitasi Newton. Coba amati, adakah kegiatan yang menerapkan pengetahuan tersebut! Jika mengalami kesulitan karena sendirian, bergabunglah dengan beberapa teman. Konsultasikan kepada guru.

### MENINGAT

Medan gravitasi didefinisikan sebagai daerah yang masih mendapat pengaruh gaya gravitasi.

## 2. Medan Gravitasi

Medan gravitasi didefinisikan sebagai daerah yang masih mendapat pengaruh gaya gravitasi.

Untuk menyatakan medan gravitasi secara kuantitas, lemah atau kuat, maka diperkenalkan konsep kuat medan gravitasi. Konsep itu sering disebut juga percepatan gravitasi bumi  $g$ . Nilai dari  $g$  adalah  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Untuk lebih jelas bagaimana kuatnya besaran  $g$ , dapat ditulis bahwa besar  $g$  sebagai  $9,8 \text{ N/kg}$ . Artinya, setiap  $1 \text{ kg}$  massa sebuah benda mengalami gaya gravitasi sebesar  $9,8 \text{ N}$ . Hubungan tersebut juga dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\mathbf{F} = m \mathbf{g} \quad (2.3)$$

Kuat medan gravitasi  $\mathbf{g}$  pada sebuah titik di dalam medan gravitasi didefinisikan sebagai gaya  $\mathbf{F}$  persatuan massa yang dialami oleh benda titik itu. Kuat medan  $\mathbf{g}$  adalah besaran vektor karena gaya per satuan massa dan memiliki arah ke pusat massa benda. Dalam hal ini kita dituliskan kuat medan dalam bentuk skalar  $g$ .

Persamaan 2.3 dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$g = \frac{\mathbf{F}}{m} \quad (2.4)$$

Dengan  $F$  adalah gaya gravitasi yang dialami benda dan  $m$  adalah massa benda. Satuan dari kuat medan gravitasi adalah  $\text{N/kg}$  dan ekuivalen dengan satuan  $\text{m/s}^2$  karena berdimensi sama.

Kitadapat menggunakan definisi kuat medan gravitasi di atas untuk mencari kuat medan gravitasi disebuah benda titik bermassa (atau bola bermassa). Gaya gravitasi antara dua benda titik bermassa diberikan oleh persamaan 2.2, yaitu :

$$\mathbf{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Karena membahas medan gravitasi bumi, maka diganti  $m_1$ , sebagai massa bumi  $M$ . Adapun  $m_2$  sebagai massa benda titik  $m$  dan  $r$  adalah jarak benda ke pusat massa bumi. Dengan demikian, persamaan 2.2 dituliskan :

$$\mathbf{F} = -G \frac{Mm}{r^2} \quad (2.5)$$

Maka, kuat medan gravitasi  $g$  akibat massa bumi  $M$  pada jarak  $R$  dari pusat massa bumi adalah:

$$g = \frac{F}{m} = -G \frac{Mm}{r^2 m} = -G \frac{M}{r^2} \quad (2.6)$$

Karenagaya adalah besaran vektor maka medan gravitasi juga merupakan besaran vektor. Dengan demikian, kita perlu mengetahui besar dan arahnya. Besar medan gravitasi atau percepatan gravitasi  $g$  kita hitung sebagai berikut.

Diketahui massa bumi ( $M$ ) =  $5,97 \times 10^{24}$  kg

Jari-jari bumi ( $r$ ) =  $6,37 \times 10^6$  m

$$\begin{aligned} g &= -G \frac{M}{r^2} \\ &= \frac{(6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2})(5,97 \times 10^{24} \text{ kg})}{(6,37 \times 10^6 \text{ m})^2} \\ g &= 9,8 \text{ m/s}^2 \text{ (mengarah ke pusat bumi)} \end{aligned}$$

Besar medan gravitasi  $g$  tidak konstan dan berkurang seiring perubahan jarak  $r$  dari pusat bumi (atau ketinggian tempat). Besar medan gravitasi  $g$  terhadap jarak sesuai dengan hukum kuadrat terbalik, besar medan gravitasi  $g$  akan berkurang empat kali lipat jika jarak dari pusat bumi adalah dua kali lipat  $r$ . Di dekat permukaan bumi, besar  $g$  sekitar 9,81 N/kg. Walaupun mendaki Gunung everest setinggi 8,85 km dari permukaan laut, medan gravitasi hanya berkurang 0,3%.

Lihat contoh Soal 3 berikut.

## Contoh Soal 3:

Pada puncak Gunung Everest setinggi 8,85 km dari permukaan laut, tentukanlah percepatan gravitasi di tempat itu! Diketahui jari-jari bumi adalah  $6,37 \times 10^6$  m.

Penyelesaian:

Diketahui:  $h = 8,85$  km;  $r = 6,37 \times 10^6$  m.

Ditanya:  $g_p$ ?

Jawab:

Di puncak gunung, jarak ke pusat bumi menjadi  $r' = h + r$

Gunakan persamaan 2.5 untuk mengetahui besar gaya gravitasi pada puncak gunung

$$\mathbf{F} = G \frac{Mm}{(r+h)^2} \quad \dots (1)$$

Adapun percepatan gravitasi di puncak  $g_p$  adalah

$$\mathbf{F} = m\mathbf{g}_p \quad \dots (2)$$

Substitusi Persamaan (1) ke persamaan (2)

$$\mathbf{F} = G \frac{Mm}{(r+h)^2} = m\mathbf{g}_p \text{ sehingga } g_p = G \frac{Mm}{(r+h)^2}$$

Keluarkan  $R^2$

$$g_p = G \frac{Mm}{(r+h)^2} = \left( \frac{Gm}{r^2} \right) \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{r}\right)^2}$$

Gunakan  $g = \frac{Gm}{R^2}$

$$g_p = \frac{g}{\left(1 + \frac{h}{r}\right)^2}$$

Masukkan nilai-nilai yang diketahui

$$g_p = \frac{9,81 \text{ m/s}^2}{\left(1 + \frac{8.850 \text{ m}}{6,37 \times 10^6 \text{ m}}\right)^2} = 9,78 \text{ m/s}^2$$

Jadi, besar percepatan gravitasi di puncak Gunung Everest adalah  $9,78 \text{ m/s}^2$

# Aktivitas

## Percepatan Gravitasi

### A. Alat dan Bahan

1. *Stopwatch*
2. Selembaar kertas
3. Sebuah batu
4. Sebuah buku tebal

### B. Langkah Kegiatan

1. Jatuhkan selembaar kertas dan sebuah batu dari ketinggian yang sama.
2. Hitunglah waktu jatuh untuk kertas dan batu ke permukaan tanah menggunakan *stopwatch*.
3. Ulangi langkah 1 dengan meremas kertas sampai memadat seperti batu. Hitunglah waktunya dengan *stopwatch*.
4. Ulangi langkah 1 dengan meletakkan selembaar kertas di atas buku tebal. Lebar kertas harus lebih kecil dari lebar buku. Hitunglah waktunya dengan *stopwatch*.
5. Bandingkan waktu yang diperlukan oleh batu dan kertas pada semua perlakuan.
6. Buatlah kesimpulan dan presentasikan hasil aktivitas tersebut di depan kelas.

### C. Tabel Data Hasil Percobaan

No.	Tinggi h(m)	Waktu Selembaar Kertas t (s)	Waktu Batu t (s)	Waktu Kertas yang diremas t (s)	Waktu Kertas di atas buku tebal t (s)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

#### D. Kesimpulan

### MENINGAT

Ketiga Hukum Kepler adalah

a. Hukum pertama

Orbit tiap-tiap planet berbentuk elips dengan matahari terletak pada salah satu titik Fokusnya.

b. Hukum kedua

Garis yang menghubungkan antara matahari dan planet menyapu luasan yang sama pada selang waktu yang sama.

c. Hukum ketiga

Kuadrat periode suatu planet sebanding dengan pangkat tiga sumbu semimayor orbit planet.

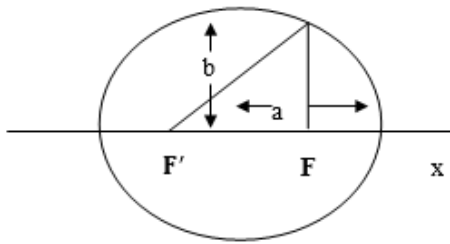
## B. Hukum Kepler

Menjelang akhir abad ke enam belas, astronomi Tycho Brahe mempelajari gerakan planet dan membuat pengamatan yang dibuat lebih tepat dibandingkan model-model yang telah ada terlebih dahulu. (hubungan Kepler dengan Brahe) Dengan menggunakan data dari Brahe, Johannes Kepler, setelah banyak mencoba, menemukan bahwa lintasan planet mengelilingi matahari sebenarnya adalah elips. Ia juga menunjukkan bahwa planet tidak bergerak dengan kelajuan konstan tetapi bergerak lebih cepat ketika dekat dengan matahari dibandingkan bila lebih jauh. Akhirnya, Kepler mengembangkan hubungan matematika yang tepat antara periode planet dan jarak rata-ratanya dari matahari. Kepler menyatakan hasilnya dalam tiga hukum empiris tentang gerakan planet. Pada akhirnya, hukum-hukum ini merupakan dasar bagi penemuan Newton tentang hukum Gravitasi.

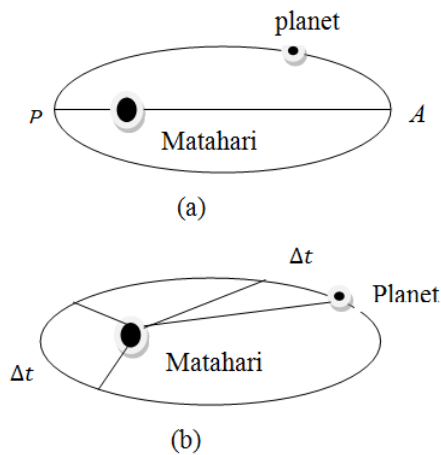
Ketiga Hukum Kepler adalah

a. Hukum pertama

Orbit tiap-tiap planet berbentuk elips dengan matahari terletak pada salah satu titik Fokusnya.



**Gambar 2.4** Sebuah elips adalah tempat kedudukan titik-titik di mana jumlah jarak dari dua titik Fokus **F** adalah konstan. Gambar semacam itu dapat diperoleh dengan mengikatkan tali pada titik Fokus dan menggunakannya untuk mengatur sebuah pensil (ditunjukkan di *M*) untuk mendapatkan elips tersebut. Jarak *a* dinamakan sumbu semimayor, dan *b* dinamakan sumbu semiminor elips. Jika titik-titik Fokus berimpit, *a* dan *b* adalah sama dan elips menjadi lingkaran.



**Gambar 2.5** (a) Lintasan planet yang eliptis dengan matahari di salah satu titik Fokusnya. Titik *P*, di mana planet paling dekat dengan matahari, dinamakan perihelion, dan titik *A* di mana ia paling jauh, dinamakan aphelion. Jarak rata-rata antara planet dan matahari sama dengan sumbu semimayor. (b) Ketika planet dekat dengan matahari, ia bergerak lebih cepat dibandingkan ketika ia jauh. Luasan yang disapu dalam selang waktu tertentu adalah sama.

b. Hukum kedua

Garis yang menghubungkan antara matahari dan planet menyapu luasan yang sama pada selang waktu yang sama.

c. Hukum ketiga

Kuadrat periode suatu planet sebanding dengan pangkat tiga sumbu semimayor orbit planet.

Gambar 2.4 menunjukkan sebuah **elips**. Titik yang diberi nama **F** dan **F'** dinamakan titik Fokus. Jarak *a* dinamakan sumbu semimayor, dan *b* dinamakan semiminor. Anda dapat menggambar sebuah elips dengan mengambil sepotong tali, mematok masing-masing ujung disebuah titik fokus (misalnya dengan paku payung), dan menggunakannya untuk mengatur pensil seperti ditunjukkan pada gambar. Bila titik fokus digerakkan saling mendekat, elips mula menyerupai lingkaran. Sesungguhnya, sebuah lingkaran adalah kasus istimewa dari elips di mana kedua titik fokusnya berimpit. Gambar 2.5a menunjukkan lintasan elips dari planet dengan matahari dengan salah satu titik fokusnya. Titik *P*, di mana planet paling dekat dengan matahari, dinamakan perihelion, sedangkan titik *A*, jarak terjauh dinamakan aphelion. Orbit bumi adalah hampir melingkar, dengan jarak ke matahari pada perihelion adalah 91,5 juta mil dan pada aphelion adalah 94,5 juta mil. Sumbu semimayor sama dengan separo jumlah jarak-jarak ini, yaitu 93 juta mil untuk orbit bumi. Ini ternyata sama dengan jarak rata-rata dari bumi ke matahari selama orbitnya.

Gambar 2.5b menjelaskan hukum kedua Kepler, hukum luasan yang sama. Sebuah planet bergerak lebih cepat ketika lebih dekat dengan matahari dibandingkan ketika lebih jauh. Hukum luasan sama berhubungan dengan kekekalan momentum angular.

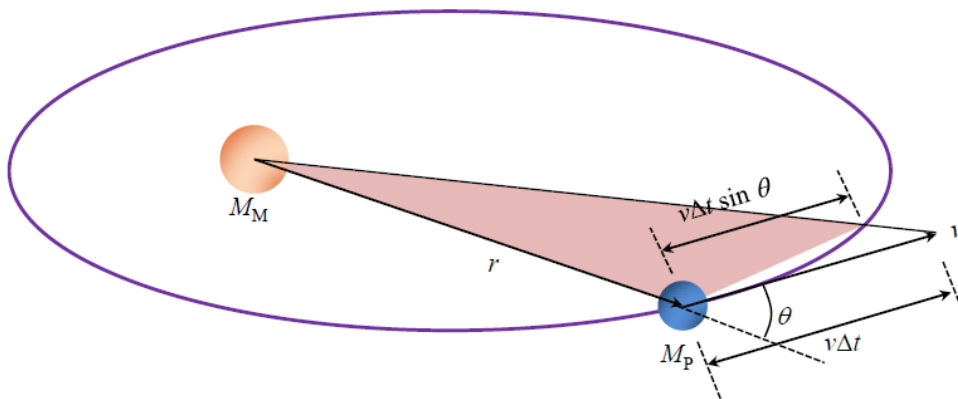
Selama selang waktu  $\Delta t$  planet menyapu daerah yang diarsir. Hitung luas daerah yang diarsir :

- Kecepatan planet saat itu adalah  $v$  dan menyinggung lintasan.
- Jika planet bergerak lurus mengikuti arah kecepatan, maka jarak tempuh planet selama selang waktu  $\Delta t$  adalah  $v\Delta t$ .
- Adanya tarikan matahari sehingga lintasan planet membelok mengikuti lengkungan elips. Akibatnya selama selang waktu  $\Delta t$  planet hanya menempuh jarak lengkung elips yang panjangnya sama dengan  $v\Delta t \sin\theta$ . Kedua panjang tersebut menjadi persis sama jika diambil  $\Delta t \rightarrow 0$ . Disini  $\theta$  adalah sudut yang dibentuk oleh vektor jari-jari dengan vektor kecepatan planet.
- Daerah yang disapu berbentuk segitiga. Panjang alas segitiga kira-kira sama dengan  $v\Delta t \sin\theta$  dan tingginya kira-kira sama dengan jari-jari orbit planet. Jadi luas daerah yang disapu planet selama  $\Delta t$  adalah :

$$\begin{aligned} \Delta A &= \frac{1}{2} \times \text{panjang} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times r \times v\Delta t \sin\theta \\ &= \frac{1}{2M_r} (M_r r v \Delta t \sin\theta) \Delta t \end{aligned} \tag{2.7}$$

Momen gaya yang bekerja pada planet akibat gaya gravitasi matahari adalah :

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\tau} &= \mathbf{r} \times \mathbf{F} \\ &= \mathbf{r} \times \left( -G \frac{Mm}{r^2} \mathbf{r} \right) \\ &= -G \frac{Mm}{r^2} \mathbf{r} \times \mathbf{r} = 0 \end{aligned} \tag{2.8}$$



Gambar 2.6 Sketsa untuk membuktikan Hukum Kepler II.



