

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN  
ISLAM PADA MATERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI  
ATOM DAN RELATIVITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan  
Dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Oleh :

**Imam Nur Huda**

NIM : 133611071

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

**2018**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Imam Nur Huda

NIM : 133611071

Jurusan : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM PADA MATERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN RELATIVITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian / karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang,

Pembuat Pernyataan

  
Imam Nur Huda  
133611071



**KEMENTERIAN AGAMA R.I.  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Prof.Dr. HamkaKampusNgaliyan (024) 7601295 Fax.  
761387 Semarang 50185

**PENGESAHAN**

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains Dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA**

Penulis : **Imam Nur Huda**

NIM : 133611071

Jurusan : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang *munaqosyah* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

Semarang, 19/01/2018

**DEWAN PENGUJI**

Penguji I,

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

Penguji II,

**M. Ardhi Khalif, M.Sc.**  
NIP : 19821009 201101 2006

Penguji III,

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

Penguji IV,

**Fihris, M.Ag.**  
NIP : 19771130 200701 2024



Pembimbing I,

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

Pembimbing II,

**Biaunik Niski Kumila, M.Sc.**  
NIP : -

## NOTA DINAS

Semarang, 20/09/2017

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

*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

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

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains Dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA**

Nama : **Imam Nur Huda**

NIM : 133611071

Jurusan : Pendidikan Fisika

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

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing I,



**Drs. H. Agus Sholeh, M.Ag.**

NIP: 195209151981031002

## NOTA DINAS

Semarang, 09/06/2017

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

*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

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

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Materi Keseimbangan dan Dinamika Rotasi, Elastisitas, dan Fluida Statik Kelas XI SMA/MA Berbasis Kearifan Lokal.**

Nama : **Nurmiyati**

NIM : 133611065

Jurusan : Pendidikan Fisika

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

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing II,



**Biaunik Niski Kumila, M.Sc.**

NIP : -

## ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh belum adanya media pembelajaran fisika khususnya modul fisika memuat materi fisika yang diintegrasikan dengan islam pada Sekolah Menengah Atas (SMA) berbasis islam maupun Madrasah Aliyah (MA) di Mranggen Demak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prosedur penyusunan modul fisika berbasis integrasi islam dan sains untuk peserta didik kelas XII SMA/MA dan mengetahui kelayakan modul fisika tersebut. Penelitian ini merupakan penelitian *Research & Development* (R&D) dengan prosedur penelitian pengembangan menurut Borg dan Gall yang dibatasi sampai dengan tahap validasi ahli. Instrumen yang digunakan berupa skala penilaian untuk mengetahui kelayakan modul fisika yaitu menggunakan skala *Likert* dengan lima kategori yang disusun dalam bentuk *checklist*. Hasil penilaian menunjukkan bahwa Modul fisika ini layak digunakan dengan kategori sangat baik (SB). Hal ini didasarkan pada jumlah rerata skor dan persentase kelayakan modul untuk ahli materi skor sebesar 3,6 dengan persentase kelayakan 71,74%, untuk ahli media skor sebesar 4,3 dengan persentase kelayakan 87%, dan guru fisika skor 4,2 persentase kelayakan 83%.

***Kata Kunci:*** Modul Fisika, Integrasi Sains dan Islam

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillah robbil Alamin.* Dengan menyebut asma Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Puji syukur dengan hati yang tulus tercurahkan kehadirat 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 MODUL FISIKA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM PADA MATERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN RELATIVITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA” 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. Agus Sudarmanto, M.Si selaku dosen wali yang telah memotivasi untuk menyelesaikan skripsi.
5. Drs. H. Agus Sholeh, M.Ag. selaku pembimbing I dan Beunik Niski Kumila, M.Sc. selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta dengan tekun dan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun skripsi ini.
6. M. Ardhi Khalif, M.Sc., Drs. H. Agus Sholeh, M.Si., Agus Sudarmanto, M.Si. dan M. Izzatul Faqih, M.Pd. selaku tim validator modul fisika yang telah memberikan penilaian.
7. Kusrini, S.Pd selaku guru mata pelajaran Fisika MA Futuhiyyah 2 Mranggen Demak yang telah membantu penulis memberikan penilaian terhadap modul fisika.

8. Yulianti Dwi Retnowati, M.Pd selaku guru mata pelajaran Fisika SMA Futuhiyyah Mranggen Demak yang telah membantu penulis memberikan penilaian terhadap modul fisika.
9. Ayahanda Juwarto dan Ibunda Rohani selaku orang tua penulis, yang telah memberikan segalanya baik do'a, semangat, cinta, kasih sayang, ilmu dan bimbingan, yang tidak dapat tergantikan dengan apapun.
10. Saudara kandungku Hakim Muhammad Ma'ruf, Anis Umaroh dan Hikmah Nurul Kamila yang telah memberikan semangat, motivasi dan do'a sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. 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, 01 Februari 2018

Penulis,

**Imam Nur Huda**

NIM: 133611071

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS .....	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
D. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II : KAJIAN TEORI</b>	
A. Kajian Teori.....	5
1. Bahan Ajar .....	5
2. Pengertian dan Peranan Modul .....	6
3. Model Pengembangan Modul .....	6
4. Komponen-komponen Modul.....	7
5. Keuntungan Pembelajaran Menggunakan Modul.....	8
6. Pembelajaran Berintegrasi .....	10
7. Islamisasi Sains .....	12
8. Sainifikasi Islam .....	12
9. Sains Islam .....	13
10. Medan Magnetik .....	19
11. Perkembangan Teori Atom .....	21
12. Relativitas.....	22

B. Kajian Pustaka.....	24
C. Kerangka Berfikir .....	25

**BAB III : METODE PENELITIAN**

A. Model Pengembangan.....	26
B. Prosedur Pengembangan .....	28
C. Subjek Penelitian .....	30
D. Teknik Pengumpulan Data.....	31
E. Teknik Analisis Data.....	31

**BAB IV : DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA**

A. Deskripsi Prototipe Produk.....	34
B. Analisis Data .....	47
C. Prototipe Hasil Pengembangan.....	59

**BAB V : PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	62
B. Saran.....	62

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Interval Kelas.
Tabel 3.2	Kriteria Validitas.
Tabel 4.1	Data Hasil Penilaian Modul Fisika Oleh Ahli Materi.
Tabel 4.2	Data Hasil Penilaian Modul Fisika Oleh Ahli Media.
Tabel 4.3	Data Hasil Penilaian Modul Fisika Oleh Guru Fisika.
Tabel 4.4	Kritik dan Saran Oleh Ahli Materi.
Tabel 4.5	Kritik dan Saran Oleh Ahli Materi.

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 *Flowchart* Alur Pengembangan.
- Gambar 4.1 *Cover* Depan dan *Cover* Belakang Produk Awal Modul Fisika.
- Gambar 4.2 Konsep Materi Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.3 Konsep Materi Setelah Direvisi.
- Gambar 4.4 Konsep Materi Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.5 Konsep Materi Setelah Direvisi.
- Gambar 4.6 Bentuk Penulisan Nama Surat Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.7 Bentuk Penulisan Nama Surat Setelah Direvisi.
- Gambar 4.8 Penilaian Ahli Materi.
- Gambar 4.9 Penulisan Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.10 Penulisan Setelah Direvisi.
- Gambar 4.11 Penulisan Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.12 Penulisan Setelah Direvisi.
- Gambar 4.13 Penataan Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.14 Penataan Setelah Direvisi.
- Gambar 4.15 Penataan Sebelum Dir evisi.
- Gambar 4.16 Penataan Setelah Direvisi.
- Gambar 4.17 Penulisan Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.18 Penulisan Setelah Direvisi.
- Gambar 4.19 Penulisan Kutipan Sebelum Direvisi.
- Gambar 4.20 Penulisan Setelah Kutipan Direvisi.
- Gambar 4.21 Penulisan Sumber Sebelum Direvisi.

Gambar 4.22 Penulisan Sumber Setelah Direvisi.

Gambar 4.23 Penulisan Sebelum Direvisi.

Gambar 4.24 Penulisan Setelah Direvisi.

Gambar 4.25 Tampilan Sebelum Direvisi.

Gambar 4.26 Tampilan Setelah Direvisi.

Gambar 4.27 Penilaian Ahli Media.

Gambar 4.28 Penilaian Guru Fisika.

Gambar 4.29 *Cover* Modul Fisika.

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Surat Ijin Penelitian.
- Lampiran 2 Surat Keterangan Penelitian.
- Lampiran 3 Daftar Nama Tim Validasi.
- Lampiran 4 Validasi Instrumen.
- Lampiran 5 Kisi-kisi Instrumen Validasi.
- Lampiran 6 Data Validasi Ahli Materi.
- Lampiran 7 Data Validasi Ahli Media.
- Lampiran 8 Data Validasi Guru Fisika.
- Lampiran 9 Hasil Wawancara.
- Lampiran 10 Produk Akhir Modul Fisika.

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Guru merupakan pendidik yang dituntut untuk menguasai 4 kompetensi guru yaitu profesional, pedagogik, sosial dan kepribadian. Penguasaan keempat kompetensi tersebut diharapkan dapat membentuk karakter guru yang menguasai bidang pendidikan, salah satunya adalah dalam menyajikan pembelajaran yang memahamkan serta menarik. Kompetensi-kompetensi tersebut bukan hanya menuntut seorang guru untuk menyajikan materi pelajaran dengan metode, model dan strategi pembelajaran yang akurat, melainkan seorang guru juga dituntut untuk dapat mengembangkan bahan ajar yang bersifat variatif dan fungsional. Kemampuan guru dalam mengembangkan bahan ajar, erat hubungannya dengan kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional (permendiknas nomor 16 tahun 2007, 2007).

Bahan ajar dapat berupa LKS, Modul, Handout dan sebagainya. Hal ini dapat menjadi faktor pendukung pada keberhasilan pembelajaran. Modul merupakan bahan ajar yang ditulis dengan tujuan agar siswa dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru. Oleh karena itu, modul setidaknya berisi petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, isi materi pelajaran, informasi pendukung, latihan soal, petunjuk kerja, evaluasi, dan balikan terhadap evaluasi (Musthofa, 2008). Dengan pemberian modul, siswa dapat belajar secara mandiri meski tanpa bimbingan guru.

Tujuan pendidikan dan pembelajaran adalah penanaman dan pembentukan nilai dan watak yang baik. Undang-undang Sistem Pendidikan Nasional No. 20 tahun 2003 pasal 1 mengamanatkan agar peserta didik memiliki kekuatan spritual keagamaan. Pada pasal 2 juga diamanatkan bahwa pendidikan nasional berakar pada nilai-nilai agama (UU RI No 20 Tahun 2003, 2003). Dengan demikian, telah jelas bahwasanya dalam pembelajaran harus terdapat unsur spiritual yang diberikan kepada peserta didik.

Di samping itu, dalam pendidikan erat kaitannya dengan Kurikulum. Kurikulum adalah seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu (Sudira, 2006). Setiap lembaga pendidikan menggunakan kurikulum sebagai pedoman dan aturan untuk keberhasilan proses belajar mengajar. Di antara kurikulum yang masih digunakan adalah kurikulum KTSP.

Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) adalah kurikulum operasional yang disusun oleh dan dilaksanakan pada masing-masing satuan pendidikan (Sudira, 2006). Setiap kurikulum termasuk KTSP mengacu pada beberapa aspek, di antaranya adalah aspek agama dan aspek peningkatan iman dan takwa untuk semua mata pelajaran termasuk fisika. Penambahan pengetahuan agama dan peningkatan iman dan taqwa dapat ditanamkan melalui proses integrasi antara ilmu sains khususnya mata pelajaran sains seperti fisika dengan kajian islam. Dengan begitu, diharapkan peserta didik dapat menelaah lebih jauh fakta tentang sains yang ada dan dapat merenungkan bahwa semua fenomena yang ada dan terjadi di alam semesta ini tidak lain atas kekuasaan dan kehendak Allah SWT.

Berdasarkan hasil wawancara dengan seorang guru Fisika di sekolah MA Futuhiyyah 2 Mranggen Demak dan SMA Futuhiyyah Mranggen demak, diketahui bahwa sumber belajar yang digunakan dalam pembelajaran adalah LKS, buku paket fisika dan handout. Sumber belajar tersebut belum memuat adanya pembelajaran yang memberikan kesan dan pesan dalam islam.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian berupa pengadaan sumber belajar lain yaitu berupa modul yang berbasis integrasi sains dan islam.

Dengan adanya modul yang berisi integrasi sains dan islam, diharapkan memberikan pengetahuan baru bagi siswa sekaligus menambah minat belajar siswa. Di sisi lain, dengan adanya sumber belajar berupa modul berbasis integrasi sains dan islam dapat menambah keimanan dan ketaqwaan kita kepada Allah SWT atas segala penciptaanNya yang Maha Besar. Dengan demikian, pembelajaran akan memenuhi ketentuan dari Undang-undang Sistem Pendidikan Nasional Nomor 20 tahun 2003 pasal 1 dan pasal 2 serta aspek-aspek dari kurikulum.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM PADA MATERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN RELATIVITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA”.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengembangan modul fisika berbasis integrasi sains dan islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk peserta didik kelas XII SMA/MA ?
2. Bagaimana kelayakan pengembangan modul fisika berbasis integrasi sains dan islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk peserta didik kelas XII SMA/MA ?

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

### **1. Tujuan Penelitian**

- a. Pengembangan modul fisika berbasis integrasi sains dan islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk peserta didik kelas XII SMA/MA
- b. Mengetahui kelayakan pengembangan modul fisika berbasis integrasi sains dan islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk peserta didik kelas XII SMA/MA

### **2. Manfaat Penelitian**

- a. Bagi peneliti  
Menambah pengetahuan mengenai integrasi sains dan Islam.
- b. Bagi pendidik  
Dapat membantu pelaksanaan proses pembelajaran fisika berbasis integrasi sains dan Islam.
- c. Bagi peserta didik  
Menambah pengetahuan baru tentang pelajaran fisika yang berbasis integrasi sains dan islam serta dapat mengenal secara nyata bahwa apa yang dipelajari juga berkaitan dengan islam.
- d. Bagi masyarakat  
Membuka pandangan bahwa adanya keterpaduan antara sains dan Islam.
- e. Bagi perkembangan ilmu

Dapat digunakan sebagai referensi dan dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

#### **D. Sistematika Penulisan**

Skripsi ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN :
  - a. Latar Belakang
  - b. Rumusan Masalah
  - c. Tujuan dan Manfaat Penelitian
  - d. Sistematika Penulisan
2. BAB II LANDASAN TEORI :
  - a. Kajian Teori
  - b. Kajian Pustaka
  - c. Kerangka Berpikir
3. BAB III METODE PENELITIAN :
  - a. Model Pengembangan
  - b. Prosedur Pengembangan
  - c. Subjek Penelitian
  - d. Teknik Pengumpulan Data
  - e. Teknik Analisis Data
4. BAB IV DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA
  - a. Deskripsi Prototipe Produk
  - b. Analisis Data
  - c. Prototipe Hasil Pengembangan
5. BAB V PENUTUP :
  - a. Kesimpulan
  - b. Saran
6. DAFTAR PUSTAKA
7. LAMPIRAN-LAMPIRAN

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Kajian Teori

##### 1. Bahan Ajar

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis (Musthofa, 2008).

Berdasarkan teknologi yang digunakan, bahan ajar dapat dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu bahan ajar cetak (*printed*) seperti handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, leaflet dan *wallchart*. Bahan ajar dengar (*audio*) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan *compact disk audio*. Bahan ajar pandang dengar (*audio visual*) seperti *video compact disk* dan film. Bahan ajar multimedia interaktif (*interactive teaching material*) seperti CAI (*Computer Assisted Instruction*), CD (*compact disk*), multimedia pembelajarn interaktif, dan bahan ajar berbasis web (*web based learning materials*) (Musthofa, 2008). Pada kesempatan kali ini hanya akan dibahas tentang bahan ajar cetak, yaitu modul.

Modul adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru, sehingga modul berisi paling tidak tentang :

- Petunjuk belajar (Petunjuk siswa/guru)
- Kompetensi yang akan dicapai
- Konten atau isi materi
- Informasi pendukung
- Latihan-latihan
- Petunjuk kerja, dapat berupa Lembar Kerja (LK)
- Evaluasi
- Balikan terhadap hasil evaluasi

## 2. Pengertian dan Peranan Modul

Modul diartikan sebagai sebuah pengembangan buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru. Dalam pandangan lain, modul dimaknai sebagai seperangkat bahan ajar yang disajikan secara sistematis, sehingga dalam penggunaannya siswa dapat belajar dengan atau tanpa guru (Erwinsyah, 2015).

Modul adalah suatu cara pengorganisasian materi pelajaran yang memperhatikan fungsi pendidikan. Strategi pengorganisasian materi pelajaran mengandung unsur *sequencing* yaitu pembuatan urutan penyajian materi pelajaran dan *synthesizing* upaya untuk menunjukkan pada peserta didik keterkaitan antara fakta, konsep, prosedur dan prinsip yang terkandung dalam materi pembelajaran (Indriyanti & Susilowati, 2010). Meskipun terdapat bermacam-macam pengertian tentang modul, namun terdapat kesamaan pendapat bahwa modul merupakan suatu paket kurikulum yang disediakan untuk belajar sendiri (Nasution, 1984).

Modul merupakan salah satu komponen yang memegang peranan penting dalam proses pembelajaran. Dalam pembelajaran sains, pendidik yang belum memiliki modul untuk melengkapi pembelajaran bagi siswa merupakan salah satu faktor penyebab masih berlakunya model pembelajaran ceramah yang sekaligus menjadi salah satu faktor penyebab rendahnya efisiensi dan efektivitas pembelajaran. Modul dirancang untuk pembelajaran klasikal di kelas maupun mandiri di luar kelas (Yulawati, Rokhimawan & Suprihatiningrum, 2013). Dengan demikian, untuk menyalahi proses belajar mengajar yang membosankan yaitu dengan metode ceramah adalah dengan adanya modul.

## 3. Model Pengembangan Modul

Model adalah sesuatu yang dapat menunjukkan suatu konsep dalam menggambarkan keadaan sebenarnya. Model adalah seperangkat prosedur yang berurutan untuk mewujudkan suatu proses. Model merupakan replikasi dari aslinya. Model pengembangan modul merupakan seperangkat prosedur yang dilakukan secara berurutan untuk melaksanakan pengembangan sistem pembelajaran modul. Dalam mengembangkan modul, diperlukan prosedur

tertentu yang sesuai dengan sasaran yang ingin dicapai, struktur isi pembelajaran yang jelas, dan memenuhi kriteria yang berlaku bagi pengembangan pembelajaran. Jadi, model pengembangan modul adalah seperangkat konsep yang berisi gambaran-gambaran dalam mengembangkan bahan ajar yaitu modul yang sesuai dengan standar kompetensi pendidikan.

Terdapat lima kriteria dalam pengembangan modul, yaitu :

- a. membantu siswa dalam menyiapkan pembelajaran secara mandiri,
- b. memiliki rencana kegiatan pembelajaran yang dapat direspon secara maksimal,
- c. memuat isi pembelajaran yang lengkap dan mampu memberikan kesempatan belajar kepada siswa,
- d. dapat memonitor kegiatan belajar siswa, dan
- e. dapat memberikan saran dan petunjuk serta informasi balikan tingkat kemajuan belajar siswa.

Berdasarkan penjelasan tersebut, pengembangan modul harus mengikuti langkah-langkah yang sistematis. Langkah-langkah tersebut adalah :

- a. analisis tujuan dan karakteristik isi bidang studi,
- b. analisis sumber belajar,
- c. analisis karakteristik peserta didik,
- d. menetapkan sasaran dan isi pembelajaran,
- e. menetapkan strategi pengorganisasian isi pembelajaran,
- f. menetapkan strategi penyampaian isi pembelajaran,
- g. menetapkan strategi pengelolaan pembelajaran, dan
- h. pengembangan prosedur pengukuran hasil pembelajaran (Indriyansti & Susilowati, 2010).

#### **4. Komponen-komponen Modul**

Setiap bahan ajar tentunya memiliki komponen-komponen yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan bahan ajar tersebut, termasuk modul. Pengembangan sebuah modul tentu menitikberatkan pada komponen-komponen yang terdapat di dalamnya. Komponen-komponen dalam modul hendaknya disesuaikan dengan peraturan perundang-undangan tentang pendidikan, kurikulum yang digunakan serta karakteristik dari peserta didik.

Sehingga, hasil dari pengembangannya menjadikan sebuah bahan ajar yang fungsional serta menarik.

Komponen-komponen modul dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

- a. Bagian pendahuluan : penjelasan umum mengenai modul.
- b. Bagian Kegiatan Belajar : Standar yang harus dicapai siswa, tujuan pembelajaran, uraian materi, rangkuman, uji kompetensi, kunci jawaban dan umpan balik.
- c. Daftar Pustaka

## 5. Keuntungan Pembelajaran Menggunakan Modul

Keuntungan yang diperoleh dari pembelajaran dengan penerapan modul adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan motivasi siswa, sebab materi yang diberikan telah dikembangkan berdasarkan kemampuan peserta didik.
- b. Keberadaan umpan baik pada bagian akhir modul memberikan evaluasi kepada peserta didik bagian-bagian modul yang telah berhasil ia capai dan bagian mana yang belum dicapai.
- c. Peserta didik dapat mengetahui batas kemampuannya dari hasil evaluasi.
- d. Bahan pelajaran terbagi lebih merata dalam satu semester.
- i. Pendidikan lebih berdaya guna, karena bahan pelajaran disusun menurut jenjang akademik (indriyansti & susilowati, 2010).

## 6. Pembelajaran Berintegrasi

Kata Integrasi (*Integration*) memiliki arti percampuran, pengkombinasian dan perpaduan. Integrasi biasanya dilakukan pada dua hal atau lebih dan masing-masingnya dapat saling mengisi. Di antara beberapa perpaduan bahasan, salah satunya adalah perpaduan antara sains dan islam. Contohnya adalah materi-materi pembelajaran fisika dipadukan dengan Al-Qur'an. Untuk mengetahui bagaimana bentuk integrasi antara sains dan islam ini, akan dibahas pada subbab setelah ini. Perpaduan dari dua bahasan ini menjadi titik temu terwujudnya kurikulum yang integratif (*integrated curriculum*).

Kurikulum integratif adalah model kurikulum yang disusun dan dilaksanakan dengan mengedepankan berbagai sudut pandang, pengalaman belajar dan menjangkau berbagai ranah pengetahuan, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Perwujudan kurikulum integratif dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

- a. *Fusion*, yaitu penggabungan beberapa topik menjadi satu. Misalnya topik tentang lingkungan hidup, tanggung jawab sosial dan perilaku masyarakat digabungkan menjadi satu dalam kajian tentang geografi.
- b. *Within one subject*, yaitu memasukkan sub disiplin keilmuan ke dalam induknya menjadi satu kesatuan. Misalnya ilmu fisika, kimia, matematika dan biologi di masukkan ke dalam kelompok ilmu murni (*pure science*).
- c. *Multidisciplinary*, yaitu penggabungan satu topik pengetahuan dengan pengetahuan lain yang sedang dipelajari oleh siswa. Misalnya ketika jam tertentu siswa belajar tentang makhluk hidup, maka seorang guru dapat meminta siswa untuk mengingat atau mengungkapkan pengetahuan yang diperolehnya dalam pelajaran lain yang terkait.
- d. *Interdisciplinary*, mempelajari satu topik dengan menggunakan berbagai perspektif dalam waktu bersamaan. Misalnya pada topik lingkungan di bahas pada perspektif budaya, geografi, sosial, biologi, agama dan lain sebagainya.
- e. *Transdisciplinary*, mengaitkan suatu topik dengan nilai-nilai, peristiwa dan isu-isu terkini yang sedang berkembang.

Cara-cara di atas harus tetap berada pada ranah korelasi dan keharmonisan. Artinya, dalam mewujudkan kurikulum integratif , baik pada tingkat konsep maupun implementasi, kata kuncinya adalah korelasi dan keharmonisan. Dengan demikian, perspektif yang beragam, pengalaman belajar yang bermacam-macam, pendekatan dan bidang keilmuan yang variatif harus tetap memiliki keterkaitan antara satu sama lain dan tidak bertentangan. Pada prakteknya, penciptaan korelasi dan harmonisasi dalam kurikulum integratif sangat ditentukan pada kemampuan mengeksplorasi berbagai isu yang berkembang, melihat suatu topik dari sudut pandang yang luas dan

menghindari pengulangan-pengulangan yang membingungkan (Kawardi, 2008).

Integrasi antara sains dan islam merupakan salah satu dari sekian banyak bentuk *Integrated curriculum*. Alangkah baiknya jika pada pembelajaran sains yang diajarkan pada sekolah-sekolah formal yang berbasis islam, dipadukan dengan nilai-nilai islam yang bersumber pada Al-Qur'an. Dengan terciptanya integrasi sains dan islam pada mata pelajaran sains seperti fisika, kimia dan biologi, dapat menambah wawasan seorang siswa tentang luasnya ilmu pengetahuan yang ia pelajari dan menambah keimanan serta ketaqwaan seorang siswa kepada Allah SWT. Integrasi antara sains dan islam dapat terwujud dengan beberapa cara, yaitu Islamisasi Sains, Saintifikasi islam dan Sains Islam.

## 7. Islamisasi Sains atau Ayatisasi

Allah SWT bersifat absolut, artinya tidak ada kekuasaan yang dapat melampauinya. Tidak ada makhluk yang dapat melampauinya dari segala sudut pandang. Semua makhluk berada di bawah kendali dan pengaturanNya. Salah satunya makhluknya adalah cahaya. Allah berfirman dalam QS. Al-Nur : 35 :

﴿اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ﴾

Artinya : “Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi”.

Salah satu sifatNya yaitu Maha Mengatur segalanya dapat terlihat dalam QS. Al-Nur : 35 tersebut.

Berbicara mengenai cahaya, perlu diketahui bahwa kecepatan gerak cahaya tidak dapat dilampaui oleh benda lain. Bahkan tidak dipengaruhi oleh keadaan orang-orang yang mengamatinya. Kecepatan tertinggi gerak cahaya dirumuskan oleh mekanika relativistik. Di dalam Al-Qur'an terdapat banyak ayat-ayat yang menceritakan tentang bagaimana kecepatan cahaya. Di sisi lain, relativitas khusus memaparkan tentang bagaimana kecepatan cahaya di alam ini dan ternyata dalam relativitas khusus tersebut mampu memberi kesan-kesan yang sama dengan Al-Qur'an. Upaya pembenaran atau tepatnya ayatisasi suatu teori inilah disebut sebagai islamisasi sains. Sains diislamkan

dan dicocokkan dengan ajaran-ajaran atau firman-firman Allah SWT di dalam Al-Qur'an.

Dalam teori klasik, di antaranya menjelaskan bahwa ruang dan waktu bersifat statis, tetap atau kekal. Ini jelas tidak sesuai dengan apa yang kita imani selama ini bahwa Allah lah satu-satunya dzat yang Maha Kekal, tidak ada makhluk satupun yang dapat menandingiNya. Namun, teori relativitas khusus maupun umum memiliki konsep-konsep yang lebih pro dengan ketuhanan. Artinya, teori relativitas lebih religius dibandingkan teori-teori sebelumnya yang tendensinya adalah bersifat ateis. Pengislaman teori sains dengan mencarikan ayat-ayat yang sesuai disebut islamisasi sains.

Salah satu bentuk islamisasi sains adalah fenomena alam yang terjadi di ruang angkasa. Spektrum cahaya yang dipancarkan dari ruang angkasa, dari galaksi-galaksi, bergeser ke arah merah (*redshift*). Pergeseran spektrum ini menandakan bahwa sumber cahaya bergerak menjauhi bumi. Artinya, galaksi-galaksi sedang bergerak menjauhi bumi. Jika bumi diposisikan sebagai pusat alam, berarti volume alam semesta terus membesar. Dengan demikian, jika kita mundur ke masa lalu, kita akan menemui alam semesta yang mengecil, menyusut sampai suatu waktu yang disebut waktu nol dan radius alam semesta juga nol atau setidaknya mendekati nol. Karena massa dan radiasi alam semesta terkumpul dalam ruang-waktu yang limit nol, maka kerapatan energi dan massa menjadi luar biasa besar dan tak terhingga. Kemudian dengan kehendak Allah SWT volume ruang-waktu ini meledak dengan dahsyat. Peristiwa ini disebut *The Big Bang*.

Ledakan besar *The Big Bang* mengawali penciptaan alam semesta dan ayat yang mendukungnya, yaitu :

بَدِيعُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَإِذَا قَضَىٰ أَمْرًا فَإِنَّمَا يَقُولُ لَهُ كُن فَيَكُونُ

۱۱۷

Artinya : "Allah Pencipta langit dan bumi, dan bila Dia berkehendak (untuk menciptakan) sesuatu, maka (cukuplah) Dia hanya mengatakan kepadanya: "Jadilah!" Lalu jadilah ia". (QS. Al-Baqarah : 117)

Kata *Amran* di atas adalah sesuatu yang dipahami sebagai ide atau pikiran Allah tentang alam semesta yang terdiri dari langit dan bumi, bukan alam semesta itu sendiri. Kata *Kun* di atas ibarat seperti suara *Bang*. Dengan demikian *The Big Bang* mempunyai keterkaitan dengan ayat Al-Qur'an.

Perkembangan alam semesta dapat dirumuskan secara matematis dengan persamaan medan Einstein dalam teori relativitas umum. Alam semesta bermula dari ketiadaan, kemudian meledak dan berkembang terus menerus hingga saat ini. Perkembangan alam semesta ini pun perlu dikuatkan dengan wahyu sebagai berikut.

وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ ٤٧

Artinya : “Dan langit itu Kami bangun dengan kekuasaan (Kami) dan sesungguhnya Kami benar-benar meluaskannya”. (QS. Adz-Dzariyat : 47)

Upaya islamisasi sains yang terkadang dikatakan sebagai upaya mencocok-cocokkan teori atau temuan sains dengan islam, oleh sebagian kalangan dipandang sebagai hal yang naif, kurang elegan, bahkan berbahaya. Alasannya adalah sains merupakan suatu ilmu yang terus berkembang dan sewaktu-waktu dapat salah dan dipatahkan oleh teori yang baru. Sehingga, dikhawatirkan orang-orang akan menganggap wahyu yang terkait dengannya juga salah. Meskipun demikian, kritik tersebut tetap harus diterima sebagai peringatan dan sebagai motivasi untuk terus mengembangkan sebuah paradigma baru, yaitu sains berbasiskan wahyu ( Agus Purwanto, 2012).

## 8. Sainifikasi Islam

Lahirnya saintifikasi islam merupakan upaya untuk menampilkan islam agar tampak modern, bersifat ilmiah dan tidak ketinggalan zaman. Artinya adalah ajaran-ajaran islam dijelaskan dengan menggunakan teori-teori ilmiah. Dalam hal ini islam dilihat dari kacamata rasional. Sebagai salah satu bentuk saintifikasi dapat dilihat dalam gerakan-gerakan sholat.

Sholat adalah kewajiban utama umat muslim yang terdiri dari berbagai gerakan. Mulai mengangkat kedua tangan hingga sejajar telinga ketika *takbiratul ihram* sampai dengan menoleh kanan dan kiri sambil mengucapkan salam. Dijelaskan secara medis bahwa gerakan *ruku'* melatih kandung kemih agar terhindar dari kanker prostat, *i'tidal* dapat melancarkan pencernaan,

*sujud* dapat melancarkan oksigen ke otak dan meningkatkan kesuburan wanita, dan duduk *iftirasy* dapat mencegah nyeri pada pangkal paha.

Selain gerakan-gerakan sholat, bersiwak juga merupakan contoh saintifikasi islam. Bersiwak merupakan amalan yang disunnahkan oleh Rasulullah SAW sebelum sholat. Bersiwak adalah gerakan menggosok gigi dengan sebatang kayu siwak (*salvadora persica*) kering. Secara ilmiah siwak juga memiliki manfaat layaknya pasta gigi dan memiliki khasiat dapat menguatkan hafalan seseorang.

Hasil riset Universitas Al-Azhar menyatakan bahwa membaca Al-Qur'an dapat meningkatkan kinerja otak dan mempertajam ingatan sampai delapan puluh persen. Selain itu, waktu yang bagus untuk membaca Al-Qur'an adalah setelah sholat, terutama setelah sholat maghrib dan sholat shubuh. Pada kedua waktu tersebut, otak dalam keadaan segar karena pergantian waktu dari terang ke gelap dan sebaliknya. Contoh-contoh di atas merupakan upaya untuk saintifikasi islam. Jadi, saintifikasi islam adalah upaya menjelaskan ajaran-ajaran islam dari sudut pandang ilmiah ( Agus Purwanto, 2012).

## **9. Sains Islam**

### **a. Pilar Bangunan Sains**

Pada prinsipnya setiap sains dibangun atas tiga dasar atau tiga pilar, yaitu pilar ontologi, aksiologi dan epistemologi. Untuk mengetahui nilai yang dibawa suatu sains, termasuk sains modern, perlu meninjau fondasi bangunan sains tersebut.

Pilar ontologi terkait dengan subjek atau realitas apa yang (dianggap) ada dan dapat dikaji atau diketahui. Pilar aksiologi terkait dengan tujuan ditemukannya suatu ilmu pengetahuan. Sedangkan pilar epistemologi berhubungan dengan cara dan sumber suatu ilmu pengetahuan, dengan apa atau bagaimana suatu pengetahuan dapat diperoleh.

Tiga pilar sains tersebut dapat terlihat dalam fakta terdahulu, khususnya pada fisika klasik yang mengungkapkan bahwa materi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, artinya materi bersifat statis atau kekal. Pernyataan ini menjadi hal yang serius bagi umat muslim.

Sebagai seorang muslim kita diajarkan tentang ajaran Rukun Iman. Meninjau permasalahan tentang teori materialisme pada fisika klasik, bahwasanya teori tersebut berlawanan pada rukun iman yang pertama. Secara tidak langsung teori tersebut meniadakan bahwa sebenarnya Allah SWT Maha Memelihara dan Maha Menciptakan, Dia tidak sama dengan mahluk dan tidak ada satupun mahluk yang dapat menandingiNya. Di sisi yang sama, teori tersebut menolak rukun iman yang kelima tentang iman kepada hari kiamat atau hari kehancuran yang menghancurkan seluruh mahluk Allah SWT, baik yang berukuran besar maupun yang tak kasat mata.

Rukun iman dan teori materialisme tidak dapat bersandingan karena keduanya bertentangan. Permasalahn ini terjawab ketika muncul teori yang baru yaitu teori mekanika kuantum dan relativitas khusus Einsten.

Meninjau lebih lanjut, pilar ontologi dalam teori materialisme adalah materi, ruang dan waktu. Pilar aksiologi dalam teori tersebut bertujuan hanya untuk membanggakan dan menyombongkan diri atas temuannya. Pada akhirnya, hasil penemuan sains tersebut akan menjauhkan dari unsur ketuhanan. Sedangkan pada pilar epistemologi, bahwa sians barat menerima dan mengagungkan rasionalisme, empirisme dan objektivisme. Fakta-fakta yang ada merupakan sumber pengetahuan dan pengetahuan tidak boleh melebihi fakta-fakta dan hubungan di antaranya.

#### **b. Pilar Bangunan Sains Islam**

Pilar bangunan sains juga dibangun atas tiga pilar, yaitu ontologi, aksiologi dan epistemologi. Ketiga pilar ini harus bersumber pada prinsip tauhid yang mengakar pada Rukun iman dan Rukun Islam.

Ontologi sains islam jelas tidak mungkin menolak hal gaib. Realitas bukan hanya objek yang dapat dilihat, diraba dan dirasakan , tetapi juga yang tidak dapat terlihat. Secara sederhana dijelaskan dalam Al-Qur'an pada QS.Al-Haqqah : 38-39 sebagai berikut :

فَلَا أُقْسِمُ بِمَا تُبْصِرُونَ ۝ ٣٨ وَمَا لَا تُبْصِرُونَ ۝ ٣٩

Artinya : *"Maka Aku bersumpah dengan apa yang kamu lihat. Dan dengan apa yang tidak kamu lihat"*.

Dalam ontologi sains islam, objek pengetahuan terdiri dari dua hal, yaitu objek yang tampak dan tidak tampak. Artinya, terdapat realitas di balik realitas material. Sebagai contoh, manusia tidak hanya memiliki bentuk material berupa fisik, tetapi manusia juga memiliki realitas di balik material yaitu jiwa atau ruh.

Bukan hanya manusia atau makhluk hidup lainnya saja yang memiliki jiwa atau ruh. Makhluk tidak hidup atau benda mati pun juga memiliki jiwa, seperti gunung. Al-Qur'an menyebutkan bahwa gunung dan burung bertasbih bersama nabi Daud a.s.

فَفَهَّمْنَاهَا سُلَيْمَانَ وَكُلًّا آتَيْنَاهَا حُكْمًا وَعِلْمًا وَسَخَّرْنَا مَعَ دَاوُدَ الْجِبَالَ يُسَبِّحْنَ وَالطَّيْرَ وَكُنَّا فَاعِلِينَ ٧٩

Artinya : *"maka Kami telah memberikan pengertian kepada Sulaiman tentang hukum (yang lebih tepat); dan kepada masing-masing mereka telah Kami berikan hikmah dan ilmu dan telah Kami tundukkan gunung-gunung dan burung-burung, semua bertasbih bersama Daud. Dan kamilah yang melakukannya"* (QS. Al-Anbiya' : 79)

Sampai saat ini kita belum mampu merumuskan jiwa gunung yang membuatnya mampu bertasbih. Bukan berarti kita boleh meniadakannya dan mengklaim bahwa gunung hanya kumpulan materi belaka. Sains islam harus mampu menguak dan merumuskan isyarat yang terkandung dalam QS. Al-Anbiya' ayat 79 tersebut.

Aksiologi sains islam adalah dikenalnya Sang Pencipta melalui tanda-tanda ciptaanNya. Bagi seorang ilmuwan muslim, keberhasilan upaya menguak pola ciptaan dan kesatuan hukum alam akan membuatnya semakin bertakwa kepada Allah SWT, sebagaimana yang disebutkan dalam QS. Ali 'Imran : 191.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَفُؤَادًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”.

Ayat di atas memberikan gambaran siapa dan bagaimana ilmuwan muslim, sekaligus dasar bagi aksiologi sains islam. Al-Qur’an menyebutkan sekelompok ilmuwan sebagai *qaumun ya’qilun* (sekelompok pemikir). Mereka melakukan pengamatan atas fenomena alam di langit dan bumi. Mereka menelaah, menganalisis, kemudian membuat sebuah rumusan atau teori.

Semua orang, khususnya ilmuwan, memiliki kebebasan untuk mengajukan pendapat atau teori apa saja tentang fenomena tertentu. Semua ilmuwan melakukan hal yang standar. Artinya, baik ilmuwan muslim, ilmuwan nasrani, ilmuwan budha maupun ilmuwan ateis akan melakukan hal yang sama, yaitu melakukan observasi, menganalisis dan merumuskan. Lantas, apa yang membedakan ilmuwan muslim dengan ilmuwan lainnya ? Di dalam QS. Ali ‘Imran : 191 menyebutkan terdapat perpaduan antara *zikir* dan pikir. Bahkan lebih mendahulukan *zikir* dibandingkan dengan pikir. Urutan ini menunjukkan bahwasannya sebelum menjadi ilmuwan yang banyak berpikir, seorang muslim harus terlatih melakukan *zikir*.

Epistemologi dalam sains islam adalah bagaimana atau dengan apa pengetahuan diperoleh. Al-Qur’an menyebutkan tiga unsur manusia untuk memperoleh pengetahuan, yaitu pendengaran, penglihatan dan hati. Sebagaimana yang disebutkan dalam QS. Al-Nahl : 78.

وَاللَّهُ أَخْرَجَكُمْ مِنْ بُطُونِ أُمَّهَاتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْئًا وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ  
وَالْأَبْصَرَ وَالْأَفْئِدَةَ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ٧٨

Artinya : “Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati, agar kamu bersyukur”.

Setelah manusia lahir, sedikit demi sedikit mereka mulai untuk belajar tentang hal-hal di sekitarnya dengan menggunakan indra pendengaran, indra penglihatan dan hati. Namun, dalam ayat ini tidak digunakan redaksi *la'allakum ta'lamun* (agar engkau mengetahui), melainkan *la'allakum tasykurun* (agar engkau bersyukur). Artinya, aktifnya ketiga unsur (telinga, mata dan hati) tidak sekedar pada taraf mengetahui sesuatu, tetapi manusia harus bersyukur atau karunia pengetahuan yang dimilikinya dan diperoleh melalui ketiga unsur tersebut.

### c. Ayat Kauniyah

Manusia dilengkapi dengan tiga unsur untuk memperoleh pengetahuan dari berbagai sumber. Di antara sumber pengetahuan adalah alam raya dan diri manusia sendiri. Seperti yang disebutkan dalam QS. Fushshilat : 53 berikut.

سُنُرِيهِمْ ءَايَاتِنَا فِي الْأَفَاقِ وَفِي أَنْفُسِهِمْ حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ الْحَقُّ ۗ أَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ شَهِيدٌ ۝٥٣

Artinya : “Kami akan memperlihatkan kepada mereka tanda-tanda (kekuasaan) Kami di segala wilayah bumi dan pada diri mereka sendiri, hingga jelas bagi mereka bahwa Al Quran itu adalah benar. Tiadakah cukup bahwa sesungguhnya Tuhanmu menjadi saksi atas segala sesuatu”.

Berdasarkan ayat di atas, dapat diketahui bahwa tanda-tanda ciptaan Allah yang ada di alam dan di diri manusia akan memperlihatkan kebenaran Al-Qur'an. Al-Qur'an berisi 6236 ayat yang terangkum di dalam 114 surah. Di antara ayat-ayat tersebut, terdapat ayat-ayat kauniyah yang berjumlah 800 ayat. Ayat-ayat kauniyah adalah ayat-ayat yang memberikan isyarat tentang fenomena alam. Hubungan antara fenomena alam dengan ayat-ayat kauniyah adalah bersifat pasti. Sesungguhnya berlaku pula hubungan yang terbalik, yaitu ayat-ayat Al-Qur'an akan menunjukkan fenomena alam tertentu.

Sains islam dalam perspektif ini dapat dimaknai sebagai sains yang konsep dasarnya diambil dari ayat-ayat Al-Qur'an. Delapan ratus ayat

kauniyah memberikan informasi awal bagi pemahaman yang utuh tentang alam semesta dan bagian-bagiannya.

Terkadang, Al-Qur'an berbicara tentang fenomena alam. Namun, beberapa di antaranya terlebih dahulu dikaitkan dengan peringatan atau keadaan seseorang. Salah satu contohnya adalah Al-Qur'an menceritakan sejarah nabi Musa a.s.

Umat nabi Musa a.s. pada masa itu dikenal sebagai umat yang ingkar. Meskipun telah diperingatkan, mereka tidak takut sedikitpun dan hati mereka menjadi keras seperti kerasnya batu. Dalam hal ini, Al-Qur'an juga menyinggung tentang batu.

ثُمَّ قَسَتْ قُلُوبُكُمْ مِّنْ بَعْدِ ذَلِكَ فَهِيَ كَالْحِجَارَةِ أَوْ أَشَدُّ قَسْوَةً وَإِنَّ مِنَ  
الْحِجَارَةِ لَمَا يَتَفَجَّرُ مِنْهُ الْأَنْهَارُ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَشَقَّقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ  
الْمَاءُ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَهْبِطُ مِنْ خَشْيَةِ اللَّهِ وَمَا اللَّهُ بِغَفِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ

٧٤

Artinya : “Kemudian setelah itu hatimu menjadi keras seperti batu, bahkan lebih keras lagi. Padahal diantara batu-batu itu sungguh ada yang mengalir sungai-sungai dari padanya dan diantaranya sungguh ada yang terbelah lalu keluarlah mata air dari padanya dan diantaranya sungguh ada yang meluncur jatuh, karena takut kepada Allah. Dan Allah sekali-sekali tidak lengah dari apa yang kamu kerjakan”. (QS. Al-Baqarah : 74)

Seorang ilmuwan muslim, tepatnya seorang geolog muslim, dapat berangkat dari informasi pada QS. Al-Baqarah : 74 di atas untuk meneliti tentang air, batu dan sungai. Bukan batu yang ada di sungai, melainkan bagaimana batu dapat memancarkan air.

Upaya ideal yang sekaligus membedakan ilmuwan muslim dengan ilmuwan lainnya adalah menjadikan Al-Qur'an sebagai pijakan membangun teori ilmiah. Sebuah pernyataan yang menyebutkan bahwa Al-Qur'an hanya memberi tuntunan moral dan motivasi bagi penelitian alam adalah pernyataan yang menyederhanakan. Selain itu, pernyataan

tersebut mengabaikan delapan ratus ayat kauniyah yang secara spesifik tentang alam dan bagian-bagiannya (Agus Purwanto, 2012).

## 10. Medan Magnetik

### a. Hukum Biot-Savart

Berdasarkan hasil eksperimennya tentang pengamatan medan magnet di suatu titik P yang dipengaruhi oleh suatu kawat penghantar  $dl$ , yang dialiri arus listrik  $I$  diperoleh kesimpulan bahwa besarnya kuat medan magnet (yang kemudian disebut induksi magnet yang diberi lambang  $B$ ) di titik P :

- Berbanding lurus dengan kuat arus listrik ( $I$ ).
- Berbanding lurus dengan panjang kawat ( $dl$ ).
- Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik P ke elemen kawat penghantar ( $r$ ).
- Sebanding dengan sinus sudut apit  $\theta$  antara arah arus dengan garis hubung antara titik P ke elemen kawat penghantar.

Secara sistematis dituliskan sebagai berikut :

$$dB = \frac{\mu_0 dl \sin \theta}{4\pi r^2}$$

Dengan  $\mu_0$  menyatakan permeabilitas vakum yang besarnya  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Wb/A m.

### b. Induksi Magnetik di Sekitar Kawat Lurus Berarus

Untuk menghitung besarnya induksi magnetik di suatu titik yang terletak di sekitar kawat penghantar lurus dengan panjang yang tak terhingga dan beraliran arus sebesar  $I$ , dapat diturunkan dari hukum Biot-Savart. Secara sistematis dituliskan :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

### c. Induksi Magnetik Pada Sumbu Lingkaran Kawat Berarus

Besarnya induksi magnetik pada suatu titik yang terletak pada garis sumbu penghantar berbentuk lingkaran dengan jari-jari  $r$ , secara sistematis dituliskan sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2a}$$

d. Induksi Magnetik pada Sumbu Solenoida dan Toroida

*Solenoida* adalah kumparan yang panjang di mana diameter kumparan lebih kecil dibandingkan dengan panjang kumparan. Jarak antara lilitan yang satu dengan yang lainnya sangat rapat dan biasanya terdiri atas satu lapisan atau lebih. Sedangkan *toroida* adalah sebuah solenoida yang dilengkungkan sehingga membentuk lingkaran. Secara sistematis dirumuskan :

Jika titik P di pusat solenoida, maka :

$$B = \frac{\mu_0 IN}{L}$$

Jika titik P terletak di ujung solenoida :

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2L}$$

besarnya induksi magnetik di pusat sumbu toroida:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2\pi r}$$

e. Gaya Magnetik Pada Penghantar Berarus dalam Medan Magnetik

Gaya magnetik atau gaya Lorentz adalah gaya yang terjadi akibat interaksi antara medan magnetik dengan arus listrik atau muatan listrik yang bergerak. Besarnya gaya magnetik/gaya Lorentz dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$F = IlB \sin \theta$$

f. Gaya Magnetik Antara Dua Kawat Sejajar

Gaya magnet juga dialami oleh dua buah kawat sejajar, dengan asumsi panjang  $l$  kedua kawat adalah tak terhingga, yang saling berdekatan dan beraliran arus listrik. Secara sistematis dirumuskan :

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a}$$

g. Gaya Magnetik Pada Muatan Bergerak Dalam Medan Magnetik

Sebuah benda bermuatan listrik yang bergerak dalam medan magnetik, juga akan mengalami gaya magnetik. Secara sistematis dirumuskan :

$$r = \frac{mv}{bq}$$

#### h. Penerapan Gaya Magnetik

Konsep gaya magnetik banyak diterapkan pada peralatan listrik yang umumnya menggunakan penghantar berbentuk gelung, yaitu pada motor listrik dan Galvanometer.

### 11. Perkembangan Teori Atom

#### a. Model Atom Dalton

Secara garis besar teori atom Dalton dapat disimpulkan bahwa atom merupakan bagian terkecil dari suatu zat yang tidak bisa dibagi lagi.

#### b. Model Atom Thomson

Berdasarkan hasil penemuan elektron tersebut, maka Thomson mengajukan model atom untuk pertama kali (1904), yaitu atom bukan bagian terkecil dari zat. Atom mempunyai muatan positif yang tersebar merata ke seluruh atom yang dinetralkan oleh elektron-elektron yang tersebar di antara muatan positif itu.

#### c. Model Atom Rutherford

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukannya, kemudian Rutherford menyusun model atomnya yang secara garis besar adalah sebagai berikut :

- a. Pada atom muatan positif dan sebagian besar massa atom terpusat pada suatu titik, yaitu di tengah tengah atom yang kemudian disebut *inti atom*.
- b. Di luar inti pada jarak yang relatif jauh, elektron bergerak mengelilingi inti dalam lintasan-lintasan seperti planet-planet mengitari matahari dalam sistim tata surya.

