

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK
STATIS, LISTRIK DINAMIS, DAN KEMAGNETAN KELAS IX
SMP/MTs BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM**

SKRIPSI

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



Oleh :
ROHMATUL AZIZAH
NIM : 133611045

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2018**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rohmatul Azizah
NIM : 133611045
Jurusan : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS,
LISTRIK DINAMIS, DAN KEMAGNETAN KELAS IX SMP/MTs
BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM**

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

Semarang, 31 Mei 2018
Pembuat Pernyataan,



Rohmatul Azizah
ROHMATUL AZIZAH
NIM: 133611045



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus II Ngaliyan Semarang
50185 Telp. (024) 76433366

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam**

Nama : Rohmatul Azizah

NIM : 133611045

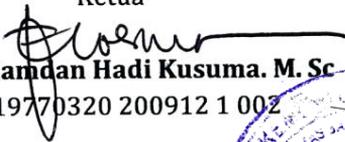
Jurusan : Pendidikan Fisika

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

Semarang, 9 Juli 2018

DEWAN PENGUJI

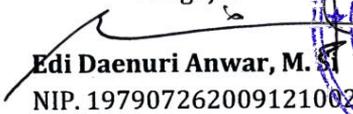
Ketua


Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M. Sc
NIP. 19770320 200912 1 002

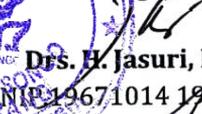
Sekretaris


Agus Sudarmanto, M. Si
NIP. 197708232009121001

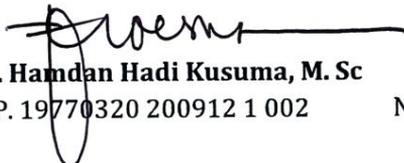
Penguji I


Edi Daenuri Anwar, M. Si
NIP. 197907262009121002

Penguji II


Drs. H. Jasuri, M. S.I
NIP. 19671014 1994031005

Pembimbing I


Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M. Sc
NIP. 19770320 200912 1 002

Pembimbing II


Fihris, M. Ag
NIP. 19771130 200701 2024

NOTA DINAS

Semarang, 31 Mei 2018

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

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam**
Nama : Rohmatul Azizah
NIM : 133611045
Program Studi : Pendidikan Fisika

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I,

Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M. Sc.
NIP: 19770320 200912 1 002

NOTA DINAS

Semarang, 31 Mei 2018

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

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam**
Nama : Rohmatul Azizah
NIM : 133611045
Program Studi : Pendidikan Fisika

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing II,

Fihris. M. Ag.

NIP: 19771130 200701 2024

ABSTRAK

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam**
Penulis : **Rohmatul Azizah**
NIM : **133611045**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan modul fisika pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan untuk siswa kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam, serta untuk mengetahui kualitas modul fisika tersebut. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan *Research & Development (R&D)* dengan prosedur penelitian pengembangan menurut Borg dan Gall yang batasi sampai dengan tahap validasi ahli. Instrumen yang digunakan berupa skala penilaian untuk mengetahui kualitas bahan ajar fisika yaitu menggunakan skala *Likert* dengan 5 kategori yang disusun dalam bentuk *checklist*. Analisis data yang dihasilkan berupa data kualitatif dan data kuantitatif dari ahli materi, ahli media, serta ahli integrasi sains dan Islam. Data kualitatif merupakan data berupa kritik dan saran dari tim ahli, sedangkan data kuantitatif merupakan data berupa skor (persentase). Hasil penilaian menunjukkan bahwa modul fisika ini layak digunakan dengan kategori sangat baik (SB). Hal ini didasarkan pada jumlah rata-rata skor dan persentase kelayakan modul oleh ahli materi dengan skor 4,4 dan persentase kelayakan 89%, penilaian oleh ahli media dengan skor 4,4 dan persentase kelayakan 89%, dan penilaian oleh ahli integrasi sains dan Islam dengan skor 4,3 dan persentase kelayakan 85%.

Kata Kunci: Modul Fisika, Integrasi Sains dan Islam

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahillobbi Alamin. Dengan menyebut asma Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Puji syukur dengan hati yang tulus tercurahkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW yang senantiasa membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh akan ilmu.

Skripsi yang berjudul “Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam” 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 dan

pembimbing I yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta dengan tekun dan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun skripsi ini.

4. Fihris, M. Ag., selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta dengan tekun dan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun skripsi ini.
5. Biaunik Niski Kumila, M. S., Hesti Khuzaimah Nurul Yusufiyah, M. Eng., dan Drs. H. Jasuri, M. SI selaku tim validator modul fisika yang telah memberikan penilaian.
6. Khoiruman Soleh, S. Ag. M. Pd selaku guru mata pelajaran IPA kelas IX MTs N Bonang Demak yang telah membantu penulis memberikan penilaian terhadap modul fisika.
7. Askhan, S. Pd selaku Kepala Sekolah dan guru mata pelajaran IPA kelas IX MTs Miftahul Ulum Weding Demak yang telah membantu penulis memberikan penilaian terhadap modul.
8. Bapak Abdul Basir (alm) dan Ibu Suarti selaku orang tua penulis, yang telah memberikan segalanya baik do'a, semangat, cinta, kasih sayang, ilmu dan bimbingan, yang tidak dapat tergantikan dengan apapun.
9. Saudara kandungku Nurul Ida Wati, Nur Khusniyah, dan Ahmad Mujib yang telah memberikan semangat, motivasi dan do'a sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

10. Mas Heri Iswanto yang telah banyak membantu penulis, dan memotivasi sekaligus menjadi penyemangat ketika penulis merasa pesimis.
11. Sahabat-sahabat terbaik Pendidikan Fisika angkatan 2013 yang menjadi teman belajar, memberikan kenangan terindah serta pelajaran berharga.
12. Teman-teman PPL SMPN 16 Semarang yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.
13. Teman-teman KKN MIT 3 Posko 34 Desa Keseneng Kecamatan Sumowono Semarang yang selalu memberikan motivasi dan dukungan.
14. 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, 31 Mei 2018
Penulis,

Rohmatul Azizah
NIM: 133611045

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I: PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	5
D. Spesifikasi Produk.....	7
E. Asumsi dan Batasan Pengembangan.....	8
BAB II : KAJIAN TEORI	
A. Deskripsi Teori	10
1. Modul.....	10
2. Integrasi Sains dan Islam.....	15
3. Modul Berbasis Integrasi Sains dan Islam..	19
4. Listrik Statis	19
5. Listrik Dinamis	24

6. Kemagnetan	31
B. Kajian Pustaka	36
C. Kerangka Berpikir	39
BAB III: METODOLOGI	
A. Model Pengembangan	40
B. Prosedur Pengembangan	43
C. Subjek Penelitian	47
D. Teknik Pengumpulan Data.....	47
E. Teknik Analisis Data.....	48
BAB IV: DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA	
A. Deskripsi Prototipe Produk	51
B. Validasi Produk	72
C. Prototipe Hasil Pengembangan	81
BAB V: PENUTUP	
A. Kesimpulan	85
B. Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Jenis Sumber Arus Listrik	28
Tabel 3.1	Interval Kelas	49
Tabel 3.2	Kriteria Validitas	50
Tabel 4.1	Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Materi	66
Tabel 4.2	Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Media	69
Tabel 4.3	Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Integrasi Sains dan Islam	70
Tabel 4.4	Kritik dan Saran Modul Fisika oleh Ahli Materi	74
Tabel 4.5	Kritik dan Saran Modul Fisika oleh Ahli Media	77
Tabel 4.6	Kritik dan Saran Modul Fisika oleh Ahli Integrasi Sains dan Islam	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Tiga Buah Resistor yang Dirangkai Seri	27
Gambar 2.2	Tiga Buah Resistor yang Dirangkai Paralel	27
Gambar 2.3	Bentuk-Bentuk Magnet	31
Gambar 2.4	Garis-Garis Gaya Magnet	33
Gambar 2.5	Arah Panah yang Mengelilingi Kawat Menunjukkan Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus	33
Gambar 2.6	Kaidah Tangan Kanan	34
Gambar 2.7	Arah Jarum Galvanometer Saat Magnet Batang Masuk Diam dan Keluar Kumparan	35
Gambar 3.1	Prosedur Pengembangan Modul	46
Gambar 4.1	<i>Cover</i> Depan dan <i>Cover</i> Belakang Produ Modul Fisika	55
Gambar 4.2	Grafik Penilaian Ahli Materi	67
Gambar 4.3	Grafis Sebelum Direvisi	75
Gambar 4.4	Grafis Setelah Direvisi	75
Gambar 4.5	Materi Sebelum Direvisi	75
Gambar 4.6	Materi Setelah Direvisi	76
Gambar 4.7	Typo Sebelum Direvisi	78
Gambar 4.8	Typo Setelah Direvisi	78

Gambar 4.9	Sumber Gambar Sebelum Direvisi	79
Gambar 4.10	Sumber Gambar Setelah Direvisi	79
Gambar 4.11	Pilihan Warna Sebelum Direvisi	80
Gambar 4.12	Pilihan Warna Setelah Direvisi	81
Gambar 4.13	<i>Cover</i> Modul Fisika	81

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Surat Penunjukan Pembimbing Skripsi
- Lampiran 2 Surat Riset MTs N Bonang
- Lampiran 3 Surat Riset MTs Miftahul Ulum Weding
- Lampiran 4 Surat Pasca Riset MTs N Bonang
- Lampiran 5 Surat Pasca Riset MTs Miftahul Ulum Weding
- Lampiran 6 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Materi
- Lampiran 7 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Media
- Lampiran 8 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Integrasi Sains dan Islam
- Lampiran 9 Instrumen Hasil Penelitian Ahli Materi
- Lampiran 10 Instrumen Hasil Penelitian Ahli Media
- Lampiran 11 Instrumen Hasil Penelitian Ahli Integrasi Sains dan Islam
- Lampiran 12 Instrumen Hasil Penelitian Guru MTs N Bonang
- Lampiran 13 Instrumen Hasil Penelitian Guru MTs Miftahul Ulum Weding
- Lampiran 14 Daftar Nama Ahli Materi, Ahli Media, Ahli Integrasi Sains dan Islam, Guru IPA SMP/MTs Kelas IX
- Lampiran 15 Produk Akhir Modul Fisika

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan adalah usaha untuk mewujudkan potensi pribadi yang mempunyai kecerdasan, spiritual keagamaan, akhlak mulia, dan keterampilan yang diperlukan untuk dirinya sendiri, keluarga, masyarakat, bangsa, dan negara (Depdiknas, 2003). Pendidikan dalam arti luas dipahami sebagai *long life education* (hidup itu sendiri) dan pendidikan alam, sedangkan dalam arti yang sempit pendidikan identik dengan sekolah (Soyomukti, 2016). Pendidikan memiliki tujuan untuk meningkatkan potensi diri seseorang, baik dilakukan di lingkungan sekolah, keluarga, dan masyarakat sehingga terbentuk akhlak mulia. Salah satu potensi yang harus ditingkatkan adalah kecerdasan. Kecerdasan seseorang dapat ditingkatkan melalui sebuah proses yaitu belajar.

Belajar adalah suatu perubahan tingkah laku yang disebabkan karena pengalaman dan latihan. Pengalaman dan latihan merupakan aktivitas guru sebagai pengajar dan aktivitas siswa sebagai pelajar (Sunhaji, 2014). Belajar bisa dilakukan melalui interaksi antara guru dengan siswa yang terjadi di sekolah. Interaksi yang dilakukan guru dan siswa dalam pembelajaran di sekolah membutuhkan materi pelajaran sesuai kurikulum yang berlaku.

Menurut Sanjaya, (2008), materi pelajaran (*learning materials*) adalah segala sesuatu yang menjadi isi kurikulum yang harus dikuasai oleh siswa sesuai dengan kompetensi dasar dalam rangka pencapaian standar kompetensi setiap mata pelajaran dalam satuan pendidikan tertentu. Materi pelajaran yang diterima oleh siswa tergantung dari tingkat kesukaran materi dan keterampilan guru dalam menyampaikan materi pelajaran. Penyampaian materi pelajaran dapat dilakukan dengan komunikasi yang baik agar siswa mampu memahami materi pelajaran secara maksimal. Komunikasi bisa dilakukan dengan menggunakan strategi dan metode pembelajaran yang dibantu oleh media pembelajaran.

Perkembangan sains dan teknologi yang sangat pesat mendorong untuk memanfaatkan hasil teknologi dalam meningkatkan hasil belajar. Hasil belajar yang baik dapat diperoleh dalam proses pembelajaran dengan memanfaatkan media pembelajaran. Media pembelajaran adalah alat yang mampu menunjang sistem belajar mengajar dan berperan untuk memperjelas makna pesan yang di sampaikan, sehingga dapat mencapai tujuan pembelajaran yang lebih baik dan sempurna (Kustandi dan Sutjipto, 2011: 8). Berdasarkan perkembangan teknologi, media pembelajaran dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu media hasil teknologi cetak, media hasil teknologi

audio visual, media hasil teknologi berbasis komputer, dan media hasil gabungan teknologi cetak dan komputer (Azhar, 2000: 29). Media hasil teknologi cetak mempunyai berbagai macam, salah satunya yaitu modul.

Modul dapat diartikan sebagai materi pelajaran yang disusun dan ditulis secara sistematis sehingga pembacanya diharapkan dapat menyerap materi secara mandiri. Dengan kata lain, sebuah modul adalah sebagai bahan belajar dimana pembacanya dapat belajar mandiri (Daryanto, 2013: 31). Modul sebagai salah satu sumber belajar siswa untuk memperoleh informasi ilmu pembelajaran. Modul dirancang dan ditulis secara baik menggunakan bahasa yang mudah dipahami untuk membantu siswa dalam mencapai tujuan proses pembelajaran. Modul dapat dikembangkan berdasarkan kebutuhan siswa, salah satunya dikombinasikan atau dipadukan dengan ayat-ayat Al-Qur'an yang berkaitan dengan materi fisika.

Fisika adalah ilmu yang mempelajari fenomena-fenomena benda yang tidak hidup (Purwaningrum, 2015). Kebanyakan siswa beranggapan bahwa fisika adalah mata pelajaran yang sulit. Anggapan siswa bahwa fisika mata pelajaran yang sulit dapat mempengaruhi minat belajar siswa dan akhirnya hasil belajar fisika kurang maksimal. Strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan minat

siswa sehingga hasil belajar fisika menjadi maksimal yaitu dengan media pembelajaran berupa modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam. Modul dikemas secara baik dan sistematis yang dipadukan materi fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an dan nilai-nilai agama. Modul berbasis integrasi sains dan Islam diharapkan siswa dapat lebih memahami keterkaitan antara sains dan Islam, sehingga dapat memiliki kecerdasan dengan spiritual keagamaan yang kuat dan berakhlakul karimah.

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, mencari literatur buku di beberapa toko buku di Semarang, dan pengalaman waktu sekolah dengan adanya LKS yang dipadukan dengan ayat-ayat Al-Qur'an, maka penulis ingin melakukan penelitian yang berjudul "Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam"

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana prosedur pengembangan modul fisika materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam?

2. Bagaimana kualitas modul fisika materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains dan Islam serta guru fisika?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Prosedur pengembangan modul fisika materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs menggunakan model Borg & Gall dengan berbasis integrasi sains dan Islam.
- b. Mengetahui kualitas modul fisika materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam berdasarkan penilaian dari ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains dan Islam serta guru fisika.

2. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang terlibat dalam proses pembelajaran fisika baik siswa, guru, sekolah, peneliti, maupun peneliti lain.

a. Bagi Siswa

Memberikan penguatan karakter siswa terutama dalam pembelajaran fisika dan memberikan alternatif sumber belajar mandiri.

b. Bagi Guru

Sebagai perangkat pembelajaran yang berisi tentang integrasi sains dan Islam yang ada dalam Al-Qur'an.

c. Bagi Sekolah

Menjadi pertimbangan untuk meningkatkan mutu pembelajaran di sekolah atau instansi lainnya yang berkaitan dengan penerapan modul dalam pembelajaran di sekolah sehingga diharapkan dapat memajukan kualitas pendidikan. Selain itu, memberikan informasi dan masukan kepada pihak sekolah dalam mengambil kebijakan untuk meningkatkan integrasi sains dan Islam pembelajaran fisika.

d. Bagi Peneliti

Menambah pengalaman dalam bidang penelitian dan pengembangan (*research and development /R & D*) mengenai perangkat pembelajaran yang tepat dalam proses pembelajaran.

e. Bagi Peneliti Lain

Dapat digunakan sebagai bahan informasi dan acuan pengembangan modul berbasis integrasi sains dan Islam untuk materi fisika yang lain.

D. Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut:

1. Modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam untuk siswa SMP/MTs kelas IX.
2. Modul berisi materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.
3. Modul disusun berdasarkan kurikulum 2013 revisi 2016.
4. Integrasi sains dan Islam yang digunakan dalam pengembangan modul ini yaitu keterkaitan antara materi fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an dan ilmu agama.
5. Bagian-bagian pada modul fisika ini antara lain: judul buku, kata pengantar, petunjuk penggunaan modul, daftar isi, standar isi (kompetensi inti, kompetensi dasar, indikator, dan tujuan pembelajaran), peta konsep, inti materi, kata kunci, apersepsi, ayo kita selesaikan, materi, contoh soal, uji kompetensi, lembar kerja, jelajah konsep, ilmuwan muslim sains kita, bintang ipa, fokus

ipa, ayo kita renungkan, rangkuman, evaluasi bab, penilaian proyek, penilaian produk, daftar pustaka, glosarium, dan kunci jawaban.

E. Asumsi Pengembangan dan Batasan Pengembangan

1. Asumsi Pengembangan

- a. Modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan dapat dijadikan alternatif sumber dan media pembelajaran bagi guru dan siswa SMP/MTs Kelas IX.
- b. Sebagai sarana dalam menumbuh kembangkan nilai-nilai keagamaan dalam pelajaran IPA khususnya pada pembelajaran fisika.
- c. Modul ini dinilai oleh ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains dan Islam serta guru fisika SMP/MTs.
- d. Ahli materi dan Guru fisika mempunyai kompetensi dan pemahaman tentang materi fisika.

2. Batasan Pengembangan

- a. Materi yang dikembangkan dalam modul berbasis integrasi sains dan Islam untuk siswa SMP/MTs kelas IX adalah listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.

- b. Modul hanya dinilai oleh 1 ahli materi, 1 ahli media, 1 ahli integrasi sains dan Islam serta 2 guru SMP/MTs dan tidak diujikan kepada siswa.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Modul

a. Pengertian Modul

Menurut Nasution, modul dapat dirumuskan sebagai suatu unit yang lengkap yang berdiri sendiri dan terdiri atas suatu rangkaian aktivitas belajar yang disusun untuk membantu siswa menjangkau sejumlah tujuan yang dirumuskan secara khusus dan jelas (Nasution, 2010). Sementara menurut Abdul Majid, modul adalah suatu buku yang ditulis dengan tujuan supaya siswa bisa belajar dengan mandiri tanpa atau dengan arahan guru (Majid, 2006).

Menurut Daryanto (2013: 9), modul merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas dengan utuh dan sistematis, didalamnya berisi seperangkat pengalaman belajar yang terencana serta didesain untuk mendukung siswa menguasai arah belajar yang spesifik. Berdasarkan pengertian modul yang telah diuraikan oleh para ahli, modul merupakan sarana belajar yang bersifat mandiri, sehingga siswa mampu belajar secara mandiri sesuai dengan kecepatan masing-masing.

b. Karakteristik Modul

Pengembangan modul agar menghasilkan modul yang baik maka harus memperhatikan karakteristik yang diperlukan sebagai modul, antara lain (Daryanto, 2013)

1) Self Instruction

Mampu belajar secara mandiri dan tidak tergantung pada pihak lain.

2) Self Contained

Seluruh materi pembelajaran yang dibutuhkan termuat dalam modul.

3) Berdiri Sendiri (Stand Alone)

Karakteristik modul tidak tergantung pada bahan ajar/media lain, atau tidak harus digunakan bersama dengan bahan ajar/media lain.

4) Adaptif

Modul dikatakan adaptif apabila modul tersebut mampu menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta fleksibel atau luwes dimanfaatkan di berbagai perangkat keras (*hardware*).

5) Bersahabat/Akrab (User Friendly)

Modul hendaknya juga memenuhi kaidah bersahabat/akrab dengan pemakainya. Setiap instruksi dan paparan informasi yang tampil

bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan.

c. Fungsi Modul

Modul sebagai bahan ajar cetak, mempunyai fungsi sebagai berikut (Prastowo, 2014)

1) Bahan ajar mandiri

Modul dalam kegiatan pembelajaran berperan untuk meningkatkan kemampuan siswa untuk belajar sendiri tanpa tergantung pada kehadiran guru.

2) Pengganti fungsi guru

Modul dapat menjelaskan materi pembelajaran dengan baik dan mudah dipahami oleh siswa sesuai dengan tingkat pengetahuan dan usianya.

3) Sebagai alat evaluasi

Modul dapat dimanfaatkan siswa untuk mengukur dan menilai sendiri tingkat penguasaan materi yang telah dipelajari.

4) Sebagai bahan rujukan bagi siswa

Modul berperan sebagai bahan referensi bagi siswa karena modul mengandung berbagai materi yang dapat dipelajari oleh siswa.

d. Tujuan Modul

Menurut Daryanto (2013), modul digunakan sebagai sarana belajar yang bersifat mandiri, sehingga siswa dapat belajar secara mandiri sesuai dengan kecepatan masing-masing. Menurut Nasution (2010), tujuan modul ada empat, diantaranya:

- 1) Membuka kesempatan siswa untuk belajar menurut kecepatan masing-masing.
- 2) Memberi kesempatan siswa untuk belajar menurut cara masing-masing.
- 3) Memberi pilihan dari sejumlah besar topik dalam rangka suatu mata pelajaran, mata kuliah, bidang studi atau disiplin bila kita anggap bahwa pelajar tidak mempunyai pola minat yang sama atau motivasi yang sama untuk mencapai tujuan yang sama.
- 4) Memberi kesempatan siswa untuk mengenal kelebihan dan kekurangannya dan memperbaiki kekurangannya melalui modul remedial, ulangan-ulangan atau variasi dalam belajar.

e. Keuntungan Modul

Menurut Nasution (2010), modul yang disusun dengan baik dapat memberikan banyak keuntungan bagi pelajar antara lain:

1) Balikan atau *Feedback*

Modul memberikan balikan sehingga siswa dapat mengetahui taraf hasil belajar. Kesalahan dapat segera diperbaiki dan tidak dibiarkan seperti halnya dengan pengajaran tradisional.

2) Penguasaan tuntas atau *mastery*

Pengajaran modul tidak menggunakan kurva normal sebagai dasar distribusi angka-angka. Setiap siswa mendapat kesempatan untuk mencapai angka tertinggi dengan menguasai bahan pelajaran secara tuntas dan sebagai dasar siswa untuk menghadapi pelajaran baru.

3) Tujuan

Modul disusun sedemikian rupa sehingga tujuannya jelas, spesifik dan dapat dicapai oleh siswa.

4) Motivasi

Pengajaran yang membimbing siswa untuk mencapai sukses melalui langkah-langkah yang teratur, pasti akan menimbulkan motivasi yang kuat untuk berusaha segiat-giatnya.

5) Fleksibilitas

Pengajaran modul dapat disesuaikan dengan perbedaan siswa diantaranya tentang kecepatan belajar, cara belajar, dan bahan pelajaran.

6) Kerjasama

Pengajaran modul mengurangi atau menghilangkan sebisa mungkin rasa persaingan di kalangan siswa supaya semua dapat mencapai hasil tertinggi. Kerjasama antara murid dengan guru dikembangkan karena keduanya merasa sama bertanggung jawab atas berhasilnya pengajaran.

7) Pengajaran remedial

Pengajaran modul dengan sengaja memberi pelajaran remedial yakni memperbaiki kekurangan, kesalahan atau kekurangan murid yang bisa ditemukan sendiri oleh murid berdasarkan evaluasi yang diberikan secara kontinu.

2. Integrasi Sains dan Islam

Kata integrasi (*integration*) yang artinya pencampuran, pengkombinasian dan perpaduan. Integrasi biasanya dilakukan terhadap dua hal atau lebih, dan masing-masing dapat saling mengisi (Karwadi, 2008). Sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) (2003), integrasi adalah pembauran hingga menjadi kesatuan yang utuh.

Menurut Ramli (2014), integrasi adalah suatu keterpaduan atau penggabungan dua bagian menjadi satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Berdasarkan pengertian yang telah diuraikan, integrasi dapat disimpulkan sebagai perpaduan antara dua hal atau lebih untuk menjadi satu kesatuan yang utuh dan dapat saling mengisi.

Sains berasal dari Bahasa asing *science* yang artinya pengetahuan. Sains adalah suatu cara khusus untuk menginvestigasi suatu pertanyaan (Anwar, 2016). Menurut Abuddin Nata (2011), Ilmu pengetahuan adalah pengetahuan yang dihasilkan melalui proses penelitian, pembuktian, pengujian dan percobaan secara mendalam, sistematis, objektif dan komprehensif dengan berbagai metode dan pendekatan sebagaimana yang terdapat dalam metode dan penelitian. Ilmu pengetahuan lebih lanjut dikhususkan para ilmu yang berbasis pada alam fisik yang disebut *natural sciences*, seperti fisika, biologi, dan astronomi. Berdasarkan pengertian sains yang telah diuraikan oleh para ahli, secara umum sains merupakan pengetahuan yang didasarkan pada observasi dan eksperimen.

Proses integrasi sains Islam adalah kombinasi antara ilmu sains dan ilmu Islam. Agama dan sains tidak dibenturkan satu dengan lainnya, tapi disinergikan

melalui akal manusia. Materi sains khususnya fisika, dikaitkan dengan ayat-ayat Al-Qur'an sebagai pendukung, bahwa ilmu sains dan ilmu Islam adalah sama, yang pada hakikatnya berasal dari Allah SWT. Hasil pemahaman melalui metodologi sains dan ayat-ayat Qur'aniyah bertujuan menjadikan manusia lebih bertakwa dan lebih mengenal Sang Pencipta melalui pola-pola ciptaan-Nya, sebagaimana dalam Al-Qur'an surat Ali 'Imran ayat 191.

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

عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

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.

Berdasarkan pengertian diatas dapat ditegaskan bahwa yang dimaksud dengan integrasi sains dan Islam adalah memadukan dan mengkombinasikan cara pandang yang biasa dipakai dalam sains, yakni rasional empiris ilmiah dengan agama yang cenderung normatif teologis transdental dalam proses pembelajaran aqidah (Karwadi, 2008: 518).

Perumusan hubungan agama dan sains di dalam Islam yang telah ditawarkan oleh para intelektual muslim dapat diklasifikasikan dalam 3 macam model, yaitu:

1) Islamisasi Sains

Pendekatan Islamisasi sains adalah mencari kesesuaian penemuan ilmiah dengan ayat Al-Qur'an dengan keterkaitan sains yang sudah ada (Yasin Yusuf, 2015).

2) Sainifikasi Islam

Pendekatan sainifikasi Islam adalah upaya untuk mencari dasar-dasar sains tertentu yang dianggap benar dalam agama Islam. Salah satu contoh konkret hasil penelitian Universitas Al-Azhar menyatakan bahwa membaca Al-Qur'an dapat meningkatkan kinerja otak dan mempertajam ingatan sampai 80% (Purwanto, 2012).

3) Sains Islam

Sains Islam adalah sains yang sepenuhnya dibangun atas pondasi Al-Qur'an dan as-Sunnah. Sains Islam dapat terwujud apabila terjadi adanya kesadaran normatif (*normative consciousness*) dan kesadaran historis (*historical consciousness*) (Yasin Yusuf, 2015).

3. Modul Berbasis Integrasi Sains dan Islam

Modul berbasis integrasi sains dan Islam adalah salah satu bahan ajar cetak yang dikembangkan dengan tujuan untuk membantu siswa mencapai kompetensi dan disesuaikan dengan kurikulum yang telah berlaku yang didalamnya memuat pesan moral dan ilmu-ilmu keislaman.

Pemetaan mata pelajaran yang dapat diintegrasikan dalam ranah keislaman berupa Al-Qur'an perlu dilakukan dengan cermat dan teliti, supaya dapat terintegrasi secara baik dan tanpa adanya tumpang tindih serta tidak berlebihan. Mata pelajaran yang diintegrasikan dalam ranah keislaman dapat didesain secara sistematis. Salah satu mata pelajaran yang dapat diintegrasikan yaitu pelajaran Ilmu pengetahuan alam (fisika).

4. Listrik Statis

a. Muatan Listrik

Kata listrik (*electricity*) berasal dari bahasa Yunani yaitu *elektron*, yang berarti "amber". Amber adalah pohon damar yang membantu, dan orang zaman dahulu mengetahui bahwa jika batang amber digosokkan dengan kain, amber tersebut akan menarik daun-daun kecil atau debu. Sepotong plastik,

batang kaca, atau penggaris plastik yang digosok dengan kain juga akan menunjukkan “efek amber” ini, atau disebut dengan Listrik Statis.

Atom terdiri atas inti atom (nukleus) dan elektron. Inti terdiri dari proton yang bermuatan positif, dan neutron yang tidak memiliki muatan listrik. Besar muatan pada proton dan elektron sama, tetapi jenisnya berlawanan. Berarti, atom netral memiliki jumlah proton dan elektron yang sama. Bagaimanapun, kadang-kadang satu atom bisa kehilangan satu atau lebih elektronnya, atau mendapatkan tambahan. Dalam hal ini atom akan mempunyai muatan positif atau negatif total, yang disebut dengan ion (Giancoli, 2001).

b. Pemberian Muatan

1) Menggosok

Pemberian muatan benda padat dengan cara menggosok bisa dijelaskan sebagai perpindahan elektron dari satu benda ke yang lainnya. Ketika penggaris plastik digosokkan dengan handuk maka penggaris plastik menjadi bermuatan negatif, karena perpindahan elektron dari handuk ke plastik membuat handuk bermuatan positif yang sama besarnya dengan muatan negatif yang didapat oleh plastik

(Giancoli, 2001: 4).

2) Induksi Muatan Listrik

Sebuah benda logam bermuatan didekatkan ke benda logam yang tidak bermuatan (netral). Jika keduanya bersentuhan, elektron-elektron bebas pada benda yang netral tertarik oleh benda yang bermuatan positif dan beberapa diantaranya akan pindah. Karena benda kedua sekarang kehilangan beberapa elektron negatifnya, ia akan memiliki muatan positif total. Proses ini disebut “pemuatan dengan induksi”, atau “dengan kontak”, dan kedua benda pada akhirnya akan memiliki muatan yang berjenis sama (Giancoli, 2001: 5).

c. Interaksi Benda-benda Bermuatan Listrik

Terdapat dua muatan ketika sutera digosokkan dengan gelas, dan menggantungnya dengan benang panjang. Jika batang kedua digosok dengan sutera dan dipegang didekat ujung yang telah digosok dari batang pertama, maka batang-batang tersebut akan saling tolak-menolak. Sebaliknya sebuah batang plastik yang digosok dengan bulu akan menarik batang tersebut. Dua batang plastik yang digosok dengan bulu akan saling tolak-menolak. Hal ini membuktikan bahwa penggosokan pada sebuah

batang memberikan sebuah muatan kepada batang tersebut. Dan muatan-muatan pada kedua batang tersebut mengarahkan gaya-gaya satu sama lain (Halliday, 1984: 5). Jadi, benda yang bermuatan sejenis atau sama akan tolak-menolak dan benda yang bermuatan tidak sejenis akan tarik-menarik.

d. Hukum Coulomb

Dua muatan listrik sejenis atau tidak sejenis akan menimbulkan gaya listrik antara keduanya. Besarnya gaya listrik yang terjadi antara dua benda yang bermuatan dengan jarak benda disebut dengan *Hukum Coulomb*.

“Gaya listrik (tarik-menarik atau tolak-menolak) antara dua muatan listrik sebanding dengan besar muatan listrik masing-masing dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak pisah antara kedua muatan listrik.”

1) Gaya Coulomb

Gaya Coulomb berlaku pada partikel-partikel bermuatan listrik. Besarnya gaya listrik yang bekerja antara dua partikel bermuatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (2.1)$$

dengan:

$$k = \text{konstanta} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

2) Kuat Medan Listrik

Ruang di sekitar benda bermuatan listrik yang masih dipengaruhi gaya listrik disebut *medan listrik*. Besar kuat medan listrik dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{F}{q} \quad (2.2)$$

Kuat medan listrik dapat dinyatakan dengan kerapatan garis-garis gaya listrik.

3) Potensial Listrik

Untuk memindahkan elektron diperlukan usaha. Besarnya usaha yang digunakan untuk memindahkan muatan per satuan muatan listrik disebut *potensial listrik*. Secara sistematis, rumusnya sebagai berikut:

$$V = \frac{W}{q} \quad (2.3)$$

Potensial listrik antara dua titik sebesar 1 volt didefinisikan sebagai usaha sebesar 1 joule untuk memindahkan muatan 1 coulomb antara dua titik tersebut.

e. Penerapan Listrik Statis

- 1) Generator Van de Graaff
- 2) Elektroskop
- 3) Penangkal petir

5. Listrik Dinamis

a. Arus Listrik

Aliran listrik ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak di dalam suatu penghantar. *Arus listrik* adalah aliran muatan listrik positif. Muatan listrik tersebut mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Arus listrik dapat mengalir pada sebuah *rangkaian listrik tertutup* (ujung-ujung rangkaian dalam keadaan tertutup).

1) Kuat Arus Listrik

Banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam kawat penghantar tiap sekon atau detik disebut *kuat arus listrik*. Satuan kuat arus listrik adalah *ampere* (A), persamaannya sebagai berikut:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.4)$$

Persamaan diatas memiliki arti makin banyak jumlah muatan listrik yang bergerak maka makin besar pula kuat arusnya.

2) Beda Potensial Listrik

Banyaknya energi listrik yang diperlukan untuk mengalirkan setiap muatan listrik dari ujung-ujung penghantar disebut *beda potensial listrik* atau *tegangan listrik*. Beda potensial listrik

mempunyai satuan *volt* (V), secara matematis persamaanya sebagai berikut:

$$\Delta V = \frac{W}{q} \quad (2.5)$$

Alat untuk mengukur kuat arus listrik dan beda potensial listrik bisa menggunakan *multimeter*.

b. Hukum Ohm

Hubungan antara arus listrik, tegangan, dan hambatan dapat diibaratkan seperti air yang mengalir pada suatu saluran. Hubungan tersebut lebih dikenal dengan sebutan *hukum Ohm*.

Hambatan *listrik* (R) didefinisikan sebagai perbandingan antara beda potensial listrik (V) dengan arus listrik (I). Secara matematis dapat ditulis:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.6)$$

Hambatan sebuah rangkaian juga bergantung pada jenis kawat penghantar yang digunakan. Secara matematis hambatan sebuah kawat penghantar dapat ditulis:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (2.7)$$

dengan :

R = hambatan kawat (Ω)

ρ = hambatan jenis ($\Omega \text{ m}$)

ℓ = panjang kawat (m)

A = luas penampang kawat (m^2)

c. Hukum I Kirchhoff

Arus listrik dalam alirannya juga mengalami cabang-cabang. Hukum persambungan atau percabangan (*junction rule*) disebut *Hukum I Kirchhoff* yang ditemukan oleh **G.R. Kirchhoff** (1824-1887). Hukum I Kirchhoff menyatakan bahwa:

“Pada setiap titik percabangan, jumlah seluruh arus yang masuk percabangan sama dengan jumlah seluruh arus yang meninggalkan percabangan.”