Karena momen gaya nol maka momentum sudut planet konstan atau kekal. Momentum sudut planet yang mengitari matahari adalah :

$$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} \quad (2.9)$$

Besarnya momentum sudut adalah :

$$\begin{aligned} L &= r p \sin \theta \\ &= r M v \sin \theta \end{aligned} \quad (2.10)$$

Substitusi persamaan 2.10 dan persamaan 2.7 didapatkan:

$$\Delta t = \frac{L}{2M} \Delta t \quad (2.11)$$

Karena  $L$  konstan untuk tiap planet maka persamaan di atas menyatakan bahwa untuk satu planet luas daerah yang disapu berbanding lurus dengan selang waktu. Dengan kata lain : "*Garis yang menghubungkan antara matahari dan planet menyapu luasan yang sama pada selang waktu yang sama*". Hal tersebut merupakan pembuktian dari Hukum kedua Kepler.

Hukum ketiga Kepler menghubungkan periode tiap planet dengan jarak rata-ratanya ke matahari, yang sama dengan sumbu semimayor lintasan eliptisnya. Dalam bentuk aljabar, jika  $r$  adalah jarak rata-rata antara planet dan matahari dan  $T$  adalah periode revolusi planet, maka hukum ketiga Kepler menyatakan bahwa

$$\begin{aligned} T^2 &= C r^3 \\ C &= \frac{T^2}{r^3} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Dengan konstanta  $C$  suatu tetapan yang nilainya berbanding terbalik dengan massa Matahari. Apabila setengah sumbu panjang orbit Bumi disepakati sebagai 1 SA (SA singkatan dari satuan astronomis), dan kala revolusi dinyatakan dengan satu tahun bumi, maka  $C = 1$ . Akan tetapi,  $C$  dapat dinyatakan dalam bentuk yang lain yaitu

$$C = (365,5 \times 24 \text{ jam})^2 / 1 \text{ SA}^3 \approx 7694784,0 \text{ jam}^2 / \text{SA}^2$$



Sumber : Dokumen Pribadi

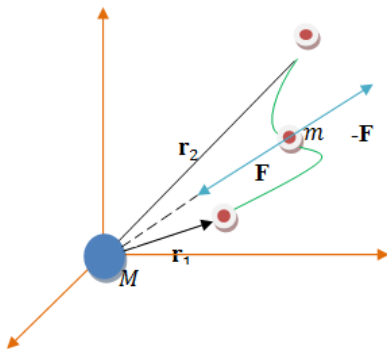
**Gambar 2. 7** Pergantian pagi, siang dan malam adalah bentuk keteraturan di tata surya. Keteraturan ini disebabkan adanya gravitasi yang bekerja pada tiap-tiap anggota tata surya.

**Tabel 2.1** Data Planet

Planet	Periode (tahun)	Setengah sumbu Panjang	Eksentrisitas
Merkurius	0.241	0.387	0.206
Venus	0.615	0.723	0.007
Bumi	1.000	1.000	0.017
Mars	1.881	1.524	0.093
Yupiter	11.86	5.203	0.048
Saturnus	29.46	9.539	0.056
Uranus	84.01	19.18	0.047
Neptunus	164.8	30.06	0.009

Sumber : Panduan Fisika 2A karangan Bagus Raharja

Dengan mengukur setengah sumbu panjang orbit atau jarak rata-rata suatu planet orang dapat menghitung kala revolusi planet itu. Atau sebaliknya, dengan mengukur kala revolusi suatu planet orang dapat menghitung jarak rata-rata planet itu dari matahari.



**Gambar 2.8** Diagram untuk mendapatkan usaha dalam rangka memindahkan benda uji di dalam medan gravitasi yang berasal dari benda bermassa  $M$ .

### C. Energi Potensial Gravitasi

Karena gaya tarik menarik gravitasi, maka jika ada dua benda dengan massa  $m_1$  dan  $m_2$  terletak terpisah dengan jarak  $r$  memiliki kemampuan untuk melakukan kerja. Oleh karena itu benda tersebut memiliki energi potensial. Gaya gravitasi yang diungkapkan oleh persamaan 2.20 merupakan gaya lestari atau konservatif. Gaya lestari yaitu usaha yang dilakukan oleh gaya sepanjang suatu benda yang bergerak tidak bergantung pada titik pangkal dan titik ujung lintasan yang dilalui oleh benda itu, maka jika lintasan benda itu berupa lintasan tertutup, maka titik ujung sama dengan titik pangkal dan usahanya sama dengan nol. Jadi gaya lestari dapat pula dipahami sebagai gaya yang usahanya pada suatu benda yang beredar pada suatu lintasan tertutup selalu nol.

Perhatikan Gambar 2.8. Gambar tersebut dijelaskan bahwa sebuah benda bermassa  $M$  ditempatkan di pangkal koordinat dan sebuah benda uji bermassa  $m$  diletakkan sejauh  $r$ . Andaikan usaha  $W$  harus dilakukan dalam upaya memindahkan benda uji sepanjang lintasan dalam medan gravitasi. Selama gaya  $\mathbf{F}$  pada benda uji dituliskan sebagai

$$\mathbf{F} = -\left(\frac{GMm}{r^2}\right) \mathbf{r} \quad (2.13)$$

Maka untuk mengatasi gaya ini diperlukan gaya luar  $-\mathbf{F}$  pada benda uji. Usaha  $dW$  yang dilakukan dalam upaya memindahkan benda uji melalui lintasan sejauh diberikan  $d\mathbf{r}$  oleh :

$$dW = -\mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \frac{GMm}{r^2} \mathbf{r} \cdot d\mathbf{r} \quad (2.14)$$

Dengan  $\mathbf{r}$  adalah vektor satuan arah radial. Selanjutnya  $d\mathbf{r}$  dapat dituliskan dalam dua komponen yakni  $\mathbf{r} \cdot d\mathbf{r}$  yang paralel dengan, sehingga :

$$\mathbf{r} \cdot d\mathbf{r} = dr \quad (2.15)$$

Usaha  $W$  dapat diberikan :

$$W = GMm \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = -GMm \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (2.16)$$

Dengan  $r_1$  dan  $r_2$  adalah jarak radial dari dimulainya partikel uji digerakan sampai berhenti. Oleh karena itu, usaha luar yang dilakukan bebas dari lintasan yang dilalui dan bergantung dari titik awal dan akhir. Jadi usaha yang dilakukan :

$$W = -GMm \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) = 0 \quad (2.17)$$

Kenyataan itu membuktikan bahwa medan gravitasi merupakan gaya lestari (konservatif).

Cara mudah yang dapat membantu memahami alasan bahwa gaya gravitasi merupakan gaya lestari. Pertama bahwa gaya gravitasi yang ditimbulkan oleh benda titik atau benda yang memiliki penutup bola besarnya bergantung pada jarak kedua benda. Kedua, harus selalu dicatat pula bahwa gaya gravitasi merupakan gaya terpusat, artinya arah gaya gravitasi sepanjang garis penghubung pusat-pusat kedua benda. Jadi, dari kedua sifat gaya gravitasi itu, didapat rumus :

$$\mathbf{F} = -\frac{GMm}{r^2} \quad (2.18)$$

Dengan tanda negatif yang berarti menjauhi titik pusat :

$$U_{\text{akhir}} - U_{\text{awal}} = - \int_{r_1}^{r_2} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = - \int_{r_1}^{r_2} \left( -\frac{GMm}{r^2} \right) dr = GMm \left( -\frac{1}{r} \right)_{r_1}^{r_2}$$

Atau

$$\Delta U = -GMm \left( -\frac{1}{r} \right)_{r_1}^{r_2} \quad (2.19)$$

Dari hal tersebut dapat dipahami bahwa energi potensial benda itu nol jika jaraknya sangat jauh. Jika pada persamaan 2.2  $r_2$  dipilih jarak menuju tak berhingga dan  $r_1 = r$  maka usaha yang dilakukan oleh gaya gravitasi selama benda  $m$  dibawa menuju ke titik tak berhingga yaitu

$$W_{r \rightarrow \infty} = GMm \left( 0 - \frac{1}{r_1} \right) = -\frac{GMm}{r}$$

Jika  $M = m_1$  dan  $m = m_2$  maka Energi potensial gravitasi benda tersebut adalah:

$$EP_{\text{grav}} = -G \frac{m_1 m_2}{r} \quad (2.20)$$

Catatan:

- Ingatlah bahwa perbedaan hanya dalam energi potensial yang bersangkutan secara Fisik. Di atas, energi potensial gravitasi nol telah semauanya dipilih untuk menjadi nol pada  $r = \infty$ . Yakni ketika benda yang jauh berjauhan.
- Tanda negatif adalah konsekuensi dari sifat menarik dari gaya gravitasi. Ketika benda terpisah jauh, gaya gravitasi bergerak secara alami mereka lebih dekat, penurunan energi potensial mereka (yaitu membuatnya lebih negatif).
- Energi potensial gravitasi dekat permukaan Bumi: untuk benda bermassa  $m$  jarak  $h$  diatas permukaan bumi.

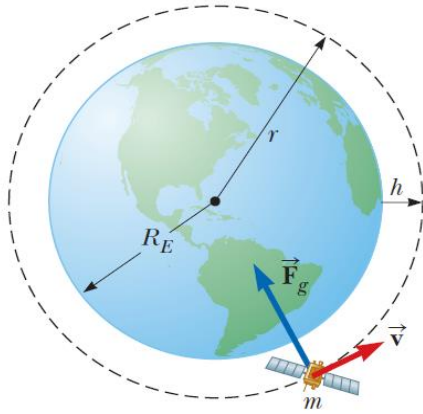
$$EP_{\text{grav}} = -G \frac{mM_E}{(r_E+h)} \quad (2.21)$$

Jika  $h \ll r_E$  kita dapat mendekati :

$$\begin{aligned} \frac{1}{(R_E + h)} &\approx -G \frac{mM_E}{r_E} \left( 1 - \frac{h}{r_E} \right) \\ &= -G \frac{mM_E}{(r_E+h)} + G \frac{mM_E}{r_E^2} h \\ &= \text{konstanta} + mgh \end{aligned}$$

Energi potensial gravitasi yang dimiliki benda bermassa  $m$  yang terletak setinggi  $h$  dari permukaan bumi dengan persamaan :

$$E_{p,\text{gravitasi}} = mgh \quad (2.22)$$



Sumber: [www.ayo-sekolahFisika.com](http://www.ayo-sekolahFisika.com)

**Gambar2.9** Orbit Geostasioner

## D. Gerak Satelit

Manfaat adanya roket atau pesawat angkasa luar, satelit dapat diluncurkan dengan kelajuan tertentu sehingga dapat mengorbit bumi. Berapakah kelajuan satelit agar tetap berada dalam orbitnya? Apakah yang dimaksud dengan orbit geostasioner?

### 1. Gerak Edar Satelit

Pada gerak satelit yang mengorbit bumi, gravitasi menimbulkan percepatan sentripetal agar satelit tetap dalam orbit. Kasus tersebut sebenarnya sederhana karena hanya satu gaya yang bekerja pada satelit, yaitu gaya gravitasi. Gerak satelit mengikuti lintasan yang hampir melingkar karena gaya gravitasi yang bekerja saling tegak lurus terhadap kecepatannya.

Gaya resultan  $F_{res}$  pada sebuah benda yang bergerak melingkar beraturan diberikan oleh :

$$F_{res} = \frac{mv^2}{r} \quad (2.23)$$

Dengan  $m$  adalah massa satelit yang mengorbit bumi pada jarak  $r$  ke pusat bumi pada kelajuan konstan  $v$ . Karena gaya gravitasi bumi yang menimbulkan gaya resultan, maka persamaan di atas dapat kita tuliskan :

$$G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (2.24)$$

Dengan  $M$  adalah massa bumi dan  $G$  adalah konstanta gravitasi umum. Tanda negatif tidak dibutuhkan karena kedua gaya, gaya gravitasi bumi dan gaya resultan, sama-sama mengarah ke pusat bumi. Persamaan 2.24 kita sederhanakan menjadi :

$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (2.25)$$

Dari persamaan 2.27, dapat dihitung, misalnya kelajuan satelit yang harus terjadi agar tetap berada di orbit melingkar. Perhatikan bahwa massa satelit  $m$  hilang atau tidak termasuk dalam perhitungan. Dengan demikian, berapapun massanya satelit akan melaju dengan kelajuan yang sama dalam orbit tertentu. Oleh sebab itu, jika ada seorang astronot yang sedang berjalan di angkasa bersampingan dengan pesawatnya, maka kelajuannya akan sama dengan kelajuan pesawat angkasa luarnya walaupun kedua massanya berbeda. Untuk benda yang mengorbit matahari,  $M$  pada persamaan di atas diganti dengan massa matahari.

## Contoh Soal 4:

Bulan mengorbit bumi dengan jarak rata-rata 384 ribu km dari pusat bumi. Tentukan kelajuan orbit bulan. ( $M_{\text{bumi}} = 6,0 \times 10^{24} \text{kg}$ )

Diketahui:  $r = 384.000 \text{ km} = 384 \times 10^6 \text{m}$ ;  $M_{\text{bumi}} = 6,0 \times 10^{24} \text{kg}$

Ditanya:  $v$ ?

Jawab: kita gunakan persamaan 2.12

$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

$$= \frac{\left(6,67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}\right) (6,0 \times 10^{24} \text{kg})}{3,84 \times 10^8} = 1,04 \times 10^6$$

$$v = \sqrt{1,04 \times 10^6} = 1,02 \times 10^3 \text{m/s}$$

Jadi, kelajuan bulan mengorbit bumi sekitar 1 km/s.

## 2. Orbit Geostasioner Satelit

Bulan merupakan satelit alamiah bumi. Telah diketahui bahwa kelajuan bulan tetap pada orbitnya. Jika kelajuannya lebih kecil daripada kelajuan orbitnya, maka bulan akan jatuh ke bumi. Jika kelajuan lebih besar daripada kelajuan orbitnya, maka bulan akan berada di luar orbitnya yang sekarang.

Satelit buatan manusia dirancang memiliki kegunaan dalam bidang meteorologi, komunikasi, sumber daya alam, navigasi, penelitian, serta militer. Sangat bermanfaat untuk mengetahui berapa banyak waktu yang diperlukan satelit dalam satu kali orbit (kembali ke posisi awal). Hal itu sering disebut sebagai periode orbit  $T$ . Karena jarak lintasan sebuah orbit berupa lingkaran adalah keliling yang sama dengan  $2\pi r$ , maka kelajuan tempuh selama mengorbit dapat dituliskan :

$$v = \frac{2\pi R}{T} \tag{2.26}$$

Dengan  $T$  adalah periode satelit dan  $r$  adalah jarak satelit ke pusat bumi.