#### d. Model Atom Bohr

Kaitannya dengan model atom Bohr, ia mengusulkan tiga postulat, yaitu :

- Elektron berotasi mengelilingi inti atom tidak pada sembarang lintasan. Tetapi pada lintasan-lintasan tertentu tanpa membebaskan energi. Lintasan ini disebut *lintasan stasioner* dan memiliki energi tertentu.
- Elektron dapat berpindah dari lintasan yang satu ke lintasan yang lain. Jika elektron pindah dari lintasan berenergi rendah (lintasan dalam) ke lintasan berenergi tinggi (lintasan luar) akan menyerap energi dan sebaliknya akan memancarkan energi. Energi yang dipancarkan atau diserap elektron sebesar  $hf$ .
- Lintasan-lintasan yang diperkenankan elektron adalah lintasan-lintasan yang mempunyai momentum sudut kelipatan bulat dari  $\frac{h}{2\pi}$ .

#### e. Teori Mekanika Kuantum

Saat ini model atom yang diterima adalah *model atom mekanika kuantum*. Perkembangan teori ini merupakan sumbangan dari beberapa ilmuwan yaitu Louis de Broglie, Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg, Erwin Schrodinger dan Max Born.

Louis de Broglie (1923) seorang ahli Fisika yang berasal dari Perancis mengajukan hipotesis tentang *gelombang materi*. Menurutnya, gerakan partikel yang bergerak mendekati kecepatan cahaya, seperti halnya gerakan elektron mengitari inti atom, mempunyai sifat gelombang. kemudian pada tahun 1926 Erwin Schrodinger seorang ahli Fisika dari Austria berhasil merumuskan persamaan gelombang untuk menggambarkan bentuk dan tingkat energi orbital.

Model atom pada teori mekanika kuantum dijelaskan melalui 4 konsep berikut :

- Bilangan kuantum utama ( $n$ )
- Bilangan kuantum orbital ( $l$ )
- Bilangan kuantum magnetik ( $m_l$ )

- Bilangan kuantum spin ( $m_s$ )

## 12. Relativitas

### a. Teori Relativitas Khusus Einstein

Dalam mengemukakan teori relativitas khusus, Einstein mengemukakan dua postulat yaitu :

- Hukum Fisika memiliki bentuk yang sama pada semua kerangka acuan inersial (prinsip relativitas).
- Kecepatan cahaya di dalam ruang hampa ke segala arah adalah sama untuk semua kerangka acuan inersial (laju cahaya bersifat invarian).

Kedua postulat Albert Einstein tersebut melahirkan beberapa konsekuensi-konsekuensi pada peristiwa tertentu, yaitu Dilatasi waktu, Kontraksi Panjang dan Kesetaraan massa dan energi.

### b. Dilatasi Waktu

Selang waktu yang diukur oleh jam yang relatif bergerak terhadap kejadian dengan jam yang diam terhadap kejadian adalah waktu yang diukur jam yang bergerak lebih besar dibandingkan waktu yang diukur oleh jam yang diam terhadap kejadian. Peristiwa ini disebut *dilatasi waktu atau pemuaiian waktu (time dilatation)* yang dapat dinyatakan dalam persamaan :

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

### c. Kontraksi Panjang

Secara sistematis peristiwa kontraksi panjang dituliskan sebagai berikut :

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

### d. Kesetaraan Massa dan Energi

Salah satu hal terpenting yang merupakan konsekuensi dari formula teori relativitas khusus Einstein adalah konsep kesetaraan massa dan energi. Einstein menyatakan bahwa energi bisa dihasilkan dari massa. Artinya,

sejumlah massa tertentu dapat menghasilkan sejumlah tertentu energi.

Secara sistematis dituliskan :

$$E = mc^2$$

## **B. Kajian Pustaka**

Kajian pustaka digunakan sebagai pembanding terhadap penelitian yang ada, baik mengenai kelebihan atau kekurangan yang ada sebelumnya. Beberapa penelitian yang sudah teruji keshahihannya diantaranya meliputi :

1. Penelitian Dwi Yulianto program studi Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta dengan judul skripsi “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi-Interkoneksi dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing untuk MA Pokok Bahasan Dinamika Rotasi dan Keseimbangan”. Berdasarkan hasil uji tim ahli materi, ahli media dan guru fisika, modul tersebut mendapatkan nilai kualitas yang baik serta mendapat respon yang baik dari siswa. Kekurangan dalam skripsi tersebut adalah respon positif didapatkan pada modul integrasi-interkoneksi dan belum merambah pada modul-modul basis lainnya. Modul tersebut juga belum memberikan nilai-nilai keislaman, padahal objek yang diambil adalah sekolah Madrasah Aliyah. (Yulianto, 2015).
2. Penelitian Ade Ernawati program studi Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta dengan judul skripsi “Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi-Interkoneksi Sebagai Sumber Belajar Mandiri dengan Tema Teori Relativitas Khusus Einstein untuk SMA/MA kelas XII”. Berdasarkan hasil uji tim ahli materi, ahli media dan guru fisika, modul tersebut mendapatkan nilai kualitas yang baik serta mendapat respon yang baik dari siswa. Kekurangan dalam skripsi tersebut adalah hanya sebatas modul integrasi-interkoneksi pada materi Relativitas Khusus Einstein, belum mencakup pada materi yang lainnya (Ernawati, 2014).

Maka dari itu, peneliti bermaksud mengembangkan Modul Fisika pada materi Medan Magnet, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas guna mengetahui respon positif dari tim ahli materi, tim ahli media dan guru fisika serta

memberikan nilai-nilai keislaman dalam pembelajaran fisika kelas XII untuk SMA/MA

### **C. Kerangka Berpikir**

Modul yang berbentuk buku ini merupakan hal yang penting bagi kelancaran proses belajar mengajar. Produk ini berisikan materi-materi fisika kelas XII untuk SMA/MA yang akan dikaitkan dengan ayat-ayat Al-Qur'an serta fenomena-fenomena yang erat kaitannya dengan nilai-nilai islam. Materi tersebut adalah, Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas. Di dalam modul tersebut akan menjelaskan mengenai konsep-konsep fisika sembari akan didasari dengan ayat-ayat Al-Qur'an dan dikaitkan dengan fenomena alam yang banyak diperbincangkan melalui perspektif sains dan islam. Tidak sedikit guru-guru fisika khususnya dan siswa-siswa di sekolah berbasiskan islam tingkat SLTA kurang memahami bagaimana hubungan sains dan Islam, karena menurut mereka keduanya tidak bisa bersatu. Dengan adanya konsep integrasi dalam modul fisika ini diharapkan guru maupun siswa mampu mengetahui dan memahami konsep integrasi sains dan Islam dengan baik dan benar.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Model Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.

Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan (digunakan metode survey atau kualitatif) dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji keektifan produk tersebut. Dalam bidang pendidikan, produk-produk yang dihasilkan melalui penelitian *Research & Development* (R & D) diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pendidikan, yaitu yang berkualitas dan relevan dengan kebutuhan di masyarakat.

Produk-produk pendidikan yang dihasilkan dapat berupa kurikulum yang spesifik untuk keperluan pendidikan tertentu, metode mengajar, media pendidikan, buku ajar, modul, kompetensi tenaga kependidikan, sistem evaluasi, model uji kompetensi, penataan ruang kelas untuk model pembelajar tertentu, model unit produksi, model manajemen, sistem pembinaan pegawai, sistem penggajian dan lain-lain (Sugiyono, 2015).

Menurut Borg & Gall terdapat sepuluh tahapan dalam pengembangan sebuah produk pendidikan, yaitu:

1. Penelitian dan Pengumpulan data (*Research and information collecting*), yakni melakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji, pengukuran kebutuhan, penelitian dalam skala kecil, dan persiapan untuk merumuskan kerangka kerja penelitian.
2. Perencanaan (*planning*), yakni menyusun rencana penelitian, meliputi kemampuan-kemampuan yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, rumusan tujuan yang hendak dicapai dengan penelitian tersebut, desain atau langkah-langkah penelitian, kemungkinan pengujian dalam lingkup terbatas.

3. Pengembangan produk awal (*develop preliminary form of product*), yakni pengembangan bahan pembelajaran, proses pembelajaran dan instrumen evaluasi.
4. Validasi produk (*product validation*), yakni melakukan penilaian produk kepada tim ahli mengenai kelayakan bahan ajar sebelum diuji cobakan ke lapangan dan memvalidasi produk tersebut serta instrumen penilaian.
5. Melakukan revisi (*main product revision*), yakni memperbaiki atau menyempurnakan produk sebelum diuji cobakan ke lapangan.
6. Uji coba lapangan awal (*preliminary field testing*), yakni uji coba di lapangan pada 1 sampai 3 sekolah dengan 6 sampai dengan 12 subjek uji coba (guru). Selama ini uji coba diadakan pengamatan, wawancara dan pengedaran angket.
7. Merevisi hasil uji coba (*main product revision*), yakni memperbaiki atau menyempurnakan hasil uji coba.
8. Uji coba lapangan (*main field testing*), yakni melakukan uji coba yang lebih luas pada 5 sampai dengan 15 sekolah dengan 30 sampai dengan 100 orang subjek uji coba. Data kuantitatif penampilan guru sebelum dan sesudah menggunakan model yang dicobakan dikumpulkan. Hasil-hasil pengumpulan data dievaluasi dan kalau mungkin dibandingkan dengan kelompok pembanding.
9. Penyempurnaan produk hasil uji lapangan (*operasional product revision*), yakni menyempurnakan produk hasil uji lapangan.
10. Diseminasi dan implementasi (*dissemination and implementation*), yakni melaporkan hasilnya dalam pertemuan profesional dan dalam jurnal. Bekerjasama dengan penerbit untuk penerbitan. Memonitor penyebaran untuk pengontrolan kualitas (Sri Haryati, 2012).

Berdasarkan pendapat Borg & Gall tersebut, peneliti merumuskan tahap penelitian yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian dan pengembangan yang dilakukan. Tahap yang ditempuh oleh peneliti mulai tahap pengumpulan data sampai tahap revisi produk setelah dinilai oleh tim penilai. Penelitian ini tidak diujicobakan ke lapangan dikarenakan keterbatasan penelitian berupa waktu dan biaya. Namun, produk yang dihasilkan dapat dilanjutkan oleh peneliti lain untuk diujicobakan ke lapangan.

## **B. Prosedur Pengembangan**

Karena terbatasnya waktu dan biaya yang dimiliki oleh peneliti, maka prosedur penelitian pengembangan hanya dilakukan sampai beberapa langkah saja sehingga tidak sepenuhnya menggunakan kesepuluh langkah penelitian dan pengembangan dari Borg & Gall. Prosedur atau langkah tersebut dibatasi dan disesuaikan dengan kebutuhan peneliti. Secara garis besar, prosedur pengembangan dalam penelitian ini sebagai berikut :

### **1. Studi Pendahuluan**

Studi pendahuluan yang dilakukan adalah observasi lapangan berupa wawancara dan pengumpulan materi yang berupa materi fisika, beberapa tafsir Al-Qur'an dan pengetahuan sains yang dapat dibahas dalam perspektif sains maupun Islam.

### **2. Melakukan Perencanaan Produk**

Perencanaan produk merupakan langkah yang dilakukan setelah didapatkan hasil dari studi pendahuluan yang menunjukkan adanya masalah. Setelah didapatkan hasil pada studi pendahuluan, tahap selanjutnya yaitu merancang produk berupa susunan isi modul pada materi-materi fisika yang dikembangkan, meliputi :

- a. Cover bab
  - Apersepsi
- b. Peta Konsep
- c. Kata kunci
- d. Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar
- e. Tujuan Pembelajaran
- f. Materi Fisika
  - Materi fisika
  - Contoh soal
  - Latihan soal
  - Proyek fisika
  - Kartun fisika
- g. Kajian Islam
- h. Ensiklopedia Islam

- i. Tokoh Islam
- j. Rangkuman
- k. Uji kompetensi
- l. Umpan balik
- m. kunci jawaban

### **3. Pengembangan Produk**

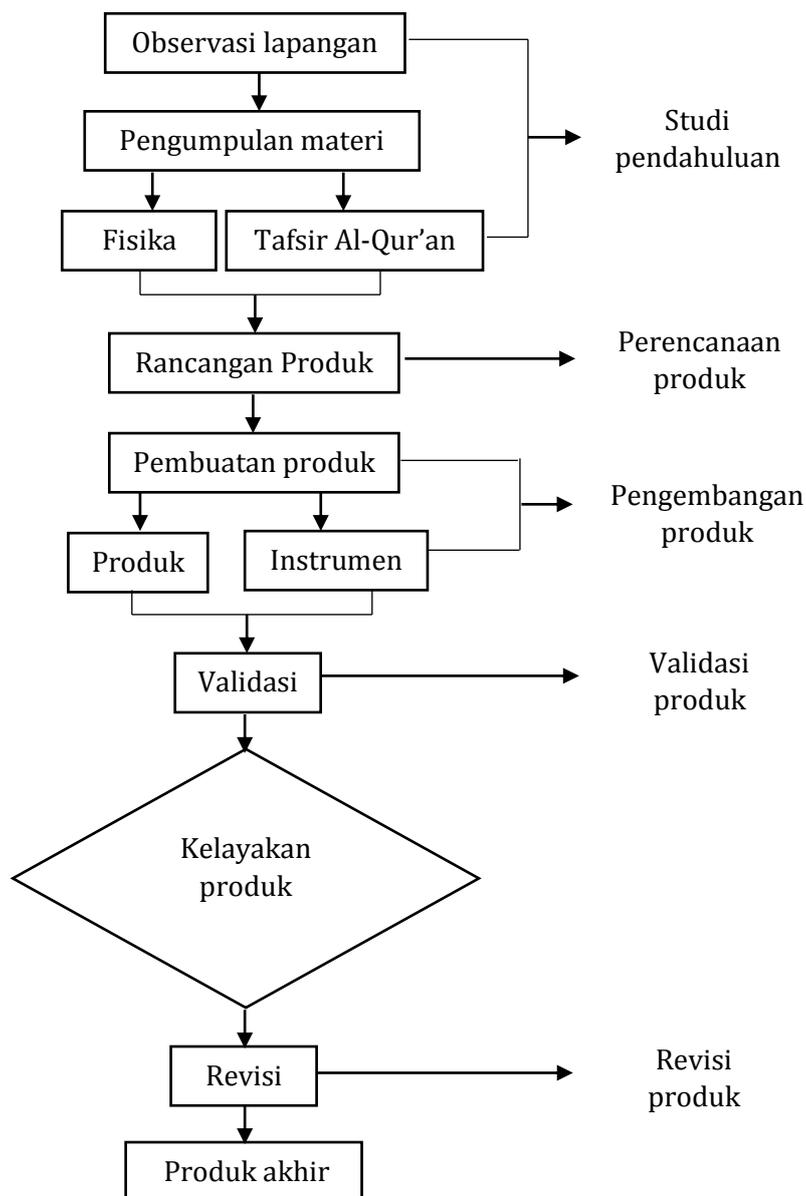
Pada tahap ini merupakan tahap produksi, yaitu pembuatan produk berupa modul fisika yang berbentuk modul fisika untuk siswa kelas XII SMA/MA pada materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas. Di samping itu, peneliti juga membuat instrumen penilaian modul yang selanjutnya akan divalidasi oleh dosen pembimbing.

### **4. Melakukan Validasi**

Setelah modul tercetak dan instrumen penilaian modul telah disetujui dosen pembimbing, maka tahap selanjutnya adalah memvalidasi modul kepada dosen-dosen yang direkomendasikan oleh dosen pembimbing. Ketentuannya adalah 2 dosen ahli media, 1 dosen ahli materi integrasi sains dan Islam, 1 dosen ahli materi fisika, dan 2 guru fisika. Selain memberikan penilaian, tim validator juga memberikan kritik dan saran yang selanjutnya dijadikan sebagai bahan revisi oleh peneliti.

### **5. Melakukan Revisi**

Setelah mendapatkan hasil penilaian dari tim validator (dosen ahli materi dan media), maka langkah selanjutnya adalah melakukan revisi produk yang dikembangkan sesuai kritik dan saran yang diberikan oleh para ahli materi dan ahli media. Setelah dihasilkan modul yang telah direvisi, maka langkah berikutnya adalah melakukan validasi kepada dua guru fisika. Setelah itu, hasil penilaian dari dua guru fisika akan direvisi kembali. Hasil dari revisi akhir ini kemudian akan dijadikan produk akhir yaitu berupa modul fisika berbasis integrasi sains dan islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk Peserta Didik kelas XII SMA/MA.



Gambar 3.1 *Flowchart* Alur Pengembangan

### C. Subjek Penelitian

Subjek penilaian dalam penelitian ini adalah para ahli yang terdiri dari satu ahli materi fisika, satu ahli integrasi sains dan Islam, dua ahli media, dan dua guru fisika kelas XII SMA/MA. Untuk ahli materi, ahli integrasi sains dan Islam dan ahli media merupakan dosen UIN Walisongo Semarang sendiri yang berkompeten dalam bidangnya. Sedangkan untuk guru fisika merupakan guru dari MA Futuhiyyah 2 Mranggen Demak dan guru dari SMA Futuhiyyah Mranggen Demak.

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

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam skripsi ini adalah berupa :

##### **1. Wawancara**

Menurut Esterberg wawancara merupakan pertemuan dua orang untuk bertukar informasi dan ide melalui tanya jawab, sehingga dapat dikonstruksikan makna dalam suatu topik tertentu (Sugiyono, 2015). Peneliti melakukan wawancara pada studi pendahuluan guna mengetahui hal apakah yang harus dilakukan dalam penelitian selanjutnya. Peneliti melakukan wawancara dengan guru fisika MA Futuhiyyah 2 dan SMA Futuhiyyah Mranggen Demak.

##### **2. Angket atau Kuesioner**

Angket atau kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden (Sugiyono, 2015). Angket yang digunakan untuk memperoleh data yang berkaitan dengan kelayakan produk menurut ahli materi dan ahli media adalah berupa *check list*, lembar kritik dan saran. Lembar penilaian menggunakan *skala likert* dengan skor 5 = sangat baik atau sangat sesuai, 4 = baik atau sesuai, 3 = cukup, 2 = kurang baik atau kurang sesuai, dan 1 = sangat tidak baik atau sangat tidak sesuai. Angket dapat dilihat pada lampiran 5 di halaman lampiran.

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

Data yang didapatkan dari penelitian ini adalah data berupa kritik atau saran dan skor yang didapatkan dari angket. Data berupa kritik atau saran didapatkan dari ahli materi, ahli media, dan guru fisika. Data berupa skor didapatkan dari penilaian kelayakan modul berupa angket oleh ahli materi, ahli media, dan guru fisika. Angket penilaian produk modul fisika menggunakan *skala likert* dengan skor 5 = sangat baik atau sangat sesuai, 4 = baik atau sesuai, 3 = cukup, 2 = kurang baik atau kurang sesuai, dan 1 = sangat tidak baik atau sangat tidak sesuai (Sugiyono, 2015). Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kelayakan modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam dengan langkah sebagai berikut:

1. Menghitung skor rata-rata dari setiap aspek yang dinilai dengan persamaan :

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

dengan :

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

$\sum X$  = jumlah skor yang diperoleh ahli

$N$  = jumlah butir pertanyaan

2. Mengubah skor rata-rata yang diperoleh menjadi data kualitatif.

Kategori kualitatif ditentukan terlebih dahulu dengan mencari interval jarak antara jenjang kategori sangat baik hingga sangat tidak baik dengan menggunakan persamaan berikut (Sa'dun Akbar, 2013) :

$$\begin{aligned} \text{Jarak interval } (i) &= \frac{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}}{\text{jumlah kelas interval}} \\ &= \frac{5 - 1}{5} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh kategori penilaian modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 3.1 Interval Kelas

Skor rata-rata ( $\bar{X}$ )	Kategori
$4.20 < \bar{X} \leq 5.00$	Sangat baik atau Sangat sesuai
$3.40 < \bar{X} \leq 4.20$	Baik atau Sesuai
$2.60 < \bar{X} \leq 3.40$	Cukup
$1.80 < \bar{X} \leq 2.60$	Kurang Baik atau Kurang Sesuai
$1.00 < \bar{X} \leq 1.80$	Sangat tidak baik atau Sangat tidak sesuai

3. Menghitung persentase kelayakan dengan persamaan sebagai berikut (Sa'dun Akbar, 2013) :

$$\text{Presentase Kelayakan} = \frac{\text{skor hasil penelitian}}{\text{skor maksimal ideal}} \times 100\%$$

Kriteria validitas modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam ditampilkan dalam tabel berikut (Sa'dun Akbar, 2013) :

Tabel 3.2 Kriteria Validitas

<b>Kriteria Validitas</b>	<b>Tingkat Validitas</b>
85,01 % - 100,00 %	Sangat Valid atau dapat digunakan tanpa revisi
70,01 % - 85,00 %	Cukup valid atau dapat digunakan namun perlu direvisi kecil
50,01 % - 70,00 %	Kurang valid, disarankan tidak dipergunakan karena perlu revisi besar
01,00 % - 50,00 %	Tidak valid atau tidak boleh dipergunakan

## **BAB IV**

### **DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA**

#### **A. Deskripsi Prototipe Produk**

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan sebuah produk berupa modul fisika berbasis integrasi sains dan islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas. Sehingga siswa maupun guru dapat mempelajari dua hal sekaligus yaitu pengetahuan fisika dan nilai –nilai keislaman.

Modul yang dikembangkan ini mengacu pada silabus Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) dengan model pengintegrasian adalah islamisasi sains, yaitu model pengintegrasian dengan mencari ayat-ayat yang sesuai dengan teori sains.

Modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam dalam penelitian ini dikembangkan melalui beberapa tahap sesuai dengan prosedur pengembangan Borg dan Gall, namun tidak seluruh tahap. Adapun aplikasi Borg dan Gall dalam pengembangan produk ini sebagai berikut :

##### **1. Studi Pendahuluan**

Penelitian pendahuluan merupakan tahap awal dalam penelitian ini. Tahap yang dilakukan yaitu observasi lapangan dan pengumpulan materi.

###### **a. Observasi lapangan**

Observasi lapangan dilakukan dengan melakukan wawancara kepada guru fisika di sekolah MA Futuhiyyah 2 Mranggen dan SMA Futuhiyyah Mranggen. Berdasarkan wawancara yang dilakukan, diketahui bahwa sumber belajar yang digunakan mengajar fisika kelas XII adalah LKS, buku paket dan handout. Kurikulum yang digunakan adalah Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP). Hasil wawancara dapat dilihat pada lampiran 9. Karena kedua sekolah tersebut berbasiskan islam, maka peneliti berasumsi untuk perlunya pengetahuan tentang adanya modul yang mengintegrasikan antara sains dan islam.

###### **b. Pengumpulan materi**

Langkah selanjutnya yang dilakukan peneliti setelah observasi lapangan yaitu pengumpulan materi dengan mencari bahan atau materi

yang berkaitan dengan materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas.

Peneliti juga mencari referensi ayat-ayat Al-Qur'an serta tafsirnya dan pengetahuan islam yang dapat dikaitkan dengan pembelajaran fisika pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas.

## **2. Perencanaan Produk**

Berdasarkan studi pendahuluan, belum ditemukan bahan ajar yang mengaitkan antara sains dan Islam pada materi fisika tentang medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas. Oleh karena itu, diperlukan sebuah bahan ajar fisika yang berisi tentang integrasi sains dan Islam pada materi-materi tersebut untuk menambah wawasan siswa dalam belajar. Dalam hal ini peneliti merencanakan pembuatan modul.

Standar kompetensi dan kompetensi dasar yang digunakan dalam penelitian pengembangan modul ini berdasarkan silabus Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP).

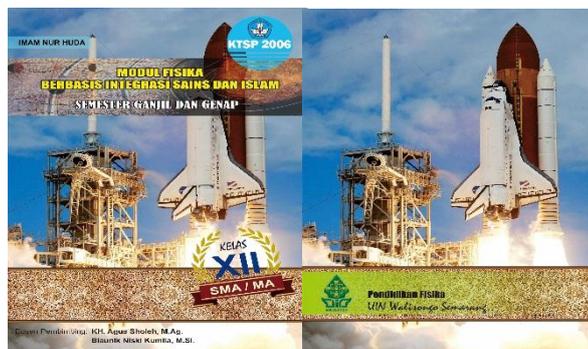
Langkah selanjutnya dari tahap perencanaan produk ini adalah penyusunan *draft* modul fisika. Adapun susunan *draft* ini antara lain cover depan, ucapan terima kasih, kata pengantar, petunjuk penggunaan modul, daftar isi, cover bab, apersepsi, peta konsep, standar kompetensi, kompetensi dasar, tujuan pembelajaran, materi pokok ( medan magnetik di sekitar kawat berarus, gaya magnetik, penerapan gaya magnetik, model atom J. Dalton, J.J. Thomson, Ernest Rutherford, Niels Bohr, prinsip ketidakpastian Heisenberg, teori mekanika kuantum, konfigurasi elektron, relativitas Newton, transformasi Galileo, percobaan Michelson-Morley, relativitas khusus Einsten, transformasi lorentz, dilatasi waktu, kontraksi panjang, kesetaraan massa dan energi), contoh soal, latihan soal, kartun fisika, kajian islam, ensiklopedia islam, tokoh islam, rangkuman, uji kompetensi, umpan balik, daftar isi dan lampiran (daftar notasi, daftar tetapan, kunci jawaban).

## **3. Pengembangan Produk**

Tahap berikutnya adalah pembuatan produk berupa modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk peserta didik kelas XII

SMA/MA. Penitikberatan pengembangan modul ini adalah materi fisika yang diintegrasikan dengan ayat-ayat Al-Qur'an dan menambahkan fenomena-fenomena alam yang dibahas dalam sudut pandang sains dan islam.

Berikut tampilan *cover* depan dan *cover* belakang produk awal dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Cover Depan dan Cover Belakang Produk Awal Modul Fisika

Berikut pengintegrasian materi fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an :

- a. QS. Ali 'Imran : 190-191 tentang adanya tanda kekuasaan Allah :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي  
 الْأَلْبَابِ ۙ ۱۹۰ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ  
 وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا  
 سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۙ ۱۹۱

Artinya : “ 190. Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat **tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal**. 191. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, **tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka**”.

Pada ayat 190, Allah SWT menguraikan tentang kepemilikanNya atas alam raya ini. Di samping itu Allah juga memerintahkan untuk

memikirkannya. Hukum-hukum alam pada hakikatnya ditetapkan dan diatur oleh Allah SWT.

Pada ayat 191 disebutkan *Rabbanaa maa khalaqta hadza bathilan* (Tuhan kami, tiadalah engkau menciptakan ini dengan sia-sia) yang menjelaskan bahwa ayat tersebut merupakan kesimpulan dalam upaya zikir dan pikir. Mereka berfikir bahwa alam raya ini tidak diciptakan Allah dengan sia-sia (Shihab, 2009).

Hikmah dari ayat di atas adalah kita sebagai seorang manusia terlebih seorang muslim, harus memikirkan terhadap ciptaan-ciptaanNya. Seperti halnya seorang ilmuwan bernama Oersted yang memikirkan tentang listrik dan magnet, hingga akhirnya ia menemukan bahwa terdapat hubungan antara listrik dan magnet.

Tidak hanya untuk menguak pengetahuan yang ada di alam raya ini, melainkan juga untuk menambah iman dan taqwa kita kepada Allah SWT atas segala karuniaNya, atas segala pengaturanNya terhadap alam semesta ini dengan sedemikian rapi dan tepat.

- b. QS. Yunus : 101 tentang isyarat kemajuan teknologi :

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ ۝ ١٠١

Artinya : "Katakanlah: ***Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi.*** Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman".

Shihab (2009 : 67) dalam Tafsir Al-Misbah menafsirkan bahwa engkau tidak perlu memaksa mereka agar beriman, tetapi *katakanlah* kepada mereka, *perhatikanlah* dengan mata kepala dan hati kamu masing-masing *apa*, yakni makhluk dan atau sistem kerja, *yang ada di langit dan di bumi*. Sungguh banyak yang dapat kamu perhatikan, satu diantaranya saja – bila kamu menggunakan akalmu yang dianugerahkan Allah SWT. Sudah cukup untuk mengantar kamu semua beriman dan menyadari bahwa Allah maha kuasa, Dia maha esa, dan Dia membimbing

manusia antara lain melalui para nabi guna mengantar mereka ke jalan bahagia. Jika mereka ingin beriman, itulah salah satunya bukan dengan memaksa karena *tidaklah bermanfaat ayat-ayat*, yakni bukti-bukti dan tanda kekuasaan Allah, betapapun jelas dan banyaknya *dan* tidak juga kehadiran para rosul menyampaikan *peringatan-peringatan bagi orang-orang yang tidak mau beriman*.

Tafsir di atas memiliki beberapa hikmah yaitu kita diperintahkan oleh Allah untuk *berijtihad* atau melakukan suatu riset terhadap alam raya yang telah diciptakan oleh Allah. Di samping itu, Allah juga menyebutkan bahwa tidak akan bermanfaat tanda-tanda kebesaran Allah tersebut dan bahkan seorang nabi yang diutus untuk menyampaikan firman-firman Allah tersebut bagi orang-orang tidak mau beriman.

Jika dipandang dari segi sains, hikmah yang bisa diambil dari surat Yunus : (101) ini adalah kita diperintahkan oleh Allah untuk mempelajari lebih jauh tentang alam raya ini. Karena di balik semua itu terdapat tanda-tanda kebesaran Allah dan terdapat petunjuk untuk mengembangkan khasanah keilmuan khususnya dalam bidang sains baik teori maupun teknologi. Jika kita berhasil memahami betul-betul ayat-ayat Allah tersebut, maka janji Allah adalah kebahagiaan di dunia maupun akhirat.

- c. QS. Yunus : 61 tentang penyebutan atom :

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْءَانٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ  
إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالٍ  
ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا  
فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ٦١

Artinya :*“Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan,*

*melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)”*

*Dzarrah* dipahami oleh ulama dalam berbagai arti, antara lain semut yang sangat kecil, bahkan kepala semut atau debu yang beterbangan yang hanya terlihat di celah cahaya matahari. Namun, dewasa ini kata tersebut lebih dipahami sebagai atom (Shihab, 2009).

Menurut Wisnu A. Wardhana (2004 : 160), seorang profesor dari STTN Yogyakarta, menyebutkan bahwa teori atom pertama kali dicetuskan oleh Dalton. Namun, teori Dalton yang menyebutkan atom merupakan partikel terkecil sudah tidak berlaku lagi, sebab telah ditemukan teori atom yang lebih disepakati.

Pesan yang dapat diambil dari ayat di atas adalah bahwasanya Al-Qur'an menyebutkan istilah atom dengan kata *dzarrāh*. *Dzarrah* bukan merupakan partikel terkecil, sebab di ayat tersebut tidak disebutkan bahwa *dzarrah* adalah partikel terkecil. Di sisi lain, akan ada ayat yang menjelaskan bahwa *dzarrah* memiliki bagian lagi.

- d. QS. Al-Qamar : 49 tentang tingkat energi elektron:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ٤٩

Artinya :“*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*” .

Segala sesuatu yang ada di alam raya ini diciptakan olehNya menurut ukurannya masing-masing. Ukuran tersebut menentukan sifatnya, kadarnya, waktunya, tempatnya dan lain sebagainya. Keberadaan ukuran tersebut menunjukkan adanya keserasian di alam raya ini (Quthb, 2013).

Atom Hidrogen merupakan atom paling sederhana, sebab hanya memiliki satu proton dan satu elektron. Elektron bergerak bebas di sekitar proton. Atom hidrogen dengan keadaan tingkat energi terendah

disebut keadaan dasar. Sedangkan keadaan atom ketika tingkat energi lebih tinggi disebut keadaan tereksitasi (Purwanto, 2012).

- e. QS. Al-An'am : 59 tentang hanya Allah SWT yang maha mengetahui :

﴿وَعِنْدَهُ مَفَاتِحُ الْغَيْبِ لَا يَعْلَمُهَا إِلَّا هُوَ وَيَعْلَمُ مَا فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ  
وَمَا تَسْقُطُ مِنْ وَرَقَةٍ إِلَّا يَعْلَمُهَا وَلَا حَبَّةٌ فِي ظُلْمَتِ الْأَرْضِ وَلَا  
رَطْبٌ وَلَا يَابِسٌ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ٥٩﴾

Artinya : **“Dan pada sisi Allah-lah kunci-kunci semua yang ghaib; tidak ada yang mengetahuinya kecuali Dia sendiri, dan Dia mengetahui apa yang di daratan dan di lautan, dan tiada sehelai daun pun yang gugur melainkan Dia mengetahuinya (pula), dan tidak jatuh sebutir biji-pun dalam kegelapan bumi, dan tidak sesuatu yang basah atau yang kering, melainkan tertulis dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfudz)”**.

Shihab (2012 : 342) dalam tafsir AL-Lubab menafsirkan bahwa ayat ini menegaskan keluasan pengetahuan Allah SWT. Bukan hanya menyangkut siapa yang berlaku *dzalim* saja, namun Allah SWT mengetahui segala sesuatu, baik yang terlihat maupun tidak (*ghoib*). Tidak ada yang mengetahuinya dengan rinci dan tepat, kecuali hanya Dia. Dia mengetahui secara rinci segala yang ada di daratan dan lautan. Karena itulah tentu saja tiada sehelai daun pun yang jatuh baik dari pohonnya atau tempat lainnya, melainkan Dia mengetahuinya.

Hikmah yang dapat diambil dari ayat di atas adalah bahwa Allah Maha Mengetahui segala hal, baik yang nampak maupun tidak. Secerdas apapun seorang ilmuwan sains dalam menyibak alam semesta ini tidak akan mencapai ketepatan yang mutlak. Seperti yang telah kita ketahui pada perkembangan model atom dari masa ke masa yang selalu terjadi perubahan. Hingga saat ini pada teori mekanika kuantum tidak dapat memastikan secara tepat keberadaan elektron dalam mengitari inti atom. Hal ini sudah jelas, bahwasanya sampai hari akhir pun tidak akan ada seorang pun yang dapat memastikan sesuatu dengan tepat kecuali hanya Dia.

- f. QS. Al-Ma'arij : 4 tentang dilatasi waktu :

تَعْرُجُ الْمَلَائِكَةُ وَالرُّوحُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ خَمْسِينَ أَلْفَ سَنَةٍ ٤

Artinya : “Malaikat-malaikat dan Jibril naik (menghadap) kepada Tuhan dalam sehari yang kadarnya limapuluh ribu tahun”.

Ayat ini menyinggung tentang hukum relativisme, yaitu waktu bersifat nisbi. Konsep tentang waktu yang bersifat mutlak, seperti yang diyakini orang sebelum ditemukannya hukum ini, tidak dapat dipertahankan keabsahannya. Di sisi lain, penggalan ayat *mimma ta'uddun* (menurut perhitungan kamu) mengandung juga kenisbian karena tolok ukur perhitungan manusia berbeda-beda. Ada perhitungan Qomariah, syamsiah dan perhitungan berdasarkan kecepatan cahaya (Shihab, 2009).

Ayat di atas mengisyaratkan adanya konsep dilatasi waktu. Dalam ayat ini dijelaskan terdapat perbedaan perhitungan waktu yang ditempuh antara manusia dan malaikat. Jika satu tahun adalah 365,25 hari, maka kecepatan malaikat adalah 18.262.500 kali kecepatan manusia (Purwanto, 2012).

Hikmah yang dapat diambil dari ayat di atas adalah betapa luar biasanya Allah menciptakan makhluk-mahklukNya. Di samping itu, benar bahwa Al-Qur'an merupakan pedoman untuk setiap aspek kehidupan, di antaranya adalah dalam mengisyaratkan hal-hal yang berkaitan tentang bidang sains.

- g. QS. Al-Qiyamah : 7-9 tentang kesetaraan massa dan energi :

فَإِذَا بَرِقَ الْبَصْرُ ٧ وَخَسَفَ الْقَمَرُ ٨ وَجُمِعَ الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ٩

Artinya : “Maka apabila mata terbelalak (ketakutan). dan **apabila bulan telah hilang cahayanya. dan matahari dan bulan dikumpulkan**”.

Para ulama memahami penghimpunan matahari dan bulan dalam arti keduanya terbit serta muncul bersama-sama dari arah barat atau keduanya dihimpun dalam keadaan tidak bercahaya. Ada juga yang mengartikan keduanya menyatu. Bulan yang kini berada dalam posisi yang berjauhan dari matahari sehingga berpisah kelak, bila terjadi kiamat,

akan menyatu. Bisa jadi karena daya tarik matahari sedemikian kuat sehingga ia menarik bulan bagaikan menyedotnya (Shihab, 20019).

Berdasarkan teori kesetaraan massa dan energi, benda memiliki energi apabila benda tersebut masih memiliki massa atau benda yang sedang bergerak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya memiliki energi yang besar.

Menurut ayat di atas, *bulan telah hilang cahayanya* artinya bulan tak lagi mendapat cahaya dari matahari karena matahari (bintang) telah padam dan tak lagi memiliki energi. *Dan matahari dan bulan dikumpulkan*, artinya garis edarnya telah berubah (Wardhana, 2009).

Selanjutnya, pembuatan instrumen validasi modul dengan dikonsultasikan kepada dosen pembimbing. Instrumen validasi ini digunakan untuk memberikan evaluasi terhadap modul yang ditujukan kepada ahli media dan ahli materi.

#### **4. Validasi Produk**

Dalam tahap ini, validasi terhadap modul yang telah dikembangkan dilakukan oleh 2 ahli materi (1 ahli materi fisika dan 1 ahli materi agama), 2 ahli media, dan 2 guru fisika kelas XII SMA/MA.

Validasi produk ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan penilaian berupa skor dan saran atau masukan dari para ahli yang berkompeten dalam hal pengembangan modul.

Data hasil validasi modul oleh ahli materi dan guru fisika, meliputi empat aspek yaitu kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafisan dalam skala likert 5 kategori, yaitu 1 = Sangat Tidak Baik atau Sangat Tidak Sesuai, 2 = Kurang Baik atau Kurang Sesuai, 3 = Cukup, 4 = Baik atau Sesuai, dan 5 = Sangat Baik atau Sangat Sesuai. Sedangkan untuk penilaian dari ahli media meliputi tiga aspek yaitu kebahasaan, penyajian, dan kegrafisan dalam skala likert 5 dengan kategori yang sama.

##### **a. Validasi ahli materi**

Validasi ahli materi dilakukan untuk mengetahui kelayakan modul dalam hal pokok materi fisika dan konten integrasi sains dan islam yang telah dikembangkan. Ahli materi memberikan penilaian terhadap modul

fisika serta memberikan kritik dan saran sesuai dengan penilaian ahli materi. Kritik dan saran yang diberikan oleh ahli materi digunakan untuk merevisi modul sampai didapatkan kelayakan modul yang baik dari segi materinya. Validasi ahli materi dilakukan oleh 2 dosen ahli untuk mendapatkan perbandingan kualitas materi modul dan kemudian diambil nilai rata-rata dari keduanya. Kedua dosen tersebut yaitu M. Ardhi Khalif, M.Sc. (dosen fisika UIN Walisongo) dan Drs. H. Jasuri, M.SI. (dosen fisika UIN Walisongo).

Tabel 4.1 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Materi

Aspek Penilaian	Indikator	Validator		Skor	Jumlah Per Aspek	Skor Rata-rata	Presentase Kelayakan
		I	II				
Kelayakan Isi	1	4	4	8	39	3.3	65%
	2	3	4	7			
	3	2	4	6			
	4	2	3	5			
	5	3	3	6			
	6	3	4	7			
Kebahasaan	7	4	4	8	29	3.6	73%
	8	4	4	8			
	9	4	3	7			
	10	3	3	6			
Penyajian	11	4	4	8	53	3.8	76%
	12	4	5	9			
	13	4	5	9			
	14	4	4	8			
	15	3	4	7			
	16	3	3	6			
	17	3	3	6			
Kegrafikan	18	4	3	7	44	3.7	73%
	19	4	3	7			
	20	3	3	6			
	21	4	4	8			
	22	4	4	8			
	23	4	4	8			
<b>Jumlah Skor</b>		80	85	165	165	3.6	71.75%
<b>Jumlah Rerata Seluruh Skor</b>							

Penilaian modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam berdasarkan aspek kelayakan isi didapatkan skor rata-rata sebesar 3,3 dan persentase kelayakan 65% dengan kategori Cukup, aspek kebahasaan didapatkan skor rata-rata sebesar 3,6 dan persentase kelayakan 73% dengan kategori Baik, aspek penyajian didapatkan skor rata-rata sebesar 3,8 dan persentase kelayakan 76% dengan kategori Baik, dan untuk aspek kegrafisan didapatkan skor rata-rata sebesar 3,7 dan persentase 73% dengan kategori Baik. Secara keseluruhan dari keempat aspek didapatkan skor rata-rata sebesar 3,6 dengan persentase kelayakan 71,75%. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan, modul yang dikembangkan menurut kedua ahli materi dikategorikan Baik.

**b. Validasi ahli media**

Validasi ahli media dilakukan untuk mengetahui kelayakan modul fisika kelas XII SMA/MA dari segi media modul seperti kebahasaan dan *layout* modul. Ahli media memberikan penilaian terhadap modul fisika serta memberikan kritik dan saran sesuai dengan penilaian ahli media. Penilaian yang dilakukan oleh 2 dosen ahli ini nantinya akan digunakan untuk merevisi modul yang telah dikembangkan sampai didapatkan kelayakan modul yang baik. Kedua dosen tersebut yaitu Agus Sudarmanto, M.Sc. (dosen fisika UIN Walisongo) dan Muhammad Izzatul Faqih, M.pd. (dosen fisika UIN Walisongo). Berikut data hasil penilaian modul fisika oleh ahli media.

Tabel 4.2 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Media

Aspek Penilaian	Indikator	Validator		Skor	Jumlah Per Aspek	Skor Rata-rata	Presentase Kelayakan
		I	II				
Kebahasaan	1	5	4	9	33	4.1	83%
	2	4	4	8			
	3	5	3	8			
	4	4	4	8			
Penyajian	5	5	4	9	61	4.4	87%
	6	5	3	8			
	7	5	4	9			
	8	4	5	9			
	9	4	5	9			
	10	5	4	9			
Kegrafikan	11	4	4	8	55	4.6	92%
	12	5	4	9			
	13	4	5	9			
	14	5	3	8			
	15	5	5	10			
	16	5	4	9			
Jumlah Skor		79	70	149	149	4.3	87%
Jumlah Rerata Seluruh Skor							

Penilaian modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam berdasarkan aspek kebahasaan didapatkan skor rata-rata sebesar 4,1 dan persentase kelayakan 83% dengan kategori Baik, aspek penyajian didapatkan skor rata-rata sebesar 4,4 dan persentase kelayakan 87% dengan kategori Sangat Baik, dan untuk aspek kegrafisan didapatkan skor rata-rata sebesar 4,6 dan persentase kelayakan 92% dengan kategori Sangat Baik. Secara keseluruhan dari ketiga aspek didapatkan skor rata-rata sebesar 4,4 dengan persentase kelayakan 87%. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan, modul yang dikembangkan menurut kedua ahli media dikategorikan Sangat Baik.

### c. Validasi guru fisika

Pengembangan modul fisika ini yang ditujukan untuk peserta didik kelas XII SMA/MA pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas. Oleh karena itu, peneliti melakukan validasi modul kepada guru fisika supaya mendapatkan penilaian serta validasi kelayakan modul tersebut. Modul ini divalidasi oleh dua guru fisika.

Adapun dua guru fisika tersebut yaitu Yulianti Dwi R, M. Pd (guru fisika SMA Futuhiyyah Mranggen Demak) dan Kusrini, S.Pd (guru fisika MA Futuhiyyah 2 Mranggen Demak).

Tabel 4.3 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Guru Fisika

Aspek Penilaian	Indikator	Validator		Skor	Jumlah Per Aspek	Skor Rata-rata	Presentase Kelayakan
		I	II				
Kelayakan Isi	1	4	4	8	52	4.3	86.7%
	2	4	4	8			
	3	4	4	8			
	4	5	5	10			
	5	4	5	9			
	6	4	5	9			
Kebahasaan	7	4	4	8	32	4	80%
	8	4	4	8			
	9	4	4	8			
	10	4	4	8			
Penyajian	11	4	4	8	60	4.3	85.7%
	12	5	4	9			
	13	5	4	9			
	14	5	4	9			
	15	5	4	9			
	16	4	4	8			
	17	4	4	8			
Kegrafikan	18	4	4	8	48	4	80%
	19	4	4	8			
	20	4	4	8			
	21	4	4	8			
	22	4	4	8			
	23	4	4	8			
<b>Jumlah Skor</b>		97	95	192	192	4.2	83%
<b>Jumlah Rerata Seluruh Skor</b>							

Penilaian modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam berdasarkan aspek kelayakan isi didapatkan skor rata-rata sebesar 4,3 dan persentase kelayakan 86,7% dengan kategori Sangat Baik, aspek kebahasaan didapatkan skor rata-rata sebesar 4 dan persentase kelayakan 80% dengan kategori Baik, aspek penyajian didapatkan skor rata-rata sebesar 4,3 dan persentasi kelayakan 85,7% dengan kategori Sangat Baik, dan untuk aspek kegrafisan didapatkan skor sebesar 4 dan persentase 80% dengan kategori Baik. Secara keseluruhan dari keempat aspek didapatkan skor rata-rata sebesar 4,2 dengan persentase kelayakan 83%. Sehingga berdasarkan hasil perhitungan, modul yang dikembangkan menurut kedua guru fisika dikategorikan Sangat Baik.

## 5. Revisi Produk

Revisi produk dilakukan bertujuan untuk memperoleh suatu modul yang layak dan sesuai dengan kebutuhan lapangan. Pada penelitian ini, instrumen yang digunakan berupa angket semi terbuka sehingga data yang dihasilkan terdiri dari data kuantitatif berupa pengisian angket dengan angka dan data kualitatif yang berupa kritik dan saran terhadap modul fisika. Kritik dan saran tersebut selanjutnya ditindaklanjuti sebagai sebuah revisi guna memperoleh modul yang berkualitas.

### B. Analisis Data

Modul fisika berbasis integrasi sains dan islam menggunakan model integrasi islamisasi sains, yaitu pengintegrasian dengan pencarian ayat-ayat Al-Qur'an yang memiliki hubungan dengan materi pokok.

Model pengembangan dalam penelitian ini menggunakan model Borg and Gall yang terdapat sepuluh tahap prosedur pengembangan. Namun dalam skripsi ini dibatasi hanya sampai lima tahap, yaitu studi pendahuluan, perencanaan produk, pengembangan produk, validasi produk dan revisi produk.

Skripsi ini menggunakan model integrasi islamisasi sains atau ayatisasi pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas. Pada konten pengintegrasian, peneliti berusaha mengambil hikmah, pesan dan kesan dari penafsiran para *mufasir* dan ilmuwan. Sebab, dalam hal pengintegrasian tidak diperkenankan adanya justifikasi di antara keduanya. Maka dari itu, peneliti hanya dapat mengambil hikmah, pesan dan kesan saja.

Produk yang telah selesai dikembangkan, selanjutnya divalidasi kepada dosen pembimbing. Kemudian, divalidasikan kepada 2 ahli materi, 2 ahli media dan 2 guru fisika.

Pada tahap validasi, didapatkan hasil berupa skor, kritik dan saran. Kritik dan saran digunakan untuk merevisi produk.

## 1. Kritik dan Saran Ahli Materi

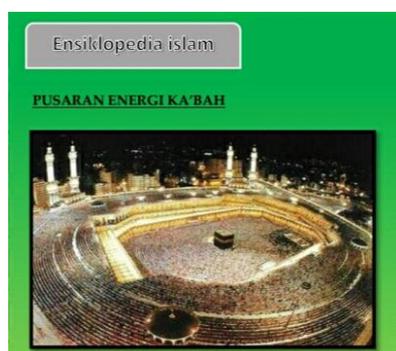
Berikut kritik dan saran modul fisika oleh ahli materi.

Tabel 4.4 Kritik dan Saran Oleh Ahli Materi

No	Kritik dan Saran
1.	Uraian dalam kotak “ensiklopedia islam” harus diganti, karena tidak dapat dipertanggung jawabkan
2.	Gambar diperbaiki dengan resolusi yang lebih tinggi
3.	Konsep massa relativistik dihapuskan
4.	Pembahasan gaya magnetik antar 2 kawat lurus sejajar berarus perlu diperbaiki
5.	Pencamtuman ayat-ayat Al-Qur’an harus lengkap (QS..... : ....)
6.	Cari warna yang enak dibaca untuk kajian islam dan ensiklopedia islam

Dengan adanya kritik dan saran dari ahli materi, maka dapat dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada modul fisika ini. Berikut beberapa tampilan hasil perbaikan tersebut.

### a. Pergantian materi konten ensiklopedia islam



Gambar 4.2 Konsep Materi Sebelum Direvisi

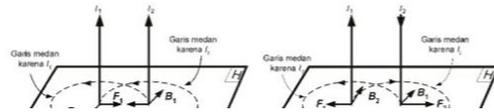


Gambar 4.3 Konsep Materi Setelah Direvisi

- b. Perbaikan konsep materi gaya magnetik antar 2 kawat lurus sejajar berarus

**2. Gaya Magnetik di Antara Dua Kawat Sejajar Berarus**

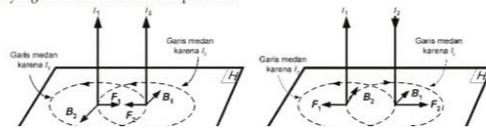
Gaya magnet juga dialami oleh dua buah kawat sejajar yang saling berdekatan yang beraralan arus listrik. Timbulnya gaya pada masing-masing kawat dapat dianggap bahwa kawat pertama berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat kedua dan sebaliknya kawat kedua berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pertama.