Hukum I Kirchhoff dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\Sigma I_{\text{masuk}} = \Sigma I_{\text{keluar}} \quad (2.8)$$

Muatan-muatan yang masuk percabangan harus sama dengan yang meninggalkan percabangan (tidak ada muatan yang hilang).

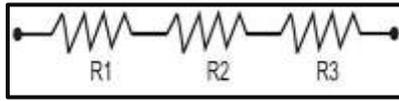
d. Rangkaian Listrik

1) Rangkaian Seri

Rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel atau disusun secara sejajar disebut *rangkaian seri*. Untuk mencari nilai hambatan pengganti pada beberapa resistor yang dirangkai seri dapat digunakan persamaan

berikut:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2.9)$$



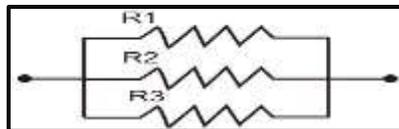
Gambar 2.1 Tiga buah resistor yang dirangkai seri
Sumber: <http://rumushitung.com>

Jika makin banyak lampu yang dirangkai secara seri, nyalanya makin redup. Jika satu lampu mati (putus), lampu yang lain padam. Jadi dapat diartikan bahwa rangkaian seri berfungsi sebagai *pembagi tegangan*.

2) Rangkaian Paralel

Rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel atau dimana semua input komponen berasal dari sumber yang sama disebut *rangkaian paralel*. Untuk mencari nilai hambatan total paralel dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2.10)$$



Gambar 2.2 Tiga buah resistor yang dirangkai paralel

Sumber: <http://rumushitung.com>

Pada rangkaian paralel, jika salah satu lampu mati (putus), lampu yang lain tetap menyala. Jadi dapat diartikan bahwa rangkaian paralel berfungsi sebagai *pembagi arus*. Pada lampu yang disusun secara paralel sama terangnya dengan lampu pada intensitas normal (tidak mengalami penurunan).

e. Sumber Arus Listrik

Sumber arus listrik terdiri dari dua jenis, yaitu sumber arus searah (DC) dan sumber arus bolak-balik (AC). Agar lebih memahami, perhatikan Tabel berikut.

Tabel 2.1 Jenis Sumber Arus Listrik

Jenis Sumber Arus Listrik	Sumber Arus	Proses Perubahan Energi
DC (<i>direct current</i>)	Elemen volta	Kimia → listrik
	Elemen kering (baterai)	Kimia → listrik
	Akumulator (aki)	Kimia → listrik
	Solar sel	Kalor → listrik
	Dinamo DC	Gerak → listrik
AC (<i>alternating current</i>)	Dinamo AC	Gerak → listrik
	Generator	Gerak → listrik

f. Energi dan Daya Listrik

1) Energi Listrik

Energi yang dihasilkan oleh muatan listrik yang bergerak melalui kabel disebut *energi listrik*. Untuk memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat lain diperlukan energi. Besarnya energi dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$W = QV \quad (2.11)$$

Alat untuk mengukur besar energi yang dipakai dirumah sering disebut dengan *meteran*. Satuan yang digunakan alat tersebut adalah *kilowatt-hour* (disingkat kWh).

2) Daya Listrik

Besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam 1 sekon disebut *daya listrik*. Daya listrik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$P = \frac{W}{t} \quad (2.12)$$

Semakin besar daya suatu alat dan semakin lama alat dipakai, semakin besar energi yang diperlukan oleh alat tersebut. Pemakaian energi yang tercatat pada meteran listrik (kWh-meter) inilah yang digunakan sebagai dasar perhitungan rekening listrik yang harus dibayar oleh keluargamu.

g. Sumber Energi Listrik

- 1) Energi matahari (panel surya)
- 2) Energi panas bumi (geothermal)
- 3) Energi angin (kincir angin)
- 4) Energi air (hydropower)
- 5) Bionergi

h. Penghematan Energi Listrik

Listrik saat ini merupakan salah satu sumber energi terbesar yang dipakai oleh hampir seluruh manusia di dunia. Manfaat listrik yang begitu besar, bukan berarti kita dapat menggunakannya sesuka hati. Sebagian besar energi yang digunakan untuk pembangkit listrik saat ini adalah berasal dari sumber daya alam, sehingga penggunaan listrik yang arif dan bijaksana akan sangat bermanfaat bagi pelestarian alam sekitar agar sumber energi listrik tidak cepat habis.

Salah satu upaya untuk menghemat energi listrik adalah dengan menggunakan energi listrik seperlunya (mematikan lampu dan alat-alat listrik lainnya yang sudah tidak digunakan) dan mengganti peralatan listrik dengan daya yang lebih kecil supaya dapat menghemat kebutuhan energi listrik.

6. Kemagnetan

a. Pengertian Kemagnetan

Kata magnet berasal dari bahasa Yunani *magnitis lithos* yang berarti batu Magnesian. *Magnesia* adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki). *Magnet* adalah suatu benda yang dapat menarik benda-benda yang terbuat dari besi, baja, dan logam-logam tertentu.



Gambar 2.3 Bentuk-bentuk magnet

Sumber: www.tes.com

1) Sifat kemagnetan Benda

Sifat kemagnetan benda dikelompokkan menjadi tiga golongan yaitu:

- a. *Feromagnetik* adalah benda yang dapat ditarik dengan kuat oleh magnet, misalnya besi, baja, dan nikel.
- b. *Paramagnetik* adalah benda yang ditarik dengan lemah oleh magnet, misalnya platina dan aluminium.

c. *Diamagnetik* adalah benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet, misalnya kayu dan bismut.

2) Cara Membuat Magnet

- a. Menggosok magnet
- b. Induksi magnet
- c. Induksi Elektromagnet

3) Cara Menghilangkan Sifat Kemagnetan Benda

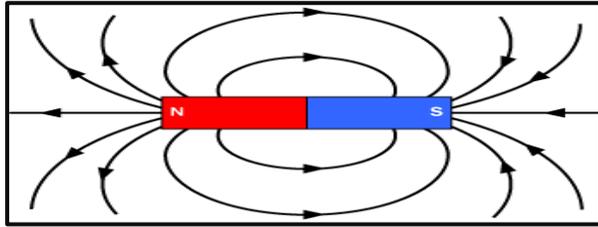
- a. Dipukul
- b. Dipanaskan
- c. Meliliti magnet dengan arus bolak-balik atau AC

b. Teori Kemagnetan Bumi

- 1) *Sudut deklinasi* adalah sudut yang dibentuk oleh kutub utara jarum kompas dengan arah utara-selatan geografis.
- 2) *Sudut inklinasi* adalah sudut yang dibentuk oleh kutub utara jarum kompas dengan bidang datar.

c. Medan magnetik

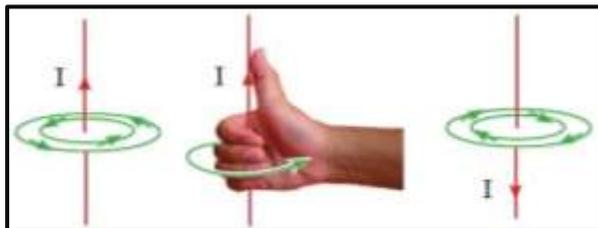
Ruang di sekitar magnet yang masih mempunyai pengaruh magnetik jika ada benda lain didekatnya disebut *medan magnetik*. Pola medan magnetik berbentuk garis lengkung dari kutub utara ke kutub selatan. Semakin rapat garis-garis gaya magnet, semakin kuat pengaruh atau medan magnetnya. Bagian kutub merupakan bagian yang memiliki medan magnet terkuat.



Gambar 2.4 Garis-garis gaya magnet

Sumber: <https://modulfisika.blogspot.co.id>

Kumparan kawat berarus listrik juga dapat menghasilkan medan magnetik. Orang yang menyelidiki ini adalah **Hans Christian Oersted** (1777-1851). Percobaan *Oersted*, caranya dengan mengamati pergerakan jarum kompas saat diletakkan di dekat kabel yang dialiri arus listrik. Arah medan magnetik di sekitar kawat penghantar lurus berarus listrik dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan seperti Gambar 2.5. Jika arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik (I), arah keempat jari yang lain menunjukkan arah medan magnetik (B).



Gambar 2.5 Arah panah yang mengelilingi kawat menunjukkan medan magnet di sekitar kawat berarus

Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

d. Gaya Lorentz

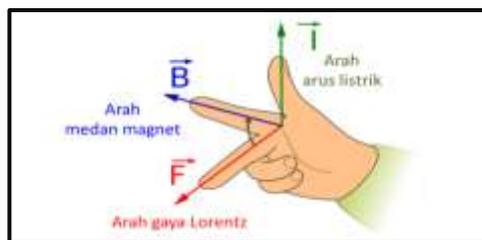
Gaya Lorentz terjadi apabila kawat penghantar berarus listrik berada di dalam medan magnetik. Besar gaya Lorentz bergantung pada besar medan magnetik, panjang penghantar, dan besar arus listrik yang mengalir dalam kawat penghantar. Besar gaya Lorentz dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$F = I\ell B \sin \theta \quad (2.13)$$

Jika arah arusnya tegak lurus terhadap medan ($\theta = 90^\circ$), maka gaya Lorentz adalah:

$$F = I\ell B \quad (2.14)$$

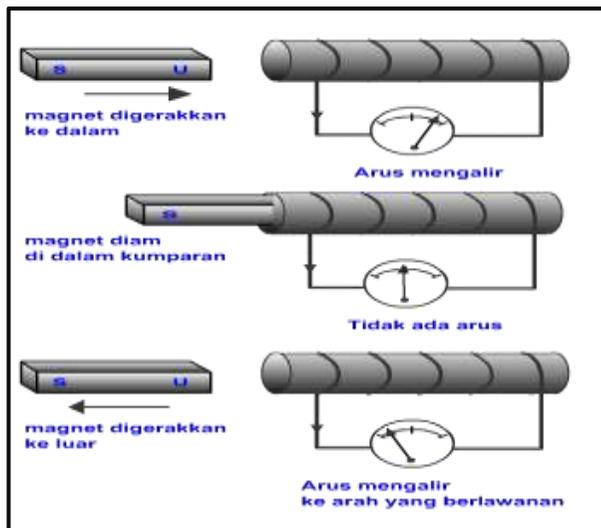
Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Jika ibu jari menunjukkan arah arus listrik (I), jari telunjuk menunjukkan arah medan magnetik (B), dan jari tengah menunjukkan arah gaya Lorentz (F).



Gambar 2.6 Kaidah tangan kanan
 Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

e. Induksi Elektromagnetik

Perubahan medan magnetik dapat menghasilkan arus listrik disebut *induksi elektromagnetik*. Peristiwa ini dilakukan oleh **Michael Faraday**. Ia melakukan penyelidikan tentang hubungan antara kelistrikan dan kemagnetan, untuk membuktikan hipotesisnya, Faraday kemudian melakukan eksperimen dengan menggerakkan magnet batang masuk-keluar dalam kumparan kawat yang kedua ujungnya dihubungkan dengan galvanometer.



Gambar 2.7 Arah jarum galvanometer saat magnet batang masuk diam dan keluar kumparan

Sumber: <http://ahmadsucronn.blogspot.co.id>

f. Kemagnetan dalam Produk Teknologi

- 1) MRI (Magnetic Resonance Imaging)
- 2) Kereta maglev

B. Kajian Pustaka

Berdasarkan survei di lapangan beberapa toko buku disekitar Semarang, jurnal, internet bahwa pengembangan modul fisika dengan materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam belum ada yang mengembangkan. Pengembangan bahan ajar fisika dengan materi listrik dinamis berbasis integrasi sains dan Islam pernah dikembangkan oleh mahasiswi UIN Walisongo Semarang kelas X SMA/MA. Beberapa dasar rujukan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Skripsi yang disusun Nourma Fahmatullahil Fauziyah NIM. 123611001 Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang berjudul “Pengembangan Bahan Ajar Fisika Kelas X SMA/MA Berbasis Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Alat Optik, Suhu Kalor, Listrik Dinamis dan Gelombang Elektromagnetik”. Skripsi tersebut membahas tentang pengembangan modul fisika yang berfungsi sebagai bahan ajar dalam pembelajaran fisika dengan materi bahasan optik, suhu dan kalor, serta listrik dinamis yang diintegrasikan

dengan ilmu agama. Hasil penelitian berdasarkan penilaian dari ahli materi, ahli media, dan guru fisika menunjukkan bahwa bahan ajar fisika layak digunakan dengan kategori baik (B). Persentase keidealan menurut ahli materi adalah 70.25%, persentase keidealan menurut ahli media adalah 81%, persentase keidealan menurut guru fisika SMP/MTs adalah 80.95% (Fauziah, 2016).

- b. Skripsi Subhan Lutfi Khamdani NIM. 09690030 Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga yang berjudul “ Pengembangan Ensiklopedia Fisika Berbasis Integrasi Islam-Sains Sebagai Sumber belajar Mandiri Siswa SMA/MA” Skripsi tersebut membahas tentang ensiklopedia materi fisika khususnya gerak rotasi, fluida, dan termodinamika semester genap kelas XI SMA/MA yang berbasis integrasi-interkoneksi dengan makna Al-Qur’an. Hasil penelitian berdasarkan penilaian dari ahli materi, ahli media, ahli integrasi-interkoneksi, dan guru fisika menunjukkan kategori sangat baik (SB). Persentase keidealan menurut ahli materi adalah 92,85%, persentase keidealan menurut ahli media adalah 93,75%, persentase keidealan menurut ahli integrasi adalah 77,38%, dan persentase keidealan menurut guru fisika SMA/MA adalah 93,75% (Khamdani, 2014).

- c. Skripsi Vetti Nurkhabibah NIM. 123611029 Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang berjudul “Pengembangan Modul Fisika Kelas XI MA Bercirikan Integrasi Sains dan Islam Pada Materi Usaha dan Energi, Hukum Kekekalan Energi, Momentum, Impuls dan Tumbukan”. Skripsi tersebut membahas tentang pengembangan modul fisika berfungsi sebagai bahan ajar dalam pembelajaran fisika dengan materi bahasan usaha dan energi, hukum kekekalan energi, momentum, impuls dan tumbukan yang diintegrasikan dengan ilmu agama. Hasil penelitian berdasarkan penilaian dari ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains dan Islam modul memiliki kategori baik (B). Persentase keidealan menurut ahli materi adalah 79%, persentase keidealan menurut ahli media adalah 75%, persentase keidealan menurut Integrasi sains dan Islam adalah 80% (Nurkhabibah, 2017).

Berdasarkan pengamatan rujukan tersebut peneliti memiliki pandangan dalam menyusun dan mengembangkan modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam. Persamaan dari ketiga penelitian tersebut dengan skripsi ini adalah kesamaan mengkaji tentang keterkaitan ilmu sains dengan Al-Qur’an. Sedangkan yang membedakan adalah pada materi yang di kaji dan tingkat pendidikan. Selain itu, juga dekat dengan kehidupan

sehari-hari, terutama terkait kebutuhan yang mendasar dalam aktivitas manusia.

C. Kerangka Berpikir

Bahan ajar yang berbentuk modul ini merupakan hal yang penting bagi kelancaran proses belajar mengajar. Produk ini berisikan materi fisika kelas IX SMP/MTs yang dikaitkan atau dipadukan dengan ayat-ayat Al-Qur'an. Di dalam modul tersebut dijelaskan terlebih dahulu mengenai konsep-konsep fisika dan nantinya akan didasari dengan Al-Qur'an dan tokoh penemunya.

Guru dan siswa banyak yang kurang mengetahui bagaimana hubungan sains dan Islam yang selama ini susah disatukan. Penyusunan modul ini diharapkan dapat mempermudah dan menambah wawasan siswa tentang materi-materi yang disampaikan dalam modul. Modul ini diharapkan dapat mendukung proses pembelajaran fisika di sekolah yang memuat materi-materi fisika yang berhubungan dengan Islam, sehingga menambah siswa untuk lebih bertakwa dan bersyukur atas segala nikmat yang Allah SWT berikan.

BAB III

METODOLOGI

A. Model Pengembangan

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) adalah metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan atau memvalidasi produk yang digunakan dalam pendidikan dan pembelajaran (Sugiono, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan atau mengembangkan suatu produk atau memperbaiki produk yang sudah ada dan mengembangkan produk yang belum ada. Hasil produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan. Model pengembangan yang digunakan dalam pengembangan modul ini adalah model Borg & Gall.

Menurut Sukmadinata, Borg & Gall secara lengkap mengemukakan sepuluh langkah desain penelitian dan pengembangan, sebagai berikut:

1. Penelitian dan pengumpulan data (*research and information collecting*). Pengukuran kebutuhan, studi

literatur, penelitian dalam skala kecil, dan pertimbangan-pertimbangan dari segi nilai.

2. Perencanaan (*planning*). Menyusun rencana penelitian, meliputi kemampuan-kemampuan yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, rumusan tujuan yang hendak dicapai dengan penelitian tersebut, desain atau langkah-langkah penelitian, pengujian dalam lingkup terbatas.
3. Pengembangan draf produk (*develop preliminary form of product*). Pengembangan bahan pembelajaran, proses pembelajaran dan instrumen evaluasi.
4. Uji coba lapangan awal (*preliminary field testing*). Uji coba di lapangan pada 1 sampai 3 sekolah dengan 6 sampai dengan 12 subjek uji coba (guru).
5. Merevisi hasil uji coba (*main product revision*). Memperbaiki atau menyempurnakan hasil uji coba.
6. Uji coba lapangan (*main field testing*). Uji coba di lapangan pada 5 sampai 15 sekolah dengan 30 sampai 100 orang subjek uji coba.
7. Penyempurnaan produk hasil uji lapangan (*operasional product revision*). Memperbaiki atau menyempurnakan hasil uji lapangan.
8. Uji pelaksanaan lapangan (*operasional field testing*). Melakukan uji coba yang lebih luas pada 10 sampai dengan 30 sekolah dengan melibatkan 40 sampai

dengan 200 subjek. Pengujian dilakukan melalui angket, wawancara dan observasi dan analisis hasilnya.

9. Penyempurnaan produk akhir (*final product revision*). Menyempurnakan produk hasil uji pelaksanaan lapangan.
10. Diseminasi dan implementasi (*dissemination and implementation*). Melaporkan hasilnya dalam pertemuan profesional dan dalam jurnal. Bekerjasama dengan penerbit untuk penerbitan. Memonitor penyebaran untuk pengontrolan kualitas. (Sukmadinata, 2005).

Berdasarkan pendapat Sukmadinata, Borg & Gall (1989), peneliti merumuskan tahapan-tahapan penelitian sesuai dengan pendapat yang telah diuraikan. Tahap yang ditempuh oleh peneliti tidak seluruhnya digunakan sesuai teori yang ada, tetapi hanya sampai pada tahap revisi produk setelah divalidasi oleh tim ahli (materi, media, dan integrasi) dan guru SMP/MTs. Penelitian pengembangan modul ini tidak diuji cobakan di sekolah seperti penelitian pengembangan lainnya, karena pengembangan modul ini tidak diterbitkan baik tingkat provinsi, maupun skala besar lainnya, dan keterbatasan waktu serta biaya dan produk yang dihasilkan dalam penelitian ini terdiri dari 3 bab materi. Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah

modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam untuk kelas IX SMP/MTs.

B. Prosedur Pengembangan

Prosedur pelaksanaan penelitian pengembangan dari Borg & Gall dibatasi oleh kebutuhan peneliti yaitu studi pendahuluan, perencanaan produk, pengembangan produk, uji coba lapangan awal, dan produk akhir. Tahap yang ditempuh oleh peneliti hanya sampai pada tahap revisi produk setelah dinilai oleh tim penilai. Secara garis besar, prosedur pengembangan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan melalui dua tahap, yaitu:

a. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan yang dilakukan peneliti yaitu mencari informasi dengan mempelajari konsep-konsep atau teori-teori yang berkaitan dengan produk baik melalui buku, jurnal, internet dan lainnya. Selain itu mempelajari dengan baik teori dari produk yang akan dikembangkan yaitu terkait integrasi sains dan Islam dengan pokok bahasan listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.

b. Analisis Integrasi Sains dan Islam

Tahap ini peneliti menganalisis integrasi sains dan Islam pada ayat-ayat Al-Qur'an terkait dengan bahasan fisika tentang listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan. Tujuan dalam analisis ini untuk membuktikan bahwa ilmu fisika ada kaitanya dengan ayat-ayat Al-Qur'an dalam pembahasan listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.

2. Perencanaan produk

Tahap perencanaan dilakukan setelah mendapatkan hasil pada studi pendahuluan. Tahap perencanaan produk yaitu menyusun draft modul. Pembuatan rancangan modul ini meliputi: desain modul agar tidak terkesan monoton, susunan isi modul, dan persiapan materi (fisika dan integrasi sains Islam) serta gambar yang selanjutnya dapat dikonsultasikan kepada dosen pembimbing untuk mendapatkan kritik dan saran.

3. Pengembangan Produk

Tahap ini merupakan tahap pembuatan modul dengan materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam. Pengembangan modul yang akan dikembangkan mengacu pada indikator yang sudah ditentukan oleh peneliti. Pada tahap penyusunan modul

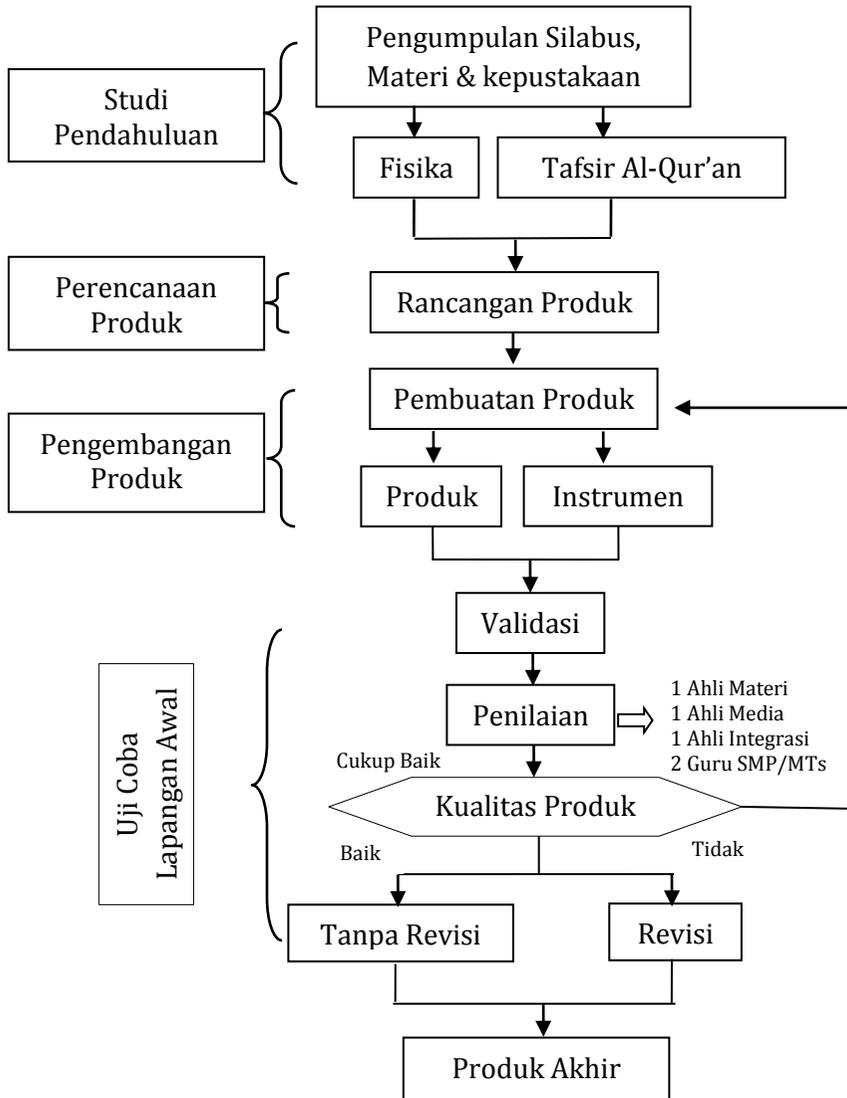
ini KI, KD, peta konsep, petunjuk penggunaan modul, isi materi fisika dan integrasi sains Islam tersusun secara lebih terstruktur dan lengkap sehingga dapat memenuhi penyusunan modul yang baik. Selanjutnya, pembuatan instrumen validasi modul. Kemudian modul dan instrumen validasi dikonsultasikan kepada dosen pembimbing untuk mendapatkan kritik dan saran.

4. Uji Coba Lapangan Awal

Modul yang sudah terselesaikan, kemudian dinilai oleh tim penilai menggunakan instrumen yang telah dibuat untuk mengetahui kualitas modul yang telah dikembangkan. Tim penilai terdiri dari ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains dan Islam serta guru fisika. Selain memberikan penilaian, tim penilai juga memberikan kritik dan saran untuk dijadikan revisi pedoman pengembangan modul.

5. Produk Akhir

Produk akhir ini merupakan produk yang telah disempurnakan setelah mendapat skor, kritik dan saran dari tim penilai. Hasil revisi produk akhir berupa modul fisika materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam yang siap digunakan oleh siswa di lingkungan sekolah SMP/MTs.



Gambar 3.1 Prosedur Pengembangan Modul

C. Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini yaitu para ahli yang terdiri dari 1 ahli materi, 1 ahli media, 1 ahli integrasi sains dan Islam, dan 2 guru fisika SMP/MTs Kelas IX. Untuk ahli materi, ahli media, dan ahli integrasi sains Islam merupakan dosen UIN Walisongo Semarang sendiri yang berkompeten dalam bidangnya. Sedangkan guru fisika merupakan guru dari MTs Miftahul Ulum Weding Demak dan MTs N Bonang Demak.

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan berupa angket atau kuesioner (*Questionnaire*). Angket atau kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden (Sugiono, 2012: 142). Angket yang digunakan untuk memperoleh data yang berkaitan dengan kualitas kelayakan modul hasil pengembangan yang ditinjau dari aspek isi/materi pembelajaran, desain, bahasa, ilustrasi, integrasi sains Islam, kegrafisan, dan lainnya. Angket tersebut diperuntukkan untuk tim penilai ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains dan Islam serta guru fisika SMP/MTs. Penyusunan angket diikuti penyusunan instrumen kisi-kisi

penilaian. Sebelum digunakan angket tersebut dikoreksi oleh dosen pembimbing.

E. Teknik Analisis Data

Data yang didapatkan dari penelitian ini adalah data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berupa kritik dan saran yang dijadikan pedoman untuk melakukan revisi terhadap modul, sedangkan data kuantitatif merupakan skor yang didapatkan dari angket. Data yang berupa kritik atau saran dan skor didapatkan dari penilaian kualitas modul berupa angket oleh ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains dan Islam, serta guru fisika. Angket penilaian produk modul menggunakan *skala likert* dengan ketentuan skor 5 = sangat baik, 4 = baik, 3 = cukup baik, 2 = kurang baik, dan 1 = sangat tidak baik. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kualitas 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 skor total

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

Kategori kualitatif dapat ditentukan dengan mencari interval jarak antara jenjang kategori sangat baik (SB) hingga sangat kurang (SK) (Widoyoko, 2012). Dari kategori tersebut dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

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

Maka diperoleh kategori penilaian buku fisika berbasis integrasi sains dan Islam sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut (Widoyoko, 2012):

Tabel 3.1 Interval Kelas

Skor rata-rata (\bar{X})	Kategori ahli materi dan guru fisika
$4.20 < \bar{X} \leq 5.00$	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 sanagat tidak sesuai

3. Menghitung persentase kelayakan dengan persamaan (Sunarto, 2015).

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor total}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

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

Tabel 3.2 Kriteria Validitas

No.	Kriteria	Tingkat Validitas
1.	85,01% - 100,00%	Sangat valid, dapat dipergunakan tanpa revisi
2.	70,01% - 85,00%	Baik atau valid, dapat digunakan dengan revisi kecil
3.	55,01% - 70,00%	Cukup valid, dapat dipergunakan namun dengan revisi kecil
4.	40,01% - 55,00%	Kurang valid, disarankan tidak dipergunakan karena revisi terlalu besar
5.	01,00% - 40,00%	Tidak valid, tidak boleh dipergunakan

Jika analisis data penilaian tim ahli yang terdiri dari ahli materi, ahli media, ahli integrasi sains Islam dan guru fisika kelas IX SMP/MTs didapatkan hasil dengan kategori sangat baik dan baik, maka buku fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam siap untuk digunakan. Apabila belum memenuhi kualitas sangat baik atau baik maka modul tersebut perlu direvisi lagi hingga memenuhi kualitas yang layak digunakan untuk siswa maupun guru.

BAB IV

DESKRIPSI DAN ANALISIS DATA

A. Deskripsi Prototipe Produk

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan sebuah produk berupa modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan, sehingga siswa dan guru dapat mempelajari dua hal yaitu mempelajari fisika dan ilmu keislaman. Produk modul ini bertujuan untuk membantu guru dan siswa dalam proses pembelajaran, serta dapat membantu siswa untuk belajar mandiri tanpa pendampingan guru.

Modul yang dikembangkan ini mengacu pada silabus Kurikulum tahun 2013 revisi 2016 dengan pendekatan berbasis integrasi sains dan Islam menggunakan model islamisasi sains yaitu model pengintegrasian dengan mencari persamaan antara teori sains dengan ayat-ayat Al-Qur'an.

Modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam dalam penelitian yang dikembangkan melalui beberapa tahap sesuai dengan prosedur pengembangan Borg dan Gall, namun tidak seluruh tahap digunakan, akan tetapi dibatasi prosedur pengembangannya. Adapun tahap

pengembangan Brog dan Gall dalam pengembangan produk ini sebagai berikut:

1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahap awal dalam penelitian ini. Peneliti mencari literatur maupun informasi penunjang produk. Peneliti melakukan survey keberadaan modul fisika SMP/MTs kelas IX berbasis integrasi sains dan Islam di skripsi, jurnal, internet, dan toko buku di kota Semarang seperti: toko buku Stadion Semarang, toko Gramedia Semarang, toko Toga Mas dan perpustakaan di Kota Semarang.

Hasil dari studi pendahuluan diperoleh belum terdapat pengembangan modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam pada materi fisika listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan. Materi fisika terdapat keterkaitan dengan ayat Al-Qur'an terutama pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam.

Setelah mencari literatur maupun informasi peneliti mengumpulkan materi. Peneliti mengumpulkan materi yang berkaitan dengan listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan. Selain itu, peneliti juga mencari referensi ayat-ayat Al-Qur'an dan tafsirannya serta pengetahuan Islam yang berkaitan dengan materi.

2. Perencanaan Produk

Perencanaan produk merupakan tahapan untuk mendapatkan cara efektif mengembangkan draf modul yang sesuai berdasarkan data yang didapat dari tahap penelitian pendahuluan. Berdasarkan studi pendahuluan, diperoleh bahwa belum ditemukan pengembangan modul fisika yang mengaitkan antara integrasi sains dan Islam dengan materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan, oleh sebab itu diperlukan modul yang berisi tentang integrasi sains dan Islam dalam materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan untuk menambah wawasan siswa dalam belajar ilmu pengetahuan alam khususnya fisika yang berintegrasi dengan Islam berupa ayat-ayat Al-Qur'an.

Kompetensi inti dan kompetensi dasar yang peneliti gunakan dalam penelitian pengembangan modul berdasarkan silabus kurikulum tahun 2013 revisi 2016. Materi dalam modul ini dilengkapi dengan kajian keislaman, beberapa contoh peristiwa keislaman dan kegiatan dalam aktivitas yang dilakukan dalam kehidupan sehari-hari serta terdapat beberapa gambar untuk menambah pemahaman siswa dalam belajar.

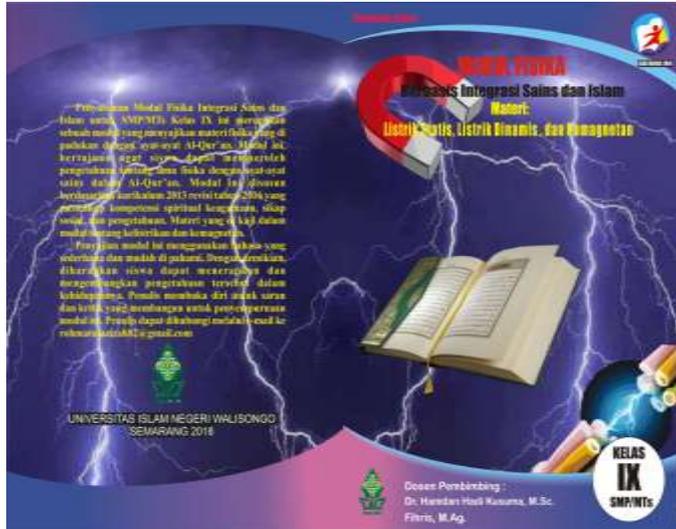
Langkah selanjutnya tahap perencanaan produk modul yaitu penyusunan *draft* modul fisika dengan materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan

kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam. Susunan *draft* terdapat dalam modul terdiri dari cover depan, ucapan terimakasih, kata pengantar, petunjuk penggunaan modul, daftar isi, cover bab, kompetensi inti, kompetensi dasar, indikator, tujuan pembelajaran, peta konsep, inti materi, kata kunci, apersepsi, materi pokok (listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan), kajian islam, bintang IPA, ilmuwan sains muslim kita, fokus IPA, contoh soal, lembar kerja (praktikum), uji kompetensi, ayo kita renungkan, rangkuman, evaluasi, tugas produk, tugas proyek, daftar pustaka, glosarium dan kunci jawaban.

3. Pengembangan Produk

Pengembangan modul merupakan implementasi dari tahapan perencanaan yaitu pembuatan produk berupa modul fisika pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan untuk siswa kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam. Pengembangan modul berbasis integrasi sains dan Islam yaitu materi fisika yang diintegrasikan dengan ayat-ayat Al-Qur'an untuk menambah pengetahuan Islam 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 Modul Fisika

Selain itu, berikut pengintegrasian materi fisika dengan ayat-ayat Al-Quran:

- QS. Yasin ayat 36 menjelaskan tentang hukum Coulomb dan interaksi antara kutub-kutub magnet.

سُبْحٰنَ الَّذِيْ خَلَقَ الْاَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْاَرْضُ وَمِنْ اَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُوْنَ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui”. (QS. Yasin: 36)

Pada kata أزواج artinya “pasang-pasangan”, berarti setiap sesuatu itu ada pasangannya. Menurut

Prof. Quraish Shihab dalam bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 11) mengatakan bahwa kata tersebut digunakan untuk masing-masing dari dua hal yang berdampingan (bersamaan), Misalnya matahari dan bulan, manusia laki-laki dan perempuan. Dari segi ilmiah, atom memiliki muatan positif dan muatan negatif, karena pasangan positif yaitu negatif. Begitu halnya dengan magnet, magnet memiliki dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan yang keduanya berbeda jenis. Hal ini menunjukkan adanya gaya listrik (hukum Coulomb) dan gaya magnet (tarik-menarik atau tolak-menolak) tergantung dari dua sifat muatan benda atau jenis kutub.

b. QS. Ar-Rum ayat 24 menjelaskan tentang petir.