Substitusi persamaan 2.27 ke kelajuan orbit satelit atau persamaan 2.26, maka diperoleh :

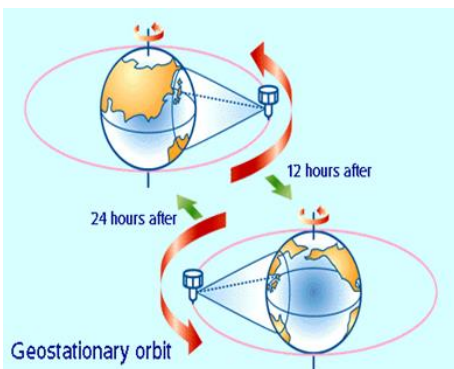
$$\frac{4\pi^2 R^2}{2} = \frac{GM}{r} \tag{2.27}$$

Kemudian persamaan 2.27 dapat dituliskan menjadi:

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM}\right) r^3 \tag{2.28}$$

Persamaan 2.28 sesuai dengan hukum III Kepler.

Ketika periode orbit satelit sama dengan periode rotasi bumi, yaitu 24 jam, orbit yang dibentuk disebut orbit geostasioner atau geosinkron. Pada orbit itu, satelit itu tetap berada di posisi yang sama di atas permukaan bumi setiap saat. Ide untuk orbit geostasioner pertama kali diusulkan pada tahun 1945 oleh insinyur dan penulis Fiksi ilmiah, **Arthur C. Clarke**. Beliau mengusulkan satelit komunikasi ditempatkan di “sabuk Clarke” di atas



Sumber: Falevireza.com

**Gambar 2.10** Orbit Geostasioner

khatulistiwa sehingga sinyal telekomunikasi dapat meloncat-loncat dan menjangkau seluruh bagian bumi. Satelit komunikasi pertama kali yang ditempatkan di orbit geostasioner adalah Syincom 3 pada 1964.

Sekarang kita gunakan persamaan 2.28 untuk mencari jarak orbit geostasioner. Agar satelit berada di atas bumi pada posisi yang sama setiap saat, periode satelit harus tepat 24 jam (dibulatkan) dalam satu kali mengorbit. Berikut data yang kita butuhkan:

$$T = 24 \text{ jam} = 86.400 \text{ s}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

$$M_{\text{bumi}} = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$$

Dengan demikian,

$$\begin{aligned} r^3 &= \frac{GMT^2}{4\pi^2} \\ &= \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2)(6,0 \times 10^{24} \text{ kg})(86.400)^2}{4\pi^2} = 7,58 \times 10^{22} \text{ m} \end{aligned}$$

$$r = \sqrt[3]{7,58 \times 10^{22}} = 4,23 \times 10^7 \text{ m}$$

Jadi, agar satelit berorbit geostasioner, maka satelit harus berada di jarak 42.300 km dari pusat bumi atau sekitar 36.000 km dari atas permukaan bumi (jari-jari bumi sekitar 6.400 km). Dari data itu dapat diketahui besar kelajuan satelit agar berada tetap di orbit geostasioner dengan menggunakan persamaan 2.27, yaitu sekitar 11.000 km/jam.

Jalur orbit geostasioner yang merupakan jalur potensial bagi penempatan satelit itu hanya terdapat di atas negara-negara khatulistiwa saja seperti Columbia, Congo, Equador, Keya, Uganda, Zaire, Brasil dan Indonesia. Dari negara-negara khatulistiwa tersebut, Indonesia adalah satu-satunya negara yang memiliki jalur orbit geostasioner terpanjang di atas wilayah teritorialnya, yakni 13% dari panjang orbit geostasioner seluruhnya atau sepanjang 34.000 km. Dengan demikian, orbit geostasioner adalah salah satu sumber alam yang harus dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya karena selama ini negara-negara lain yang telah lebih dahulu memanfaatkannya.



# Berita Sains

## Ayat-ayat mengenai gravitasi bumi dalam Al Qur'an

1. Q.S Yasin ayat 38 :

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ٣٨

Artinya :“Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui”.

2. Q.S Al Furqon ayat 61 :

تَبَارَكَ الَّذِي جَعَلَ فِي السَّمَاءِ بُرُوجًا وَجَعَلَ فِيهَا سِرَاجًا وَقَمَرًا مُنِيرًا ٦١

Artinya :“Maha suci Allah yang menjadikan di langit gugusan-gugusan bintang dan Dia menjadikan juga padanya matahari dan bulan yang bercahaya”.

3. Q.S Al Anbiya' ayat 38 :

وَيَقُولُونَ مَتَى هَذَا الْوَعْدُ إِن كُنْتُمْ صَادِقِينَ ٣٨

Artinya :“Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan. Masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya”.

Ayat-ayat suci ini mengisyaratkan suatu Fakta ilmiah yang baru ditemukan oleh para astronom belasan abad sesudah turun-nya Al-Qur'an. Matahari, bumi, bulan dan seluruh planet serta benda-benda langit lainnya bergerak di ruang angkasa luar dengan kecepatan dan arah tertentu dan menurut garis edar masing-masing. Di sisi lain, matahari dengan tata suryanya berada dalam suatu nebula besar yang disebut dengan Bima Sakti.

### **Belajar merenungi Planet Bumi**

Sampai saat ini, bumi merupakan satu-satunya planet yang memiliki kehidupan. Para ilmuwan telah lama meneliti kehidupan di planet lain, namun masih juga tidak mendapatkan jawaban yang pasti. Bumi bagian luar merupakan tempat kehidupan. Permukaannya terbagi menjadi dua wilayah utama, yakni darat (21%) dan laut (79%). Daratan umumnya tampak berwarna hijau dan laut tampak berwarna biru sehingga dari kejauhan bumi tampak sebagai planet biru kehijauan.

Daratan utama di dunia berbentuk lima benua, dua kutub, dan sejumlah kepulauan. Benua terluas adalah benua Asia dengan luas 44.180.000 km<sup>2</sup>. Kutub daratan terdapat di bagian utara dan bagian selatan planet. Kepulauan terbanyak terdapat di bagian Samudra Pasifik bagian selatan. Indonesia merupakan negara kepulauan terbanyak dengan jumlah pulau sekitar 17.504 buah.

Lautan lebih luas hampir 4 kali daratan, terdiri dari tiga samudra terluas, laut-laut, dan berbagai teluk. Samudra terluas adalah Samudra Pasifik. Luasnya hampir 1/2 dari luas planet Bumi. Apabila seorang astronot sedang melihat bumi di atas Samudra Atlantik, maka tampaklah planet bumi biru penuh hampir tanpa daratan. Daratan yang terlihat ujung timur Rusia dan bagian barat Alaska.

Planet bumi dihuni oleh sekitar 6,5 miliar manusia pada 2009 dan menurut perhitungan PBB akan menjadi 9 miliar pada 2050. Sekitar 3 miliar lebih penduduk berada di Asia, diantaranya di Cina (1,3 miliar), India (1 miliar), dan Indonesia (235 juta).

Demikian Allah SWT telah menciptakan Planet Bumi beserta berbagai isinya. Dialah yang juga berkuasa menghidup dan matikan segalanya.

*Sumber: Kumpulan Fakta Sains Unik Dunia, Aep SaeFulloh, hal 219-220.*

### **Gravimeter (gravitasi meter)**

Gravimeter (gravitasi meter) adalah alat untuk mengukur gaya gravitasi di permukaan bumi. Alat ini biasanya digunakan juga untuk eksplorasi minyak bumi. Perbedaan jenis batuan akan menimbulkan perbedaan nilai gaya gravitasi pada suatu tempat. Batuan yang menyerap air akan mempunyai nilai gaya gravitasi yang lebih besar daripada batuan yang tembus air. Pada umumnya, minyak bumi terdapat di atas lapisan batuan yang tembus air dan di bawah batuan yang tidak tembus air. Jumlah minyak bumi dalam lapisan tanah atau batuan dapat dideteksi dari pembacaan gravimeter. Pembacaan yang rendah dari skala gravimeter menunjukkan kemungkinan adanya minyak dalam lapisan tanah atau batuan tersebut.



## Rangkuman

### 1. Hukum Gravitasi Newton

Bunyi hukum gravitasi newton “*Tiap partikel di jagat raya menarik tiap partikel lain dengan gaya yang besarnya sebanding dengan perkalian massa dua partikel tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak keduanya. Arah gaya terletak sepanjang garis lurus yang menghubungkan kedua partikel tersebut.*” Nilai gaya gravitasi tersebut adalah

$$\mathbf{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Nilai konstanta *gravitasi*  $G$  diyakini berlaku di seluruh alam semesta dengan nilai yang sama, yaitu  $6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$

### 2. Medan Gravitasi

Medan gravitasi didefinisikan sebagai daerah yang masih mendapat pengaruh gaya gravitasi. Untuk menyatakan medan gravitasi secara kuantitas, dibuatlah konsep kuat medan gravitasi.

Kuat medan gravitasi  $g$  pada sebuah titik di dalam medan gravitasi didefinisikan sebagai gaya per satuan massa yang dialami oleh benda di titik itu.

Kuat medan gravitasi  $g$  akibat massa bumi  $M$  pada jarak  $r$  dari pusat massa bumi adalah  $g = -G \frac{M}{r^2}$

Nilai  $g$  adalah  $9,8 \text{ N/kg}$  atau  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

### 3. Hukum Kepler

Hukum I Kepler: *Orbit tiap-tiap planet berbentuk elips dengan matahari terletak pada salah satu titik Fokusnya.*

Hukum II Kepler: *Garis yang menghubungkan antara matahari dan planet menyapu luasan yang sama pada selang waktu yang sama.*

Hukum III Kepler: *Kuadrat periode suatu planet sebanding dengan pangkat tiga sumbu semimayor orbit planet.*

#### 4. Energi potensial gravitasi

Energi potensial gravitasi pada sebuah titik yang berjarak  $r$  dari pusat bumi atau planet bermassa  $M$  adalah usaha yang dilakukan untuk membawa benda bermassa  $m$  dari jauh tak berhingga ke titik tersebut.

$$E_{p,\text{gravitasi}} = -G \frac{Mm}{r}$$

#### 5. Gerak satelit

Gerak satelit mengikuti lintasan yang hampir melingkar karena gaya gravitasi yang bekerja saling tegak lurus terhadap kecepatannya. Kelajuan gerak satelit adalah

$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

Ketika periode orbit satelit sama dengan periode rotasi bumi, yaitu 24 jam, orbit yang terbentuk disebut orbit geostasioner atau geosinkron. Pada orbit, dimanfaatkan untuk menempatkan satelit komunikasi.

**Evaluasi Bab Hukum Gravitasi Newton****A. Pilihan Ganda**

*Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!*

1. Satuan dari konstanta gravitasi universal  $G$  adalah ....
  - A.  $\text{N kg}^{-2}$
  - B.  $\text{N mkg}^{-2}$
  - C.  $\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$
  - D.  $\text{N m}^{-2} \text{kg}^{-2}$
  - E.  $\text{N kg}^2 \text{m}^{-2}$
2. Dimensi dari konstanta gravitasi universal  $G$  adalah ....
  - A.  $LT^{-2}$
  - B.  $M^{-1}L^3 T^{-2}$
  - C.  $M L^2 T^{-1}$
  - D.  $M^2 L^{-2} T^2$
  - E.  $M^{-2} L^{-3} T^3$
3. Nilai konstanta gravitasi universal  $G$  dapat dihitung dengan memakai ....
  - A. neraca Ohaus
  - B. neraca pegas
  - C. neraca Cavendish
  - D. neraca Newton
  - E. neraca sama lengan
4. Gaya gravitasi pada benda tidak lain adalah ....
  - A. percepatan gravitasi
  - B. percepatan sentripetal
  - C. massa benda
  - D. gaya tolak menolak antara 2 benda
  - E. berat benda
5. Hitunglah gaya tarik-menarik antara dua benda yang terpisah sejauh 10 cm, bila massa masing-masing benda 5 kg! ....
  - A.  $16.675 \times 10^{-11} \text{ N}$
  - B.  $16.675 \times 10^{-10} \text{ N}$
  - C.  $16.675 \times 10^{-9} \text{ N}$
  - D.  $3.335 \times 10^{-11} \text{ N}$

- E.  $3.335 \times 10^{-10} \text{ N}$
6. Besarnya gaya gravitasi antara dua benda yang berinteraksi adalah ....
- sebanding dengan massa masing-masing benda
  - sebanding dengan jarak kedua benda
  - sebanding dengan kuadrat jarak kedua benda
  - berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua benda
  - berbanding terbalik dengan massa masing-masing benda
7. Suatu planet mempunyai massa  $4 \times 10^{20} \text{ kg}$  dan berjari-jari  $4.000.000 \text{ km}$ , maka percepatan gravitasi di permukaan planet adalah ....
- $2,34 \text{ G m/s}^2$
  - $4 \text{ G m/s}^2$
  - $16 \text{ G m/s}^2$
  - $25 \text{ G m/s}^2$
  - $34,2 \text{ G m/s}^2$
8. Sebuah benda yang berada di atas permukaan bumi dengan jarak ketinggian  $1.600 \text{ km}$ . Apabila percepatan gravitasi bumi  $6,4 \text{ m/s}^2$  dan jari-jarinya  $6.400 \text{ km}$ , potensial gravitasi benda dari permukaan bumi adalah ....
- $3,12 \times 10^5 \text{ J/kg}$
  - $4,26 \times 10^5 \text{ J/kg}$
  - $4,56 \times 10^6 \text{ J/kg}$
  - $5,16 \times 10^7 \text{ J/kg}$
  - $5,12 \times 10^7 \text{ J/kg}$
9. Faktor-faktor yang mempengaruhi gaya tarik-menarik dua benda di angkasa adalah ....
- massa masing-masing benda
  - jenis dari masing-masing benda
  - jarak kedua benda
  - intensitas dari masing-masing benda
- Dari pernyataan di atas yang benar adalah ....
- 1,2, dan 3
  - 1 dan 3
  - 2 dan 4
  - 4 saja
  - semua benar

10. Dua planet A dan B mengorbit matahari. Perbandingan antara jarak planet A dengan planet B ke matahari  $R_A : R_B = 1 : 4$ . Apabila periode planet A mengelilingi matahari adalah 88 hari, maka periode planet B adalah ....
- A. 704 hari
  - B. 715 hari
  - C. 724 hari
  - D. 825 hari
  - E. 850 hari

### B. Uraian

*Jawablah dengan tepat!*

1. Jarak rata-rata antara Mars dan matahari adalah 1,52 kali jarak rata-rata bumi dan matahari. Berapa tahun Mars mengelilingi matahari?
2. Sebuah benda bermassa 2 kg ditarik dengan gaya gravitasi bumi, anggap massa bumi adalah  $5,97 \times 10^{24}$  kg, berapakah gaya tarik yang dialami benda dan bandingkan dengan gaya berat benda, anggaplah misalnya jarak benda ke pusat bumi 6.370 km (yakni tepat di atas permukaan bumi)?
3. Planet A dan B masing-masing berjarak rata-rata sebesar P dan Q terhadap matahari. Planet A mengitari dengan periode T. Jika  $P = 4 Q$ , maka B mengitari matahari dengan periode?
4. Sebuah meteorit bermassa 1 kg. Tentukanlah energi potensial gravitasi meteorit tersebut ketika: (a) mengorbit sejarak jari-jari bumi di atas permukaan bumi dan (b) di atas permukaan bumi! (Diketahui massa bumi  $= 6 \times 10^{24}$  kg dan  $R = 6,37 \times 10^6$  m).
5. Diketahui jari-jari bumi adalah  $6,4 \times 10^6$  m dengan percepatan gravitasi di permukaan bumi  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Jika ada satelit yang mengorbit bumi pada ketinggian  $R$  dari permukaan bumi, tentukan kecepatan linier satelit tersebut agar tetap mengorbit!