Gambar 4.4 Konsep Materi Sebelum Direvisi

**2. Gaya Magnetik Antara Dua Kawat Sejajar Berarus**

Gaya magnet juga dialami oleh dua buah kawat sejajar, dengan asumsi panjang  $l$  kedua kawat adalah tak terhingga, yang saling berdekatan dan beraralan arus listrik. Timbulnya gaya pada masing-masing kawat dapat dianggap bahwa kawat pertama berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat kedua dan sebaliknya kawat kedua berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pertama.

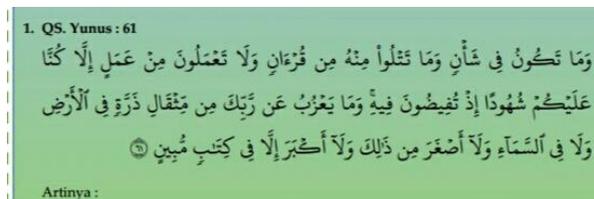


Gambar 4.5 Konsep Materi Setelah Direvisi

- c. Perubahan penulisan tanda ayat-ayat Al-Qur'an

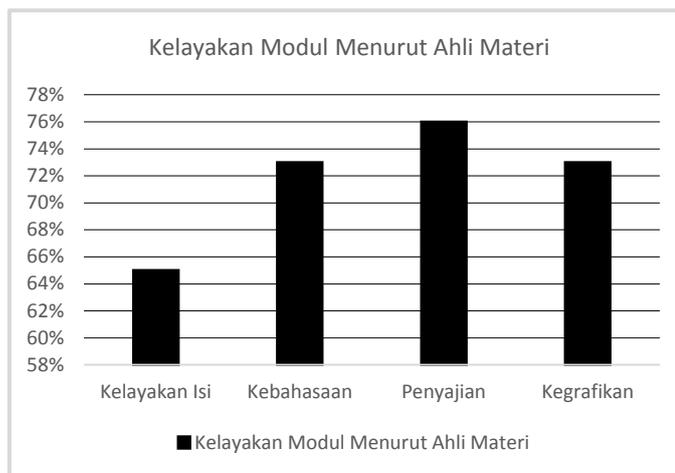


Gambar 4.6 Bentuk Penulisan Nama Surat Sebelum Direvisi



Gambar 4.7 Bentuk Penulisan Nama Surat Setelah Direvisi

Adapun grafik penilaian ahli materi disajikan pada Gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Penilaian Ahli Materi

Berdasarkan Gambar 4.8, angka persentase kelayakan isi sebesar 65% dikarenakan terdapat beberapa konsep materi yang masih keliru serta kesalahan dalam memilih bahasan pada konten ensiklopedia islam. Angka persentase kebahasaan sebesar 73% dikarenakan terdapat bahasa penyampaian dalam beberapa materi masih keliru, sehingga dikhawatirkan terjadinya miskonsepsi pada siswa. Angka persentase penyajian sebesar 76% dikarenakan beberapa gambar yang disajikan belum sesuai atau belum mendukung materi. Dalam penyajian ayat Al-Qur'annya pun masih belum lengkap penulisannya. Sedangkan angka persentase untuk aspek kegrafisan pada penilaian ahli materi sebesar 73%, hal ini dikarenakan terdapat gambar dengan resolusi kurang baik. Secara keseluruhan, dari keempat aspek didapatkan persentase kelayakan 71,75% dengan kriteria validitas bahwa modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam cukup valid atau dapat digunakan namun perlu direvisi kecil. Dari penilaian yang diberikan oleh ahli materi, beberapa kritik dan saran selanjutnya akan ditindaklanjuti oleh peneliti demi tersusunnya modul yang berkualitas.

## 2. Kritik dan Saran Ahli Media

Berikut kritik dan saran modul fisika oleh ahli media.

Tabel 4.5 Kritik dan Saran Oleh Ahli Media

No	Kritik dan Saran
1.	Petunjuk penggunaan “buku” diganti dengan petunjuk penggunaan “modul”
2.	Penulisan basmalah pada uji kompetensi dan pada beberapa apersepsi diganti dengan basmallah
3.	Pada hal. 43 terlihat ada ruang kosong, sebaiknya diisi
4.	Margin kanan terlalu mepet, sehingga kurang nyaman dibaca
5.	Daftar isi diberi titik-titik judul dan halaman agar lebih jelas
6.	Harap diperbaiki penulisan kutipan dan sumber yang diambil dari internet
7.	Tata tulis bahasa asing harus miring
8.	Pada hal. 54 terdapat ucapan yang tidak islami, sebaiknya diganti/dihilangkan

Dengan adanya kritik dan saran dari ahli media, maka dapat dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada modul fisika ini. Berikut beberapa tampilan hasil perbaikan tersebut.

### a. Penggantian kata “buku” menjadi “modul”



Gambar 4.9 Penulisan Sebelum Direvisi

## ARAH PENGUNAAN MODUL

ilengkapi dengan konten-konten fisika, ayat-ayat Al-Qur'an dan pengetahuan lewatkan satu isi pun dalam modul ini. Berikut merupakan petunjuk-petunjuk dalam modul fisika ini.

Gambar 4.10 Penulisan Setelah Direvisi

- b. Penggantian kata "*basmalah*" menjadi "*basmallah*"



Kerjakanlah dengan membaca *Basmalah* terlebih dahulu !

Gambar 4.11 Penulisan Sebelum Direvisi



Kerjakanlah dengan membaca *Basmallah* terlebih dahulu !

A. Berilah tanda silang ( x ) pada A, B, C, D atau E untuk jawaban

Gambar 4.12 Penulisan Setelah Direvisi

- c. Penataan ulang pada halaman 43

**C MODEL ATOM E. RUTHERFORD**

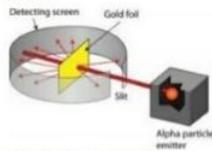
Untuk menguji model atom J.J. Thomson, maka **Ernest Rutherford** mengadakan percobaan dengan menembakkan partikel alpha pada atom-atom. Partikel alpha mempunyai daya tembus yang cukup kuat untuk melalui plat logam yang sangat tipis.

Dalam percobaannya, Rutherford menembakkan partikel alpha dengan sasaran target lempengan tipis emas, seperti gambar di bawah ini :



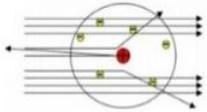
Gambar 2.5 Ernest Rutherford

Sumber : <http://www.ankipedia.com/Ernest-Rutherford>, diakses 24 April 2017



Gambar 2.6 Skema Eksperimen Rutherford

Sumber : <http://www.google.com/Kalibhas-kekurangan-model-atom-rutherford>, diakses 24 April 2017

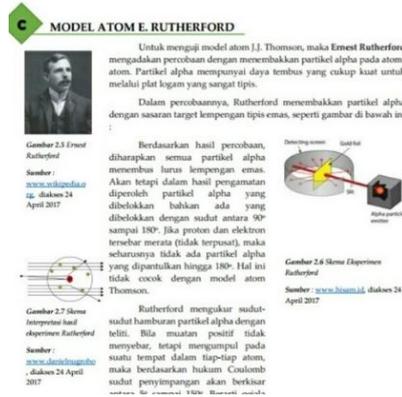


Gambar 2.7 Skema Interpretasi hasil eksperimen Rutherford

Sumber : <http://www.google.com/Kalibhas-kekurangan-model-atom-rutherford>, diakses 24 April 2017

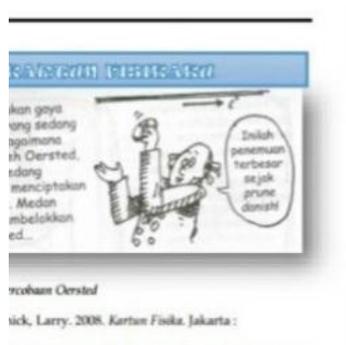
Berdasarkan hasil percobaan, diharapkan semua partikel alpha menembus lurus lempengan emas. Akan tetapi dalam hasil pengamatan diperoleh partikel alpha yang dibelokkan bahkan ada yang dibelokkan dengan sudut antara 90° sampai 180°. Jika proton dan elektron tersebar merata (tidak terpusat), maka seharusnya tidak ada partikel alpha yang dipantulkan hingga 180°. Hal ini tidak cocok dengan model atom Thomson.

Gambar 4.13 Penataan Sebelum Direvisi



Gambar 4.14 Penataan Setelah Direvisi

d. Penataan ulang margin kanan modul



Gambar 4.15 Penataan Sebelum Direvisi



Gambar 4.16 Penataan Setelah Direvisi

## e. Pemberian titik-titik pada daftar isi

DAFTAR ISI	
Ucapan Terima Kasih	ii
Kata Pengantar	iii
Petunjuk Penggunaan Buku	iv
Daftar Isi	vii
<b>Bab III</b>	
<b>Relativitas</b>	
A. Relativitas Newton	79
B. Transformasi Galileo	79
C. Percobaan Michelson-Morley	81
D. Teori Relativitas Khusus Einstein	84

Gambar 4.17 Penulisan Sebelum Direvisi

DAFTAR ISI	
Ucapan Terima Kasih .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Petunjuk Penggunaan Buku .....	iv
Daftar Isi .....	vii
<b>Bab III</b>	
<b>Relativitas</b>	
A. Relativitas Newton .....	78
B. Transformasi Galileo .....	78
C. Percobaan Michelson-Morley .....	80

Gambar 4.18 Penulisan Setelah Direvisi

## f. Pembetulan pencantuman kutipan dan sumber dari internet

Kondisi inti bumi sungguh tak terbayangkan. Tekanannya begitu besar dan suhunya diperkirakan lebih dari 3.000°C. Menurut para ahli geolog, inti bumi terdiri dari besi bercampur dengan beberapa unsur asing. Arus listrik di dalamnya membangkitkan medan magnet bumi yang cakupannya jauh ke ruang angkasa.

Medan magnet membentuk semacam selimut magnetik di sekitar bumi. Medan magnetik inilah yang membelokkan partikel-partikel bermuatan listrik dari matahari dan melindungi kita dari radiasi sinar matahari (ainuttijar.blogspot.co.id, diakses pada 19 April 2017). Bisakah kamu bayangkan apabila Allah SWT tidak menciptakan besi sebagai unsur penyusun terbesar di bumi? Sungguh luar biasa atas segala kuasa Allah SWT yang telah menciptakan alam raya ini begitu sempurna. *Subhanallah*

Gambar 4.19 Penulisan Kutipan Sebelum Direvisi

Kondisi inti bumi sungguh tak terbayangkan. Tekanannya begitu besar dan suhunya diperkirakan lebih dari 3.000°C. Menurut para ahli geolog, inti bumi terdiri dari besi bercampur dengan beberapa unsur asing. Arus listrik di dalamnya membangkitkan medan magnet bumi yang cakupannya jauh ke ruang angkasa.

Medan magnet membentuk semacam selimut magnetik di sekitar bumi. Medan magnetik inilah yang membelokkan partikel-partikel bermuatan listrik dari matahari dan melindungi kita dari radiasi sinar matahari (Ainut Tijar 2013, diakses pada 19 April 2017). Bisakah kamu bayangkan apabila Allah SWT tidak menciptakan besi sebagai unsur penyusun terbesar di bumi? Sungguh luar biasa atas segala kuasa Allah SWT yang telah menciptakan alam raya ini begitu sempurna. *Subhanallah*

Gambar 4.20 Penulisan Kutipan Setelah Direvisi

## g. Pembeneran pencantuman sumber dari internet

**A** **MODEL ATOM J. DALTON**



**John Dalton**  
berkebangsaan Inggris.  
*Demokritus* yang kemuc  
garis besar teori atom Di

1. Atom merupakan t  
dibagi lagi.
2. Atom-atom penyusu
3. Atom unsur tertentu
4. Dua atom atau let  
molekul.
5. Dalam reaksi kimia  
mempunyai perban
6. Dalam reaksi kimi  
atom-atom penyusu

Gambar 2.1 John Dalton

Sumber : <http://www.wikipedia.com/John-Dalton>, diakses 24 April 2017

Gambar 4.21 Penulisan Sumber Sebelum Direvisi

**A** **MODEL ATOM J. DALTON**



**John Dalt**  
berkebangsaan Ing  
konsep *Demokritus*  
atom. Secara garis  
sebagai berikut :

1. Atom merupak  
dibagi lagi.
2. Atom-atom per
3. Atom unsur te  
lain.
4. Dua atom atau  
molekul.
5. Dalam reaksi  
penyusunnya 1  
sederhana.

Gambar 2.1 John Dalton

Sumber : [www.wikispaces.com](http://www.wikispaces.com), diakses 24 April 2017

Gambar 4.22 Penulisan Sumber Setelah Direvisi

## h. Perbaikan kata-kata asing

**JABAL MAGNET**

Jabal Magnet atau Magnetic Hill atau warga setempat menyebutnya Manthiqa Baidha yang berarti perkampungan putih merupakan salah satu tempat tujuan wisata yang terletak di kota madinah. Jabal Magnet menyimpan misteri dan decak kagum bagi siapa saja yang berkunjung ke kawasan ini.

Daya dorong dan daya tarik magnet di berbagai bukit di sebelah kiri dan kanan jalan, membuat

Gambar 4.23 Penulisan Sebelum Direvisi



Gambar 4.24 Penulisan Setelah Direvisi

- i. Penghilangan kata tidak islami pada halaman 54

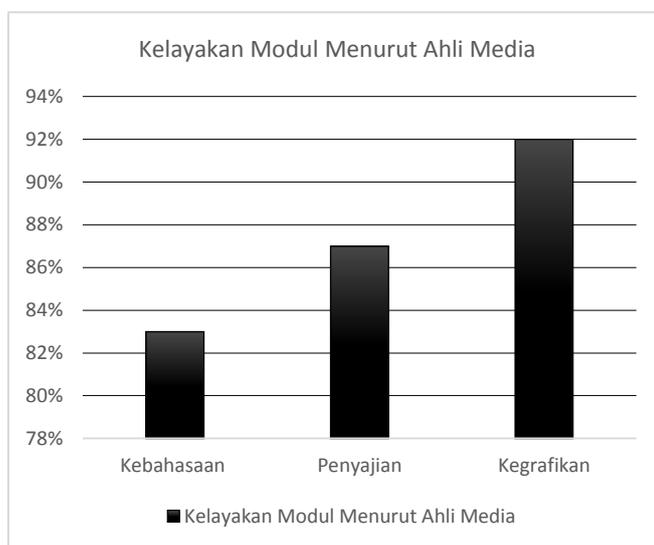


Gambar 4.25 Tampilan Sebelum Direvisi



Gambar 4.26 Tampilan Setelah Direvisi

Adapun grafik penilaian ahli media disajikan pada Gambar 4.27 sebagai berikut.



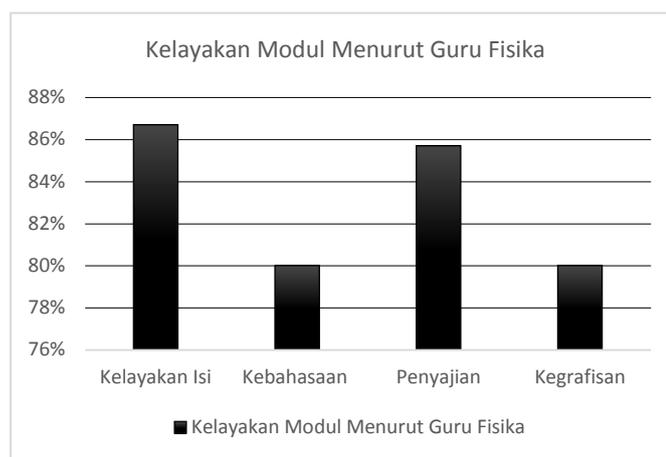
Gambar 4.27 Penilaian Ahli Media

Berdasarkan Gambar 4.27, angka persentase kebahasaan sebesar 83% dikarenakan terdapat kata yang tidak islami pada konten kartun fisika dan penulisan kata *basmallah* yang salah. Angka persentase penyajian sebesar 87% dikarenakan daftar isi belum terdapat tanda titik-titik, penulisan kutipan yang masih keliru dan terdapat kata “buku” yang seharusnya modul. Angka persentase untuk aspek kegrafikan pada penilaian ahli media sebesar 92%. Hal ini dikarenakan penataan margin kanan terlalu berhimpit dengan kertas dan terdapat ruang-ruang kosong dalam modul yang harus diisi. Secara keseluruhan dari ketiga aspek didapatkan persentase kelayakan 87% dengan kriteria validitas bahwa modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam sangat valid atau dapat digunakan tanpa revisi. Namun, meskipun demikian masih terdapat beberapa hal yang harus direvisi guna tercapainya modul yang berkualitas.

### 3. Kritik dan Saran Guru Fisika

Berdasarkan angket guru fisika pada halaman lampiran, dapat diketahui bahwasanya kedua guru fisika tidak memberikan kritik dan saran. Maka dari itu, peneliti tidak melakukan revisi lanjut.

Adapun grafik penilaian guru fisika disajikan pada Gambar 4.28 sebagai berikut.



Gambar 4.28 Penilaian Guru Fisika

Berdasarkan Gambar 4.28, angka persentase kelayakan isi sebesar 86,7%, angka persentase kebahasaan sebesar 80%, angka persentase penyajian sebesar 85,7 % dan angka persentase untuk aspek kegrafisan pada penilaian ahli materi sebesar 80%. Secara keseluruhan dari keempat aspek didapatkan persentase kelayakan 83% dengan kriteria validitas bahwa modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam cukup valid atau dapat digunakan namun perlu direvisi kecil. Jika melihat angket penilaian oleh kedua guru fisika yang telah disebutkan, hampir keseluruhan aspek dinilai dengan skor 4 dengan kategori baik. Hal ini dapat diambil sebuah pernyataan bahwa modul yang dikembangkan sudah baik dari segala sapek. Dalam hal ini peneliti juga tidak melakukan revisi, sebab berdasarkan penilaian kedua guru fisika tidak memberikan kritik atau saran untuk pengembangan. Maka dari itu, hasil penilaian dari kedua guru fisika ini menjadi akhir pengembangan modul fisika berbasis integrasi sains dan islam.

### C. Prototipe Hasil Pengembangan

Setelah mendapatkan kritik dan saran dari tim validator, maka akhir desain modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam sebagai berikut :



Gambar 4.29 Cover Modul Fisika

Pada *cover* depan modul fisika terdapat beberapa bagian, yaitu bagian kiri atas tertulis identitas penulis, bagian kanan atas tertulis KTSP 2006 hal ini menandakan bahwa buku yang dikembangkan berorientasi pada Kurikulum Tingkat satuan Pendidikan (KTSP). Judul pada buku diletakkan di tengah atas yang bertuliskan fisika berbasis integrasi sains dan Islam semester ganjil dan genap sebagai identitas bahwa buku tersebut merupakan buku fisika berbasis integrasi sains dan Islam. *Background* pada *cover* modul bergambarkan kemajuan teknologi seiring berkembangnya pengetahuan dan terdapat motif khas timur tengah, ini dikarenakan modul yang dikembangkan berbasis integrasi sains dan Islam. Pada bagian bawah kiri tertulis nama dosen pembimbing dan pada bagian kanan bawah menunjukkan bahwa modul fisika yang dikembangkan untuk siswa kelas XII SMA/MA.

Secara umum, produk akhir pengembangan modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam disusun atas :

1. Bagian Awal
  - a. *Cover*
  - b. Ucapan terima kasih
  - c. Kata pengantar
  - d. Petunjuk penggunaan modul
  - e. Daftar isi
2. Bagian Isi :
  - a. *Cover* bab
  - b. Judul bab
  - c. Apersepsi
  - d. Peta konsep
  - e. Kata kunci
  - f. Standar kompetensi dan kompetensi dasar
  - g. Tujuan pembelajaran
  - h. Kartun fisikaku
  - i. Materi pokok
  - j. Proyek fisika
  - k. Contoh soal
  - l. Latihan soal
  - m. Kajian islam
  - n. Ensiklopedia islam
  - o. Tokoh islam
  - p. Rangkuman
  - q. Uji kompetensi
  - r. Umpan balik
3. Bagian Akhir :
  - a. Daftar pustaka
  - b. Daftar tetapan
  - c. Daftar simbol
  - d. Kunci jawaban

Produk akhir penelitian ini berupa modul fisika yang berbentuk buku berbasis integrasi sains dan Islam kelas XII SMA/MA materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas. Modul fisika ini dicetak dengan menggunakan kertas berukuran panjang 288 mm, lebar 207 mm, dan tebal buku 9 mm serta disajikan *colour full* sehingga merangsang siswa untuk tertarik belajar. Selain itu, modul fisika ini di dalamnya berisi tentang keterkaitan antara materi fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an dan membahas fenomena alam yang dibahas dari sudut pandang sains dan islam. Produk akhir modul fisika yang dihasilkan dalam penelitian ini terdapat pada lampiran 10.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan pengembangan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Prosedur penelitian dan pengembangan ini menggunakan teori Borg dan Gall yang dibatasi tahap penelitiannya menjadi lima tahap yaitu tahap studi pendahuluan, perancangan produk, pengembangan produk, validasi dan penilaian produk, serta revisi produk. Tahap studi pendahuluan terdiri dari observasi lapangan dan pengumpulan materi fisika dan tafsir Al-Qur'an. Tahap perancangan produk terdiri dari pembuatan *draft* produk. Tahap pengembangan produk terdiri dari pembuatan modul fisika dan instrumen penilaian produk. Tahap validasi dan penilaian ditujukan kepada dua ahli materi, dua ahli media oleh dosen fisika dan dua guru fisika sebagai validator. Tahap terakhir yaitu revisi produk setelah mendapatkan hasil berupa nilai, kritik dan saran dari tim penilai yang kemudian menjadi produk akhir.
2. Kelayakan modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk peserta didik kelas XII SMA/MA menurut ahli materi mendapatkan kelayakan dengan kategori Baik (B), menurut ahli media mendapatkan kelayakan dengan kategori Sangat Baik (SB), dan menurut guru fisika kelas XII SMA/MA mendapatkan kelayakan dengan kategori Sangat Baik (SB). Berdasarkan persentase kelayakan untuk kelayakan modul menurut masing-masing penilai yaitu ahli materi sebesar 71,75%; ahli media sebesar 87%; serta guru fisika kelas XII SMA/MA sebesar 83%.

#### **B. Saran**

1. Produk yang dihasilkan dalam penelitian berupa modul fisika berbasis integrasi islam dan sains pada materi medan magnetik, perkembangan teori atom dan relativitas untuk peserta didik kelas XII SMA/MA disarankan supaya diuji cobakan dalam kelas kecil maupun kelas besar, supaya lebih mengetahui kekurangan dan kelebihan modul fisika tersebut.

2. Peneliti selanjutnya disarankan melakukan penelitian pengembangan modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam untuk materi fisika yang berbeda, sehingga dapat memperkaya modul fisika yang berbasis integrasi sains dan Islam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung : PT. REMAJA ROSDAKARYA.
- Departemen Agama RI. 2010. *Al-Qur'an Dan Tafsirnya*. Jakarta : Lentera Abadi.
- Ernawati, A. 2014. Pengembangan Modul Fisika berbasis Integrasi-Interkoneksi Sebagai Sumber Belajar Mandiri Dengan Tema Teori Relativitas Khusus Einsten Untuk SMA/MA Kelas XII. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Erwiansyah. 2015. Pengembangan Modul Fisika Materi Momentum dan Impuls Berbasis Metakognisi Untuk Siswa kelas XI SMA PGRI Tanjung Pandang Belitung. Skripsi. Yogyakarta : Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan.
- Haryati, S. 2012. Research & Development Sebagai Salah Satu Model Penelitian Dalam Bidang Pendidikan. *Research & Development Sebagai Salah Satu Model Penelitian Dalam Bidang Pendidikan*. 37 (1) : 11-26.
- Indriyanti N.Y., & Susilowati, E. 2010. *Pengembangan Modul*. Surakarta : Tim Pengabdian Kepada Masyarakat Lembaga Penelitian & Pengabdian Masyarakat Universitas Sebelas Maret.
- Kawardi. 2008. Integrasi Paradigma Sains dan Agama dalam pembelajaran Aqidah (Ketuhanan). *Jurnal Penelitian Agama*. 17 (3) : 518-520.
- Musthofa, A. 2008. *Pengembangan Bahan Ajar*. Yogyakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas.
- Nasution, S. 1984. *Berbagai Pendekatan Dalam Proses Belajar Dan Mengajar*. Jakarta : PT. BINA AKSARA.
- Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 16 Tahun 2007 Tanggal 4 Mei 2007.
- Purwanto, A. 2012. *Nalar Ayat-Ayat Semesta*. Jakarta : MIZAN.
- Ruslan, H. 2012. *Subhanallah, Inilah Kemukjizatan Al-Qur'an Tentang Teori Relativitas*. Diunduh di <http://www.m.republika.co.id/> tanggal 10 Mei 2017.
- Shihab, M.Q., 2006. *Tafsir Al-Misbah*. Jakarta : Lentera Hati
- Sudira, P. 2006. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan SMK*. Yogyakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : Alfabeta.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional.

Whardana W. A., 2004. *Al-Qur'an Dan Energi Nuklir*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.

Whardana W. A., 2009. *Melacak Teori Einsten Dalam Al-Qur'an*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.

Yulawati F, Rokhimawan M.A., & Suprihatiningrum, J. 2013. Pengembangan Modul Pembelajaran Sains Berbasis Integrasi Islam-Sains Untuk Peserta Didik Difabel Netra MI/SD Kelas 5 Semester 2 Materi Pokok Bumi Dan Alam Semesta. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 2 (2) : 169-177.

Yuliyanto, D. 2015. Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi-Interkoneksi Dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing Untuk MA Pokok Bahasan Dinamika Rotasi dan Keseimbangan. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

## Lampiran 1 Surat Ijin Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185

Nomor : B.2434/Un.10.8/D1/TL.00/08/2017 21 Agustus 2017  
Lamp : Proposal Skripsi  
Hal : Permohonan Izin Riset.

Kepada Yth.  
Kepala Sekolah MA Futuhiyyah 2 Mranggen  
di Demak

**Assalamu'alaikum Wr. Wb.**

Diberitahukan dengan hormat, dalam rangka penyelesaian tugas akhir kuliah, mahasiswa yang tercantum dibawah ini :

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika  
Judul Skripsi : "PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM PADA MATERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN RELATIVITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA"

Pembimbing : 1. Drs. H. Agus Sholeh, M.Ag.  
2. Beunik Niski Kumila, M.Sc.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di ijinkan melaksanakan riset selama 4 har.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

**Wassalamu'alaikum Wr. Wb.**

a.n. Dekan  
Dekan Bidang Akademik  
dan Pengembangan



Drs. Shah, M.Pd.  
NIP. 19530313 198103 2 007

Tembusan Yth.  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo ( sebagai laporan )



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semarang 50185

Nomor : B.2434/Un.10.8/D1/TL.00/08/2017 21 Agustus 2017  
Lamp : Proposal Skripsi  
Hal : Permohonan Izin Riset.

Kepada Yth.  
Kepala SMA Futuhiyyah Mranggen  
di Demak

**Assalamu'alaikum Wr. Wb.**

Diberitahukan dengan hormat, dalam rangka penyelesaian tugas akhir kuliah, mahasiswa yang tercantum dibawah ini :

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika  
Judul Skripsi : "PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM PADA MATERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN RELATIVITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA"  
Pembimbing : 1. Drs. H. Agus Sholeh, M.Ag.  
2. Beunik Niski Kumila, M.Sc.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di iijinkan melaksanakan riset selama 4 hari.

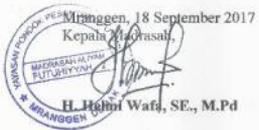
Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

**Wassalamu'alaikum Wr. Wb.**



Tembusan Yth.  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo ( sebagai laporan )

## Lampiran 2 Surat Keterangan Penelitian

	<b>YAYASAN PONDOK PESANTREN FUTUHIYYAH</b> <b>مدرسة توجية العمالية الثانية</b> <b>MADRASAH ALIYAH FUTUHIYYAH 2 MRANGGEN</b> <b>TERAKREDITASI "A"</b> NPSN : 20362869      NSM : 131233210006 website: www.mafutuhiyyah2.sch.id e-mail: kantor@mafutuhiyyah2.sch.id
<b><u>SURAT KETERANGAN</u></b> Nomor : MAF-2/23.477/S.Kct/IX/2017	
Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Madrasah Aliyah Futuhiyyah 2 Mranggen Demak menerangkan dengan sesungguhnya bahwa :	
NAMA	: Imam Nur Huda
NIM	: 133611071
Alamat	: Pangkalanbun Kalimantan Tengah
Fak./Program Studi	: Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika
Telah melaksanakan penelitian dengan judul " <b>PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM PADA METERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN REALITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA</b> ".	
Mulai dari tanggal 04 September sampai dengan 18 September 2017.	
Demikian surat ini di buat untuk dijadikan pertimbangan dan dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.	
<p>Mranggen, 18 September 2017 Kepala Madrasah,  H. Hishni Wafiq, SE., M.Pd</p> 	
 Alamat : Jl. Suburan Tengah Mranggen- Kab. Demak 59567 Telp. (024) 6710042	



**YAYASAN PONDOK PESANTREN FUTUHIYYAH  
SMA FUTUHIYYAH MRANGGEN**

**" TERAKREDITASI A "**

**NOMOR : 148/BAP- SM/X/2015 NPSN : 20319324**

Alamat Kampus I : Jl. Suburan Tengah RT. 06 RW. 02 Mranggen Demak Jawa Tengah 59567 Telp. (024) 6710041  
Kampus II : Jl. Raya Mranggen No. 89 Mranggen Demak Jawa Tengah 59567 Telp. (024) 76744781  
email : sma\_futuhiyyah@yahoo.com website : www.smafutuhiyyah.sch.id

**SURAT KETERANGAN**

Nomor : 269/Ed.4/IX/2017

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : **H. Said Laffi, S.Ag., M.H.**  
Jabatan : Kepala SMA Futuhiyyah  
Alamat : Jl. Brumbung RT. 05 RW. 04 Mranggen Demak

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa:

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Telah melaksanakan penelitian di SMA Futuhiyyah Mranggen Demak pada tanggal 4 s.d 18 September 2017 untuk memenuhi kebutuhan data penulisan skripsi yang berjudul **"PENGEMBANGAN MODUL FISIKA BERBASIS SAINS DAN ISLAM PADA MATERI MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN RELATIVITAS UNTUK PESERTA DIDIK KELAS XII SMA/MA"**

Demikian surat keterangan ini dibuat, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mranggen, 19 September 2017  
Kepala Sekolah,  
  
**H. Said Laffi, S.Ag., M.H.**  


*Lampiran 3 Daftar Nama Tim Validasi*

**Daftar Nama Ahli Materi**

Muhammad Ardhi K, M.Sc.

Drs. H. Jasuri, M.Si.

**Daftar Nama Ahli Media**

Muhammad Izzatul Faqih, M.Pd.

Agus Sudarmanto, M.Sc.

**Daftar Nama Guru Fisika**

Kusrini, S.Pd.

Yulianti Dwi R, M.Pd.

## Lampiran 4 Validasi Instrumen

### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Drs. H. Agus Sholeh, M.Ag  
NIP : 195209151981031002  
Instansi : UIN WALISONGO  
Bidang Keahlian :

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

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Angket tersebut dapat digunakan sebagai instrumen penelitian dengan judul "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Sains Dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA" setelah disempurnakan sesuai dengan masukan yang saya berikan.

Semarang, 7 Sept 2017

Validator



**Drs. H. Agus Sholeh, M.Ag**  
NIP. 195209151981031002

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : BIAUNIK NISKI KUMILA  
NIP : -  
Instansi : UIN WALIGONGO  
Bidang Keahlian : FISIKA MATERIAL

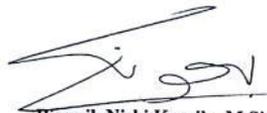
Menyatakan bahwa saya telah memberikan penilaian pada "angket untuk ahli materi", "angket untuk ahli media", "angket untuk guru Fisika SMA/MA" yang disusun oleh:

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Angket tersebut dapat digunakan sebagai instrumen penelitian dengan judul "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Sains Dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA" setelah disempurnakan sesuai dengan masukan yang saya berikan.

Semarang, 31 Mei 2017

Validator



Biaunik Niski Kumila, M.Si  
NIP.-

*Lampiran 5 kisi-kisi Instrumen Validasi*

**KISI-KISI INSTRUMEN PENILAIAN KELAYAKAN MODUL FISIKA  
BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM**

**(MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN  
RELATIVITAS)**

**UNTUK SISWA SMA/MA KELAS XII**

**1. Ahli Materi dan Guru Fisika**

<b>No</b>	<b>Aspek Penilaian</b>	<b>Kriteria</b>	<b>Jumlah</b>
1	Kelayakan Isi	1,2,3,4,5,6	6
2	Kebahasan	7,8,9,10	4
3	Penyajian	11,12,13,14,15,16,17	7
4	Kegrafisan	18,19,20,21,22,23	6

**2. Ahli Media**

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

**INSTRUMEN PENILAIAN KELAYAKAN MODUL FISIKA  
BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM  
(MEDAN MAGNETIK, PERKEMBANGAN TEORI ATOM DAN  
RELATIVITAS)  
UNTUK SISWA SMA/MA KELAS XII**

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

- a. Komponen kelayakan isi, antara lain :
- 1) Kesesuaian dengan SK, KD, dan tujuan pembelajaran
  - 2) Kebenaran substansi materi pembelajaran
  - 3) Kesesuaian materi dengan konten kajian islam
  - 4) Manfaat konten ensiklopedia islam untuk menambah wawasan
  - 5) Manfaat konten kartun fisika untuk menambah wawasan
  - 6) Manfaat konten tokoh islam untuk menambah wawasan
- b. Komponen kebahasaan, antara lain :
- 7) Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)
  - 8) Pemilihan kata dan struktur kalimat
  - 9) Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa

- 10) Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien
- c. Komponen Penyajian, antara lain :
- 11) Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai
  - 12) Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari
  - 13) Urutan sajian sesuai dengan daftar isi
  - 14) Apersepsi mampu memberikan motivasi dan daya tarik
  - 15) Proyek fisika mampu memberikan stimulus dan menumbuhkan respon siswa
  - 16) Gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi
  - 17) Kelengkapan konten modul
- d. Komponen kegrafisan, antara lain :
- 18) Penggunaan jenis dan ukuran huruf
  - 19) *Layout* atau tata letak
  - 20) Ukuran gambar sesuai dan jelas
  - 21) Sampul buku menggambarkan isi atau materi yang disampaikan
  - 22) Desain tampilan
  - 23) Bahan isi buku tidak mudah sobek, terjilid kuat dan tidak mudah lepas

## 2. Penilai Ahli Media

- a. Komponen kebahasaan, antara lain:
  - 1) Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)
  - 2) Pemilihan kata dan struktur kalimat
  - 3) Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa
  - 4) Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien
- e. Komponen Penyajian, antara lain :
  - 5) Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai
  - 6) Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari
  - 7) Urutan sajian sesuai dengan daftar isi
  - 8) Apersepsi mampu memberikan motivasi dan daya tarik
  - 9) Proyek fisika mampu memberikan stimulus dan menumbuhkan respon siswa
  - 10) Gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi
  - 11) Kelengkapan konten modul
- f. Komponen kegrafisan, antara lain :
  - 12) Penggunaan jenis dan ukuran huruf
  - 13) *Layout* atau tata letak
  - 14) Ukuran gambar sesuai dan jelas

15) Sampul buku menggambarkan isi atau materi yang disampaikan

16) Desain tampilan

17) Bahan isi buku tidak mudah sobek, terjilid kuat dan tidak mudah lepas

Sumber:

- \* Permendiknas Nomor 2 Tahun 2008 Tentang Buku
- \* Standar Penilaian Buku Teks Pelajaran oleh BSNP.

## Lampiran 6 Data Validasi Ahli Materi

**Lembar Instrumen Penilaian Ahli Materi**  
**Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Materi Medan Magnetik,**  
**Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Kelas XII SMA/MA**

Nama : Muhammad Ardi K  
 NIP : 198210092010011010  
 Instansi : P.S.T. UIN Walisongo  
 Tanggal : 8 Juni 2019

**Petunjuk pengisian**

Berilah tanda check (v) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Anda.

1 = sangat tidak baik/sangat tidak sesuai

2 = kurang baik/kurang sesuai

3 = cukup

4 = baik/sesuai

5 = sangat baik/sangat sesuai

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai				
			1	2	3	4	5
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, dan Tujuan					
		2. Kebenaran substansi materi pembelajaran			✓		
		3. Kesesuaian materi dengan konten kajian islam		✓			
		4. Manfaat konten ensiklopedia islam untuk menambah wawasan		✓			
		5. Manfaat konten kartun fisika untuk menambah wawasan			✓		
		6. Manfaat konten tokoh islam untuk menambah wawasan			✓		
2	Kebahasaan	7. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)				✓	
		8. Pemilihan kata dan struktur kalimat				✓	
		9. Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa				✓	
		10. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien			✓		
3	Penyajian	11. Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai				✓	
		12. Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari				✓	
		13. Urutan sajian sesuai dengan daftar isi				✓	
		14. Apersepsi mampu memberikan motivasi dan daya tarik				✓	
		15. Proyek fisika mampu memberikan			✓		

		stimulus dan menumbuhkan respon siswa					
		16. Gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi			✓		
		17. Kelengkapan konten modul			✓		
4	Kegrafikan	18. Penggunaan jenis dan ukuran huruf			✓		
		19. <i>Layout</i> atau tata letak			✓		
		20. Ukuran gambar sesuai dan jelas			✓		
		21. Ilustrasi sampul buku menggambarkan isi/ materi yang disampaikan			✓		
		22. Desain tampilan			✓		
		23. Bahan isi buku tidak mudah sobek, terjilid kuat dan tidak mudah lepas			✓		

Lembar Kritik dan Saran Terhadap Modul Fisika Berbasis Sains dan Islam

- Urutan dalam buku "FISIKA ISLAM" banyak yang salah secara konsep fisika, telah dipakainya, Hal ini dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah
- Gambar diperbaiki dg resolusi yg lebih tinggi
  - konsep massa dan  $\Sigma$  massa bergeser & hilang, karena sudah tidak di pakai lagi Klm dunia fisika saat ini
  - Pembahasan gaya magnet antar 2 kawat lurus sejajar benar <sup>part</sup> & kawat yang diperbaiki.
  - dll (beberapa komentar yg mntari seperti yg di fisikan dalam modul)

Kesimpulan secara umum kelayakan modul fisika berbentuk buku berbasis integrasi sains dan Islam kelas XII SMA/MA materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas

Beri tanda check (v)

Belum dapat digunakan	<input checked="" type="checkbox"/>
Dapat digunakan dengan revisi	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan tanpa revisi	<input type="checkbox"/>

Semarang, 8 Juni 2017

Penilai,

  
(M. Adhikari K.)  
NIP. 1982009 2010 190

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : *Muhammad Adhi K*  
NIP : *19821009 2011 01 1010*  
Instansi : *FST UIN Wali songo*

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA*" yang disusun oleh:

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
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, *8 Juni 2017*  
Penilai, *[Signature]*  
*M. Adhi K*  
(.....)  
NIP. *19821009 2011 01 1010*

**Lembar Instrumen Penilaian Ahli Materi**  
**Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Materi Medan Magnetik,**  
**Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Kelas XII SMA/MA**

Nama : Dr. A. Jasuri, M.Si  
 NIP : 196710141994021005  
 Instansi : FST UIN WJ  
 Tanggal : 12 Juni 2017

**Petunjuk pengisian**

Berilah tanda check (v) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Anda.

1 = sangat tidak baik/sangat tidak sesuai

2 = kurang baik/kurang sesuai

3 = cukup

4 = baik/sesuai

5 = sangat baik/sangat sesuai

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai				
			1	2	3	4	5
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, dan Tujuan				✓	
		2. Kebenaran substansi materi pembelajaran				✓	
		3. Kesesuaian materi dengan konten kajian islam				✓	
		4. Manfaat konten ensiklopedia islam untuk menambah wawasan			✓		
		5. Manfaat konten kartun fisika untuk menambah wawasan			✓		
		6. Manfaat konten tokoh islam untuk menambah wawasan				✓	
2	Kebahasaan	7. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)				✓	
		8. Pemilihan kata dan struktur kalimat				✓	
		9. Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa			✓		
		10. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien			✓		
3	Penyajian	11. Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai				✓	
		12. Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari				✓	
		13. Urutan sajian sesuai dengan daftar isi				✓	
		14. Apresiasi mampu memberikan motivasi dan daya tarik				✓	
		15. Proyek fisika mampu memberikan					

		stimulus dan menumbuhkan respon siswa			✓	
		16. Gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi		✓		
		17. Kelengkapan konten modul		✓		
		18. Penggunaan jenis dan ukuran huruf		✓		
		19. <i>Layout</i> atau tata letak		✓		
		20. Ukuran gambar sesuai dan jelas		✓		
4	Kegrafikan	21. Ilustrasi sampul buku menggambarkan isi/ materi yang disampaikan			✓	
		22. Desain tampilan			✓	
		23. Bahan isi buku tidak mudah sobek, terjilid kuat dan tidak mudah lepas			✓	

Lembar Kritik dan Saran Terhadap Modul Fisika Berbasis Sains dan Islam

Kritik dan Saran :

1. Latihan soal 1.1 (h.16) dan uji kompetensi 1, 2, 3 tidak ada soal integrasi sains dan Islam.
2. Pencantuman ayat & al Quran  $\rightarrow$  harus lengkap ds... (...):
3. Warna cetak merah  $\rightarrow$  cari warna yg enak dibaca dan tidak silau.

Kesimpulan secara umum kelayakan modul fisika berbentuk buku berbasis integrasi sains dan Islam kelas XII SMA/MA materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas

Beri tanda check (v)

Belum dapat digunakan	
Dapat digunakan dengan revisi	✓
Dapat digunakan tanpa revisi	

Semarang, 12-06-2017

Penilai

(Drs. H.) Aswari, MSl

NIP. 196710141994031005

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : *Dr. H. Jasuni, MS*  
NIP : *196710141994031005*  
Instansi : *FST - UIN Walisongo*

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA*" yang disusun oleh:

Nama : *Imam Nur Huda*  
NIM : *133611071*  
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, *12 Juni 2017*  
Penilai,

*JH*  
(*Dr. H. Jasuni, MS*)  
NIP. *196710141994031005*

## Lampiran 7 Data Validasi Ahli Media

### Lembar Instrumen Penilaian Ahli Media Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Kelas XII SMA/MA

Nama : Agus Sularwan  
 NIP : 197708232009121001  
 Instansi : Fakultas UIN Walisongo  
 Tanggal : 8-6-2017

#### Petunjuk pengisian

Berilah tanda check (v) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Anda.

1 = sangat tidak baik/sangat tidak sesuai

2 = kurang baik/kurang sesuai

3 = cukup

4 = baik/sesuai

5 = sangat baik/sangat sesuai

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai				
			1	2	3	4	5
2	Kebahasaan	1. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)					✓
		2. Pemilihan kata dan struktur kalimat				✓	
		3. Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa					✓
		4. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien				✓	
3	Penyajian	5. Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai					✓
		6. Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari					✓
		7. Urutan sajian sesuai dengan daftar isi					✓
		8. Apersepsi mampu memberikan motivasi dan daya tarik				✓	
		9. Proyek fisika mampu memberikan stimulus dan menumbuhkan respon siswa				✓	
		10. Gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi					✓
4	Kegrafikan	11. Kelengkapan konten modul				✓	
		12. Penggunaan jenis dan ukuran huruf					✓
		13. <i>Layout</i> atau tata letak				✓	
		14. Ukuran gambar sesuai dan jelas					✓
		15. Ilustrasi sampul buku menggambarkan isi/materi yang disampaikan					✓
		16. Desain tampilan					✓

	17. Bahan isi buku tidak mudah sobek, terjilid kuat dan tidak mudah lepas						✓
--	---	--	--	--	--	--	---

Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Berbasis Sains dan Islam

- hal iv Galm diganti modul
- sudut  $\sin \cos$  cetak miring
- hal 14, 15, keterangan lensa vmt
- hal vi kompetensi Basmalah diganti Basmallah
- hal 17 Basmallah diganti Basmallah
- hal 40 letak gambar 2.21 di bawah gambar 2.5
- hal 43 ada ray korang, sebaiknya di beri gambar
- hal vi kompetensi, skor pernt 4 salah bagaimana? skor soal 13 bagaimana?

Kesimpulan secara umum kelayakan modul fisika berbentuk buku berbasis integrasi sains dan Islam kelas XII SMA/MA materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas

Beri tanda check (v)

Belum dapat digunakan	
Dapat digunakan dengan revisi	✓
Dapat digunakan tanpa revisi	

Semarang, 8-6-2017

Penilai



(Agus Subroto...)  
NIP. 197702320092001

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agus Sudarmanto  
NIP : 197708232009121001  
Instansi : Fisika UIN Walisongo

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA" yang disusun oleh:

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
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, 8-6-2017

Penilai

(Agus Sudarmanto)  
NIP. 197708232009121001

**Lembar Instrumen Penilaian Ahli Media**  
**Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Materi Medan Magnetik,**  
**Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Kelas XII SMA/MA**

Nama : Muhammad Izzatul Faqih M.Pd  
 NIP : .....  
 Instansi : UIN Walisongo  
 Tanggal : 12 Juli 2017

**Petunjuk pengisian**

Berilah tanda check (v) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Anda.

- 1 = sangat tidak baik/sangat tidak sesuai  
 2 = kurang baik/kurang sesuai  
 3 = cukup  
 4 = baik/sesuai  
 5 = sangat baik/sangat sesuai

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai				
			1	2	3	4	5
2	Kebahasaan	1. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)				✓	
		2. Pemilihan kata dan struktur kalimat				✓	
		3. Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa			✓		
		4. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien				✓	
3	Penyajian	5. Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai				✓	
		6. Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari			✓		
		7. Urutan sajian sesuai dengan daftar isi				✓	
		8. Apersepsi mampu memberikan motivasi dan daya tarik					✓
		9. Proyek fisika mampu memberikan stimulus dan menumbuhkan respon siswa					✓
		10. Gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi				✓	
4	Kegrafikan	11. Kelengkapan konten modul				✓	
		12. Penggunaan jenis dan ukuran huruf				✓	
		13. <i>Layout</i> atau tata letak					✓
		14. Ukuran gambar sesuai dan jelas			✓		
		15. Ilustrasi sampul buku menggambarkan isi/ materi yang disampaikan					✓
		16. Desain tampilan				✓	

		17. Bahan isi buku tidak mudah sobek, terjilid kuat dan tidak mudah lepas							✓
--	--	---	--	--	--	--	--	--	---

**Lembar Kritik dan Saran Terhadap Buku Fisika Berbasis Sains dan Islam**

- Gelar bu benunite bukan M.si tapi M.Sc.
- Menjilid terlalu mepet content, sehingga susah dibaca.
- Margin kanan terlalu mepet, sehingga kurang nyaman dibaca.
- Daftar isi diberi titik? judul dan halaman agar lebih jelas.
- penulisan kutipan (nama, tahun; hal) atau (nama; tahun) hal (1,5,25,...)
- Tata tulis sedikit diperbaiki, bahasa asing (hams, halic)
- ada ucapan "yg bidak istami" hal 54 pada kartun.

Kesimpulan secara umum kelayakan modul fisika berbentuk buku berbasis integrasi sains dan Islam kelas XII SMA/MA materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas

Beri tanda check (v)

Belum dapat digunakan	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan dengan revisi	<input checked="" type="checkbox"/>
Dapat digunakan tanpa revisi	<input type="checkbox"/>

Semarang, 12 Juli 2017  
Penilai,

  
 (Muhammad Izatul F.)  
 NIP.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : *Muhammad Izzatul Faqih, MPd*  
NIP : -  
Instansi : *UIN Walisongo Semarang*

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA*" yang disusun oleh:

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
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, 12 Juli 2017...

Penilai,



(Muhammad Izzatul F.)

NIP.

## Lampiran 8 Data Validasi Guru Fisika

### Lembar Instrumen Penilaian Ahli Materi Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Kelas XII SMA/MA

Nama : KUSRINI  
NIP :  
Instansi : MA FULHASSAH 2  
Tanggal : 8 SEPTEMBER 2017

#### Petunjuk pengisian

Berilah tanda check (v) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Anda.