وَمِنْ آيَاتِهِ يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنزِلُ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً



Artinya: “Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya, Dia memperlihatkan kepadamu kilat untuk (menimbulkan) ketakutan dan harapan, dan Dia menurunkan hujan dari langit ...” (QS. Ar-Rum: 24)

Pada kata البرق artinya “kilat”, berarti cahaya yang berkelebat dengan cepat di langit. Menurut Prof. Quraish Shihab dalam bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 10), ayat ini berbicara tentang sebagian dari apa yang dapat dilihat di angkasa. Yakni, potensi

listrik pada awan yaitu “kilat”. Kilat sebagai tanda akan adanya petir dan turunnya hujan yang merupakan salah satu tanda kekuasaan Allah SWT. Hal ini diperkuat oleh **Benyamin Franklin** yang menemukan penangkal petir.

- c. QS. An-Nur ayat 35 menjelaskan tentang lampu.

﴿ اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ مِثْلُ نُورِهِ ۗ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۗ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۗ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ ۗ... ﴾

Artinya: “Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah adalah seperti lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara ...”. (QS. An-Nur: 35)

Pada tafsir Al-Qur’an Departemen Agama RI (Jilid VI) kata “Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah adalah seperti lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara ...”. Dari analisa ayat, Allah memberikan perumpamaan cahaya-Nya dengan cahaya sebuah lampu, dan apabila kita amati sebuah bola lampu yang diletakkan di dinding dalam ruangan yang gelap, maka ketika lampu dinyalakan akan

memberikan cahaya/pelita ke seluruh ruangan, bola lampu tersebut seperti sebuah lubang yang bercahaya dan cahayanya tidak tembus ke ruangan lainnya. Bola lampu ditutupi oleh kaca dan efek cahaya itu akan semakin jelas terlihat apabila lampu tersebut ditempatkan semakin tinggi. Menurut kajian saintis, jika lampu menyala atau bercahaya maka terdapat yang namanya arus listrik didalam rangkaian lampu tersebut.

- d. QS. Yunus ayat 5 menjelaskan tentang hitungan energi pemakaian listrik.

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ
لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ... ﴿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) ...". (QS. Yunus: 5)

Menurut Prof. Quraish Shihab dalam bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 5), kata ayat diatas, dipahami sebagai tempat bulan dalam perjalanannya mengitari matahari, setiap malam ada tempatnya dari saat ke saat sehingga terlihat di bumi ia selalu berbeda sesuai dengan posisinya dengan matahari. Dari sini pula dimungkinkan untuk menemukan

bulan-bulan Qamariyah. Tafsiran ayat ini merupakan salah satu perumpamaan hitungan energi pemakaian listrik dalam kehidupan sehari-hari. Perhitungan ini juga sesuai dengan perputaran meteran yang ada di rumah masing-masing.

- e. QS. Fathir ayat 9 menjelaskan tentang energi angin.

وَاللَّهُ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَسُقْنَهُ إِلَىٰ بَلَدٍ مَّيِّتٍ
فَأَحْيَيْنَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا ۗ كَذَٰلِكَ النُّشُورُ ﴿٩﴾

Artinya: “Dan Allah, Dialah yang mengirimkan angin; lalu angin itu menggerakkan awan, Maka Kami halau awan itu kesuatu negeri yang mati lalu Kami hidupkan bumi setelah matinya dengan hujan itu. Demikianlah kebangkitan itu”. (QS. Fathir: 9)

Menurut Prof. Quraish Shihab dalam bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 11) kata “Dan Allah, Dialah yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan”. Kata tersebut menunjukkan Hanya Allahlah yang dapat mengirimkan angin untuk menggerakkan awan yang terbentuk dari sekumpulan uap-uap air. Sedangkan dalam fisika, kata tersebut menunjukkan bahwa angin dapat menggerakkan awan. Ketika angin menggerakkan awan butuh yang namanya energi. Hal tersebut menunjukkan bahwa angin dapat memberikan

energi kepada awan supaya bergerak. Begitu pula yang terjadi pada baling-baling atau kincir angin.

- f. QS. Az-Zumar ayat 21 menjelaskan tentang energi air.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ
ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ... ﴿٢١﴾

Artinya: “Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanaman-tanaman yang bermacam-macam warnanya, ...”. (QS. Az-Zumar: 21)

Menurut Prof. Quraish Shihab dalam bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 11), Pada kata “maka diaturnya menjadi sumber-sumber air dibumi...” itu menunjukkan kebesaran Allah bahwa air adalah salah satu sumber energi bumi. Sedangkan dalam fisika, sumber energi bumi berupa air bisa kita jadikan sebagai salah satu sumber energi listrik.

- g. QS. Al-Isra’ ayat 26 menjelaskan tentang penghematan energi listrik.

وَأَاتِ ذَا الْقُرْبَىٰ حَقَّهُ وَالْمِسْكِينَ وَابْنَ السَّبِيلِ وَلَا تَبْذِرْ تَبَذِيرًا

Artinya: “Dan berikanlah kepada keluarga-keluarga yang dekat akan haknya, kepada orang miskin dan

orang yang dalam perjalanan dan janganlah kamu menghambur-hamburkan (hartamu) secara boros”. (QS. Al-Isra’: 26)

Tafsir Departemen Agama RI, ayat ini menjelaskan bahwa Allah melarang kita berbuat boros melalui kata “Janganlah Kamu”. Artinya berbuat boros adalah termasuk perbuatan yang dilarang Allah. Pemakaian listrik juga harus dihemat agar tidak boros dan cepat habis sumber daya alam.

- h. QS. Al-Kahfi ayat 96 menjelaskan tentang besi dan manfaat magnet dalam produk teknologi.

ءَاتُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ ۗ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ أَنفُخُوا ۗ

حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا قَالَ ءَاتُونِي أُفْرِغَ عَلَيْهِ قِطْرًا ﴿٩٦﴾

Artinya: “Berilah aku potongan-potongan besi”. hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Dzulkarnain: “Tiuplah (api itu)”. hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata: “Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu”. (QS. Al-Kahfi: 96)

Pada tafsir al-Misbah (Volume 8), ayat ini menjelaskan sebagai bahan bangunan melalui kata “Berilah aku potongan-potongan besi” itu menunjukkan potongan-potongan besi walaupun sebesar bata kecil yang akan dijadikan sebagai bahan bangunan tembok lalu Zulkarnain membangun

tembok penghalang itu dari padanya, dan dia memakai kayu dan batu bara yang dimasukkan ditengah-tengah tembok besi itu. Selanjutnya kata “Berilah aku tembaga yang mendidih agar kutuangkan ke atas besi panas itu” maksudnya tembaga yang dilebur, tembaga yang sudah dilebur itu dituangkan ke atas besi yang merah membara, sehingga masuklah tembaga itu ke dalam partikel-partikel potongan besi, akhirnya kedua logam itu menyatu.

Tahap selanjutnya, pembuatan instrumen validasi modul yang dikonsultasikan kepada dosen pembimbing. Instrumen validasi digunakan untuk memberikan evaluasi terhadap modul yang telah dibuat. Instrumen validasi ditunjukkan kepada ahli materi, ahli media, ahli integrasi, dan guru fisika SMP/MTs yang berkompeten dalam bidangnya.

4. Uji Coba Lapangan Awal

Modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam yang telah dikembangkan, selanjutnya divalidasi oleh 3 ahli materi yang terdiri dari 1 guru fisika MTs N Bonang, 1 guru fisika MTs Miftahul Ulum Weding Demak dan 1 dosen fisika UIN Walisongo Semarang, 1 ahli media yaitu dosen fisika UIN Walisongo Semarang, dan 1 ahli integrasi sains dan

Islam merupakan dosen UIN Walisongo Semarang. Validasi modul bertujuan untuk mendapatkan nilai berupa skor dan saran atau kritik dari ahli penilai yang berkompeten dalam bidangnya.

Penilaian validasi modul oleh ahli materi, ahli media, dan ahli integrasi sains dan Islam menggunakan penilaian 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.

Berikut tampilan kisi-kisi instrumen validasi modul fisika materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam.

a. Penilaian Ahli Materi dan Guru Fisika

- 1) Komponen Kelayakan isi, antara lain:
 1. Kesesuaian materi dengan KI, KD, dan tujuan
 2. Kesesuaian dengan kebutuhan siswa
 3. Keakuratan materi
 4. Kemutakhiran materi
- 2) Komponen Kebahasaan, antara lain:
 5. Kejelasan informasi
 6. Kelayakan penyajian materi
 7. Kesesuaian EYD
- 3) Komponen Teknik penyajian, antara lain:

8. Pendukung penyajian
9. Penyajian pembelajaran
- 4) Komponen Kegrafisan, antara lain:
 10. Layout
 11. Keterbacaan tulisan
 12. Kualitas buku

b. Penilaian Ahli Media

- 1) Komponen Desain modul, antara lain:
 1. Keterbacaan tulisan
 2. Penyajian modul
 3. Kejelasan informasi
 4. Kelayakan kegrafikan
 5. Warna
 6. Kemenarikan cover
 7. Layout

c. Penilaian Ahli Integrasi *Sains dan Islam*

- 1) Komponen Integrasi sains dan Islam, antara lain:
 1. Tulisan ayat Al-Qur'an
 2. Keterbacaan ayat Al-Qur'an
 3. Integrasi sains dan Islam
 4. Nilai keislaman

Berdasarkan kisi-kisi instrumen tersebut penilaian validasi dari setiap ahli sebagai berikut:

1) Validasi Ahli Materi

Validasi ahli materi dilakukan untuk mengetahui kelayakan modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam yang dikembangkan. Ahli materi memberikan penilaian berupa skor, kritik dan saran yang sesuai dengan kondisi modul fisika. Kritik dan saran sebagai acuan untuk revisi modul sampai mendapatkan kualitas modul yang baik dari segi materi dan layak untuk digunakan dalam suatu pembelajaran. Validasi ahli materi terdiri dari 3 ahli yaitu 1 dosen UIN Walisongo Semarang, 1 guru fisika MTs N Bonang, dan 1 guru fisika MTs Miftahul Ulum Weding Demak sebagai perbandingan kualitas modul yang kemudian diambil rata-rata dari ketigannya. Ketiga ahli materi yaitu Biaunik Niski Kumila, M. S, Khoiruman Soleh, S. Ag. M. Pd dan Askhan, S. Pd.

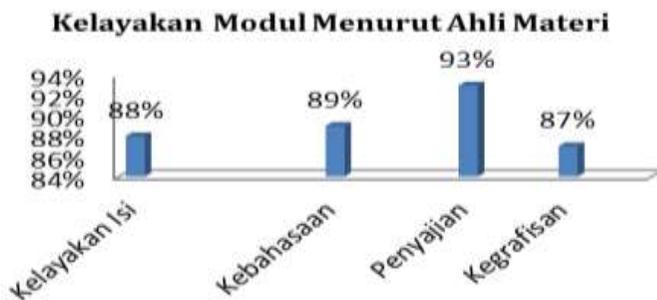
Tabel 4.1 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Materi.

Aspek Penilaian	Kompetensi	Validator			Skor Total	Σ Per Aspek	Σ Rata-rata	Persentase
		I	II	III				
Kelayakan Isi	Kesesuaian dengan KI, KD, dan Tujuan	3	5	5	13	53	4,416667	88%
	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa	4	5	5	14			
	Keakuratan materi	3	5	5	13			
	Kemutakhiran materi	4	5	4	13			
Kebahasaan	Kejelasan informasi	4	5	5	14	40	4,444444	89%
	Kelayakan penyajian materi	3	5	5	13			
	Kesesuaian EYD	3	5	5	13			
Teknik Penyajian	Pendukung penyajian	4	5	5	14	28	4,666667	93%
	Penyajian pembelajaran	4	5	5	14			
Kegrafisan	<i>Layout</i>	4	3	4	11	39	4,333333	87%
	Keterbacaan tulisan	4	5	5	14			
	Kualitas buku	4	5	5	14			
Jumlah		44	58	58				
Σ Seluruh Skor					160	160	4,444444	89%

Berdasarkan tabel 4.1 penilaian modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam terdapat 4 aspek penilaian yaitu kelayakan isi, kebahasaan, teknik penyajian dan kegrafisan. Berdasarkan aspek kelayakan isi didapatkan skor sebesar 4,42 dan persentase kelayakan 88% dengan kategori sangat baik, aspek kebahasaan didapatkan skor 4,4 dan persentase kelayakan 89% dengan kategori sangat baik, aspek teknik penyajian didapat skor 4,67 dan persentase kelayakan 93% dengan kategori sangat baik, dan aspek kegrafisan

didapatkan skor sebesar 4,3 dan hasil persentase kelayakan 87% dengan kategori sangat baik. Keseluruhan hasil perhitungan ke-4 aspek didapatkan skor sebesar 4,4 dengan persentase kelayakan 89% sehingga berdasarkan hasil perhitungan tersebut, modul fisika yang dikembangkan berbasis integrasi sains dan Islam menurut ketiga ahli dikategorikan sangat baik. Hasil kategori sangat baik tersebut bahwa modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam dapat digunakan dalam pembelajaran namun perlu direvisi kecil.

Adapun grafik penilaian ahli materi sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Penilaian Ahli Materi

Berdasarkan gambar 4.2 grafik hasil penilaian ahli materi bahwa hasil persentase kelayakan isi sebesar 88% dikarenakan terdapat tujuan pembelajaran yang tidak ditulis dengan benar, serta

terdapat kurang lengkapnya keakuratan materi. Hasil persentase pada aspek kebahasaan sebesar 89% dikarenakan ada kesalahan penulisan yang tidak sesuai dengan EYD. Angka persentase aspek penyajian sebesar 93% dikarenakan ada gambar yang tidak terlihat jelas dan spasi yang tidak konsisten. Hasil persentase aspek kegrafisan sebesar 87%, hal ini dikarenakan ilustrasi gambar dan animasi yang kurang jelas yang dapat mengganggu keterbacaan modul.

Secara keseluruhan ke-4 aspek mendapatkan presentase kelayakan sebesar 89% dengan kategori sangat baik atau sangat valid.

2) Validasi Ahli Media

Validasi ahli media dilakukan untuk mengetahui kualitas modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam. Ahli media memberikan penilaian dari segi desain media yang terdiri dari keterbacaan tulisan, penyajian modul, kejelasan informasi, kelayakan, kegrafisan, warna, kemenarikan *cover*, dan *layout*. Ahli media memberikan penilaian berupa skor, kritik dan saran. Hasil validasi berupa kritik dan saran digunakan sebagai acuan revisi untuk mendapatkan kualitas modul yang baik. Validasi ahli media dilakukan oleh

1 dosen ahli yaitu Hesti Khuzaimah Nurul Yusufiyah, M. Eng. (Dosen fisika UIN Walisongo Semarang).

Tabel 4.2 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Media.

Aspek Penilaian	Kompetensi	Validator	Skor Total
		I	
Desain Media	Keterbacaan tulisan	4	4
	Penyajian modul	5	5
	Kejelasan informasi	4	4
	Kelayakan kegrafikan	5	5
	Warna	5	5
	Kemenarikkan cover	4	4
	Layout	4	4
Jumlah		31	
Σ Seluruh Skor			31
Σ Rata-rata			4,4
Persentase			89%

Penilaian modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam berdasarkan aspek desain media didapatkan skor rata-rata sebesar 4,4 dan persentase kelayakan 89%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, modul fisika yang dikembangkan berbasis integrasi sains dan Islam menurut ahli media dikategorikan sangat baik. Berdasarkan hasil yang didapatkan maka modul fisika yang dikembangkan layak untuk digunakan dengan revisi kecil.

3) Validasi Ahli Integrasi Sains dan Islam

Validasi ahli integrasi sains dan Islam dilakukan untuk mengetahui keterkaitan sains dengan ayat-ayat Al-Qur'an. Ahli integrasi memberikan penilaian dari segi integrasi sains dan Islam. Ahli integrasi memberikan penilaian berupa skor, kritik dan saran. Hasil validasi berupa kritik dan saran digunakan sebagai acuan revisi untuk mendapatkan kualitas modul yang baik. Validasi ahli integrasi sains dan Islam dilakukan oleh 1 dosen ahli yaitu Drs. H. Jasuri, M. SI. (Dosen fisika UIN Walisongo Semarang).

Tabel 4.3 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Integrasi Sains dan Islam.

Aspek Penilaian	Kompetensi	Validator	Skor
		I	Total
Aspek Integrasi	Tulisan ayat Al-Qu'an	4	4
	Keterbacaan ayat Al-Qur'an	4	4
	Integrasi Sains dan Islam	5	5
	Nilai keislaman	4	4
Jumlah		17	
Σ Seluruh Skor			17
Σ Rata-rata			4,3
Persentase			85%

Penilaian modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam berdasarkan aspek integrasi sains dan Islam didapatkan skor sebesar

4,3 dan persentase 85%. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, modul fisika yang dikembangkan berbasis integrasi sains dan Islam menurut ahli dikategorikan baik. Hasil dari penilaian tersebut, maka modul fisika layak untuk digunakan, sehingga siswa dapat memahami keterkaitan antara sains dan Islam.

5. Penyempurnaan Produk Akhir

a. Revisi Produk

Revisi produk dilakukan untuk mendapatkan modul yang layak digunakan dalam pembelajaran. Revisi produk diperoleh dari instrumen yang telah digunakan. Instrumen yang digunakan dalam penelitian akan menghasilkan data yaitu data kuantitatif berupa penilaian skor dan data kualitatif berupa kritik dan saran dari ahli materi, ahli media dan ahli integrasi terhadap modul yang dikembangkan. Kritik dan saran yang diperoleh, selanjutnya dijadikan sebagai acuan revisi untuk peneliti guna memperoleh modul yang layak dan berkualitas.

b. Produk Akhir

Produk akhir penelitian berupa modul fisika pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi

sains dan Islam. Modul fisika ini dicetak dengan ukuran A4 dan tebal kertas 80 gram. Modul terintegrasi sains dan Islam yaitu berisi tentang keterkaitan teori fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an. Modul fisika ini dapat digunakan dalam pembelajaran fisika SMP/MTs kelas IX berbasis integrasi sains dan Islam. Produk akhir modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam yang dihasilkan dalam penelitian terlampir (lampiran 15).

B. Validasi Produk

Pengembangan modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam dengan model islamisasi sains yaitu model pengintegrasian dengan mencari kesamaan antara teori fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an. Pengembangan penelitian ini sesuai dengan prosedur pengembangan model Borg dan Gall yang terdiri dari 10 tahap, akan tetapi dibatasi sampai tahap ke-5 yaitu studi pendahuluan, perencanaan produk, pengembangan modul, validasi dari tim ahli, revisi dan produk akhir. Berdasarkan hasil studi pendahuluan diperlukan modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam.

Integrasi sains dan Islam merupakan perpaduan ilmu pengetahuan (sains) dengan Islam yang bertujuan untuk

memahami dan memprediksi fenomena alam dengan penjelasan Al-Qur'an yang sejak dulu ada. Setelah itu, peneliti mengumpulkan materi fisika yang mencakup listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan. Selain itu, peneliti juga mencari referensi ayat-ayat Al-Qur'an dan tafsirannya serta pengetahuan Islam yang terkait dengan materi pembelajaran fisika pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.

Langkah selanjutnya adalah perencanaan produk dan pembuatan produk. Produk yang dihasilkan berupa modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam. Selanjutnya modul divalidasi oleh tim ahli yang terdiri dari 3 ahli materi (dosen fisika UIN Walisongo, guru fisika MTs N Bonang, dan guru fisika MTs Miftahul Ulum Weding Demak), 1 ahli media, dan 1 ahli integrasi sains dan Islam (dosen fisika UIN Walisongo).

Data hasil validasi yaitu data kualitatif dan kuantitatif yaitu berupa skor dan kritik atau saran yang dapat digunakan sebagai acuan revisi untuk mendapatkan kualitas modul yang baik.

1. Validasi Ahli Materi

Menurut 3 ahli materi yaitu dosen fisika UIN Walisongo, guru MTs N Bonang, dan guru MTs Miftahul Ulum Weding Demak, kualitas modul yang dikembangkan mendapatkan skor rata-rata 4,4 dengan

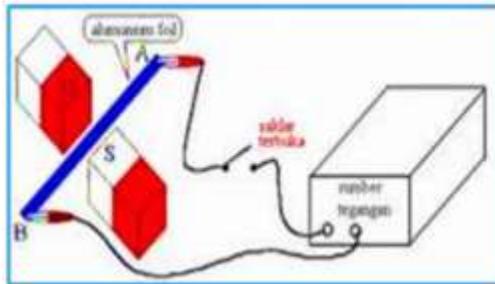
persentase 89%. Berdasarkan hasil tersebut modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam dalam kategori sangat baik. Kritik dan saran yang diberikan ahli materi digunakan sebagai acuan revisi modul demi tersusunnya modul yang berkualitas. Berikut kritik dan saran modul fisika oleh ahli materi.

Tabel 4.4 Kritik dan Saran Modul Fisika oleh Ahli Materi

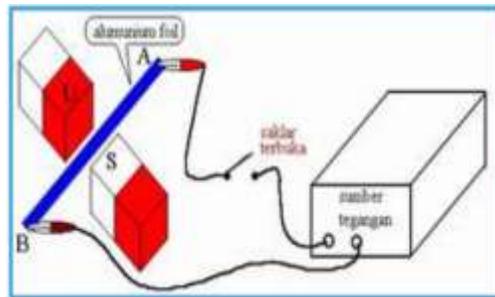
No	Kritik dan Saran
1.	Kualitas gambar dan keterangan mohon untuk bisa diperjelas.
2.	Bagian grafis kurang jelas dan kurang tajam (gambar, animasi, dan sketsa).
3.	Penyajian materi bisa dilengkapi.
4.	Latihan soal dibuat lebih bervariasi dengan beberapa contoh soal berbeda.

Kritik dan saran dari ahli materi, maka dapat dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada modul fisika. Berikut ini beberapa tampilan hasil perbaikan yaitu:

- a. Bagian grafis kurang jelas dan kurang tajam (gambar, animasi, dan sketsa).



Gambar 4.3 Grafis Sebelum Direvisi



Gambar 4.4 Grafis Setelah Direvisi

- b. Penyajian materi bisa dilengkapi.

B. Teori Kemagnetan Bumi

Bumi adalah magnet raksasa. Bumi memiliki kutub utara dan selatan. Tahukah kamu, mengapa jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara dan selatan? Jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara dan selatan karena tertarik oleh kutub selatan dan kutub utara magnet bumi. Kutub utara jarum kompas tertarik oleh kutub selatan magnet bumi yang berada di sekitar kutub utara bumi, sedangkan kutub selatan jarum kompas tertarik oleh kutub utara magnet bumi yang terdapat di sekitar kutub selatan bumi.

Kutub utara dan kutub selatan magnet bumi tidak berimpit dengan kutub utara dan kutub selatan bumi. Mengapa demikian? Hal ini yang menyebabkan kutub utara dan kutub selatan magnet jarum kompas tidak menunjukkan arah utara dan selatan bumi sehingga membentuk sebuah sudut yang disebut sudut deklinasi. Sudut *deklinasi* adalah ketidaktepatan kutub utara dan kutub selatan magnet bumi. Selain adanya ketidaktepatan penunjukan arah kutub utara dan kutub selatan magnet bumi, ternyata medan magnet bumi juga membentuk sudut dengan horizontal bumi yang disebut dengan sudut inklinasi.

Gambar 4.5 Materi Sebelum Direvisi

B. Teori Kemagnetan Bumi

Bumi adalah magnet raksasa. Bumi memiliki kutub utara dan selatan. Tahukah kamu, mengapa jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara dan selatan? Jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara dan selatan karena terdapat oleh kutub selatan dan kutub utara magnet bumi. Kutub utara jarum kompas tertarik oleh kutub selatan magnet bumi yang berada di sekitar kutub utara bumi, sedangkan kutub selatan jarum kompas tertarik oleh kutub utara magnet bumi yang terdapat di sekitar kutub selatan bumi. Karena bentuk bumi bulat, maka bumi dapat kita anggap sebagai magnet batang yang besar.

Kutub utara dan kutub selatan magnet bumi tidak berinteraksi dengan kutub utara dan kutub selatan bumi. Mengapa demikian? Hal ini yang menyebabkan kutub utara dan kutub selatan magnet jarum kompas tidak menunjukkan arah utara dan selatan bumi sehingga menyebabkan sebuah sudut. Sudut penyimpangan jarum kompas terhadap arah bumi ada dua, yaitu:

1. *Sudut deklinasi* adalah sudut penyimpangan yang dibentuk oleh jarum kompas terhadap arah selatan bumi. Sudut deklinasi ada dua, yaitu:
 - a. *Sudut deklinasi positif* adalah apabila kutub utara jarum kompas menyimpang ke arah timur (ke kanan).
 - b. *Sudut deklinasi negatif* adalah apabila kutub utara jarum kompas menyimpang ke arah barat (ke kiri).

Gambar 4.6 Materi Setelah Direvisi

Berdasarkan hasil penilaian dari tim ahli materi dapat disimpulkan bahwa paradigma untuk mengembangkan modul fisika kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam memberikan dampak positif terhadap siswa di MTs N Bonang dan MTS Miftahul Ulum Weding Demak, karena modul ini membahas materi fisika yang dikaitkan dengan Islam dan secara jelas disebutkan beberapa ayat Al-Qur'an. Hal ini bertujuan membangun keterpaduan sains dan Islam, serta berusaha mengurangi dikotomi antara sains dan ilmu agama (Islam).

Demikian anggapan siswa yang menyatakan bahwa fisika adalah pelajaran yang sulit menjadi fisika yang menyenangkan serta membuktikan bahwa fisika memiliki keterkaitan dengan Islam.

2. Validasi Ahli Media

Menurut ahli media yaitu dosen fisika UIN Walisongo Semarang (Hesti Khuzaimah Nurul

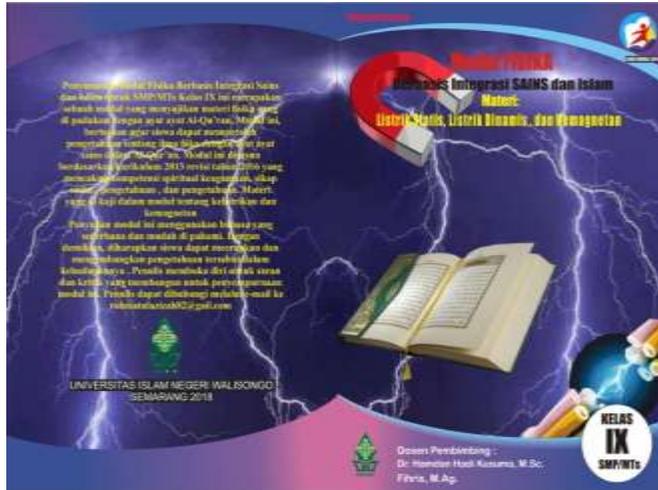
Yusufiyah, M. Eng.), kualitas modul yang dikembangkan mendapatkan skor rata-rata 4,4 dengan persentase 89%. Berdasarkan hasil tersebut modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam dalam kategori sangat baik. Kritik dan saran yang diberikan ahli media digunakan sebagai acuan revisi modul demi tersusunnya modul yang berkualitas. Berikut kritik dan saran modul fisika oleh ahli media.

Tabel 4.5 Kritik dan Saran Modul Fisika oleh Ahli Media

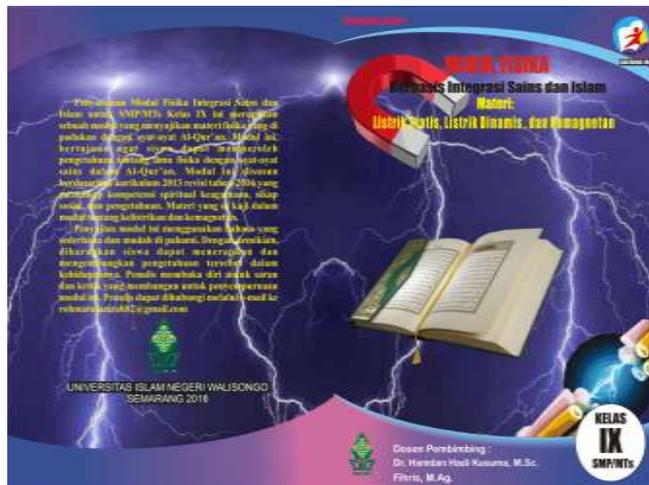
No	Kritik dan Saran
1.	Banyak gambar yang tidak jelas.
2.	Ada typo.
3.	Berikan informasi sumber gambar (ada yang tidak ada).
4.	Spasi antara ilustrasi dan materi kurang konsisten.

Kritik dan saran dari ahli media, maka dapat dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada modul fisika. Berikut ini beberapa tampilan hasil perbaikan yaitu:

a. Ada typo



Gambar 4.7 Typo Sebelum Direvisi

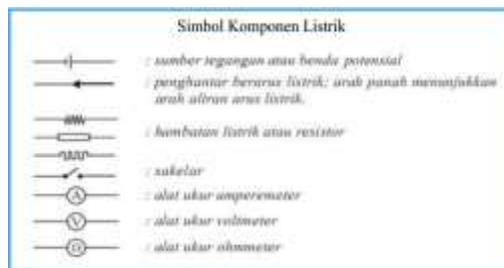


Gambar 4.8 Typo Setelah Direvisi

- b. Berikan informasi sumber gambar (ada yang tidak ada)



Gambar 4.9 Informasi Sumber Gambar Sebelum Direvisi



Source: <http://id.wikipedia.org>
Gambar 2.9 Simbol komponen listrik

Gambar 4.10 Informasi Sumber Gambar Setelah Direvisi

3. Validasi Ahli Integrasi Sains dan Islam

Menurut ahli integrasi sains dan Islam yaitu dosen fisika UIN Walisongo Semarang (Drs. H. Jasuri, M. SI), kualitas modul yang dikembangkan mendapatkan skor rata-rata 4,3 dengan persentase 85%. Berdasarkan hasil tersebut modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam dalam kategori baik. Kritik dan saran yang diberikan ahli integrasi sains dan Islam digunakan sebagai acuan

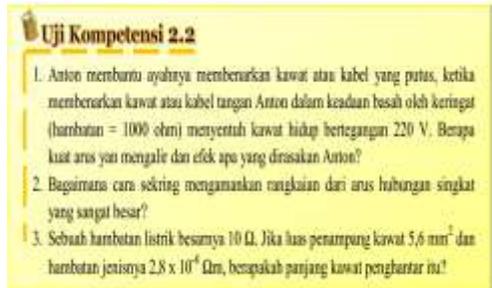
revisi modul demi tersusunnya modul yang berkualitas. Berikut kritik dan saran modul fisika oleh ahli integrasi sains dan Islam.

Tabel 4.6 Kritik dan Saran Modul Fisika oleh Ahli Integrasi Sains dan Islam

No	Kritik dan Saran
1.	Dicetak yang lebih jelas baik tulisan maupun gambar.
2.	Pilih warna yang sesuai (sejuk dipandang) hindari warna kuning.

Kritik dan saran dari ahli integrasi sains dan Islam, maka dapat dilakukan perbaikan dan penyempurnaan pada modul fisika. Berikut ini beberapa tampilan hasil perbaikan yaitu:

- a. Pilih warna yang sesuai (sejuk dipandang) hindari warna kuning.



Gambar 4.11 Pilihan Warna Sebelum Direvisi

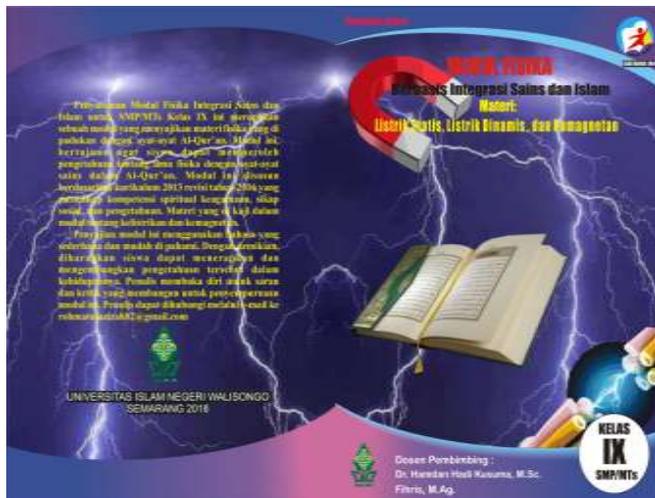
Uji Kompetensi 2.2

1. Anton merubahi ayahnya membenarkan kawat atau kabel yang putus, ketika membenarkan kawat atau kabel tergan Anton dalam keadaan basah oleh keringat (hambatan = 1000 ohm) menyentuh kawat hidup bertegangan 220 V. Berapa kuat arus yang mengalir dan efek apa yang dirasakan Anton?
2. Bagaimana cara sekring mengamankan rangkaian dari arus hubrangan singkat yang sangat besar?
3. Sebuah hambatan listrik besarnya 10 Ω . Jika luas penampang kawat 5,6 mm² dan hambatan jenisnya 2,8 s 10⁸ Ohm, berapakah panjang kawat penghantar itu?
4. Sebuah kawat penghantar dengan panjang 10 m memiliki hambatan sebesar 100 Ω . Jika kawat dipotong menjadi 2 bagian yang sama panjang, tentukan hambatan yang dimiliki oleh masing-masing potongan kawat!

Gambar 4.12 Pilihan Warna Setelah Direvisi

C. Prototipe Hasil Pengembangan

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



Gambar 4.13 Cover Modul Fisika

Cover depan modul fisika terdapat beberapa bagian yaitu bagian kiri atas terdapat identitas penulis, bagian

kanan atas terdapat logo kurikulum 2013 yang menandakan bahwa modul yang dikembangkan berorientasi pada kurikulum 2013. Judul modul diletakkan ditengah atas yang tertuliskan modul fisika berbasis integrasi sains dan Islam. Hal ini menunjukkan bahwa modul tersebut merupakan modul fisika yang menggunakan pendekatan berbasis integrasi sains dan Islam dan tertuliskan materi agar mempermudah siswa dalam mengenali materi yang disajikan dalam modul. *Background cover* bergambarkan kilat atau petir yang menunjukkan bahwa petir merupakan salah satu kebesaran Allah yang juga dibahas dalam ilmu fisika dan magnet merupakan salah satu benda yang bisa dirasakan manfaatnya dalam produk teknologi. Modul bergambarkan Al-Qur'an dikarenakan modul yang dikembangkan berbasis integrasi sains dan Islam. Pada bagian tengah dibawah bertuliskan nama dosen pembimbing dan pada bagian kanan bawah menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan untuk siswa kelas IX SMP/MTs.

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

1. Bagian Awal
 - a. Cover
 - b. Ucapan terimakasih
 - c. Kata pengantar

- d. Petunjuk penggunaan modul
 - e. Daftar isi
2. Bagian Isi
- a. Cover bab dan judul bab
 - b. Kompetensi inti dan kompetensi dasar
 - c. Indikator dan tujuan pembelajaran
 - d. Peta konsep, inti materi, dan kata kunci
 - e. Apersepsi
 - f. Materi pokok
 - g. Contoh soal
 - h. Uji kompetensi
 - i. Lembar kerja (praktikum)
 - j. Kajian islam
 - k. Bintang IPA
 - l. Ilmu sains muslim kita
 - m. Fokus IPA
 - n. Ayo, kita renungkan
 - o. Rangkuman
 - p. Evaluasi bab
 - q. Penilaian proyek
 - r. Penilaian produk
3. Bagian Akhir
- a. Daftar pustaka
 - b. Glosarium
 - c. Kunci jawaban

Produk akhir penelitian ini berupa modul fisika pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam. Modul ini dicetak dengan menggunakan kertas berukuran A4, dan disajikan *soft colour full* sehingga membuat siswa tertarik untuk belajar. Selain itu, modul ini di dalamnya berisi tentang keterkaitan antara materi fisika dengan ayat-ayat Al-Qur'an dan membahas informasi sains. Produk akhir modul fisika yang dihasilkan dalam penelitian ini terdapat pada lampiran 15.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Prosedur penelitian dan pengembangan ini menggunakan teori Borg dan Gall yang dibatasi tahap penelitiannya yaitu studi pendahuluan, perencanaan produk, pengembangan produk, validasi ahli, revisi dan produk akhir. Pengembangan modul ini dikembangkan menggunakan pendekatan integrasi sains dan Islam dengan model Islamisasi sains.
2. Kualitas modul fisika pada materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan untuk kelas IX SMP/MTs berbasis integrasi sains dan Islam, berdasarkan validasi ahli materi mendapatkan persentase kelayakan 89% (Sangat Baik), dan berdasarkan penilaian ahli media, kualitas modul yang dikembangkan mendapatkan persentase kelayakan 89% (Sangat Baik), sedangkan berdasarkan penilaian ahli integrasi sains dan Islam mendapatkan persentase kelayakan 85% (Baik).