# 3

## ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE



Sumber: Dokumen Pribadi

Senantiasalah berfikir positif. Ambil sisi hikmah yang bisa dipetik dari peristiwa itu. Selalu tanamkan pertanyaan ini dalam benak teman-teman, "Apa yang bisa saya pelajari dari kejadian ini, yang bisa membuatku lebih baik di hari esok?"

(Ahmad Rifa'i Rif'an, buku The Perfect Muslimah)



### **Standar Kompetensi :**

3. Menganalisis gejala alam dan keteraturannya dalam cakupan mekanika benda titik.

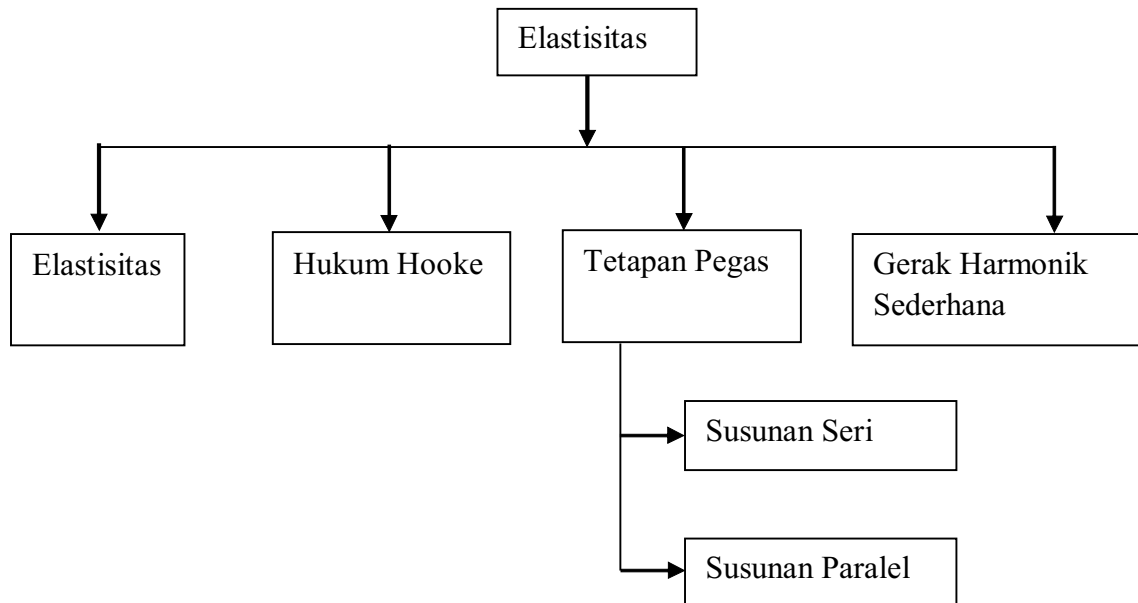
### **Kompetensi Dasar :**

- 3.1 Menganalisis pengaruh gaya pada sifat elastisitas bahan.
- 3.2 Menganalisis hubungan antara gaya dengan gerak getaran.

### **Indikator :**

1. Mendeskripsikan karakteristik gaya pada benda elastis berdasarkan data percobaan (grafik).
2. Mengidentifikasi modulus elastisitas dan konstanta gaya.
3. Membandingkan tetapan gaya berdasarkan data pengamatan.
4. Menganalisis susunan pegas seri dan paralel.
5. Mendeskripsikan karakteristik gerak pada getaran pegas.
6. Menjelaskan hubungan antara periode getaran dengan massa beban berdasarkan data pengamatan.
7. Menganalisis gaya simpangan, kecepatan, dan percepatan pada gerak getaran.

## PETA KONSEP



## KATA KUNCI

Elastisitas, konstanta pegas, tegangan, regangan, modulus, hukum hooke, osilasi, frekuensi, amplitudo, periode



Sumber : Dokumen Pribadi

**Gambar 3.1a** Karet yang diregangka



**Gambar 3.1b**Plastisin

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Pernahkah bermain dengan karet dan plastisin? Bagaimana keadaan kedua benda tersebut pada saat diregangkan?

Kedua benda tersebut akan berubah bentuk jika dikenai gaya. Apabila gaya dihilangkan, maka karet akan berubah kembali pada bentuk semula sedangkan plastisin tidak mengalami perubahan bentuk. Hal ini berkaitan dengan sifat elastisitas bahan yang mempengaruhi keadaan benda setelah gaya dihilangkan.

### A. Elastisitas

Sifat elastisitas atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu ditiadakan.

Benda yang memiliki sifat demikian disebut benda elastis. Pada bab ini benda yang ditinjau adalah benda berwujud padatan. Namun terlebih dahulu kalian harus mengetahui sifat elastis benda agar kalian dengan mudah dapat mengetahui karakter sifat mekanik suatu bahan. Sifat mekanik bahan adalah hubungan antara respon atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja. Beberapa sifat mekanik yang perlu diketahui diantaranya kekuatan, kekerasan, kekenyalan, kekauan, plastisitas, ketangguhan dan kelelahan. Setelah mengetahui sifat mekanik tersebut tentulah dapat menggunakan dan memperlakukan suatu bahan dengan baik agar dapat bermanfaat bagi manusia. Hal tersebut

### MENGINGAT

Sifat elastisitas atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu ditiadakan.

sesuai dalam firman Allah SWT sebagai berikut:

Q.S Saba' ayat 10 :

﴿وَلَقَدْ ءَاتَيْنَا دَاوُودَ مِنَّا فَضْلًا ۖ يَاجِبَالُ اٰوْبٰى مَعَهُ وَاَلطَّيْرُ ۗ وَآلنَّا لَهُ اَلْحَدِيْدَ ۙ﴾

Artinya :“Dan sungguh, telah Kami berikan kepada Daud karunia dari Kami. (Kami berfirman), “wahai gunung-gunung dan burung-burung? Bertasbihlah berulang-ulang bersama Daud,”dan Kami telah melunakkan besi untuknya”.

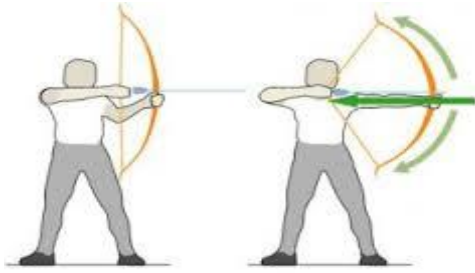
Q.S Al Hadid ayat 25

لَقَدْ اَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنٰتِ وَاَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتٰبَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُوْمَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ ۗ وَاَنْزَلْنَا

اَلْحَدِيْدَ فِيْهِ بَاسٌ شَدِيْدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اَللّٰهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَّرُسُلَهُ ۗ بِالْغَيْبِ اِنَّا لِلّٰهِ قَوِيٌّ

عَزِيْزٌ ۙ﴾

Artinya :“Sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasulNya padahal Allah tidak dilihatkan. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa”.



Sumber : ilmu alam.net

**Gambar 3.2** Seseorang sedang melengkungkan busurpanah.

**MENINGAT**

Adapun benda yang tidak memiliki sifat elastisitas (tidak kembali ke bentuk awalnya) disebut benda plastis.



Sumber : Dokumen Pribadi

**Gambar 3.3**Tanah liat



**Gambar 3.4** : Plastisin

Perhatikan Gambar 3.2, agar anakpanah bisa meluncur sampai target sasaran, orang tersebut harus melengkungkan busur dengan baik. Saat anak panah dilepaskan dari busurnya maka akan meleset jauh, sehingga pegas dapat digunakan untuk menciptakan sebuah sifat elastis. Sifat elastis yang terdapat di pegas, gaya pemulih pada pegas akan sebanding lurus dengan penambahan panjang yang dihasilkan. Contoh lain bila kalian menekan Kasur *spring bed* ke bawah, kalian akan mendapat gaya yang membuat kalian terpelantai keatas. Ada gaya yang seolah-olah menolak, gejala tersebut disebut elastisitas.

Adapun benda yang tidak memiliki sifat elastisitas (tidak kembali ke bentuk awalnya) disebut benda plastis.

Contoh benda plastis diantaranya tanah liat dan plastisin.

1. Tegangan ( $\sigma$ )

Sebuah benda elastis dengan luas penampang  $A$  ditarik atau ditekan dengan gaya  $F$ , maka benda mengalami tegangan atau stress ( $\sigma$ ) yang didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dengan luas penampang benda yang dikenai gaya yang bekerja. Secara matematis persamaan tersebut :

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{3.1}$$

Keterangan:

- $F$  = gaya yang bekerja (N)
- $A$  = luas penampang ( $m^2$ )
- $\sigma$  = tegangan ( $N/m^2$ )

## 2. Regangan ( $e$ )

Benda-benda yang ditarik atau yang ditekan akan mengalami perubahan bentuk dan dimensi. Benda pegas yang mula-mula panjangnya  $L$  ditarik sehingga mengalami pertambahan panjang sebesar  $\Delta L$ . Pegas mengalami peristiwa regangan, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) terhadap panjangnya mula-mula ( $L$ ):

$$e = \frac{\Delta L}{L} \quad (3.2)$$

Dengan:

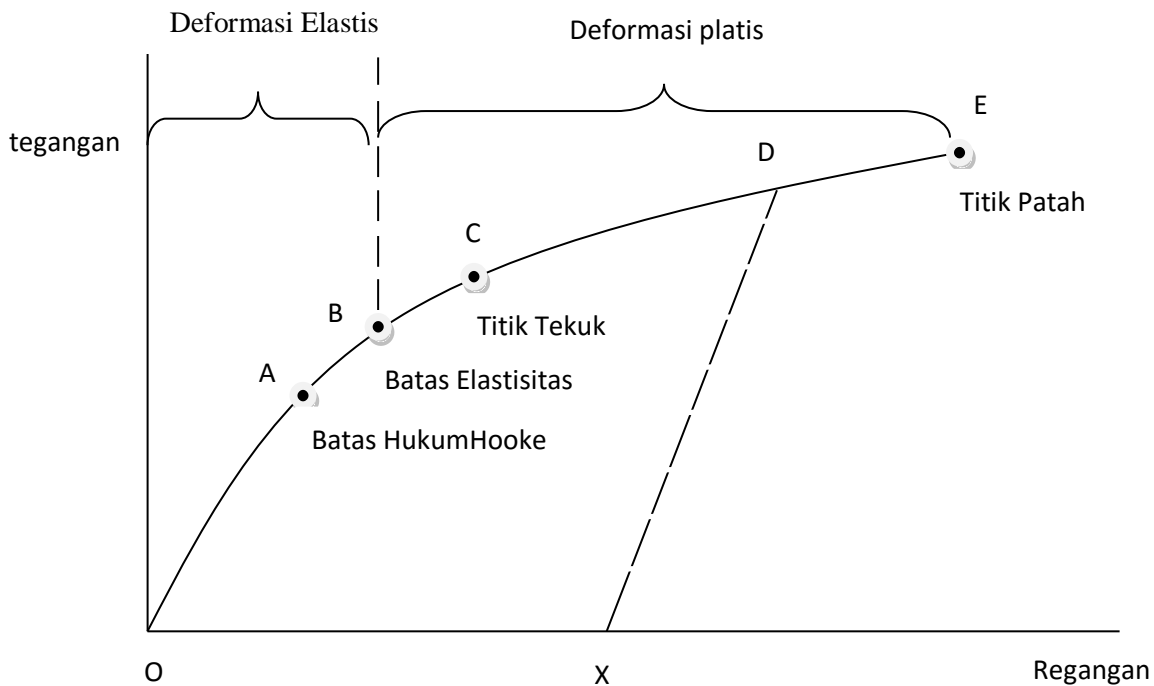
$L$  = panjang mula-mula (m)

$\Delta L$  = perubahan panjang (m)

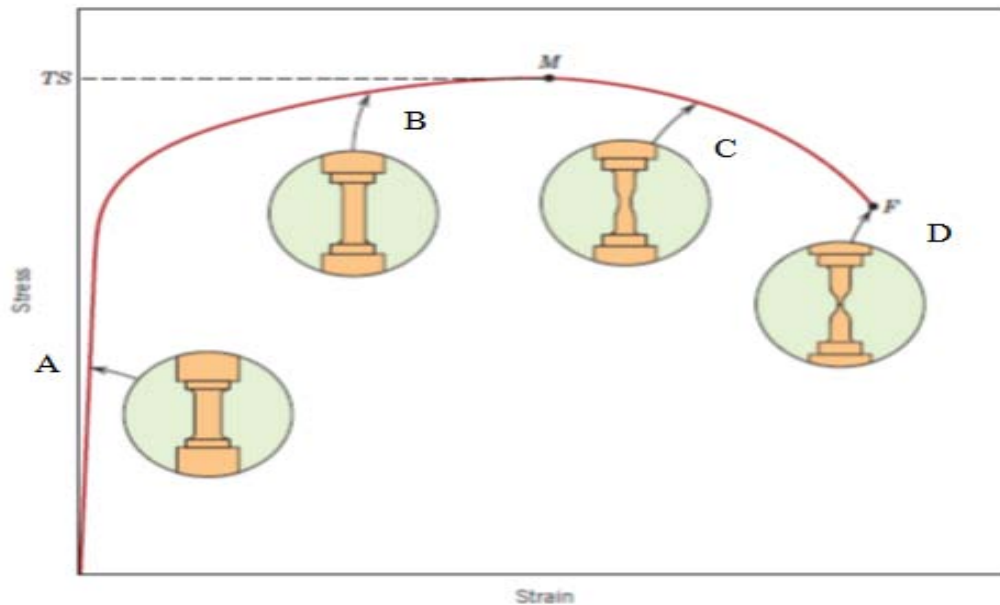
$e$  = regangan (tanpa satuan)

## 3. Modulus Elastisitas

Gaya tarik yang dikerjakan pada suatu benda dapat mengubah bentuk dan ukuran benda. Jika gaya yang dikerjakan pada benda lebih kecil dari batas elastisitas benda, maka benda akan kembali ke bentuk atau ukuran mula-mula ketika gaya tersebut dihilangkan. Akan tetapi, jika gaya yang dikerjakan pada benda lebih besar dari batas elastisitas, maka benda berubah secara permanen. Keadaan ini dapat digambarkan pada grafik berikut:



**Gambar 3.5** Grafik tegangan terhadap regangan ketika seutas kawat baja diberi gaya tarik sampai kawat itu patah.



Sumber : penerbit

**Gambar 3.6** Ilustrasi keadaan benda yang diuji tarik (A) benda mengalami deformasi elastis (B) benda berada di daerah titik tekuk (C) benda mengalami deformasi permanen (D) benda berada di daerah titik patah

Gambar 3.5 menunjukkan bahwa daerah OB merupakan daerah deformasi elastis, artinya jika tegangan dihilangkan, kawat akan kembali ke bentuk semula. Daerah OA merupakan daerah deformasi elastis yang grafiknya linier (garis lurus) dimana perbandingan antara tegangan dengan regangannya konstan, dan pada daerah OA ini berlaku hukum Hooke. Dalam hal ini, titik A disebut batas hukum Hooke.