- 1 = sangat tidak baik/sangat tidak sesuai  
2 = kurang baik/kurang sesuai  
3 = cukup  
4 = baik/sesuai  
5 = sangat baik/sangat sesuai

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai				
			1	2	3	4	5
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, dan Tujuan				✓	
		2. Kebenaran substansi materi pembelajaran				✓	
		3. Kesesuaian materi dengan konten kajian islam				✓	
		4. Manfaat konten ensiklopedia islam untuk menambah wawasan					✓
		5. Manfaat konten kartun fisika untuk menambah wawasan				✓	
		6. Manfaat konten tokoh islam untuk menambah wawasan				✓	
2	Kebahasaan	7. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)				✓	
		8. Pemilihan kata dan struktur kalimat				✓	
		9. Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa				✓	
		10. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien				✓	
3	Penyajian	11. Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai				✓	
		12. Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari					✓
		13. Urutan sajian sesuai dengan daftar isi					✓
		14. Apersepsi mampu memberikan motivasi dan daya tarik					✓
		15. Proyek fisika mampu memberikan					✓

		stimulus dan memunculkan respon siswa
4	Kegrafikan	<ol style="list-style-type: none"><li>16. Gambar yang disajikan berhubungan dan mendukung kejelasan materi</li><li>17. Kelengkapan konten modul</li><li>18. Penggunaan jenis dan ukuran huruf</li><li>19. <i>Layout</i> atau tata letak</li><li>20. Ukuran gambar sesuai dan jelas</li><li>21. Ilustrasi sampul buku menggambarkan isi materi yang disampaikan</li><li>22. Desain tampilan</li><li>23. Bahan isi buku tidak mudah sobek, terjilid kuat dan tidak mudah lepas</li></ol>



Lembar Kritik dan Saran Terhadap Modul Fisika Berbasis Sains dan Islam

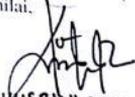
Kesimpulan secara umum kelayakan modul fisika berbentuk buku berbasis integrasi sains dan Islam kelas XII SMA/MA materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas

Beri tanda check (v)

Belum dapat digunakan	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan dengan revisi	<input type="checkbox"/>
Dapat digunakan tanpa revisi	<input checked="" type="checkbox"/>

Semarang, 8 September 2017

Penilai,

  
(.....RUSRINI, S.Pd.....)  
NIP.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : KUSRINI, S.Pd  
NIP :  
Instansi : MA FUTUHI-SAH 2

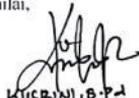
Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA*" yang disusun oleh:

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
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, 8 September 2017

Penilai,



(.....KUSRINI, S.Pd.....)

NIP.

**Lembar Instrumen Penilaian Ahli Materi**  
**Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Materi Medan Magnetik,**  
**Perkembangan Teori Atom Dan Relativitas Untuk Kelas XII SMA/MA**

Nama : Yuhana, Dwi P., M. Ed  
 NIP :  
 Instansi : UIN Ar-Raniry Padang  
 Tanggal : 15 September 2017

**Petunjuk pengisian**

Berilah tanda check (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan penilaian Anda

- 1 = sangat tidak baik/sangat tidak sesuai
- 2 = kurang baik/kurang sesuai
- 3 = cukup
- 4 = baik/sesuai
- 5 = sangat baik/sangat sesuai

No	Aspek Penilaian	Indikator	Nilai				
			1	2	3	4	5
1	Kelayakan Isi	1. Kesesuaian dengan SK, KD, dan Tujuan				✓	
		2. Kebenaran substansi materi pembelajaran				✓	
		3. Kesesuaian materi dengan konten kajian islam				✓	
		4. Manfaat konten ensiklopedia islam untuk menambah wawasan					✓
		5. Manfaat konten kartun fisika untuk menambah wawasan					✓
		6. Manfaat konten tokoh islam untuk menambah wawasan					✓
2	Kebahasaan	7. Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (EYD)				✓	
		8. Pemilihan kata dan struktur kalimat				✓	
		9. Bahasa dalam buku disesuaikan dengan tahap perkembangan siswa				✓	
		10. Penggunaan bahasa secara efektif dan efisien				✓	
3	Penyajian	11. Kejelasan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai				✓	
		12. Daftar isi dan petunjuk penggunaan buku mudah dipelajari				✓	
		13. Urutanajian sesuai dengan daftar isi				✓	
		14. Apersepsi mampu memberikan motivasi dan daya tarik				✓	
		15. Proyek fisika mampu memberikan stimulus dan menumbuhkan respon siswa				✓	
		16. Gambar yang disajikan berhubungan dan				✓	



Lembar Kritik dan Saran Terhadap Modul Fisika Berbasis Sains dan Islam

Sudah baik, lebih dikembangkan lagi ke energetika

Kesimpulan secara umum kelayakan modul fisika berbentuk buku berbasis integrasi sains dan Islam kelas XII SMA/MA materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas

Beri tanda check (v)

Belum dapat digunakan	
Dapat digunakan dengan revisi	✓
Dapat digunakan tanpa revisi	✓

Semarang, 16 September 2017  
Penilai,

(Yuliani Dwi P, M.Pd.)  
NIP.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yulianti Dwi P, M.Ed  
NIP :  
Instansi : SMA FUSUNYAN MRANGGEN

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk buku fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom dan Relativitas Untuk Peserta Didik Kelas XII SMA/MA*" yang disusun oleh:

Nama : Imam Nur Huda  
NIM : 133611071  
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, 18 September 2017  
Penilai,



(...Yulianti Dwi P, M.Ed...)  
NIP.

IMAM NUR HUDA

KTSP 2006

**MODUL FISIKA  
BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM**

**SEMESTER GANJIL DAN GENAP**



KELAS  
**XII**  
SMA / MA

Dosen Pembimbing: KH. Agus Sholeh, M.Ag.  
Biaunik Niski Kumila, M.Si.

## UCAPAN TERIMA KASIH

### MODUL FISIKA

#### BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM

Untuk SMA/ MA Kelas XII  
semester ganjil dan genap

Penulis : Imam Nur Huda

Editor : Imam Nur Huda

Dosen Pembimbing :

1. KH. Agus Sholeh, M.Ag.
2. Biaunik Niski Kumila, M.Sc.

Grafis Buku :

Buku berukuran 21 x 29,7 cm  
Font buku : Calibri Light,  
Palotino linotype, Britannic Bold  
dan Baskerville Old Face serta  
Font size materi : 11.

Halaman : 110

*Assalamu'alaikum, Wr. Wb*

*Alhamdulillah* berkat petunjuk dan rahmat Allah SWT akhirnya penulis dapat menulis modul fisika berbasis integrasi sains dan islam. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun terhadap materi serta penyajian buku ini. Penulis menyadari dengan adanya kritik dan saran dari Bapak/Ibu penilai, buku ini telah menjadi lengkap dan lebih layak sebagai bahan ajar di sekolah.

Secara khusus, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Drs. H. Agus Sholeh, M.Ag. dan Ibu Biaunik Niski Kumila, M.Sc. selaku dosen pembimbing penulis, Bapak Juwarto dan Ibu Rohani selaku kedua orang tua penulis serta seluruh tim penilai yang telah memberikan motivasi serta kritik dan saran setelah mencermati, menelaah dan meneliti buku ini.

Penulis menyadari bahwa pada modul fisika ini masih terdapat kekurangan. Maka dari itu, penulis senantiasa mengharapkan masukan dari para pembaca untuk menyempurnakan buku ini. Akhirnya, semoga buku ini dapat menambah ketaqwaan kita kepada Allah SWT dan turut andil dalam mencerdaskan generasi muda bangsa. *Amin*

*Wassalamu'alaikum, Wr. Wb*

Penulis

## KATA PENGANTAR

Modul yang berisi materi fisika ini akan membahas materi Fisika kelas XII pada semester ganjil (medan magnetik) dan semester genap (Relativitas dan perkembangan teori atom). Materi fisika yang dibahas, akan dikaitkan dengan ayat-ayat Al-Qur'an dan pengetahuan islam lainnya. Buku ini dilengkapi dengan ayat-ayat Al-Qur'an beserta penjelasannya mengenai materi fisika yang disajikan. Penulis juga memperkenalkan fenomena alam yang dibahas dari sudut pandang sains dan islam. Dengan belajar menggunakan buku ini, diharapkan peserta didik dapat mengetahui bahwa sesungguhnya apa yang kita pelajari dalam ilmu fisika telah disebutkan di dalam Al-Qur'an.

Antara pesan yang disampaikan oleh para *Mufassir* terhadap ayat-ayat suci Al-Qur'an tidaklah seluruhnya sama. Perlu diketahui bahwa Al-Qur'an berisi firman Allah yang sudah pasti kebenarannya. Akan tetapi akal manusia bersifat terbatas dimana dapat menafsirkan ayat-ayat Al-Qur'an secara terbatas saja. Oleh karena itu, apabila terdapat sebuah kajian dari Al-Qur'an yang bertentangan dengan penemuan ilmu para ilmuwan, maka hal itu bukanlah berarti Al-Qur'an yang salah atau pun manusia yang salah. Tidak lain hanyalah pengetahuan manusia yang belum mencapai maksud sesungguhnya dari Al-Qur'an.

Selain dikaitkan dengan ayat-ayat Al-Qur'an, modul ini juga menyajikan fenomena-fenomena alam. Yang menjadi kelebihan adalah fenomena-fenomena alam tersebut merupakan fenomena yang erat kaitannya dengan *Ukuzannah* islam. Jadi, Belajar dengan menggunakan modul fisika ini, akan menambah keimanan dan ketaqwaan kita kepada Allah SWT. Semakin banyak ilmu yang kita peroleh, semakin bertambah pula keimanan dan ketaqwaan kita.

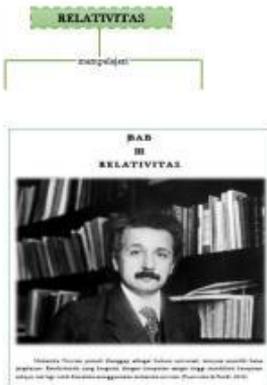
Materi yang terdapat dalam modul ini adalah *Medan Magnetik, Perkembangan Teori Atom* dan *Relativitas*. Selain menyajikan materi pembelajaran, modul ini juga berisi contoh soal, latihan soal dan uji kompetensi pada setiap bab serta proyek fisika yang akan mengoptimalkan ketrampilan siswa.

Demikian, semoga modul ini dapat membantu dalam memahami dan menguasai materi fisika. Akhirnya, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan demi perbaikan modul ini.

## PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Buku ini dilengkapi dengan konten-konten fisika, ayat-ayat Al-Qur'an dan pengetahuan islam. Untuk itu, jangan lewatkan satu isi pun dalam modul ini. Berikut merupakan petunjuk-petunjuk dalam mengetahui konten dalam modul fisika ini.

### PETA KONSEP



#### Kata kunci

Teori-teori Galileo, Relativitas Newton, Kesetiaan Azas, Relativitas Transformasi Lorentz, Dilatasi Waktu, Kontraksi Panjang, Massa Relat

#### Standar Kompetensi & Kompetensi Dasar

##### Standar Kompetensi:

Mengartikan berbagai besaran fisis pada gejala kecerahan dan panas-bat relativitas Einstein dalam paradigma fisika modern.

##### Kompetensi Dasar:

#### Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari hal-hal siswa di dapatkan sebagai :

1. Mampu membedakan relativitas Newton dan relativitas Einstein
2. Mendefinisikan teori relativitas khusus untuk waktu, panjang
3. Mendefinisikan konstanta massa dan energi yang diperoleh

#### Peta Konsep

Merupakan diagram alur dalam penyajian materi untuk memudahkan siswa dalam mengetahui alur belajar

#### Apersepsi

Merupakan gambaran awal untuk mempelajari suatu bab dan untuk menumbuhkan minat siswa dalam belajar

#### Kata Kunci

Disajikan untuk membantu siswa dalam mencari unsur penting dalam bab

#### Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar

Standar proses belajar yang harus dicapai dan dikuasai siswa untuk mempelajari suatu bab

#### Tujuan Pembelajaran

Merupakan titik akhir yang harus dicapai dan dikuasai siswa setelah mempelajari suatu bab

### Proyek Fisika 3.1

- A. Tujuan kegiatan:  
Membuat lebih lanjut mengenai Statistika Newton dan Statistika II.
- B. Alat dan Bahan:
1. Balok pelatuk dua sisi
  2. Sekam
  3. Balok pengalihan momen ke bag. statistika Newton dan Statistika II.
  4. Mistar / pengalihan

### TEORI MOMEN STATISTIKA



### Enkiklopedia Islam

#### PROSESI HAJI-NABAL RASULULLAH



### WISUDHAWA



**MUHAMMAD AR-RASUL**  
 Beliau adalah seorang nabi yang diutus Allah SWT di berbagai-bagai tempat, waktu dan situasi.

### Contoh soal

1. Sebuah pesawat terbang yang bergerak dengan kecepatan  $300 \text{ km/h}$  mulai memutar ke arah kanan dengan kecepatan  $400 \text{ km/h}$ . Berapakah kecepatan rata-rata pesawat yang diam di tanah?

Pengisian :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & \quad v_1 = 300 \quad v_2 = 400 \\ \text{Ditanya} & \quad v_{\text{rata-rata}} = ? \end{aligned}$$

### Proyek Fisika

Digunakan untuk mengetahui tingkat ketrampilan siswa dan pemahaman materi

### Kartun Fisikaku

Berisi tambahan materi yang dikemas dengan gambar-gambar unik

### Ensiklopedia Islam

Berisi fenomena alam yang ada di sekitar islam

### Tokoh Islam

Berisi tokoh islam yang mashur pada bab yang dipelajari

### Contoh soal

Aplikasi dari materi dalam suatu bab

## Soal Latihan 3.1

- Dua buah pesawat A dan B bergerak saling mendekati bumi dengan kecepatan masing-masing  $0,6c$  dan  $0,5c$  relatif terhadap pesawat A menurut pilot pesawat B?
- Dua buah pesawat A dan B bergerak dalam arah yang sama masing-masing  $0,4c$  dan  $0,6c$  relatif terhadap bumi. Mengetahui konsep

## RELATIVITAS NEWTON

Berikut ini adalah beberapa aplikasi relativitas khusus dan relativitas khusus lainnya. Untuk lebih mendalami konsep ini, kerjakanlah soal-soal berikut ini. Untuk lebih memperdalam pemahamanmu, kerjakanlah soal-soal berikut ini. Untuk lebih memperdalam pemahamanmu, kerjakanlah soal-soal berikut ini. Untuk lebih memperdalam pemahamanmu, kerjakanlah soal-soal berikut ini.

Sebagai contoh, perhatikanlah beberapa hasil ac. Untuk hal yang lain, kerjakanlah soal-soal berikut ini. Untuk lebih mendalami konsep ini, kerjakanlah soal-soal berikut ini.

## BAITAN ISLAM

Allah menciptakan alam semesta ini dengan hikmah dan kebijaksanaan yang tak terhingga. Setiap ayat dalam Al-Qur'an mengandung pelajaran yang sangat berharga bagi kita sebagai makhluk yang beriman. Untuk lebih memperdalam pemahamanmu, kerjakanlah soal-soal berikut ini.

كُلُّ شَيْءٍ بِعِندِ رَبِّي أَضْمَرٌ ﴿١٠٠﴾  
 ﴿١٠١﴾ مَا يَشَاءُ اللَّهُ لَمْ يَكُنْ لَهَا دُونِ اللَّهِ شَيْئًا سُبْحَانَ اللَّهِ عَمَّا يُشْرِكُونَ ﴿١٠٢﴾

Artinya:  
 100. Tiap sesuatu di sisi Tuhan kami tersimpan. (Surat Al-Baqarah: 100)  
 101. Tidak ada sesuatu yang ada di sisi Tuhan kami yang tidak ada di sisi Tuhan kami. (Surat Al-Baqarah: 101)  
 102. Maha suci Allah dari apa yang mereka persekutukan. (Surat Al-Baqarah: 102)

## Rangkuman

- Relativitas Newton menggunakan gerak benda yang jauh lebih kecil dibandingkan kecepatan cahaya yang dirumuskan dalam persamaan:  
 $v' = v_1 - v_2$  dan  $v_2 = v_1' + v_2$
- Relativitas Einstein yaitu teori-teori relativitas khusus yang berkaitan dengan konsep konstanta laju cahaya konstan pada setiap kerangka acuan.  
 $v_1' = \frac{v_1 - v_2}{1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}}$  dan  $v_2 = \frac{v_2' + v_1}{1 + \frac{v_2' v_1}{c^2}}$
- Dalam menggunakan teori relativitas khusus, tentukan menggunakan hukum kedua p.

## UJI KOMPETENSI 3

Kepastihan dengan memilih jawaban terbaik di bawah!

A. Berikat pada silang (+) pada A, B, C, D dan E untuk jawaban yang benar!

(Skor: 4 pada)

1. Hipotesis apa dari Menger sebagai medium perubahan gelombang cahaya tidak benar, pernyataan yang membuktikan telah cahaya eter adalah ...

- A. Pergerakan Cembung      D. Pergerakan Lunak

## Umpan Balik

Cocokkan jawaban kalian dengan kunci jawaban uji kompetensi 1 yang telah disediakan dalam modul ini. Silangkan silang (+) dan silang (-) jika menggunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat pencapaian ket terhadap materi media magnetik.

Tingkat pencapaian =  $\frac{\text{Jumlah Skor} \times 100}{100}$

100

## Soal Latihan

Digunakan untuk melatih pemahaman siswa dari materi yang telah dipelajari

## Materi Pelajaran

Merupakan bagian isi dalam Modul

## Kajian Islam

Merupakan inti dalam modul fisika berbasis integrasi sains dan islam yang membahas keterkaitan materi dengan Al-Qur'an

## Rangkuman

Merupakan inti-inti dalam materi yang telah dipelajari

## Uji Kompetensi

Digunakan untuk mengukur tingkat pemahaman siswa setelah mempelajari keseluruhan bab

## Umpan Balik

Digunakan untuk mengukur tingkat pencapaian siswa setelah mempelajari suatu bab

# DAFTAR ISI

Ucapan Terima Kasih .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Petunjuk Penggunaan Buku .....	iv
Daftar Isi .....	vii
<b>Bab I</b>	
<b>Medan Magnetik</b>	
A. Medan magnetik di sekitar kawat	
Berarus .....	4
B. Gaya Magnetik/ Gaya Lorentz .....	17
C. Penerapan gaya magnetik .....	25
Rangkuman .....	30
Uji Kompetensi 1 .....	31
<b>Bab II</b>	
<b>Perkembangan Teori Atom</b>	
A. Model atom J. Dalton .....	38
B. Model atom J.J. Thomson .....	39
C. Model atom E. Rutherford .....	42
D. Model Atom Niels Bohr .....	47
E. Prinsip ketidakpastian Heisenberg .....	57
F. Teori mekanika kuantum .....	57
G. Konfigurasi elektron .....	66
Rangkuman .....	70
Uji Kompetensi 2 .....	72
<b>Bab III</b>	
<b>Relativitas</b>	
A. Relativitas Newton .....	78
B. Transformasi Galileo .....	78
C. Percobaan Michelson-Morley .....	80
D. Teori Relativitas Khusus Einstein ....	83
E. Transformasi Lorentz .....	86
Rangkuman .....	102
Uji Kompetensi 3 .....	103
Daftar Pustaka .....	106
Daftar Notasi dan simbol .....	107
Daftar Tetapan .....	107
Kunci Jawaban .....	108

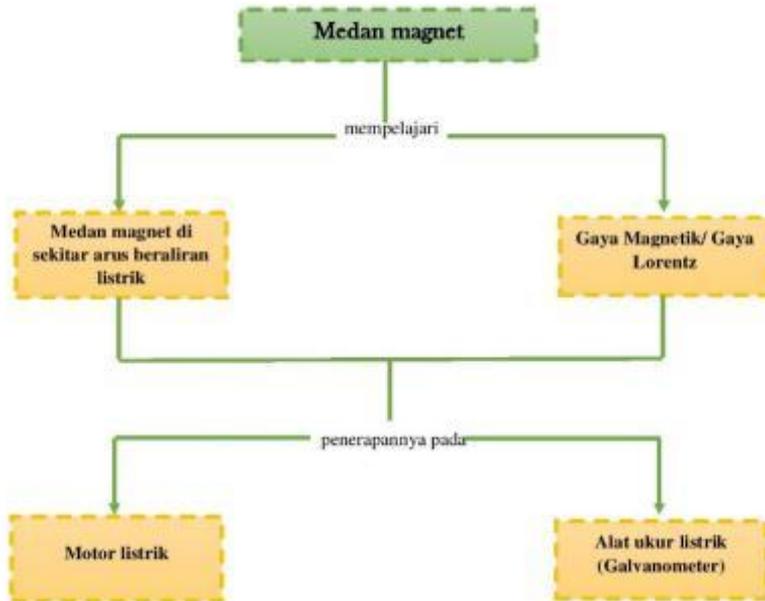
## BAB I MEDAN MAGNETIK



Tahukah kalian apa itu Aurora? Pernahkah kalian melihatnya secara langsung? Aurora merupakan perpedaran cahaya yang berwarna-warni dan berada di atas cakrawala, tepatnya berada di lintang tinggi. Fenomena ini terjadi karena dibelokkannya arah angin matahari oleh medan magnetik bumi menuju ke arah kutub bumi dan bereaksi dengan partikel molekul atmosfer. Terdapat dua jenis aurora yakni aurora yang berada di kutub utara yaitu Aurora Borealis dan Aurora Australis yang berada di kutub selatan (Maya Sari 2015, diakses 10 April 2017). *SubhanuAllah*

Pertanyaannya adalah bagaimana bisa medan magnetik dapat membelokkan arah angin matahari yang begitu dahsyat? apakah yang dimaksud medan magnetik? bagaimanakah sifat-sifatnya? untuk mengetahuinya, mari pelajari bab ini dengan antusias serta menelaah lebih jauh mengenai medan magnetik dengan menggunakan Al-Qur'an.

# PETA KONSEP



### Kata kunci

Medan Magnetik/ Induksi Magnetik, Gaya Magnetik, Motor Listrik, Galvanometer

### Standar Kompetensi & Kompetensi Dasar

#### Standar Kompetensi :

Menerapkan konsep kelistrikan dan kemagnetan dalam berbagai penyelesaian masalah dan produk teknologi.

#### Kompetensi Dasar :

Menerapkan induksi magnetik dan gaya magnetik pada beberapa produk teknologi

### Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini siswa diharapkan mampu :

1. Mendeskripsikan medan magnetik/ induksi magnetik di sekitar kawat berarus,
2. Mengaplikasikan hukum Bio-Savart untuk menentukan kuat medan magnetik oleh berbagai bentuk kawat berarus listrik,
3. Mendeskripsikan gaya magnetik pada kawat berarus dan muatan bergerak,
4. Menerapkan prinsip induksi magnetik dan gaya magnetik dalam teknologi pada motor listrik dan alat ukur listrik (galvanometer).
5. Mengetahui pemahaman baru tentang fisika pada bab medan magnetik yaitu integrasi antara sains dan islam melalui Al-Qur'an, Hadist dan pengetahuan islam.

Sebagaimana yang telah kalian pelajari di kelas XI, bahwa terdapat hubungan yang erat sekali antara kelistrikan dan kemagnetan. Bayangkanlah sebuah penghantar berupa kawat dibentangkan pada dua penyangga di ujungnya. Kemudian terdapat sebuah kompas yang di tempatkan di sekitar kawat penghantar tersebut. Pada saat itu juga, kawat penghantar dialirkan sebuah arus listrik melalui sebuah sumber arus listrik. Maka, daerah di sekitar penghantar tersebut akan mengalami perubahan.

Adanya perubahan tersebut hanya dapat diketahui secara tidak langsung. Diantaranya adalah menyimpangnya arah jarum kompas (terbuat dari magnet) yang terdapat di sekitar daerah tersebut, seperti yang terjadi pada percobaan Oersted. Oersted mengatakan bahwa daerah tersebut berubah menjadi sebuah medan yang memiliki daya tarik-menarik atau tolak-menolak, atau disebut *medan magnetik*.



Gambar 1.1 Perubahan Oersted

Sumber : Geesick, Larry, 2008. *Kartun Fisika*. Jakarta : Geamedia

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa **arus listrik dapat menimbulkan medan magnetik di sekitar penghantar**. Pada bab ini, kita akan membahas lebih dalam lagi hubungan antar keduanya. Mulailah dengan bacaan *Basmullah* terlebih dahulu.

## A MEDAN MAGNET DI SEKITAR KAWAT BERARUS

Sebelum membahas medan magnetik lebih dalam, perlu diketahui bahwasannya jauh sebelum para ilmuwan menemukan teori medan magnetik, Allah SWT di dalam Al-Qur'an telah memberikan petunjuk mengenai adanya magnet. Berikut perjelasiannya :

QS. Surat Al-Hadid : (25) :

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ  
وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ  
بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾

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-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa".

Dalam *Tafsir Ibnu Katsir* menyebutkan, yang dimaksud *besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat* adalah "berupa persenjataan seperti pedang, tombak, lembing, baju besi dan sebagainya. Dan berbagai berbagai manfaat bagi manusia artinya adalah yang berguna dalam kehidupan manusia seperti kampak, gergaji, alat-alat untuk berternak, berladang, memasak dan semua yang hidup manusia tidak akan terarah kecuali dengan memakai alat itu".

Kemudian Shihab (2008 : 48) dalam *Tafsir Al-Muntakhab* mengemukakan bahwa ayat ini menjelaskan sebuah unsur alam yaitu besi yang mempunyai kekuatan membahayakan dan dapat pula menguntungkan manusia. Diantaranya besi dapat menangkap daya magnet. Bahkan besi merupakan bahan baku berbagai macam industri berat dan ringan yang dapat menunjang kemajuan peradaban (Ar-Rifa'i, 2007).

Hikmah yang dapat diambil dari QS. Surat Al-Hadid : (25) ini adalah bahwasanya besi merupakan suatu unsur alam yang memiliki banyak manfaat bagi keterlangsungan hidup manusia di berbagai bidang. Pada hal yang sama, telah dibuktikan oleh berbagai ilmuwan fisika bahwasanya besi merupakan bahan penyusun pembuatan magnet paling baik dibandingkan bahan-bahan yang lainnya. Setelah menjadi sebuah magnet, **magnet tersebut akan memiliki tumpangan berisi medan magnet dan melalui medan magnet tersebut akan terbentuk gaya magnet.**

Seperti yang telah kita ketahui, bahwasanya bumi mengandung magnet terbesar di dalam inti bumi, lalu unsur apakah yang menyusun inti bumi tersebut ? Unsur penyusun terbesar bumi adalah besi. Logam ini terpusat di dalam inti bumi. Pada lapisan mantel, penyusun utamanya mengandung magnesium, silikon dan oksigen.

Kondisi inti bumi sungguh tak terbayangkan. Tekanannya begitu besar dan suhunya diperkirakan lebih dari 3.000°C. Menurut para ahli geolog, inti bumi terdiri dari besi bercampur dengan beberapa unsur asing. Arus listrik di dalamnya membangkitkan medan magnet bumi yang cakupannya jauh ke ruang angkasa.

Medan magnet membentuk semacam selimut magnetik di sekitar bumi. Medan magnetik inilah yang membelokkan partikel-partikel bermuatan listrik dari matahari dan melindungi kita dari radiasi sinar matahari (Ainut Tijar 2013, diakses pada 19 April 2017). Bisakah kamu bayangkan apabila Allah SWT tidak menciptakan besi sebagai unsur penyusun terbesar di bumi ? Sungguh luar biasa atas segala kuasa Allah SWT yang telah menciptakan alam raya ini begitu sempurna. *Subhanallah*

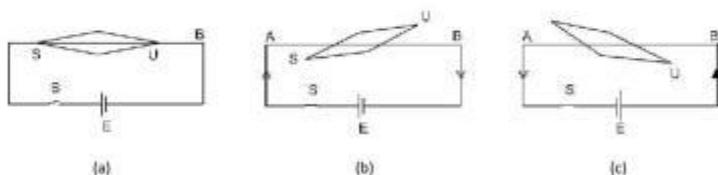


**Hans Christian Oersted** (1777 - 1851) fisikawan berkebangsaan Denmark. Setelah melakukan eksperimen cukup lama, pada tahun 1819 Oersted berhasil menemukan bahwa, "jika sebuah magnet jarum (kompas kecil) diletakkan pada suatu penghantar yang berarus listrik, magnet jarum akan menyimpang". Hal ini menunjukkan bahwa di sekitar kawat berarus terdapat medan magnet. Untuk mengetahui hubungan antara arus, kuat arus, dan medan magnet yang timbul, dapat dilakukan percobaan berikut ini.

Ambillah sebuah kawat penghantar yang panjangnya kira-kira 50 cm, kemudian kita bantangkan di atas magnet jarum kompas. Kita atur sedemikian rupa arah bentangan kawat penghantar sejajar dengan arah magnet jarum pada kompas seperti terlihat pada gambar (1.3.a).

Gambar 1.2 Percobaan Oersted

Sumber: Gonnick, Larry. 2008. *Kartus Fisika*. Jakarta: Gramedia



Gambar 1.3 (a) Sebuah jarum kompas tanpa arus listrik di sekitarnya (b) Sebuah jarum kompas dengan arus listrik di sekitarnya (c) Sebuah jarum kompas dengan arus listrik di sekitarnya dengan potensial yang berbeda

Sumber: Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. *Fisika: Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan

Pada gambar (1.3.a) ujung kawat AB tidak dihubungkan dengan sumber tegangan (baterai), kedudukan magnet jarum sejajar dengan bentangan kawat. Pada gambar (1.3.b) ujung A dihubungkan dengan kutub positif baterai dan ujung B dengan kutub negatif baterai, ternyata kutub utara magnet menyimpang ke kiri. Sebaliknya pada gambar (1.3.c) jika ujung A dihubungkan dengan kutub negatif baterai dan ujung B dengan kutub positif baterai, maka kutub utara magnet menyimpang ke kanan.



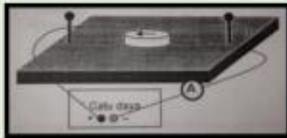
Penyimpangan kutub magnet utara tersebut menunjukkan adanya medan magnet di sekitar kawat beraliran arus listrik. Penyimpangan kutub utara magnet ini memberi petunjuk tentang arah medan magnet di sekitar kawat berarus. Arah medan magnet di sekitar kawat berarus ditunjukkan dengan aturan tangan kanan. **gambar (1.4)** menggambarkan arah medan magnet di sekitar kawat berarus listrik.

**Gambar 1.4** Aturan tangan kanan

**Sumber:** Getnick, Laery, 2008. *Kartun Fisika*. Jakarta : Gramedia

### Proyek Fisika 1.1

- A. Tujuan praktikum  
Memahami gejala munculnya medan magnet di sekitar kawat berarus listrik pada percobaan Oersted.
- B. Alat dan bahan
  1. Kawat email ukuran sedang dan kecil
  2. Amperemeter
  3. Kompas
  4. Papan
  5. Sumber tegangan (catu daya atau baterai)
- C. Metode praktikum
  1. Susunlah rangkaian seperti gambar di bawah ini.



**Gambar 1.5** Rangkaian praktikum 1

**Sumber:** Arsini & Alwiyah, 2014. *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar II IAIN Walisongo Semarang*. Semarang : IAIN Walisongo Semarang.

- Hidupkan catu daya kemudian amati sudut penyimpangan kutub utara jarum pada model kompas dan kuat arus yang melalui kawat. Catat hasil pengamatan ke dalam tabel.
- Matikan catu daya dan ubah jarak kawat terhadap kompas dengan cara menaikturunkan kawat, kemudian lakukan seperti langkah 2.
- Matikan catu daya dan ubah arah arus dengan cara merukar polaritas catu daya yang terhubung ke rangkaian. Ulangi langkah 2-3.
- Ulangi langkah 2-3 untuk kuat arus yang berbeda.

## D. Data praktikum

No	Kutub Arus	Polaritas		Jarak Kawat - Kompas	Penyimpangan Jarum Kompas	
		A	B		Sudut Simpang	Arah Simpang
1.	0,1 A	+	-	Dekat		
		-	+	Dekat		
		+	-	Jauh		
		-	+	Jauh		
2.	0,4 A	+	-	Dekat		
		-	+	Dekat		
		+	-	Jauh		
		-	+	Jauh		

## E. Kesimpulan

Berdasarkan praktikum yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

.....

.....

.....

## 1. Hukum Biot-Savart

Pada saat Hans Christian Oersted mengadakan percobaan untuk mengamati hubungan antara kelistrikan dan kemagnetan, ia belum sampai menghitung besarnya kuat medan magnet di suatu titik di sekitar kawat berarus. Perhitungan secara matematik baru dikemukakan oleh ilmuwan dari Perancis yaitu Jean Bastiste Biot dan Felix Savart. Berdasarkan hasil eksperimennya tentang pengamatan medan magnet di suatu titik P yang dipengaruhi oleh suatu kawat penghantar  $dI$ , yang dialiri arus listrik  $I$  diperoleh kesimpulan bahwa besarnya kuat medan magnet (yang kemudian disebut induksi magnet yang diberi lambang  $B$ ) di titik P :

- Berbanding lurus dengan kuat arus listrik ( $I$ ).

2. Berbanding lurus dengan panjang kawat ( $dl$ ).
3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik P ke elemen kawat penghantar ( $r$ ).
4. Sebanding dengan sinus sudut apit  $\theta$  antara arah arus dengan garis hubung antara titik P ke elemen kawat penghantar.

Pernyataan tersebut dikenal dengan **hukum Biot-Savart** yang secara matematik dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$dB = k \frac{Idl \sin \theta}{r^2} \dots\dots\dots (1.1)$$

dengan  $k$  adalah konstanta yang memenuhi hubungan

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi} \dots\dots\dots (1.2)$$

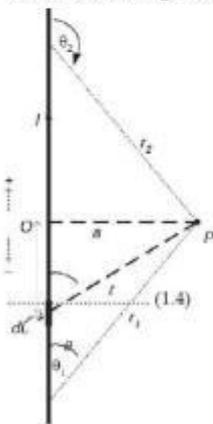
Dengan demikian, **persamaan (1.1)** dapat dinyatakan sebagai

$$dB = \frac{\mu_0 dl \sin \theta}{4\pi r^2} \dots\dots\dots (1.3)$$

Dengan  $\mu_0$  menyatakan permeabilitas vakum yang besarnya  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Wb/A m. **Persamaan (1.3)** selanjutnya disebut **Hukum Biot Savart**.

## 2. Induksi Magnetik di Sekitar Kawat Lurus Panjang Berarus Listrik

### Besar Induksi Magnetik



Gambar 1.6 penerapan hukum Biot-Savart pada penghantar lurus panjang.

Sumber: Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. Fisika: Untuk SMA dan MA Kelas XII. Jakarta: Pusat Perbukuan.

Untuk menghitung besarnya induksi magnetik di suatu titik yang terletak di sekitar kawat penghantar lurus dengan panjang yang tak terhingga dan beraliran arus sebesar  $I$ , dapat diturunkan dari hukum Biot-Savart. Misalnya suatu titik P terletak pada jarak  $a$  dari kawat penghantar dengan asumsi panjang  $l$  adalah tak terhingga (Lihat gambar 1.6). Besarnya induksi magnet di titik P yang diakibatkan oleh elemen sepanjang  $dl$  yang berjarak  $r$  dari titik dapat dinyatakan :

$$dB = \frac{\mu_0 dl \sin \theta}{4\pi r^2}$$

dari gambar (1.6) tampak bahwa :

$$\sin \theta = \frac{a}{r}$$

$$r = \frac{a}{\sin \theta} = a \operatorname{cosec} \theta$$

$$\tan \theta = \frac{a}{-l}$$

$$l = -\frac{a}{\tan \theta} = -a \cot \theta$$

$$dl = a \cos^2 \theta d\theta$$

Apabila nilai  $r$  dan  $dl$  di atas disubstitusikan ke dalam persamaan (1.3), maka diperoleh :

$$\begin{aligned} dB &= \frac{\mu_0 I dl \sin \theta}{4\pi r^2} \\ &= \frac{\mu_0 I a \cos^2 \theta d\theta \sin \theta}{4\pi (a \cos \theta)^2} \\ &= \frac{\mu_0 I \sin \theta d\theta}{4\pi a} \end{aligned}$$

Nilai  $B$  ditentukan dengan metode integral sebagai berikut :

$$\begin{aligned} B &= \int_{\theta_1}^{\theta_2} dB = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\mu_0 I \sin \theta d\theta}{4\pi a} = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta \\ B &= \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \quad \dots\dots\dots(1.5) \end{aligned}$$

Untuk penghantar yang sangat panjang  $\theta_1 = 0^\circ$  dan  $\theta_2 = 180^\circ$ . Dengan demikian, *besar induksi magnetik di sekitar penghantar lurus berarus yang sangat panjang* adalah :

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos 0^\circ - \cos 180^\circ) = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (1 + 1) \\ B &= \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad \dots\dots\dots(1.6) \end{aligned}$$

#### Arah Induksi Magnetik

Arah medan magnet di titik P dapat ditentukan dengan aturan tangan kanan (Lihat gambar 1.4). salah satunya adalah jika titik P di sebelah kanan kawat dan arus listrik pada kawat penghantar dari bawah ke atas, maka arah medan magnet di titik P masuk bidang gambar.

#### Contoh soal

Sebuah kawat lurus panjang dialiri arus listrik sebesar 10 A dari arah timur ke barat. Tentukan besar dan arah induksi magnetik di titik P tepat di bawah kawat tersebut pada jarak 10 cm!

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $I = 10 \text{ A}$

$a = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$

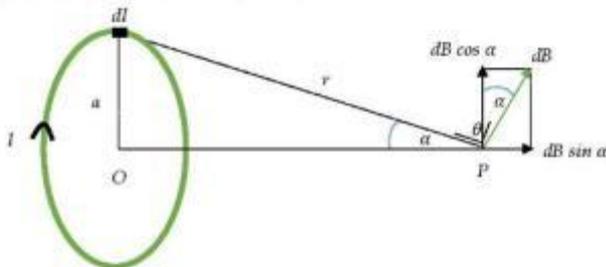
Ditanya :  $B = \dots ?$

Jawab :  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$   
 $= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 0,1} \text{ T}$   
 $= 2 \times 10^{-5} \text{ T}$  yang arahnya ke selatan.

### 3. Induksi Magnetik pada Sumbu Lingkaran Kawat Berarus Listrik

#### Besar Induksi Magnetik

Besarnya induksi magnetik pada suatu titik yang terletak pada garis sumbu penghantar berbentuk lingkaran dengan jari-jari  $r$  dapat dicari sebagai berikut. Perhatikan **gambar (1.7)** besarnya induksi magnet di titik  $P$  yang terletak pada garis sumbu lingkaran akibat elemen kawat sepanjang  $dl$  yang berjarak  $r$  dapat dinyatakan :



**Gambar 1.7** Induksi Magnetik pada sumbu penghantar melingkar berarus

Sumber : Dokumen pribadi

Berdasarkan hukum Biot-Savart dalam persamaan (1.3) bahwasanya :

$$dB = \frac{\mu_0 I dl \sin \theta}{4\pi r^2}$$

Karena  $r$  tegak lurus terhadap  $dl$ , maka  $\theta = 90^\circ$  sehingga  $\sin 90^\circ = 1$ . Persamaan Biot-Savart di atas dapat ditulis menjadi :

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2}$$

Induksi magnetik  $dB$  dapat diuraikan menjadi dua komponen yaitu  $dB \sin \alpha$  sebagai komponen yang sejajar dengan sumbu lingkaran dan  $dB \cos \alpha$  sebagai komponen yang tegak lurus dengan sumbu lingkaran. Karena sifat simetri, maka komponen  $dB \cos \alpha$  akan saling meniadakan dengan bagian yang ditimbulkan oleh elemen yang lain. Dengan demikian, induksi magnetik di titik  $P$  adalah

$$dB = dB \sin \alpha = \frac{\mu_0 I dl \sin \alpha}{4\pi r^2}$$

mengingat panjang penghantar sama dengan keliling lingkaran yaitu  $2\pi r$ , maka untuk  $l$  dapat dituliskan menjadi  $l = 2\pi r$ , sehingga diperoleh :

$$B = \int_0^l dB = \int_0^l \frac{\mu_0 I dl \sin \alpha}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 I \sin \alpha}{4\pi r^2} \int_0^{2\pi} dl$$

$$B = \frac{\mu_0 I \sin \alpha}{4\pi r^2} (2\pi r) = \left( \frac{\mu_0 I a \sin \alpha}{2r^2} \right)$$

Dari gambar (1.7) diperoleh bahwa  $\sin \alpha = \frac{a}{r}$  atau  $r = \frac{a}{\sin \alpha}$ . Apabila nilai  $\sin \alpha$

disubstitusikan ke persamaan sebelumnya, maka diperoleh besar induksi magnetik di titik  $P$  dari pusat lingkaran sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2r^3} \dots\dots\dots(1.7)$$

Apabila titik  $P$  digeser sehingga merupakan titik pusat lingkaran, maka  $\alpha = 90^\circ$  sehingga  $\sin \alpha = 1$ . Dengan demikian, besar induksi magnetik di pusat lingkaran adalah :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2a} \dots\dots\dots(1.8)$$

Untuk penghantar melingkar yang terdiri atas  $N$  lilitan, maka besar induksi magnetik di pusat lingkaran adalah :

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2a} \dots\dots\dots(1.9)$$

#### Arah Induksi Magnetik

Arah induksi magnetik yang ditimbulkan oleh penghantar melingkar berarus dapat ditentukan berdasarkan kaidah tangan kanan. Apabila kita menggenggam tangan kanan sedemikian rupa sehingga arah lingkaran keempat jari menunjukkan arah arus listrik, maka arah ibu jari menyatakan arah induksi magnetik.

**Contoh soal**

Sebuah kawat penghantar berbentuk lingkaran dengan jari-jari 8 cm dan terdiri atas 20 lilitan yang dialiri arus listrik sebesar 10 A. Tentukan besar induksi magnet di titik pusat lingkaran dan di titik yang terletak pada garis sumbu dan berjarak 6 cm dari pusat lingkaran!

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $a = 8 \times 10^{-2}$  m,  $r = 6 \times 10^{-2}$  m,  $I = 10$  A,  $N = 20$  lilitan

Ditanya : a.  $B$  di titik pusat lingkaran ... ?

b.  $B$  di titik pada jarak 6 cm dari pusat lingkaran ... ?

Jawab :  $\sqrt{r^2 + a^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{100} = 10$  cm

$$a.) B = \frac{\mu_0 IN}{2a} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 10 \cdot 20}{2 \cdot 8 \times 10^{-2}} = 5\pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$b.) B = \frac{\mu_0 Ia^2}{2r^3} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 10 \cdot 20 \cdot (8 \times 10^{-2})^2}{2 \cdot (6 \times 10^{-2})^3} = 2,37\pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

**4. Induksi Magnetik di Sumbu Solenoida dan Toroida**

*Solenoida* adalah kumparan yang panjang di mana diameter kumparan lebih kecil dibandingkan dengan panjang kumparan. Jarak antara lilitan yang satu dengan yang lainnya sangat rapat dan biasanya terdiri atas satu lapisan atau lebih seperti yang terlihat pada gambar (1.8.a). Sedangkan *toroida* adalah sebuah solenoida yang dilengkungkan sehingga membentuk lingkaran seperti terlihat pada gambar (1.8.b).

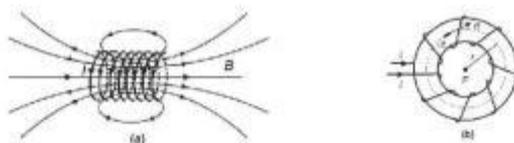
Besarnya induksi magnetik pada titik yang terletak pada sumbu solenoida dinyatakan dengan persamaan :

Jika titik P di pusat solenoida, maka :

$$B = \mu_0 In \quad \text{atau} \quad B = \frac{\mu_0 IN}{L} \quad \dots\dots\dots (1.10)$$

Jika titik P terletak di ujung solenoida

$$B = \frac{\mu_0 In}{2} \quad \text{atau} \quad B = \frac{\mu_0 IN}{2L} \quad \dots\dots\dots (1.11)$$



Gambar 1.8 (a) Solenoida (b) Toroida

Sumber : Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII. Jakarta : Pusat Perbukuan.

Keterangan :

$B$  = Induksi magnetik di pusat/ tengah-tengah solenoida (T)

$\mu_0$  = Permeabilitas ruang hampa ( $4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$ )

$I$  = Kuat arus listrik dalam solenoida (A)

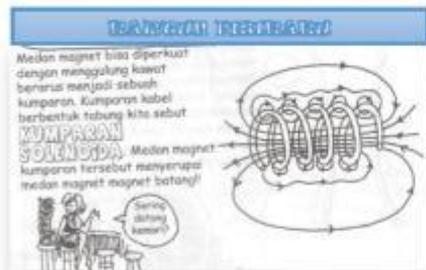
$N$  = Jumlah lilitan dalam solenoida (lilitan)

$L$  = Panjang solenoida (m)

Sedangkan besarnya induksi magnetik di pusat sumbu toroida adalah :

$$B = \mu_0 In \quad \text{atau} \quad B = \frac{\mu_0 IN}{2\pi r} \quad \dots\dots\dots (1.12)$$

dengan  $2\pi r$  adalah Keliling toroida



Gambar 1.9 Kumparan solenoida

Sumber : Laery G. 2008. Karlin Fisika. Jakarta : Gramedia

### Contoh soal

1. Sebuah solenoida yang panjangnya 50 cm memiliki 2000 lilitan, dialiri arus sebesar 4 ampere. Hitunglah induksi magnet :
- di ujung solenoida
  - di tengah-tengah solenoida!

#### Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & : L = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m} & I & = 4 \text{ A} \\ & \mu_0 = \mu_r = 4\pi \times 10^{-7} & N & = 2000 \text{ lilitan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ditanya} & : \text{a. } B \text{ di ujung solenoida ...?} \\ & \text{b. } B \text{ di tengah-tengah solenoida ...?} \end{aligned}$$

$$\text{Jawab} : n = \frac{N}{L} = \frac{2000}{0,5} = 4000$$

- a.) Induksi magnetik di ujung solenoida

$$\begin{aligned} B & = \frac{1}{2} \mu_0 I n \\ & = \frac{1}{2} \cdot 4\pi \times 10^{-7} \cdot 4 \cdot 4000 \\ & = 32\pi \times 10^{-4} \text{ T} \end{aligned}$$

- b.) Induksi magnetik di tengah-tengah solenoida

$$\begin{aligned} B & = \mu_0 I n \\ & = 4\pi \times 10^{-7} \cdot 4 \cdot 4000 \\ & = 64\pi \times 10^{-4} \text{ T} \end{aligned}$$

2. Sebuah toroida yang memiliki 4.000 lilitan dialiri arus sebesar 5 A. Apabila diketahui jari-jari lingkaran bagian dalam 8 cm dan bagian luar 12 cm. Tentukan besarnya induksi magnet pada toroida tersebut!

#### Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & : N = 4000 \text{ lilitan} & I & = 5 \text{ A} \\ & r_1 = 8 \text{ cm} & r_2 & = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ditanya :  $B$  ...?

Jawab : jari-jari rata-rata toroida adalah :

$$r = \frac{1}{2}(r_1 + r_2) = \frac{1}{2}(8 + 12) = 10$$

Induksi magnetik pada toroida

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2\pi r}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 5 \cdot 4000}{2\pi \cdot 1 \times 10^{-1}}$$

$$= 4 \times 10^{-2} \text{ T}$$

### Soal Latihan 1.1

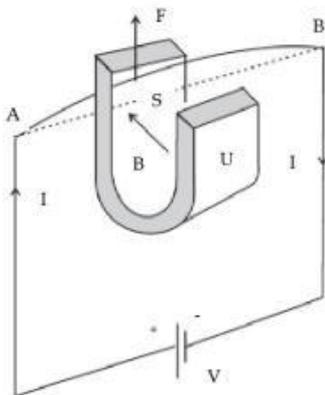
- Dua buah kawat lurus panjang dan sejajar terpisah pada jarak 10 cm, yang masing-masing dialiri arus listrik sebesar 6 A dan 8 A. Tentukan besar dan arah induksi magnetik di titik P yang berjarak 4 cm dari kawat pertama dan 6 cm dari kawat kedua!
- Sebuah kawat lurus panjang dialiri arus listrik. Jika besarnya induksi magnetik pada suatu titik yang berjarak 4 cm dari kawat sebesar  $4 \cdot 10^{-5}$  T, tentukan berapa ampere kuat arus yang mengalir melalui kawat tersebut!
- Kawat penghantar berbentuk lingkaran dengan jari-jari 15 cm dialiri arus listrik 10 A. Tentukan besarnya induksi magnet :
  - di titik pusat lingkaran, dan
  - di titik yang berjarak 20 cm dari pusat lingkaran pada sumbu kawat!
- Sebuah solenoida panjangnya 25 cm, terdiri atas 500 lilitan. Apabila solenoida tersebut dialiri arus listrik sebesar 5 A, tentukan besarnya induksi magnet di ujung dan di tengah-tengah solenoida tersebut!
- Sebuah toroida memiliki 10.000 lilitan. Apabila jari-jari lingkaran luar dan dalam toroida masing-masing 18 cm dan 12 cm, tentukan besarnya induksi magnet di

## B GAYA MAGNETIK/ GAYA LORENTZ

Alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik adalah motor listrik. Jika Motor listrik kita hubungkan dengan sumber tegangan maka ia akan berputar. Bagaimana prinsip motor listrik tersebut bekerja, dapatkah kalian menjelaskannya? Apabila kita perhatikan di dalam motor listrik, terdapat sebuah kumparan kawat dan magnet tetap. Motor listrik tersebut dapat berputar karena adanya **Gaya Lorentz** atau **Gaya Magnetik** yang terjadi pada kumparan kawat penghantar berarus listrik yang berada pada medan magnet.

Gaya magnetik atau gaya Lorentz adalah gaya yang terjadi akibat interaksi antara medan magnetik dengan arus listrik atau muatan listrik yang bergerak. Untuk itu, mari kita pelajari lebih jauh mengenai timbulnya gaya magnetik pada kawat penghantar beraliran arus listrik yang berada dalam medan magnet. Mulailah dengan membaca *Basmillah* terlebih dahulu.