B. Saran

Berdasarkan pada simpulan di atas maka peneliti mengajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan dalam penelitian berupa modul fisika materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan kelas IX berbasis integrasi sains dan Islam disarankan supaya diuji cobakan dalam kelas kecil maupun kelas besar, supaya lebih mengetahui kekurangan dan kelebihan modul 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*. (A. Holid, Ed.) (Edisi I). Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Al Qur'an Departemen Agama RI. (2010). *AL QUR'AN DAN TAFSINYA (Edisi yang disempurnakan) JILID III, V, dan VI*. Jakarta: Lentera Abadi.
- Anwar, E. D. (2016). *Telaah Ilmiah Sains dalam Hadits yang Berkaitan dengan Kehidupan Sehari-Hari. Studi Islam dan Sosial*. 37–48.
- Arsyad, Azhar. (2000). *Media Pengajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Daryanto. (2013). *Menyusun Modul Bahan Ajar untuk Persiapan Guru dalam Mengajar*. (S. Darmiatun, Ed.) (Cetakan I). Yogyakarta: GAVA MEDIA.
- Depdiknas. (2003). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta: Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Fauziyah, N. F. (2016). *Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis Integrasi Sains dan Islam Kelas X SMA/MA Materi Alat Optik, Suhu dan Kalor, Listrik Dinamis, dan Gelombang Elektromagnetik*. Semarang: UIN Walisongo Semarang.
- Giancoli. (2001). *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday dan Resnick. (1984). *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Karwadi. (2008). *Integrasi Paradigma Sains dan Agama dalam Pembelajaran Aqidah (Ketuhanan)*. *Penelitian Agama*. XVII (3): 516-536.
- Khamdani, S. L. (2014). *Pengembangan Ensiklopedia Fisika Berbasis Integrasi Islam-Sains Sebagai Sumber Belajar Mandiri Siswa SMA/MA*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

- Kustandi, Cecep dan Sutjipto, Bambang. (2011). *Media Pembelajaran: Manual dan Digital*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Nata, A. (2011). *Studi Islam Komprehensif*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Nasution (2010) *Berbagai Pendekatan Dalam Proses Belajar Dan Mengajar*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Nurkhabibah, V. (2017). *Pengembangan Modul Fisika Kelas XI MA Bercirikan Integrasi Sains dan Islam pada Materi Usaha dan Energi, Hukum Kekekalan Energi, Momentum, Impuls dan Tumbukan*. Semarang: UIN Walisongo Semarang.
- Prastowo, A. (2014). *Pengembangan Bahan Ajar Tematik (Tinjauan Teoretis dan Praktik)*. (Edisi I). Jakarta: Kencana.
- Purwanto, A. (2012). *Nalar Ayat-Ayat Semesta*. Bandung: PT Mizan Pustaka.
- Purwaningrum, S. (2015). *Elaborasi Ayat-Ayat Sains dalam Al-Qur'an: Langkah Menuju Integrasi Agama dan Sains dalam Pendidikan. Inovatif. 1* (1): 124–141.
- Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional. (2003). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Ramli, M. (2014). *Integrasi Pendidikan Agama Islam ke dalam Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di Madrasah Tsanawiyah Negeri Mulawarman Banjarmasin. Kopertais Wilayah XI Kalimantan. 12* (21), 111–132.
- Sanjaya, Wina. (2008). *Perencanaan dan Desain Sistem Pembelajaran*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Shihab, M. Quraish. (2002). *Tafsir Al-Misbah: pesan, kesan, dan keserasian Al-Qur'an/M.Quraish Shihab vol 5, 10, 11, dan 13*, Jakarta: Lentera hati.
- Soyomukti, Nurani. (2016). *Teori-teori Pendidikan: Tradisional, (Neo)*

- Liberal, *Marxis-Sosialis, Postmodern*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media.
- Sugiono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: CV ALFABETA.
- Sukmadinata, N. S. (2005). *Metode Penelitian Pendidikan (Cetakan I)*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Sunarto, R. (2015). *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi Komunikasi dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta.
- Sunhaji. (2014). *Konsep Manajemen Kelas dan Implikasinya dalam Pembelajaran. Kependidikan*. II (2): 30-46.
- Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian (Edisi I)*. Yogyakarta: PUSTAKA PELAJAR.
- Yusuf, M. Y. (2015). *PESANTREN SAINS : Epistemology of Islamic Science in Teaching System. Walisongo*. 23 (2): 283-310.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1



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

Nomor : Un.10.8/J.6/PP.00.9/1697/2016

Semarang, 18 Oktober 2016

Lamp. : -

Hal : **Penunjukan Pembimbing Skripsi**

Kepada Yth.:

1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M. Sc.
 2. Fihris, M. Ag.
- Di Semarang

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, disetujui judul skripsi mahasiswa:

Nama : Rohmatul Azizah

NIM : 133611045

Judul : **Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam**
 dan menunjuk:

1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M. Sc., sebagai Pembimbing I
2. Fihris, M. Ag., sebagai Pembimbing II

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan, atas kerjasama yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

a.n. Dekan
 Ketua Jurusan Pendidikan Fisika,

 Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M. Sc.
 NIP. 19770320 200912 1 002

Tembusan:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 2



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.730/Un.10.8/D1/TL.00/02/2018 Semarang, 20 Februari 2018
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset.

Kepada Yth.
Kepala MTs N Bonang
di Demak

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : Rohmatul Azizah
NIM : 133611045
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika
Judul Skripsi : "Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam.

Pembimbing : 1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc.
: 2. Fihris, M.Ag.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di ijinakan melaksanakan Riset selama 1 hari tanggal 26 Februari 2018. Penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi bahan kajian (analisis) bagi mahasiswa kami.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

a.n. Dekan



Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan

Demah, M.Pd.

NIP. 19590313 198103 2 007 X

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

Lampiran 3



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.730/Un.10.8/D1/TL.00/02/2018 Semarang, 20 Februari 2018
Lamp : Proposal Skripsi
Hal : Permohonan Izin Riset.

Kepada Yth.
Kepala MTs Miftahul Ulum Weding
di Demak

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : Rohmatul Azizah
NIM : 133611045
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika
Judul Skripsi : "Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis,
Listrik Dinamis dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs
Berbasis Integrasi Sains dan Islam.
Pembimbing : 1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc.
: 2. Fihris, M.Ag.

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut di ijinakan melaksanakan Riset selama 1 hari tanggal 28 Februari 2018. Penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi bahan kajian (analisis) bagi mahasiswa kami.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

a.n. Dekan
Bidang Akademik
dan Kelembagaan
Dekan, M.Pd.
No. 19590313 198103 2 007 x

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

Lampiran 4



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
KANTOR KEMENTERIAN AGAMA KABUPATEN DEMAK
MADRASAH TSANAWIYAH NEGERI BONANG
 Tridonorejo Bonang Telp. (0291) 8908040 Demak 59552
 Email : mtsnbonangdemak@yahoo.com

SURAT KETERANGAN

Nomor : 80 /Mts.11.21.96/TL.00/03/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : H. Nur Kamsan, S.Ag, M.Pd
 NIP. : 19700608 199603 1 003
 Pangkat / Gol : Pembina, IV/a
 Jabatan : Guru Pembina / Kepala MTs N Bonang

Menerangkan bahwa :

Nama : Rohmatul Azizah
 NIM. : 133611045
 Jurusan /Fakultas : Pendidikan Fisika/Sains dan Teknologi
 Jenjang : S.1

Benar-benar telah mengadakan penelitian di MTs N Bonang mulai tanggal 28 Februari 2018 dengan judul " Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statistk, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan kelas IX SMP/MTs berbasis Integrasi Sains dan Islam".

Demikian surat keterangan ini dibuat guna memenuhi surat Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan Nomor : B.730/Un.10.8/D1/TL.00/02/2018 tanggal 20 Februari 2018.

Bonang, 08 Maret 2018

Kepala

 NUR KAMSAN

Lampiran 5



YAYASAN PENDIDIKAN ISLAM MIPTAHUL ULUM
MADRASAH TSANAWIYAH MIPTAHUL ULUM WEDING
 TERAKREDITASI
 NSM : 121233210090, NPSN : 20364305
 Jl. Raya Weding – Demak Km.5 BonangDemak Telp.0812 2988 8812

SURAT KETERANGAN

Nomor: 52 / B / MTs.MU / III / 2018

Yang bertandatangan di bawah ini, Kepala MTs Miftahul Ulum Weding Bonang Demak menerangkan bahwa :

Nama	: Rohmatul Azizah
NIM	: 133611045
Instansi	: Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

Yang tersebut di atas benar – benar telah melakukan penelitian guna penyusunan Skripsi mulai tanggal 28 Februari 2018 dengan judul **“PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS, LISTRIK DINAMIS DAN KEMAGNETAN KELAS IX SMP/MTs BERBASIS INTEGRASI SAINS DAN ISLAM DI MTs MIPTAHUL ULUM WEDING BONANG DEMAK”**

Demikian surat keterangan ini disampaikan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Demak, 08 Maret 2018

Kepala Madrasah

MTs Miftahul Ulum Weding



Lampiran 6

Tabel 4.1 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Materi

Aspek Penilaian	Kompetensi	Validator			Skor Total	Σ Per Aspek	Σ Rata-rata	Persentase
		I	II	III				
Kelayakan Isi	Kesesuaian dengan KI, KD, dan Tujuan	3	5	5	13	53	4,416667	88%
	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa	4	5	5	14			
	Keakuratan materi	3	5	5	13			
	Kemutakhiran materi	4	5	4	13			
Kebahasaan	Kejelasan informasi	4	5	5	14	40	4,444444	89%
	Kelayakan penyajian materi	3	5	5	13			
	Kesesuaian EYD	3	5	5	13			
Teknik Penyajian	Pendukung penyajian	4	5	5	14	28	4,666667	93%
	Penyajian pembelajaran	4	5	5	14			
Kegrafisan	<i>Layout</i>	4	3	4	11	39	4,333333	87%
	Keterbacaan tulisan	4	5	5	14			
	Kualitas buku	4	5	5	14			
Jumlah		44	58	58				
Σ Seluruh Skor					160	160	4,444444	89%

Lampiran 7

Tabel 4.2 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Media

Aspek Penilaian	Kompetensi	Validator	Skor
		I	Total
Desain Media	Keterbacaan tulisan	4	4
	Penyajian modul	5	5
	Kejelasan informasi	4	4
	Kelayakan kegrafikan	5	5
	Warna	5	5
	Kemenarikan cover	4	4
	<i>Layout</i>	4	4
Jumlah		31	
Σ Seluruh Skor			31
Σ Rata-rata			4,4
Persentase			89%

Lampiran 8

Tabel 4.3 Data Hasil Penilaian Modul Fisika oleh Ahli Integrasi Sains dan Islam

Aspek Penilaian	Kompetensi	Validator	Skor
		I	Total
Aspek Integrasi	Tulisan ayat Al-Qu'an	4	4
	Keterbacaan ayat Al-Qur'an	4	4
	Integrasi Sains dan Islam	5	5
	Nilai keislaman	4	4
Jumlah		17	
Σ Seluruh Skor			17
Σ Rata-rata			4,3
Persentase			85%

Lampiran 9

**INSTRUMEN VALIDASI MODUL
ASPEK SUBSTANSI MATERI
MEDIA PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS, LISTRIK
DINAMIS, DAN KEMAGNEAN KELAS IX SMP/MTs
BERINTEGRASI SAINS DAN ISLAM
(Mengadopsi dari BSNP dan Depdiknas)**

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam, maka peneliti bermaksud mengadakan validasi modul pembelajaran ini. Oleh sebab itu dimohon kesediaan Bapak/Ibu mengisi angket di bawah ini sebagai Validator Aspek Substansi Materi. Tujuan dari pengisian angket adalah untuk mengetahui kesesuaian pemanfaatan modul dan sebagai pengukur kelayakan modul sehingga layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Sebelumnya, saya sampaikan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu sebagai Validator Aspek Substansi Materi pada modul ini.

B. Identitas Ahli

Nama : BIAJUK NISKI KUMILA
NIP :
Instansi : IAIN WALIGONDO
Pendidikan : S2 FISIKA MATERIAL

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan
2. Mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberi tanda checklist (✓) pada kolom yang berguna untuk menilai kualitas modul fisika berbasis Integrasi Sains dan Islam.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.
4. Kecermatan Bapak/Ibu dalam penilaian ini sangat peneliti harapkan.

**INSTRUMEN VALIDASI MODUL
ASPEK SUBSTANSI MATERI
MEDIA PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS, LISTRIK
DINAMIS, DAN KEMAGNEAN KELAS IX SMP/MTs
BERINTEGRASI SAINS DAN ISLAM
(Mengadopsi dari BSNP dan Depdiknas)**

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam, maka peneliti bermaksud mengadakan validasi modul pembelajaran ini. Oleh sebab itu dimohon kesediaan Bapak/Ibu mengisi angket di bawah ini sebagai Validator Aspek Substansi Materi. Tujuan dari pengisian angket adalah untuk mengetahui kesesuaian pemanfaatan modul dan sebagai pengukur kelayakan modul sehingga layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Sebelumnya, saya sampaikan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu sebagai Validator Aspek Substansi Materi pada modul ini.

B. Identitas Ahli

Nama : BIAUNIK NISKI KUMILA
 NIP :
 Instansi : UIN WALIGONGO
 Pendidikan : S2 FISIKA MATERIAL

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan
2. Mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberi tanda checklist (✓) pada kolom yang berguna untuk menilai kualitas modul fisika berbasis Integrasi Sains dan Islam.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.
4. Kecematan Bapak/Ibu dalam penilaian ini sangat peneliti harapkan.

D. Indikator Instrumen Validasi

No	Kompetensi	Skor	Deskripsi
KELAYAKAN ISI			
1.	Kesesuaian materi dengan KI, KD dan tujuan.	5	1) Memuat tujuan pembelajaran yang jelas, dan dapat menggambarkan pencapaian Kompetensi Inti dan Kompetensi dasar. 2) Materi pembelajaran yang dikemas bagian-bagian yang kecil/spesifik, sehingga memudahkan dipelajari secara tuntas. 3) Tersedia contoh dan ilustrasi yang mendukung kejelasan penerapan materi pembelajaran. 4) Tersedia soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan untuk mengukur penguasaan peserta didik. 5) Kontekstual, yaitu materi yang disajikan terkait dengan susana, tugas atau konteks kegiatan dan lingkungan sehari-hari.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
2.	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa	5	1) Sesuai dengan karakteristik siswa. 2) Sesuai dengan gaya belajar siswa. 3) Sesuai dengan lingkungan tempat belajar siswa. 4) Memuat siswa mempelajari materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
3.	Keakuratan materi	5	1) Konsep dan definisi yang disajikan tidak menimbulkan banyak tafsir dan sesuai dengan konsep dan definisi dalam bidang fisika.

			<p>2) Fakta dan data yang disajikan sesuai dengan kenyataan dan efisien untuk meningkatkan pemahaman siswa.</p> <p>3) Contoh dan latihan soal sesuai dengan konsep materi.</p> <p>4) Notasi dan simbol besaran fisika disajikan secara benar.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
4.	Kemutakhiran materi	5	<p>1) Materi yang disajikan dalam modul sesuai dengan keilmuan fisika dan saling terikat.</p> <p>2) Materi yang disajikan lengkap.</p> <p>3) Materi yang disajikan sesuai dengan peta konsep.</p> <p>4) Contoh dan latihan soal sesuai dengan konsep materi.</p> <p>5) Gambar dan diagram diutamakan agar memperjelas siswa dalam memahami materi.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
KEBAHASAN			
5.	Kejelasan informasi	5	<p>1) Bahasa yang digunakan mudah dipahami.</p> <p>2) Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan berfikir siswa.</p> <p>3) Tulisan jelas dan mudah dibaca.</p> <p>4) Kata perintah/petunjuk yang digunakan jelas.</p> <p>5) Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung pada sasaran.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi

		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
6.	Kelayakan penyajian materi	5	1) Materi yang disajikan secara sistematis (miliki pendahuluan, isi dan penutup). 2) Contoh soal yang disajikan mengutamakan pemahaman siswa. 3) Terdapat soal latihan pada setiap akhir sub bab. 4) Terdapat kunci jawaban pada evaluasi.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
7.	Kesesuaian EYD	5	1) Penguasaan ejaan bahasa Indonesia secara benar. 2) Kebenaran menggunakan istilah. 3) Kalimat yang digunakan tidak ambigu. 4) Penggunaan tanda baca yang benar.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
TEKNIK PENYAJIAN			
	Pendukung penyajian	5	1) Terdapat daftar pustaka. 2) Terdapat rangkuman disetiap akhir bab. 3) Memuat informasi tentang peran modul dalam pembelajaran. 4) Terdapat informasi yang mendukung materi setiap bab.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
9.	Penyajian pembelajaran	5	1) Penyajian tidak bersifat verbal.

		2) Penyajian materi bersifat mengajak berpartisipasi secara aktif dan mandiri. 3) Penggunaan istilah dan simbol dalam modul disajikan secara konsisten dan sistematis. 4) Istilah yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia dan ilmu fisika.
		4 Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3 Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2 Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1 Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
KEGRAFISAN		
10.	<i>Layout</i>	5 1) Desain menarik dan konsisten. 2) <i>Layout</i> memudahkan pembaca memahami materi. 3) Sinkronisasi antar ilustrasi grafis, visual dan verbal. 4) Kejelasan dan fungsi ilustrasi gambar, animasi, dan sketsa dengan materi. 5) Fungsi gambar terhadap minat dan motivasi belajar siswa dan materi.
		4 Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3 Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2 Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1 Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
11.	Keterbacaan tulisan	5 1) Kesesuaian pemilihan jenis font. 2) Penggunaan ukuran font yang proporsional. 3) Jumlah baris perhalaman sesuai sehingga mudah dibaca. 4) Penggunaan spasi yang proporsional.
		4 Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3 Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2 Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1 Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas

12.	Kualitas buku	5	1) Kertas yang digunakan memiliki kualitas yang bagus sehingga tidak mudah sobek. 2) Modul dijilid dengan kuat dan tidak mudah lepas. 3) Cover modul didesain sesuai dengan materi dan kebutuhan siswa. 4) Modul memiliki nuansa Islami. 5) Penempatan ilustrasi/hiasan pada setiap halaman menambah buku menjadi hidup.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi

E. Lembar Penilaian

No	Kompetensi	1	2	3	4	5
KELAYAKAN ISI						
1.	Kesesuaian materi dengan KI, KD dan tujuan			✓		
2.	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa				✓	
3.	Keakuratan materi			✓	✓	
4.	Kemutakhiran materi				✓	
KEBAHASAAN						
5.	Kejelasan informasi				✓	
6.	Kelayakan penyajian materi			✓	✓	
7.	Kesesuaian EYD			✓		
TEKNIK PENYAJIAN						
8.	Pendukung penyajian				✓	
9.	Penyajian pembelajaran				✓	
KEGRAFISAN						
10.	Layout				✓	
11.	Keterbacaan tulisan				✓	
12.	Kualitas buku				✓	

H. Kesimpulan

Bahan ajar berbentuk Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX Berbasis Integrasi Sains dan Islam ini dinyatakan *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
- ② Layak di gunakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak di gunakan di lapangan.

*) Lingkari salah satu

Semarang, 2018.



BIAUNIK NISKI K
NIP.

Lampiran 10

Surat Penilaian Produk

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : HESTI KHUZAIMAH N.Y.
 NIP :
 Instansi : JURUSAN FISIKA UIN WALISONGO
 Pendidikan : SI T-ELEKTRO

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk modul fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam*" yang disusun oleh:

Nama : Rohmatul Azleah
 NIM : 133611045
 Prodi : Pendidikan Fisika
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Semarang, 28 Februari 2018

Penilai,

Hesti Khuzaimah N.Y., M.Eng.
 NIP:

**INSTRUMEN VALIDASI MODUL
ASPEK DESAIN
MEDIA PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS, LISTRIK
DINAMIS, DAN KEMAGNETAN KELAS IX SMP/MTs
BERINTEGRASI SAINS DAN ISLAM**

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam, maka peneliti bermaksud mengadakan validasi modul pembelajaran ini. Oleh sebab itu dimohon kesediaan Bapak/Ibu mengisi angket di bawah ini sebagai Validator Aspek Substansi Desain. Tujuan dari pengisian angket adalah untuk mengetahui kesesuaian pemanfaatan modul dan sebagai pengukur kelayakan modul sehingga layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Sebelumnya, saya sampaikan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu sebagai Validator Aspek Substansi Desain pada modul ini.

B. Identitas Ahli

Nama : Hesti Khuzatmah N.Y.
 NIP :
 Instansi : Jurusan Fisika.
 Pendidikan : St. T. Elektro

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan
2. Mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberi tanda checklist (✓) pada kolom yang berguna untuk menilai kualitas modul fisika berbasis Integrasi Sains dan Islam.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.
4. Kecermatan Bapak/Ibu dalam penilaian ini sangat peneliti harapkan.

D. Indikator Instrumen Validasi

No	Kompetensi	Skor	Deskripsi
DESAIN MEDIA			
1.	Keterbacaan tulisan	5	1) Kesesuaian pemilihan jenis font. 2) Penggunaan ukuran font yang proporsional. 3) Jumlah baris perhalaman sesuai sehingga sehingga mudah dibaca. 4) Penggunaan spasi yang proporsional.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Satuh satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
2.	Penyajian modul	5	1) Memuat tujuan pembelajaran yang jelas, dan dapat menggambarkan pencapaian KI dan KD. 2) Memuat informasi tambahan sehingga memudahkan siswa mempelajari secara tuntas. 3) Tersedia gambar yang mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran. 4) Tersedia soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan untuk mengukur penguasaan siswa. 5) Kontekstual, yaitu materi yang disajikan terkait dengan suasana, tugas atau konteks kegiatan dan lingkungan siswa.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
3.	Kejelasan informasi	5	1) Daftar isi, petunjuk penggunaan modul disajikan dengan lengkap dan jelas sehingga memberikan kemudahan siswa dalam mengetahui informasi terkait modul. 2) Terdapat lampiran-lampiran tambahan yang

			<p>memberikan pengetahuan tambahan siswa</p> <p>3) Ilustrasi yang disajikan dalam modul jelas dan sesuai.</p> <p>4) Tersedia informasi tambahan yang mendukung dengan memberikan contoh dalam kehidupan sehari-hari.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
4.	Kelayakan kegrafikan	5	<p>1) Bahasa dan gambar yang digunakan seimbang, baik ditinjau dari aspek ukuran, maupun pesan yang ingin disampaikan.</p> <p>2) Keterangan gambar ditempatkan berdekatan dengan ukuran lebih kecil dari huruf teks.</p> <p>3) Penempatan ilustrasi/hiasan pada setiap halaman tidak mengganggu kejelasan informasi pada teks yang berakibat menghambat pemahaman siswa.</p> <p>4) Penggunaan variasi huruf tidak berlebihan.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
5.	Warna	5	<p>1) Penggunaan warna yang proporsional.</p> <p>2) Penggunaan warna yang konsisten.</p> <p>3) Penerapan warna tidak mengganggu keterbacaan teks.</p> <p>4) Desain tata letak warna setiap halaman yang proporsional.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas

6.	Kemenerikan cover	5	1) Kejelasan judul modul. 2) Tata letak teks dan gambar yang proporsional. 3) Penggunaan tulisan dan gambar yang jelas 4) Ilustrasi sampul menggunakan isi/materi dalam modul.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
7.	<i>Layout</i>	5	1) Desain menarik dan konsisten. 2) <i>Layout</i> memudahkan pembaca memahami materi. 3) Sinkronisasi antar ilustrasi grafis, visual dan verbal. 4) Kejelasan dan fungsi ilustrasi gambar, animasi, dan sketsa dengan materi. 5) Fungsi gambar terhadap minat dan motivasi belajar siswa dan materi.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi

E. Lembar Penilaian

No	Kompetensi	1	2	3	4	5
DESAIN MODUL						
1.	Keterbacaan tulisan				✓	
2.	Penyajian modul					✓
3.	Kejelasan informasi				✓	
4.	Kelayakan kegrafikan					✓
5.	Warna					✓
6.	Kemenerikan cover				✓	
7.	<i>Layout</i>				✓	

F. Kritik

- Banyak gambar yang gelap
- Ada typo
- Ada gambar yg tidak ada sumbernya
- Spasi antara ilustrasi & yg lainnya kurang konsisten

G. Saran

- Diperbaiki gambar (cari gambar *resolusi besar)
- Perbaiki typo
- Berikan info dari sumber gambar
- Perbaiki spasi pd ilustrasi dan lainnya

II. Kesimpulan

Bahan ajar berbentuk Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX Berbasis Integrasi Sains dan Islam ini dinyatakan *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak di gunakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak di gunakan di lapangan.

*) Lingkari salah satu

Semarang, 20 Februari 2018



HESTI KHUZAIMAH N.Y.

NIP:

Lampiran 11

Surat Penilaian Produk

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Dr. H. Jasuri, M.Si
 NIP : 196710141994031005
 Instansi : FST UIN WS
 Pendidikan : S.2

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk modul fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam" yang disusun oleh:

Nama : Rohematul Azizah
 NIM : 133611045
 Prodi : Pendidikan Fisika
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Semarang, 22 Feb. 2018
 Penilai,


Dr. H. Jasuri, M.Si
 NIP: 196710141994031005

**INSTRUMEN VALIDASI MODUL
ASPEK INTEGRASI SAINS DAN ISLAM
MEDIA PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS, LISTRIK
DINAMIS, DAN KEMAGNEAN KELAS IX SMP/MTs
BERINTEGRASI SAINS DAN ISLAM**

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam, maka peneliti bermaksud mengadakan validasi modul pembelajaran ini. Oleh sebab itu dimohon kesediaan Bapak/Ibu mengisi angket di bawah ini sebagai Validator Aspek *Integrasi Sains dan Islam*. Tujuan dari pengisian angket adalah untuk mengetahui kesesuaian pemanfaatan modul dan sebagai pengukur kelayakan modul sehingga layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Sebelumnya, saya sampaikan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu sebagai Validator Aspek *Integrasi Sains dan Islam* pada modul ini.

B. Identitas Ahli

Nama :

NIP :

Instansi :

Pendidikan :

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan
 2. Mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberi tanda checklist (√) pada kolom yang berguna untuk menilai kualitas modul fisika berbasis Integrasi Sains dan Islam.
 3. Mohon Bapak/Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.
 4. Kecermatan Bapak/Ibu dalam penilaian ini sangat peneliti harapkan.
-

D. Indikator Instrumen Validasi

No	Kompetensi	Skor	Deskripsi
DESAIN INTEGRASI SAINS DAN ISLAM			
1.	Tulisan ayat Al-Qur'an	5	1) Penulisan Ayat Al-Qur'an cukup jelas dan mudah dibaca. 2) Kesesuaian dalam pemilihan font. 3) Ayat Al-Qur'an yang dicantumkan sesuai dengan materi yang disajikan. 4) Ayat Al-Qur'an yang dicantumkan dalam modul merupakan contoh fisika dalam kehidupan sehari-hari
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
2.	Keterbacaan ayat Al-Qur'an	5	1) Kesesuaian dalam pemilihan jenis font. 2) Penggunaan ukuran font yang proporsional. 3) Penggunaan spasi yang proporsional. 4) Kejelasan kesesuaian tafsir dalam materi.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
3.	Integrasi sains dan islam	5	1) Ayat yang diintegrasikan mudah untuk dipahami. 2) Penempatan ayat Al-Qur'an tertata secara sistematis. 3) Kesesuaian ayat Al-Qur'an dengan materi yang disajikan. 4) Keterpaduan antara penjelasan ayat Al-Qur'an dengan materi bahan ajar. 5) Adanya keterkaitan ilmu fisika dengan disiplin ilmu lainnya.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi

		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
4.	Nilai keislaman	5	1) Pemilihan kata-kata yang bernuansa Islami. 2) Penggunaan gambar yang sopan. 3) Keseimbangan proposi materi fisika dan keislaman. 4) Adanya wawasan keislaman yang sesuai dengan materi fisika yang diajarkan.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas

E. Lembar Penilaian

No	Kompetensi	1	2	3	4	5
1.	Tulisan ayat Al-Qur'an				✓	
2.	Keterbacaan ayat Al-Qur'an				✓	
3.	Integrasi sains dan islam					✓
4.	Nilai keislaman				✓	

F. Kritik

1. Betakan gambar, tulisan kurang jelas
- a. Pemilihan warna gambar kurang jelas, bisa kurang sepele (perutamu warna kuning) -

G. Saran

1. Diberikan ya lebih jelas baik tulisan maupun gambar
2. Tidak warna ya resmi (sejauh mungkin) hindari warna lain.

H. Kesimpulan

Bahan ajar berbentuk Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX Berbasis Integrasi Sains dan Islam ini dinyatakan *):

- ✓ 1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak di gunakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak di gunakan di lapangan.

*) Lingkari salah satu

Semarang, 22 - 2 - 2018


 Drs. H. Jaeni, M.Si.
 NIP. 196710141994031005

Lampiran 12

Surat Penilaian Produk

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Khuruman Soleh, S.Ag, M.Pd
 NIP : 196710281998031002
 Instansi : MtS. Negeri, Rembang Kab. Demak
 Pendidikan : SI UIN Jogja dan S2 UNNES Semarang

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk modul fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas X/SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam*" yang disusun oleh:

Nama : Rohmatul Azizah
 NIM : 133611045
 Prodi : Pendidikan Fisika
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Semarang, Maret 2018

Penilai,



Khuruman Soleh, S.Ag, M. Pd
 NIP: 196710281998031002



**INSTRUMEN VALIDASI MODUL
ASPEK SUBSTANSI MATERI
MEDIA PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS, LISTRIK
DINAMIS, DAN KEMAGNEAN KELAS IX SMP/MTs
BERINTEGRASI SAINS DAN ISLAM
(Mengadopsi dari BSNP dan Depdiknas)**

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam, maka peneliti bermaksud mengadakan validasi modul pembelajaran ini. Oleh sebab itu dimohon kesediaan Bapak/Ibu mengisi angket di bawah ini sebagai Validator Aspek Substansi Materi. Tujuan dari pengisian angket adalah untuk mengetahui kesesuaian pemanfaatan modul dan sebagai pengukur kelayakan modul sehingga layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Sebelumnya, saya sampaikan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu sebagai Validator Aspek Substansi Materi pada modul ini.

B. Identitas Ahli

Nama : Khusnuman Soleh, S.Ag, M.Pd
 NIP : 19671028 1998021002
 Instansi : MTs. Negeri Bonang Kab. Demak
 Pendidikan : Si UIN Jember dan S2 UMES Semarang

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan
2. Mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberi tanda checklist (√) pada kolom yang berguna untuk menilai kualitas modul fisika berbasis Integrasi Sains dan Islam.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.
4. Kecermatan Bapak/Ibu dalam penilaian ini sangat peneliti harapkan.

D. Indikator Instrumen Validasi

No	Kompetensi	Skor	Deskripsi
KELAYAKAN ISI			
1.	Kesesuaian materi dengan KI, KD dan tujuan.	5	1) Memuat tujuan pembelajaran yang jelas, dan dapat menggambarkan pencapaian Kompetensi Inti dan Kompetensi dasar. 2) Materi pembelajaran yang dikemas bagian-bagian yang kecil/spesifik, sehingga memudahkan dipelajari secara tuntas. 3) Tersedia contoh dan ilustrasi yang mendukung kejelasan penerapan materi pembelajaran. 4) Tersedia soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan untuk mengukur penguasaan peserta didik. 5) Kontekstual, yaitu materi yang disajikan terkait dengan susana, tugas atau konteks kegiatan dan lingkungan sehari-hari.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
2.	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa	5	1) Sesuai dengan karakteristik siswa. 2) Sesuai dengan gaya belajar siswa. 3) Sesuai dengan lingkungan tempat belajar siswa. 4) Memuat siswa mempelajari materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
3.	Keakuratan materi	5	1) Konsep dan definisi yang disajikan tidak menimbulkan banyak tafsir dan sesuai dengan konsep dan definisi dalam bidang fisika.