Titik B merupakan batas elastis, artinya jika tegangan dihilangkan di atas titik B maka kawat tidak akan kembali ke bentuk semula, akan tetapi benda mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen, misalnya di titik D. Sementara itu, titik C merupakan titik tekuk, dan titik E merupakan titik patah. Dalam daerah CE, untuk menghasilkan pertambahan panjang yang besar, hanya dibutuhkan gaya tarik yang kecil. Dalam kasus ini, tegangan paling besar yang dapat kita berikan tepat sebelum kawat patah disebut tegangan maksimum.

Berdasarkan grafik, perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah OA ditunjukkan oleh kemiringan kurva. Karena kurva OA adalah kurva linier, maka perbandingan tersebut mempunyai nilai yang tetap, dan tetapan ini disebut modulus elastisitas. Jadi modulus elastisitas adalah perbandingan antara tegangan (*stress*) dengan regangan (*strain*) yang dialami benda.

Dengan menggunakan persamaan 3.1 dan persamaan 3.2 maka E dapat diubah menjadi:

$$E = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{\sigma}{e} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

$$E = \frac{FL}{\Delta L A} \tag{3.3}$$

Sifat-sifatnya :

- a. Konstan, selama tidak melewati batas kelentingan atau limit elastik dari benda.
- b. Karakteristik untuk setiap benda, sesuai hukum Hooke yang mengatakan bahwa regangan adalah fungsi linier dari regangan jenisnya.

Modulus elastisitas juga sering disebut sebagai modulus kelentingan linier atau modulus Young. Satuan modulus elastisitas ( $E$ ) = gaya per satuan luas ( $\text{Nm}^{-2}$ ) = Pascal = Pa.

Contoh penerapan modulus elastisitas dalam bidang olah raga: Atlet panjat tebing dahulu memakai tali rami dari kayu rami yang kuat dan ringan. Namun, tali ini mempunyai modulus Young yang besar sehingga elastisitasnya kurang. Hal ini akan menyebabkan cedera pada sang atlet. Saat ini tali rami telah diganti dengan nilon yang mempunyai elastisitas tinggi sehingga mampu menyerap energi potensial pemanjat tebing.

**Tabel 3. 1** Sifat Elastis Berbagai Bahan

Bahan	Modulus Young ( $10^9\text{N/m}^2$ )	Kekuatantarik ( $10^6\text{N/m}^2$ )	Kekuatantekan ( $10^6\text{N/m}^2$ )
Aluminium	70	90	
Tulang			
Tarik	16	200	
Tekan	9		270
Kuningan	90	370	
Beton	23	2	17
Tembaga	110	230	
Timah hitam	16	12	
Baja	200	520	520

Sumber : Tipler



## Contoh Soal 1:

Seutas kawat dengan luas penampang  $4 \text{ mm}^2$  ditarik oleh gaya  $3,2 \text{ N}$  sehingga panjangnya bertambah dari  $80 \text{ cm}$  menjadi  $80,04 \text{ cm}$ . Hitunglah tegangan, regangan, dan modulus elastis kawat tersebut!

Penyelesaian :

Diketahui :

$$A = 4 \text{ mm}^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F = 3,2 \text{ N}$$

$$L_1 = 80 \text{ cm}$$

$$L_2 = 80,04 \text{ cm}$$

$$\Delta L = 80,04 - 80 = 0,04 \text{ cm}$$

Ditanya:  $\sigma$ ,  $e$ ,  $E$  ?

Jawab:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3,2}{4 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$e = \frac{\Delta L}{L_1} = \frac{0,04}{80} = 5 \times 10^{-4}$$

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{8 \times 10^5}{5 \times 10^{-4}} = 1,6 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

## Contoh Soal 2:

Otot bisep memiliki luas penampang maksimum  $12 \text{ cm}^2$ . Berapakah tegangan otot saat mengangkat beban  $250 \text{ N}$ ?

Diketahui :  $F = 250 \text{ N}$ ,  $A = 12 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

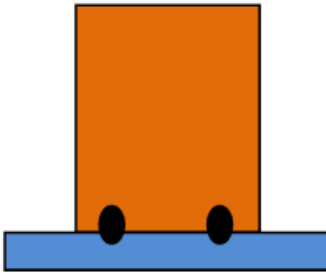
Ditanya :  $\sigma$  ?

Jawab :

Besar tegangan tarik :

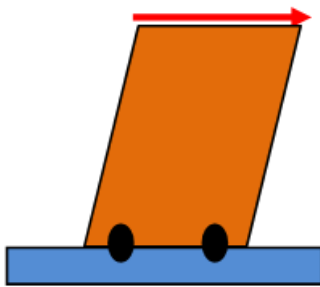
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{250 \text{ N}}{12 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 2,1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Tanpa gaya geser

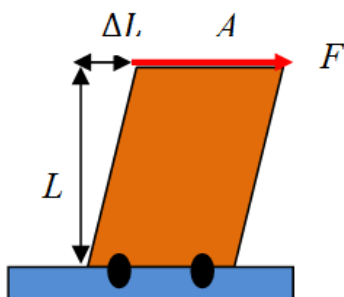


Gambar 3.7a. Benda berbentuk balok yang belum dikenai gaya geser

Gaya Geser



Gambar 3.7b Benda berbentuk balok yang dikenai gaya geser



Gambar 3.8 Besaran-besaran yang mempengaruhi bentuk benda

#### 4. Tegangan dan Regangan Geser

Selain gaya dapat mengubah bentuk dan ukuran suatu benda, gaya juga dapat menyebabkan bentuk benda berubah. Seperti contoh sebuah balok karet. Salah satu sisinya dilengketkan di permukaan karet amati Gambar 7.a. Apa yang diamati? Tentu bentuk benda setelah dikenai gaya geser menjadi di mana sisi atas bergeser, amati Gambar 3.7b besarnya perubahan bentuk benda bergantung pada jenis bahan. Untuk membedakan respons benda terhadap gaya geser tersebut maka didefinisikan suatu besaran yang namanya modulus geser. Semakin sulit benda berubah bentuk, maka semakin besar nilai modulus gesernya.

Berdasarkan percobaan yang dilakukan pada sejumlah benda diamati bahwa pergeseran posisi ujung atas benda saat dikenai gaya geser sebanding dengan tinggi benda. Gambar 3.8, atau :

$$\Delta L \propto L \quad (3.4)$$

Untuk mengubah tanda kesebandingan dengan tanda sama dengan, kita perkenalkan konstanta  $\delta$  yang dinamai regangan geser, sehingga :

$$\Delta L = \delta L \quad (3.5)$$

Besarnya perubahan posisi ujung benda tidak bergantung langsung pada besarnya gaya geser, tetapi bergantung pada gaya geser per satuan luas permukaan yang disentuh gaya. Maka besaran ini dinamakan tegangan geser :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.6)$$

Perbandingan antara tegangan geser terhadap regangan geser selalu konstan, atau :

$$M = \frac{\sigma}{\delta} = \text{konstan} \quad (3.7)$$

Konstanta dinamakan modulus geser. Dengan mensubstitusi persamaan 3.5 dan 3.6 ke dalam persamaan 3.7 Kita dapat menulis

$$M = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

atau

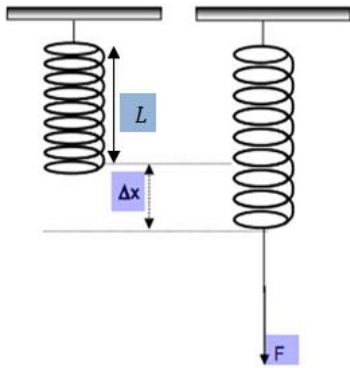
$$F = \left(\frac{MA}{L}\right) \Delta L \quad (3.8)$$

Persamaan 3.8 Juga mengambil bentuk hukum Hooke, dengan “konstanta pegas”

$$k = \frac{MA}{L} \quad (3.9)$$



Untuk mengetahui tegangan dan regangan suatu benda dapat digunakan teknik holografi. Bersama temanmu coba kalian cari informasi tentang penggunaan holografi untuk mengganti pergeseran suatu benda. Kalian dapat memanfaatkan internet dan sumber-sumber lain.



Sumber: [berbagiilmupengetahuan.com](http://berbagiilmupengetahuan.com)

**Gambar 3.9** Pertambahan panjang pada pegas.

## B. Hukum Hooke

Hooke mengemukakan hubungan antara pertambahan panjang dengan gaya yang diberikan pada pegas.

Berdasarkan Gambar 3.9 di atas, kita akan membuktikan adanya hubungan antara gaya dengan pertambahan panjang. Untuk itu, kita ingat kembali persamaan :

$$E = \frac{FL}{A \Delta L} \quad (3.10)$$

Jika pertambahan panjang pegas dinyatakan dengan  $\Delta L = \Delta x$ , maka persamaan 3.10 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F = \left( \frac{EA}{L} \right) \Delta x \quad (3.11)$$

Dengan

$E$  = modulus elastisitas ( $N/m^2$ )

$A$  = luas penampang pegas ( $m^2$ )

$L$  = panjang pegas mula-mula (m)

Karena  $E$ ,  $A$  dan  $L$  bernilai tetap, maka persamaan 3.11 dapat ditulis sebagai berikut:

$$F = -k \Delta x \quad (3.12)$$

$F$  = gaya yang diberikan (N) dapat merupakan  $F = mg$

$k$  = konstant pegas (N/m)

$\Delta x$  = pertambahan panjang (m)

### Robert Hooke



Sumber : wikipedia.com

**Gambar 3.10** Robert Hooke

Robert Hooke lahir di Freshwater kepulauan Wight, Inggris. Ia banyak melakukan percobaan mengenai sifat elastis benda. Salah satu teorinya yang terkenal adalah Hukum Hooke yang menjadi dasar teori elastisitas ia juga terkenal sebagai pembuat alat/mesin sehingga namanya diabadikan sebagai nama sebuah versi mikroskop. Bukunya yang terkenal adalah *Micrographia*.

Dengan :

$$k = \frac{EA}{L} = \text{tetapan gaya pegas (N/m)}$$

Tanda negatif(-) menunjukkan bahwa arah gaya pemulih, yang senantiasa menuju ke titik setimbang senantiasa berlawanan dengan arah gaya penyebabnya atau arah simpangannya.

Sesuai dengan persamaan tersebut, kita memperoleh hubungan bahwa pertambahan panjang pegas berbanding lurus dengan gaya yang bekerja padanya. Persamaan ini merupakan representasi matematis dari pernyataan Robert Hooke, yang kemudian dikenal sebagai hukum Hooke. **Robert Hooke** merupakan seorang ilmuwan Inggris, yang mengemukakan “Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, maka peratambahan panjang pegas berbanding lurus dengan gaya tariknya”.

### C. Tetapan Pegas

Beberapa buah pegas dapat kita susun secara seri, paralel, atau gabungan keduanya. Tetapan susunan pegas yang terbentuk dapat kita ganti dengan sebuah tetapan pegas pengganti. Dalam hal ini, tetapan pegas pengganti dapat ditentukan dengan menggunakan hukum Hooke.

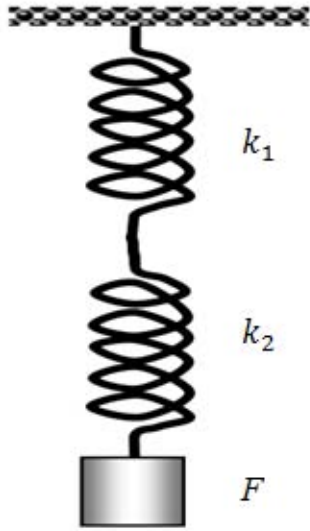
#### 1. Susunan Seri

Dua buah pegas atau lebih yang disusun secara seri memiliki prinsip sebagai berikut:

- a) Gaya tarik pada pegas pengganti seri adalah sama dengangaya tarik yang dialami masing-masing pegas.

Jika  $F_1$  dan  $F_2$  adalah gaya tarik yang dialami masing-masing pegas dan  $F$  adalah gaya tarik pada pegas pengganti seri, maka :

$$F_1 = F_2 = F$$



Sumber: [fisikasmamasudirini.wordpress.com](http://fisikasmamasudirini.wordpress.com)

**Gambar 3.11** Susunan seri pegas

- b) Pertambahan panjang pegas pengganti seri sama dengan jumlah pertambahan panjang masing-masing pegas.

Jika  $\Delta x_1$  dan  $\Delta x_2$  adalah pertambahan panjang masing-masing pegas dan  $\Delta x$  adalah pertambahan panjang pegas pengganti seri, maka :

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 \quad (3.13)$$

Berdasarkan kedua prinsip di atas dan hukum Hooke, hubungan antara tetapan gaya pegas pengganti seri dengan tetapan gaya pegas masing-masing pegas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\mathbf{F} = k_s \Delta x \rightarrow \Delta x = \frac{\mathbf{F}}{k_s}$$

$$\mathbf{F}_1 = k_1 + \Delta x_1 \rightarrow \Delta x_1 = \frac{\mathbf{F}_1}{k_1} = \frac{\mathbf{F}}{k_1}$$

$$\mathbf{F}_2 = k_2 + \Delta x_2 \rightarrow \Delta x_2 = \frac{\mathbf{F}_2}{k_2} = \frac{\mathbf{F}}{k_2}$$

Karena  $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$ , maka :

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (3.14)$$

Untuk susunan seri yang terdiri dari dua buah pegas atau lebih, maka tetapan pengganti serinya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots \quad (3.15)$$

Untuk  $n$  buah pegas identik dengan tetapan tiap pegasnya  $k$  yang disusun seri, berlaku persamaan :

$$k_s = \frac{k}{n} \quad (3.16)$$

## Contoh Soal 3:

Dua buah pegas dengan tetapan 200 N/m dan 300 N/m disusun secara seri kemudian diberi gaya sebesar 30 N. Berapakah pertambahan panjang susunan pegas-pegas tersebut?

Diketahui :

$$k_1 = 200 \text{ N/m}$$

$$k_2 = 300 \text{ N/m}$$

$$F = 30 \text{ N}$$

Ditanya :  $\Delta x \dots ?$

Jawab :

Susunan seri yaitu

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

$$\frac{1}{k_s} = \left( \frac{1}{200} + \frac{1}{300} \right) \text{ m/N} = \left( \frac{3}{600} + \frac{2}{600} \right) \text{ m/N} = \frac{5}{600} \text{ m/N}$$

$$k_s = \frac{600}{5} = 120 \text{ N/m}$$

$$\Delta x = \frac{F}{k_s} = \frac{30 \text{ N}}{120 \text{ N/m}} = 0,25 \text{ m.}$$

Jadi, pertambahan panjangnya 0,25 m.

## 2. Susunan Paralel

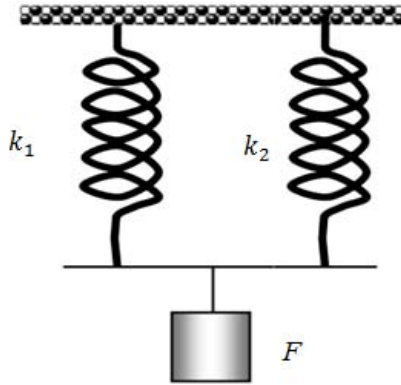
Dua buah pegas atau lebih yang disusun secara paralel memenuhi prinsip:

a) Gaya tarik pada pegas pengganti paralel sama dengan jumlah gaya tarik masing-masing pegas.