### 1. Gaya Magnetik Pada Penghantar Berarus dalam Medan Magnetik



**Gambar 1.10** Gaya Lorentz pada kawat berarus dalam medan magnetik.

Sumber : Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009.  
Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII. Jakarta : Pusat Perbukuan.

Perhatikan **gambar (1.10)**, kawat penghantar AB yang dibentangkan melalui medan magnet yang ditimbulkan medan magnet tetap. Apabila pada ujung kawat A kita hubungkan kutub positif baterai dan ujung kawat B kita hubungkan pada kutub negatif baterai, maka pada kawat AB mengalir arus A ke B. Pada saat itu kawat AB akan bergerak ke atas. Sebaliknya jika arus listrik diputus, maka kawat akan kembali ke posisi semula. Sedangkan apabila ujung kawat A dihubungkan pada kutub negatif baterai dan ujung kawat B dihubungkan pada kutub positif baterai, kembali kawat penghantar bergerak ke bawah (berlawanan dengan arah gerak semula). Gerakan kawat ini menunjukkan adanya suatu gaya yang bekerja pada kawat tersebut saat kawat dialiri arus listrik. Gaya yang bekerja pada kawat penghantar beraliran arus listrik tersebut disebut *gaya Lorentz*.

Berdasarkan hasil percobaan yang lebih teliti, menunjukkan bahwa besarnya gaya Lorentz yang dialami oleh kawat yang beraliran arus listrik :

1. Berbanding lurus dengan kuat medan magnet/induksi magnet  $B$ .
2. Berbanding lurus dengan kuat arus listrik yang mengalir dalam kawat  $I$ .
3. Berbanding lurus dengan panjang kawat penghantar  $l$ .
4. Berbanding lurus dengan sudut  $\theta$  yang dibentuk arah arus  $I$  dengan arah induksi magnet  $B$ .

Besarnya gaya magnetik/gaya Lorentz dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$F = I l B \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1.13)$$

Keterangan :

- $F$  = gaya Lorentz (N)
- $I$  = kuat arus listrik (A)
- $l$  = panjang kawat penghantar (m)
- $B$  = medan magnetik (T)
- $\theta$  = sudut antara  $I$  dan  $B$

Arah gaya Lorentz yang terjadi pada penghantar dapat ditentukan berdasarkan *laidah tangan kanan* seperti pada gambar (1.11).



Gambar 1.11 Arah gaya Lorentz berdasarkan aturan tangan kanan

Sumber : Suprayitno, 2006. Fisika 3 untuk SMA/MA Kelas XII. Jakarta : Phibeta

#### Aturan Tangan Kanan

Apabila tangan kanan dibuka dengan ibu jari menunjukkan arah arus  $I$  dan keempat jari yang lain dirapatkan menunjukkan arah medan magnetik  $B$ , maka arah keluar telapak tangan menyatakan arah gaya Lorentz  $F$ .

#### Contoh soal

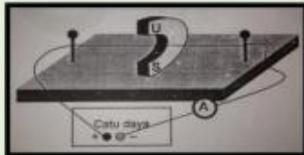
Sebuah kawat penghantar panjangnya 0,6 m diletakkan di dalam medan magnet homogen  $4 \cdot 10^{-5}$  T dan membentuk sudut  $30^\circ$ . Berapa N gaya magnet yang dialami kawat jika dialiri arus sebesar 5 A?

Penyelesaian :

Diketahui	: $l = 0,6 \text{ m}$	: $I = 5 \text{ A}$
	: $B = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$	: $\theta = 30^\circ$
Ditanya	: $F \dots ?$	
Jawab	: $F = I l B \sin \theta$	
	: $= 5 \cdot 0,6 \cdot 4 \times 10^{-5} \cdot \sin 30^\circ = 6 \times 10^{-5}$	

### Proyek Fisika 1.2

- A. Tujuan praktikum  
Memahami gaya yang bekerja pada muatan listrik yang bergerak dalam medan magnet
- B. Alat dan bahan
1. Kawat email ukuran sedang dan kecil
  2. Magnet U
  3. Sumber tegangan (catu daya atau baterai)
  4. Amperemeter
  5. Papan
- C. Metode praktikum
1. Susunlah rangkaian seperti gambar di bawah ini.



Gambar 1.12 Rangkaian praktikum 2

Sumber : Arsini & Alwiyah. 2014. *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar II UIN Walisongo Semarang*. Semarang : UIN Walisongo Semarang.

2. Hidupkan catu daya dan sesaat setelah itu amati arah gerak kawat. Catat hasilnya dalam tabel dan perhatikan arus.
3. Matikan catu daya dan perbesar arus dengan cara memperbesar tegangan sumber. Amati apa yang terjadi dengan kawat sesaat setelah catu daya dihidupkan.
4. Matikan catu daya kemudian balik arah arus dengan cara menukar kabel penghubung catu daya.
5. Lakukan **langkah 2-3**, kemudian catat hasilnya.

D. Data praktikum

No	Kuat Arus	Polaritas		Arah Medan Magnet	Arah Simpangan Kawat
		A	B		
1.	0,38 A	+	-		
		-	+		
		+	-		
		-	+		
2.	0,48 A	+	-		
		-	+		
		+	-		
		-	+		

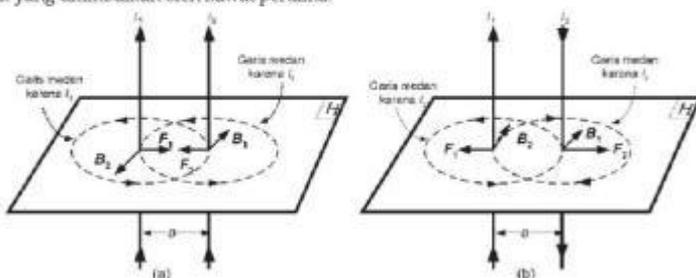
E. Kesimpulan

.....

.....

## 2. Gaya Magnetik Antara Dua Kawat Sejajar Berarus

Gaya magnet juga dialami oleh dua buah kawat sejajar, dengan asumsi panjang  $l$  kedua kawat adalah tak terhingga, yang saling berdekatan dan beraliran arus listrik. Timbulnya gaya pada masing-masing kawat dapat dianggap bahwa kawat pertama berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat kedua dan sebaliknya kawat kedua berada dalam medan magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pertama.



**Gambar 1.13** (a) Arah gaya Lorentz di antara dua kawat sejajar yang berarus searah (b) Arah gaya Lorentz di antara dua kawat sejajar dengan arus yang berlawanan arah.

**Sumber:** Sulistyanto, Karyono, & Dwi. 2009. Fisika Untuk SMA dan MA Kelas XII. Jakarta: Pusat Perbukuan Perbukuan.

Arah gaya magnetik yang terjadi pada kedua kawat dapat dilihat pada gambar (1.13). Pada gambar (1.13.a) menjelaskan bahwa apabila arah arus pada kawat itu searah maka pada kedua kawat akan terjadi gaya tarik-menarik dan sebaliknya pada gambar (1.13.b) jika arah arus pada kedua kawat berlawanan, maka akan tolak-menolak. Gaya tarik-menarik atau gaya tolak-menolak pada kedua kawat merupakan akibat adanya gaya magnet pada kedua kawat tersebut.

Besarnya gaya magnet pada masing-masing kawat dapat dinyatakan :

$$F = B l_1 I_2 \sin \theta \quad \dots \dots \dots (1.14)$$

Karena arah  $B$  dan  $l$  saling tegak lurus atau  $\theta = 90^\circ$ , maka :

$$F = B l_1 I_2 \quad \dots \dots \dots (1.15)$$

Karena panjang  $l$  tak terhingga, maka :

$$F = I \int (dl \times B) \quad \dots \dots \dots (1.16)$$

Keterangan :

$F$  = gaya Lorentz (N)

$l$  = panjang kawat penghantar (m)

$B_1$  = induksi magnetik yang ditimbulkan kawat 1 (T)

$B_2$  = induksi magnetik yang ditimbulkan kawat 2 (T)

$I_1$  = arus listrik pada kawat 1 (A)

$I_2$  = arus listrik pada kawat 2 (A)

Pada awal subbab sebelumnya, telah diketahui bahwa besarnya induksi magnet di sekitar kawat lurus berarus listrik dengan panjang kawat  $l$  tak terhingga adalah  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

maka untuk  $B$  di  $I_2$  karena  $I_1$  adalah  $B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$

Berdasarkan gaya Lorentz pada persamaan (1.16), maka :

$$F = I \int (dl \times B)$$

$$F = I_2 \left( \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \right) \int dl$$

Karena panjang  $l$  tak terhingga, maka didapatkan :

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} \dots \dots \dots (1.17)$$

### Contoh soal

Dua buah kawat panjang sejajar terpisah pada jarak 10 cm, masing-masing dialiri arus sebesar 10 A dan 20 A, tentukan besar gaya magnetik per satuan panjang yang bekerja pada kawat!

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $a = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$   $I_1 = 10 \text{ A}$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$   $I_2 = 20 \text{ A}$

Ditanya :  $\frac{F}{l} = \dots$

Jawab :  $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$   
 $= \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 10 \cdot 20}{2\pi \cdot 0,1}$   
 $= 4 \times 10^{-5} \text{ N}$

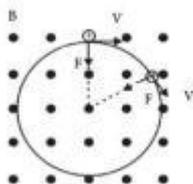
### 3. Gaya Magnetik pada Muatan Bergerak dalam Medan Magnetik

Sebuah benda bermuatan listrik yang bergerak dalam medan magnetik, juga akan mengalami gaya magnetik. Muatan  $q$  bergerak dengan kecepatan  $v$ , sehingga:

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{atau} \quad v = \frac{l}{t}$$

Karena  $v = \frac{l}{t}$  dan  $I = \frac{q}{t}$  maka dapat diketahui bahwa:

$$F = Bqv \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1.18)$$



**Gambar 1.14** Benda bermuatan masuk medan magnet dengan arah tegak lurus terhadap medan magnet menghasilkan lintasan berupa lingkaran.

**Sumber :** Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII Jakarta : Pusat Perbukuan.

Apabila benda bermuatan listrik memasuki medan magnet dengan arah tegak lurus medan magnet, maka benda bermuatan listrik tersebut akan bergerak dalam medan dengan lintasan yang berbentuk lingkaran. Hal tersebut dikarenakan gaya magnetik yang timbul akan berfungsi sebagai gaya sentripetal ( $F_s$ ). Penjelasan ini dapat dilihat pada gambar (1.14).

Besarnya jari-jari lintasan yang ditempuh oleh muatan listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$F = Bqv \sin \theta$$

Karena benda memasuki medan magnet dengan arah tegak lurus  $\theta = 90^\circ$  atau maka:

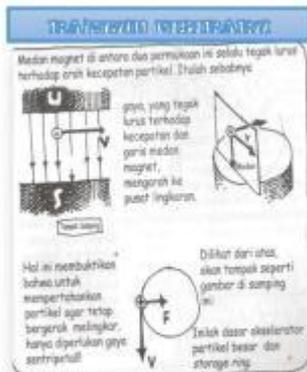
$$F = Bqv \quad \dots\dots\dots (1.19)$$

Untuk menerjari-jari lingkaran, kita dapat menerapkan hukum II Newton untuk gerak melingkar beraturan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum F_c &= ma_c \\ &= m \frac{v^2}{r} \end{aligned}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (1.19), maka:

$$Bqv = m \frac{v^2}{r}$$



Maka dapat diketahui untuk jari-jari lintasan melingkar adalah:

$$r = \frac{mv}{Bq} \quad \dots\dots\dots (1.20)$$

keterangan:

$r$  = jari-jari lintasan melingkar (m)

$B$  = induksi magnetik (T)

$m$  = massa partikel (kg)

$q$  = muatan partikel (C)

$v$  = kecepatan partikel (m/s)

**Gambar 1.15** penjelasan partikel yang bergerak terhadap karena adanya gaya magnet

Sumber : Gemick, Larry, 2008. *Kartun Fisika*. Jakarta : Gramedia

### Contoh soal

Sebuah partikel bermuatan sebesar  $5 \cdot 10^{-5}$  C bergerak dalam medan magnet  $0,5 \text{ Wb/m}^2$  dengan kecepatan  $2 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ . Tentukan besarnya gaya magnetik yang dialami partikel tersebut jika arah geraknya membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap medan magnet!

**Penyelesaian :**

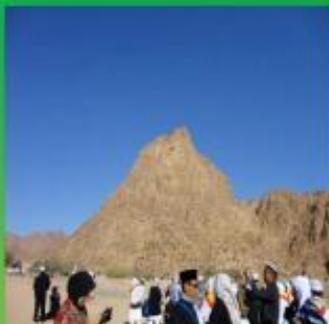
Diketahui :  $q = 5 \times 10^{-5} \text{ C}$   $v = 2 \times 10^4 \text{ m/s}$

$B = 0,5 \text{ Wb/m}^2$   $\theta = 30^\circ$

Ditanya :  $F \dots ?$

Jawab :  $F = Bqv \sin \theta$   
 $= 0,5 \cdot 5 \times 10^{-5} \cdot 2 \times 10^4 \sin 30^\circ$   
 $= 0,25 \text{ N}$

## Ensiklopedia Islam



Gambar 1.16 Jabal magnet

Sumber : [www.ipbi.web.id](http://www.ipbi.web.id), diakses pada 3 April 2017

### JABAL MAGNET

Jabal Magnet atau *Magnetic Hill* atau warga setempat menyebutnya *Mantlaja Baidha* yang berarti perkampungan putih merupakan salah satu tempat tujuan wisata yang terletak di kota Madinah.

Daya dorong dan daya tarik magnet di berbagai bukit di sebelah kiri dan kanan jalan, membuat kendaraan yang melaju dengan kecepatan 120 km/jam, ketika memasuki kawasan ini, kecepatannya perlahan-lahan turun sebesar 5 km/jam.

Menurut Ma'rufin seorang pengamat geologi menyebutkan, secara geologis fenomena Jabal Magnet bisa dijelaskan dengan logika. Karena, Kota Madinah dan sekitarnya berdiri di atas *Arabian Shield* tua yang sudah berumur 700 juta tahun.

Kawasan itu berupa endapan Lava Alkali Basaltik (*tholeiitic basalt*) seluas 180.000 km<sup>2</sup> yang berusia muda (muncul 10 juta tahun silam dengan puncak intensitas 2 juta tahun silam). Lava yang bersifat basa itu muncul ke permukaan bumi dari kedalaman sekitar 40 km melalui zona rekahan sepanjang 600 km yang dikenal sebagai *Makkah-Madinah Nifud volcanic line*.

Banyak gunung berapi terbentuk di sepanjang zona rekahan tersebut. Seperti Harrah Rahat, Harrah Ithnayri, Harrah Uwayrid dan Harrah Khaybar. Tidak seperti di Indonesia yang gunung-gunungnya berbentuk kerucut, sehingga memberi pemandangan eksotis, gunung-gunung di Arab berbentuk melebar dengan puncak rendah. Kompleks semacam ini cocok disebut *volcanic field* atau *harrah* dalam bahasa Arab (Dema 2017, diakses pada 3 April 2017).

## Soal Latihan 1.2

1. Sebuah kawat penghantar panjangnya 0,8 m dialiri arus sebesar 5 A. Apabila kawat tersebut berada dalam medan magnet homogen  $5 \cdot 10^{-4}$  Wb/m<sup>2</sup> dan arah medan magnet tegak lurus arah arus listrik, tentukan besar gaya magnetik yang dialami kawat tersebut!
2. Dua buah kawat sejajar dialiri arus listrik yang sama besarnya dan terpisah pada jarak 1m. Pada kawat tersebut timbul gaya magnet sebesar  $2 \cdot 10^{-7}$  N/m, tentukan kuat arus listrik yang mengalir pada kawat tersebut
3. Dua buah kawat penghantar sejajar terpisah sejauh 20 cm. Apabila pada kedua kawat tersebut timbul gaya magnet sebesar  $2 \cdot 10^{-5}$  N/m, tentukan berapa Ampere arus yang mengalir pada kawat kedua jika pada kawat pertama mengalir arus sebesar 4 A!
4. Sebuah partikel bermuatan listrik positif sebesar  $6 \cdot 10^{-6}$  C bergerak dengan kecepatan  $4 \cdot 10^3$  m/s melewati medan magnet homogen  $0,2$  Wb/m<sup>2</sup>. Tentukan besar gaya magnetik yang dialami partikel tersebut jika arah geraknya tegak lurus arah medan magnet!
5. Sebuah partikel yang mempunyai massa 300 miligram dan membawa muatan  $2 \cdot 10^{-8}$  C ditembakkan tegak lurus dan horisontal pada medan magnet yang serba sama dengan kecepatan  $5 \cdot 10^4$  m/s. Jika partikel tersebut tetap bergerak lurus tentukan

## C

## PENERAPAN GAYA MAGNETIK/ GAYA LORENTZ

## KAJIAN ISLAM

Kaitannya membahas penerapan teori medan magnetik pada sudut pandang teknologi yaitu motor listrik dan alat ukur listrik, Allah telah memberikan petunjuk untuk menelaah lebih dalam mengenai alam raya yang dapat menunjang kemajuan teknologi. Allah Berfirman dalam QS. Surat Yunus : (101) :

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُعْبَى الْأَيْدِ وَالشُّدُرِ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ



Artinya : "Katakanlah: "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidakkah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman".

**Shihab (2009 : 67) dalam Tafsir Al-Misbah menafsirkan bahwa :**

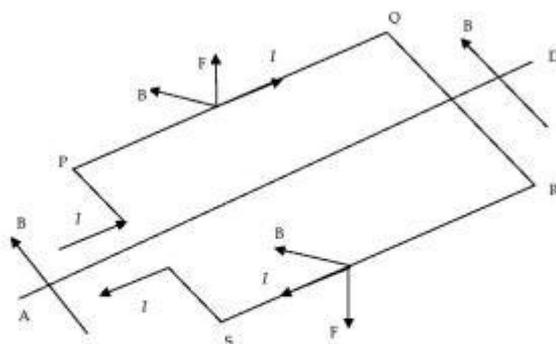
Allah tidak akan memaksa, engkau tidak perlu memaksa mereka agar beriman, tetapi *katakanlah* kepada mereka, *perhatikanlah* dengan mata kepala dan hati kamu masing-masing *apa*, yakni makhluk dan atau sistem kerja, *yang ada di langit dan di bumi*. Sungguh banyak yang dapat kamu perhatikan, satu diantaranya saja – bila kamu menggunakan akalmu yang diarahkan Allah SWT.

Sudah cukup untuk mengantar kamu semua beriman dan menyadari bahwa Allah maha kuasa, Dia maha esa, dan Dia membimbing manusia antara lain melalui para nabi guna mengantar mereka ke jalan bahagia. Jika mereka ingin beriman, itulah salah satunya – bukan dengan memaksa – karena *tidaklah bermanfaat ayat-ayat*, yakni bukti-bukti dan tanda kekuasaan Allah, betapapun jelas dan banyaknya *dan* tidak juga kehadiran para rosul menyampaikan *peringatan-peringatan bagi orang-orang yang tidak mau beriman*.

Tafsir di atas memiliki beberapa makna yaitu kita diperintahkan oleh Allah untuk *berijtihad* atau melakukan suatu riset terhadap alam raya yang telah diciptakan oleh Allah. Di samping itu, Allah juga menyebutkan bahwa tidak akan bermanfaat tanda-tanda kebesaran Allah tersebut dan bahkan seorang nabi yang diutus untuk menyampaikan firman-firman Allah tersebut bagi orang-orang tidak mau beriman.

Jika dipandang dari segi sains, hikmah yang bisa diambil dari surat Yunus : (101) ini adalah kita diperintahkan oleh Allah untuk mempelajari lebih jauh tentang alam raya ini. Karena di balik semua itu terdapat tanda-tanda kebesaran Allah dan terdapat petunjuk untuk mengembangkan khasanah keilmuan khususnya dalam bidang sains baik teori maupun teknologi. Jika kita berhasil memahami betul-betul ayat-ayat Allah tersebut, maka jari Allah adalah kebahagiaan di dunia maupun akhirat.

Konsep gaya magnetik banyak diterapkan pada peralatan listrik yang umumnya menggunakan penghantar berbentuk gelung. Perhatikan penghantar berbentuk gelung  $PQRS$  yang terletak dalam medan magnetik homogen  $B$  seperti pada **gambar (1.17)**, penghantar  $PQRS$  dapat berputar pada sumbu  $AD$ . Misalkan semula kedudukan gelung sedemikian sehingga bidang  $PQRS$  sejajar dengan medan magnetik  $B$ . Jika arus listrik dialirkan melalui gelung  $PQRS$  dengan arah seperti pada gambar, maka berdasarkan kaidah tangan kanan  $PQ$  mendapatkan gaya magnetik  $F$  ke atas dan  $RS$  mendapatkan gaya magnetik  $F$  ke bawah, kedua gaya ini sama besar tapi berlawanan arah sehingga membentuk momen kopel yang dapat memutar gelung  $PQRS$ .



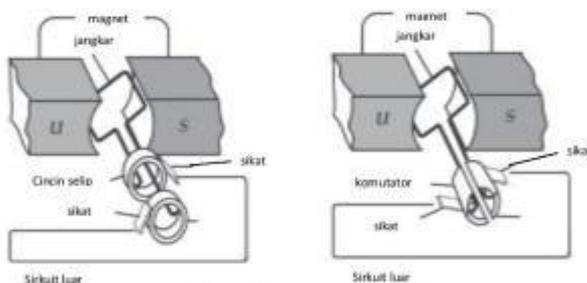
Gambar 1.17 Prinsip perputaran penghantar berbentuk gelang

Sumber : Suprayatno, 2006. Fisika 3 untuk SMA/MA Kelas XII. Jakarta : Pustaka

Pada bagian inihanya dibatasi penerapan gaya magnetik pada motor listrik dan alat ukur listrik (galvanometer).

### 1. Motor Listrik

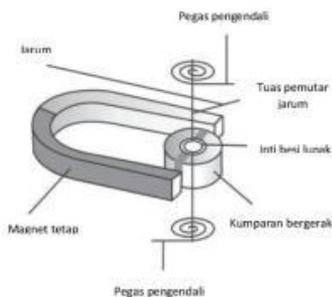
Motor listrik adalah alat listrik yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau energi gerak. Pada prinsipnya sebuah motor listrik terdiri atas dua bagian, yaitu bagian *stator* dan bagian *rotor*. Bagian stator yaitu bagian dari motor listrik yang tidak bergerak, pada umumnya terdiri atas magnet tetap. Bagian rotor yaitu bagian motor listrik yang bergerak, pada umumnya terdiri atas kumparan kawat yang dibelitkan pada jangkar. Pada prinsipnya sebuah motor listrik memiliki kumparan yang berada dalam medan magnet tetap. Apabila pada kumparan tersebut dialiri arus listrik, maka pada kumparan tersebut akan bekerja gaya magnetik (gaya Lorentz). Arah gaya magnet pada sisi kumparan antara kanan dan kiri mempunyai arah yang berbeda sehingga membentuk momen gaya (torsi). Dengan demikian akan menyebabkan kumparan tersebut berputar. (Lihat Gambar 1.18) berikut ini.



Gambar 1.18 Susunan dasar motor listrik

Sumber : Suharyanto, Karyono, & Dwi, 2009. Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII. Jakarta : Pusat Perbukuan.

## 2. Alat ukur Listrik (Galvanometer)



**Gambar 1.19** Susunan dasar galvanometer.

Sumber: Suharyanto, Karyono, & Dwi, 2009. *Fisika Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan.

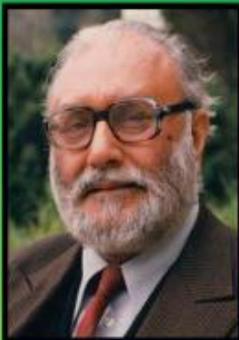
Pada prinsipnya cara kerja antara alat ukur listrik dengan motor listrik sama, yaitu pemanfaatan dari gaya magnet. Perbedaananya pada amperemeter dan voltmeter. Komponen dasar alat ukur listrik pada amperemeter dan voltmeter disebut galvanometer. Susunan galvanometer magnet tetap, kumparan, pegas pengendali, dan jarum penunjuk seperti pada gambar (1.19).

Sebuah gelung berbentuk umpanan kawat penghantar alus dengan banyak lilitan dipasang di antara kutub-kutub sebuah magnet U yang kuat. Di antara kutub-kutub magnet dipasang sebuah inti besi lunak yang berfungsi untuk menarik garis-garis medan agar lebih banyak yang berada di kumparan dan diarahkan menuju ke sumbu putaran. Lilitan kumparan dapat berputar pada sela di antar kutub dan inti besi.

Kumparan terpasang pada dua poros, yaitu poros atas dan poros bawah. Masing-masing poros dilengkapi dengan sebuah pegas spiral yang digunakan untuk mengendalikan putaran agar jarum penunjuk berputar sebanding dengan kawat arus.

Pada saat tidak ada arus yang melewati kumparan, pegas ini mengatur letak jarum sehingga menunjukkan angka 0 (nol). Ketika itu bidang kumparan sejajar dengan arah medan. Pada saat arus dialirkan, maka kopel gaya magnetik pada kumparan akan memutar kumparan ke arah tegak lurus medan. Akan tetapi putaran ini ditahan oleh pegas pengendali sedemikian sehingga besar sudut putaran jarum (simpangan jarum) sebanding dengan kuat arus. Jika arus sudah mencapai besar maksimum yang diperuntukkan bagi alat ukur itu, jarum menyimpang dengan simpangan maksimum, yang biasanya sebesar  $90^\circ$ . Karena simpangan jarum sebanding dengan dengan kuat arus, maka kuat arus dapat dinyatakan dalam simpangan jarum. Misalnya, jika pada arus maksimum simpangan itu  $90^\circ$ , sudut  $90^\circ$  tersebut dapat dibagi-bagi sedemikian sehingga menunjukkan suatu satuan kuat arus. Jika arus maksimum 100 mA pada pengukur arus sama dengan simpangan  $90^\circ$ , maka  $1 \mu A$  sama dengan simpangan sebesar  $90^\circ / 100 = 0,90^\circ$ . Arus sebesar  $10 \mu A$  sama dengan simpangan sebesar  $0,9^\circ$ .

## TOKOH ISLAM



Gambar 1.20. Prof. Abdus Salam

Sumber : [www.biografiku.com](http://www.biografiku.com)  
diakses pada 3 April 2017

### PROF. ABDUS SALAM

Prof. Abdus Salam dilahirkan pada tanggal 29 Januari 1926 di Jhang, sebuah kota kecil di Pakistan, pada tahun 1926. Ia merupakan fisikawan muslim terbaik di abad ke-21. Dia termasuk orang pertama yang mengubah pandangan parsialisme para fisikawan dalam melihat kelima gaya dasar yang berperan di alam ini. Yaitu gaya listrik, gaya magnet, gaya gravitasi, gaya kuat yang menahan proton dan neutron tetap berdekatan dalam inti serta gaya lemah yang antara lain bertanggung jawab terhadap lambatnya reaksi peluruhan inti radioaktif. Selama berabad-abad kelima gaya itu dipahami secara terpisah menurut kerangka dalil dan dan postulatnya yang berbeda-beda.

Adanya kesatuan dalam interaksi gaya-gaya dirumuskan oleh trio **Abdus Salam-Sheldon Lee Glashow-Steven Weinberg** dalam teori *Unifying the Forces*. Menurut teori yang diumumkan 1967 itu, arus lemah dalam inti atom diageni oleh tiga partikel yang masing-masing memancarkan arus atau gaya kuat. Dua belas tahun kemudian hukum itulah yang melahirkan Nobel Fisika tahun 1979.

Eksistensi tiga partikel itu telah dibuktikan secara eksperimen tahun 1983 oleh tim riset yang dipimpin **Carlo Rubia** direktur CERN (Centre Europeen de Recherche Nucleaire) di Jenewa, Swiss. Ternyata, rintisan Prof. Abdus Salam itu kemudian mengilhami para fisikawan lain ketika mengembangkan teori-teori kosmologi mutakhir seperti *Grand Theory (GT)* yang dicanangkan ilmuwan AS dan *Theory of Everything*-nya **Stephen Hawking**. Melalui dua teori itulah, para fisikawan dan kosmologi dunia kini berambisi untuk menjelaskan rahasia penciptaan alam semesta dalam satu teori tunggal yang utuh. Karena kecerdasannya yang luar biasa, Prof. Abdus Salam pernah dipanggil pulang oleh Pemerintah Pakistan. Selama sebelas tahun sejak 1963 dia menjadi penasihat Presiden Pakistan **Ayub Khan** khusus untuk menangani pengembangan iptek di negaranya (Hambali 2016, diakses pada 3 April 2017).

## Rangkuman

- Hukum Biot-Savart menyatakan bahwa besarnya induksi magnet di suatu titik di sekitar kawat berarus listrik :
  - Berbanding lurus dengan kuat arus yang mengalir pada kawat tersebut.
  - Berbanding lurus dengan panjang kawat penghantar-nya.
  - Berbanding lurus dengan si-nus sudut yang dibentuk oleh arah arus dengan garis hubung dari suatu titik ke kawat penghantar.
  - Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari titik itu ke kawat penghantar.
- Besarnya kuat medan magnet di sekitar kawat lurus panjang beraliran arus listrik dinyatakan :
 
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$
- Besarnya induksi magnet di sekitar kawat berbentuk lingkaran dinyatakan sebagai berikut :
  - Di titik pusat lingkaran :  $B = \frac{\mu_0 I a^2}{2r^3}$
  - Di titik pada sumbu lingkaran :  $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$
- Besarnya induksi magnet di dalam solenoida :
  - Di ujung solenoida :  $B = \frac{\mu_0 In}{2}$  atau  $B = \frac{\mu_0 In}{2}$
  - Di tengah solenoida :  $B = \mu_0 In$  atau  $B = \frac{\mu_0 IN}{2\pi r}$
- Besarnya induksi magnetik di dalam toroida :  $B = \mu_0 In$  atau  $B = \frac{\mu_0 IN}{2\pi r}$
- Sebuah kawat penghantar yang berada dalam medan magnetik akan mendapat gaya Lorentz sebesar :  $F = I l B \sin \theta$
- Besarnya gaya magnet yang dialami oleh dua kawat penghantar beraliran arus listrik dinyatakan :  $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$
- besarnya gaya magnet yang dialami oleh partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet dinyatakan :  $F = Bqv \sin \theta$
- lintasan partikel bermuatan listrik yang memasuki medan listrik secara tegak lurus akan berupa lingkaran yang jari-jari lintasannya dinyatakan :  $r = \frac{mv}{bq}$
- Penerapan gaya magnetik pada bidang teknologi adalah motor listrik dan alat ukur listrik.



## UJI KOMPETENSI 1



Kerjakanlah dengan membaca *Basmillah* terlebih dahulu!

A. Berilah tanda silang (x) pada A, B, C, D atau E untuk jawaban yang benar!

(Skor : 4 point)

- Sebuah kawat lurus yang berarus listrik 10 A. Sebuah titik berada 4 cm dari kawat. Jika  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}^{-1}$ , maka kuat medan magnet di titik tersebut adalah ....
 

A. $0,5 \times 10^{-4} \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2}$	D. $4,0 \times 10^{-4} \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2}$
B. $1,0 \times 10^{-4} \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2}$	E. $5,0 \times 10^{-4} \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2}$
C. $3,14 \times 10^{-4} \text{ Wb} \cdot \text{m}^{-2}$	
- Kawat lurus panjang diletakkan horizontal dari selatan ke utara. Jika arus dialirkan dari selatan, maka arah medan magnet tepat di atas kawat menuju ....
 

A. Ke barat	D. Ke atas
B. Ke timur	E. Ke bawah
C. Ke utara	
- Dalam solenoida mengalir arus yang tetap. Besar induksi magnetik yang mengalir di salah satu ujungnya adalah B. Jika lilitannya ditambah sehingga jumlahnya menjadi 2 kali semula dan panjangnya menjadi 1,2 semula, maka induksi magnetik di tempat tersebut menjadi ....
 

A. 0,17 kali semula	D. 2,40 kali semula
B. 0,60 kali semula	E. 6 kali semula
C. 1,67 kali semula	
- Suatu solenoida panjangnya 2 m dengan 800 lilitan dan panjangnya 2 cm. Apabila solenoida dialiri arus sebesar 0,5 A, maka induksi magnetik pada ujung solenoida ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}^{-1}$ ) ....
 

A. $4\pi \times 10^{-5} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}^{-1}$	D. $8\pi \times 10^{-5} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}^{-1}$
B. $8\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}^{-1}$	E. $2\pi \times 10^{-6} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}^{-1}$
C. $4\pi \times 10^{-8} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}^{-1}$	
- Dua kawat lurus terpisah sejauh 100 cm, masing-masing dilalui arus yang arahnya berlawanan, yaitu 2 A dan 3 A. Maka besar gaya per satuan panjang yang dialami kedua kawat tersebut ...
 

A. $1,2 \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	D. $1,2 \times 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$
B. $1,2 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	E. $6 \times 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$
C. $6 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$	

6. Dua kawat terpisah sejauh 10 cm dan setiap kawat berarus 4 A dengan arah berlawanan. Sebuah titik P sebidang dengan kawat-kawat tersebut berada 2 cm di antara dua kawat. Maka besar induksi magnetik ....
- A.  $10^{-5}$  Tesla  
B.  $2 \times 10^{-5}$  Tesla  
C.  $3 \times 10^{-5}$  Tesla  
D.  $4 \times 10^{-5}$  Tesla  
E.  $4 \times 10^{-6}$  Tesla
7. Dua buah kawat sejajar masing-masing dialiri arus yang sama dengan arah yang sama sehingga timbul gaya sebesar  $5 \times 10^{-7} \text{ N.m}^{-1}$ . jika jarak antar kedua kawat 100 cm, maka arus pada setiap kawat ....
- A. 0,05 A  
B. 0,25 A  
C. 0,50 A  
D. 1,00 A  
E. 2,50 A
8. Sebuah zarah bermuatan listrik yang bergerak masuk ke dalam medan magnet sedemikian rupa sehingga lintasannya berbentuk lingkaran dengan jari-jari sebesar 10 cm. Jika zarah lain bergerak dengan laju 1,2 kali zarah pertama, maka jari-jari lintasannya 20 cm. Ini berarti bahwa perbandingan antara massa per muatan zarah pertama dengan kedua yaitu ....
- A. 3 : 5  
B. 4 : 5  
C. 1 : 2  
D. 5 : 6  
E. 5 : 4
9. Dua titik A dan B berada di sekitar kawat lurus berarus listrik I. Jarak titik kawat tersebut dari kawat masing-masing 6 cm dan 9 cm. Maka besar perbandingan besar medan magnetik antara titik A dan titik B adalah ....
- A. 1 : 2  
B. 2 : 3  
C. 2 : 1  
D. 3 : 1  
E. 3 : 2
10. Sebuah elektron bergerak searah dengan kawat berarus 10 A pada jarak 2 cm dan laju  $4 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Besar gaya Lorentz yang dialami elektron adalah ( $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) ....
- A.  $1,6 \times 10^{-18} \text{ C}$   
B.  $3,2 \times 10^{-18} \text{ C}$   
C.  $6,4 \times 10^{-18} \text{ C}$   
D.  $3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$   
E.  $6,4 \times 10^{-19} \text{ C}$

### Jumlah skor soal A :

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan baik dan benar!

- Sebutkanlah faktor apa saja yang mempengaruhi besarnya induksi magnetik di suatu titik di dekat kawat berarus listrik ! (skor 10 point)
- Dua buah kawat penghantar sejajar terpisah yang terpisah jarak sejauh 12 cm dengan dialiri arus masing-masing 2 A dan 4 A. Tentukan besarnya induksi magnetik di titik P yang berjarak 4 cm dari kawat pertama dan 8 cm dari kawat kedua, jika :
  - Arus listrik dalam kawat arus searah
  - Arus listrik dalam kawat berlawanan arah (skor 15 point)

- Solenoida dengan panjang 30 cm, jari-jari 1,2 cm dan 300 lilitan yang menyalurkan arus sebesar 2,6 A. Tentukanlah Solenoid pada : a.) titik pusat b.) pada titik sejauh 10 cm dari salah satu ujungnya. (skor 15 point)
- Sebuah elektron yang bergerak masuk ke dalam medan magnetik homogen secara tegak lurus dengan kelajuan  $4 \times 10^6$  m/s. Apabila medan magnetik sebesar  $4,55 \times 10^{-5}$  Wb/m<sup>2</sup>, massa elektron sebesar  $9,1 \times 10^{-31}$  kg dan muatan elektron sebesar  $1,6 \times 10^{-19}$  C, tentukan berapa jari-jari lintasan elektron dalam medan magnet tersebut ! (skor 10 point)
- Jelaskanlah dengan baik dan benar bahwa Surat Al-Hadid ayat 25 merupakan dasar ditemukannya magnet ! (skor 10 point)

### Jumlah skor soal B :

### Umpan Balik

Cocokkan jawaban kalian dengan kunci jawaban uji kompetensi 1 yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Hitunglah skor soal A dan skor soal B dengan menggunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat pengetahuan kalian terhadap materi medan magnetik.

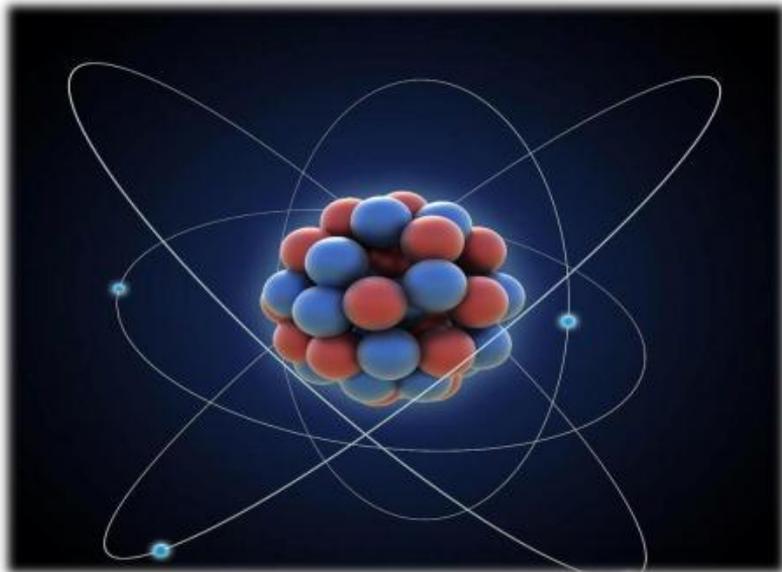
$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{jumlah Skor A} + \text{Skor B}}{100} \times 100\%$$

Keterangan tingkat penguasaan :

- 90 – 100% - baik sekali
- 80 – 89% - baik
- 70 – 79% - cukup
- < 70% - kurang

Bersyukurlah jika tingkat penguasaan kalian mencapai 75% atau lebih. Artinya kalian telah menguasai materi Bab 1 ini dan telah siap untuk melanjutkan pada Bab selanjutnya. Tetapi jika tingkat penguasaan kalian masih di bawah 75 %, maka kalian harus mempelajari ulang Bab 1 terutama pada bagian yang belum kalian kuasai.

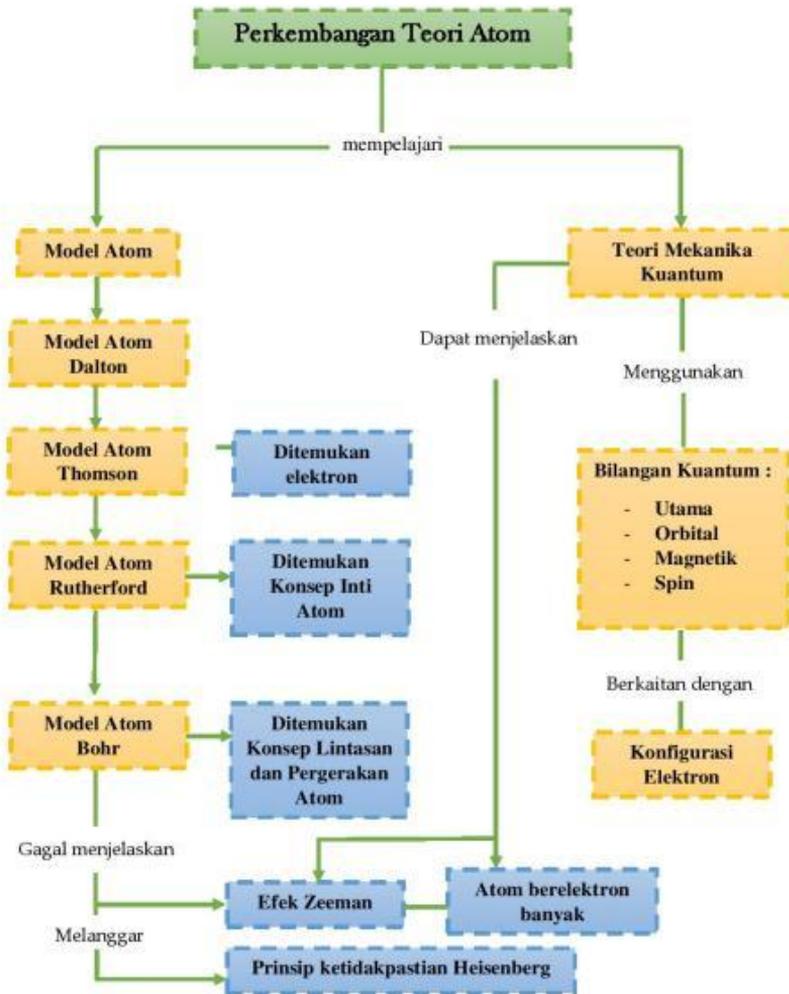
## BAB II PERKEMBANGAN TEORI ATOM



Memperhatikan perkembangan teori atom, tak ubahnya seperti menyaksikan tumbuhnya pemahaman manusia pada kehidupan. Atom yang sebelumnya dipahami sebagai materi terkecil yang tak terbagi lagi, lambat laun terbukti memiliki materi di dalamnya. Berbagai model dan pemikiran ilmiah dicurahkan untuk menguak fenomena atom. Terbukanya rahasia besar mengenai model atom diperkirakan mampu meningkatkan pemahaman manusia tentang perilaku alam semesta ini (Puerwoko & Fendi, 2010).

Model atom pada gambar di atas menunjukkan sebuah inti atom yang mengandung sejumlah proton dan neutron. Di sekitar inti terdapat sejumlah elektron yang sedang bergerak dengan cepat. Dapatkah kalian mengetahui dengan pasti dimana posisi sebuah elektron tertentu dalam sebuah atom? bagaimanakah sejarah perkembangan model atom? bagaimana Al-Qur'an menyebutkan istilah Atom?. Untuk mengetahuinya, mari pelajari bab ini dengan antusias dan diawali dengan membaca *Basmallah* terlebih dahulu (Marthen K, 2007).

# PETA KONSEP



### Kata kunci

Atom, Proton, Partikel alpha, Elektron, John Dalton, J.J. Thomson, Rutherford, Spektrum Atom Hidrogen, Niels Bohr, Teori Mekanika Kuantum, Efek Zeeman, Konfigurasi Elektron

### Standar Kompetensi & Kompetensi Dasar

#### Standar Kompetensi :

Menganalisis berbagai besaran fisis pada gejala kuantum dan batas-batas berlakunya relativitas Einstein dalam paradigma fisika modern.

#### Kompetensi Dasar :

Mendeskripsikan perkembangan teori atom :

### Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini siswa diharapkan mampu :

1. Mendeskripsikan model atom : Dalton, Thomson, Rutherford dan Bohr.
2. Menjelaskan postulat-postulat Bohr.
3. Menjelaskan dengan baik sumbangan teori mekanika kuantum pada teori atom.
4. Mengetahui pengetahuan dan pemahaman baru tentang teori atom yaitu integrasi antara sains dan islam melalui Al-Qur'an dan pengetahuan islam.

Istilah atom pertama kali diperkenalkan oleh seorang filsuf Yunani yang bernama **Demokritus**. Atom berasal dari kata *atomos* yang artinya *tidak dapat dibagi lagi*. Beberapa abad kemudian **John Dalton** menyatakan bahwa atom adalah unsur pembentuk terkecil yang tidak dapat dihancurkan lagi. Menurutnya, atom dikelompokkan menjadi tiga, yaitu *elemen*, *senyawa* dan *molekul*. Atom-atom tersebut dapat saling bergabung satu sama lain dengan perbandingan

yang tetap. Selanjutnya, muculah ilmuwan-ilmuwan dengan gagasan atom yang semakin berkembang.

### KAJIAN ISLAM

Dalam bab ini, akan diterangkan perkembangan model atom beserta penjelasannya yang dipelopori oleh para ilmuwan fisika. Ternyata, jauh sebelum para ilmuwan menemukan fakta mengenai atom, Al-Qur'an telah menyebutkan berbagai fakta ilmiah mengenai atom dalam surat-surat tertentu. Tidak hanya menyebutkan istilah atom, namun di dalam Al-Qur'an juga disebutkan unsur penyusun atom (Wardhana, 2004).

Di dalam Al-Qur'an, atom disebutkan dengan sebutan *dzarah* yaitu sesuatu yang sangat kecil. Simaklah ayat-ayat di bawah ini :

#### 1. QS. Yunus : 61

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتَلَوْنَهَا مِنْ قُرْءَانٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾

Artinya :

"Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauhul Mahfuzh)"

#### 2. QS. As-Saba' : 3

وَقَالَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَا تَأْتِينَا السَّاعَةُ قُلْ بَلَىٰ وَرَبِّي لَأَتِيَنَّكُمْ عَلِيمٌ أَلَعَلَّيْ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِي السَّمَوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٣﴾

Artinya :

"Dan orang-orang yang kafir berkata: "Hari berbangkit itu tidak akan datang kepada kami". Katakanlah: "Pasti datang, demi Tuhanku Yang Mengetahui yang ghaib, sesungguhnya kiamat itu pasti akan datang kepadamu. Tidak ada tersembunyi daripada-Nya sebesar zarrahpun yang ada di langit dan yang ada di bumi dan tidak ada (pula) yang lebih kecil dari itu dan yang lebih besar, melainkan tersebut dalam Kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)"

3. QS. Az-Zalzalah : 7-8

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ ﴿٧﴾ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ ﴿٨﴾

Artinya :

"Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya. Dan barangsiapa yang mengerjakan kejahatan sebesar dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula."

## A

### MODEL ATOM J. DALTON



Gambar 21 John Dalton

Sumber :

[www.wikispaces.com](http://www.wikispaces.com)

diakses 24 April 2017

John Dalton (1766–1844), adalah seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris. Ia mengembangkan konsep atom dari konsep *Demokritus* yang kemudian mengemukakan teori tentang atom. Secara garis besar teori atom Dalton dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Atom merupakan bagian terkecil dari suatu zat yang tidak bisa dibagi lagi.
2. Atom-atom penyusun zat tertentu memiliki sifat yang sama.
3. Atom unsur tertentu tidak bisa berubah menjadi atom unsur lain.
4. Dua atom atau lebih dapat bersenyawa (bereaksi) membentuk molekul.
5. Dalam reaksi kimia perbandingan antara atom-atom penyusunnya mempunyai perbandingan yang tertentu dan sederhana.
6. Dalam reaksi kimia pada dasarnya terjadi penyusunan kembali atom-atom penyusun zat.



Gambar 2.2 Teori atom John Dalton

Sumber : Gonnick & Criddle. 2007. *Kartun Kimia*. Jakarta : Gramedia

## B MODEL ATOM J. J. THOMSON



Gambar 2.3 Joseph John Thomson

Sumber : [www.findagrave.com](http://www.findagrave.com)  
diakses 24 April 2017

Sehubungan dengan penemuan elektron yang menjadi bagian dari atom oleh J.J. Thomson pada tahun 1897, maka teori atom Dalton mulai goyah. Berdasarkan hasil penemuan elektron tersebut, maka Thomson mengajukan model atom untuk pertama kali (1904), yaitu sebagai berikut :

1. Atom bukan bagian terkecil dari zat.
2. Atom mempunyai muatan positif yang tersebar merata ke seluruh atom yang dinetralkan oleh elektron-elektron yang tersebar di antara muatan positif itu.
3. Massa elektron jauh lebih kecil dari massa atom.

Apabila digambarkan/ divisualisasikan, model atom yang dikemukakan Thomson ini seperti *model roti kismis*. Di mana bagian atom seperti halnya kismis yang menempel pada kue.



Gambar 2.4 Model Atom Thomson

Sumber : [www.hermesgarpesima-nullang.blogspot.com](http://www.hermesgarpesima-nullang.blogspot.com)  
diakses 24 April 2017

Model atom yang dikemukakan Thomson ini tidak dikembangkan lebih lanjut karena *tidak cocok* dengan hasil percobaan yang dilakukan oleh

Rutherford. Ernest Rutherford (1871-1937) membuktikan bahwa muatan positif atom tidak tersebar merata di seluruh bagian atom tetapi terpusat pada bagian tengah atom yang kemudian disebut *Inti atom*.