			<p>2) Fakta dan data yang disajikan sesuai dengan kenyataan dan efisien untuk meningkatkan pemahaman siswa.</p> <p>3) Contoh dan latihan soal sesuai dengan konsep materi.</p> <p>4) Notasi dan simbol besaran fisika disajikan secara benar.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
4.	Kemutakhiran materi	5	<p>1) Materi yang disajikan dalam modul sesuai dengan keilmuan fisika dan saling terkait.</p> <p>2) Materi yang disajikan lengkap.</p> <p>3) Materi yang disajikan sesuai dengan peta konsep.</p> <p>4) Contoh dan latihan soal sesuai dengan konsep materi.</p> <p>5) Gambar dan diagram diutamakan agar memperjelas siswa dalam memahami materi.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
KEBAHASAN			
5.	Kejelasan informasi	5	<p>1) Bahasa yang digunakan mudah dipahami.</p> <p>2) Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan berfikir siswa.</p> <p>3) Tulisan jelas dan mudah dibaca.</p> <p>4) Kata perintah/petunjuk yang digunakan jelas.</p> <p>5) Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung pada sasaran.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi

		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
6.	Kelayakan penyajian materi	5	1) Materi yang disajikan secara sistematis (mamiliki pendahuluan, isi dan penutup). 2) Contoh soal yang disajikan mengutamakan pemahaman siswa. 3) Terdapat soal latihan pada setiap akhir sub bab. 4) Terdapat kunci jawaban pada eveluasi.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
7.	Kesesuaian EYD	5	1) Penguasaan ejaan bahasa Indonesia secara benar. 2) Kebenaran menggunakan istilah. 3) Kalimat yang digunakan tidak ambigu. 4) Penggunaan tanda baca yang benar.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
TEKNIK PENYAJIAN			
	Pendukung penyajian	5	1) Terdapat daftar pustaka. 2) Tedapat rangkuman disetiap akhir bab. 3) Memuat informasi tentang peran modul dalam pembelajaran. 4) Terdapat informasi yang mendukung materi setiap bab.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
9.	Penyajian pembelajaran	5	1) Penyajian tidak bersifat verbal,

			<p>2) Penyajian materi bersifat mengajak berpartisipasi secara aktif dan mandiri.</p> <p>3) Penggunaan istilah dan simbol dalam modul disajikan secara konsisten dan sistematis.</p> <p>4) Istilah yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia dan ilmu fisika.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
KEGRAFISAN			
10.	<i>Layout</i>	5	<p>1) Desain menarik dan konsisten.</p> <p>2) <i>Layout</i> memudahkan pembaca memahami materi.</p> <p>3) Sinkronisasi antar ilustrasi grafis, visual dan verbal.</p> <p>4) Kejelasan dan fungsi ilustrasi gambar, animasi, dan sketsa dengan materi.</p> <p>5) Fungsi gambar terhadap minat dan motivasi belajar siswa dan materi.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
11.	Keterbacaan tulisan	5	<p>1) Kesesuaian pemilihan jenis font.</p> <p>2) Penggunaan ukuran font yang proporsional.</p> <p>3) Jumlah baris perhalaman sesuai sehingga mudah dibaca.</p> <p>4) Penggunaan spasi yang proporsional.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas

12.	Kualitas buku	5	1) Kertas yang digunakan memiliki kualitas yang bagus sehingga tidak mudah disobek. 2) Modul dijilid dengan kuat dan tidak mudah lepas. 3) Cover modul didesain sesuai dengan materi dan kebutuhan siswa. 4) Modul memiliki nuansa Islami. 5) Penempatan ilustrasi/hiasan pada setiap halaman menambah buku menjadi hidup.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi

E. Lembar Penilaian

No	Kompetensi	1	2	3	4	5
KELAYAKAN ISI						
1.	Kesesuaian materi dengan KI, KD dan tujuan					✓
2.	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa					✓
3.	Keakuratan materi					✓
4.	Kemutakhiran materi					✓
KEBAHASAAN						
5.	Kejelasan informasi					✓
6.	Kelayakan penyajian materi					✓
7.	Kesesuaian EYD					✓
TEKNIK PENYAJIAN						
8.	Pendukung penyajian					✓
9.	Penyajian pembelajaran					✓
KEGRAFISAN						
10.	Layout			✓		
11.	Keterbacaan tulisan					✓
12.	Kualitas buku					✓

F. Kritik

1. Kelengkapan isi : Sangat baik
 - a. Materi : cukup, contoh-contoh penerapan dan soal.
 - b. Kesesuaian dengan kebutuhan siswa
 - c. Keakuratan materi
2. Kebahasaan : Sangat baik
 - a. kejelasan informasi b. Kelengkapan penyajian materi c.
 - e. Kelengkapan EYD.
3. Teknik Penyajian : Sangat baik
 - u. Pembungkung penyajian (Buku, Media, Teknologi, dan sebagainya)
 - b. Penyajian pembelajaran (sudah mengajak siswa aktif dan partisipatif)
4. Keaprasian : Baik
 - a. Layout (Desain, ilustrasi gambar, animasi sangat menarik dan
sangat siswa)
 - b. Keperolehan tulisan
 - c. Kualitas buku

G. Saran

Bagian gambar kurang jelas dan kurang tajam, terutama
ilustrasi gambar, animasi dan sketsa.

Mohon di pertajam dan di perelas agar anak / siswa mudah
pahami, senang dan menyenangkan pembelajaran fisika.

H. Kesimpulan

Bahan ajar berbentuk Pengembangan Modal Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX Berbasis Integrasi Sains dan Islam ini dinyatakan *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak di gunakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak di gunakan di lapangan.

*) Lingkari salah satu

Semarang, Melet 2018

Khairuman Soluh, S.Ag., M.Pd.
NIP. 196710281498031002

Lampiran 13**Surat Penilaian Produk**

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Ashkan, S. Pd
 NIP : -
 Instansi : MTs Miftahul Ulum Wedung Bonang Demak
 Pendidikan : SI

Menyatakan bahwa saya telah menilai produk modul fisika untuk keperluan skripsi yang berjudul "*Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam*" yang disusun oleh:

Nama : Rohmatul Azizah
 NIM : 133611045
 Prodi : Pendidikan Fisika
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Instansi : Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang

Semarang, 8 Maret 2018

Penilai,


 (Ashkan, S. Pd)
 NIP: -

**INSTRUMEN VALIDASI MODUL
ASPEK SUBSTANSI MATERI
MEDIA PENGEMBANGAN MODUL FISIKA MATERI LISTRIK STATIS, LISTRIK
DINAMIS, DAN KEMAGNEAN KELAS IX SMP/MTs
BERINTEGRASI SAINS DAN ISLAM
(Mengadopsi dari BSNP dan Depdiknas)**

A. Pengantar

Berkaitan dengan pelaksanaan Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX SMP/MTs Berbasis Integrasi Sains dan Islam, maka peneliti bermaksud mengadakan validasi modul pembelajaran ini. Oleh sebab itu dimohon kesediaan Bapak/Ibu mengisi angket di bawah ini sebagai Validator Aspek Substansi Materi. Tujuan dari pengisian angket adalah untuk mengetahui kesesuaian pemanfaatan modul dan sebagai pengukur kelayakan modul sehingga layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Sebelumnya, saya sampaikan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu sebagai Validator Aspek Substansi Materi pada modul ini.

B. Identitas Ahli

Nama : Asuhani, S. Pd
NIP : -
Instansi : MTs. Miftahul ulam Waling Bonang Demak
Pendidikan : Si

C. Petunjuk Penilaian

1. Sebelum mengisi angket ini mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan
 2. Mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam instrumen ini dengan memberi tanda checklist (√) pada kolom yang berguna untuk menilai kualitas modul fisika berbasis Integrasi Sains dan Islam.
 3. Mohon Bapak/Ibu memberikan kritik dan saran pada lembar yang disediakan.
 4. Kecermatan Bapak/Ibu dalam penilaian ini sangat peneliti harapkan.
-

D. Indikator Instrumen Validasi

No	Kompetensi	Skor	Deskripsi
KELAYAKAN ISI			
1.	Kesesuaian materi dengan KI, KD dan tujuan.	5	1) Memuat tujuan pembelajaran yang jelas, dan dapat menggambarkan pencapaian Kompetensi Inti dan Kompetensi dasar. 2) Materi pembelajaran yang dikemas bagian-bagian yang kecil/spesifik, sehingga memudahkan dipelajari secara tuntas. 3) Tersedia contoh dan ilustrasi yang mendukung kejelasan penerapan materi pembelajaran. 4) Tersedia soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan untuk mengukur penguasaan peserta didik. 5) Kontekstual, yaitu materi yang disajikan terkait dengan susana, tugas atau konteks kegiatan dan lingkungan sehari-hari.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
2.	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa	5	1) Sesuai dengan karakteristik siswa. 2) Sesuai dengan gaya belajar siswa. 3) Sesuai dengan lingkungan tempat belajar siswa. 4) Memuat siswa mempelajari materi listrik statis, listrik dinamis, dan kemagnetan.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
3.	Keakuratan materi	5	1) Konsep dan definisi yang disajikan tidak menimbulkan banyak tafsir dan sesuai dengan konsep dan definisi dalam bidang fisika.

			<p>2) Fakta dan data yang disajikan sesuai dengan kenyataan dan efisien untuk meningkatkan pemahaman siswa.</p> <p>3) Contoh dan latihan soal sesuai dengan konsep materi.</p> <p>4) Notasi dan simbol besaran fisika disajikan secara benar.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
4.	Kemutakhiran materi	5	<p>1) Materi yang disajikan dalam modul sesuai dengan keilmuan fisika dan saling terikat.</p> <p>2) Materi yang disajikan lengkap.</p> <p>3) Materi yang disajikan sesuai dengan peta konsep.</p> <p>4) Contoh dan latihan soal sesuai dengan konsep materi.</p> <p>5) Gambar dan diagram diutamakan agar memperjelas siswa dalam memahami materi.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
KEBAHASAN			
5.	Kejelasan informasi	5	<p>1) Bahasa yang digunakan mudah dipahami.</p> <p>2) Bahasa yang digunakan sesuai dengan perkembangan berfikir siswa.</p> <p>3) Tulisan jelas dan mudah dibaca.</p> <p>4) Kata perintah/petunjuk yang digunakan jelas.</p> <p>5) Kalimat yang digunakan sederhana dan langsung pada sasaran.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi

		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
6.	Kelengkapan penyajian materi	5	1) Materi yang disajikan secara sistematis (mamiliki pendahuluan, isi dan penutup). 2) Contoh soal yang disajikan mengutamakan pemahaman siswa. 3) Terdapat soal latihan pada setiap akhir sub bab. 4) Terdapat kunci jawaban pada eveluasi.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
7.	Kesesuaian EYD	5	1) Penguasaan ejaan bahasa Indonesia secara benar. 2) Kebenaran menggunakan istilah. 3) Kalimat yang digunakan tidak ambigu. 4) Penggunaan tanda baca yang benar.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
TEKNIK PENYAJIAN			
	Pendukung penyajian	5	1) Terdapat daftar pustaka. 2) Tedapat rangkuman disetiap akhir bab. 3) Memuat informasi tentang peran modul dalam pembelajaran. 4) Terdapat informasi yang mendukung materi setiap bab.
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
9.	Penyajian pembelajaran	5	1) Penyajian tidak bersifat verbal.

			<p>2) Penyajian materi bersifat mengajak berpartisipasi secara aktif dan mandiri.</p> <p>3) Penggunaan istilah dan simbol dalam modul disajikan secara konsisten dan sistematis.</p> <p>4) Istilah yang digunakan sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia dan ilmu fisika.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas
KEGRAFISAN			
10.	<i>Layout</i>	5	<p>1) Desain menarik dan konsisten.</p> <p>2) <i>Layout</i> memudahkan pembaca memahami materi.</p> <p>3) Sinkronisasi antar ilustrasi grafis, visual dan verbal.</p> <p>4) Kejelasan dan fungsi ilustrasi gambar, animasi, dan sketsa dengan materi.</p> <p>5) Fungsi gambar terhadap minat dan motivasi belajar siswa dan materi.</p>
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
11.	Keterbacaan tulisan	5	<p>1) Kesesuaian pemilihan jenis font.</p> <p>2) Penggunaan ukuran font yang proporsional.</p> <p>3) Jumlah baris perhalaman sesuai sehingga mudah dibaca.</p> <p>4) Penggunaan spasi yang proporsional.</p>
		4	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Tidak mencakup semua point yang disebutkan di atas

12.	Kualitas buku	5	1) Kertas yang digunakan memiliki kualitas yang bagus sehingga tidak mudah sobek. 2) Modul dijilid dengan kuat dan tidak mudah lepas. 3) Cover modul didesain sesuai dengan materi dan kebutuhan siswa. 4) Modul memiliki nuansa Islami. 5) Penempatan ilustrasi/hiasan pada setiap halaman menambah buku menjadi hidup.
		4	Empat point yang disebutkan di atas terpenuhi
		3	Tiga point yang disebutkan di atas terpenuhi
		2	Dua point yang disebutkan di atas terpenuhi
		1	Salah satu point yang disebutkan di atas terpenuhi

E. Lembar Penilaian

No	Kompetensi	1	2	3	4	5
KELAYAKAN ISI						
1.	Kesesuaian materi dengan KI, KD dan tujuan					✓
2.	Kesesuaian dengan kebutuhan siswa					✓
3.	Keakuratan materi					✓
4.	Kemutakhiran materi				✓	
KEBAHASAAN						
5.	Kejelasan informasi					✓
6.	Kelayakan penyajian materi					✓
7.	Kesesuaian EYD					✓
TEKNIK PENYAJIAN						
8.	Pendukung penyajian					✓
9.	Penyajian pembelajaran					✓
KEGRAFISAN						
10.	<i>Layout</i>				✓	
11.	Keterbacaan tulisan					✓
12.	Kualitas buku					✓

F. Kritik

1. Kualitas gambar & keterangan mhn untuk bisa diperjelas
2. Penyajian materi bisa di lengkapi
3. Untuk soal mhn di buat lebih ber variasi by beberapa contoh soal berbeda.

G. Saran

II. Kesimpulan

Bahan ajar berbentuk Pengembangan Modul Fisika Materi Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan Kelas IX Berbasis Integrasi Sains dan Islam ini dinyatakan *):

1. Layak digunakan di lapangan tanpa ada revisi.
2. Layak digunakan di lapangan dengan revisi.
3. Tidak layak digunakan di lapangan.

*) Lingkari salah satu

Semarang, 8 Maret 2018


Akhlan, S.Pd
NIP: -

Lampiran 14

Daftar nama Ahli Materi

Biaunik Niski Kumila, M. S

Daftar Nama Ahli Media

Hesti Khuzaimah Nurul Yusufiyah, M. Eng

Daftar Nama Ahli Integrasi Sains dan Islam

Drs. H. Jasuri, M. SI

Daftar Nama Guru Fisika

Khoiruman Soleh, S. Ag. M. Pd

Askhan, S. Pd

Produk Akhir Modul Fisika

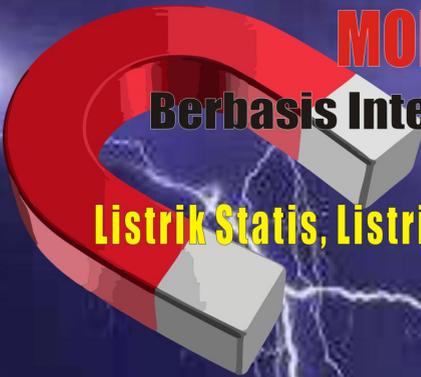
Rohmatul Azizah



EDISI REVISI 2016

MODUL FISIKA

Berbasis Integrasi Sains dan Islam
Materi:
Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan



Dosen Pembimbing :
Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc.
Fihris, M.Ag.

KELAS
IX
SMP/MTs

MODUL FISIKA

***Berbasis Integrasi SAINS
dan ISLAM Untuk SMP/MTs
kelas IX***

Penulis:

Rohmatul Azizah

Editor:

Rohmatul Azizah

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc.

2. Fihris, M.Ag.

Desain Cover:

Gilang Fitriana Alfida & Rohmatul Azizah



Grafis Buku:

Buku berukuran 21 x 29,7 cm, Font Buku Times New Roman, Georgia, Monotype corsiva, dan Cambria Math, serta Font Size Materi 12.

Halaman Isi: 119 hlm.

Ucapan Terima Kasih

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbi'lamin atas rahmat dan nikmat Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan modul Fisika Untuk Kelas IX Berbasis Integrasi Sains dan Islam. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun terhadap materi dan penyajian modul ini. Penulis menyadari dengan adanya saran dan kritik yang membangun dari Bapak/Ibu penilai, modul ini menjadi lebih lengkap dan layak sebagai bahan ajar di sekolah.

Secara khusus, ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada sahabat dan teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang dengan tulus selalu memberikan semangat dan dorongan, kepada Bapak Abdul Basir (Alm), Ibu Suarti serta keluarga penulis yang selalu mendo'akan, dan kepada Bapak Dr. Hamdan Hadi Kusuma M.Sc. dan Ibu Fihris, M. Ag. selaku dosen pembimbing penulis, serta tim penilai yang telah berkenan memberikan motivasi, kritik dan saran setelah mencermati, menilai, dan menelaah modul ini.

Penulis menyadari bahwa modul ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis senantiasa mengharapkan masukan dari pembaca demi penyempurnaan modul ini. Akhirnya, semoga modul ini bisa turut serta mencerdaskan generasi muda bangsa dan menambah ketakwaan kita terhadap Allah SWT. Amin.....

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Penulis

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dapat menyelesaikan Modul Fisika Berbasis Integrasi Sains Islam untuk SMP/MTs ini. Modul ini bertujuan untuk membantu siswa SMP/MTs dalam memahami penggunaan dan pengembangan konsep-konsep fisika berbasis integrasi sains Islam. Penulis berharap bahwa modul ini juga dapat menambah referensi bagi siswa SMP/MTs dalam mempelajari IPA khususnya fisika yang berintegrasi sains Islam.

Modul fisika SMP/MTs ini disusun berdasarkan Kurikulum 2013 revisi tahun 2016. Pola penulisan modul ini didesain menggunakan bahasa yang sederhana, pemaparan materi yang rinci, hubungan antara sub pokok bahasan yang berkesinambungan, yang kemudian di padukan dengan ayat-ayat Al-Qur'an yang sesuai dengan pokok bahasan dalam materi, dengan begitu belajar menggunakan modul ini kita akan mengetahui bahwa sesungguhnya apa yang kita pelajari ada dalam Al-Qur'an.

Perlu diketahui Al-Qur'an itu memang benar, akan tetapi akal manusia sangat terbatas dan hanya sebagian kecil saja yang bisa menelaah seluruh isinya. Oleh karena itu, jika ada ilmu dari Al-Qur'an yang bertentangan dengan penemuan manusia hal tersebut bukan berarti Al-Qur'an yang salah atau manusia yang salah. Tidak lain hanyalah pengetahuan manusia belum mampu mengetahui pengetahuan apa yang disampaikan Al-Qur'an.

Materi yang terdapat dalam modul ini meliputi: Listrik Statis, Listrik Dinamis, dan Kemagnetan. Selain materi modul ini juga dilengkapi dengan contoh soal, uji kompetensi, jelajah konsep, evaluasi pada akhir bab dan informasi-informasi tambahan lainnya.

Akhirnya, penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyusunan modul ini, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi siswa dan guru dalam proses kegiatan pembelajaran di sekolah. Saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat diharapkan oleh penulis sebagai perbaikan modul ini.

Semarang, Februari 2018

Penulis

A. Struktur Listrik
 Rata-rata dalam bahasa Inggris adalah bentuk, yang berasal dari bahasa Yunani yaitu elektron, yang berarti partikel. Awalnya adalah arus listrik yang konstan. Oleh karena itu partikel di dalamnya oleh Charles Wheatstone dan Thomas Edison tahun 1772. Kemudian karena dengan menggunakan bus bar akan bisa memudahkan ke benda-benda yang sangat, seperti penggunaan tenaga listrik, bisa akan sangat lebih, dimungkinkan bisa untuk dapat menjadi benda-benda tersebut. Partikel ini disebut juga dengan jenis elektron.
 Listrik dibutuhkan untuk di rumah, untuk rumah, untuk rumah (tidak termasuk) dan listrik digunakan (tidak termasuk). Listrik adalah suatu energi listrik yang terkandung dalam benda yang memiliki kemampuan. Maksudnya adalah kemampuan untuk energi listrik. Karena itu listrik adalah energi listrik.
 Arus berasal dari bahasa Yunani "amros" yang artinya tidak dapat dibagi-bagi lagi atau adalah partikel terkecil dari materi yang tidak terbagi lagi atau unit terkecil listrik.

Materi Pembelajaran

disajikan secara sistematis, komunikatif, integratif, dan sesuai dengan perkembangan ilmu teknologi terkini.

Contoh Soal

berisi contoh soal beserta penyelesaiannya.

Uji Kompetensi

berisi latihan soal yang berkaitan dengan dengan materi tersebut.

Kajian Islam

berisi informasi tambahan sebagai pendukung rasa ingin tahu bahwa apa yang dipelajari terdapat dalam Al-Qur'an.

Bintang IPA

berisi deskripsi singkat mengenai tokoh atau ilmuwan yang telah memberi kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan sehingga Anda dapat menghargai prestasi orang lain.

Fokus IPA

berisi deskripsi singkat mengenai materi dan penerapan dalam kehidupan sehari-hari.

Ilmuwan Sains Muslim Kita

berisi deskripsi singkat mengenai tokoh ilmuwan muslim yang menemukan contoh atau aplikasi yang terdapat dalam materi.

Lembar Kerja

berisi percobaan untuk membuktikan tentang suatu hukum atau hubungan tertentu dalam materi tersebut.

Daftar Isi

Ucapan Terima Kasih	ii
Kata Pengantar	iii
Petunjuk Penggunaan Modul	iv
Daftar Isi	vii

Bab 1

Listrik Statis

A. Muatan Listrik	5
B. Cara Membuat Benda Bermuatan Listrik	8
C. Sifat Muatan Listrik	10
D. Hukum Coulomb	13
E. Penerapan Listrik Statis	21
Rangkuman	25
Evaluasi Bab 1	27

Bab 2

Listrik Dinamis

A. Arus Listrik	37
B. Hukum Ohm	43
C. Hukum I Kirchhoff	49
D. Rangkaian Listrik	50
E. Sumber Arus Listrik	54
F. Energi dan Daya Listrik	56
G. Sumber Energi Listrik	60
H. Penghematan Energi Listrik	64
Rangkuman	66
Evaluasi Bab 2	69

Bab 3

Kemagnetan

A. Pengertian Kemagnetan	78
B. Teori Kemagnetan Bumi	86
C. Medan Magnetik	88
D. Gaya Lorentz	93
E. Induksi Elektromagnetik	95
F. Kemagnetan dalam Produk Teknologi	102
Rangkuman	106
Evaluasi Bab 3	109
Daftar Pustaka	113
Glosarium	114
Kunci Jawaban	115

BAB 1

LISTRIK STATIS



Sumber: Dokumen Pribadi

Pernahkah kamu menyentuh layar TV atau monitor komputer yang menyala? Kamu mungkin akan merasakan sengatan kecil pada jari tanganmu. Apa yang menyebabkan kamu merasakan sengatan tersebut? Penyebab sengatan tersebut sebetulnya sama dengan penyebab terjadinya petir, yaitu listrik statis. Apakah listrik statis itu? Setelah belajar bab ini, kamu pasti dapat menggambarkan muatan listrik untuk memahami gejala-gejala listrik statis.



Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar
Fisika SMP/MTs Kelas IX
Materi Listrik Statis

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagat raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri, dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi. 2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya terkait fenomena dan kejadian tampak mata.	3.1 Memahami konsep listrik statis dan gejalanya dalam kehidupan sehari-hari.
4. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkrit (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan ranah abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang/teori.	4.1 Menyajikan hasil pengamatan tentang gejala listrik statis dalam kehidupan sehari-hari.



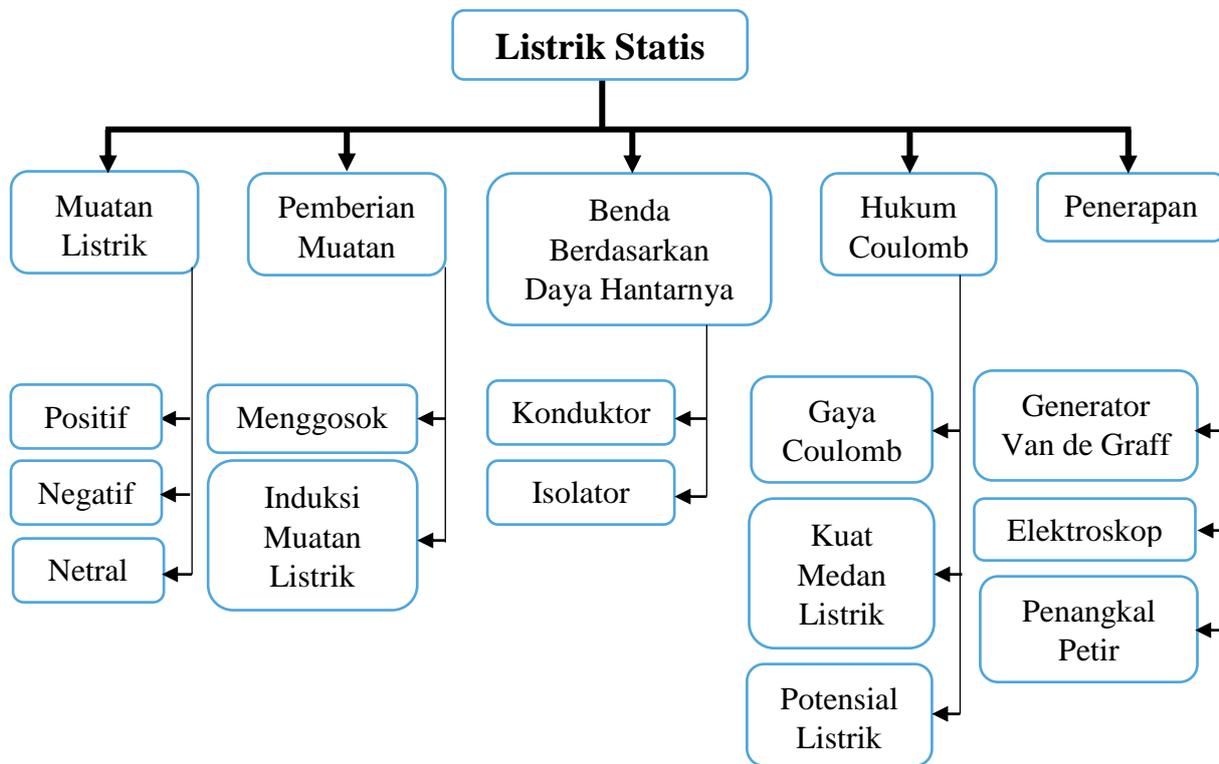
Indikator Pembelajaran

1. Menjelaskan benda dapat bermuatan listrik jika diperlakukan dengan cara tertentu.
2. Memberi contoh peristiwa yang menghasilkan benda yang bermuatan listrik.
3. Melakukan percobaan sederhana untuk menunjukkan sifat muatan listrik.
4. Mengamati interaksi antara dua benda yang bermuatan listrik.
5. Menjelaskan secara kualitatif hubungan antara besar gaya listrik dan besar muatan listrik serta jarak antara benda bermuatan listrik.
6. Menyelidiki peristiwa terjadinya petir.
7. Memiliki pengetahuan dan pemahaman baru tentang listrik statis yang berhubungan dengan Al-Qur'an dan nilai-nilai agama.

Tujuan Pembelajaran

1. Dapat menjelaskan benda dapat bermuatan listrik jika diperlakukan dengan cara tertentu.
2. Dapat memberi contoh peristiwa yang menghasilkan benda yang bermuatan listrik.
3. Dapat melakukan percobaan sederhana untuk menunjukkan sifat muatan listrik.
4. Dapat mengamati interaksi antara dua benda yang bermuatan listrik.
5. Dapat menjelaskan secara kualitatif hubungan antara besar gaya listrik dan besar muatan listrik serta jarak antara benda bermuatan listrik.
6. Dapat menyelidiki peristiwa terjadinya petir.
7. Memiliki pengetahuan dan pemahaman baru tentang listrik statis yang berhubungan dengan Al-Qur'an dan nilai-nilai agama.

Peta Konsep



Inti Materi

- Muatan Listrik
- Cara Membuat Benda Bermuatan Listrik
- Sifat Muatan Listrik
- Hukum Coulomb
- Penerapan Listrik Statis

Kata Kunci

- Atom
- Elektron
- Elektroskop
- Generator Van de Graaff
- Hukum Coulomb
- Induksi listrik
- Proton
- Konduksi
- Inti atom
- Muatan negatif
- Muatan positif
- Neutron
- Potensial listrik
- Medan listrik



APERSEPSI

Pernahkah kamu memperhatikan, apa yang terjadi saat kamu menyisir rambut? Jika kamu perhatikan, maka kamu bisa mengetahui bahwa saat menyisir rambut tanpa kita sadari terkadang rambut akan ikut terbawa berdiri sendiri seiring dengan pergerakan sisir. Hal tersebut bisa terjadi, karena adanya sebuah interaksi muatan diantara sisir dengan rambut.

Sebelum kita mempelajari interaksi muatan, kita renungkan terlebih dahulu ayat Al-Qur'an surat Ar-Ra'd ayat 13:



”... وَيُرْسِلُ الصَّوَاعِقَ فَيُصِيبُ بِهَا مَن يَشَاءُ وَهُمْ يُجَادِلُونَ فِي اللَّهِ وَهُوَ شَدِيدُ الْمِحَالِ ﴿١٣﴾

Artinya: “... dan Allah melepaskan halilintar, lalu menimpakannya kepada siapa yang Dia kehendaki, dan mereka berbantah-bantahan tentang Allah, dan Dialah Tuhan Yang Maha keras siksa-Nya”. (QS. Ar-Ra'd: 13)

Pada tafsir Departemen Agama RI (Jilid V), ayat tersebut artinya Allah melepaskan petir sebagai azab-Nya yang Dia timpakan kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Sedangkan pada konsep fisika, halilintar adalah peristiwa alam dimana terjadi benturan partikel listrik positif dan negatif yang bisa menimbulkan bunyi yang dahsyat seperti pengamatan **Benyamin Franklin**. Karena halilintar tersebut terjadi akibat bersatunya listrik negatif yang berada diawan yang mengandung air dengan listrik positif yang berada di bumi, maka disitu terjadi yang namanya interaksi muatan sehingga terjadi halilintar atau bunyi guruh.

Dalam bab ini kita akan mempelajari bagaimana interaksi antara muatan listrik (sejenis maupun tidak sejenis). Penerapannya dalam kehidupan sehari-hari contohnya petir (halilintar), generator van de graff, elektroskop, dan lain-lain.

A. Muatan Listrik

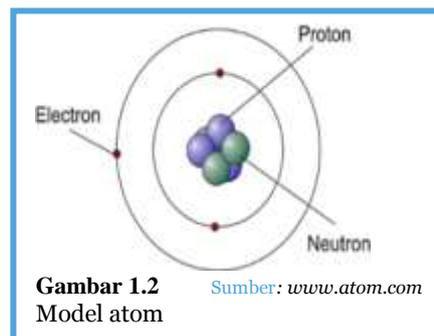
Kata listrik dalam bahasa Inggris adalah *electric*, yang berasal dari bahasa Yunani yaitu elektron, yang berarti ambar. Ambar adalah pohon damar yang membantu. Gejala kelistrikan pertama kali diselidiki oleh **Thales of Miletus** dari Yunani pada tahun 1752. Dia menemukan bahwa dengan menggosokkan batu ambar dan mendekatkannya ke benda-benda yang ringan, seperti potongan-potongan daun kecil, bulu ayam ataupun debu, dan ternyata batu ambar dapat menarik benda-benda tersebut. Peristiwa ini disebut juga dengan gejala kelistrikan.

Listrik dibedakan menjadi dua, yaitu listrik statis (listrik tidak mengalir) dan listrik dinamis (listrik mengalir). *Listrik statis* adalah suatu energi listrik yang terkandung dalam benda yang memiliki muatan listrik. Muatan listrik berkaitan dengan susunan zat suatu benda. Semua zat atau materi disusun oleh atom.

Atom berasal dari bahasa Yunani “*atomos*” yang artinya tidak dapat dibagi-bagi lagi. *Atom* adalah partikel terkecil suatu unsur yang masih mempunyai sifat unsur-unsur tersebut.

Atom terdiri atas inti atom (nukleus) dan elektron. Inti atom terletak di tengah yang terdiri atas proton dan neutron. Model atom dapat dilihat pada Gambar 1.2.

Proton dan elektron bermuatan listrik. Proton bermuatan listrik positif (+), sedangkan elektron bermuatan listrik negatif (-). Neutron tidak bermuatan listrik (netral). Elektron bergerak mengelilingi inti atom dan dapat berpindah ke atom lain, sedangkan proton sukar untuk berpindah. Perpindahan elektron menyebabkan atom kekurangan elektron atau kelebihan elektron. Atom yang menerima elektron akan mengalami kelebihan elektron dan dikatakan *bermuatan negatif*, sedangkan atom yang ditinggalkan elektron akan mengalami kekurangan elektron sehingga kelebihan proton dan dikatakan *bermuatan positif*. Atom dikatakan netral apabila jumlah muatan positif (proton) pada inti atom sama dengan jumlah muatan negatif (elektron) yang mengelilinginya (jumlah proton = jumlah elektron).



Gagasan bahwa atom adalah partikel zat yang terkecil, itu mendorong para fisikawan melaksanakan percobaan yang menunjang konsep atom.

1. Konsep atom menurut Dalton

- a. *Atom* adalah partikel terkecil yang tidak dapat dibagi-bagi lagi. Atom suatu unsur semuanya serupa, dan tidak dapat berubah menjadi atom unsur yang lainnya.
- b. Atom-atom *unsur* yang berlainan dapat membentuk molekul. Ketika terjadi reaksi, atom-atom itu berpisah tetapi kemudian bergabung kembali dengan susunan yang berbeda dengan susunan semula. Pada reaksi itu atom-atom bergabung menurut perbandingan tertentu.
- c. Bila dua *macam* atom membentuk dua macam persenyawaan atau lebih maka atom-atom sejenis dalam persenyawaan itu mempunyai perbandingan yang sederhana.



Amedeo Avogadro mengganti istilah “atom-senyawa” yang dikemukakan oleh Dalton diganti menjadi istilah “molekul”. Bagian terkecil suatu unsur disebut *atom*. Bagian terkecil suatu senyawa disebut *molekul*.

Kelebihan model atom Dalton adalah:

- orang pertama yang melibatkan kejadian kimiawi seperti halnya kejadian fisis dalam merumuskan gagasannya tentang atom.
- Ia medasarkan asumsinya pada data kuantitatif, tidak menggunakan pengamatan kualitatif atau untung – untungan.

Kelemahan model atom Dalton adalah tidak dapat menerangkan hubungan antara larutan senyawa dan daya hantar listrik.

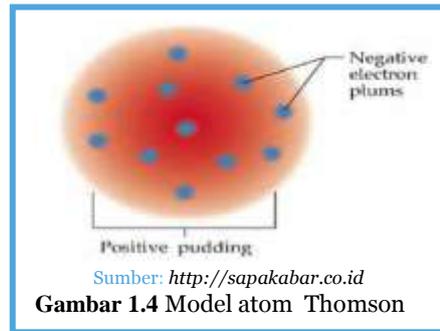
2. Konsep atom menurut Thomson

Teori ini menyatakan bahwa “atom merupakan bola pejal yang bermuatan positif dan didalamnya tersebar elektron yang bermuatan negatif. Model atom Thomson ini dapat anda



bayangkan sebagai teori kismis dimana didalamnya tersebar elektron. Dengan ungkapan Thomson tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa teori atom Thomson adalah netral.

Kelebihan model atom Thomson adalah berhasil menemukan partikel yang lebih kecil dari atom yaitu elektron. Elektron ini ditemukan melalui percobaan sinar katoda.



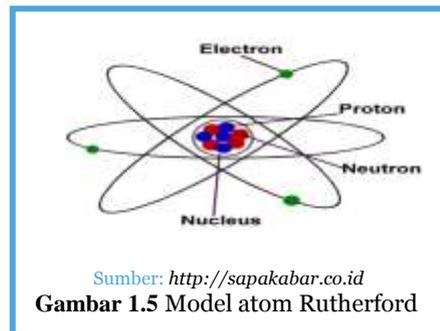
Gambar 1.4 Model atom Thomson

Kekurangan model atom Thomson adalah tidak dapat menerangkan susunan muatan positif dan negatif dalam atom tersebut.

3. Konsep atom menurut Rutherford

Teori ini menyatakan atom terdiri atas inti yang bermuatan positif dan berada pada pusat atom, sedangkan elektron bergerak melintasi inti atom.

Kelebihan model atom Rutherford adalah mampu menjelaskan susunan positif dan negatif pada atom serta dapat menjelaskan bahwa atom tidak berbentuk bola pejal dan sebagian besar volumenya merupakan ruang kosong.



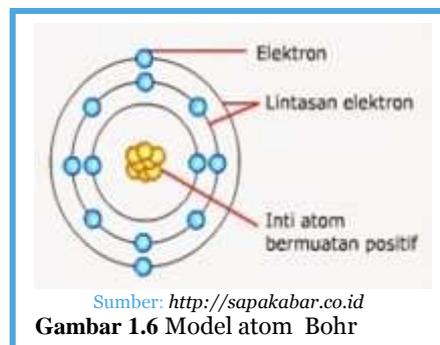
Gambar 1.5 Model atom Rutherford

Kelemahan model atom Rutherford adalah tidak dapat menjelaskan mengapa elektron tidak dapat jatuh kedalam inti atom.

4. Konsep atom menurut Bohr

Atom terdiri dari inti yang bermuatan positif. Di sekitar inti beredar elektron-elektron yang bermuatan negatif. Dalam atom elektron beredar mengelilingi inti atom pada orbit tertentu.