Jika  $F$  adalah gaya tarik pada pegas pengganti paralel serta  $F_1$  dan  $F_2$  adalah gaya tarik pada masing-masing pegas, maka :

$$F = F_1 + F_2$$

b) Pertambahan panjang pegas pengganti paralel sama besar dengan pertambahan panjang pada masing-masing pegas.



Sumber : [fisikasmamasudirini.wordpress.com](http://fisikasmamasudirini.wordpress.com)

Gambar 3.12 Susunan paralel pegas

Jika  $\Delta x_1$  dan  $\Delta x_2$  adalah pertambahan panjang pada masing-masing pegas dan  $\Delta x$  adalah pertambahan panjang pegas pengganti paralel, maka :

$$\Delta x = \Delta x_1 = \Delta x_2$$

Hubungan antara tetapan gaya pegas pengganti paralel dengan tetapan gaya masing-masing pegas dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\mathbf{F} = k_p \Delta x$$

$$\mathbf{F}_1 = k_1 \Delta x_1 \rightarrow \mathbf{F}_1 = k_1 \Delta x$$

$$\mathbf{F}_2 = k_2 \Delta x_2 \rightarrow \mathbf{F}_2 = k_2 \Delta x$$

Karena :

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2, \text{ maka}$$

$$k_p = k_1 + k_2$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa tetapan pegas pengganti paralel sama dengan jumlah tetapan pegas dari pegas yang disusun paralel. Untuk susunan paralel lebih dari dua buah pegas, berlaku persamaan:

$$k_p = k_1 + k_2 + \dots \quad (3.17)$$

Untuk  $n$  buah pegas identik yang disusun paralel, dengan tetapan pegas tiap pegas  $k$ , maka

$$k_p = n k \quad (3.18)$$



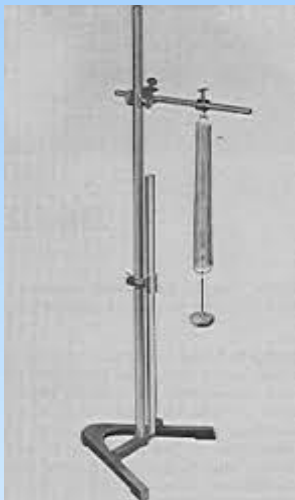
# Aktivitas

## Tetapan Pegas

### A. Tujuan Percobaan

1. Untuk membuktikan secara teoritis hubungan antara periode osilasi pegas dengan massa beban
2. Untuk menentukan konstanta pegas

### B. Alat dan Bahan



Sumber: FisikaSMA.com

1. Pegas
2. Stopwatch
3. Beban dan Penggantungnya
4. Neraca
5. Statif
6. Penggaris

### C. Cara Kerja

1. Ukurlah massa beban dengan menggunakan neraca dan catatlah hasilnya.
2. Gantungkan pegas pada statif dan tambahkan beban pada bagian ujung bawahnya.

3. Berilah simpangan kecil pada beban dengan menarik pegas ke bawah kemudian lepaskan. Biarkan untuk beberapa saat hingga tercapai keadaan harmonik.
4. Catatlah waktu yang diperlukan oleh pegas untuk melakukan beberapa kali getaran. Misalkan 20 kali sehingga diperoleh getaran pegas.
5. Catat hasil percobaan ke dalam tabel yang telah tersedia.
6. Lakukan langkah yang sama dengan mengganti massa beban dan pegas yang sama. Usahakan agar mengukur waktu dengan kondisi harmonik yang sama untuk semua massa beban.
7. Lakukan langkah yang sama dengan mengganti pegas dan massa beban tetap.

#### D. Lembar Data Pengamatan

##### 1. Pegas Tetap

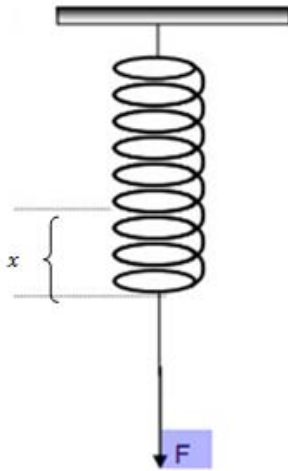
No	Massa Beban	Banyak Getaran $n$	Waktu $t$ (s)	Periode $T$ (s)	Konstanta $k$ (N/m)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					

## 2. Massa beban tetap

No	Massa Beban	Banyak Getaran $n$	Waktu $t$ (s)	Periode $T$ (s)	Konstanta $k$ (N/m)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					

**D. Gerak Harmonik Sederhana**

Tinjau sebuah pegas yang diberi beban dan digantungkan seperti gambar:



Sumber : [berbagiilmupengetahuan.com](http://berbagiilmupengetahuan.com)  
**Gambar 3.13** Pegas

Posisi pegas sebelum ditarik atau ditekan berada dalam titik keseimbangan. Apabila pegas ditarik ke bawah dengan simpangan sebesar  $x$  kemudian dilepaskan, maka pegas akan bergerak turun-naik di sekitar titik keseimbangan secara berulang-ulang (periodik). Dengan kata lain, pegas melakukan getaran. Getaran inilah yang disebut sebagai gerak harmonik sederhana. Pegas dapat melakukan gerak harmonik sederhana karena adanya gaya pegas yang berfungsi sebagai gaya pemulih.

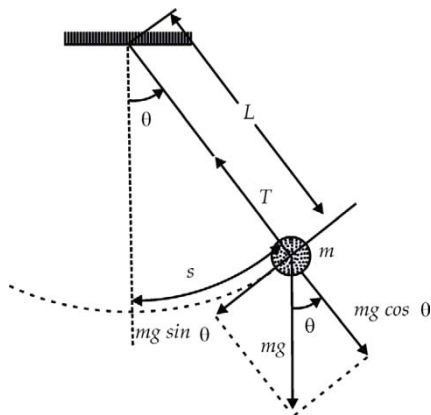
Gerak harmonik sederhana adalah gerak yang selalu dipengaruhi oleh gaya yang besarnya berbanding lurus dengan jarak dari suatu titik dan yang arahnya selalu menuju ke titik tersebut.

Pada gerak harmonik sederhana, besar gaya pemulih pada pegas sebanding dengan jarak benda dari titik keseimbangannya. Dan dapat ditulis:

$$F = -k x \tag{3.19}$$

Tanda negatif pada persamaan tersebut menunjukkan bahwa arah  $F$  selalu berlawanan dengan arah  $x$ .

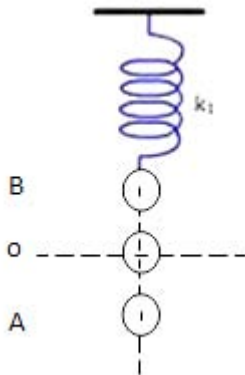
Selain pada pegas, gaya pemulih juga bekerja pada gerak harmonis bandul sederhana. Perhatikan gambar berikut:



**Gambar 3.14** Gerak harmonis bandul sederhana

Gaya pemulih yang bekerja pada gerak harmonik sederhana adalah komponen gaya berat tegak lurus dengan tali. Jadi, besar gaya pemulih pada bandul sederhana dapat ditulis sebagai berikut :

$$F = -mg \sin \theta \tag{3.20}$$



**Gambar 3.15** Gerak Harmonik sederhana pegas

### 1. Periode dan Frekuensi pada Pegas

Periode ( $T$ ) adalah waktu yang diperlukan beban untuk melakukan satu getaran atau osilasi penuh. Untuk mengetahui konsep periode pada gerak harmonik sederhana pada pegas, perhatikan Gambar 3.15.

Berdasarkan Gambar 3.14, periode adalah waktu yang diperlukan beban untuk bergerak naik dari A ke O ke B kemudian turun dari B ke O dan kembali lagi ke A. Gerakan untuk menempuh lintasan A-O-B-O-A disebut satu getaran.

Frekuensi ( $f$ ) adalah jumlah getaran yang dilakukan beban dalam satu sekon. Berdasarkan Gambar 3.14, frekuensi adalah jumlah untuk menempuh lintasan A-O-B-O-A yang dilakukan beban dalam satu sekon.

Terdapat hubungan antara periode ( $T$ ) dan frekuensi ( $f$ ) yang dinyatakan dalam persamaan-persamaan berikut:

Periode getaran :

$$T = \frac{1}{f} \quad (3.21)$$

Frekuensi getaran :

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.22)$$

Kita sudah mengetahui bahwa gaya pemulih pada pegas yang melakukan gerak harmonik sederhana dengan simpangan  $x$  yang dinyatakan dalam persamaan 3.19. Apabila simpangan benda yang melakukan gerak harmonik dinyatakan dengan  $y$ , persamaan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\mathbf{F} = -ky \quad (3.23)$$

Gaya pemulih yang dikerjakan pada benda dapat dihitung dari percepatan benda berdasarkan hukum II Newton, yaitu:

$$\mathbf{F} = ma_y$$

Karena  $a_y = -\omega^2 y$ , maka :

$$\mathbf{F} = -m\omega^2 y \quad (3.24)$$

Dari kedua persamaan 3.16 dan 3.18 kita memperoleh persamaan untuk menentukan periode dan frekuensi gerak harmonik benda pada pegas yaitu :

$$\begin{aligned}\omega^2 &= \frac{k}{m} \\ \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}}\end{aligned}\quad (3.25)$$

Karena  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , maka persamaan tersebut menjadi :

$$\begin{aligned}\frac{2\pi}{T} &= \sqrt{\frac{k}{m}} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}\end{aligned}\quad (3.26)$$

Dengan :

$T$  = periode getaran pegas (s)

$m$  = massa beban (kg)

$k$  = tetapan gaya pegas (N/m)

Dari persamaan periode di atas kita dapat menentukan persamaan untuk frekuensi sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.27)$$

Kita sudah mengetahui bahwa gaya pemulih pada pegas yang melakukan gerak harmonik sederhana dengan simpangan  $x$  yang dinyatakan dalam persamaan 3.19. Apabila simpangan benda yang melakukan gerak harmonik dinyatakan dengan  $y$ , persamaan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\mathbf{F} = -ky \quad (3.28)$$

Gaya pemulih yang dikerjakan pada benda dapat dihitung dari percepatan benda berdasarkan hukum II Newton, yaitu :

$$\mathbf{F} = ma_y$$

Karena  $a_y = -\omega^2 y$ , maka

$$\mathbf{F} = -m \omega^2 y \quad (3.29)$$

## Contoh Soal 4:

Sebuah benda dengan massa 4 kg digantungkan pada sebuah pegas yang tetapan pegasnya 100 N/m. Berapakah periode dan frekuensi pegas jika benda pada pegas jika benda pada pegas diberi simpangan kecil (tarik kemudian lepas)?

Diketahui :

$$m = 4 \text{ kg}$$

$$k = 100 \text{ N/m}$$

Ditanya :  $T$  dan  $f$ ?

Jawab : Periode pegas

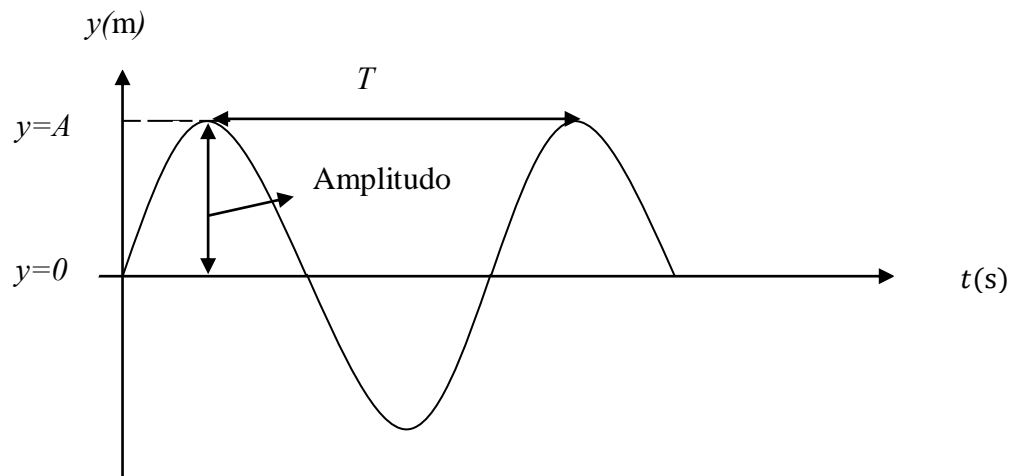
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{4 \text{ kg}}{100 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1}{5} \text{ s} = 2,512 \text{ s}$$

Frekuensi pegas adalah

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,512 \text{ s}} = 0,398 \text{ Hz}$$

## 2. Simpangan Gerak Harmonik Sederhana

Saat mengamati grafik simpangan terhadap waktu (grafik  $y-t$ ) dari gerak harmonik sederhana, maka akan diketahui bahwa persamaan gerak harmonik sederhana merupakan fungsi sinusoida (dengan frekuensi dan amplitudo tetap).