## KAJIAN ISLAM

Model atom JJ Thomson telah menemukan bahwa Atom bukanlah partikel terkecil yang tidak dapat dibagi-bagi lagi di alam ini. Telah ditemukan bahwasanya di dalam atom terdapat sebuah partikel, yaitu *elektron* dan *proton*. Sebelum Thomson menemukan kedua partikel tersebut, Allah telah memberikan tanda bahwa ada yang lebih kecil di bandingkan atom. Seperti yang disebutkan dalam ayat-ayat berikut :

## 1. QS. Yunus : 61

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْرُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾

Artinya :

*"Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Malfuzh)"*

## 2. QS. As-Saba' : 3

وَقَالَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَا تَأْتِينَا السَّاعَةُ قُلْ بَلَىٰ وَرَبِّي لَأَتِيَنَّكُمْ عِلْمُ الْغَيْبِ لَا يُعْرَبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِي السَّمَوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٣﴾

Artinya :

*"Dan orang-orang yang kafir berkata: "Hari berbangkit itu tidak akan datang kepada kami". Katakanlah: "Pasti datang, demi Tuhanku Yang Mengetahui yang ghaib, sesungguhnya kiamat itu pasti akan datang kepadamu. Tidak ada tersembunyi daripada-Nya sebesar zarahpun yang ada di langit dan yang ada di bumi dan tidak ada (pula) yang lebih kecil dari itu dan yang lebih besar, melainkan tersebut dalam Kitab yang nyata (Lauh Malfuzh)"*

Kata *tidak ada yang lebih kecil dari itu*, artinya adalah tidak akan ada yang bersembunyi dari hari kiamat, meskipun itu adalah sebesar *dzarroh* (atom) atau yang lebih kecil dari itu (elektron dan proton) (Wardhana, 2004).

Subatomik yang disebutkan di atas adalah elektron (bermuatan negatif) dan proton (bermuatan positif). Keduanya saling berinteraksi sehingga terjadi keseimbangan di antara keduanya. Tidak diragukan lagi, bahwa model atom yang diusulkan Thomson ini sesuai ayat Al-Qur'an di bawah ini.

### 3. QS. Adz-Dzariat : 49

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿١٩﴾

Artinya :

*"Dan segala sesuatu Kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat kebesaran Allah."*

### 4. QS. Al-A'raaf : 189

هُوَ الَّذِي خَلَقَكُمْ مِنْ نَفْسٍ وَاحِدَةٍ وَجَعَلَ مِنْهَا زَوْجَهَا لِيَسْكُنَ إِلَيْهَا فَلَمَّا تَغَشَّاهَا حَمَلَتْ حَمْلًا خَفِيًّا فَمَرَّتْ بِهِ ۖ فَلَمَّا أَثْقَلَتْ دَعَوَا اللَّهَ رَبَّهُمَا لَئِنْ آتَيْتَنَا صَالِحًا لَتَكُونَنَّ مِنَ الشَّاكِرِينَ ﴿١٨٩﴾

Artinya :

*"Dialah Yang menciptakan kamu dari diri yang satu dan dari padanya Dia menciptakan isterinya, agar dia merasa senang kepadanya. Maka setelah dicampurnya, isterinya itu mengandung kandungan yang ringan, dan teruslah dia merasa ringan (beberapa waktu). Kemudian tatkala dia merasa berat, keduanya (suami-isteri) bernohon kepada Allah, Tuhannya seraya berkata: "Sesungguhnya jika Engkau memberi kami anak yang saleh, tentulah kami termasuk orang-orang yang bersyukur."*

Berdasarkan fakta ilmiah yang telah kita ketahui sekarang, arus listrik selalu berpasangan sehingga terhubunglah suatu arus listrik. Arus listrik memiliki dua arus yaitu arus positif dan arus negatif. Demikian juga dengan atom, yang tadinya diduga merupakan wujud yang terkecil dan tidak dapat dibagi lagi, ternyata atom pun berpasangan. Menurut Thomson atom terdiri dari proton dan elektron (Shihab, 2006).

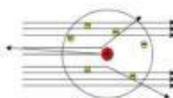
## C

## MODEL ATOM E. RUTHERFORD



**Gambar 2.5** Ernest Rutherford

**Sumber :** [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), diakses 24 April 2017



**Gambar 2.7** Skema Interpretasi hasil eksperimen Rutherford

**Sumber :** [www.danielmagrobo.com](http://www.danielmagrobo.com), diakses 24 April 2017.

Untuk menguji model atom J.J. Thomson, maka **Ernest Rutherford** mengadakan percobaan dengan menembakkan partikel alpha pada atom-atom. Partikel alpha mempunyai daya tembus yang cukup kuat untuk melalui plat logam yang sangat tipis.

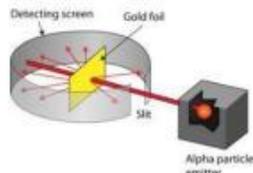
Dalam percobaannya, Rutherford menembakkan partikel alpha dengan sasaran target lempengan tipis emas, seperti gambar di bawah ini :

Berdasarkan hasil percobaan, diharapkan semua partikel alpha menembus lurus lempengan emas. Akan tetapi dalam hasil pengamatan diperoleh partikel alpha yang dibelokkan bahkan ada yang dibelokkan dengan sudut antara  $90^\circ$  sampai  $180^\circ$ . Jika proton dan elektron tersebar merata (tidak terpusat), maka seharusnya tidak ada partikel alpha yang dipantulkan hingga  $180^\circ$ . Hal ini tidak cocok dengan model atom Thomson.

Rutherford mengukur sudut-sudut hamburan partikel alpha dengan teliti. Bila muatan positif tidak menyebar, tetapi mengumpul pada suatu tempat dalam tiap-tiap atom, maka berdasarkan hukum Coulomb sudut penyimpangan akan berkisar antara  $5^\circ$  sampai  $150^\circ$ . Berarti gejala pemantulan kembali partikel alpha tersebut ditolak oleh suatu konsentrasi muatan positif dalam atom (terjadi gaya tolakan karena muatannya sejenis).

Berdasarkan hasil percobaannya ini kemudian Rutherford menyusun model atomnya yang secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Pada atom muatan positif dan sebagian besar massa atom terpusat pada suatu titik, yaitu di tengah tengah atom yang kemudian disebut *inti atom*.
2. Sebagian besar ruangan dalam atom merupakan ruang kosong, yang ditunjukkan oleh banyaknya partikel alpha yang diteruskan dalam percobaan Rutherford.



**Gambar 2.6** Skema Eksperimen Rutherford

**Sumber :** [www.hisarn.id](http://www.hisarn.id), diakses 24 April 2017

3. Di luar inti pada jarak yang relatif jauh, elektron bergerak mengelilingi inti dalam lintasan-lintasan seperti planet-planet mengitari matahari dalam sistem tata surya.

Meskipun model atom Rutherford lebih baik dari model atom Thomson, tetapi model atom Rutherford memiliki kelemahan-kelemahan sebagai berikut :

1. Model atom Rutherford tidak bisa menjelaskan tentang kestabilan atom. Berdasarkan hukum Coulomb antara elektron dan inti mengalami gaya Coulomb yang berfungsi sebagai gaya sentripetal sehingga mengalami percepatan. Menurut teori Maxwell percepatan muatan listrik akan memancarkan gelombang elektromagnetik, sehingga energi total elektron (E) akan semakin berkurang dan jari-jari orbitnya akan semakin mengecil sehingga lintasan elektron berbentuk spiral yang menunjukkan ketidakstabilan inti atom.
2. Model atom Rutherford tidak mampu menjelaskan terjadinya spektrum garis yang merupakan ciri dari atom gas yang berpijar seperti hidrogen. Menurut teori atom Rutherford karena elektron memiliki gerakan spiral maka spektrum yang dihasilkan merupakan spektrum yang kontinu tetapi kenyataannya adalah spektrum diskontinu (garis).

### KAJIAN ISLAM

Usulan model atom Ernest Rutherford, yaitu bahwasanya proton tidak terbesar di dalam atom melainkan terpusat di tengah atom (berdasarkan eksperimennya) yang seterusnya disebut *inti atom*. Selain itu, model atom rutherford juga menyebutkan bahwa elektron bergerak mengelilingi inti atom secara terus-menerus layaknya planet-planet yang mengitari matahari pada garis edarnya masing-masing.

Mengenai orbit atau lintasan planet/ benda langit lainnya yang beredar melalui garis edarnya masing-masing, Al-Qur'an telah mengenalkannya sejak 15 abad yang lalu. Berikut ayat-ayat tersebut :

1. QS. Yunus : 5

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

Artinya :

*"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). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui."*

2. QS. Al-Anbiya' : 33

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٣٣﴾

Artinya :

*"Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan. Masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya."*

3. QS. At-Takwiir : 15-16

فَلَا أُقْسِمُ بِاللُّجُنَّاتِ ﴿١٥﴾  
الْجُجَّارِ الْكُنَّاسِ ﴿١٦﴾

Artinya :

*"Sungguh, Aku bersumpah dengan bintang-bintang. Yang beredar dan terbenam."*

4. QS. Adz-Dzariyat : 7

وَالسَّمَاءِ ذَاتِ الْحُبُوبِ ﴿٧﴾

Artinya :

*"Demi langit yang mempunyai jalan-jalan."*

Hikmah yang dapat diambil dari ayat-ayat di atas adalah :

1. Semua benda langit, yaitu planet, bintang dan benda langit lainnya, tidaklah bergerak secara acak atau bebas dengan sendirinya. Melainkan mereka bergerak atas kehendak Allah SWT melalui garis/ lintasan/ orbit. Lintasan-lintasan ini digunakan untuk berotasi maupun berevolusi bagi benda-benda langit.

2. Model atom Rutherford menyebutkan elektron bergerak mengelilingi inti atom melalui lintasan-lintasannya. Di mana inti atom memiliki energi lebih besar dibandingkan elektron. Layaknya planet-planet yang berevolusi mengelilingi matahari yang memiliki energi lebih besar (Wardhana, 2004). Penemuan Rutherford ini telah mengilhami ilmuwan selanjutnya dan sekaligus membuktikan bahwa semua yang ada di langit maupun di bumi telah diatur melalui garisnya masing-masing, seperti halnya elektron pada atom. Hal ini ditegaskan oleh Allah SWT dalam QS. Yunus ayat 101 yang menunjukkan kepada manusia untuk meneliti fenomena di langit maupun di bumi, yaitu :

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُعْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ

﴿١٠١﴾

Artinya :

*"Katakanlah: "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman."*

**Proyek Fisika 2.1****A. Tujuan Kegiatan**

Membuat model atom Thomson dan Rutherford

**B. Alat dan Bahan**

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1. Gunting       | 4. Pensil warna |
| 2. Lem           | 5. Benang       |
| 3. Kertas karton |                 |

**C. Metode Kegiatan**

1. Pahami dengan tepat model atom Thomson dan Rutherford beserta penjelasannya.
2. Gunakanlah alat dan bahan di atas untuk membangun model atom Thomson dan Rutherford
3. Berilah penjelasan singkat mengenai eksperimen sehingga teretusnya model atom Thomson dan Rutherford.
4. Berilah nama pada model atom yang telah kalian buat.
5. Presentasikanlah hasil buatan kelompok kalian di depan kelas

**D. Pembahasan**

Bagaimana penjelasan eksperimen yang mencetuskan model atom Thomson maupun Rutherford ?

---

---

---

---

---

**E. Kesimpulan**

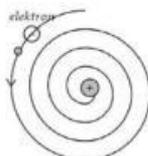
---

---

## D MODEL ATOM NIELS BOHR

### 1. Dua kelemahan model atom Rutherford

Seperti halnya model atom Thomson, model atom Rutherford pun harus diuji apakah sesuai dengan kenyataan atau tidak. Apabila elektron bermuatan negatif dan inti atom bermuatan positif, maka akan timbul gaya Coulomb pada elektron. Gaya ini berfungsi sebagai gaya sentripetal yang menjaga gerak elektron tetap pada lintasannya. Gaya sentripetal ini menyebabkan elektron dipercepat (percepatan sentripetal).



Gambar 2.8 Lintasan spiral

Sumber :

[www.fisikazone.com](http://www.fisikazone.com)  
diakses 24 April 2017

Berdasarkan teori elektromagnetik Maxwell, muatan (elektron) yang dipercepat akan memancarkan gelombang elektromagnetik. Karena memancarkan gelombang elektromagnetik (energi), maka energi elektron akan berkurang. Akibatnya, jari-jari lintasannya semakin mengecil. Lintasan tidak lagi merupakan lingkaran dengan jari-jari yang tetap, melainkan merupakan putaran berpilin (spiral) mendekati inti. Akhirnya elektron bersatu dengan inti seperti pada gambar (2.8). Akan tetapi, hal ini tentu saja tidak pernah terjadi. Planet-planet berputar mengitari matahari, tetapi planet-planet tidak pernah masuk bergabung dengan matahari. Demikian juga halnya dengan elektron yang bergerak mengitari inti atom.

Mengapa elektron yang dipercepat hingga memancarkan gelombang elektromagnetik tidak mendekati dan bersatu dengan inti atom? Fakta inilah yang tidak dapat dijelaskan oleh model atom Rutherford. Dengan kata lain, *model atom Rutherford tidak dapat menjelaskan kestabilan atom*. Inilah *kelemahan pertama* dari model atom Rutherford.

Karena lintasan elektron makin mengecil, maka periodenya juga makin mengecil. Oleh karena itu, frekuensi gelombang yang dipancarkan atom bermacam-macam. Dengan kata lain, spektrum atom hidrogen akan menunjukkan *spektrum kontinu* dan bukan *spektrum garis*.

Tetapi hasil pengamatan spektrum atom hidrogen melalui spektrometer menunjukkan hasil yang bertentangan, yaitu memiliki *spektrum garis* yang khas, dikenal sebagai *deret Balmer*. Jadi, *model atom Rutherford tidak dapat menjelaskan spektrum garis atom hidrogen*. Inilah *kelemahan kedua* dari model atom Rutherford.

### 2. Spektrum Atom Hidrogen

Kita akan mempelajari spektrum yang dipancarkan elektron ketika bergerak dipercepat oleh atom yang paling sederhana, yaitu hidrogen. Namun, perlu diketahui bahwa spektrum dibagi menjadi tiga bentuk, yaitu:

#### 1. Spektrum kontinu

Spektrum kontinu merupakan spektrum yang terdiri atas cahaya tampak dengan semua panjang gelombang, meskipun dengan intensitas yang berbeda. Spektrum

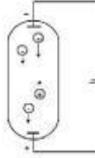
kontinu dapat dihasilkan oleh zat padat, cair dan gas yang dipanaskan (bertekanan tinggi).

## 2. Spektrum Emisi (garis)

Spektrum emisi atau spektrum garis dihasilkan oleh atom-atom gas tipis (massa jenisnya rendah). Spektrum garis terdiri atas garis-garis cahaya monokromatik dengan panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang cahaya dalam spektrum ini merupakan karakteristik dari atom unsur yang menghasilkan spektrum.

## 3. Spektrum Absorpsi

Spektrum Absorpsi terjadi karena penyerapan panjang gelombang tertentu dari suatu cahaya. spektrum absorpsi terdiri atas sederan garis-garis hitam pada spektrum kontinu. Penyerapan panjang gelombang oleh atom gas terjadi pada foton yang memiliki energi tepat sama dengan selisih energi antara tingkat eksitasi dengan tingkat dasar pada atom gas itu.



**Gambar 2.9** Tabung lucutan gas<sup>48</sup>

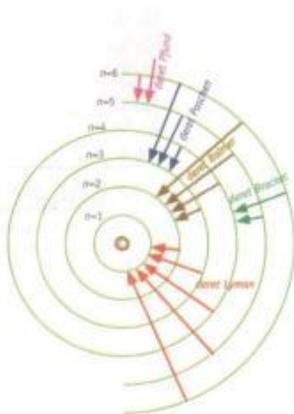
**Sumber** : Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. *Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan.

Diketahui sebuah gas hidrogen ditempatkan pada tabung lucutan gas (lihat **gambar 2.9**). Jika tabung lucutan gas ini diberi tegangan tinggi, maka akan terjadi lucutan muatan listrik. Gas hidrogen menjadi bercahaya dan memancarkan cahaya merah kebiru-biruan. Apabila diamati dengan spektrometer (alat untuk menyelidiki spektrum cahaya), pada pelat film terdapat garis cahaya. Di mana satu garis cahaya menampilkan sebuah panjang gelombang yang dipancarkan cahaya dari sumber cahaya. Berdasarkan hasil pengamatan tentang spektrum atom hidrogen, **J. J. Balmer** menemukan empat spektrum garis pada cahaya tampak yaitu pada 410,2 nm, 434,1 nm, 486,2 nm, dan 656,3 nm. Panjang gelombang ini (dalam nm) dapat ditampilkan dengan satu rumus tunggal, yaitu **Rumus Balmer** seperti yang tercantum di bawah ini :

$$\lambda_n = 364,6 \frac{n^2}{n^2 - 2^2} \text{ dengan } n = 3, 4, 5, 6$$

Tahun 1890, **Rydberg** menemukan rumus yang serupa pada unsur-unsur alkali Li, Na, K dan Cs. Ia juga mengusulkan bahwa rumus deret spektrum garis dapat ditulis sebagai perbedaan antara dua variabel (perubah). Untuk deret spektrum hidrogen dinyatakan dengan rumus :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right) \text{ dengan } n = 3, 4, 5, 6, \dots \dots \dots (2.1)$$



**Gambar 2.10** Beberapa deret Spektrum Hidrogen

**Sumber :** Purwoko & Fendi. 2010. *FISIKA 3 SMA kelas XII*. Jakarta : Yudhistira

Dengan  $R = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  sebagai tetapan Rydberg. Deret-deret spektrum garis yang memenuhi persamaan tersebut disebut *deret Balmer* yang terletak pada daerah cahaya tampak. Akan tetapi tidak hanya deret Balmer saja yang ditemukan dalam atom hidrogen. Terdapat deret yang lainnya, yaitu *deret Lyman* (spektrum pada daerah sinar ultraviolet), *Paschen* (spektrum pada daerah sinar infra merah I), *Brackett* (spektrum pada daerah sinar infra merah II) dan *Pfund* (spektrum yang terletak pada daerah sinar infra merah III). Kelima deret tersebut dapat ditampilkan dengan rumus-rumus sederhana sebagai berikut :

1. Deret Lyman : untuk  $n_A = 1$  dan  $n_B = 2, 3, 4, 5, 6$  . . . dst
2. Deret Balmer : untuk  $n_A = 2$  dan  $n_B = 3, 4, 5, 6, 7$  . . . dst
3. Deret Paschen : untuk  $n_A = 3$  dan  $n_B = 4, 5, 6, 7, 8$  . . . dst
4. Deret Brackett : untuk  $n_A = 4$  dan  $n_B = 5, 6, 7, 8, \dots$  . . . dst
5. Deret Pfund : untuk  $n_A = 5$  dan  $n_B = 6, 7, 8, \dots$  . . . dst

### 3. Model Atom Bohr



**Gambar 2.11** Niels Bohr

**Sumber :** [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org), diakses 24 April 2017

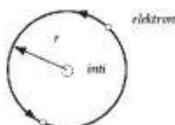
Balmer telah menawarkan rumus deret Balmer untuk spektrum garis atom hidrogen pada **persamaan (2.1)**. Rumus deret ini diperoleh Balmer berdasarkan perhitungan matematis yang memiliki kecocokan dengan hasil pengamatan panjang gelombang deret. Ia tidak menurunkan rumusnya dari model fisika atau teori fisika. Tidak ada alasan secara teori fisika sama sekali mengapa rumus tersebut cocok dengan hasil pengamatan. Akan tetapi rumus Balmer inilah yang telah mengilhami terobosan besar Bohr pada tahun 1913.

Akhirnya, dengan menggunakan rumus kuantum Planck-Einstein  $E = hf$ , Bohr dapat menurunkan rumus deret Balmer secara fisika. Kesuksesannya dalam menurunkan rumus deret Balmer secara fisika, memacu Bohr untuk segera menyelesaikan makalahnya tentang model atom hidrogen. Kerja berikutnya adalah pertemuannya dengan J. W. Nicholson, yang membatasi harga momentum sudut elektron atom hidrogen hanya dalam kelipatan bulat, yaitu  $h = h' / 2\pi$ , ditulis  $L = mvr = n h$ , dengan  $h = h' / 2\pi$ . Ide ini juga memberi sumbangan pada Bohr tentang model atom Bohr.

Kaitannya dengan model atom Bohr, ia mengusulkan tiga postulat, yaitu :

1. Elektron berotasi mengelilingi inti atom tidak pada sembarang lintasan. Tetapi pada lintasan-lintasan tertentu tanpa membebaskan energi. Lintasan ini disebut *lintasan stasioner* dan memiliki energi tertentu.
2. Elektron dapat berpindah dari lintasan yang satu ke lintasan yang lain. Jika elektron pindah dari lintasan berenergi rendah (lintasan dalam) ke lintasan berenergi tinggi (lintasan luar) akan menyerap energi dan sebaliknya akan memancarkan energi. Energi yang dipancarkan atau diserap elektron sebesar  $hf$ .
3. Lintasan-lintasan yang diperkenankan elektron adalah lintasan-lintasan yang mempunyai momentum sudut kelipatan bulat dari  $h/2\pi$ .

Melalui postulat-postulat tersebut, tentu saja memiliki beberapa konsekuensinya. Hal tersebut akan akan diterangkan di bawah ini.



**Gambar 2.12** Orbit Elektron

**Sumber :** Suharyanto, Karyono, & Dwi, 2009. *Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan.

Elektron hanya dapat berputar mengelilingi inti pada lintasan tertentu dengan tingkat energi yang tertentu pula. Marilah kita mencoba untuk menghitung jari-jari lintasan stasioner dan tingkat energinya. **Gambar (2.12)** menggambarkan sebuah elektron yang mengorbit di sekitar inti pada jarak  $r$ .

Berdasarkan hukum Coulomb, antara elektron dan inti atom akan terjadi gaya interaksi, yaitu gaya tarik. Gaya tarik coulomb ini sebagai gaya sentripetal elektron mengelilingi inti atom.

$$\text{Gaya Coulomb : } F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\text{Gaya Sentripetal : } F = m \frac{v^2}{r}$$

Gaya Coulomb = Gaya Sentripetal

$$m \frac{v^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2}$$

$$mv^2 = k \frac{e^2}{r}$$

$$\text{Energi kinetik elektron : } Ek = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} k \frac{e^2}{r}$$

$$\text{Energi potensial elektron : } Ep = qV = (-e)k \frac{e}{r} = -k \frac{e^2}{r}$$

$$\text{Energi total elektron : } E = Ek + Ep$$

$$= \frac{1}{2} k \frac{e^2}{r} - k \frac{e^2}{r}$$

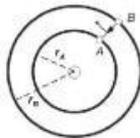
$$= -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{r} \dots\dots\dots(2.2)$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa untuk mengeluarkan elektron dari lintasannya memerlukan energi. Elektron yang menempati lintasan stasioner terdekat dengan inti disebut kulit K. Lintasan berikutnya berturut-turut disebut kulit L, M, N, O dan seterusnya. Kulit K dengan jari-jari  $r_1$  energinya  $E_1$  dan Kulit L dengan jari-jari  $r_2$  energinya  $E_2$ . Karena  $r_2 > r_1$  maka  $E_2 > E_1$ .



**Gambar 2.13** Lintasan Stasioner Elektron

Sumber : Dokumen penulis



**Gambar 2.14** Elektron berpindah dari lintasan A ke lintasan B

Sumber : Saharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. *Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan.

Jadi, semakin jauh posisi kulit suatu elektron terhadap inti atom, maka energi yang dimiliki elektron juga semakin besar. Hal ini juga berlaku pada kulit M, N dan O.

Untuk menjelaskan spektrum garis atom hidrogen Bohr, dapat menggunakan postulat yang kedua. Misalkan elektron berpindah dari lintasan B dengan jari-jari orbit  $r_B$  ke lintasan A dengan jari-jari  $r_A$  ( $r_B > r_A$ ), maka elektron akan melepaskan energi sebesar  $E_B > E_A$  yang sama dengan  $hf$ . Dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = hf = E_B - E_A$$

$$h \frac{c}{\lambda} = -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{r_B} - \left( -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{r_A} \right)$$

$$h \frac{c}{\lambda} = -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{r_B} + \frac{1}{2} k \frac{e^2}{r_A}$$

$$h \frac{c}{\lambda} = \frac{ke^2}{2} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{ke^2}{2hc} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Jari-jari orbit elektron didapat dari postulat Bohr ketiga yaitu :

$$L = mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$v = \frac{nh}{2\pi mr} \text{ atau } v^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r^2}$$

Dari persamaan Energi kinetik, diperoleh :

$$Ek = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} k \frac{e}{r}$$

$$= \frac{1}{2} m \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r^2} = \frac{1}{2} k \frac{e}{r}$$

$$ke^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 mr}$$

$$r = \frac{h^2}{4mk\pi^2 e^2} n^2 \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$r = \frac{h^2}{4mk\pi^2 e^2} n^2$$

Dengan memasukkan nilai  $h$  (konstanta Planck),  $m$  (massa elektron),  $k$  (konstanta Coulomb) dan  $e$  (muatan elektron) diperoleh jari-jari lintasan elektron pada lintasan  $n$  adalah :

$$r_n = \frac{(6,625 \times 10^{-34})^2}{4(9,1 \times 10^{-31}) \cdot (9 \times 10^{-9}) (3,14)^2 (1,66 \times 10^{-19})^2} n^2$$

$$r_n = 0,53 \times 10^{-11} n^2 m$$

Apabila persamaan (2.4) disubstitusikan ke dalam persamaan (2.3), maka akan diperoleh :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{ke^2}{2hc} \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{ke^2}{2hc} \left( \frac{1}{\frac{4mk\pi^2 e^2}{n_A^2 h^2}} - \frac{1}{\frac{4mk\pi^2 e^2}{n_B^2 h^2}} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 k^2 m e^2}{h^2 c} \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right)$$

Jika  $R = \frac{2\pi^2 k^2 m e^2}{h^2 c}$ , maka diperoleh :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right)$$

Maka besarnya energi elektron pada lintasan ke  $n$  adalah :

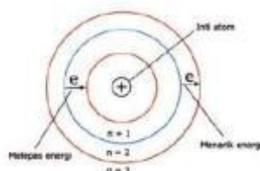
$$E_n = -\frac{1}{2} k \frac{e^2}{r}$$

$$= -\frac{1}{2} k e^2 \frac{4mk\pi^2 e^2}{n^2 h^2}$$

$$E_n = -\left( \frac{4mk\pi^2 e^2}{2n^2 h^2} \right) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Melalui persamaan (2.5), diperoleh nilai  $E_n$  adalah :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} eV \quad \dots\dots\dots (2.6)$$



Gambar 2.15 Konsep model atom Bohr

Sumber :

[www.teorikimia.blogspot.com](http://www.teorikimia.blogspot.com)  
diakses pada 24 April 2017

Persamaan (2.6) menunjukkan bahwa energi total elektron terkuantisasi. Dengan energi terendah  $E_1$  ( $n = 1$ ) disebut *tingkat energi dasar* (*keadaan dasar*). Tingkat energi berikutnya  $E_2, E_3, E_4 \dots$  ( $n = 2, 3, 4 \dots$ ) yang tingkat energinya lebih tinggi disebut *tingkat eksitasi* (*keadaan eksitasi*). Apabila keadaan nilai  $n$  semakin besar, maka tingkat energinya pun semakin besar. Sehingga untuk nilai  $n = \infty$ , nilai  $E_n = 0$ . Artinya adalah elektron tersebut tidak terikat lagi oleh inti dan menjadi elektron bebas. Energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari ikatan intinya (dari orbitnya) disebut *energi ionisasi*. Untuk melepaskan elektron pada atom hidrogen dari keadaan dasar diperlukan energi sebesar  $+13,6$  eV. Sebab, energi tingkat dasar pada atom hidrogen adalah  $-13,6$  eV.



Gambar 2.16 Konsep model atom Bohr

Sumber : Gorrick & Criddle. 2007.  
Kartun Kimia. Jakarta : Gramedia

Meskipun Bohr telah menjawab permasalahan yang tak dapat dijawab oleh Rutherford, namun model atom Bohr juga memiliki beberapa hal yang tak dapat dijelaskannya, yaitu :

1. Tidak dapat menjelaskan Efek Zeeman.
2. Tidak dapat menjelaskan spektrum atom-atom berelektron banyak.
3. Tidak sesuai dengan prinsip ketakpastian Heisenberg

### Contoh soal

1. Berapakah panjang gelombang terpendek dari spektrum pada deret Balmer?

**Penyelesaian :**

Pada deret Balmer akan memancarkan spektrum dengan gelombang yang paling pendek jika elektron berasal dari elektron bebas ( $n_B = \infty$ ) berpindah ke lintasan untuk  $n_A = 2$  maka :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right) = 1,097 \times 10^7 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{1}{0,27425 \times 10^7} = 3,65 \times 10^7$$

Jadi panjang gelombang terpendek dari spektrum deret Balmer sebesar  $4,388 \times 10^7$  m

2. Hitunglah frekuensi terkecil dari spektrum pada deret Lyman !

**Penyelesaian :**

Akan dipancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi terendah pada deret Lyman apabila elektron berpindah dari kulit L ( $n_B = 1$ ) ke kulit K ( $n_A = 2$ ) maka :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left( \frac{1}{n_A^2} - \frac{1}{n_B^2} \right) \\ &= 1,097 \times 10^7 \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{3,291 \times 10^7}{4} = 0,823 \times 10^7$$

$$\lambda = \frac{1}{0,823 \times 10^7} = 1,215 \times 10^7$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1,215 \times 10^7} = 24,69 \text{ Hz}$$

Jadi frekuensi terkecil dari spektrum pada Deret Lyman sebesar 24,69 Hz

3. Hitunglah energi kinetik elektron pada orbitnya pada  $n = 2$  ! ( $r = 0,53 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ )

**Penyelesaian :**

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{ke}{2r} \\ &= \frac{(9 \times 10^{-9}) (1,66 \times 10^{-19})}{2 \cdot 0,53 \times 10^{-11}} = \frac{14,4 \times 10^{-10}}{4,24 \times 10^{-11}} = 3,369 \text{ eV} \end{aligned}$$

Jadi energi kinetiknya sebesar 3,396 eV.

## KAJIAN ISLAM

Mengenai postulat Bohr yang pertama, mengandung arti bahwa atom memiliki lintasan-lintasan yang ditempati elektron-elektron menurut energinya masing-masing. Dengan kata lain, elektron yang bergerak mengelilingi inti atom dibatasi oleh lintasan tersebut, bukan bebas pada setiap lintasan (lihat kelemahan model atom Rutherford). Jadi, lintasan elektron tersebut telah disesuaikan/ diukur sesuai tingkat energi elektron. Hal ini telah disebutkan dalam Al-Qur'an bahwa segala sesuatu memiliki ukuran masing-masing, tidak bebas begitu saja (Wardhana, 2004). Allah berfirman pad QS. Al-Qamar ayat 49, yaitu :

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

Artinya :

*"Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran."*

Ayat Al-Qur'an di atas menegaskan bahwa jauh sebelum Bohr menemukan konsep pergerakan elektron pada atom, Al-Qur'an telah memberikan petunjuk untuk memahami fenomena alam di sekitar kita. Dan Bohr adalah salah satu ilmuwan yang membuktikan bahwa Al-Qur'an telah menjadi dasar dari ilmu Sains. *SubhanaAllah*

Sedangkan pada postulat Bohr yang kedua, yaitu elektron dapat berpindah lintasan dengan beberapa syarat. Jika elektron berpindah dari lintasan berenergi rendah (lintasan dalam) ke lintasan berenergi tinggi (lintasan luar), maka elektron akan menyerap energi dan sebaliknya akan memancarkan (meradiasikan) energi. Sakali lagi Bohr telah membuktikan bahwa Al-Qur'an merupakan dasar ilmu sains. Sifat pergerakan elektron yang berpindah-pindah menurut energinya masing-masing ini disebutkan dalam QS. Al-Furqon ayat 2, yaitu :

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُن لَّهُ شَرِيكٌ فِي الْمَلِكِ  
وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾

Artinya :

*"yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan(Nya), dan dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya."*

Ayat di atas mengandung hikmah bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu, termasuk elektron yang lebih kecil dari atom berputar mengelilingi inti atom berdasarkan ukurannya (energi dan lintasannya) masing-masing. Elektron juga dapat berpindah ke lintasan terluar maupun terdalam dengan menyerap energi ataupun memancarkan energi, sehingga dicapai suatu keseimbangan (Wardhana, 2004). Hal ini telah ditegaskan di dalam Al-Qur'an pada QS. Al-Mulk ayat 3, yaitu :

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَّا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمٰنِ مِن تَفٰوُتٍ فَاٰرَءِى الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُوْرٍ ﴿٣﴾

Artinya :

*"Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang"*

### Soal Latihan 2.1

1. Berapakah panjang gelombang terpanjang dari deret Paschen ?
2. Hitunglah kecepatan orbit elektron pada  $n = 2$  !
3. Tentukan frekuensi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan jika elektron berpindah dari lintasan  $n = 5$  ke  $n = 2$  !
4. Tentukanlah frekuensi gelombang elektromagnetik yang di-pancarkan jika elektron berpindah dari kulit O ke kulit M !
5. Tentukanlah energi (dalam eV) yang dilepaskan jika elektron berpindah dari kulit N ke kulit K !

## E PRINSIP KETIDAKPASTIAN HEISENBERG



Gambar 2.17 Werner Heisenberg

Sumber : [www.wikipeidia.org](http://www.wikipeidia.org), diakses 24 April 2017

Dualisme gelombang partikel yang dikemukakan oleh teori de Broglie telah mengilhami Heisenberg. Ciri utama gelombang ditunjukkan oleh panjang gelombangnya, sedangkan ciri utama partikel ditunjukkan oleh momentumnya. Oleh karena itu, Heisenberg mempostulatkan suatu prinsip yang dikenal dengan sebutan *prinsip ketidakpastian Heisenberg*. Prinsip ini menyatakan bahwa :

*“tidak mungkin kita mengetahui posisi partikel secara teliti dan momentum partikel secara teliti pada saat yang bersamaan.”*

Artinya adalah jika kita dapat menentukan posisi partikel secara teliti, pastilah momentumnya tidak teliti. Sebaliknya, apabila kita dapat menentukan momentum partikel secara teliti, maka posisinya pasti tidak teliti.

Bagaimanakah dengan elektron yang berada di sekitar atom ? Tentu saja posisi dan momentum elektron tidak dapat ditentukan secara pasti karena elektron selalu bergerak. Akibatnya, kita tidak mungkin mengetahui lintasan elektron secara pasti yang telah ditentukan oleh Bohr. Inilah yang dimaksudkan model atom Bohr melanggar prinsip ketidakpastian Heisenberg. Yang dapat ditentukan hanyalah orbital. Orbital adalah daerah kebolehjadian terbesar untuk menemukan elektron.

## F TEORI MEKANIKA KUANTUM



Gambar 2.18 Louis de Broglie

Sumber : [www.Aps.org](http://www.Aps.org), diakses 24 April 2017

Meskipun teori model atom Niels Bohr menimbulkan pertanyaan-pertanyaan, akan tetapi ia tetap menjadi tonggak sejarah penting dalam dunia fisika khususnya teori atom. Saat ini model atom yang diterima adalah *model atom mekanika kuantum*. Perkembangan teori ini merupakan sumbangan dari beberapa ilmuwan yaitu Louis de Broglie, Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg, Erwin Schrodinger dan Max Born.

Louis de Broglie (1923) seorang ahli Fisika yang berasal dari Prancis mengajukan hipotesis tentang *gelombang materi*. Menurutny, gerakan partikel yang bergerak mendekati kecepatan cahaya, seperti halnya gerakan elektron mengitari inti atom, mempunyai sifat gelombang. Hipotesis tersebut dikenal dengan sebutan *dualisme gelombang*. Dualisme gelombang adalah partikel dipandang memiliki sifat gelombang. Artinya, elektron dapat bersifat gelombang dan bersifat partikel.



**Gambar 2.19.** Konsep probabilitas elektron

Sumber : Gornick & Criddle, 2007.  
Kartun Kimia, Jakarta : Gramedia

Hipotesis ini dibuktikan kebenarannya oleh Davidson dan Germer dengan mengamati pola-pola difraksi elektron yang berenergi tertentu yang ditembakkan pada lempeng logam nikel. Thomson juga menemukan bahwa elektron memberi sifat difraksi sama seperti sinar X, sifat gelombang dari elektron ini kemudian digunakan pada mikroskop elektron.



**Gambar 2.20** Erwin Schrodinger

Sumber : [www.koptenz.net](http://www.koptenz.net), diakses 24 April 2017

kemudian pada tahun 1926 Erwin Schrodinger seorang ahli Fisika dari Austria berhasil merumuskan persamaan gelombang untuk menggambarkan bentuk dan tingkat energi orbital. Model atom ini disebut *model atom mekanika kuantum* dan merupakan model atom yang diterima hingga dewasa ini. Model atom mekanika kuantum mempunyai persamaan dengan model atom Bohr dalam hal tingkat energi. Adapun perbedaannya adalah model atom yang diajukan Bohr meninjau hanya pada lintasan yang berbentuk lingkaran dan pergerakan elektron yang berpindah-pindah pada lintasan tertentu. Sehingga cukup satu bilangan kuantum saja untuk menjelaskannya. Kenyataannya, telah kita ketahui bersama dalam mekanika kuantum bahwa elektron dapat bersifat sebagai partikel maupun gelombang. Hal inilah yang menjadikan elektron tidak dapat dipastikan secara pasti keberadaannya. Untuk itu, diperlukan bilangan kuantum yang lain untuk menjelaskan kemungkinan keberadaan elektron. Dalam hal ini, diketahui terdapat 4 macam bilangan kuantum yaitu :

1. Bilangan kuantum utama ( $n$ )
2. Bilangan kuantum orbital ( $l$ )
3. Bilangan kuantum magnetik ( $m_l$ )
4. Bilangan kuantum spin ( $m_s$ )

### 1. Bilangan Kuantum utama ( $n$ )

Bilangan kuantum utama menentukan besarnya energi total elektron pada orbit/ lintasan elektron pada kulit atom. Besarnya energi total elektron pada atom bersifat kekal dan besarnya energi pada masing-masing kulit atom ditentukan oleh bilangan kuantum utama. Bilangan

kuantum utama mempunyai harga positif yaitu 1, 2, 3, ... dan seterusnya. Bilangan kuantum utama menyatakan tempat lintasan /orbit elektron dalam atom yang disebut *kulit atom*. Kulit atom diberi nama dengan huruf besar, yaitu kulit K untuk  $n = 1$ , L untuk  $n = 2$ , M untuk  $n = 3$ , dan seterusnya.

Bilangan kuantum utama ( $n$ )	1	2	3	4	5	6	7
Nama kulit atom	K	L	M	N	O	P	Q

Tabel 2.1 Nama Kulit

Telah diterangkan di muka bahwa energi total elektron pada orbit adalah kekal dan memiliki harga negatif yang berarti untuk melepaskan elektron dari orbitnya diperlukan energi. Besarnya energi elektron pada atom hidrogen pada kulit ke- $n$  dinyatakan :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} eV \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Sedangkan untuk atom lain yang memiliki sebuah elektron seperti halnya  $\text{He}^+$ ,  $\text{Li}^{2+}$  atau  $\text{Be}^{3+}$  energi total elektronnya dinyatakan :

$$E_n = -\frac{13,6Z^2}{n^2} eV \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :  $n$  = bilangan kuantum utama

$Z$  = nomor atom

## 2. Bilangan Kuantum Orbital ( $l$ )

Bilangan kuantum orbital yang diberi simbol  $l$  menyatakan besarnya momentum sudut elektron mengelilingi inti atom. Momentum sudut diberi lambang  $L$  dan besarnya dinyatakan dalam persamaan :

$$L = \sqrt{l(l+1)} \frac{h}{2\pi} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Nilai bilangan kuantum orbital ( $l$ ) mulai dari nol hingga  $(n - 1)$  atau dinyatakan sebagai berikut :

$$l = 0, 1, 2, 3, 4, \dots (n - 1).$$

Keadaan nilai bilangan kuantum orbital terbagi dalam subkulit-subkulit, yaitu subkulit  $s$  (*sharp*),  $p$  (*principle*),  $d$  (*diffuse*) dan  $f$  (*fundamental*) seperti yang terdapat pada tabel 2.2, dalam tabel tersebut juga dinyatakan jumlah maksimum elektron dalam tiap subkulit.

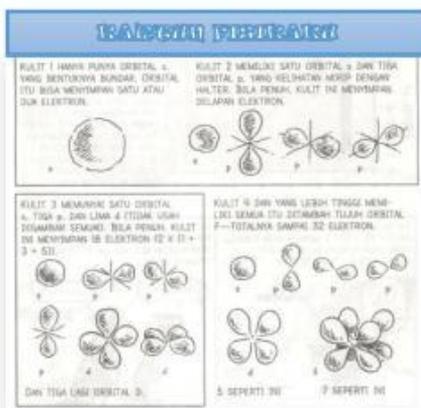
Nilai $l$	Subkulit	Jumlah Maksimum Elektron
0	S	2
1	P	6
2	D	10
3	F	14
...	...	...

Tabel 2.2 Subkulit Atom

Gabungan bilangan kuantum utama ( $n$ ) dan bilangan kuantum orbital ( $l$ ) biasanya digunakan untuk menyatakan keadaan elektron dalam suatu atom. Misalnya,  $2s$  menyatakan keadaan elektron dengan  $n = 2$  dan  $l = 0$ . Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

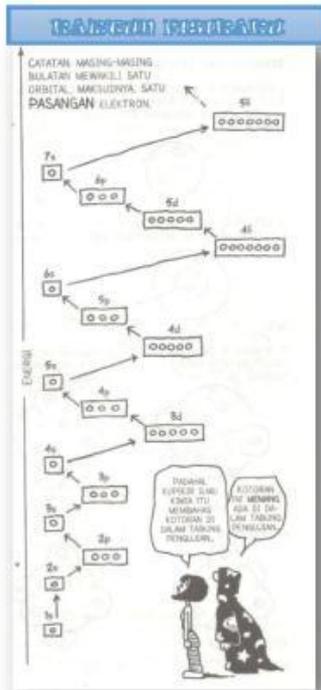
$N$	$l = 0$	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$	$l = 4$	$l = 5$
$n = 1$	1s					
$n = 2$	2s	2p				
$n = 3$	3s	3p	3d			
$n = 4$	4s	4p	4d	4f		
$n = 5$	5s	5p	5d	5f	5g	
$n = 6$	6s	6p	6d	6f	6g	6h

Tabel 2.3 kombinasi bilangan kuantum utama dan bilangan kuantum orbital



Gambar 2.21 Konsep bilangan kuantum orbital

Sumber : Gorrick & Criddle 2007, Kartun Kimia Jakarta : Gramedia



Gambar 2.22 Konsep bilangan kuantum spin

Sumber : Gornick & Criddle. 2007. *Kartun Kimia*. Jakarta : Gramedia

### 3. Bilangan Kuantum Magnetik ( $m_l$ )

Bilangan kuantum magnetik menyatakan arah momentum sudut elektron. Jika arah medan magnetik luar sejajar dengan sumbu Z. Kemungkinan  $L$  dalam arah sumbu Z (yaitu  $L_z$ ) dinyatakan dalam persamaan :

$$L_z = m_l \frac{h}{2\pi} \dots\dots\dots(2.10)$$

Spektrum nilai bilangan kuantum magnetik ( $m_l$ ) antara  $-l$  sampai  $+l$ . Untuk bilangan kuantum orbital  $l$  terdapat  $(2l + 1)$  nilai bilangan kuantum magnetik  $m_l$ .

Untuk  $l = 0$ , harga  $m_l = 0$ , (1 nilai)

Untuk  $l = 1$ , harga  $m_l = -1, 0$  dan  $+1$  (3 nilai)

Untuk  $l = 2$ , harga  $m_l = -2, -1, 0, +1$  dan  $+2$  (5 nilai)

### 4. Bilangan Kuantum Spin ( $m_s$ )

Bilangan kuantum spin ( $m_s$ ) menyatakan arah rotasi elektron (spin). Ada dua nilai bilangan kuantum spin, yaitu  $m_s = +\frac{1}{2}$  untuk rotasi ke kanan dan  $m_s = -\frac{1}{2}$  untuk rotasi ke kiri. Bilangan kuantum spin bernilai positif dinotasikan dengan arah panah ke atas ( $\uparrow$ ), sedangkan bilangan kuantum spin bernilai negatif dinotasikan dengan anak panah ke bawah ( $\downarrow$ ). Saat mempelajari konfigurasi elektron nanti, nilai positif bilangan kuantum spin ini menunjukkan bahwa elektron tidak berpasangan. Sebaliknya, nilai negatif bilangan kuantum spin menunjukkan bahwa elektron dalam keadaan berpasangan.

### Contoh soal

1. Ada berapa kemungkinan bilangan kuantum magnetik pada bilangan kuantum utama  $n = 3$  ?

**Penyelesaian :**

Banyaknya kemungkinan bilangan kuantum magnetik dinyatakan :

$$m_l = -l + 1 \text{ dimana } l = (n-1)$$

untuk  $n = 3$ , nilai  $l = (3 - 1) = 2$ , maka jumlah bilangan kuantum magnetik sebanyak:

$$m_l = -2 + 1 = -1, \text{ yakni } -2, -1, 0, +1, +2$$

2. Tentukan besarnya momentum sudut yang mungkin pada tingkatan  $n = 3$  jika dinyatakan dalam  $h$  !

**Penyelesaian :**

Besarnya momentum sudut elektron yang mengelilingi inti atom dinyatakan :

$$L = \sqrt{l(l+1)} \cdot h$$

Untuk  $n = 3$  terdapat lima bilangan kuantum magnetik, maka terdapat nilai momentum sudut yaitu :

1. Untuk  $l = +2$  maka  $L = \sqrt{2(2+1)} \cdot h = \sqrt{6}h$
2. Untuk  $l = +1$  maka  $L = \sqrt{1(1+1)} \cdot h = \sqrt{2}h$
3. Untuk  $l = +1$  maka  $L = 0$
4. Untuk  $l = +1$  maka  $L = -\sqrt{2}h$
5. Untuk  $l = +1$  maka  $L = -\sqrt{6}h$

## Ensiklopedia Islam

### Tidak Ada Mahkluk Yang Kekal Bahkan Partikel Sekecil Elektron Yang Tidak Dapat Dibagi Lagi

QS. Al-Isra' : 1

وَقَالَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَا تَأْتِينَا السَّاعَةُ قُلْ بَلَىٰ وَرَبِّي لَتَأْتِيَنَّكُمْ عَالِمٌ الْغَيْبِ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِي السَّمَوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغُرُ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرُ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُّبِينٍ ﴿١﴾

Artinya : "Dan orang-orang yang kafir berkata: "Hari berbangkit itu tidak akan datang kepada kami". Katakanlah: "Pasti datang, demi Tuhanmu Yang Mengetahui yang ghaib, sesungguhnya kiamat itu pasti akan datang kepadamu. Tidak ada tersembunyi daripadanya sebesar zarrahpun yang ada di langit dan yang ada di bumi dan tidak ada (pula) yang lebih kecil dari itu dan yang lebih besar, melainkan tersebut dalam Kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)".

Ayat ini sungguh menarik dengan diawali sebuah kalimat penyangkalan orang-orang kafir atas datangnya hari kiamat. Rasulullah SAW pun menegaskan bahwa kehancuran (hari kiamat) itu pasti datang. Kehancuran disini dikaitkan dengan kegaiban dan objek kecil yang ada di langit maupun bumi. Al-Qur'an menyiratkan adanya kaitan antara kehancuran, kegaiban dan objek kecil. Lalu, bagaimana kaitannya ? untuk menjawab pertanyaan ini kita harus melihat pemahaman manusia tentang objek kecil dan terkecil.

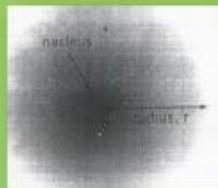
Menurut Democritus dan gurunya, Leucippus, ayat di atas seolah mau membantah pendapat dan pandangan mereka yang menyatakan bahwa atom-atom tidak diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Albert Einstein, ahli fisika terbesar di abad 20, sempat percaya bahwa materi (termasuk atom) dan alam semesta akan ada terus selama-lamanya. Jagat raya adalah diam, statis dan abadi. Demikianlah pandangan mayoritas masyarakat sampai abad 20.

Sebagai seorang muslim, kita meyakini bahwa alam tidak abadi. Kita percaya bahwa Allah adalah pencipta segala sesuatu, tetapi pada saat yang sama kita menerima konsep materi dan alam yang tidak tercipta dan abadi. Lalu apa arti keimanan kita kepada Allah SWT sebagai sang Maha Pencipta dan Sang Maha Kekal, jika atas nama nalar ilmiah, keduanya juga kita tolak ? di sirilah wahyu hadir dan berperan memberi tuntunan kepada kita.

Penciptaan materi dari sudut pandang eksistensi manusia, dapat dipandang sebagai perkara yang gaib karena alam semesta material diciptakan dari ketiadaan yang absolut. Ketiadaan absolut adalah hal gaib manusia karena berada "di luar" ruang dan waktu, sementara manusia dan pikirannya berada dalam ruang dan waktu. Artinya, alam semesta diciptakan sebelum manusia, maka alam semesta dikatakan hal yang gaib bagi manusia, sebab bukan lingkup dari ruang dan waktunya. Karena gaib, manusia perlu tuntunan wahyu.

Atom menurut Democritus dan Leucippus adalah bola pejal yang berukuran sangat kecil. Bola pejal superkecil ini tidak dapat dimusnahkan dan hanya dapat bergabung serta berpisah membentuk berbagai bentuk mikroskopik. Namun, pada awal abad 20 teori ini dipatahkan oleh teori selanjutnya, bahwa atom sebagai butiran terkecil ternyata dapat dibelah menjadi inti dan beberapa butiran kecil, disebut elektron yang bergerak mengitari inti tersebut. Ini pun ternyata masih tersusun dari butiran-butiran berupa proton dan neutron. Elektron juga menempati pada lintasan tertentu sembari mengitari inti.