Kelebihan model atom Bohr adalah dapat menjelaskan mengapa elektron tidak jatuh kedalam inti atom.

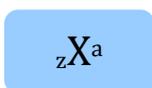


Gambar 1.6 Model atom Bohr

Kelemahan model atom Bohr adalah:

- Atom ini tidak dapat menjelaskan spectrum warna dari atom yang berelektron banyak.
- Tidak mampu menerangkan bahwa atom dapat membentuk molekul melalui ikatan kimia.

Penulisan Lambang Atom



X = nama atom / Unsur

[1.1]

a = nomor massa (massa atom)

z = nomor atom = jumlah elektron = jumlah proton

n = jumlah neutron = $a - z$

Contoh 1.1

1. Heri ingin bershodaqoh ke masjid dengan memberikan atap genteng berbahan seng. Atom seng dapat ditulis ${}_{30}\text{Zn}^{65}$. Berapakah jumlah neutron atom seng?

Penyelesaian:

Diketahui : Jumlah elektron (z) = 30

Jumlah proton (z) = 30

Nomor massa (a) = 65

Ditanya : Jumlah neutron (n)?

Jawab : $n = a - z$
 $= 65 - 30 = 35$

2. Suatu atom helium (**He**) memiliki jumlah proton 2 dan jumlah neutron 2. Berapakah jumlah nomor massa atom helium?

Penyelesaian:

Diketahui : Jumlah proton (z) = 2

Jumlah neutron (n) = 2

Ditanya : Nomor massa (a)?

Jawab : $n = a - z$
 $a = n + z$
 $a = 2 + 2 = 4$



Uji Kompetensi 1.1

1. Suatu atom kalium ditulis ${}_{19}\text{K}^{39}$. Tentukan jumlah proton, elektron, dan neutron atom tersebut!
2. Rahma membeli paralon untuk membuat saluran air yang dialirkan ke masyarakat di sekitarnya, unsur bahan paralon tersebut memiliki 12 elektron dan nomor massa 25. Tentukan neutron (n) unsur tersebut?
3. Jika atom Y memiliki 1 proton, 1 elektron, dan tidak ada neutron. Tuliskan lambang atom Y dan ayat tentang reaksi yang dimiliki pada atom Y?

B. Cara Membuat Benda Bermuatan Listrik

Untuk mengetahui proses suatu benda dapat bermuatan, kamu dapat melakukan kegiatan dalam Jelajah Konsep 1.1 berikut.



Jelajah Konsep 1.1

Lakukan kegiatan berikut, kemudian catatlah hasil pengamatanmu dengan jujur.

Listrik Statis

Sediakan:

Sisir plastik, rambut, dan sobekan kertas kecil.

Langkah Kerja:

1. Siapkanlah potongan-potongan kertas kecil di atas meja.
2. Gosoklah sisir plastik dengan rambut kalian.
3. Dekatkanlah sisir plastik pada sobekan kertas kecil yang telah tersedia.
4. Amatilah peristiwa yang terjadi.



Sumber: <http://Klikfisikaku.blogspot.co.id>

Gambar 1.7 Sobekan kertas menempel pada sisir plastik

Jika pada Jelajah Konsep 1.1 dilakukan dengan benar, tentu kamu dapat mengamati bahwa sisir plastik dapat menarik sobekan kertas kecil. Bagaimana benda dapat bermuatan listrik dengan cara digosok? Bacalah penjelasan dibawah ini dengan cermat.

1. Menggosok

Muatan listrik pada sebuah benda, sangat dipengaruhi oleh muatan listrik atom-atom penyusunnya. Ada atom-atom yang cenderung melepaskan elektron, tetapi ada juga atom-atom yang cenderung mengikat elektron. Jika dua benda tersusun dari atom-atom yang memiliki perbedaan sifat tersebut saling digosokkan, maka interaksi itu akan lebih mudah membuat benda bermuatan listrik.

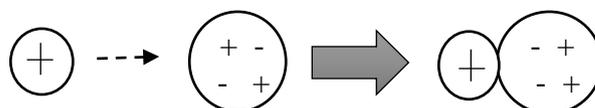
Seperti percobaan yang telah kalian lakukan, sisir plastik yang digosok dengan rambut menjadi bermuatan negatif, karena ada elektron yang berpindah dari rambut ke sisir plastik. Rambut menjadi bermuatan positif karena kehilangan sebagian elektron. Akibatnya, muatan positif pada sisir plastik menjadi lebih sedikit dibandingkan elektron. Kondisi inilah yang menyebabkan kertas dapat menempel di sisir plastik.

Franklin mengusulkan bahwa jumlah muatan yang dihasilkan oleh suatu benda melalui suatu proses penggosokan, adalah sama dengan jumlah muatan positif dan muatan negatif yang dihasilkan. Ketika benda-benda digosokkan satu sama lain, elektron-elektron berpindah dari satu benda ke benda yang lain. Dalam proses ini, muatan tidak diciptakan, tetapi hanya mengalami perpindahan dan muatan total dari kedua benda tidak berubah. Hal ini sesuai dengan *Hukum Kekekalan Muatan Listrik*, yang menyatakan bahwa: “*Jumlah total muatan listrik yang dihasilkan pada setiap proses adalah nol*”. Jika suatu benda atau suatu daerah memperoleh muatan positif, maka akan dihasilkan sejumlah muatan negatif dengan jumlah yang sama pada daerah atau benda di sekitarnya.

2. Induksi Muatan Listrik

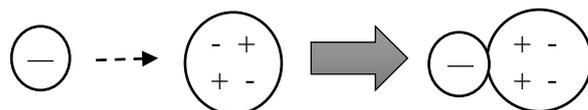
Selain dengan cara gosokan, cara lain untuk memberi muatan listrik, yaitu dengan cara induksi. Contoh suatu benda netral jika didekatkan dengan benda bermuatan listrik, akan terjadi beberapa hal berikut.

- a. Benda bermuatan (+) didekati benda netral akan terjadi induksi seperti Gambar 1.8 berikut.



Gambar 1.8 Muatan positif didekatkan muatan netral

b. Benda bermuatan (-) didekati benda netral akan terjadi induksi seperti Gambar 1.9 berikut.



Gambar 1.9 Muatan negatif didekatkan muatan netral

Berdasarkan sifat listrik, yaitu muatan sejenis akan tolak-menolak dan muatan tidak sejenis akan tarik-menarik, terjadi pemisahan muatan listrik pada benda netral saat didekatkan muatan (+) dan muatan (-). Peristiwa tersebut dinamakan induksi listrik. Dengan kata lain, *induksi listrik* adalah peristiwa pemisahan muatan listrik dalam suatu benda karena benda tersebut didekati benda lain yang bermuatan.



Uji Kompetensi 1.2

1. Berikan dua contoh yang berkaitan dengan dua benda yang jika digosok dapat menimbulkan muatan listrik.
2. Berikanlah alasanmu!

C. Sifat Muatan Listrik

Sebuah benda itu memiliki muatan listrik, baik muatan positif maupun muatan negatif. Apa yang terjadi jika dua benda bermuatan sejenis atau dua benda bermuatan tak sejenis didekatkan? Untuk mengetahui sifat-sifat muatan listrik benda tersebut, kamu dapat melakukan kegiatan berikut.



Lembar Kerja 1.1

Lakukan pengamatan secara berkelompok dengan teliti dan cermat sesuai dengan petunjuk kerja. Tulis hasil pengamatanmu apa adanya dan kemudian diskusikan hasilnya untuk membuat kesimpulan.

Interaksi Benda Bermuatan Listrik

Tujuan:

Membuktikan terjadinya interaksi gaya tarik atau gaya tolak antar benda bermuatan listrik.

Alat dan Bahan:

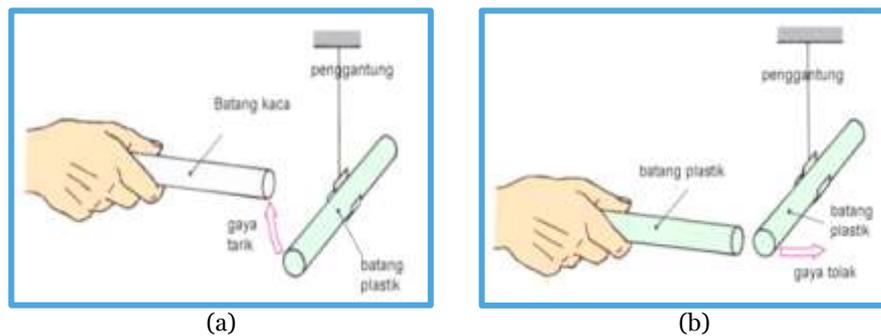
- Batang plastik
- Batang kaca
- Kain wol
- Kain sutera
- Benang kecil
- Penggantung

Langkah kerja:

1. Ambillah batang plastik dan sebatang kaca.
2. Gantungkan batang plastik dengan benang.
3. Gosoklah batang kaca dengan kain sutera, kemudian dekatkan batang kaca yang sudah digosok pada batang plastik yang sedang digantung. Amatilah interaksi yang terjadi?



- Gosoklah batang plastik dengan kain wol, kemudian dekatkan batang plastik yang sudah digosok pada batang plastik yang sedang digantung. Amatilah interaksi yang terjadi?



Sumber: <http://kusumandarutp.blogspot.co.id>
Gambar 1.9 (a) Batang kaca dengan batang plastik dan (b) Batang plastik dengan batang plastik

- Lakukan kegiatan tersebut, tetapi perlakuannya dibalik (batang plastik diganti dengan batang kaca yang digantung)
- Lakukan kegiatan (3) dan (4), amatilah interaksi yang terjadi?
- Catatlah hasil pengamatan pada tabel berikut.

Tabel Pengamatan:

No.	Benda yang Digantung	Benda yang Didekatkan	Interaksi yang Terjadi
1.	Batang plastik	Batang kaca	
2.	Batang plastik	Batang plastik	
3.	Batang kaca	Batang kaca	
4.	Batang kaca	Batang plastik	

Pertanyaan:

- Apa tujuan batang plastik digosok dengan kain wol dan kaca digosok dengan kain sutra?
- Interaksi apa yang terjadi jika batang plastik yang digosok dengan kain wol didekatkan dengan kaca yang digosok dengan kain sutra?
- Interaksi apa yang terjadi jika batang plastik yang digosok dengan kain wol saling didekatkan?
- Interaksi apa yang terjadi jika batang kaca yang digosok dengan kain sutra saling didekatkan?
- Menurut teori elektron, ketika batang plastik digosok dengan kain wol, terjadi perpindahan elektron dari ke akibatnya plastik elektron sehingga bermuatan.
- Menurut teori elektron, ketika kaca digosok dengan kain sutra, terjadi perpindahan elektron dari ke akibatnya plastik elektron sehingga bermuatan.
- Berdasarkan muatan listrik, interaksi muatan sejenis dan interaksi muatan tidak sejenis
- Buatlah kesimpulan dari hasil praktikum yang telah kalian lakukan?
- Jelaskan ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang hasil praktikum yang telah kalian lakukan?

Dari percobaan tersebut, dapat diketahui bahwa benda bermuatan sejenis akan tolak-menolak dan benda bermuatan tidak sejenis akan tarik-menarik. Berdasarkan sifat muatan listrik, dapat diartikan bahwa muatan listrik dapat berpindah dari satu benda ke benda lain apabila mendapat perlakuan tertentu. Berikut beberapa muatan-muatan dari interaksi berbagai kombinasi (gosok-mengosok) bahan yang ditunjukkan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Muatan-muatan dari interaksi berbagai kombinasi (gosok-mengosok) bahan

Bahan-bahan	Hasil	Proses
Kaca – Kain sutera	Kaca (+), Sutera (-)	Elektron dari kaca berpindah ke kain sutera
Mistar plastik – Kain wol	Mistar plastik (-), Kain wol (+)	Elektron dari kain wol berpindah ke mistar plastik
Sisir – Rambut manusia	Sisir (-), Rambut manusia (+)	Elektron dari rambut berpindah ke sisir
Mistar plastik – Rambut manusia	Mistar plastik (-), Rambut manusia (+)	Elektron dari rambut manusia berpindah ke mistar plastik
Balon – Kain wol	Balon (-), Kain wol (+)	Elektron dari kain wol berpindah ke balon
Ebonit – Kain wool	Ebonit (-), Kain wol (+)	Elektron dari kain wol berpindah ke ebonit

Berdasarkan daya hantar listrik, bahan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: konduktor dan isolator.

1. *Konduktor* (penghantar) adalah bahan yang dapat menghantarkan arus listrik.
2. *Isolator* (penyekat) adalah bahan yang sulit menghantarkan arus listrik.

Di bawah ini beberapa bahan yang tergolong konduktor dan isolator ditunjukkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Beberapa bahan yang tergolong konduktor dan isolator

Konduktor		Isolator
Baik	Buruk	
Perak	Air	Karet
Tembaga	Badan manusia	Plastik-plastik
Aluminium	Tanah	PVC
	Kaca	Porselen
		Udara

Contoh 1.2

1. Jika benda X bermuatan positif dan menarik benda Y , apa jenis muatan pada benda Y ?

Penyelesaian :

Diketahui : X = bermuatan positif
 Y = menarik X

Ditanya : muatan Y ?

Jawab :

Konsep sifat muatan listrik, jika benda bermuatan sejenis akan tolak-menolak dan jika benda bermuatan tidak sejenis akan tarik-menarik. Benda X bermuatan positif menarik benda Y . Jadi, benda Y bermuatan listrik negatif.

2. Andi membelikan hadiah 3 jam berlapis perak untuk saudaranya, dan ketika ketiga jam tersebut didekatkan ada gaya tarik menarik. Apabila jam A bermuatan listrik negatif menarik jam B . Ternyata, jam B menolak jam C . Tentukan muatan listrik jam C ?

Penyelesaian :

Diketahui : A = bermuatan negatif

B = bermuatan positif

Ditanya : muatan C ?

Jawab :

Jam A bermuatan listrik negatif akan menarik jam yang bermuatan listrik positif. Jadi, B bermuatan listrik positif akan menolak jam yang bermuatan sejenis dengannya, yaitu bermuatan listrik positif. Jadi, jam C bermuatan listrik positif.



Uji Kompetensi 1.3

1. Bagaimanakah interaksi antara benda bermuatan positif dengan benda bermuatan positif serta antara benda bermuatan positif dengan benda bermuatan negatif? Mengapa?
2. Sebutkan benda-benda di rumahmu yang tergolong konduktor dan isolator?
3. Benda A bermuatan listrik positif menarik benda B . Bila didekatkan dengan benda C ternyata benda A menarik benda C . Ternyata, benda C menarik benda D . Tentukan muatan listrik benda B , C , dan D !

D. Hukum Coulomb

Kamu telah mengetahui bahwa dua muatan listrik sejenis akan tolak-menolak dan muatan listrik tidak sejenis akan tarik-menarik. Dua muatan listrik sejenis atau tidak sejenis akan menimbulkan gaya listrik antara keduanya. Besarnya gaya listrik yang terjadi antara dua benda yang bermuatan listrik dapat diukur dengan alat neraca puntir seperti Gambar 1.10.

Jika kamu perhatikan Gambar 1.10 secara seksama, kamu bisa memperhatikan bahwa besaran-besaran yang mungkin mempengaruhi besar gaya listrik adalah besar tiap muatan listrik dan jarak antara kedua muatan.

keterangan Gambar 1.10:

A, B = bola yang diberi muatan

r = jarak pisah antara bola A dan B

Dari hal tersebut terdapat hubungan antara muatan, jarak dan gaya listrik yang dirumuskan oleh fisikawan Perancis **Charles Augustin de Coulomb** (1736-1806). Pernyataan Coulomb ini disebut dengan *Hukum Coulomb*.

“Gaya listrik (tarik-menarik atau tolak-menolak) antara dua muatan listrik sebanding dengan besar muatan listrik masing-masing dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak pisah antara kedua muatan listrik.”



Sumber: <http://idgeek.blogspot.co.id>

Gambar 1.10 Neraca puntir

Berdasarkan hukum Coulomb, gaya listrik pada dua benda semakin besar jika muatan listrik keduanya semakin besar atau jarak keduanya semakin kecil. Sebaliknya, gaya listrik pada dua benda semakin kecil jika muatan listriknya semakin kecil atau jarak keduanya semakin besar.

Kajian Islam

Kamu telah mengetahui bahwa dua muatan listrik sejenis akan tolak-menolak dan muatan listrik tidak sejenis akan tarik-menarik. Konsep dari muatan sejenis dan tidak sejenis telah di jelaskan dalam Al-Qur'an surat Yasin ayat 36:

سُبْحٰنَ الَّذِيْ خَلَقَ الْاَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْاَرْضُ وَمِنْ اَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُوْنَ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui”. (QS. Yasin: 36)

Pada kata الأزواج artinya “pasang-pasangan”, berarti setiap sesuatu itu ada pasangannya. Allah menjadikan makhluk satu akan menjadi jodoh dari makhluk yang satu lainnya. Menurut Prof. Quraish Shihab dalam Bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 11) mengatakan bahwa kata tersebut digunakan untuk masing-masing dari dua hal yang berdampingan (bersamaan), Misalnya matahari dan bulan, siang dan malam, musim hujan dan kemarau, manusia laki-laki dan perempuan. Dari segi ilmiah bahwa listrik pun berpasangan, ada arus positif dan arus negatif, demikian juga muatan atom, ada muatan positif dan muatan negatif, karena pasangan positif yaitu negatif. Hal ini menunjukkan adanya gaya listrik (tarik-menarik atau tolak-menolak) tergantung dari dua sifat muatan benda yang dikemukakan oleh *Charles Augustin de Coulomb*. Kata kunci (الأزواج) dalam ayat di atas mempresentasikan bahwa masing-masing dari dua hal itu berpasang-pasangan.

1. Gaya Coulomb

Gaya Coulomb berlaku pada partikel-partikel bermuatan listrik. Besarnya gaya listrik yang bekerja antara dua partikel bermuatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad [1.2]$$

dengan:

- F = gaya Coulomb (N)
- k = konstanta = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
- q_1, q_2 = muatan listrik (C)
- r = jarak antara dua muatan (m)

Jika kedua muatan merupakan muatan sejenis maka gaya yang bekerja bersifat tolak-menolak dan jika kedua muatan merupakan berlawanan jenis maka gaya yang bekerja bersifat tarik-menarik.

Contoh 1.3

1. Udin melihat barang belanjaan Eka jatuh dijalan dan ingin mengembalikannya. Dua barang masing-masing bermuatan $+2\text{ C}$ dan $+4\text{ C}$ antara keduanya terpisah pada jarak 20 cm . Berapakah besarnya gaya tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $q_1 = +2\text{ C}$
 $q_2 = +4\text{ C}$
 $r = 20\text{ cm} = 0,2\text{ m} = 2 \times 10^{-1}\text{ m}$
 $k = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Ditanya : $F?$

Jawab : $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{(2)(4)}{(2 \times 10^{-1})^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{8}{4 \times 10^{-2}}$$

$$F = \frac{72 \times 10^9 \times 10^2}{4}$$

$$= 18 \times 10^{11}\text{ N}$$

2. Dua muatan besarnya $3 \times 10^{-6}\text{ C}$ dan $64 \times 10^{-4}\text{ C}$, jika besar gaya Coulomb yang dialami kedua muatan sebesar 27.000 N . Berapa jarak kedua muatan tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $q_1 = 3 \times 10^{-6}\text{ C}$
 $q_2 = 64 \times 10^{-4}\text{ C}$
 $F = 27.000\text{ N}$
 $k = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Ditanya : $r?$

Jawab : $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$r^2 = k \frac{q_1 q_2}{F}$$

$$r^2 = 9 \times 10^9 \frac{(3 \times 10^{-6})(64 \times 10^{-4})}{27 \times 10^3}$$

$$r^2 = 9 \times 10^9 \frac{192 \times 10^{-10}}{27 \times 10^3}$$

$$r^2 = \frac{1728 \times 10^{-1}}{27 \times 10^3}$$

$$r^2 = \frac{1728 \times 10^{-1}}{27 \times 10^3}$$

$$r^2 = 64 \times 10^{-4}$$

$$r = \sqrt{64 \times 10^{-4}}$$

$$r = 8 \times 10^{-2}\text{ m}$$

Jadi, jarak antara dua muatan tersebut adalah $8 \times 10^{-2}\text{ m}$.

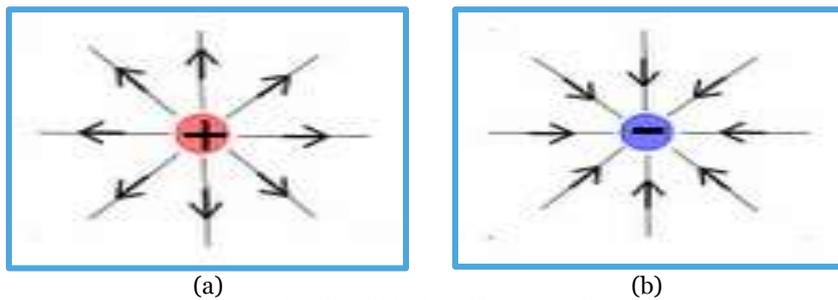


Sumber:
<http://tokoh2duniaku.blogspot.co.id>
Gambar 1.11
 Charles Augustin de Coulomb

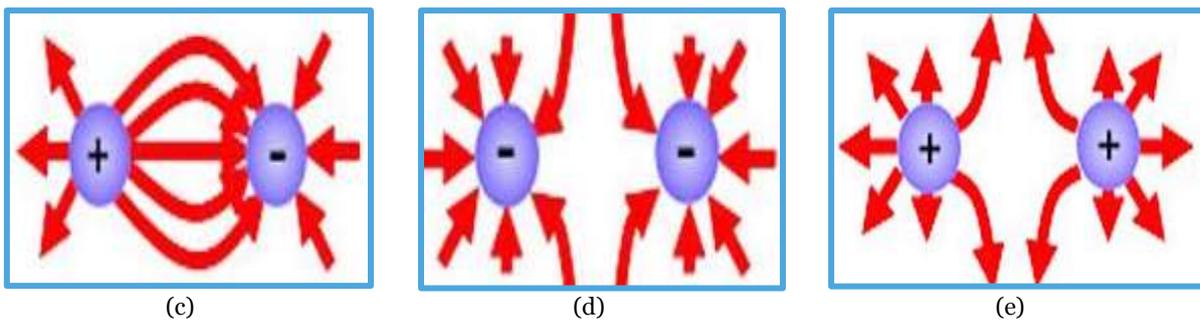
Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) adalah ahli fisika Perancis, penemu hukum Coulomb (1785) dan neraca puntir (1777). Ia lahir di Augouleme, Perancis pada tanggal 14 Juni 1736 dan meninggal di Paris pada tanggal 23 Agustus 1806 pada usia 70 tahun. Ia sangat terkenal karena dapat mengukur gaya listrik dan gaya magnetik dengan teliti. Untuk menghormatinya, nama Coulomb diabadikan sebagai satuan muatan listrik, yaitu Coulomb (C).

2. Kuat Medan Listrik

Apabila sebuah benda yang bermuatan didekatkan pada benda lain yang bermuatan benda tersebut akan ditarik atau ditolak. Hal ini berarti di sekitar muatan terdapat medan listrik. *Medan listrik* adalah ruang di sekitar benda bermuatan listrik yang masih dipengaruhi gaya listrik. Medan listrik digambarkan sebagai garis gaya listrik yang berupa anak-anak panah dan arahnya keluar dari kutub positif ke kutub negatif. Garis gaya listrik pada muatan positif berarah ke luar dan pada muatan negatif menuju ke pusat. Perhatikan Gambar 1.12 dibawah.



Sumber: <http://citraboxy.blogspot.co.id>



Sumber: <http://fembrisma.wordpress.com>
Gambar 1.12 Arah garis gaya listrik

keterangan Gambar 1.12:

(a) garis gaya muatan positif, (b) garis gaya muatan negatif, (c) garis gaya antara muatan positif dan negatif, (d) garis gaya antara dua muatan negatif, (e) garis gaya antara dua muatan positif

Kuat medan listrik bergantung pada kerapatan garis-garis gaya listrik. Besar kuat medan listrik dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{F}{q} \quad [1.3]$$

Agar mengetahui besar kuat medan listrik muatan Q , sebuah muatan uji positif (q_0) yang muatannya jauh lebih kecil diletakkan di dekat muatan tersebut dengan jarak r . Berdasarkan hukum Coulomb, muatan q_0 tersebut akan mendapatkan gaya tolak dari muatan Q sebesar:

$$F = k \frac{Qq_0}{r^2} \quad [1.4]$$

Karena kuat medan listrik (E) didefinisikan sebagai besarnya gaya listrik (F) yang bekerja pada satu satuan muatan uji (q_0), maka besarnya kuat medan listrik yang dialami oleh muatan uji tersebut:

$$E = \frac{F}{q_0} \quad [1.5]$$

$$E = \frac{k \frac{Qq_0}{r^2}}{q_0} \quad [1.6]$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa besar kuat medan listrik pada suatu titik yang berjarak r dari muatan Q adalah:

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad [1.7]$$

dengan:

E = kuat medan listrik (N/C)

F = gaya Coulomb (N)

q = muatan listrik (C)

Kuat medan listrik dapat dinyatakan dengan kerapatan garis-garis gaya listrik. Semakin besar kuat medan listrik, garis-garis gaya yang digambarkan akan semakin rapat. Begitu juga arah kuat medan listrik selalu menuju muatan negatif dan menjauhi muatan positif.

Contoh 1.4

1. Gaya Coulomb sebesar 50 N dihasilkan oleh sebuah muatan yang berada dalam medan listrik 5×10^{10} N/C, berapa besar muatan tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $F = 50$ N

: $E = 5 \times 10^{10}$ N/C

Ditanya : q ?

Jawab : $E = \frac{F}{q}$

$$q = \frac{F}{E}$$

$$q = \frac{50}{5 \times 10^{10}} = 1 \times 10^{-9} \text{ C}$$

Jadi, besar muatan adalah 1×10^{-9} C.

2. Rahma minta tolong kepada Heri untuk menggosokkan mistar ke rambutnya. Setelah digosokkan ternyata muatan penggaris terhadap muatan rambut heri sebesar 4×10^{-12} C. jika jarak kedua muatan tersebut adalah 3 cm, berapakah besar medan listrik tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $Q = 4 \times 10^{-12} \text{ C}$

$$r = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

Ditanya : $E?$

$$\text{Jawab : } E = k \frac{Q}{r^2}$$

$$E = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-12}}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

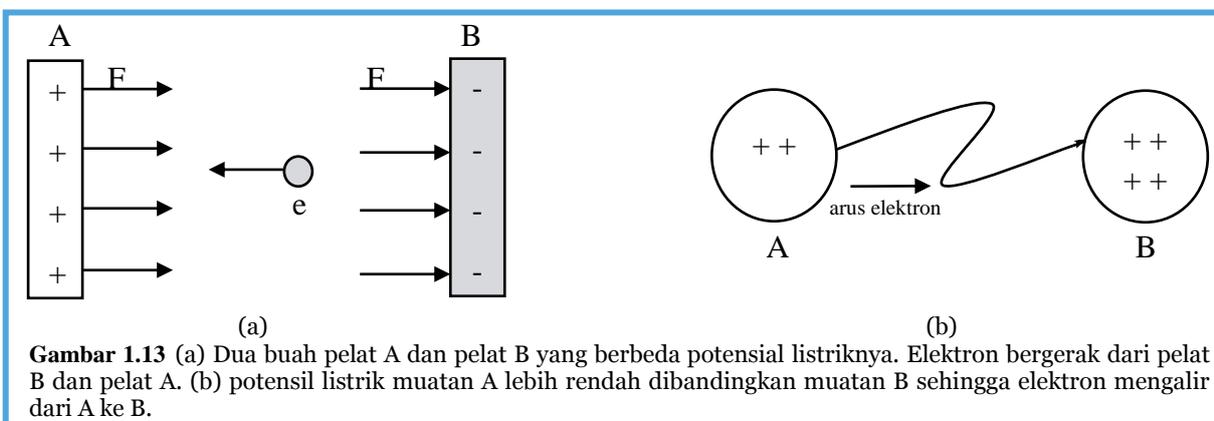
$$E = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-12}}{(9 \times 10^{-4})}$$

$$E = 4 \times 10^1 = 40 \text{ N/C}$$

Jadi, besar medan listrik tersebut adalah 40N/C.

3. Potensial Listrik

Potensial listrik tergantung dari kekurangan elektronnya. Suatu benda dikatakan mempunyai potensial lebih tinggi dari benda lain jika jumlah muatan positif benda (kekurangan elektronnya) lebih banyak. Jika dua buah benda bermuatan listrik diletakkan pada jarak tertentu, akan timbul gaya tolak-menolak atau tarik-menarik yang akan menempatkan kedua benda itu dekat atau jauh tergantung dari jenis muatannya. Hal tersebut memerlukan energi listrik. Energi atau usaha yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik dari satu titik ke titik lainnya disebut *energi potensial listrik*. Perhatikan Gambar 1.13 di bawah!



Pada Gambar 1.13a Elektron bergerak dari pelat B ke pelat A seperti dilukiskan diatas. Arah gerak elektron berlawanan dengan arah garis gaya listrik. Sedangkan Gambar 1.13b Muatan A dikatakan memiliki potensial listrik lebih rendah dibandingkan dengan muatan B. Hal itu disebabkan potensial listrik muatan B lebih positif dibandingkan muatan B. Apabila antara muatan A dan B dihubungkan dengan sebuah kawat, maka elektron-elektron dari muatan A (muatan A memiliki elektron lebih banyak) mengalir menuju muatan B. Jadi, elektron-elektron mengalir dari potensial rendah ke potensial tinggi. Aliran elektron terjadi karena ada beda potensial listrik antara titik A dan titik.

Untuk memindahkan elektron diperlukan usaha. Besarnya usaha yang digunakan untuk memindahkan muatan per satuan muatan listrik disebut *potensial listrik*. Besarnya potensial listrik dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V = \frac{W}{q}$$

[1.8]

dengan:

V = potensial listrik (V)

W = usaha yang dilakukan untuk memindahkan muatan (J)

q = muatan listrik (C)

Satuan untuk potensial listrik adalah volt (V). Potensial listrik antara dua titik sebesar 1 volt didefinisikan sebagai usaha sebesar 1 joule untuk memindahkan muatan 1 coulomb antara dua titik tersebut.

Contoh 1.5

1. Anton membantu Ani meniup balon yang digunakan untuk percobaan. Untuk memindahkan muatan sebanyak 10 C dari kain wol ke balon diperlukan energi sebesar 60 J. Hitung potensial listrik antara kain wol ke balon!

Penyelesaian:

Diketahui : $q = 10 \text{ C}$

$W = 60 \text{ J}$

Ditanya : V ?

Jawab : $V = \frac{W}{q}$
 $= \frac{60}{10}$
 $= 6 \text{ V}$

Jadi, potensial listrik antara kain wol ke balon adalah 6 V.

2. Sebuah baterai memiliki potensial listrik sebesar 1,5 V. Berapakah besar energi yang diperlukan baterai jika memindahkan muatan sebanyak 40 C?

Penyelesaian:

Diketahui : $V = 1,5 \text{ V}$

$q = 40 \text{ C}$

Ditanya : W ?

Jawab : $V = \frac{W}{q}$
 $W = Vq$
 $= (1,5)(40)$
 $= 60 \text{ J}$

Jadi, besar energi untuk memindahkan muatan tersebut sebesar 60 J.



Uji Kompetensi 1.4

1. Dua buah benda masing-masing bermuatan listrik $+4 \times 10^{-9} \text{ C}$ dan $-6 \times 10^{-9} \text{ C}$ terpisah sejauh 4 cm.
 - a) Gaya apa yang terjadi antara dua muatan itu?
 - b) Berapa besarnya gaya tersebut?

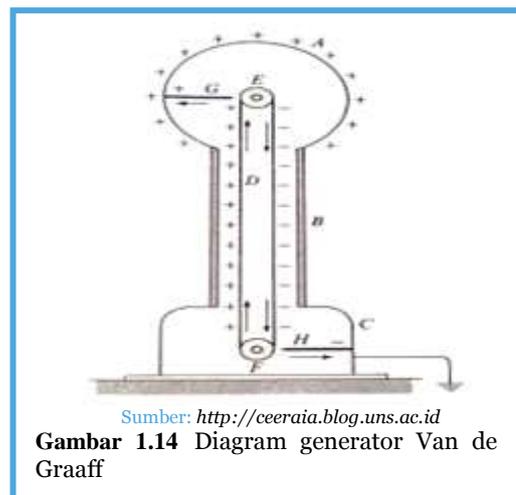
2. Azizah membantu Mujib memasang batang kaca di jendela rumahnya. Gaya Coulomb yang dihasilkan oleh dua batang kaca *A* dan *B* adalah 8×10^{12} N. Bila muatan batang kaca *A* sebesar +8 C, berapa besar muatan batang kaca *B* bila jarak kedua muatan tersebut 30 cm?
3. Berapakah besar gaya Coulomb yang dialami muatan $44 \mu\text{C}$ yang berada dalam kuat medan listrik 2 N/C?
4. Medan listrik yang dirasakan oleh muatan uji *A* terhadap muatan *B* sebesar 95 N/C. jika jarak kedua muatan tersebut adalah 5 mm, berapa besar muatan *B*?
5. Pada saat terjadi petir, hati kita merasa takut atau cemas. Seketika itu kita refleks didalam hati memohon perlindungan Sang pencipta. Saat terjadi petir 25 C muatan berpindah dari awan ke permukaan bumi dan dihasilkan energi $1,25 \times 10^{10}$ J. Berapa potensial listrik yang terjadi antara awan dan permukaan bumi?
6. Beda potensial antara titik *P* ke titik *Q* adalah 5 V. Usaha yang dilakukan untuk memindahkan muatan adalah 40 J. Berapa besar muatan yang dipindahkan dan tuliskan ayat yang menjelaskan peristiwa tersebut?

E. Penerapan Listrik Statis

Banyak sekali penerapan atau penggunaan listrik statis dalam kehidupan sehari-hari, contohnya adalah sebagai berikut.

1. Generator Van de Graaff

Generator listrik statis biasanya hanya ditemukan di museum atau gedung untuk mempertunjukkan iptek (ilmu pengetahuan dan teknologi). Salah satu generator listrik statis yang digunakan untuk menghasilkan muatan listrik statis yang besar adalah generator Van de Graaff. Generator Van de Graff ditemukan oleh **Robert J. Van De Graaff** (1829), Ia mengembangkan listrik statis bertegangan tinggi yang akan digunakan untuk melakukan riset mengenai pemisahan inti atom yang menghasilkan reaksi ledakan nuklir. Generator Van de Graaff menjadi sumber tegangan tinggi untuk mempercepat partikel subatomik dengan kecepatan tinggi, membuatnya menjadi alat yang berguna untuk penelitian fisika fundamental. Salah satu Generator Van de Graaff yang ada di Indonesia terdapat di Pusat Peragaan Iptek di Taman Mini Indonesia Indah.