**Gambar 3.16** Grafik simpangan terhadap waktu dari gerak harmonik sederhana

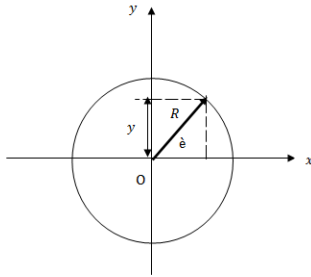
Secara matematis persamaan simpangan untuk grafik  $y-t$  sinusoidal seperti pada gambar di atas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$y = A \sin \omega t \quad (3.30)$$

Karena  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ , maka

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$$y = A \sin 2\pi f t \quad (3.31)$$



**Gambar 3.17** Analogi gerak harmonik sederhana terhadap gerak melingkar beraturan.

Dengan :

$y$  = simpangan (m)

$A$  = amplitudo (m)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

$T$  = periode (s)

$f$  = frekuensi (Hz)

$t$  = waktu benda bergerak harmonik (s)

Kita juga dapat menentukan persamaan simpangan gerak harmonik sederhana dengan menggunakan metode gerak melingkar beraturan. Suatu gerak harmonik (getaran harmonik) dapat digambarkan sebagai suatu titik yang bergerak melingkar dengan jari-jari  $R$ . Perhatikan Gambar 3.17:

Sesuai dengan Gambar 3.17, simpangan ( $y$ ) adalah proyeksi suatu titik pada lingkaran terhadap garis vertikal (sumbu  $y$ ). Jadi, simpangan gerak harmonik sederhana adalah hasil proyeksi dari posisi suatu benda yang bergerak melingkar beraturan pada garis vertikal (sumbu  $y$ ). Dalam hal ini, persamaan simpangan gerak harmonik sederhana dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$y = R \sin \theta \quad (3.32)$$



Karena  $\theta = \omega t$  dan  $\omega = \frac{2\pi}{c}$ , maka kita memperoleh persamaan berikut :

$$y = R \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (3.33)$$

Dalam hal ini,  $R$  (jari-jari lingkaran) yang sama dengan amplitudo ( $A$ ), merupakan simpangan maksimum gerak harmonik sederhana. Sehingga persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (3.34)$$

Apabila pada saat  $t = 0$  benda mempunyai sudut fase  $\theta_0$ , maka persamaan simpangan gerak harmonik adalah :

$$\begin{aligned} y &= A \sin \theta \\ y &= A \sin(\omega t + \theta_0) \\ y &= A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \theta_0\right) \end{aligned} \quad (3.35)$$

Dengan

$\theta$  = sudut fase pada saat  $t$  (rad)

$\theta_0$  = sudut fase awal pada saat  $t = 0$  (rad)

### 3. Kecepatan Gerak Harmonik Sederhana

Kita dapat menentukan kecepatan gerak harmonik sederhana dengan cara menurunkan fungsi posisi yang ditunjukkan oleh persamaan simpangan ( $y$ ) terhadap ( $t$ ), sehingga kita memperoleh persamaan :

$$\begin{aligned} v_y &= \frac{dy}{dt} \\ v_y &= \frac{d}{dt}[A \sin(\omega t + \theta_0)] \\ v_y &= \omega A \cos(\omega t + \theta_0) \end{aligned} \quad (3.36)$$

Nilai maksimum dari  $\cos(\omega t + \theta_0) = 1$ , sehingga nilai maksimum dari  $v_y = \omega A$ . Jadi, dapat disimpulkan bahwa kecepatan maksimum gerak harmonik sederhana dapat ditentukan sebagai berikut :

$$v_m = \omega A \quad (3.37)$$

Sesuai dengan persamaan di atas, maka kecepatan gerak harmonik sederhana dapat juga kita nyatakan sebagai berikut :

$$v_y = v_m \cos \theta = v_m \cos(\omega t + \theta_0)$$

Kita juga dapat menentukan kecepatan gerak harmonik sederhana dengan menggunakan metode gerak melingkar beraturan. Kita telah mengetahui bahwa kecepatan linier benda yang bergerak melingkar adalah :

$$v = \omega R \tag{3.38}$$

Kecepatan gerak harmonik sederhana adalah proyeksi kecepatan linier benda terhadap sumbu y

Dari gambar tersebut, kita dapat memperoleh persamaan:

$$\begin{aligned} v_y &= v \cos \theta \\ v_y &= v \cos \omega t \\ v_y &= \omega R \cos \omega t \end{aligned}$$

Dimana  $R = A$ , maka:

$$v_y = \omega A \cos \omega t \tag{3.39}$$

Persamaan di atas dapat disusun sebagai berikut :

$$\begin{aligned} v_y &= \omega \sqrt{A^2 \cos^2 \omega t} \\ v_y &= \omega \sqrt{A^2 (1 - \sin^2 \omega t)} \\ v_y &= \omega \sqrt{A^2 - y^2} \end{aligned} \tag{3.40}$$

#### 4. Percepatan Gerak Harmonik Sederhana

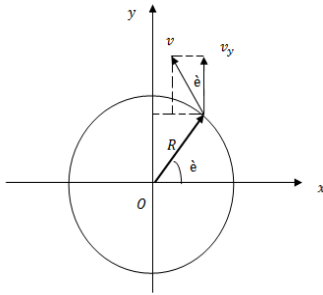
Percepatan gerak harmonik sederhana dapat ditentukan dengan menurunkan kecepatan ( $v_y$ ) terhadap waktu ( $t$ ) sebagai berikut

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d}{dt} [\omega A \cos(\omega t + \theta_0)] = -\omega^2 A \sin(\omega t + \theta_0) \tag{3.41}$$

Karena  $A \sin(\omega t + \theta_0) = y$  dan  $-\omega^2 A = a_m$

maka :

$$a_y = -\omega^2 y \tag{3.42}$$

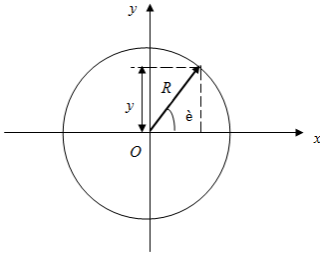


**Gambar 3.18** Menentukan kecepatan gerak harmonik sederhana menggunakan metode gerak melingkar beraturan

Percepatan  $a_y$  dapat kita tulis dalam percepatan maksimum  $a_m$  dengan persamaan

$$a_y = a_m \sin(\omega t + \theta_0) \tag{3.43}$$

Dengan  $a_m =$  percepatan maksimum ( $\text{m/s}^2$ )



**Gambar 3.19** Menentukan percepatan gerak harmonik sederhana menggunakan metode gerak melingkar beraturan.

Kita juga dapat menentukan percepatan gerak harmonik sederhana dengan menggunakan metode gerak melingkar beraturan. Kita telah mengetahui bahwa percepatan sentripetal suatu benda yang bergerak melingkar dapat ditentukan sebagai berikut

$$a_s = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \frac{R^2}{R} = \omega^2 R \tag{3.44}$$

Dalam hal ini, percepatan gerak harmonik sederhana adalah proyeksi percepatan sentripetal terhadap sumbu  $y$ .

Dari gambar tersebut, kita dapat memperoleh persamaan berikut :

$$\begin{aligned} a_y &= -a_s \cos \theta \\ a_y &= -\omega^2 R \cos \omega t \rightarrow R = A \\ a_y &= -\omega^2 A \cos \omega t \end{aligned} \tag{3.45}$$

### 5. Fase Gerak Harmonik Sederhana

Kita telah mengetahui bahwa sudut fase gerak harmonik sederhana dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\theta = \omega t + \theta_0 \tag{3.46}$$

Jika  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , maka persamaan tersebut menjadi :

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{2\pi t}{T} + \theta_0 \\ \theta &= 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right) \\ \theta &= 2\pi \varphi \end{aligned} \tag{3.47}$$

$\varphi$  disebut fase, jadi fase dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\varphi = \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \tag{3.48}$$

Beda fase ( $\Delta\varphi$ ) antara partikel pada saat  $t = t_1$  dan  $t = t_2$  dengan  $t_2 > t_1$  maka beda fasenya sebagai berikut

$$\begin{aligned}\Delta\varphi &= \left(\frac{t_2}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}\right) - \left(\frac{t_1}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}\right) \\ \Delta\varphi &= \frac{t_2 - t_1}{T} = \frac{\Delta t}{T}\end{aligned}\quad (3.49)$$

Dua getaran dikatakan sefase jika beda fase atau selisih fase kedua getaran bernilai kelipatan bulat dari setengah,

$$\Delta\varphi = 0, 1, 2, \dots \quad (3.50)$$

atau

$$\Delta\varphi = n$$

Untuk dua getaran dikatakan berlawanan fase jika beda fase atau selisih fase kedua getaran bernilai kelipatan ganjil dari setengah,

$$\Delta\varphi = \frac{1}{2}, 1\frac{1}{2}, 2\frac{1}{2}, \dots \quad (3.51)$$

atau

$$\Delta\varphi = n + \frac{1}{2}$$

dengan

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

## Contoh Soal 5:

Suatu titik melakukan gerak harmonik dengan frekuensi 0,5 Hz. Hitunglah fase dan sudut fase pada 0,5 detik dan 3 detik!

Diketahui:  $f = 0,5$  Hz

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ s}$$

Ditanya :  $\varphi$  dan  $\theta$ ?

Jawab :

Fase

$$\varphi_1 = \frac{t_1}{T} = \frac{0,5}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\varphi_2 = \frac{t_2}{T} = \frac{3}{2} = 1\frac{1}{2}$$

Sudut fase

$$\theta_1 = 2\pi \cdot \varphi_1 = 2\pi \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{2}\pi \text{ rad}$$

$$\theta_2 = 2\pi \cdot \varphi_2 = 2\pi \cdot 1\frac{1}{2} = 3\pi \text{ rad}$$

## Berita Sains

### Pembuatan Plastik Ramah Lingkungan dari Pati Kulit Singkong

Plastik ramah lingkungan dapat dibuat dari bahan pati kulit singkong. Untuk mengetahui sifat mekanik dari bahan plastik yang telah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sifat elastik bahan yaitu dengan melakukan uji tarik.



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 3.20a Spesimen uji tarik



Gambar 3.20b Alat uji tarik

### Panah zaman dahulu



Sumber : ainuttijar.com

Gambar 3.21

Panah merupakan alat yang memanfaatkan sifat elastis suatu benda. Tali yang digunakan pada busur panah harus mempunyai sifat elastis, sehingga tarikan pada tali tersebut akan menghasilkan energi yang dapat digunakan untuk melepaskan anak panah pada sasaran yang tepat. Oleh karena itu, pada zaman dahulu panah digunakan sebagai senjata dalam peperangan.

Jengiz Khan (sekitar 1167-1227) adalah raja yang pertama kali menggunakan panah dalam perang dan panah digunakan dalam perang terakhir kali oleh bangsa Cina pada tahun 1860. Akan tetapi, saat ini kegiatan memanah merupakan suatu kegiatan olah raga yang dilombakan dalam olimpiade, kejuaraan dunia, dan PON di Indonesia.

Hadits Nabi tentang anjuran memanah. Dikeluarkan oleh Imam An Nasa'i dalam *Sunan*-nya,

حَدَّثَنِي عَبْدُ الرَّحِيمِ : أَخْبَرَنَا مُحَمَّدُ بْنُ وَهَبٍ الْحَرَّانِيُّ ، عَنْ مُحَمَّدِ بْنِ سَلَمَةَ ، عَنْ أَبِي عَبْدِ الرَّحِيمِ ، قَالَ رَأَيْتُ جَابِرَ بْنَ عَبْدِ اللَّهِ ، وَجَابِرَ بْنَ عُمَيْرِ الْأَنْصَارِيِّينَ : الرَّهْرِيُّ ، عَنْ عَطَاءِ بْنِ أَبِي رَبَاحٍ ، قَالَ كُلُّ شَيْءٍ لَيْسَ فِيهِ ” : سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ : يَرْمِيَانِ ، فَقَالَ أَحَدُهُمَا لِصَاحِبِهِ مُلَاعِبَةُ الرَّجُلِ امْرَأَتَهُ ، وَتَأْدِيبُ الرَّجُلِ فَرَسَهُ ، وَمَشْيُهُ بَيْنَ ذِكْرِ اللَّهِ ، فَهُوَ لَهُوَ وَلَعِبٌ ، إِلَّا أَرْبَعَ “  
“الْعَرْضَيْنِ ، وَتَعْلِيمُ الرَّجُلِ السَّبَّاحَةَ

Muhammad bin Wahb Al Harrani mengabarkan kepadaku, dari Muhammad bin Salamah, dari Abu Abdirrahim, ia berkata: Abdurrahim Az Zuhri menuturkan kepadaku, dari ‘Atha bin Abi Rabbah, ia berkata: aku melihat Jabir bin Abdillah Al Anshari dan Jabir bin Umairah Al Anshari sedang latihan melempar. Salah seorang dari mereka berkata kepada yang lainnya: aku mendengar Rasulullah SAW : “Setiap hal yang tidak ada dzikir kepada Allah adalah lahwun (kesia-siaan) dan permainan belaka, kecuali empat: candaan suami kepada istrinya, seorang lelaki yang melatih kudanya, latihan memanah, dan mengajarkan renang”.



Sumber : [zostojiab.com](http://zostojiab.com)

**Gambar 3.22** Peredam getaran pada motor



Sumber : Dokumen Pribadi

**Gambar 3.23** Seorang anak sedang bermain katapel



Dinamometer Analog dan Digital

Sumber : [ilmusiana.com](http://ilmusiana.com)

**Gambar 3.24**

## Penerapan elastisitas dalam kehidupan

### 1. Kasur Pegas (*Spring Bed*)

Ketika kita sedang duduk atau tidur di atas kasur pegas, gaya beratmu menekan kasur. Karena mendapat tekanan maka pegas kasur termampatkan. Akibat sifat elastisitasnya, kasur pegas meregang kembali. Pegas akan meregang dan termampat, demikian seterusnya.

### 2. Peredam getaran (*Shock Breaker*)

Shock Breaker merupakan pegas yang dapat berubah bentuk. Penyangga badan motor selalu dilengkapi pegas yang kuat sehingga guncangan yang terjadi pada saat motor melewati jalan yang tidak rata dapat diredam. Dengan demikian, keseimbangan motor dapat dikendalikan.

### 3. Katapel

Contoh yang paling sederhana yaitu katapel, ketika kita hendak menembak burung dengan katapel misalnya, karet katapel terlebih dahulu diregangkan (diberi gaya tarik). Akibat sifat elastisitasnya, panjang karet katapel akan kembali seperti semula setelah gaya tarik dihilangkan.

### 4. Dinamometer

Dinamometer adalah alat pengukur gaya. Biasanya digunakan untuk menghitung besar gaya pada percobaan di laboratorium. Di dalam dinamometer terdapat pegas. Pegas tersebut akan meregang ketika dikenai gaya luar. Misalnya ketika kamu sedang melakukan percobaan untuk mengukur besar gaya gesekan.



## 5. Olahraga

Di bidang olahraga, sifat elastis bahan diterapkan, antara lain pada papan lompatan pada cabang olahraga lompat galah dan tali busur pada olahraga panah. Karena adanya papan yang memberikan gaya Hooke pada atlet, maka atlet dapat meloncat lebih tinggi dari pada tanpa papan. Sedangkan tali busur memberikan gaya pegas pada busur dan anak panah.



Sumber : [satujam.com](http://satujam.com)

Sumber : *Dokumen Pribadi*

**Gambar 3.25** Olahraga lompatgalah dan panahan



## Rangkuman

### 1. Elastisitas

Sifat elastisitas atau elastisitas adalah kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu diiadakan.

### 2. Tegangan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang bekerja pada benda dan luas penampang benda. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{\mathbf{F}}{A}$$

### 3. Regangan didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) terhadap panjangnya mula-mula ( $L$ ) dengan persamaan : $e = \frac{\Delta L}{L}$

### 4. Modulus elastis (modulus Young) adalah perbandingan antara tegangan/ stress dengan regangan (strain) yang dialami benda. Dengan persamaan :

$$E = \frac{\text{stress}}{\text{strain}}$$

### 5. Robert Hooke merupakan seorang ilmuwan Inggris, yang mengemukakan “Jika gaya tarik tidak melampaui batas elastis pegas, maka peratambahan panjang pegas berbanding lurus dengan gaya tariknya”. Pernyataan ini disebut hukum Hooke.