Teori di atas pun terpatahkan oleh teori selanjutnya, yaitu disebut Teori Kuantum, bahwasanya elektron tidak memiliki lintasan. Artinya elektron tidak diketahui secara pasti keberadaannya. Elektron dapat berada di atas, bawah, kiri maupun kanan dengan kemungkinan yang sama dan berjarak sama, hal ini disebut probabilitas. Elektron dapat bergerak ke mana-mana sehingga tampak seperti kabut. Perhatikan gambar berikut ini.



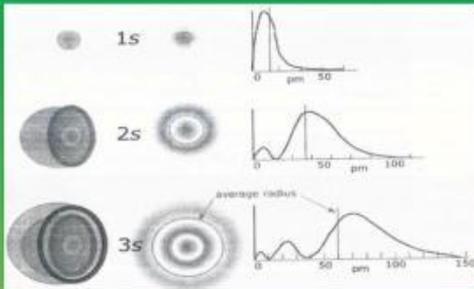
**Gambar.** Kabut Elektron

**Sumber:** Purwanto, A. 2012. *Nalar-Nalar Ayat Semesta*. Jakarta: Mizan.

Satu elektron membentuk bola kabut akibat gerak cepatnya ke sembarang arah, seperti daun kipas angin yang berputar cepat dan tidak lagi tampak seperti daun kipas, tetapi tampak seperti lingkaran tembus pandang.

Elektron dengan energi terendah disebut keadaan dasar dan elektron dengan energi tertinggi disebut keadaan tereksitasi yang secara teori klasik digambarkan elektron bergerak di orbit lingkaran lebih luar setelah elektron melompat dari lingkaran paling dalam.

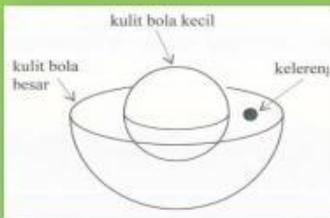
Perhatikanlah gambar berikut.



**Gambar.** Distribusi Radial Elektron Tereksitasi

**Sumber:** Purwanto, A. 2012. *Nalar-Nalar Ajar Semesta*, Jakarta : Mizan.

Pada kurva tengah (*average radial*), kurva bernilai nol pada jejari misalnya adalah  $r_1$  dan di atas  $r_2$ . Artinya, elektron dapat berada di mana pun di sekitar inti atom sampai jarak  $r_1$  dan di antara  $r_1$  sampai  $r_2$ , tetapi tidak pernah berada tepat di  $r_1$ . Untuk lebih mudahnya, perhatikan analogi di bawah ini.



**Gambar.** Kelereng dan Dua Bola Plastik

**Sumber:** Purwanto, A. 2012. *Nalar-Nalar Ajar Semesta*, Jakarta : Mizan.

Dalam hal ini, kita analogikan konsep pergerakan elektron yang mengitari inti dengan sebuah kelereng yang berada di antara bola kecil dan bola besar. kelereng dapat bergerak bebas dalam bola kecil, ke mana pun ia mau. Kelereng juga dapat bergerak bebas di antara kulit bola kecil dan kulit bola besar. Anehnya, meskipun kelereng dapat berada di dalam dan di luar bola kecil, tetapi kelereng tidak pernah melalui (menyentuh) permukaan kulit bola kecil. Bagaimana hal tersebut dapat terjadi ?

Jadi, dapat ditarik kesimpulan bahwasanya elektron memiliki bentuk seperti kabut halus, bukan seperti titik pejal. Elektron dapat lenyap (gaib) ketika melewati suatu pembatas kemudian muncul kembali di suatu tempat lain. Elektron bersifat gaib dan terbentuk kembali terus berlangsung sampai saat ini (Agus Purwanto, 2012).

Elektron adalah partikel kecil yang dapat musnah dan dapat tercipta, artinya ia tidak kekal. Dalam kesimpulan kali ini, terdapat sebuah ayat Al-Qur'an, yaitu QS. Yunus : 34 yang dapat memantapkan hati kita bahwa tidak ada istilah "material yang ada di alam semesta bahkan elektron, tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Ia kekal dan statis." Berikut QS. Yunus : 34 :

قُلْ هَلْ مِنْ شُرَكَائِكُمْ مَنْ يَبْدُوا الْخَلْقَ ثُمَّ يُعِيدُهُ ۚ قُلِ اللَّهُ يَبْدُوا الْخَلْقَ ثُمَّ يُعِيدُهُ ۚ  
فَأَنَّى تُؤْفَكُونَ ﴿٣٤﴾

Artinya : "Katakanlah : "Apakah di antara sekutu-sekutumu ada yang dapat memulai penciptaan makhluk, kemudian mengulanginya (menghidupkannya) kembali?" katakanlah : "Allah-lah yang memulai penciptaan makhluk, kemudian mengulanginya (menghidupkannya) kembali; maka bagaimanakah kamu dipalingkan (kepada menyembah yang selain Allah)?"

## G KONFIGURASI ELEKTRON

Konfigurasi elektron suatu atom adalah susunan elektron-elektron dalam atom sesuai dengan tingkat energinya.

### 1. Aturan Aufbau



Gambar 2.23 Aturan Aufbau

Sumber : Purwoko & Fendi  
2010. FISIKA 3 SMA kelas XII  
Jakarta : Yudhistira

Aturan aufbau menyatakan bahwa elektron dalam sebuah atom akan mengisi orbital mulai orbital yang tingkat energinya paling rendah sampai yang paling tinggi. Tiap tingkat energi diisi oleh elektron sebanyak mungkin sampai penuh. Setiap keadaan  $n$  dan  $l$  penuh, keadaan berikutnya mulai diisi dan demikian seterusnya.

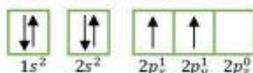
Perhatikan contoh berikut :

- Atom  ${}_6\text{C}$  dengan 6 atom, memiliki konfigurasi elektron :  $1s^2, 2s^2, 2p^2$
- Atom  ${}_{19}\text{K}$  dengan 19 atom, memiliki konfigurasi elektron :  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^1$

## 2. Aturan Hund

Aturan Hund menyatakan bahwa dalam orbital yang setingkat, elektron-elektron tidak boleh berpasangan sebelum seluruh orbital setingkat terisi penuh oleh elektron. Perhatikanlah contoh berikut :

Atom  ${}^6\text{C}$  dengan 6 atom, memiliki konfigurasi elektron :



Penulisan konfigurasi elektron dapat menggunakan lambang unsur gas mulia. Terutama untuk atom-atom yang bernomor atom besar. Misalnya, konfigurasi elektron  ${}_{35}\text{Br}$  dapat ditulis :  $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2 4p^5$ .

Ada beberapa atom yang konfigurasi elektronnya cenderung membentuk susunan penuh atau setengah penuh. Misalnya atom  ${}_{29}\text{Cu}$  yang memiliki konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$  dan atom  ${}_{24}\text{Cr}$  yang memiliki konfigurasi elektron  $[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$ . Dalam pembahasan konfigurasi elektron, dikenal istilah *elektron valensi*. Elektron valensi adalah elektron yang berada di kulit terluar suatu atom.

## 3. Asas Larangan Pauli

Menurut **Wolfgang Pauli**, dalam sebuah atom tidak boleh ada dua elektron yang menempati tingkat energi yang sama. Artinya, tidak boleh ada dua elektron yang memiliki keempat bilangan kuantum persis sama. Pernyataan ini dikenal dengan sebutan *Asas larangan Pauli*. Jika dua elektron mempunyai bilangan kuantum ( $n$ ), bilangan kuantum orbital ( $l$ ) dan bilangan kuantum magnetik ( $m_l$ ) yang sama, maka bilangan kuantum spinnya ( $m_s$ ) harus berbeda.

### Contoh soal

1. Tentukanlah jumlah elektron di kulit terluar dari atom dengan konfigurasi  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^1$ !

**Penyelesaian :**

Konfigurasi elektronnya :  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^1$  - 13 elektron

Elektron di kulit  $K = 2$

$L = 8$

$M = 3$

Jadi jumlah elektron di kulit terluar adalah 3.

2. Diketahui bilangan kuantum elektron terakhir pada sebuah atom unsur adalah  $n = 4$ ,  $l = 2$ ,  $m_l = +2$ , dan  $m_s = -\frac{1}{2}$ . tentukan nomor atom unsur tersebut !

**Pemecahan :**

$n = 4$ ,  $m_l = +2$ , dan  $m_s = -\frac{1}{2}$  (elektron berpasangan)

$l = 2$  berarti elektron terakhir berada di subkulit d

4d 

$m_l$  :     -2    -1    0    +1    +2

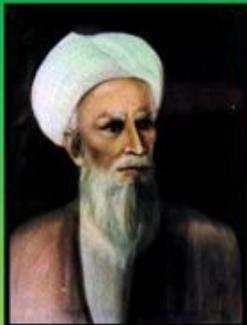
$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^6, 4d^{10} = 46$  elektron

Nomor atom suatu unsur menunjukkan jumlah elektron dalam tiap atomnya. Jadi, nomor atom unsur tersebut adalah 46.

### Soal Latihan 2.2

1. Tentukan berapa banyaknya bilangan kuantum orbital untuk bilangan kuantum utama = 4 !
2. Berapa banyak bilangan kuantum magnetik untuk bilangan kuantum utama = 5 ?
3. Hitunglah besarnya momentum sudut yang kemungkinan dimiliki elektron yang menempati bilangan kuantum utama = 5 !
4. Tuliskan konfigurasi atom-atom berikut ini berdasarkan aturan aufbau :  ${}_{20}\text{Ca}$ ,  ${}_{26}\text{Fe}$  dan  ${}_{54}\text{Xe}$
5. Jelaskan alasan pauli merumuskan konsep "larangan pauli" yang mengatakan bahwa tidak ada elektron yang memiliki empat bilangan kuantum yang sama !

### TOKOH ISLAM



**Gambar 2.24** Abu Bakar  
Muhammad bin Zakaria al-Razi

**Sumber:** [www.biografiku.com](http://www.biografiku.com)  
Diakses pada 3 Mei 2017

Salah satu ilmuwan muslim yang *Masyhur* pada masa keemasan islam adalah Abu Bakar Muhammad bin Zakaria al-Razi atau dikenali sebagai Rhazes. Beliau lahir di Rayy, Teheran pada tahun 251 H./865 dan wafat pada tahun 313 H./925. Di awal kehidupannya, al-Razi begitu tertarik dalam bidang seni musik. Namun al-Razi juga tertarik dengan banyak ilmu pengetahuan lainnya, sehingga kebanyakan masa hidupnya dihabiskan untuk mengkaji ilmu-ilmu seperti kimia, filsafat, logika, matematika dan fisika.

Walaupun pada akhirnya beliau dikenal sebagai ahli pengobatan seperti Ibnu Sina, pada awalnya al-Razi adalah seorang ahli kimia. Menurut sebuah riwayat yang dikutip oleh Nasr (1968), al-Razi meninggalkan dunia kimia karena penglihatannya mulai kabur akibat eksperimen-eksperimen kimia yang melelehkannya. Beberapa ilmuwan barat berpendapat bahwa beliau juga merupakan penggagas ilmu kimia modern.

Hal ini dibuktikan dengan hasil karya tulis maupun eksperimennya. Di antara karya tulis ilmiahnya dalam bidang ilmu kimia yaitu : *Kitab al-Asrar*, yang membahas tentang teknik penanganan zat-zat kimia dan manfaatnya.

Al-Razi berhasil memberikan informasi lengkap dari beberapa reaksi kimia serta deskripsi dan desain lebih dari dua puluh *instrument* untuk analisis kimia. Al-Razi dapat memberikan deskripsi ilmu kimia secara sederhana dan rasional (Murodi 2016, diakses 3 Mei 2017).

## Rangkuman

- Model atom dikembangkan oleh para ilmuwan yaitu Dalton, Thomson, Rutherford dan Niels Bohr serta de Broglie, Schrodinger, Heisenberg dan Pauli.
- Dalton menyatakan bahwa unsur paling kecil adalah atom. Thomson mengajukan model atom yang berhasil menemukan adanya elektron. Rutherford mengajukan model atom adanya inti atom yang terdiri dari proton dan neutron. Niels Bohr mengajukan model atom tentang lintasan elektron dan pergerakan elektron. De Broglie, Schrodinger, Heisenberg dan Pauli merupakan ilmuwan-ilmuwan yang memelopori teori mekanika kuantum.
- Berdasarkan hasil pengamatan spektrum yang dipancarkan oleh atom hidrogen terdapat lima deret spektrum yaitu :
  - Deret Lyman : untuk  $n_A - 1$  dan  $n_B = 2, 3, 4, 5, 6 \dots$  dst
  - Deret Balmer : untuk  $n_A - 2$  dan  $n_B = 3, 4, 5, 6, 7 \dots$  dst
  - Deret Paschen : untuk  $n_A - 3$  dan  $n_B = 4, 5, 6, 7, 8 \dots$  dst
  - Deret Brackett : untuk  $n_A - 4$  dan  $n_B = 5, 6, 7, 8 \dots \dots$  dst
  - Deret Pfund : untuk  $n_A - 5$  dan  $n_B = 6, 7, 8 \dots \dots \dots$  dst
- Bohr mengusulkan tiga postulat, yaitu :
  - Elektron berotasi mengelilingi inti tidak pada sembarang lintasan, tetapi pada lintasan-lintasan tertentu tanpa membebaskan energi. Lintasan ini disebut *lintasan stasioner* dan memiliki energi tertentu.
  - Elektron dapat berpindah dari lintasan yang satu ke lintasan yang lain. Jika elektron pindah dari lintasan berenergi rendah (lintasan dalam) ke lintasan berenergi tinggi (lintasan luar) akan menyerap energi dan sebaliknya akan memancarkan energi. Energi yang dipancarkan atau diserap elektron sebesar  $hf$ .
  - Lintasan-lintasan yang diperkenankan elektron adalah lintasan-lintasan yang mempunyai momentum sudut kelipatan bulat dari  $h/2\pi$ .
- Besarnya jari-jari lintasan orbit elektron menurut Bohr adalah : 
$$r = \frac{n^2 h^2}{4m k \pi^2 e^2}$$
- Besarnya energi total elektron atom hidrogen dalam tingkat dasar adalah  $-13,6 \text{ eV}$  sehingga untuk mengionkan atom hidrogen diperlukan energi sebesar  $13,6 \text{ eV}$ .
- Elektron akan menyerap energi jika berpindah dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (dari lintasan dalam ke lintasan luar), dan sebaliknya akan memancarkan energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik jika berpindah dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah (dari lintasan luar ke lintasan lebih dalam).
- Prinsip ketidakpastian Heisenberg menyebutkan bahwa tidak mungkin kita mengetahui posisi partikel secara teliti dan momentum partikel secara teliti pada saat yang bersamaan.
- Untuk menjelaskan atom berelektron banyak dan efek Zeeman, teori mekanika kuantum menggunakan empat macam bilangan kuantum yaitu :
  - Bilangan kuantum utama ( $n$ )
  - Bilangan kuantum orbital ( $l$ )
  - Bilangan kuantum magnetik ( $m_l$ )
  - Bilangan kuantum spin ( $m_s$ )

10. Konfigurasi elektron suatu atom adalah susunan elektron dalam atom sesuai dengan tingkat energinya. Terdapat tiga aturan yang perlu diperhatikan untuk mengisi elektron ke dalam orbital, yaitu aturan aufbau, aturan hund dan larangan pauli.



## UJI KOMPETENSI 2



Kerjakanlah dengan membaca *Basmillah* terlebih dahulu!

A. Berilah tanda silang (x) pada A, B, C, D atau E untuk jawaban yang benar!

(Skor : 4 point)

- Bila elektron berpindah dari kulit M ke kulit K pada atom hidrogen dan R adalah konstanta Rydberg, maka panjang gelombang yang terjadi besarnya ....
 

A. $\frac{8}{9R}$	D. $\frac{9}{17R}$
B. $\frac{9}{8R}$	E. $\frac{1}{R}$
C. $\frac{17}{9R}$	
- Elektron atom hidrogen model Bohr mengelilingi intinya dengan bilangan kuantum  $n$ . Bila energi ionisasi atom itu bernilai  $1/16$  kali energi ionisasi atom itu dalam keadaan dasarnya, maka nilai  $n$  adalah ...
 

A. 2	D. 8
B. 4	E. 16
C. 6	
- Deret Paschen terjadi jika elektron berpindah dari ....
 

A. Kulit M ke kulit K	D. Kulit P ke kulit N
B. Kulit O ke kulit L	E. Kulit P ke kulit O
C. Kulit P ke kulit M	
- Apabila elektron berpindah dari kulit N ke kulit L maka spektrum yang dipancarkan termasuk dalam deret ....
 

A. Deret Bracket	D. Deret Balmer
B. Deret Lyman	E. Deret Paschen
C. Deret Pfund	
- Panjang gelombang terbesar dari deret Balmer adalah (dalam Angstrom) ....
 

A. 1215	D. 6563
B. 4020	E. 8752
C. 5127	
- Besarnya energi yang diperlukan oleh sebuah elektron untuk berpindah dari kulit  $n - 2$  ke  $n - 4$  adalah sebesar ....
 

A. 0,85 eV	D. 4,2 eV
B. 2,55 eV	E. 5,1 eV
C. 3,4 eV	
- Pada setiap atom terdapat beberapa jenis bilangan kuantum, untuk bilangan kuantum utama  $n = 4$  me-miliki bilangan kuantum orbital ( $l$ ) sebanyak ...
 

A. 2	D. 5
------	------

- B. 3  
C. 4
- E. 6
8. Besarnya momentum sudut orbital elektron pada kulit N maksimumnya adalah ...  
A.  $2\sqrt{3}h$   
B.  $\sqrt{6}h$   
C.  $2\sqrt{5}h$   
D.  $2\sqrt{6}h$   
E.  $-\sqrt{6}h$
9. Banyaknya elektron yang tidak berpasangan dalam atom Cu dengan nomor atom 29 adalah....  
A. 1  
B. 3  
C. 7  
D. 8  
E. 9
10. Kulit M dalam atom  ${}^{58}\text{Co}$  berisi elektron sebanyak ....  
A. 7  
B. 9  
C. 15  
D. 17  
E. 18

### Jumlah skor soal A :

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan baik dan benar!

- Panjang gelombang terpanjang yang teramati dari suatu deret adalah  $\frac{144}{7R}$ , dengan  $R$  adalah tetapan *Rydberg*. Deret apakah ini ? (skor 10 point)
- Jelaskanlah postulat-postulat Bohr dalam menjelaskan kekurangan model atom Rutherford? (skor 10)
- Bila atom hidrogen ditembak, maka elektron atom hidrogen itu akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Pada saat elektron turun kembali ke tingkat energi yang lebih rendah, maka atom akan memancarkan cahaya. tentukanlah ketiga panjang gelombang terbesar yang dipancarkan atom, bila atom kembali ke tingkat  $n = 1$  dari tingkat energi yang lebih tinggi ! (skor 15)
- Suatu tingkatan energi elektron pada atom hidrogen dinyatakan sebagai  $3d$ .
  - Berapakah bilangan kuantum utamanya ?
  - Berapakah bilangan kuantum orbitalnya ?
  - Hitunglah besarnya momentum sudut orbital elektronnya ! (skor 15)
- Sebutkan dan jelaskanlah ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang model atom Bohr ! (skor 10)

### Jumlah skor soal B :

## Umpan Balik

Cocokkan jawaban kalian dengan kunci jawaban uji kompetensi 2 yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Hitunglah skor soal A dan skor soal B dengan menggunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat pengetahuan kalian terhadap materi medan magnetik.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{jumlah Skor A} + \text{Skor B}}{100} \times 100\%$$

Keterangan tingkat penguasaan :

90 – 100% = baik sekali

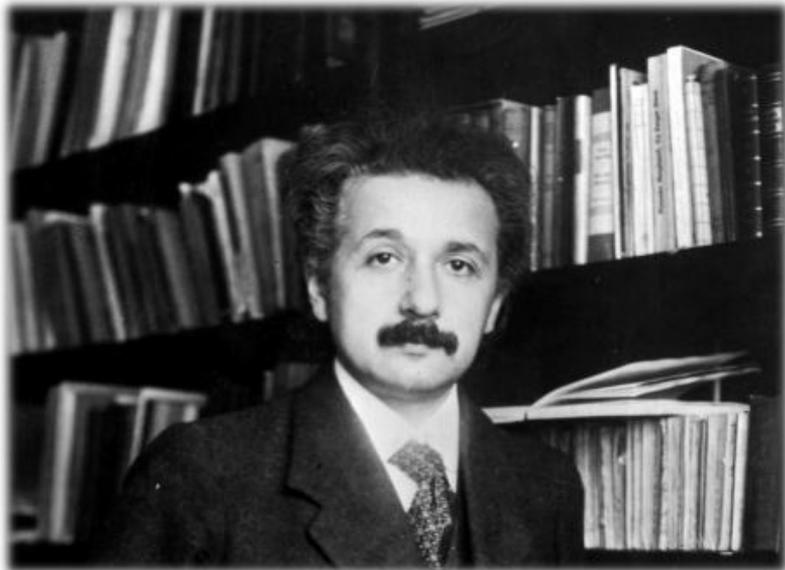
80 – 89% = baik

70 – 79% = cukup

<70% = kurang

Bersyukurlah jika tingkat penguasaan kalian mencapai 75% atau lebih. Artinya kalian telah menguasai materi Bab 2 ini dan telah siap untuk melanjutkan pada Bab selanjutnya. Tetapi jika tingkat penguasaan kalian masih di bawah 75 %, maka kalian harus mempelajari ulang Bab 2 terutama pada bagian yang belum kalian kuasai.

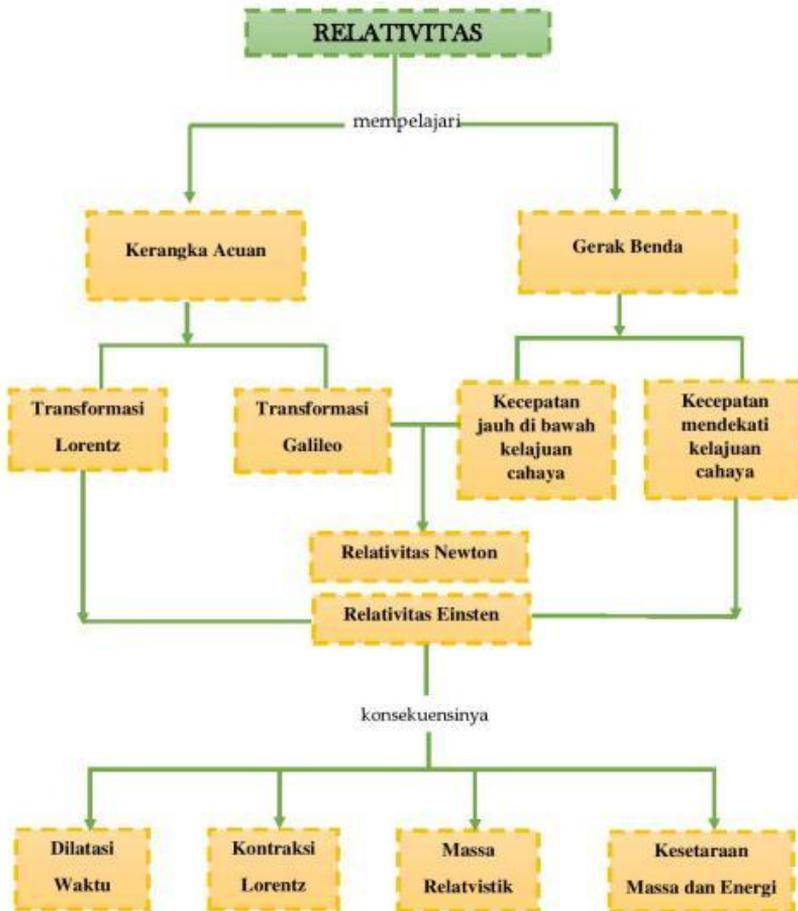
## BAB III RELATIVITAS



Mekanika Newton yang pernah dianggap sebagai hukum universal, ternyata memiliki batas jangkauan. Benda-benda yang bergerak dengan kecepatan sangat tinggi mendekati kecepatan cahaya, tak lagi valid dianalisis menggunakan mekanika Newton (Puerwoko & Fendi, 2010).

Namun, pada tahun 1905 (Tipler, 1998), seorang ilmuwan telah berhasil menjelaskan gerak benda yang mendekati kecepatan cahaya. Ilmuwan tersebut bernama **Albert Einstein**. Ia berhasil menjelaskan fenomena yang tak dapat dijelaskan oleh mekanika Newton melalui teorinya yang dikenal dengan sebutan *Relativitas*. Bagaimana teori Relativitas Einstein menjelaskan fenomena benda yang bergerak dengan kecepatan cahaya? Bagaimana pandangan Al-Qur'an tentang fenomena benda yang bergerak dengan kecepatan cahaya? Maka dari itu, mari kita pelajari bab ini dengan antusias dan diawali dengan membaca *Basmallah* terlebih dahulu.

# PETA KONSEP



### Kata kunci

Transformasi Galileo, Relativitas Newton, Kerangka Acuan, Relativitas khusus Einsten, Transformasi Lorentz, Dilatasi Waktu, Kontraksi Panjang, Massa Relativistik

### Standar Kompetensi & Kompetensi Dasar

#### Standar Kompetensi :

Menganalisis berbagai besaran fisis pada gejala kuantum dan batas-batas berlakunya relativitas Einsten dalam paradigma fisika modern.

#### Kompetensi Dasar :

Memformulasikan teori relativitas khusus untuk waktu, panjang dan massa serta kesetaraan massa dan energi yang diterapkan dalam teknologi.

### Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini siswa diharapkan mampu :

1. Membedakan relativitas Newton dan relativitas Einsten
2. Memformulasikan teori relativitas khusus untuk waktu, panjang dan massa
3. Memformulasikan kesetaraan massa dan energi yang diterapkan dalam teknologi
4. Mengetahui pengetahuan dan pemahaman baru tentang fisika yaitu integrasi antara sains dan islam melalui Al-Qur'an dan pengetahuan islam.

## A RELATIVITAS NEWTON

Suatu benda dikatakan bergerak apabila kedudukan benda itu berubah terhadap kedudukan tertentu. Untuk menyatakan benda itu bergerak kita harus menentukan suatu *titik acuan* atau *kerangka acuan* yang digunakan sebagai patokan/ pedoman. Teori relativitas berhubungan dengan kejadian-kejadian yang diamati dari kerangka acuan inersial, yaitu kerangka acuan dimana Hukum I Newton (hukum inersia) berlaku. Hukum I Newton menyatakan bahwasanya jika suatu benda tidak bekerja suatu gaya resultan (gaya resultan = 0), maka benda akan selamanya diam atau selamanya bergerak dengan kecepatan konstan pada garis lurus. Jadi, *Kerangka acuan inersial* adalah suatu kerangka acuan yang berada dalam keadaan diam atau bergerak terhadap kerangka acuan lainnya dengan kecepatan konstan pada suatu garis lurus.

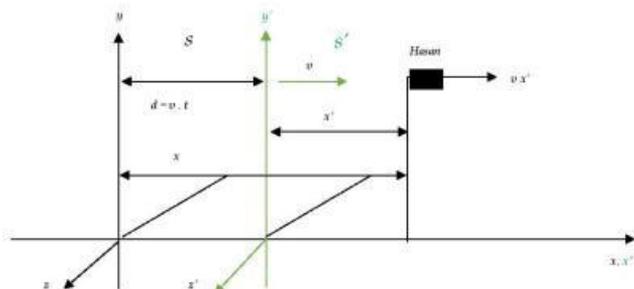
Sebagai contoh, perhatikanlah peristiwa berikut ini. Suatu hari Hasan pergi ke Jakarta untuk berkunjung ke Masjid Istiqlal dengan naik kereta api, menurut pengamat yang berdiri diam di stasiun mengatakan Hasan itu bergerak, sedangkan menurut pengamat yang duduk di sebelah Hasan di dalam kereta mengatakan Hasan tidak bergerak. Jadi dalam hal ini Hasan dapat dikatakan diam atau bergerak tergantung pada titik acuan atau kerangka acuan yang dipakai. Apabila kerangka acuan adalah stasiun maka dapat dikatakan Hasan bergerak, tetapi jika kerangka acuan yang digunakan adalah kereta api maka Hasan dikatakan diam.

Teori relativitas Newton menjelaskan gerak-gerak benda jauh di bawah kecepatan cahaya. Hal ini inilah yang menyebabkan relativitas Newton tidak kompatibel terhadap gerak benda yang mendekati kecepatan cahaya, sebab relativitas Newton tidak dapat menjelaskannya. Dorongan inilah yang membuat Albert Einstein untuk mengusulkan relativitasnya dimana teori relativitas Einstein berlaku untuk kecepatan rendah maupun mendekati kecepatan cahaya.

## B TRANSFORMASI GALILEO

Sir Issac Newton menggunakan sebuah Transformasi yang dapat menerangkan teori relativitasnya yaitu Transformasi Galileo. Transformasi Galileo menyebutkan bahwa untuk menyatakan kedudukan sebuah titik atau benda diperlukan satu sistem koordinat atau kerangka acuan. Misalnya untuk menyatakan sebuah benda bergerak, seorang pengamat memerlukan suatu kerangka acuan dengan sistem koordinat misalnya  $(x, y, z)$ . Jadi kerangka acuan adalah suatu sistem koordinat  $(x, y, z)$  di mana seorang pengamat melakukan pengamatan suatu kejadian.

Dalam hal ini kita gunakan *kerangka acuan inersial* di mana hukum I Newton berlaku. Untuk menyatakan hubungan antara dua pengamatan dalam satu peristiwa yang terjadi dalam suatu kerangka inersial, digunakan transformasi Galileo.



Gambar 3.1 Transformasi Galileo

Sumber: Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. *Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan.

### Transformasi Galileo Komponen Koordinat

Gambar (3.1) menggambarkan kerangka acuan  $S$  dengan sistem koordinat  $(x, y, z)$  dan  $S'$  dengan sistem koordinat  $(x', y', z')$ , di mana kerangka acuan  $S'$  bergerak di dalam kerangka acuan  $S$  ke arah sumbu  $x$  positif dengan kecepatan relatif konstan sebesar  $v$  terhadap kerangka acuan  $S$ . Misalkan kerangka acuan  $S$  adalah kerangka acuan yang digunakan oleh pengamat yang berada di stasiun dan kerangka acuan  $S'$  digunakan oleh pengamat yang berada di dalam kereta api.

Mula-mula kedua kerangka acuan berimpit ( $t = 0$ ). Setelah bergerak selama  $t$  sekon maka kerangka acuan  $S'$  telah menempuh jarak  $d = v t$ . Apabila bersamaan kereta itu bergerak Hasan juga berjalan di dalam gerbong kereta api, searah dengan gerak kereta dengan kecepatan  $v'$  relatif terhadap kereta api, maka kedudukan Hasan dapat dinyatakan dalam koordinat  $(x, y, z)$  terhadap kerangka  $S$  dan  $(x', y, z')$  terhadap kerangka  $S'$ . Sehingga kedudukan benda antara kerangka acuan  $S'$  terhadap  $S$  dapat dinyatakan :

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = t \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

Persamaan (3.1) dikenal dengan transformasi Galileo. Sedangkan untuk Kebalikan transformasi Galileo dinyatakan :

$$x = x' + vt, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = t' \quad \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan berbekal rumus transformasi koordinat, kita bisa menurunkan transformasi kecepatan dan percepatannya.

### Transformasi Kecepatan Menurut Galileo

Oleh karena notasi  $v$  telah kita gunakan sebagai kecepatan gerak pada kerangka acuan  $S'$ , maka untuk kecepatan pada kerangka acuan lain kita beri notasi lain, misalnya  $u$  untuk kecepatan pada kerangka acuan  $S$  dan  $u'$  untuk kerangka acuan  $S'$ . Kecepatan Hasan berjalan menurut pengamat yang berada di  $S$  dan  $S'$  dapat ditentukan menurut transformasi Galileo sebagai berikut :

Menurut pengamat di  $S'$ , Hasan berjalan dengan kecepatan sebesar  $u'_x$ . Untuk mendapatkan persamaannya, kita diferensialkan **persamaan (3.1)** terhadap waktu  $t$  :

$$u'_x = \frac{dx'}{dt} = \frac{d(x-vt)}{dt} = \frac{dx}{dt} - v = u_x - v \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

Sedangkan menurut Pengamat di  $S$ , Hasan berjalan dengan kecepatan sebesar  $u_x$ . Untuk mendapatkan persamaannya, kita diferensialkan **persamaan (3.2)** :

$$u_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d(x'+vt)}{dt} = \frac{dx'}{dt} + v = u'_x + v \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

**Persamaan (3.3) dan (3.4)** merupakan penjumlahan kecepatan transformasi Galileo yang kemudian dikenal dengan penjumlahan kecepatan menurut teori Relativitas Newton, di mana *relativitas Newton menyatakan bahwa semua hukum Fisika Mekanika Newton berlaku untuk semua kerangka acuan inersial, sedangkan kecepatan benda tergantung pada kerangka acuan (bersifat relatif)*.

### Transformasi Percepatan Menurut Galileo

Dengan menurunkan **persamaan (3.3) dan (3.4)** diperoleh transformasi percepatan, yaitu sebagai berikut :

$$a'_x = \frac{du'_x}{dt} = \frac{d(u_x - v)}{dt} = \frac{du_x}{dt} - v = a_x - v$$

Karena  $v$  konstan, maka berlaku  $dv/dt = 0$  sehingga diperoleh

$$a'_x = \frac{du_x}{dt} = a_x \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

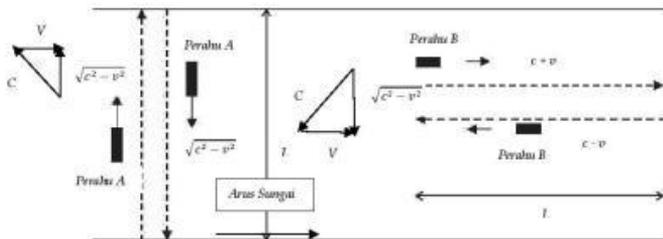
Berdasarkan **persamaan (3.5)** dapat disimpulkan bahwa percepatan yang diukur oleh pengamat  $S$  dan  $S'$  yang bergerak relatif satu sama lain adalah sama. Hal ini berarti tidak ada perbedaan percepatan benda yang teramat, baik dari kerangka acuan  $S$  maupun  $S'$ .

## C PERCOBAAN MICHELSON – MORLEY

Pada mulanya sesuai dengan teori gelombang dari Huygens, bahwa gelombang memerlukan medium dalam perambatannya untuk mencapai suatu tempat. Setelah Maxwell menyatakan bahwa cahaya tidak lain adalah gelombang elektromagnetik, maka para pakar fisika abad ke-19 segera melakukan berbagai usaha untuk mempelajari sifat zat perantara sebagai rambatan gelombang elektromagnetik. Para pakar mengajukan sebuah hipotesis yaitu medium yang digunakan dalam perambatan gelombang elektromagnetik dinamakan *eter*.

Eter memiliki sifat-sifat yang tidak biasa. Misalnya adalah eter merupakan medium yang lebih halus dibandingkan angin. Eter tidak menimbulkan gaya hambatan pada planet, karena gerakannya sepenuhnya diakibatkan oleh gravitasi. Tela diduga bahwa eter berada dalam keadaan diam relatif terhadap bintang yang jauh tetapi hal ini masih dipertanyakan kebenarannya. Maka dari itu, hal inilah yang mendorong Michelson dan Morley melakukan percobaan membuktikan adanya eter dengan cara menentukan kecepatan relatif bumi terhadap eter.

Pada tahun 1887, Michelson dan Morley dua orang ilmuwan Fisika berkebangsaan Amerika mengukur kelajuan eter dengan menggunakan sebuah alat yaitu *interferometer*. Hakekat percobaan ini membandingkan kelajuan cahaya sejajar dan tegak lurus pada gerak bumi mengelilingi matahari. Apabila eter itu diam di alam semesta ini, maka diharapkan ada kelajuan relatif eter terhadap bumi yang bergerak mengelilingi matahari. Percobaan ini berdasarkan prinsip penjumlahan vektor, dengan menggunakan analogi gerak perahu yang menyeberangi sungai sebagai berikut.



**Gambar 3.2** Gerak perahu menyeberangi sungai, perahu A bergerak tegak lurus arus sungai dan perahu B sejajar dengan arus sungai

**Sumber:** Suharyanto, Karyono, & Dwi, 2009. *Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan.

Perahu A bergerak menyeberangi sungai dalam lintasan tegak lurus terhadap sungai dan perahu B bergerak dengan lintasan sejajar terhadap arus sungai. Dengan membandingkan waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak pulang pergi dalam lintasan tegak lurus arus sungai dan waktu yang diperlukan untuk menempuh lintasan yang sejajar (searah dan menentang) arus sungai dalam jarak yang sama yaitu  $L$  seperti pada **gambar 3.2**. Jika kecepatan perahu itu  $c$ , maka kecepatan aliran sungai adalah  $v$ .

Kecepatan sesungguhnya perahu A dalam menempuh lintasan adalah  $\sqrt{c^2 - v^2}$ , sehingga waktu yang diperlukan untuk menempuh lintasan  $L$  adalah:

$$t_A = \frac{2L}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2L}{\sqrt{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} = \frac{2L/c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

Untuk perahu B, kecepatan perahu sesungguhnya saat searah arus adalah  $c + v$  dan saat menentang arus adalah  $c - v$ , sehingga waktu yang diperlukan untuk menempuh lintasan  $L$  adalah:

$$t_B = \frac{L}{c+v} + \frac{L}{c-v} = \frac{L(c+v) + L(c-v)}{c^2 - v^2} = \frac{2Lc}{c^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{2L/c}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

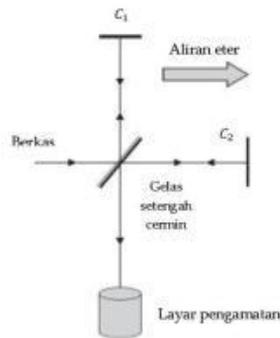
Sehingga diperoleh perbandingan:

$$\frac{t_A}{t_B} = \frac{\frac{2L/c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}}{\frac{2L/c}{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

Apabila kecepatan perahu  $c$  diketahui dan  $\frac{t_A}{t_B}$  dapat diukur, maka  $v$  dapat dihitung.

Berdasarkan persamaan (3.6) dan (3.7), dapat diambil sebuah pernyataan bahwasanya waktu yang ditempuh oleh perahu A dan perahu B nyaris sama namun tidak serentak.

Michelson dan Morley adalah perintis yang menggunakan contoh sederhana tersebut di atas untuk mencoba mengukur kecepatan aliran eter. Perahu A dan perahu B diganti dengan pasangan berkas cahaya yang berasal dari satu sumber, yang satu dipantulkan dan yang lain diteruskan oleh gelas setengah cermin seperti tampak pada gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Percobaan interferometer Michelson - Morley

**Sumber:** Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. *Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XI* Jakarta : Pusat Perbukuan.

Masing-masing berkas cahaya itu dipantulkan oleh cermin  $C_1$  dan  $C_2$  yang letaknya terhadap gelas setengah cermin. Berkas-berkas cahaya ini menggantikan peran perahu A dan B. Apabila kecepatan cahaya itu sebesar  $3 \times 10^8$  m/s dan kecepatan eter relatif terhadap bumi sama dengan kecepatan tangensial bumi mengelilingi matahari yaitu sebesar  $3 \times 10^4$  m/s sehingga diharapkan ada selisih waktu antara  $t_A$  dan  $t_B$ .

Adanya selisih waktu itu diharapkan antara gelombang cahaya yang berasal dari pantulan cermin  $C_1$  dan  $C_2$  akan timbul perubahan pola-pola hasil interferensi yang terjadi pada layar pengamatan. Akan tetapi selama percobaan tidak pernah teramati adanya perubahan pola-pola interferensi yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan waktu antara  $t_A$  dan  $t_B$ .

Berdasarkan percobaan ini Michelson dan Morley menyimpulkan bahwa : Hipotesa tentang eter itu tidak benar/ eter itu tidak ada. Kecepatan cahaya adalah sama untuk ke segala arah, tidak tergantung pada kerangka acuan inersial.



**Gambar 3.4** Michelson - Morley membuktikan bahwa eter tidak ada

Sumber : Purwoko & Fendi, 2010. *FISIKA SMA Kelas XII* Jakarta : Yudhistira

## D TEORI RELATIVITAS KHUSUS EINSTEIN

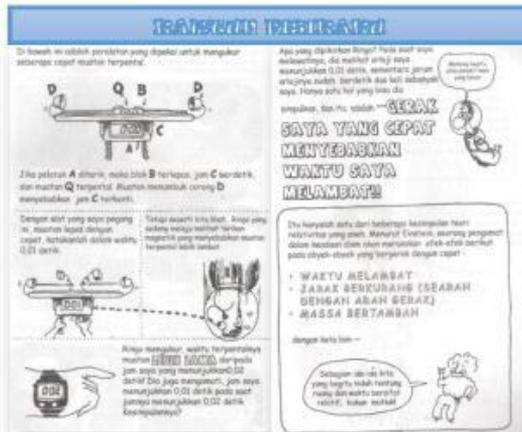
Teori hipotesis eter telah membuktikan secara tidak langsung bahwa eter itu tidak ada. Kemudian **Albert Einstein** pada tahun 1905 mengusulkan *teori relativitas khusus* sebagai perwujudan untuk menanggapi fakta dari eter. Pada bagian berikut ini kita hanya akan mempelajari teori relativitas khusus, sedangkan teori relativitas umum tidak dipelajari pada tingkat SLTA. Dalam mengemukakan teori relativitas khusus, Einstein mengemukakan dua postulat yaitu :

1. Hukum Fisika memiliki bentuk yang sama pada semua kerangka acuan inersial (prinsip relativitas)
2. Kecepatan cahaya di dalam ruang hampa ke segala arah adalah sama untuk semua kerangka acuan inersial (laju cahaya bersifat invarian).

Postulat pertama menepis anggapan tentang kerangka acuan universal. Jika kerangka acuan universal ada, formulasi hukum fisika akan berbeda untuk pengamat yang berbeda dalam keadaan gerak relatif. Hal ini menekankan bahwa prinsip Relativitas Newton berlaku untuk semua rumus Fisika. Tidak hanya dalam bidang mekanika, tetapi pada hukum-hukum Fisika lainnya.

Postulat yang kedua sebagai konsekuensi dari postulat yang pertama, sehingga kelihatannya postulat kedua ini bertentangan dengan teori Relativitas Newton dan transformasi Galileo tidak berlaku untuk kecepatan benda yang mendekati kecepatan cahaya. Dalam postulat ini Einstein menyatakan bahwa selang waktu pengamatan antara pengamat yang diam dengan pengamat yang bergerak relatif terhadap kejadian yang diamati tidak sama ( $t \neq t'$ ).

Kedua postulat Albert Einstein melahirkan beberapa konsekuensi-konsekuensi pada peristiwa tertentu. Pada awal bab telah dikatakan, bahwa transformasi Galileo tidak dapat menjelaskan peristiwa yang timbul dari postulat Einstein. Maka dari itu, Albert Einstein menggunakan transformasi yang baru untuk menjelaskannya, yaitu Transformasi Lorentz.



Gambar 3.5 Ilustrasi terjadinya relativitas pada besaran fisika waktu

Sumber : Gonnick, Larry. 2008. *Kartun Fisika*. Jakarta : Gramedia

## KAJIAN ISLAM

Telah disampaikan bahwasanya menurut relativitas khusus Einstein besaran fisika seperti waktu, panjang dan massa bersifat relatif terhadap pengamatnya. Jauh sebelum Einstein mengusulkan teorinya, Allah SWT telah menyebutkannya di dalam Al-Qur'an yaitu :

### 1. QS. Al-Mu'minun : 112-114

قُلْ كَمْ لَبِئْتُمْ فِي الْأَرْضِ عَدَدَ سِنِينَ ﴿١١٢﴾  
 قَالُوا لَبِئْنَا يَوْمًا أَوْ بَعْضَ يَوْمِ فَسْلِ الْعَادِيْنَ ﴿١١٣﴾  
 قُلْ إِنْ لَبِئْتُمْ إِلَّا قَلِيلًا لَّوْ أَنْتُمْ كُنْتُمْ تَعْلَمُونَ ﴿١١٤﴾

Artinya :

Allah bertanya: "Berapa tahunkah lamanya kamu tinggal di bumi? Mereka menjawab: "Kami tinggal (di bumi) sehari atau setengah hari, maka tanyakanlah kepada orang-orang yang menghitung". "Kamu tidak tinggal (di bumi) melainkan sebentar saja, kalau kamu sesungguhnya mengetahuinya."

## 2. QS. An-Naml : 88

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي لَذِي أَتَقَنَ كُلُّ شَيْءٍ  
إِنَّهُ خَيْرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ ﴿٨٨﴾

Artinya :

*Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu sangka dia tetap di tempatnya, padahal ia berjalan sebagai jalannya awan. (Begitulah) perbuatan Allah yang membuat dengan kokoh tiap-tiap sesuatu, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.*

## 2. QS. Al-Kahf : 18

وَتَحْسَبُهُمْ أَيْقَاظًا وَهُمْ زُقُودٌ وَنُقَلِّبُهُمْ ذَاتَ الْيَمِينِ وَذَاتَ الشِّمَالِ وَكَلْبُهُم بَاسِطٌ ذِرَاعَيْهِ  
بِالْوَصِيدِ لَوِ اطَّلَعْتَ عَلَيْهِمْ لَوَلَّيْتَ مِنْهُمْ فِرَارًا وَلَلَّيْتَ مِنْهُمْ رُعبًا ﴿١٨﴾

Artinya :

*Dan kamu mengira mereka itu bangun, padahal mereka tidur. Dan kami balik-balikkan mereka ke kanan dan ke kiri, sedang anjing mereka mengunjurkan kedua lengannya di muka pintu gua. Dan jika kamu menyaksikan mereka tentulah kamu akan berpaling dari mereka dengan melarikan diri dan tentulah (hati) kamu akan dipenuhi oleh ketakutan terhadap mereka.*

Hikmah yang dapat diambil dari ayat – ayat Al-Qur'an di atas adalah :

1. Di dalam QS. Al-Mu'minin ayat 114 menyatakan bahwa hidup di dunia sebenarnya adalah sebentar. Jika kita analogikan, 1 tahun yang selama ini kita rasakan yaitu sebanyak 365 hari, akan terasa sebentar jika berada di planet merkurius. Sebab 1 tahun di merkurius hanya 88 hari. Jadi, 1 tahun yang dirasakan seseorang akan dirasa berbeda pada pengamat yang berbeda (Musthofa, 2005)
2. Kandungan QS. An-Naml ayat 88 sesuai dengan teori relativitas Einsten. Sebagai contoh orang yang sedang berdiam diri akan melihat melihat pohon di depannya tidak bergerak. Tetapi menurut orang yang sedang melaju dengan menggunkan motor, akan melihat pohon yang awalnya berada di dekatnya seolah-olah bergerak menjauhinya.
3. Di dalam QS. Al-Kahf ayat 18 juga mengisyaratkan adanya perbedaan pengamat yang menimbulkan relativitas.

## E TRANSFORMASI LORENTZ

Pada transformasi Galileo telah dikemukakan bahwa selang waktu pengamatan terhadap suatu peristiwa yang diamati oleh pengamat yang diam dengan pengamat yang relatif bergerak terhadap peristiwa adalah sama ( $t = t'$ ). Hal inilah yang menurut Einstein tidak benar, selang waktu pengamatan antara pengamat yang diam dan pengamat yang bergerak relatif adalah tidak sama ( $t \neq t'$ ). Einstein menggunakan transformasi yang baru untuk menjelaskan teori relativitasnya yaitu *transformasi Lorentz*. Transformasi Lorentz pertama kali dikemukakan oleh **Hendrik A. Lorentz**, seorang fisikawan dari Belanda pada tahun 1895.

### Transformasi Lorentz Komponen Koordinat

Perumusan transformasi Lorentz dapat disingkat dengan memperkenalkan notasi  $\gamma$ , yang nilainya:

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

Dengan demikian, transformasi Lorentz untuk komponen  $x$ ,  $y$ ,  $z$  dan  $t$  adalah:

$$x' = \gamma(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \dots \dots \dots (3.9)$$

Transformasi Lorentz balikan:

$$x = \gamma(x' + vt'), \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \dots \dots \dots (3.10)$$

### Transformasi Kecepatan Menurut Lorentz

Oleh karena hukum fisika tidak berubah pada setiap kerangka acuan inersial manapun, besar kecepatan dapat ditentukan persamaan umum,  $v = dx/dt$ .