Gambar 1.14 Diagram generator Van de Graaff

Bagian-bagian generator Van de Graaff dapat dilihat pada Gambar 1.14. Pada generator Van de Graaff terdapat roda pemutar yang digerakkan oleh motor listrik, yang memutar pita karet. Gesekan antara pita karet dan roda pemutar menyebabkan pita karet bermuatan listrik. Tegangan yang sangat tinggi diberikan juga pada elektroda sehingga muatan negatif pada pita ditanahkan, sedangkan muatan positif

ini ditampung bola logam. Oleh karena pita karet yang bergerak terus-menerus, maka muatan listrik ini semakin besar.

keterangan Gambar 1.14:

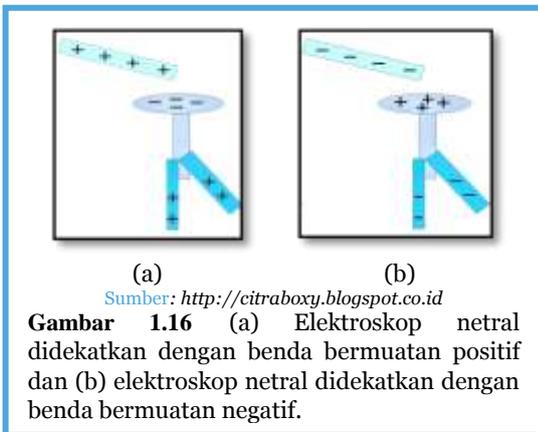
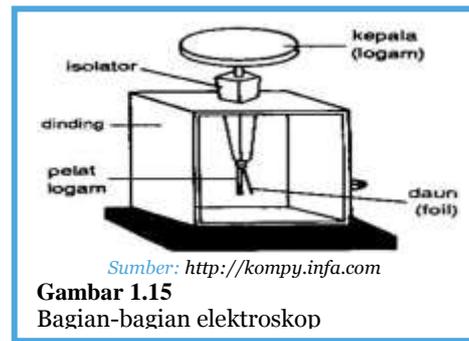
A = permukaan bola logam (kubah)
 B = penopang kubah
 C = ground (ditanahkan)
 D = pita karet

E = roller (roda pemutar) atas
 F = roller (roda pemutar) bawah
 G = mengumpulkan muatan positif
 H = menarik elektron (elektroda)

2. Elektroskop

Alat yang digunakan untuk mengetahui tidaknya muatan listrik pada suatu benda adalah *elektroskop*. Elektroskop tidak hanya dapat digunakan untuk mengetahui ada tidaknya muatan, tetapi juga jenis muatan yang dimiliki oleh suatu benda. bagian-bagian dari elektroskop dapat dilihat pada Gambar 1.15. Bagian-bagian elektroskop adalah sebagai berikut.

- Bagian atas berbentuk lempeng atau bola.
- Pada bagian bawah terdapat dua helai *foil* (lembaran tipis) logam (perak atau emas).
- Tangkai logam dan perlengkapannya dibungkus bahan isolator (terletak dalam bahan kotak ber dinding kaca).



Perhatikan Gambar 1.16, dapat dilihat ketika kepala elektroskop netral didekati benda bermuatan positif, maka elektron-elektron yang berada pada batang logam dan daun elektroskop ditarik menuju kepala elektroskop (ingat positif-negatif saling tarik-menarik). Akibatnya, kepala elektroskop bermuatan listrik negatif, batang logam dan daun elektroskop bermuatan listrik positif sehingga daun elektroskop membuka (mekar) karena terjadinya gaya tolak-menolak (Gambar 1.16a).

Sedangkan, apabila kepala elektroskop yang netral didekati benda bermuatan negatif, maka elektron-elektron di dalam kepala elektroskop berpindah menuju batang logam dan daun elektroskop. Akibatnya, kepala elektroskop kekurangan elektron (bermuatan positif) dan daun elektroskop kelebihan elektron (bermuatan negatif). batang logam dan daun sama-sama bermuatan listrik negatif sehingga terjadi gaya tolak-menolak dan daun elektroskop membuka/mekar (Gambar 1.16b).

Elektroskop yang telah bermuatan listrik ini dapat digunakan untuk mengetahui jenis muatan. Apabila benda yang didekatkan ke kepala elektroskop menyebabkan daun elektroskop lebih mekar, maka muatan listrik pada kepala elektroskop adalah sejenis dengan benda yang didekatkan. Apabila benda yang didekatkan menyebabkan daun elektroskop lebih kuncup, maka muatan listrik pada kepala elektroskop adalah tidak sejenis dengan benda yang didekatkan.

3. Penangkal Petir

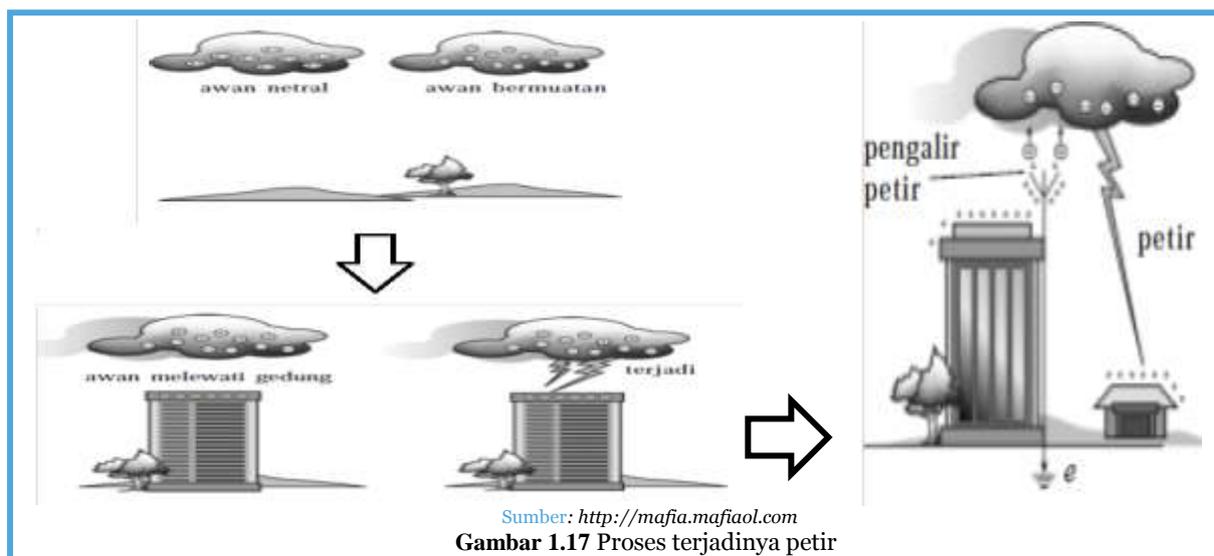
Petir disebabkan awan besar yang bermuatan listrik negatif sangat kuat. Apabila awan kelebihan elektron maka petir bisa menyambar apa saja yang ada didekatnya. Di dunia Islam petir juga sudah diterangkan dengan jelas dalam al-Qur'an yang terdapat pada surat ar-Rum ayat 24 sebagai berikut.

وَمِنْ آيَاتِهِ يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنزِلُ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ...

Artinya: “Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya, Dia memperlihatkan kepadamu kilat untuk (menimbulkan) ketakutan dan harapan, dan Dia menurunkan hujan dari langit ...” (QS. Ar-Rum: 24)

Pada kata البرق artinya “kilat”, berarti cahaya yang berkelebat dengan cepat di langit. Menurut Prof. Quraish Shihab dalam Bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 10), ayat ini berbicara tentang sebagian dari apa yang dapat dilihat di angkasa. Yakni, potensi listrik pada awan yaitu “kilat”. Kilat adalah fenomena alam yang dapat disaksikan oleh panca indra dan dapat diterangkan secara ilmiah. Hal ini diperkuat oleh **Benyamin Franklin** yang menemukan penangkal petir. Kilat timbul dari bunga api listrik yang terjadi akibat bersatunya listrik negatif yang berada di awan yang mengandung air dengan listrik positif yang berada di bumi. Sejenak sesudah adanya kilat maka akan kedengaran bunyi petir yang nantinya bisa membinasakan apa saja yang ia sambar. Kilat sebagai tanda akan adanya petir dan turunnya hujan yang merupakan salah satu tanda kekuasaan Allah SWT.

Seperti yang sudah dijelaskan di atas, bahwa petir bisa menyambar apa saja yang ada didekatnya. Apabila awan kelebihan elektron dan berada di atas atap sebuah gedung, maka gedung terinduksi menjadi bermuatan positif. Loncatan elektron terjadi dari awan ke atap gedung karena adanya gaya tarik-menarik antara keduanya. Peristiwa ini menyebabkan gedung disambar petir. Untuk menghindarinya, atap gedung dilengkapi dengan penangkal petir. Perhatikan Gambar 1.17 di bawah.



Prinsip kerja penangkal petir memanfaatkan sifat-sifat muatan listrik yang terkumpul pada bagian yang lancip. Penangkal petir biasanya berupa tongkat berujung runcing yang terbuat dari tembaga dan diletakkan di bagian atas gedung. Ujung bawahnya (pangkal) dihubungkan dengan lempeng logam yang ditanam di dalam tanah. Penangkal petir melindungi gedung dari sambaran petir melalui dua cara, yaitu sebagai berikut:

1. Loncatan elektron dari awan mengalir melalui penangkal petir dan masuk ke dalam tanah. Ingat, bumi dapat menampung elektron dalam jumlah tidak terbatas.
2. Molekul-molekul udara bermuatan listrik positif yang berkumpul di sekitar ujung runcing penangkal petir akan mengalir ke luar sehingga muatan listrik induksi pada atap berkurang dan sebagian muatan negatif pada awan menjadi netral. Dengan demikian, kemungkinan sambaran petir dapat diperkecil.

Ketika kamu berada di lapangan dan ada petir, carilah tempat berlindung karena petir akan menyambar pada bagian paling tinggi seperti pohon dan tiang listrik. Di lapangan atau di sawah, kamu dapat menjadi bagian yang paling tinggi. Oleh karena itu, ketika awan sudah mulai mendung, sebaiknya kamu tidak bermain di lapangan atau di sawah.

Ayo, Kita Renungkan

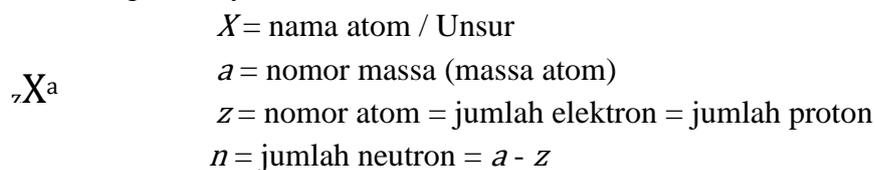
Petir adalah suatu kejadian alam yang luar biasa, karena dalam setiap kejadiannya energi yang dilepaskan lebih besar daripada yang dihasilkan oleh seluruh pusat pembangkit tenaga listrik di Amerika. Cahaya yang dikeluarkan oleh petir lebih terang daripada cahaya 10 juta bola lampu pijar berdaya 100 watt. Hal lain yang menakjubkan bahwa molekul-molekul nitrogen, yang sangat penting untuk tumbuhan, muncul dari kekuatan ini. Darimana petir mendapatkan energi listrik? Berapa biaya listrik yang dapat kita hemat jika kita dapat mengumpulkan energi dari petir?

Kita dapat memahami bahwa peristiwa alam ini adalah sesuatu yang menakjubkan. Bagaimana sebuah kekuatan luar biasa semacam ini muncul dari dalam sebuah atom, yang tidak terlihat oleh mata telanjang. Bahkan di dalam tubuh kita juga mengalir listrik, listrik akan terus bergerak dari satu neuron ke neuron yang lain ketika otak aktif bekerja. Ini adalah salah satu tanda kebesaran Allah swt.



RANGKUMAN

1. Atom berasal dari bahasa Yunani “*atomos*” yang artinya tidak dapat dibagi-bagi lagi. Jadi, atom adalah partikel terkecil suatu unsur yang masih mempunyai sifat unsur-unsur tersebut.
2. Atom terdiri atas inti atom dan elektron (muatan negatif). Pada inti atom terdapat proton (muatan positif) dan neutron (tidak bermuatan/netral).
3. Konsep atom menurut fisikawan ada empat macam, yaitu:
 - a. Konsep atom menurut Dalton
 - b. Konsep atom menurut Thomson
 - c. Konsep atom menurut Rutherford
 - d. Konsep atom menurut Bohr
4. Penulisan lambang atom, yaitu:



5. Sifat muatan listrik ada dua, yaitu:
 - a. Muatan listrik sejenis akan tolak-menolak (positif dengan positif, negatif dengan negatif)
 - b. Muatan listrik tidak sejenis akan tarik-menarik (positif dengan negatif).
6. Muatan bersifat kekal, artinya muatan tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Ketika suatu benda digosok dengan benda lain, yang terjadi bukan penciptaan muatan, tetapi perpindahan muatan.
7. Induksi listrik adalah peristiwa pemisahan muatan listrik pada suatu benda karena pengaruh benda bermuatan listrik.
8. Besarnya gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua benda bermuatan listrik di selidiki oleh **Charles Augustin Coulomb** (1736-1806), sehingga dikenal dengan *hukum Coulomb* yang berbunyi: *Besarnya gaya listrik (tarik-menarik atau tolak-menolak) antara dua muatan listrik sebanding dengan besar muatan masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak pisah antara kedua muatan listrik.*

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

dengan:

- F = gaya Coulomb (N)
 k = konstanta = $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
 q_1, q_2 = muatan listrik (C)
 r = jarak antara dua muatan (m)

9. Hukum Coulomb tentang gaya tarik-menarik atau tolak-menolak dua benda bermuatan listrik sudah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Yasin ayat 36 sebagai berikut.

سُبْحٰنَ الَّذِيْ خَلَقَ الْاَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْاَرْضُ وَمِنْ اَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُوْنَ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui”. (QS. Yasin: 36)

10. Medan listrik adalah ruang disekitar benda bermuatan listrik yang masih dipengaruhi gaya listrik. Besar medan listrik yaitu:

$$E = \frac{F}{q} \quad \text{atau} \quad E = k \frac{Q}{r^2}$$

dengan:

E = kuat medan listrik (N/C)

F = gaya Coulomb yang (N)

q = muatan listrik (C)

11. Potensial listrik adalah besarnya usaha yang digunakan untuk memindahkan muatan per satuan muatan listrik. Besar potensial listrik yaitu:

$$V = \frac{W}{q}$$

dengan:

V = beda potensial listrik (volt)

W = usaha yang dilakukan untuk memindahkan muatan (J)

q = muatan listrik (C)

12. Penerapan listrik statis, yaitu:

- Generator Van de Graaff
- Elektroskop
- Penangkal petir

13. Generator adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan muatan listrik yang besar. Contohnya, generator van de Graaff.

14. Elektroskop adalah alat yang digunakan untuk menguji muatan listrik suatu benda.

15. Petir sudah diterangkan dengan jelas dalam Al-Qur'an Surat Ar-Rum ayat 24 sebagai berikut.

وَمِنْ آيَاتِهِ يُرِيكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنزِلُ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ... ﴿٢٤﴾

Artinya: “Dan di antara tanda-tanda kekuasaan-Nya, Dia memperlihatkan kepadamu kilat untuk (menimbulkan) ketakutan dan harapan, dan Dia menurunkan hujan dari langit ...” (QS. Ar-Rum:24)

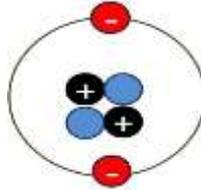
EVALUASI BAB 1

I. Penilaian Pemahaman Konsep

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

1. Bagian dari atom yang bermuatan positif adalah
 - a. positron
 - b. elektron
 - c. proton
 - d. neutron
2. Model atom berikut terdiri atas



- a. 2 elektron, 2 proton, 2 neutron
 - b. 2 elektron, 2 proton, 1 neutron
 - c. 2 elektron, 1 proton, 2 neutron
 - d. 4 elektron, 2 proton, 1 neutron
3. Benda yang tidak bermuatan (netral) adalah
 - a. negatif
 - b. positif
 - c. neutron
 - d. positron
 4. Rizky memberikan kacanya kepada Citra yang ingin melakukan percobaan (untuk membuktikan benda bermuatan listrik dengan cara digosok). Sebuah kaca yang digosok dengan kain sutra menjadi bermuatan positif karena
 - a. ada elektron yang berpindah dari kain sutra ke kaca
 - b. ada proton yang pindah dari kaca ke kain sutra
 - c. ada elektron yang pindah dari kaca ke kain sutra
 - d. ada proton yang pindah dari kain sutra ke kaca
 5. Di bawah ini yang merupakan peristiwa-peristiwa yang menghasilkan muatan listrik adalah
 - a. menulis di buku
 - b. membersihkan kaca dengan tisu
 - c. menyisir rambut
 - d. menyalakan kompor
 6. Gilang mengganti mainan mobil-mobilan Rizky yang dirusaknya, Ketika empat mainan tersebut didekatkan ada sebuah interaksi antara mainan tersebut. Jika mainan A menarik mainan B, mainan B dapat menarik mainan C, dan mainan C menolak mainan D yang bermuatan negatif, maka
 - a. A negatif, B positif, C positif
 - b. A negatif, B negatif, C positif
 - c. A positif, B negatif, C positif
 - d. A negatif, B positif, C negatif
 7. Dua buah muatan masing-masing $-4 \times 10^{-9} \text{ C}$ dan $+2 \times 10^{-9} \text{ C}$ terpisah pada jarak 2 cm. Gaya Coulomb yang terjadi pada dua muatan tersebut adalah ($k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)
 - a. tarik-menarik $18 \times 10^{-5} \text{ N}$
 - b. tolak-menolak $18 \times 10^{-5} \text{ N}$
 - c. tarik-menarik $36 \times 10^{-5} \text{ N}$
 - d. tolak-menolak $36 \times 10^{-5} \text{ N}$
 8. Jefri memberikan dua tulisan kaligrafi yang ditutupi kaca ke Pondok pesantrennya. Dua kaca A dan B masing-masing bermuatan $+1 \text{ C}$ dan $+0,9 \text{ C}$. Bila gaya tolak-menolak antara kaca A dan B adalah $9 \times 10^{10} \text{ N}$, maka jarak antara dua kaca adalah
 - a. 0,03 cm
 - b. 10,3 cm
 - c. 3 cm
 - d. 30 cm

15. Banyak gedung tinggi dilindungi dari sambaran petir oleh penangkal petir. Semua pernyataan berikut ini tentang penangkal petir adalah benar, *kecuali*
 - a. memiliki ujung yang lancip di bagian atasnya
 - b. harus diisolasi dari gedung
 - c. bagian ujungnya ditanam di tanah
 - d. bagian atasnya harus lebih tinggi daripada bagian tertinggi dari gedung

B. Lengkapi pernyataan berikut dengan jawaban di dalam kotak.

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Atom yang kelebihan elektron bermuatan 2. Atom yang kekurangan elektron bermuatan 3. Peristiwa terjadinya pemisahan muatan listrik pada ujung-ujung suatu benda karena benda tersebut didekati benda lain yang bermuatan disebut 4. Jika dua muatan sejenis didekatkan, akan terjadi gaya 5. Jika dua muatan tidak sejenis didekatkan, akan terjadi gaya 6. Benda yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik disebut 7. Benda yang tidak dapat menghantarkan arus listrik dengan baik disebut 8. Alat yang digunakan untuk mendeteksi ada tidaknya muatan pada suatu benda disebut 9. Ruang di sekitar benda yang masih dipengaruhi gaya listrik disebut 10. Usaha yang digunakan untuk memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat lain per satuan muatan disebut | <ol style="list-style-type: none"> a. elektroskop b. tarik-menarik c. isolator d. positif e. potensial listrik f. medan listrik g. konduktor h. negatif i. tolak-menolak j. induksi listrik |
|---|---|

C. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Apa yang dimaksud dengan listrik statis?
2. Beri dua contoh peristiwa yang menunjukkan adanya muatan listrik pada dua benda yang saling digosokkan!
3. Suatu benda X bermuatan listrik $+2 \times 10^{-9}$ C dan Y bermuatan listrik -8×10^{-9} C. Jika jarak X dan Y adalah 0,4 m, berapakah gaya antara X dan Y? ($k = 9 \times 10^9$ N m²/C²)
4. Tuliskan ayat yang menjelaskan tentang interaksi antara dua muatan listrik!
5. Bagaimana petir dapat menyambar orang yang sedang berteduh di bawah pohon ketika hujan?

II. Penilaian Kerja Ilmiah

A. Penilaian Proyek

Datalah alat-alat yang dapat menimbulkan muatan listrik statis di rumahmu masing-masing! Laporkan data yang kamu peroleh pada gurumu.

B. Penilaian Produk

Membuat Elektroskop Daun dari Logam

Tujuan:

Membuat elektroskop daun dari logam untuk mengetahui suatu benda bermuatan listrik atau netral.

Alat dan Bahan:

- Sebuah botol/toples
- Seutas kawat tembaga/kuningan
- Pelat logam tipis/aluminium foil
- Perekat/sebuah gabus yang telah di beri cairan lilin

Langkah Kerja:

1. Tusukkanlah seutas kawat tembaga/kuningan menembus gabus.
2. Bentuklah ujung bawah kawat menyerupai huruf L.
3. Gantungkanlah sepotong aluminium foil lipat seperti daun di sebelah bawah kawat tersebut.
4. Masukkanlah rangkaian alat tersebut ke dalam botol/toples.
5. Setelah selesai, kamu dapat mencobanya dengan mendekati suatu benda. Jika daun aluminium membuka berarti benda yang didekatkan tak bermuatan. Sebaliknya, jika kamu mendekati benda bermuatan, dan aluminium tersebut akan menutup karena mendapat muatan yang sama.
6. Gosok-gosokkanlah penggaris plastik ke rambut kering atau kain wol. Kemudian dekatkan ke elektroskop buatanmu. Amatilah apa yang terjadi!



Gambar 1.18 Sumber: Dokumen pribadi
Elektroskop daun dari logam

"Selamat Mengerjakan"

BAB 2

LISTRIK DINAMIS



Sumber: <http://beritasatu.com>

Burung-burung ini bertengger di atas kawat hantaran udara tegangan tinggi. Mengapa burung ini tidak gosong karena kejutan listrik tegangan tinggi? Misalkan kawat putus dan burung tetap berayun bersama kawat sampai ujung kawat menyentuh tanah, apa yang akan terjadi? Untuk mengetahuinya mari kita pelajari bab ini. Setelah belajar bab ini, kamu pasti dapat menggambarkan dan mengetahui kenapa burung tidak gosong karena kejutan listrik tegangan tinggi.



Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar
Fisika SMP/MTs Kelas IX
Materi Listrik Dinamis

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari Hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagat raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri, dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki Rasa ingin tahu; objektif; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi. 2.2 Menghargai Kerja Individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya terkait fenomena dan kejadian tampak mata.	3.1 Menerapkan konsep rangkaian listrik, energi dan daya listrik, sumber energi listrik termasuk sumber energi listrik alternatif, serta berbagai upaya menghemat energi listrik.
4. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkrit (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan ranah abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang/teori.	4.1 Menyajikan hasil rancangan dan pengukuran berbagai rangkaian listrik.

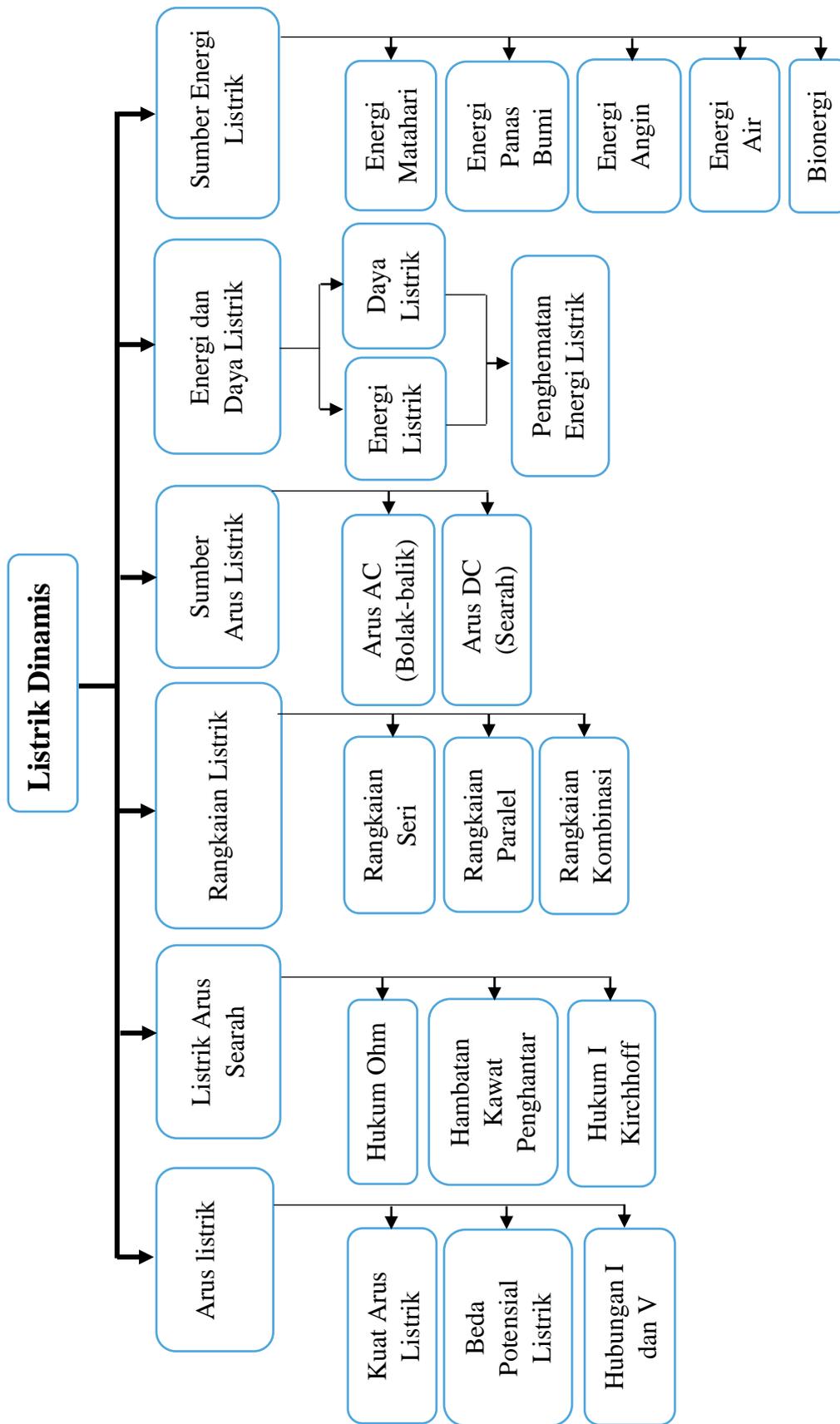
Indikator Pembelajaran

1. Menjelaskan konsep arus listrik.
2. Menerapkan konsep arus listrik dalam kehidupan sehari-hari.
3. Mengidentifikasi jenis rangkaian listrik terbuka dan rangkaian listrik tertutup.
4. Mengukur kuat arus listrik dan beda potensial yang mengalir dalam rangkaian tertutup.
5. Menyelidiki hubungan antara arus listrik dan beda potensial.
6. Menemukan perbedaan hambatan beberapa jenis bahan.
7. Membedakan karakteristik rangkaian listrik seri dan paralel.
8. Membandingkan pengaruh arus listrik terhadap hambatan yang disusun seri dan paralel.
9. Menjelaskan hubungan antara daya listrik dan energi listrik.
10. Menghitung biaya listrik bulanan rumah tangga.
11. Menyebutkan contoh sumber-sumber energi listrik alternatif.
12. Mempraktikkan penghematan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari.
13. Memiliki pengetahuan dan pemahaman baru tentang listrik dinamis yang berhubungan dengan Al-Qur'an dan nilai-nilai agama.

Tujuan Pembelajaran

1. Dapat menjelaskan konsep arus listrik.
2. Dapat menerapkan konsep arus listrik dalam kehidupan sehari-hari.
3. Dapat mengidentifikasi jenis rangkaian listrik terbuka dan rangkaian listrik tertutup.
4. Dapat mengukur kuat arus listrik dan beda potensial yang mengalir dalam rangkaian tertutup.
5. Dapat menyelidiki hubungan antara arus listrik dan beda potensial.
6. Dapat menemukan perbedaan hambatan beberapa jenis bahan.
7. Dapat membedakan karakteristik rangkaian listrik seri dan paralel.
8. Dapat membandingkan pengaruh arus listrik terhadap hambatan yang disusun seri dan paralel.
9. Dapat menjelaskan hubungan antara daya listrik dan energi listrik.
10. Dapat menghitung biaya listrik bulanan rumah tangga.
11. Dapat menyebutkan contoh sumber-sumber energi listrik alternatif.
12. Dapat mempraktikkan penghematan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari.
13. Memiliki pengetahuan dan pemahaman baru tentang listrik dinamis yang berhubungan dengan Al-Qur'an dan nilai-nilai agama.

Peta Konsep



Inti Materi

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| a. Arus Listrik | e. Sumber Arus Listrik |
| b. Hukum Ohm | f. Energi dan Daya Listrik |
| c. Hukum I Kirchhoff | g. Sumber Energi Listrik |
| d. Rangkaian Listrik | h. Penghematan Energi Listrik |

Kata Kunci

- | | | |
|---------------------|---------------------|----------------------------|
| - Hambatan listrik | - Sumber listrik | - Kilowatt-hour |
| - Daya listrik | - Energi listrik | - Muatan listrik |
| - Rangkaian seri | - Energi alternatif | - Gaya Gerak Listrik (GGL) |
| - Rangkaian paralel | - Voltmeter | - Hukum I Kirchhoff |
| - Dinamo | - Hukum Ohm | - Anode |
| - Arus bolak-balik | - Arus searah | - Katode |
| - Isolator | - Konduktor | - Kuat arus listrik |
| - Rekening listrik | - Sekring | - Tegangan jepit |
-

APERSEPSI

Apa kamu mengetahui, kenapa lampu bisa mengeluarkan cahaya (menyala)? Jika kita perhatikan, maka kita bisa mengetahui bahwa lampu bisa mengeluarkan cahaya (menyala) karena adanya arus listrik yang mengalir melewati lampu itu. Pada peristiwa tersebut bukan aliran listriknya yang tampak, tetapi gejalanya, yaitu timbulnya cahaya dari pijaran filamen pada lampu. Apa arus listrik itu? Kita akan mempelajarinya pada bab ini, jangan ketinggalan!



Sebelum membahas arus listrik, mari kita renungkan ayat Al-Qur'an surat An-Nur ayat 35 sebagai berikut.

﴿اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَلَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ﴾

Artinya: “Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah adalah seperti lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang banyak berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu”. (QS. An-Nur: 35)

Pada tafsir Al-Qur'an Departemen Agama RI (Jilid VI) kata “Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah adalah seperti lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara ...”. Dari analisa ayat, Allah memberikan perumpamaan cahaya-Nya dengan cahaya sebuah lampu, dan apabila kita amati sebuah bola lampu yang diletakkan di dinding dalam ruangan yang gelap, maka ketika lampu dinyalakan akan memberikan cahaya/pelita ke seluruh ruangan, bola lampu tersebut seperti sebuah lubang yang bercahaya dan cahayanya tidak tembus ke ruangan lainnya. Bola lampu ditutupi oleh kaca dan efek cahaya itu akan semakin jelas terlihat apabila lampu tersebut ditempatkan semakin tinggi. Menurut kajian saintis, jika lampu menyala atau bercahaya maka terdapat yang namanya arus listrik didalam rangkaian lampu tersebut. Perumpamaan ini adalah sebuah lampu. Hal ini juga telah ditemukan tokoh fisika yaitu *Thomas Alfa Edison* yang telah menemukan bola lampu selain itu ada proyektor film.

Tafsiran ayat ini menulis tentang bola lampu, yang disampaikan melalui perumpamaan-perumpamaan, sesuai dengan kelanjutan ayat tersebut “... Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”

A. Arus Listrik

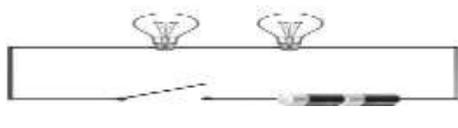
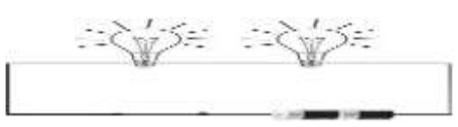
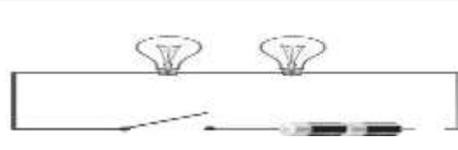
1. Pengertian Arus Listrik

Listrik secara visual tidak terlihat, tetapi hampir semua orang mengenal adanya listrik, yaitu dengan mengetahui dari gejala-gejalanya. Misalnya, lampu menyala karena adanya arus listrik yang mengalir yang disebut *listrik dinamis*. Aliran listrik ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak di dalam suatu penghantar. Arah arus listrik yang timbul pada penghantar berlawanan arah dengan arah gerak elektron.

Sebelum elektron ditemukan oleh **J.J. Thomson** (1856-1940) pada abad XX, para ahli sepakat bahwa *arus listrik* adalah aliran muatan listrik positif. Muatan listrik tersebut mengalir dari potensial tinggi (kutub positif) ke potensial rendah (kutub negatif). Arah arus listrik yang ditetapkan ini dikenal dengan arus listrik konvensional. Arus listrik dapat mengalir pada sebuah *rangkaian listrik tertutup* (ujung-ujung rangkaian dalam keadaan tertutup). Dengan demikian, sebuah rangkaian listrik yang tertutup akan menghasilkan nyala lampu. Bagaimana jika rangkaianannya tidak terhubung satu sama lain? Disebut apakah rangkaian listrik tersebut? Coba pikirkan gambar dibawah berikut.

Ayo, Kita Selesaikan

Manakah pada gambar berikut ini yang merupakan jenis rangkaian listrik tertutup dan jenis rangkaian listrik terbuka? Jelaskan dan beri alasanmu.

No.	Gambar	Jenis Rangkaian	Penjelasan/Alasan
1.			
2.			
3.			

Ilmuwan Sains Muslim Kita



Gambar 2.2 Ahmad bin Musa ibn Shakir

Tahukah kamu bahwa ada seorang ilmuwan sains muslim yang juga meneliti tentang lampu. Ilmuwan sains muslim tersebut yaitu **Banu Musa**.

Mereka merupakan ilmuwan sains muslim yang hidup pada abad ke-9. Banu Musa adalah seorang tiga saudara yang dikenal dengan *Sons of Moses* yang tinggal dan bekerja di Baghdad. Tiga bersaudara yang meneliti tentang lampu adalah **Ahmad bin Musa ibn Shakir**.

Ahmad bin Musa ibn Shakir telah memberikan kontribusi yang sangat besar bagi perkembangan sains, salah satunya ilmu mekanik. Karya yang paling populer adalah kitab *al-hiyal* (*The Book of Tricks*) yang isinya ada beberapa penemuan nyata praktis yaitu lampu yang akan mekanis redup, air mancur, dan ambil clamshell.

Sumber: <http://replubikas.co.id>

Dari gambar diatas, pada rangkaian tertutup (sakelar tertutup atau posisi *on*), arus listrik akan mengalir dan lampu menyala. Sedangkan pada rangkaian terbuka (sakelar terbuka atau posisi *off*). Arus listrik tidak mengalir dan lampu padam. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa arus listrik hanya akan mengalir dalam suatu rangkaian listrik tertutup.