Dengan persamaan :  $\mathbf{F} = k \Delta x$

### 6. Prinsip pada susunan seri pegas sebagai berikut:

#### a. Gaya tarik pada pegas pengganti seri adalah sama besar :

$$\mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_2 = \dots = \mathbf{F}$$

#### b. Pertambahan panjang tiap pegas sama dengan pertambahan panjang pengganti seri :

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots$$

#### c. Tetapan pegas pengganti seri dapat ditentukan dengan :

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots$$

7. Prinsip pada susunan paralel pegas adalah :
- Gaya tarik pegas pengganti paralel sama dengan jumlah gaya tarik pada tiap pegas :  
$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots$$
  - Pertambahan panjang pegas pengganti paralel sama besar dengan pertambahan panjang pada tiap pegas.  
$$\Delta x = \Delta x_1 = \Delta x_2$$
  - Tetapan pengganti paralel dapat ditentukan dengan :  
$$k_p = k_1 + k_2 + \dots$$
8. Gerak harmonik sederhana adalah gerak yang selalu dipengaruhi oleh gaya yang besarnya berbanding lurus dengan jarak dari suatu titik dan yang arahnya selalu menuju ke titik tersebut.  
Pada gerak harmonik sederhana, besar gaya pemulih pada pegas sebanding dengan jarak benda dari titik keseimbangannya. Dan dapat ditulis:  
$$\mathbf{F} = -k x$$
  
Tanda negatif pada persamaan tersebut menunjukkan bahwa arah  $\mathbf{F}$  selalu berlawanan dengan arah  $x$ .  
Untuk kasus bandul sederhana, persamaan gaya pemulih sebagai berikut:  
$$\mathbf{F} = -mg \sin \theta$$
9. Persamaan simpangan gerak harmonik sederhana adalah sebagai berikut  
$$y = A \sin(\omega t + \theta_0)$$
10. Persamaan kecepatan gerak harmonik sederhana adalah sebagai berikut  
$$v_y = \omega A \cos(\omega t + \theta_0)$$
11. Persamaan percepatan gerak harmonik sederhana adalah  
$$a_y = -\omega^2 A \sin(\omega t + \theta_0)$$

12. Sudut fase gerak harmonik sederhana dinyatakan sebagai

$$\theta = \omega t + \theta_0$$

$$\theta = 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi} \right)$$

$$\theta = 2\pi\varphi$$

Fase

$$\varphi = \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}$$

Beda fase

$$\Delta\varphi = \frac{t_2 - t_1}{T} = \frac{\Delta t}{T}$$

13. Dua posisi benda pada gerak harmonik sederhana dikatakan sefase jika simpangan maupun arah geraknya sama dan dikatakan berlawanan fase jika simpangan maupun arah geraknya berlawanan.

## Evaluasi Bab Elastisitas dan Hukum Hooke

## A. Pilihan Ganda

*Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!*

- Dimensi modulus elastis sama dengan dimensi....
  - gaya
  - luas
  - konstanta pegas
  - tegangan
  - regangan
- Sebuah pegas memiliki konstanta elastisitas  $x$ . Jika gaya diberikan pada pegas melebihi batas elatisitasnya, maka ....
  - pegas menjadi tidak elastis lagi
  - pegas tetap elastis
  - pegas tidak berubah
  - pegas bertambah elastisitasnya
  - pegas bertambah kencang
- Seutas kawat dengan luas penampang  $4\text{mm}^2$ , kemudian diregangkan oleh gaya  $6,4\text{ N}$  sehingga bertambah panjang  $0,04\text{ cm}$ , maka tegangan kawat tersebut, jika panjang kawat mula-mula  $40\text{ cm}$  ....
  - $5,98 \times 10^{-5}\text{ N/m}^2$
  - $3,98 \times 10^{-5}\text{ N/m}^2$
  - $1,0 \times 10^{-4}\text{ N/m}^2$
  - $1,8 \times 10^9\text{ N/m}^2$
  - $1,8 \times 10^{-6}\text{ N/m}^2$

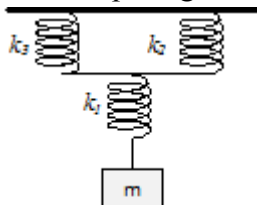
- Karet yang panjangnya  $L$  digantungkan beban sedemikian rupa sehingga diperoleh data seperti

Beban (W)	2 N	3 N	4 N
Pertambahan Panjang ( $\Delta L$ )	0,50 cm	0,75 cm	1,0 cm

Berdasarkan tabel tersebut, dapat disimpulkan besar konstanta pegas adalah ....

- 250 N/m
  - 360 N/m
  - 400 N/m
  - 450 N/m
  - 480 N/m
- Kawat logam sepanjang  $50\text{ cm}$  dengan diameter  $0,10\text{ cm}$  digantungkan beban seberat  $10\text{ kg}$ , akibatnya kawat memanjang sepanjang  $0,025\text{ cm}$ . Berapakah modulus Young dari kawat tersebut ....
    - $2,55 \times 10^{10}\text{ Pa}$
    - $2,55 \times 10^9\text{ Pa}$
    - $2,55 \times 10^8\text{ Pa}$

- D.  $4 \times 10^7$  Pa  
E.  $4 \times 10^8$  Pa
6. Sebuah pegas digantungi massa  $m$ . Jika  $x$  adalah perbedaan panjang pegas sesudah dan sebelum massa  $m$  digantungkan,  $g$  = percepatan gravitasi, maka periode benda, jika dibiarkan bergetar adalah ....
- A.  $2\pi \sqrt{\frac{mx}{g}}$   
B.  $2\pi \sqrt{\frac{x}{g}}$   
C.  $\pi \sqrt{\frac{mg}{x}}$   
D.  $\pi m \sqrt{\frac{g}{x}}$   
E.  $\frac{1}{x\sqrt{mg}}$
7. Sebuah titik bergerak harmonik dengan amplitudo 6 cm dan periode 8 sekon. Besar simpangan pada saat 2 sekon adalah ....
- A. 0 cm  
B.  $3\sqrt{2}$  cm  
C. 6 cm  
D. 8 cm  
E. 10 cm
8. Sebuah benda yang bergetar selaras membuat  $n$  getaran dalam 1 sekon.. frekuensi sudut dari getaran benda adalah ....
- A.  $n \text{ rad s}^{-1}$   
B.  $\frac{1}{n} \text{ rad s}^{-1}$   
C.  $\frac{2\pi}{n} \text{ rad s}^{-1}$   
D.  $\frac{n}{2\pi} \text{ rad s}^{-1}$   
E.  $2\pi n \text{ rad s}^{-1}$
9. Tiga pegas identik masing-masing mempunyai konstanta 200 N/m tersusun seri paralel seperti gambar di bawah ini.



Pada ujung bawah susunan pegas digantungi beban seberat  $W$  sehingga susunan pegas bertambah panjang 3 cm. Berat beban  $W$  adalah ....

- A. 1 N  
B. 2 N  
C. 3 N

- D. 4 N  
E. 10 N
10. Sebuah benda bergerak harmonik sederhana simpangannya dinyatakan dengan persamaan  $y = 4 \sin 0,1 t$ , dengan  $t$  dalam sekon dan  $y$  dalam meter. Simpangan, kecepatan, dan percepatan benda setelah bergerak  $5\pi$  sekon masing-masing adalah ....
- A. 0 m; 0,4 m/s;  $-0,04 \text{ m/s}^2$   
B. 4 m; 0 m/s;  $-0,04 \text{ m/s}^2$   
C. 4 m; 0,4 m/s;  $-0,04 \text{ m/s}^2$   
D. 4 m; 0 m/s;  $0,04 \text{ m/s}^2$   
E. 4 m; 0,4 m/s;  $0,04 \text{ m/s}^2$

## B. Uraian

*Jawablah dengan tepat!*

- Sebuah batang baja dengan luas penampang  $4 \text{ mm}^2$  dan panjangnya 40 cm ditarik dengan gaya 100 N. Jika modulus elastisitas baja  $2 \times 10^{11} \text{ N/s}^2$ , hitunglah tegangan, regangan dan pertambahan panjang batang baja!
- Suatu pegas akan bertambah panjang 10 cm jika diberi gaya 10 N. Berapakah pertambahan panjang pegas jika diberi gaya 7N?
- Sebuah beban digantungkan pada dua buah pegas yang disusun secara paralel dengan masing-masing tetapan pegasnya 40 N/m dan 60 N/m. Berapakah pertambahan panjang pegas tersebut jika massa beban 2 kg? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- Sebuah pegas digantungi beban 1,8 kg, sehingga pegas bertambah panjang sebesar 2 cm. Berapakah periode dan frekuensi getaran pegas tersebut? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )
- Suatu benda melakukan gerak harmonik menurut persamaan berikut:

$$y = 5 \sin(6\pi t)$$

Hitunglah :

- Amplitudo
- Periode
- Frekuensi, dan

Simpangan, kecepatan dan percepatan getarannya pada  $t = \frac{1}{5} \text{ detik}$ .

**KUNCI JAWABAN**  
**BAB KINEMATIKA GERAK**

**A. PILIHAN GANDA**

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

**B. URAIAN**

1. Perpindahannya = 1 km, jarak = 1,4 km, kecepatan rata-rata = 4 km/jam, kelajuan rata-rata = 5,6 km/jam
2. a.  $v = 6t^2 + 10t$ ,  $a = 12t + 10$   
 b.  $r = 31$  m,  $v = 44$  m/s,  $a = 34$  m/s<sup>2</sup>  
 c.  $v_{\text{rata-rata}} = 63 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $a_{\text{rata-rata}} = 30$  m/s<sup>2</sup>
3. a.  $h_m = 22,05$  m  
 b.  $T_m = 2,1$  s  
 c.  $R = 90$  m  
 d.  $T = 4,2$  s
4.  $\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{10 \text{ rad/s}}{2 \text{ s}} = 5 \text{ rad/s}^2$
5. a. Percepatan mobil yaitu 28 m/s  
 b. Percepatan sudut yaitu 3500 rad  
 c. Dalam waktu 10 detik ban berputar sebanyak 557 kali putaran



**BAB HUKUM GRAVITASI NEWTON****A. PILIHAN GANDA**

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

**B. URAIAN**

1.  $T_{mars}^2 = 1,87$  tahun
2.  $F = 19,63 N$
3.  $T_B = \frac{1}{8}T_A$
4. a. Jarak=2R  $EP_{grav} = -3,75 \times 10^8 J$   
b. Jarak=R  $EP_{grav} = -7,50 \times 10^8 J$
5.  $v = 5,6 \times 10^3 m/s$

**BAB ELASTISITAS DAN HUKUM HOOKE****A. PILIHAN GANDA**

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

**B. URAIAN**

1. Tegangan ( $\sigma$ ) =  $2,5 \times 10^7 \frac{N}{m^2}$ , regangan ( $E$ ) =  $1,25 \times 10^{-4}$ , dan pertambahan panjang ( $e$ ) =  $0,005 \text{ cm}$ .
2.  $\Delta x = 7 \text{ cm}$
3.  $\Delta x = 20 \text{ cm}$
4. Periode pegas ( $T$ ) =  $0,28 \text{ s}$  dan frekuensi pegas ( $f$ ) =  $33,57 \text{ H}$
5. a.  $A = 5 \text{ m}$ 
  - b.  $T = \frac{1}{3} \text{ s}$
  - c.  $f = 3 \text{ Hz}$
  - d.  $y = -2,95 \text{ m}$ ,  $v_y = -76,3 \text{ m/s}$ ,  $a_y = 1047,1 \text{ m/s}^2$

## Daftar Pustaka

- Abdullah, Mikrajuddin. 2016. *Diktat Kuliah Fisika Dasar I Tahap Persiapan Bersama ITB*, Bandung: FMIPA ITB
- Damayanti, Cahya. 2006. *Fisika SMA/ MA Kelas XI Semester Gasal*. Klaten: Viva Pakarindo  
<http://wikipedia.ensiklopedia.Indonesia>
- Ishaq, Mohamad. 2008. *Menguak Rahasia Alam dengan Fisika*. Jakarta: PT albama
- Kusuma, Hamdan Hadi. 2015. *Fisika Dasar I*. Semarang: CV. Karya Abadi Jaya
- Palupi, Dwi Satya, dkk. 2009. *Fisika : untuk SMA dan MA Kelas XI*. Jakarta : Pusat Perbukuan
- Paul A, Tipler. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Jakarta: Erlangga
- Raharja, Bagus, dkk. 2014. *Panduan Belajar Fisika 2A SMA Kelas XI*. Anggota Ikapi: Yudhistira
- Rosyid, Muhamad Farchani. 2015. *Fisika dasar Jilid I: Mekanika*. Yogyakarta: Periuk
- Sumarno, dkk. 2011. *Sukses Membedik Ujian Nasional Fisika*. Semarang: Pelita Insani
- Sunardi, dkk. 2006. *Fisika Bilingual SMA/ MA untuk SMA/ MA Kelas XI*. Bandung: Yrama Widya

# Glosarium

Amplitudo	Jarak terjauh sebuah partikel yang bergetar dari titik seimbangnya.
Besaran skalar	Besaran yang hanya memiliki nilai, tetapi tidak memiliki arah.
Besaran vektor	Besaran yang memiliki nilai dan arah.
Elastisitas	Kemampuan suatu benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan kepada benda itu ditiadakan.
Frekuensi	Jumlah getaran yang dilakukan benda dalam satu sekon.
Gerak Harmonik Sederhana	Gerak berulang-ulang secara simetrik atau bolak-balik suatu partikel melalui titik keseimbangannya tanpa terendam.
Gerak lurus	Gerak benda yang lintasannya berbentuk garis lurus.
Gravitasi	Gaya tarik-menarik antara semua massa di dalam alam semesta.
Horizontal	Terletak pada garis atau bidang yang sejajar dengan garis datar atau horizon.
Kecepatan	Besaran vektor yang menyatakan laju perubahan posisi (perpindahan) terhadap waktu.
Kelajuan	Besaran skalar yang menyatakan jarak terhadap waktu.
Kinematika	Ilmu tentang gerak dengan mengindahkan penyebab gerak benda.
Linier	Berbentuk garis.
Lintasan	Jalan yang dilintasi atau dilalui benda yang bergerak.
Medan gravitasi	Ruang disekitar sebuah benda bermassa ketika benda bermassa lainnya dalam ruang ini akan mengalami gaya gravitasi.
Modulus Elastisitas	Ukuran kekenyalan atau kekerasan suatu benda atau bahan yang besarnya dinyatakan dengan perbandingan tegangan terhadap regangan.

Orbit geostationer	Orbit satelit yang periodenya sama dengan periode bumi sehingga satelit dari bumi terlihat statis atau diam.
Periode	Kurun waktu satu gerak periodik atau waktu yang dibutuhkan oleh benda untuk melakukan satu getaran.
Potensial gravitasi	Usaha yang harus dilakukan melawan gaya gravitasi di sebuah titik untuk membawa per satuan massa dari tak berhingga ke titik tersebut.
Regangan	Perbandingan antara pertambahan panjang benda terhadap panjang mula-mula benda.
Rotasi	Perputaran.
Sentripetal	Bergerak menuju ke pusat atau sumbu.
Tegangan	Gaya tiap satuan luas bahan.
Vektor posisi	Suatu vektor yang menyatakan posisi suatu titik pada suatu bidang atau ruang.
Vektor satuan	Suatu vektor yang besarnya satu satuan.

## RIWAYAT HIDUP

### A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Husnul Hidayah
2. Tempat dan Tgl. Lahir : Pati, 01 Desember 1993
3. Alamat Rumah : Desa Kudur RT/RW. 03/02  
Kecamatan Winong, Kabupaten Pati
4. HP : 082313841550
5. E-mail : [hidayahsaifia3@gmail.com](mailto:hidayahsaifia3@gmail.com)

### B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:
  - a. TK Kudur tahun 1999 – 2000
  - b. SD N Kudur tahun 2000 – 2006
  - c. MTs N 01 Pati tahun 2006 – 2009
  - d. MAN 02 Kudus tahun 2009 – 2012
  - e. UIN Walisongo Semarang tahun 2012 - 2017
2. Pendidikan Non-Formal:
  - a. TPQ Nurul Iman tahun 1999-2006
  - b. Asrama Al Azhar MTs N 01 Pati tahun 2008
  - c. Pondok Pesantren Dzikril Hakim Kudus tahun 2009-2010
  - d. Pondok Pesantren Putri Arofah Langgar Dalem Kudus tahun 2010-2012
  - e. Pondok Pesantren Putra Putri Al Ma'rufiyah Beringin Timur Ngaliyan Semarang tahun 2012-2017