Pada kerangka acuan  $S$ , besar kecepatan  $u$  dapat ditentukan dengan persamaan:

$$u_x = \frac{dx}{dt}, \quad u_y = \frac{dy}{dt}, \quad u_z = \frac{dz}{dt} \quad \dots \dots \dots (3.11)$$

Sedangkan pada kerang acuan  $S'$ , besar kecepatan  $u'$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$u_x' = \frac{dx'}{dt'}, \quad u_y' = \frac{dy'}{dt'}, \quad u_z' = \frac{dz'}{dt'} \quad \dots \dots \dots (3.12)$$

Kita rumuskan bahwa komponen kecepatan dalam arah sumbu  $x$  pada kerangka acuan  $S'$ , yaitu  $u_x'$ . Nilai  $u_x'$  ditentukan dengan rumus:

$$u_x' = \frac{dx'}{dt'} \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

Tentukan terlebih dahulu nilai  $dx'$  dan  $dt'$  :

$$dx' = d\{\gamma(x - vt)\} = \gamma(dx - v dt) \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

$$dt' = d\left\{\gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)\right\} = \gamma\left(dt - \frac{v dx}{c^2}\right) \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

berdasarkan persamaan (3.13), (3.14) dan (3.15), maka diperoleh :

$$u_x' = \frac{\gamma(dx - v dt)}{\gamma\left(dt - \frac{v dx}{c^2}\right)} = \frac{dx - v dt}{dt - \frac{v dx}{c^2}}$$

Jika baik pembilang maupun penyebut persamaan di atas dibagi dengan  $dt$ , maka diperoleh :

$$u_x' = \frac{\left(\frac{dx}{dt} - v\right)}{\left(1 - \frac{v}{c^2} \frac{dx}{dt}\right)}$$

Dengan mengingat bahwa  $dx/dt = u_x$ , maka diperoleh :

$$u_x' = \frac{u_x - v}{\left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)} \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

Dengan langkah perhitungan yang sama, kita peroleh transformasi kecepatan pada arah sebaliknya (dari kerangka acuan  $S'$  ke kerangka acuan  $S$ ), yaitu :

$$u_x = \frac{u_x' + v}{\left(1 + \frac{u_x' v}{c^2}\right)} \quad \dots\dots\dots (3.17)$$

Persamaan (3.16) dan (3.17) merupakan rumus kecepatan benda yang diamati oleh pengamat yang diam. Rumus tersebut disebut rumus penambahan kecepatan relativistik yang sesuai dengan teori relativitas Einstein. Sekarang mari kita uji dengan menggunakan kejadian-kejadian yang kita alami dalam kehidupan kita.

1. Bila  $u_x' = 0$  maka  $u_x = v$ , ini cocok dengan kejadian dalam kehidupan kita. Jika penumpang kereta api sedang diam, maka kecepatan penumpang tersebut terhadap tanah sama dengan kecepatan kereta api terhadap tanah.
2. Bila  $v = 0$  maka  $u_x = u_x'$ , hal ini juga sesuai yang kita harapkan. Jika kereta api diam, maka kecepatan penumpang terhadap tanah sama dengan kecepatan penumpang terhadap kereta api.
3. Bila  $v$  dan  $u_x'$  sangat kecil dibandingkan kecepatan cahaya, maka  $u_x = u_x' + v$ . Hal ini sesuai dengan rumus kecepatan dalam transformasi Galileo.

4. Bila  $u_x' = c$  dan  $v = c$  maka diperoleh nilai  $u_x = c$ . Hal ini sesuai dengan postulat Einstein yang kedua.

Ternyata rumus pertambahan kecepatan relativistik yang diturunkan dari transformasi Lorentz tidak bertentangan dengan kecepatan relativistik.

### Contoh soal

Sebuah pesawat tempur yang bergerak dengan kecepatan  $0,8 c$  relatif terhadap bumi menembakkan roket dengan kecepatan  $0,6 c$ . Berapakah kecepatan roket tersebut menurut pengamat yang diam di bumi ?

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $v = 0,8 c$                        $u_x' = 0,6 c$

Ditanya :  $u_x, \dots ?$

Jawab :  $u_x = \frac{u_x' + v}{\left(1 + \frac{u_x' v}{c^2}\right)} = \frac{0,6 + 0,8}{\left(1 + \frac{0,6 \cdot 0,8}{(3 \times 10^8)^2}\right)} = 0,946 \text{ cm}$

### Proyek Fisika 3.1

- A. Tujuan kegiatan  
Memahami lebih lanjut mengenai Relativitas Newton dan Relativitas Eintein
- B. Alat dan bahan
1. Buku pelajaran fisika
  2. Internet
  3. Buku pengetahuan umum tentang relativitas Newton dan Einsten
- C. Metode kegiatan
1. Bentuklah satu kelompok yang terdiri dari empat orang.
  2. Diskusikanlah bahan diskusi yang telah disediakan.
  3. Presentasikanlah hasil diskusimu di depan kelas
- D. Bahan diskusi
1. Relativitas Newton adalah kasus khusus dari relativitas khusus Einsten
  2. Apakah bumi berputar mengitari matahari ataukah berputar mengitari bumi ? diskusikan berdasarkan prinsip relativitas.
- E. Pembahasan
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- F. Kesimpulan
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

### Soal Latihan 3.1

1. Dua buah pesawat A dan B bergerak saling mendekati bumi dari arah yang berlawanan dengan kecepatan masing-masing  $0,6c$  dan  $0,8c$  relatif terhadap bumi. Berapakah kecepatan pesawat A menurut pilot pesawat B?
2. Dua buah pesawat A dan B bergerak dalam arah yang sama dengan kecepatan masing-masing  $0,4c$  dan  $0,6c$  relatif terhadap bumi. Berapakah kecepatan :
  - a. pesawat B menurut pilot di pesawat A?
  - b. pesawat A menurut pilot pesawat B?

Albert Einstein merumuskan postulat-postulat pada teori relativitas khususnya, memiliki beberapa konsekuensi (gejala-gejala alam) yang harus diterima yaitu *dilatasi waktu*, *kontraksi panjang* dan *kesetaraan massa dan energi*.

### 1. Dilatasi Waktu

Telah kita ketahui bersama, berdasarkan hasil percobaan Michelson-Morley menyebutkan bahwa waktu yang dibutuhkan antara orang yang menyebrangi searah dengan arus sungai dengan yang melawan arus sungai tidaklah sama. Pada sisi yang sama, Einstein menyatakan bahwa waktu pengamatan antara pengamat yang diam (kerangka acuan  $S$ ) dengan pengamat yang bergerak relatif terhadap kejadian/ peristiwa (kerangka acuan  $S'$ ) adalah tidak sama. Selang waktu yang diukur oleh jam yang relatif bergerak terhadap kejadian dengan jam yang diam terhadap kejadian adalah waktu yang diukur jam yang bergerak lebih besar dibandingkan waktu yang diukur oleh jam yang diam terhadap kejadian. Peristiwa ini disebut *dilatasi waktu atau pemuatan waktu (time dilatation)* yang dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

Keterangan :

- $t_0$  - selang waktu yang diukur oleh pengamat yang diam terhadap kejadian,
- $t$  - selang waktu yang diukur oleh pengamat yang bergerak terhadap kejadian,
- $v$  - kecepatan relatif pengamat terhadap kejadian yang diamati, dan
- $c$  - kecepatan cahaya

#### Contoh soal

- Sebuah partikel berumur  $10^{-7}$  s jika diukur dalam keadaan diam. Berapa jauh partikel itu bergerak sebelum meluruh jika kelajuannya  $0,9 c$  ketika partikel tersebut tercipta?

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $t_0 = 10^{-7}$  s,       $v = 0,9 c$ ,       $c = 3 \times 10^8$  ms<sup>-1</sup>

Ditanya :  $x$  ... ?

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

$$= \frac{10^{-7}}{\sqrt{1 - \frac{(0,9)^2}{c^2}}} = \frac{10^{-7}}{\sqrt{1 - 0,81}} = 2,27 \times 10^{-7}$$

2. Dua kejadian terjadi pada titik  $x'_0$  pada waktu  $t'_1$  dan  $t'_2$  dalam kerangka acuan  $S'$ , yang bergerak pada kecepatan  $v$  relatif terhadap kerangka acuan  $S$ . Berapakah pemisahan ruang kejadian ini di kerangka acuan  $S$ ?

**Penyelesaian :**

Berdasarkan persamaan transformasi Lorentz, diperoleh :

$$x_1 = \gamma(x'_0 + vt'_1) \quad \text{dan} \quad x_2 = \gamma(x'_0 + vt'_2)$$

Maka :

$$\begin{aligned} x_2 - x_1 &= \gamma v(t'_2 - t'_1) \\ &= v(t'_2 - t'_1) \end{aligned}$$

### KAJIAN ISLAM

Konsekuensi Einstein berupa Dilatasi (Pemuluran) waktu telah disebutkan dalam Al-Qur'an yaitu :

1. QS. Al-Hajj : 47

وَيَسْتَعْجِلُونَكَ بِالْعَذَابِ وَلَنْ يُخْلِفَ اللَّهُ وَعْدَهُ وَإِنَّ يَوْمًا عِنْدَ رَبِّكَ كَأَلْفِ سَنَةٍ  
مِمَّا تَعُدُّونَ ﴿٤٧﴾

Artinya :

*Dan mereka meminta kepadamu agar azab itu disegerakan, padahal Allah sekali-kali tidak akan menyalahi janji-Nya. Sesungguhnya sehari disisi Tuhanmu adalah seperti seribu tahun menurut perhitungannya.*

2. QS. As-Sajdah : 5

يُدْبِرُ الْأَمْرَ مِنَ السَّمَاءِ إِلَى الْأَرْضِ ثُمَّ يَعْرُجُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ أَلْفَ سَنَةٍ  
مِمَّا تَعُدُّونَ ﴿٥﴾

Artinya :

*Dia mengatur urusan dari langit ke bumi, kemudian (urusan) itu naik kepada-Nya dalam satu hari yang kadarnya adalah seribu tahun menurut perhitunganmu.*

3. QS. Al-Ma'arij : 3 – 4

مِنَ اللَّهِ ذِي الْمَعَارِجِ ۝ تَعْرُجُ الْمَلَائِكَةُ وَالرُّوحُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ خَمْسِينَ  
أَلْفَ سَنَةٍ ۝

Artinya :

*(yang datang) dari Allah, Yang mempunyai tempat-tempat naik, Malaikat-malaikat dan fibril naik (menghadap) kepada Tuhan dalam sehari yang kadarnya lima puluh ribu tahun.*

4. QS. Al-Kahf : 25

وَلَبِثُوا فِي كَهْفِهِمْ ثَلَاثَ مِائَةٍ سِنِينَ وَازْدَادُوا تِسْعًا ۝

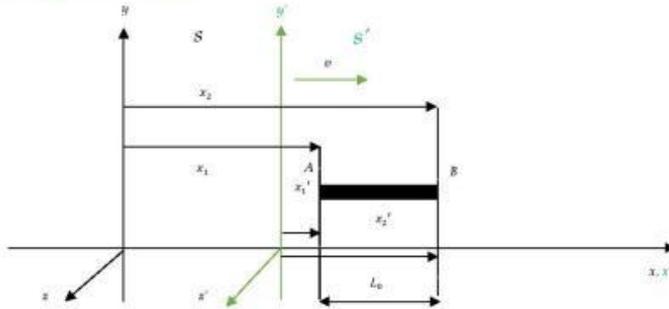
Artinya :

*Dan mereka tinggal dalam gua mereka tiga ratus tahun dan ditambah sembilan tahun (lagi).*

Ayat – ayat Al-Qur'an di atas telah menyebutkan konsep dari Dilatasi waktu dan Menyinggung tentang kecepatan cahaya yang memiliki kecepatan paling tinggi di alam ini.

1. **Dilatasi Waktu** : telah ketahui bahwasanya panjang-pendeknya waktu tergantung pada kecepatan pelaku. Seseorang yang hidup di bumi, dan bergerak sesuai kecepatan bumi, maka dia memiliki waktu yang kita alami sekarang ini. Akan tetapi bagi mereka yang naik pesawat luar angkasa dengan kecepatan tinggi, maka waktu yang dia alami juga akan mengikuti pesawat ruang angkasanya. Semakin cepat gerakan pesawat tersebut, maka waktu yang berlaku bagi penumpangnya akan semakin mulur. Bisa jadi, bagi dia perjalanan yang ditempuh hanya 1 hari. Tetapi bagi manusia yang berda di bumi, waktu sudah berjalan bertahun – tahun (Musthofa, 2005). Inilah yang digambarkan oleh Allah dalam ayat-ayat di atas.
2. **Kecepatan Cahaya** : ayat – ayat di atas menyebutkan bahwa satu harinya malaikat sama dengan 1.000 tahun atau bahkan 50.000 tahun manusia di bumi. Malaikat tercipta dari *Nur* (cahaya) yang artinya malaikat dapat bergerak secepat kecepatan cahaya. Maka, apabila manusia membutuhkan 1.000 tahun cahaya untuk menuju ke suatu planet atau bintang, malaikat hanya membutuhkan 1 hari cahaya.

## 2. Kontraksi Panjang



Gambar 3.6

ilustrasi untuk menjelaskan kontraksi panjang. Kerangka acuan  $S'$  bergerak ke kanan terhadap kerangka acuan  $S$  dengan kecepatan sebesar  $v$ . Batang  $AB$  bergerak bersama kerangka acuan  $S'$ .

Sumber : Purwoko & Fendi. 2010. Fisika 3 SMA Kelas XII. Jakarta : Yudhistira.

Perhatikan **gambar 3.6**. Batang  $AB$  pada kerangka acuan  $S'$  yang bergerak relatif terhadap kerangka acuan  $S$  dengan kecepatan tetap  $v$  dalam arah sumbu  $x$  positif. Batang  $AB$  ikut bergerak bersama kerangka acuan  $S'$ . dapat dikatakan bahwa batang  $AB$  diam relatif terhadap kerangka acuan  $S'$ . hasil pengukuran panjang batang  $AB$  oleh pengamat di  $S'$  adalah panjang sebenarnya, yaitu :

$$x_2' - x_1' = L_0$$

Namun, pengamat pada kerangka acuan  $S$  akan mengamati batang  $AB$  dengan panjang berbeda dengan sebenarnya. Panjang batang  $AB$  menurut pengamat  $S$  dapat dinyatakan berdasarkan transformasi Lorentz yang telah kita pelajari.

$$\begin{aligned} x_2 - x_1 &= \gamma(x_2' - vt_2') - \gamma(x_1' - vt_1') \\ &= \gamma(x_2' - x_1') - v(t_2 - t_1) \end{aligned}$$

Oleh karena waktu pengukuran  $x_1$  dan  $x_2$  bersamaan, berarti  $t_2 = t_1$ , sehingga diperoleh :

$$x_2 - x_1 = \gamma(x_2' - x_1') \text{ atau } (x_2 - x_1) = \frac{(x_2' - x_1')}{\gamma}$$

perhatikan kembali **gambar 3.6**. Nilai  $(x_2' - x_1')$  merupakan panjang batang  $AB$  menurut pengamat di kerangka acuan  $S'$ , misal kita beri simbol  $L$ . Jadi, diperoleh persamaan  $L = L_0/\gamma$  atau :

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \dots\dots\dots (3.19)$$

Keterangan :

$L$  - panjang benda diukur oleh pengamat yang berada dalam kerangka acuan yang bergerak relatif terhadap kerangka acuan tempat benda itu berada,

$L_0$  - panjang benda yang diukur oleh pengamat yang berada di dalam kerangka yang sama dengan tempat benda.

**Persamaan (3.19)** menunjukkan bahwa hasil pengukuran panjang batang AB oleh pengamat pada kerangka acuan  $S$  lebih pendek dari pada ukuran sebenarnya pada kerangka acuan  $S'$ . Dalam hal ini dikatakan terjadi *kontraksi (pengerutan) panjang*.

### Contoh soal

1. Sebuah pesawat panjangnya 10 meter dalam keadaan diam. Apabila pesawat tersebut bergerak searah dengan panjangnya dengan kecepatan  $0,6 c$ . Berapakah panjang pesawat tersebut saat bergerak?

**Penyelesaian :**

$$\text{Diketahui} : L_0 = 10 \text{ m}, \quad v = 0,6 c,$$

$$\text{Ditanya} : L \text{ ....?}$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab} : L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= 10 \sqrt{1 - \frac{(0,6)^2}{(3 \times 10^8)^2}} = 8 \text{ meter} \end{aligned}$$

2. Tongkat yang memiliki panjang 1 m bergerak dalam arah menurut panjangnya dengan kecepatan  $v$  relatif terhadap kita. Panjang tongkat setelah bergerak terukur 0,914 m. Berapakah kecepatan  $v$ ?

**Penyelesaian :**

$$\text{Diketahui} : L_0 = 1 \text{ m}, \quad L = 0,914 \text{ m}$$

$$\text{Ditanya} : v \text{ ....?}$$

$$\text{Jawab} : \gamma = \frac{L_0}{L} = \frac{1}{0,914} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 0,914$$

$$\begin{aligned} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} &= 0,914 & \left| \quad \frac{v^2}{c^2} &= 1 - 0,835 = 0,165 \text{ m/s} \right. \\ 1 - \frac{v^2}{c^2} &= (0,914)^2 = 0,835 \end{aligned}$$

### 3. Kesetaraan Massa dan Energi

Salah satu hal terpenting yang merupakan konsekuensi dari formula teori relativitas khusus Einstein adalah konsep kesetaraan massa dan energi. Einstein menyatakan bahwa energi bisa dihasilkan dari massa. Artinya, sejumlah massa tertentu dapat menghasilkan sejumlah tertentu energi.

Dengan  $m$  adalah massa benda,  $E$  adalah energi, dan  $c$  adalah kelajuan cahaya dalam ruang hampa, prinsip kesetaraan massa dan energi dirumuskan dengan sebuah persamaan sebagai berikut :

$$E = mc^2 \quad \dots\dots\dots (3.20)$$

Saat diam, benda bermassa  $m_0$  akan memiliki energi  $E_0 = m_0c^2$ . Saat bergerak massa benda membesar menjadi  $m = \gamma m_0$  dan energinya menjadi  $E = mc^2$ . Dapat dipahami bahwa  $E > E_0$ . Berdasarkan hukum kekekalan energi, perlu diketahui asal tambahan energi tersebut.

Tambahan energi pada massa benda yang bergerak diperoleh dari energi kinetik relativistiknya ( $E_{k-rel}$ ) sesuai persamaan :

$$E_0 + E_{k-rel} = E$$

Dengan demikian, dapat dirumuskan energi kinetik relativistik sebuah benda dengan diam  $m_0$  sebagai:

$$E_{k-rel} = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \gamma m_0c^2 - m_0c^2$$

atau

$$E_{k-rel} = (\gamma - 1)m_0c^2 \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

Keterangan :

$E$  - energi total benda

$E_{k-rel}$  - energi kinetik benda

$E_0$  - energi diam benda

#### Contoh soal

Hitunglah energi kinetik sebuah elektron yang bergerak dengan kecepatan  $0,6 c$ , bila diketahui  $m_0 = 9.10^{-31}$  kg,  $c = 3.10^8$  m/s.

**Penyelesaian :**

Diketahui :  $m_0 = 9.10^{-31}$  kg,  $c = 3.10^8$  m/s,  $v = 0,6 c$

Ditanya :  $E_{k-rel} = \dots ?$

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab} \quad : E_{i-rel} &= (\gamma - 1)m_0c^2 \\
 &= m_0c^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right) \\
 &= 9 \times 10^{-31} \cdot (3 \times 10^8)^2 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - (0,6)^2 / (3 \times 10^8)^2}} - 1 \right) \\
 &= 81 \times 10^{-15} \cdot (1,25 - 1) &= \frac{20,25 \times 10^{-15}}{1,6 \times 10^{-19}} \text{ eV} \\
 &= 20,25 \times 10^{-15} &= 126.562,5 = 0,13 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

### KAJIAN ISLAM

Konsekuensi Einstein berupa Kesetaraan massa dan energi telah disebutkan dalam Al-Qur'an yaitu : QS. Al-Qiyamah : 7 - 9

فَإِذَا بَرِقَ الْبَصَرُ ﴿٧﴾ وَخَسَفَ الْقَمَرُ ﴿٨﴾ وَجُمِعَ الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ﴿٩﴾

Artinya :

*Maka apabila mata terbelalak (ketakutan), dan apabila bulan telah hilang cahayanya, dan matahari dan bulan dikumpulkan.*

Berdasarkan teori kesetaraan massa dan energi, benda memiliki energi apabila benda tersebut masih memiliki massa atau benda yang sedang bergerak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya memiliki energi yang besar. Dengan kata lain, apabila energi suatu benda berkurang berarti massa benda tersebut juga berkurang.

Teori ini dapat diterapkan pada bintang yang padam atau yang dikenal dengan sebutan *The White Dwarf*. Bintang yang padam atau yang tak bersinar lagi memiliki arti bahwa dia tak lagi bergerak, sebab energinya telah berkurang dan lambat laun akan habis. Dan menurut pengamatan teleskop, bintang yang padam tersebut akan menjadi ringan dan kehilangan gaya gravitasinya. Sehingga garis edarnya (orbit) menjadi tidak teratur karena tertarik oleh gravitasi bintang lain.

Menurut ayat di atas, *bulan telah hilang cahayanya* artinya bulan tak lagi mendapat cahaya dari matahari karena matahari (bintang) telah padam dan tak lagi memiliki energi. *Dan matahari dan bulan dikumpulkan*, artinya garis edarnya telah berubah (Wardhana, 2009).

### Proyek Fisika 3.2

- A. Tujuan kegiatan  
Mengamati kontraksi panjang
- B. Alat dan bahan
1. Kamera digital dengan sensitivitas
  2. PC/ Laptop dengan pengolah gambar
  3. Tiang sepanjang 1 meter
- C. Metode kegiatan
1. Berdirilah di tepi jalan raya yang sering dilewati kendaraan dengan kecepatan tinggi
  2. Tempatkanlah tiang sedemikian sehingga selalu ikut terpotret
  3. Potretlah beberapa kendaraan yang melintas cepat di depanmu. Catatlah jenis kendaraan yang berhasil kamu potret.
  4. Masukkan gambar hasil bidikan kameramu ke komputer, hitunglah panjang masing-masing kendaraan tersebut dengan cara membandingkannya dengan panjang tiang 1 meter dalam potret.
  5. Carilah informasi tentang ukuran masing-masing kendaraan yang berhasil kamu potret.
  6. Bandingkan hasil perhitunganmu tentang ukuran kendaraan yang sedang bergerak dalam potret dan ukuran normalnya.
- D. Pembahasan
1. Seperti apakah hasil yang kamu perkirakan ?
  2. Berikan pendapatmu tentang metode eksperimen ini !
- E. Kesimpulan
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

### Soal Latihan 3.2

1. Berapa kelajuan pesawat angkasa bergerak relatif terhadap bumi supaya waktu sehari dalam pesawat sama dengan 2 detik di bumi?
2. Berapakah kecepatan pesawat harus bergerak agar panjang pesawat dalam keadaan bergerak menjadi  $\frac{3}{4}$  panjang diamnya?
3. Tentukan besarnya energi kinetik suatu partikel yang massanya  $5 \mu\text{gr}$  apabila bergerak dengan kecepatan sebesar  $0,6 c$
4. Tentukan berapa kecepatan elektron bergerak agar energi kinetiknya  $\frac{1}{2}$  energi diamnya!

## Ensiklopedia Islam

## STRUKTUR RUANG - WAKTU

QS. Al-Isra' : 1

سُبْحَانَ الَّذِي أَسْرَى بِعَبْدِهِ لَيْلًا مِنَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ إِلَى الْمَسْجِدِ الْأَقْصَا  
الَّذِي بَرَكْنَا حَوْلَهُ لِنُرِيَهُ مِنْ آيَاتِنَا إِنَّهُ هُوَ السَّمِيعُ الْبَصِيرُ ﴿١﴾

Artinya : "Maha Suci Allah, yang telah memperjalankan hamba-Nya pada suatu malam dari Al Masjidil Haram ke Al Masjidil Aqsha yang telah Kami berkahi sekelilingnya agar Kami perlihatkan kepadanya sebagian dari tanda-tanda (kebesaran) Kami. Sesungguhnya Dia adalah Maha Mendengar lagi Maha Mengetahui".

Ayat ini mengungkapkan peristiwa kenabian yang paling sulit dipahami dan diterima nalar, yaitu peristiwa Isra' dan Mi'raj Nabi Muhammad SAW. Betapa tidak, kendaraan tercepat pada saat itu adalah kuda dan unta. Keduanya tidak mungkin melakukan perjalanan bolak-balik dari Masjidil Haram di Makkah ke Masjidil Aqsha di Palestina yang berjarak sekitar 1500 km. Bukan hanya itu, peristiwa tersebut berlanjut dengan naiknya Nabi SAW ke langit di *Sidrotul Muntaha*. Dahsyatnya adalah seluruh peristiwa tersebut hanya berlangsung sekitar 8 jam.

Hingga saat ini, belum ada penjelasan yang cukup mendasar tentang peristiwa Isra' dan Mi'raj. Namun, dalam kesempatan kali ini kita akan membahas terkait ruang dan waktu. Sebab, kedua hal inilah yang Allah sebutkan dalam QS. Isra' ayat 1. Kedua hal inilah yang mewakili dahsyatnya perjalanan Nabi Muhammad SAW.

Ruang merupakan tempat kita hidup di dalamnya. Di dalam ruang terdapat titik-titik yang tak terhitung jumlahnya. Pada dasarnya, titik-titik yang berkumpul memanjang dan membentuk garis disebut objek berdimensi satu. Sedangkan garis yang menyapu ke samping membentuk permukaan atau bidang disebut objek berdimensi dua. Lalu, permukaan yang menyapu ke samping membentuk volume atau ruang disebut objek berdimensi tiga.

Para ahli matematika mengembangkan konsep ruang abstrak berdimensi  $n$  yang lebih dari tiga. Dalam perspektif ruang abstrak berdimensi  $n$ , maka garis dapat disebut ruang dimensi 1, bidang adalah ruang dimensi 2 dan volume adalah ruang dimensi 3. Melalui perspektif ini, ruang dan waktu dapat digabung sebagai ruang dimensi 4 atau dapat disebut ruang dan waktu dimensi 4.

Garis sebagai ruang dimensi satu dapat berupa garis lurus dan lengkung. Begitu juga dengan bidang sebagai ruang dimensi 2, ia dapat berupa permukaan datar atau permukaan yang melengkung seperti permukaan bola. Terkait dengan struktur ruang-waktu yang bisa jadi datar atau lengkung, pertanyaannya adalah bagaimana mengetahui bahwa ruang yang kita tempat ini melengkung atau tidak? Objek apakah yang dapat menguji kelengkungan ruang?

Di sisi lain, karena masalah yang kita bahas adalah struktur ruang-waktu, kita harus melibatkan ruang skala luas, yaitu ruang angkasa atau ruang antarbintang. Sumber cahaya di ruang angkasa adalah bintang-bintang. Bintang memancarkan cahaya ke seluruh ruang di sekitar dirinya. Lantas, bagaimana cahaya dari suatu bintang dapat menjadi petunjuk bahwa ruang yang dilalui cahaya bintang tersebut datar atau lengkung? bagaimana mengetahui cahaya bintang telah bergerak dalam lintasan lurus atau lengkung? Pertanyaan-pertanyaan di atas dapat dijelaskan melalui peristiwa Gerhana Matahari Total.

Matahari muncul menandai siang hari. Kekuatan cahaya matahari membuat benda-benda langit, termasuk bintang-bintang tidak terlihat di bumi. Jika matahari menghalangi bintang dan diasumsikan cahaya bintang bergerak melengkung, maka siang pada saat itu seharusnya mejadi gelap. Siang hari menjadi gelap adalah merupakan peristiwa Gerhana Matahari Total, yaitu Matahari-Bulan-Bumi berada dalam satu garis lurus. Perhatikan gambar di bawah ini.

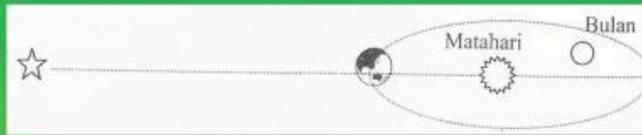


**Gambar.** Gerhana Matahari Total

**Sumber:** Purwanto, A. 2012. *Nalar-Nalar Ajut Semesta*. Jakarta : Mizan.

Namun, seperti yang telah dipaparkan, bintang hanya dapat terlihat di malam hari. Lalu, bagaimana menguji bahwa bintang berada pada posisi di belakang matahari?

Mengingat bumi bergerak mengelilingi matahari, pengujian posisi bintang yang terhalang matahari masih dapat dilakukan. Pengamatan atas permasalahan ini setidaknya dilakukan dua kali. *Pertama*, pengamatan ketika siang hari dalam keadaan gelap akibat gerhana matahari total. *Kedua*, pengamatan pada enam bulan setelah atau sebelum gerhana matahari total. Perhatikan gambar berikut.



**Gambar.** Posisi Bumi Pada 6 Bulan Setelah Gerhana Matahari Total

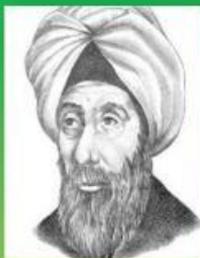
**Sumber :** Purwanto, A. 2012. *Nalar-Nalar Agung Semesta*. Jakarta : Mizan.

Enam bulan setelah atau sebelum gerhana matahari total, bagian bumi yang menghadap matahari ketika gerhana, akan bergerak membelakanginya sehingga terjadi malam. Oleh karena itu, bintang akan dapat teramati. Cara inilah yang digunakan astronom inggris, Arthur Stanley Eddington, pada 29 Mei 1919 untuk membuktikan prediksi pembelokan lintasan cahaya menurut teori relativitas umum Einstein. Bintang tetap dapat teramati meski berada di belakang matahari. Artinya, cahaya berbelok dan tidak menabrak matahari. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa ruang di sekitar matahari berstruktur melengkung bagaikan permukaan sebuah wajan.

Teori relativitas umum Einstein adalah teori tentang geometri ruang-waktu bagi gravitasi. Kelengkungan ruang-waktu menyebabkan gravitasi. Ruang dan waktu adalah objek yang memiliki sifat dipengaruhi oleh materi atau massa dan energi (Agus Purwanto, 2012).

Struktur ruang dan waktu ternyata sangat unik. Tidak hanya datar seperti yang telah disebutkan oleh seorang ahli matematika yaitu Euclid. Ruang-waktu ternyata dapat melengkung. Bukan hanya itu, dimensi ruang-waktu alam semesta tidak hanya sebatas empat, melainkan lebih. Peristiwa Mi'raj mengindikasikan adanya dimensi yang lebih tinggi dibandingkan dimensi tersebut. Kekuasaan Allah SWT sang Maha Pencipta bukan dalam bentuk sulap untuk membawa Rasulullah SAW bersama Jibril pergi dari Jazirah Arab sampai ke Sidrotul Muntaha. Allah SWT telah membangun struktur ruang-waktu yang kompleks nan indah. *Wallahu A'lam*

## TOKOH ISLAM



Gambar 3.7. Yusuf Ibnu Ishaq Al-Kindi

Sumber : [www.yelma.com](http://www.yelma.com), diakses pada 20 April 2017

YUSUF IBNU ISHAQ AL-KINDI

Yusuf Ibnu Ishaq Al-Kindi adalah seorang ilmuwan muslim yang jenius pada masa dinasti Abbasiyah di Baghdad. Menurut An-Nadhim, selama berkuat di Baghdad tepatnya di Baitul Hikmah (perpustakaan paling maju di masa itu), Al-Kindi telah membuat 260 karya. Akhir-akhir ini, banyak teori bermunculan bahwa Al-Kindi adalah pencetus teori relativitas yang pertama jauh sebelum Albert Einstein. Dalam karyanya *Al-Falsafa Al-Ulla*, Al-Kindi telah mencetuskan teori relativitas.

Menurut Al-Kindi, fisik bumi dan seluruh fenomena fisik adalah relatif. Al-Kindi Menuliskan dalam karyanya

*"Relativitas adalah esensi dari hukum eksistensi. Waktu, gerakan dan benda semuanya adalah relatif dan tidak absolut."* Gagasan yang dituliskan Al-Kindi ini sama dengan apa yang diungkapkan oleh Einstein dalam karyanya yang berjudul *La Relativite*, yaitu *"Sebelum teori relativitas dicetuskan, fisika klasik selalu menganggap bahwa waktu adalah absolut"*. Namun, ilmuwan barat seperti Galileo, Decrates dan Newton, menganggap fenomena itu sebagai sesuatu yang absolut. Hanya Einsteinlah yang sepaham dengan pemikiran Al-Kindi (Andraramadhan 2017, diakses pada 20 April 2017)

## Rangkuman

1. Relativitas Newton membicarakan gerak benda yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan cahaya yang dinyatakan dalam persamaan :

$$u_x = u_x + v \quad \text{dan} \quad u_x = u_x - v$$

2. Relativitas Einstein yaitu mem-bicarakan benda yang bergerak mendekati kecepatan cahaya, menurut Einstein kecepatan benda dinyatakan :

$$u_x = \frac{u_x - v}{\left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)} \quad \text{dan} \quad u_x = \frac{u_x + v}{\left(1 + \frac{u_x v}{c^2}\right)}$$

3. Dalam mengemukakan teori relativitas khusus, Einstein menyatakan bahwa waktu pengamatan antara pengamat yang diam dengan pengamat yang bergerak relatif terhadap kejadian/ peristiwa adalah tidak sama. Peristiwa ini disebut dilatasi waktu, secara matematis dituliskan :

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

4. Pengukuran panjang suatu benda apabila dilakukan dengan ber-gerak akan selalu menghasilkan hasil pengukuran yang lebih pendek dibandingkan dengan pengukuran dalam keadaan diam. Pengerutan hasil pengukuran ini disebut kontraksi panjang/ kontraksi Lorentz, secara matematis dituliskan :

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

5. Antara massa dan energi menurut Einstein saling berhubungan, di mana kesetaraan antara massa benda dengan energi dinyatakan :

$$E = mc^2$$

6. Energi kinetik yang dimiliki oleh sebuah benda menurut Einstein adalah selisih antara energi total dengan energi diamnya yang bisa dinyatakan :

$$E_{k-rel} = (\gamma - 1)m_0c^2$$



### UJI KOMPETENSI 3



Kerjakanlah dengan membaca *Basmillah* terlebih dahulu !

A. Berilah tanda silang ( x ) pada A, B, C, D atau E untuk jawaban yang benar!

(Skor : 4 point)

- Hipotesis eter dari Huygens sebagai medium rambatan gelombang cahaya tidak benar, percobaan yang membuktikan tidak adanya eter adalah ...
  - Percobaan Compton
  - Percobaan Davidson dan Germer
  - Percobaan Michelson-Morley
  - Percobaan Lorentz
  - Percobaan Galileo
- Postulat kedua dari Einstein menyatakan bahwa ....
  - Semua hukum-hukum Fisika dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan yang sama untuk semua kerangka acuan universal.
  - Hasil pengukuran waktu yang dilakukan oleh pengamat yang bergerak dengan pengamat yang diam adalah sama.
  - Kecepatan gelombang cahaya adalah sama untuk semua pengamat dan tidak tergantung pada gerak si pengamat atau gerak sumber cahaya.
  - Pengukuran panjang benda yang dilakukan oleh pengamat yang diam dan bergerak menghasilkan hasil yang tidak sama.
  - Massa benda bersifat relatif yang berarti massa benda berubah yang besarnya bergantung pada kecepatan benda bergerak.
- Periode suatu pendulum di muka bumi besarnya 3,0 detik. Bila pendulum tersebut diamati oleh seseorang yang bergerak relatif terhadap bumi dengan kecepatan  $0,95c$  ( $c$  = kecepatan cahaya), maka periode pendulum tersebut dalam detik menjadi ...
  - 0,5
  - 1,5
  - 9,6
  - 15
  - 300
- Sebuah roket bergerak dengan kecepatan  $0,8c$ . Apabila diamati oleh pengamat yang diam, panjang roket itu akan menyusut sebesar ...
  - 20 %
  - 36 %
  - 40 %
  - 60 %
  - 80 %
- Sebuah partikel bergerak dengan kecepatan  $0,6c$ , maka massa partikel tersebut selama geraknya adalah ....
  - $0,8 m_0$
  - $1,0 m_0$
  - $1,25 m_0$
  - $1,50 m_0$
  - $1,60 m_0$

6. Sebuah roket di bumi mempunyai panjang 100 m, roket tersebut bergerak dengan kecepatan  $0,8 c$ , menurut seorang pengamat yang tinggal di bumi panjang roket tersebut menjadi ....
- A. 50 m  
B. 60 m  
C. 70 m  
D. 80 m  
E. 100 m
7. Perbandingan dilatasi waktu untuk sistem yang bergerak pada kecepatan  $0,8 c$  ( $c$  = kecepatan rambat cahaya) dengan sistem yang bergerak dengan kecepatan  $\frac{1}{2} c$  adalah ....
- A. 1 : 2  
B. 1 :  $\sqrt{3}$   
C.  $\sqrt{3}$  : 1  
D. 2 : 3  
E. 3 : 2
8. Menurut orang yang tinggal di bumi jarak antara planet dengan bumi adalah 20 tahun cahaya, tetapi jarak antara planet X dengan bumi menurut pengamat yang berada dalam pesawat angkasa yang bergerak dengan kecepatan  $0,6 c$  adalah ....
- A. 10 tahun cahaya  
B. 14 tahun cahaya  
C. 16 tahun cahaya  
D. 18 tahun cahaya  
E. 20 tahun cahaya
9. Besarnya energi kinetik sebuah partikel yang bergerak mendekati kecepatan cahaya menurut relativitas Einstein dinyatakan ....
- A.  $\frac{1}{2} mv^2$   
B.  $mc^2 + mc^2$   
C.  $mc^2 - mc^2$   
D.  $mc^2 - mc^2$   
E.  $\frac{1}{2} mc^2 - \frac{1}{2} mc^2$
10. Sebuah benda mempunyai massa 2 gram. Jika benda tersebut bergerak dengan kecepatan  $0,6 c$  dan cepat rambat cahaya  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ , maka energi kinetik benda itu adalah ....
- A.  $2,25 \times 10^{13} \text{ J}$   
B.  $3,25 \times 10^{13} \text{ J}$   
C.  $4,00 \times 10^{13} \text{ J}$   
D.  $4,50 \times 10^{13} \text{ J}$   
E.  $5,00 \times 10^{13} \text{ J}$

### Jumlah skor soal A :

#### B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan baik dan benar!

- Seorang antariksa dalam sebuah wahana antariksa melakukan perjalanan menjauhi bumi dengan kecepatan  $0,6 c$ . Dia mengatakan akan beristirahat selama 1 jam di ruang kendali dan akan menelepon kembali. Berapa lamakah tidurnya sebagai mana yang diukur di bumi? (skor 10 point)
- Berapakah kecepatan benda bergerak agar panjang benda yang diamati oleh orang yang diam menjadi  $\frac{4}{5}$  panjang diamnya? (skor 10)
- Suatu partikel bergerak apabila energi kinetiknya sama dengan setengah energi diamnya. Tentukan berapa kecepatan partikel itu bergerak! (skor 10 point)
- Elektron dengan energi diam  $0,511 \text{ eV}$  bergerak dengan kecepatan  $0,8 c$ . Carilah energi total dan energi kinetiknya! (skor 15 point)

5. Jelaskanlah dengan baik dan benar kandungan Surat Al-Hajj ayat 47 dan As-Sajdah ayat 5, kaitannya dengan teori relativitas khusus Einstein ! (skor 15 point)

### Jumlah skor soal B :

### Umpan Balik

Cocokkan jawaban kalian dengan kunci jawaban uji kompetensi 3 yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Hitunglah skor soal A dan skor soal B dengan menggunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat pengetahuan kalian terhadap materi medan magnetik.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{jumlah Skor A} + \text{Skor B}}{100} \times 100\%$$

Keterangan tingkat penguasaan :

90 – 100% = baik sekali

80 – 89% = baik

70 – 79% = cukup

< 70% = kurang

Bersyukurlah jika tingkat penguasaan kalian mencapai 75% atau lebih. Artinya kalian telah menguasai materi Bab 3 ini dan telah siap untuk melanjutkan pada Bab selanjutnya. Tetapi jika tingkat penguasaan kalian masih di bawah 75 %, maka kalian harus mempelajari ulang Bab 3 terutama pada bagian yang belum kalian kuasai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ar-Rifa'i, Nasib M. 2007. *Kemudahan dari Allah : Ringkasan Tafsir Ibnu Katsir/ Muhammad Nasib Ar-Rifa'i*. Jakarta : GEMA INSANI.
- Arsini & Alwiyah. 2014. *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar II UIN Walisongo Semarang*. Semarang : UIN Walisongo Semarang.
- Dema. 2017. *Beginilah Penjelasan Ilmiah Terbentuknya Jabal Magnet*. Diunduh di <http://www.iphi.web.id/> tanggal 3 April 2017.
- Gonnick, Larry. 2008. *Kartun Fisika*. Jakarta : Gramedia.
- Griffith, D & College, R. 1999. *Introduction to Electrodynamics*. New Jersey : Prentice Hall.
- Gonnick & Criddle. 2007. *Kartun Kimia*. Jakarta : Gramedia.
- Hambali, 2016. *Biografi Professor Abdus Salam Fisikawan*. Diunduh di <http://www.biografiku.com/> tanggal 3 April 2017.
- Kanginan, Marthen. 2007. *FISIKA 3b Untuk SMA Kelas XII*. Jakarta : Erlangga.
- Krane, K & Beiser, A. 2003. *Fisika Modern*. New York : McGraw-Hill.
- Murodi. 2016. *Biografi Al-Razi (865-925) Sang Kimiawan*. Diunduh di <http://www.biografiku.com/> tanggal 3 Mei 2017.
- Musthofa, Agus. 2005. *Terpesona di Sidrotul Muntaha*. Surabaya : PADMA Press.
- Purwanto, Agus. 2012. *NALAR AYAT-AYAT SEMESTA*. Jakarta : Mizan.
- Purwoko & Fendi. 2010. *FISIKA 3 SMA Kelas XII*. Jakarta : Yudhistira.
- Ramadhan, Andra. 2017. *Begini Cerita Penemu Matematis Skala Musik*. Diunduh di <http://www.vebma.com/> tanggal 20 April 2017.
- Sari, Maya. 2015. *7 Proses Terjadinya Aurora Di Daerah Kutub Secara Singkat*. Diunduh di <http://www.ilmugeografi.com/> tanggal 10 April 2017.
- Shihab, M. Quraish. 2006. *Tafsir Al-Misbah : Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta : Lentera Hati.
- Suharyanto, Karyono, & Dwi. 2009. *Fisika : Untuk SMA dan MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan.
- Suprayitno. 2006. *Fisika 3 untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta : Phibeta.
- Tijar, Ainut. 2013. *Unsur Apa Saja Sih Yang Membentuk Planet Bumi Kita Ini*. Diunduh di <http://www.ainuttijar.blogspot.co.id/> tanggal 19 April 2017.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik Edisi ketiga*. Jakarta : Erlangga.
- Wardhana, A. Wisnu. 2004. *Al-Qur'an dan Energi Nuklir*. Yogyakarta : PUSTAKA PELAJAR
- Wardhana, A. Wisnu. 2009. *Melacak Teori Einstein Dalam Al-Qur'an*. Yogyakarta : PUSTAKA PELAJAR.

## DAFTAR BESARAN

NO	BESARAN	SIMBOL	SATUAN
1	Energi	$E$	J
2	Frekwensi	$f$	Hz
3	Gaya Lorentz	$F$	N
4	Jarak	$r$	m
5	Jumlah lilitan	$N$	Lilitan
6	Kecepatan	$v$	m/s
7	Kuat arus	$I$	A
8	Massa	$m$	Kg
9	Medan Magnetik	$B$	T
10	Muatan	$q$	C
11	Panjang	$l$	m
12	Panjang Gelombang	$\lambda$	m
13	Percepatan	$a$	m/s <sup>2</sup>
14	waktu	$t$	s

## DAFTAR TETAPAN

NO	BESARAN	SIMBOL	NILAI
1	Laju cahaya di ruang hampa	$c$	$3 \times 10^8$ m/s
2	Massa diam	$m_0$	$9 \times 10^{-31}$ kg
3	Permeabilitas vakum	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}$ Wb/Am
4	Tetapan Rydberg	$R_\infty$	$1,097 \times 10^7$ m <sup>-1</sup>

## KUNCI JAWABAN

### Uji Kompetensi 1

#### A. Pilihan Ganda

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

#### B. Essay

1. Faktor yang mempengaruhi besarnya medan magnetik adalah :
  - a. Berbanding lurus dengan kuat arus listrik ( $I$ ).
  - b. Berbanding lurus dengan panjang kawat ( $l$ ).
  - c. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik P ke elemen kawat penghantar ( $r$ ).
  - d. Sebanding dengan sinus sudut apit  $\theta$  antara arah arus dengan garis hubung antara titik P ke elemen kawat penghantar.
2. a)  $B = 0 \text{ T}$  dan b)  $B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
3. a.  $10\pi \times 10^{-3} \text{ T}$ ; b.  $0,00576\pi \times 10^{-3} \text{ T}$ .
4. 0,5 m
5. Di dalam **Tafsir Al-Muntakhab** dikemukakan bahwa Surat Al-Hadid ayat 25 menjelaskan sebuah unsur alam yaitu besi yang mempunyai kekuatan membahayakan dan dapat pula menguntungkan manusia, diantaranya besi dapat menampung **daya magnet**, hal ini terbukti secara ilmiah, sebab bumi merupakan magnet terbesar dan sebagian besar unsur bumi adalah besi. Jadi besi merupakan unsur utama pembentuk magnet.

### Uji Kompetensi 2

#### A. Pilihan ganda

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

## B. Essay

- Panjang gelombang yang terpanjangnya adalah  $\frac{144}{7R}$  merupakan deret paschen.
- Postulat-postulat Bohr :
  - Elektron berotasi mengelilingi inti atom tidak pada sembarang lintasan. Tetapi pada lintasan-lintasan tertentu tanpa membebaskan energi. Lintasan ini disebut *lintasan stasioner* dan memiliki energi tertentu.
  - Elektron dapat berpindah dari lintasan yang satu ke lintasan yang lain. Jika elektron pindah dari lintasan berenergi rendah (lintasan dalam) ke lintasan berenergi tinggi (lintasan luar) akan menyerap energi dan sebaliknya akan memancarkan energi. Energi yang dipancarkan atau diserap elektron sebesar  $hf$ .
  - Lintasan-lintasan yang diperkenankan elektron adalah lintasan-lintasan yang mempunyai momentum sudut kelipatan bulat dari  $h/2\pi$ .
- Ketiga panjang gelombangnya adalah :  $\lambda_{2,1} = 122 \text{ nm}$ ,  $\lambda_{3,1} = 10,2 \text{ nm}$ ,  $\lambda_{4,1} = 97 \text{ nm}$ 
  - bilangan kuantum utamanya  $n = 3$
  - bilangan kuantum orbitalnya  $l = 2$
  - besarnya momentum sudut  $L = h\sqrt{12}$
- Di dalam Surat Al-Qamar ayat 49, Surat Al-Furqan ayat 2 dan Surat Al-Mulk ayat 3 mengandung hikmah bahwa :
  - Allah SWT menciptakan segala sesuatu, termasuk elektron yang lebih kecil dari atom berputar mengelilingi inti atom **berdasarkan ukurannya (energi dan lintasannya) masing-masing**.
  - Elektron juga dapat berpindah ke lintasan terluar maupun terdalam dengan menyerap energi ataupun memancarkan energi, **sehingga dicapai suatu keseimbangan**.

Uji Kompetensi 3

## A. Pilihan ganda

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

## B. Essay

- Tidur siang mereka akan berlangsung 1,25 jam sebagaimana yang terukur di bumi.
- $v = 0,6 c$
- $v = \frac{1}{3} \sqrt{5} c$
- a) 0,853 eV b) 0,342 eV
- Surat Al-Hajj ayat 47 dan Surat As-sajdah ayat 5 mengandung hikmah :

- a. Terdapat konsep *dilatasi waktu* : . Semakin cepat gerakan suatu benda, maka waktu yang berlaku bagi penumpangnya akan semakin mulur (waktunya singkat). Bisa jadi, bagi dia perjalanan yang ditempuh hanya 1 hari. Tetapi bagi manusia yang berda di bumi, waktu sudah berjalan bertahun – tahun.
- b. Kecepatan cahaya : ayat – ayat di atas menyebutkan bahwa satu harinya malaikat sama dengan 1.000 tahun atau bahkan 50.000 tahun manusia di bumi. Malaikat tercipta dari *Nur* (cahaya) yang artinya malaikat dapat bergerak secepat kecepatan cahaya. Maka, apabila manusia membutuhkan 1.000 tahun cahaya untuk menuju ke suatu planet atau bintang, malaikat hanya membutuhkan 1 hari cahaya.



**Pendidikan Fisika**  
*UIN Walisongo Semarang*



## **RIWAYAT HIDUP**

### **A. Identitas Diri**

1. Nama lengkap : IMAM NUR HUDA
2. Tempat & tgl. Lahir : Pangkalan Bun, 01 Juni 1995
3. Alamat rumah : Jl. Cilik Riwut 02 Bamber  
Pangkalan Bun Kalimantan Tengah
4. Hp : 085799713441
5. Email : [imamnurhuda@gmail.com](mailto:imamnurhuda@gmail.com)

### **B. Riwayat Pendidikan**

1. Pendidikan Formal:
  - a. TK Pangkalan Bun Kalteng
  - b. SDN Mendawai 8 Kalteng
  - c. MTs Futuhiyyah 1 Mranggen Demak
  - d. MA Futuhiyyah 2 Mranggen Demak
2. Pendidikan Non-Formal:  
-

Semarang, 10 Januari 2018

**Imam Nur Huda**  
NIM : 133611071