2. Kuat Arus Listrik

Kuat arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam kawat penghantar tiap sekon atau detik. Satuan kuat arus listrik adalah *ampere* (A). Satuan tersebut diambil dari nama seorang ilmuwan Perancis, **Andre Marie Ampere** (1775-1836). Secara matematis persamaan kuat arus sebagai berikut.

$$I = \frac{Q}{t} \quad [2.1]$$

dengan:

- I = kuat arus (A)
- Q = muatan listrik (C)
- t = selang waktu (s)

Persamaan diatas memiliki arti makin banyak jumlah muatan listrik yang bergerak maka makin besar pula kuat arusnya. Pada rangkaian listrik tertutup, pembawa muatan listrik adalah elektron sehingga besarnya muatan ditentukan oleh jumlah elektron, yaitu:

$$Q = N e \quad [2.2]$$

sehingga

$$I = \frac{N e}{t} \quad [2.3]$$

dengan:

I = kuat arus (A)

N = jumlah muatan listrik

e = muatan elektron = $1,6 \times 10^{-19}$ C

t = selang waktu (s)

Kuat arus listrik disebut juga laju muatan listrik. Alat yang digunakan untuk mengukur besarnya kuat arus listrik adalah *amperemeter* (*ammeter*). Ammeter ada dua jenis, yaitu ammeter analog dan ammeter digital. Perhatikan Gambar 2.3 berikut.



Sumber: <http://www.indiamart.com>
Gambar 2.3 Alat ukur kuat arus listrik (ammeter) (a) analog dan (b) digital

Ammeter dipasang secara seri dengan elemen listrik yang akan diukur kuat arusnya. Ammeter tidak boleh dihubungkan langsung dengan sumber tegangan (baterai) karena akan menyebabkan kerusakan pada ammeter.

Hasil pengamatan pada pembacaan amperemeter (ammeter) dapat dituliskan dengan persamaan:

$$I = \frac{\text{skala yang ditunjuk jarum pada amperemeter}}{\text{skala maksimum}} \times \text{batas ukur amperemeter} \quad [2.4]$$

Jika saat mengukur kuat arus jarum menyimpang melewati batas ukur maksimal maka artinya kuat arus yang di ukur lebih besar dari batas ukur alat. Hal yang harus dilakukan adalah memperbesar batas ukur. Batas ukur diperbesar dengan menggeser batas ukur jika masih memungkinkan tetapi seandainya tidak memungkinkan kita harus memasang hambatan shunt secara paralel pada ammeter.

Contoh 2.1

1. Aliran listrik dirumah Azizah konsleting dan Heri membantu mengeceknya, ternyata listriknya kelebihan muatan tidak sesuai dengan kapasitasnya. Jika arus listrik dirumah Azizah sebesar 5 mA mengalir pada suatu penghantar selama 0,1 detik. Berapakah besar muatan dan jumlah elektron yang mengalir pada penghantar tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $I = 5 \text{ mA} = 0,005 \text{ A}$

$t = 0,1 \text{ s}$

$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Ditanya : a. Q ?

b. N ?

Jawab :

a. $I = \frac{Q}{t}$

$$Q = I \times t = 0,005 \times 0,1 = 0,0005 \text{ C}$$

$$b. I = \frac{N e}{t}$$

$$N = \frac{I t}{e} = \frac{5 \times 10^{-4}}{1,6 \times 10^{-19}} = 3,125 \times 10^{15} \text{ elektron}$$

2. Perhatikan gambar berikut!



Sumber:
<http://belajar.kemdikbud.go.id>
Gambar 2.4 Amperemeter

Berapa besar kuat arus yang ditunjukkan pada gambar disamping!

Penyelesaian:

Diket : skala yang ditunjuk = 4
skala maksimum = 10
batas ukur = 5 A

Ditanya : I

Jawab : $I = \frac{\text{skala yang ditunjuk jarum}}{\text{skala maksimum}} \times \text{batas ukur}$
 $I = \frac{4}{10} \times 5 = 2 \text{ A}$

3. Beda Potensial Listrik

Arus listrik mengalir dari daerah yang mempunyai potensial listrik lebih tinggi (kutub positif) ke daerah yang mempunyai potensial listrik lebih rendah (kutub negatif). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa arus listrik dapat mengalir jika ada perbedaan potensial. Perbedaan potensial akan mengakibatkan perpindahan elektron.

Banyaknya energi listrik yang diperlukan untuk mengalirkan setiap muatan listrik dari ujung-ujung penghantar disebut *beda potensial listrik* atau *tegangan listrik*. Beda potensial listrik mempunyai satuan *volt* (V) yang diambil dari nama seorang ilmuwan berkebangsaan Italia bernama **Alessandro Volta** (1775-1827). Hubungan antara energi listrik, muatan listrik, dan beda potensial listrik secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\Delta V = \frac{W}{q} \quad [2.5]$$

dengan:

ΔV = beda potensial listrik (V)

W = energi listrik (J)

q = muatan listrik (C)

Alat untuk mengukur beda potensial listrik (tegangan listrik) antara dua titik adalah *voltmeter*. Voltmeter ada dua jenis, yaitu voltmeter analog dan voltmeter digital. Perhatikan Gambar 2.5 berikut.



(a)



(b)

Sumber: <http://www.enertechdevices.com>

Gambar 2.5 Alat ukur beda potensial listrik (voltmeter) (a) analog dan (b) digital

Sedangkan alat untuk mengukur keduanya (kuat arus dan beda potensial) bisa menggunakan *multimeter*. Multimeter juga ada dua jenis, yaitu multimeter analog dan multimeter digital. Perhatikan Gambar 2.6 berikut.



Sumber: <http://wikipedia.org>
Gambar 2.6 Multimeter (a) analog dan (b) digital

Voltmeter juga menggunakan galvanometer yang dihubungkan seri dengan resistor. Beda antara voltmeter dengan amperemeter (ammeter) adalah sebagai berikut:

- a. Amperemeter merupakan galvanometer yang dirangkai dengan hambatan shunt secara seri, voltmeter secara paralel.
- b. Hambatan Shunt yang dipasang pada amperemeter nilainya kecil sedangkan pada voltmeter sangat besar.

Pada pengukuran beda potensial listrik voltmeter harus dipasang paralel pada kedua ujung yang akan dicari beda potensialnya. Pengukuran beda potensial dilakukan dengan mengatur batas ukur pada alat dan langsung hubungkan dua kabel dari voltmeter ke ujung-ujung lampu.

Hasil pengamatan pada pembacaan voltmeter dapat dituliskan dengan persamaan

$$V = \frac{\text{skala yang ditunjuk jarum pada voltmeter}}{\text{skala maksimum}} \times \text{batas ukur voltmeter} \quad [2.6]$$

Contoh 2.2

1. Anton mengganti salah satu lampu masjid yang mati, untuk memindahkan muatan 8 C dari lampu *A* ke lampu *B* diperlukan usaha sebesar 200 J. Hitunglah beda potensial antara lampu *A* dan lampu *B*!

Penyelesaian:

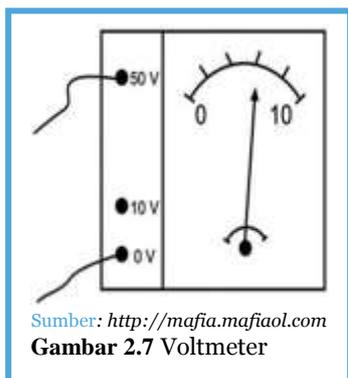
Diketahui : $q = 8 \text{ C}$
 $W = 200 \text{ J}$

Ditanya : $\Delta V?$

Jawab : $\Delta V = \frac{W}{q}$
 $= \frac{200}{8}$
 $= 25 \text{ V}$

Jadi, besar beda potensial antara lampu A dan lampu B adalah 25 V.

2. Perhatikan gambar berikut!



Berapa besar beda potensial yang ditunjukkan gambar disamping!

Penyelesaian:

Diket : skala yang ditunjuk = 6
skala maksimum = 10
batas ukur = 50 V

Ditanya : V ?

Jawab : $V = \frac{\text{skala yang ditunjuk jarum}}{\text{skala maksimum}} \times \text{batas ukur}$

$$V = \frac{6}{10} \times 50 = 30 \text{ V}$$

4. Hubungan Kuat Arus Listrik dan Beda Potensial Listrik

Kamu telah mempelajari tentang kuat arus listrik dan beda potensial listrik. Sekarang kamu tunjukkan hubungan kuat arus listrik dengan beda potensial listrik. Untuk membuktikan hal tersebut, lakukan kegiatan berikut.



Lembar Kerja 2.1

Lakukan percobaan berikut dengan cermat, teliti, hati-hati, dan disiplin sesuai petunjuk kerja. Tuliskan hasil percobaan secara jujur, kemudian ambil kesimpulan dari hasil percobaan.

Mengukur Arus Listrik dan Hubungannya dengan Beda Potensial

Tujuan:

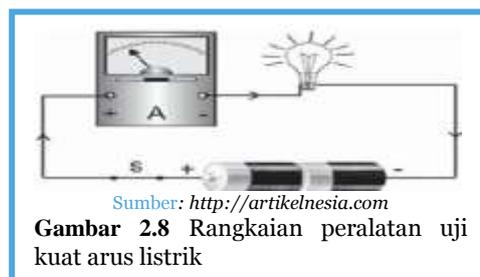
Mengukur arus listrik yang mengalir pada rangkaian tertutup dan mencari hubungan dengan beda potensial.

Alat dan Bahan:

- Baterai 1,5 V (3 buah)
- Amperemeter (1 buah)
- Bola lampu (1 buah)
- Kabel secukupnya
- Sakelar kecil

Langkah kerja:

1. Siapkanlah baterai, amperemeter, bola lampu, kabel, dan sakelar.
2. Rangkailah peralatan tersebut seperti gambar disamping. Perlu diingat sakelar dalam posisi *off*.
3. Nyalakanlah lampu dengan menggeser sakelar pada posisi *on* dan amatilah besar kuat arus pada amperemeter.
4. Ulangi kegiatan tersebut dengan menggunakan 2 buah baterai dan 3 buah baterai.
5. Catatlah hasil pengamatan dalam tabel berikut.



Tabel Pengamatan:

No.	Jumlah Baterai	Beda Potensial V (volt)	Kuat Arus I (ampere)	$\frac{V}{I}$
1.	Satu baterai	1,5		
2.	Dua baterai	3,0		
3.	Tiga baterai	4,5		

Pertanyaan:

1. Apa yang terjadi pada lampu ketika sakelar pada posisi *on*?
2. Jika beda potensial listrik semakin besar, bagaimana besar kuat arus listrik?
3. Buatlah grafik hubungan beda potensial listrik dengan kuat arus listrik berdasarkan data percobaan!
4. Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan ini.
5. Tuliskan ayat yang menyebabkan lampu dapat menyala?

Aliran arus listrik dalam suatu rangkaian tidak berakhir pada alat listrik, tetapi melingkar kembali ke sumber arus. Dari Lembar Kerja 2.1 yang sudah kalian lakukan, kesimpulannya adalah semakin besar beda potensial listrik (tegangan listrik), semakin besar pula arus yang mengalir dalam rangkaian. Pada dasarnya alat listrik bersifat menghambat arus listrik. Besarnya arus yang mengalir pada kawat penghantar tidak hanya bergantung pada tegangan, tetapi juga pada hambatan yang dimiliki kawat terhadap aliran elektron.



Uji Kompetensi 2.1

1. Gilang mengeces aki mobil-mobilan adiknya yang habis. Kuat arus yang ditimbulkan oleh aki adalah 25 mA. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan listrik sebesar 500 mC?
2. Jika muatan elektron $1,6 \times 10^{-19}$ C, berapa banyaknya elektron yang mengalir melalui penghantar berarus 50 mA selama 0,5 jam?
3. Jika muatan listrik sebesar 4 C mengalir dalam kawat yang ujung-ujungnya mempunyai beda potensial 12 V. Berapa besar usaha yang diperlukan untuk mengalirkan muatan pada ujung-ujung kawat?
4. Tuliskan ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang lampu?

B. Hukum Ohm

Hubungan antara arus listrik, tegangan, dan hambatan dapat diibaratkan seperti air yang mengalir pada suatu saluran. Orang yang pertama kali meneliti hubungan antara arus listrik, tegangan dan hambatan adalah **George Simon Ohm** (1787-1854) seorang ahli fisika Jerman. Hubungan tersebut lebih dikenal dengan sebutan *hukum Ohm*.

Hambatan listrik (R) didefinisikan sebagai perbandingan antara beda potensial listrik (V) dengan arus listrik (I). Jika hambatan listrik dilambangkan dengan R , beda potensial V , dan kuat arus I , hubungan antara R , V , dan I secara matematis dapat ditulis:

$$R = \frac{V}{I}$$

[2.7]

dengan:

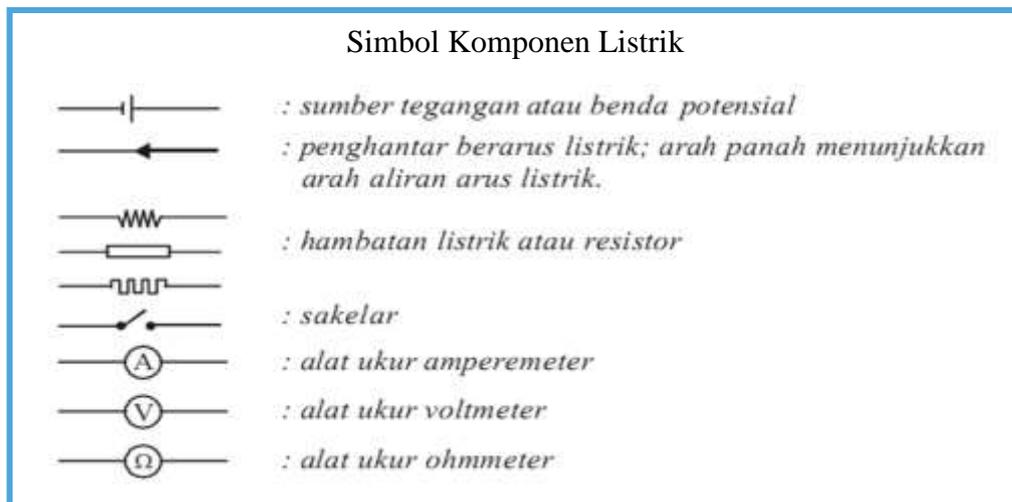
R = hambatan (Ω)

V = beda potensial listrik (V)

I = kuat arus listrik (A)

Sebuah kawat penghantar mempunyai hambatan 1 ohm apabila beda potensial 1 volt pada ujung-ujung kawat penghantar itu menghasilkan kuat arus sebesar 1 ampere.

Komponen yang khusus dibuat untuk menghambat arus listrik disebut *resistor* (*penghambat*). Sebuah resistor dapat dibuat agar mempunyai nilai hambatan tertentu. Jika dipasang pada rangkaian sederhana, resistor berfungsi untuk mengurangi kuat arus. Sebuah resistor yang dipasang pada rangkaian radio, televisi, atau komputer, resistor dapat berfungsi sebagai pengatur kuat arus. Resistor sederhana dapat dibuat dari bahan nikrom (campuran antara nikel, besi, krom, dan karbon). Selain itu, resistor juga dapat dibuat dari bahan karbon.



Sumber: <http://slideplayer.info>

Gambar 2.9 Simbol komponen listrik

Kajian Islam

Ilmu Allah SWT itu tidak terlepas dengan bidang lainnya. Ingat rumus hukum Ohm! Potensial seseorang itu (V) berbanding lurus ($=$) dengan arus atau usaha/amal/ikhtiar (I) dikalikan dengan beban atau masalah (R). Disini paling tidak ada dua poin yang bisa kita renungkan dari rumus ini.

1. Sisi ikhtiar (I). Sekalipun manusia punya potensi sebesar apapun untuk menyelesaikan sebuah masalah sekecil apapun, tapi tidak ada ikhtiar ($I=0$) untuk menyelesaikannya, maka tidak ada artinya potensial itu. Artinya, masalah tersebut tidak terselesaikan. Jadi untuk kasus ini bukan karena tiadanya potensi tapi karena tiadanya ikhtiar (I). Ibarat listrik di rumah, ketika sakelar “off” meskipun di rumah ada listriknya, lampupun tidak akan menyala.
2. Sisi potensial (V). Ikhtiar sudah dilakukan, tapi karena potensial lemah atau kecil maka kita hanya bisa menyelesaikan masalah-masalah yang kecil. Begitu masalah yang datang lebih besar, maka bisa dipastikan kita tidak akan mampu untuk menyelesaikannya. Contohnya, ketika sakit tidak bisa berobat yang terbaik karena terkendala dengan biaya.

Semakin banyak ikhtiar atau usaha (I) kita, kalau dihubungkan dengan rumus hukum Ohm, semakin besar nilai di sisi kanan ($I \times R$) meskipun dengan beban tetap pasti sisi sebelah kiri (V) semakin bertambah. Sementara dengan beban (R) ditambah dan ikhtiar (I) semakin besar, pasti potensi (V) semakin besar pula. Setiap masalah datang bukan untuk ditakuti, tapi harus dihadapi. Semakin sering kita menghadapi masalah atau beban, maka disitulah potensial kita semakin besar.

1. Pengukuran Hambatan Listrik

Ada dua cara pengukuran untuk menentukan nilai hambatan resistor, yaitu sebagai berikut:

- Mengukur nilai beda potensial (tegangan) dan kuat arusnya dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter. Hasil pembacaan nilai beda potensial (V) pada voltmeter dan kuat arus (I) pada amperemeter digunakan untuk menghitung nilai hambatan (R).
- Dengan mengukur langsung memakai multimeter. Multimeter dapat mengukur V , I , dan R secara langsung.



Lembar Kerja 2.2

Lakukan percobaan berikut dengan cermat, teliti, hati-hati, dan disiplin sesuai petunjuk kerja. Tuliskan hasil percobaan secara jujur, kemudian ambil kesimpulan dari hasil percobaan.

Hubungan Kuat Arus Listrik dengan Hambatan Listrik

Tujuan:

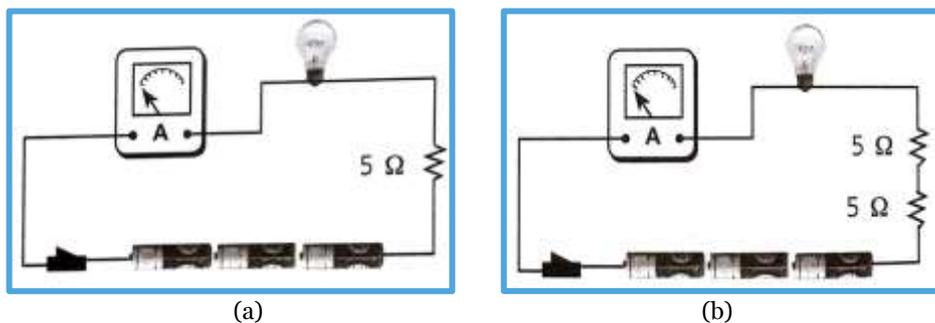
Mengetahui hubungan kuat arus listrik dengan hambatan listrik pada suatu rangkaian.

Alat dan Bahan:

- Baterai 1,5 V (3 buah)
- Amperemeter (1 buah)
- Bola lampu (1 buah)
- Kabel secukupnya
- Sakelar kecil
- Resistor 5Ω (3 buah)

Langkah kerja:

1. Siapkanlah baterai, amperemeter, bola lampu, kabel, dan sakelar.
2. Rangkailah peralatan tersebut seperti Gambar 2.10a. Perlu diingat sakelar dalam posisi *off*.
3. Nyalakanlah lampu dengan menggeser sakelar pada posisi *on* dan amatilah besar kuat arus pada amperemeter.
4. Ulangilah kegiatan tersebut dengan menggunakan 2 resistor dan 3 resistor yang disusun secara seri seperti Gambar 2.10b.



Sumber: <http://rumushitung.com>
Gambar 2.10 Rangkaian peralatan uji hukum Ohm

5. Catatlah hasil pengamatan dalam tabel berikut dan buatlah grafik hubungan antara kuat arus listrik dengan hambatan listrik.

Tabel Pengamatan:

No.	Jumlah Baterai	Hambatan Listrik R (ohm)	Kuat Arus I (ampere)	Nyala Lampu
1.	Tiga baterai	5		
2.	Tiga baterai	10		
3.	Tiga baterai	15		

Pertanyaan:

1. Apa yang terjadi pada lampu ketika sakelar pada posisi *on*?
2. Jika hambatan semakin besar, bagaimana besar kuat arus listrik dan nyala lampu?
3. Buatlah grafik hubungan hambatan listrik dengan kuat arus listrik berdasarkan percobaan.
4. Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan ini.
5. Tuliskan nilai-nilai ukhrawi atau agama yang menjelaskan soal no 3?

2. Hambatan kawat penghantar

Kamu mungkin bertanya mengapa kawat penghantar banyak menggunakan bahan tembaga. Hal ini disebabkan besar hambatan kawat penghantar berpengaruh terhadap kuat arus yang mengalir. Faktor-faktor apa yang mempengaruhi besar hambatan kawat penghantar? Untuk memahaminya, lakukan kegiatan berikut.

 **Jelajah Konsep 2.1**

Menentukan Perbedaan Hambatan dari Variasi Luas Penampang

Sediakan:

Kawat tembaga dengan berbagai ukuran diameter, meteran, gunting, dan AVO-meter.

Langkah Kerja:

1. a. Ukur dan potonglah 3 buah kawat tembaga dengan panjang bervariasi, tetapi ukuran dan diameternya sama.
 b. Ukurlah hambatan tiap-tiap kawat tembaga.
 c. catatlah masing-masing hasil pada kolom data pengamatan.
2. a. Ukur dan potonglah 3 buah kawat tembaga dengan diameter bervariasi, tetapi ukuran panjangnya sama.

- b. Ukurlah hambatan tiap-tiap kawat tembaga.
 - c. Catatlah masing-masing hasil pada kolom data pengamatan.
3. Buatlah grafik $R \times A$ terhadap ℓ pada kertas milimeter untuk semua data yang diperoleh dan hubungan antara ketiganya yaitu R , ℓ , dan A .

Dari percobaan tersebut, diperoleh bahwa semakin panjang kawat penghantar, semakin besar hambatan. Hambatan makin kecil, apabila luas penampang kawat besar. Besar hambatan kawat penghantar bergantung pada jenis kawat. Kawat yang jenisnya berbeda, hambatannya juga berbeda. Hubungan antara hambatan kawat penghantar, panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat adalah sebagai berikut.

Hambatan sebuah kawat penghantar :

- a. Sebanding dengan panjang kawat penghantar, artinya makin panjang kawat penghantar, makin besar hambatannya.
- b. Bergantung pada jenis bahan kawat (sebanding dengan hambatan jenis kawat).
- c. Berbanding terbalik dengan luas penampang kawat, artinya makin kecil luas penampang, makin besar hambatannya. Jika panjang kawat dilambangkan ℓ , hambatan jenis ρ , dan luas penampang kawat A . Secara matematis, besar hambatan kawat dapat ditulis:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad [2.8]$$

dengan :

- R = hambatan kawat (Ω)
- ρ = hambatan jenis (Ωm)
- ℓ = panjang kawat (m)
- A = luas penampang kawat (m^2)

Nilai hambatan suatu penghantar tidak bergantung pada beda potensial. Beda potensial hanya dapat mengubah kuat arus yang melalui penghantar itu. Jika penghantar yang dilalui sangat panjang, kuat arusnya akan berkurang. Hal itu terjadi karena diperlukan energi yang sangat besar untuk mengalirkan arus listrik pada penghantar panjang. Keadaan seperti itu dikatakan tegangan listrik turun. Makin panjang kawat penghantar, makin besar pula penurunan tegangan listrik.

Simbol ρ sebagai konstanta pembanding yang disebut *hambatan jenis*, nilainya bergantung pada jenis bahan yang digunakan. Nilai ρ dinyatakan dalam satuan ohm meter (Ω m). Hambatan jenis untuk beberapa bahan ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Hambatan Jenis (pada 20°C)

Bahan	Hambatan Jenis (ρ) (Ω m)
Konduktor	
Perak	$1,59 \times 10^{-8}$
Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$
Alumunium	$2,65 \times 10^{-8}$
Tungsten	$5,6 \times 10^{-8}$

Bahan	Hambatan Jenis (ρ) (Ω m)
Besi	$9,7 \times 10^{-8}$
Platina	$1,06 \times 10^{-7}$
Raksa	$9,8 \times 10^{-7}$
Nikrom (campuran dari Ni, Fe, Cr)	$1,0 \times 10^{-6}$
Semikonduktor	
Karbon (grafit)	$(3-60) \times 10^{-5}$
Germanium	$(1-500) \times 10^{-3}$
Silikon	0,1-60
Isolator	
Kaca	10^9-10^{12}
Karet padatan	$10^{13}-10^{15}$

Tidak semua jenis bahan dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Ada bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik dan ada pula yang sangat buruk menghantarkan arus listrik. Berdasarkan kemampuan menghantarkan arus listriknya, benda dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- 1) *Konduktor* adalah bahan-bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik.
- 2) *Semikonduktor* adalah bahan yang daya hantarnya berada diantara konduktor dan isolator.
- 3) *Isolator* adalah bahan-bahan yang daya hantarnya buruk.

Contoh 2.3

1. Heri membantu membenarkan listrik di rumah saya yang tiba-tiba padam, setelah dicek ternyata ada kabel atau kawat yang putus. Jika arus listrik dirumah saya 8 A mengalir melalui seutas kawat penghantar ketika beda potensial 24 V diberikan pada ujung-ujungnya. Tentukan hambatan listrik kawat tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $I = 8$ A
 $V = 24$ V

Ditanya : R ?

Jawab : $R = \frac{V}{I}$
 $R = \frac{24}{8} = 3 \Omega$

Jadi, hambatan listrik kawat tersebut adalah 3 Ω .

2. Seutas kawat besi panjangnya 20 m dan luas penampangnya 10^{-6} m² mempunyai hambatan jenis 10^{-7} Ω m. Berapa besar hambatan listrik kawat tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $\ell = 20$ m
 $A = 10^{-6}$ m²
 $\rho = 10^{-7}$ Ω m

Ditanya : R ?

Jawab : $R = \rho \frac{\ell}{A}$
 $R = 10^{-7} \frac{20}{10^{-6}} = 2 \Omega$

Jadi, besar hambatan listrik kawat adalah 2 Ω .





Uji Kompetensi 2.2

1. Anton membantu ayahnya membenarkan kawat atau kabel yang putus, ketika membenarkan kawat atau kabel tangan Anton dalam keadaan basah oleh keringat (hambatan = 1000 ohm) menyentuh kawat hidup bertegangan 220 V. Berapa kuat arus yang mengalir dan efek apa yang dirasakan Anton?
2. Bagaimana cara sekering mengamankan rangkaian dari arus hubungan singkat yang sangat besar?
3. Sebuah hambatan listrik besarnya 10 Ω . Jika luas penampang kawat 5,6 mm² dan hambatan jenisnya 2,8 x 10⁻⁸ Ω m, berapakah panjang kawat penghantar itu?
4. Sebuah kawat penghantar dengan panjang 10 m memiliki hambatan sebesar 100 Ω . Jika kawat dipotong menjadi 2 bagian yang sama panjang, tentukan hambatan yang dimiliki oleh masing-masing potongan kawat!

C. Hukum I Kirchhoff

Arus listrik yang melalui suatu penghantar dapat kita pandang sebagai aliran air sungai. Jika sungai tidak bercabang, jumlah air di setiap tempat pada sungai tersebut sama. Air mengalir yaitu dari dataran lebih tinggi ke dataran lebih rendah atau arus listrik itu merupakan aliran arus dari potensial tinggi melalui kabel (rangkaiannya luar) menuju potensial rendah.

Dalam alirannya, arus listrik juga mengalami cabang-cabang. Ketika arus listrik melalui percabangan, arus listrik terbagi pada setiap percabangan dan besarnya tergantung ada tidaknya hambatan pada cabang tersebut. Bila hambatan pada cabang tersebut besar maka arus listrik yang melalui cabang tersebut mengecil dan sebaliknya bila pada cabang hambatannya kecil maka arus listrik yang melalui cabang tersebut besar.

Menghadapi rangkaian percabangan ini, kamu dapat menggunakan hukum-hukum yang ditemukan oleh **G.R. Kirchhoff** (1824-1887). Terdapat dua hukum Kirchhoff dan hukum ini merupakan aplikasi sederhana dari hukum-hukum kekekalan muatan dan energi. Hukum I Kirchhoff disebut juga *hukum persambungan* atau *percabangan (junction rule)*. *Hukum I Kirchhoff* menyatakan bahwa:

“pada setiap titik percabangan, jumlah seluruh arus yang masuk percabangan sama dengan jumlah seluruh arus yang meninggalkan percabangan.”

Hukum I Kirchhoff dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\Sigma I_{masuk} = \Sigma I_{keluar} \quad [2.9]$$

dengan:

ΣI_{masuk} = jumlah kuat arus yang menuju titik percabangan (A)

ΣI_{keluar} = jumlah kuat arus yang meninggalkan titik percabangan (A)

Hukum I Kirchhoff yang membahas kuat arus yang mengalir pada rangkaian listrik dapat diterapkan pada rangkaian listrik tak bercabang (seri) maupun rangkaian listrik bercabang (paralel). Muatan-muatan yang masuk percabangan harus sama dengan yang meninggalkan percabangan (tidak ada muatan yang hilang).



Sumber: commons.wikipedia.org

Gambar 2.11

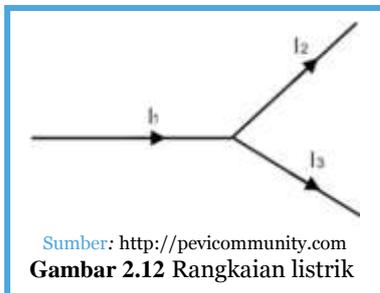
Gustav Robert Kirchhoff

Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) merupakan ahli fisika dari Jerman, penemu hukum Kirchhoff tentang sirkuit, radiasi, dan sinar cahaya yang melewati gas atau uap. Kirchhoff juga berjasa di bidang listrik.

Hukum Kirchhoff hanya berlaku lagi rangkaian listrik bercabang banyak. Hukum Kirchhoff merupakan pengembangan teori George Simon Ohm, ahli fisika Jerman.

Contoh 2.4

1. Suatu rangkaian listrik terlihat pada gambar, yaitu arus mengalir $I_1 = 0,4 \text{ A}$ dan $I_2 = 0,15 \text{ A}$. Berapa arus pada I_3 ?



Sumber: <http://pevicommunity.com>
Gambar 2.12 Rangkaian listrik

Penyelesaian:

Diket : $I_1 = 0,4 \text{ A}$

$I_2 = 0,15 \text{ A}$

Ditanya : I_3 ?

Jawab : $\Sigma I_{masuk} = \Sigma I_{keluar}$
 $I_1 = I_2 + I_3$
 $0,4 = 0,15 + I_3$
 $0,4 - 0,15 = I_3$
 $0,25 \text{ A} = I_3$

D. Rangkaian Listrik

Pada suatu rangkaian listrik, ada beberapa jenis rangkaian listrik yaitu rangkaian seri, rangkaian paralel, maupun rangkaian kombinasi (gabungan keduanya). Begitu juga untuk hambatan listrik dapat dipasang secara seri, paralel, dan kombinasi.

Kajian Islam

Sehubungan dengan rangkaian listrik kita bisa menggambarannya dengan akhlaqul karimah. Akhlaqul karimah dibangun di atas kerangka hubungan dengan Allah (hablum minallah) dan kerangka hubungan dengan sesama manusia (hablum minan-nas).

Hablum minallah merupakan hubungan dengan Allah melalui perjanjian yang sudah diatur dalam syari'at-Nya berkenaan dengan kewajiban menunaikan hak-hak Allah SWT. Hak-hak itu ialah mentauhidkan Allah dan tidak menyekutukannya dengan yang lain. Sedangkan hablum minan-nas merupakan hubungan dengan sesama manusia melalui kewajiban menunaikan hak-hak sesama manusia baik muslim maupun non muslim.

Pada rangkaian listrik, yaitu ada rangkaian seri, rangkaian paralel, dan rangkaian kombinasi. Begitu halnya dengan akhlaqul karimah yang dibangun atas hubungan dengan Allah, hubungan dengan sesama manusia, dan hubungan antara Allah dan manusia. Kita

bisa menggambarkan rangkaian seri dengan hablum minan-nas seperti gotong royong, tolong-menolong sesama teman atau tetangga. Sedangkan rangkaian paralel bisa dicontohkan dengan hablum minallah seperti menunaikan sholat atau bersedekah dan berbuat syirik. Sholat atau sedekah merupakan perbuatan baik sedangkan syirik merupakan perbuatan tercela, yang keduanya sangat tidak seimbang atau sudah tidak sejalan. Rangkaian kombinasi bisa contohkan dengan mengkombinasikan atau menggabungkan hablum minan-nas dengan hablum minallah selain menjaga hubungan dengan sesama manusia juga tetap tidak lupa dengan kewajibannya yaitu hubungan

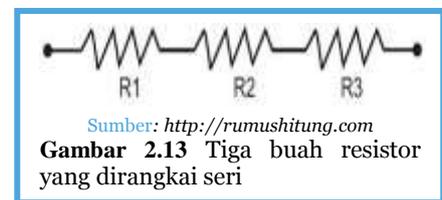
Untuk membuat rangkaian seri maupun paralel minimal diperlukan dua hambatan sedangkan untuk membuat rangkaian kombinasi seri-paralel minimal diperlukan tiga hambatan. Pola pemasangan hambatan listrik ini ternyata juga mempengaruhi besar arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik. Jenis-jenis rangkaian listrik tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Tahukah kamu, apa rangkaian lampu di ruang kelasmu? Untuk lebih jelasnya perhatikan penjelasan berikut!

1. Rangkaian Seri

Rangkaian seri adalah rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel atau disusun secara sejajar. Ketiadaan percabangan kabel pada rangkaian listrik seri mengakibatkan aliran listrik akan terputus jika salah satu ujung kabel terputus, sehingga arus tidak ada yang mengalir di dalam rangkaian dan seluruh lampu akan mati.

Untuk mencari nilai hambatan pengganti pada beberapa resistor yang dirangkai seri dapat digunakan persamaan berikut.

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad [2.10]$$



Pada rangkaian seri kuat arusnya bernilai sama tetapi tegangannya berbeda-beda, sehingga dapat disimpulkan menjadi persamaan berikut.

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad [2.11]$$

$$V_1 \neq V_2 \neq \dots \neq V_n \quad [2.12]$$

$$V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad [2.13]$$

$$V_s = I_s \cdot R \quad [2.14]$$

$$= (I_s \cdot R_1) + (I_s \cdot R_2) + \dots + (I_s \cdot R_n)$$

dengan:

n = jumlah resistor

Fungsi rangkaian seri, yaitu:

- Rangkaian seri berfungsi untuk memperbesar hambatan total.
- Rangkaian seri berfungsi sebagai pembagi tegangan.
- Pada rangkaian seri memiliki arus yang sama pada masing-masing hambatan.

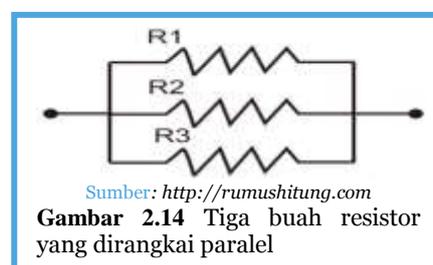
Jika beberapa buah hambatan dirangkai secara seri, nilai hambatannya bertambah besar akibatnya kuat arus total yang mengalir pada rangkaian makin kecil, sedangkan beda potensialnya terbagi pada masing-masing hambatan. Hal inilah yang menyebabkan nyala lampu menjadi kurang terang (agak redup) jika dirangkai secara seri. Makin banyak lampu yang dirangkai secara seri, nyalanya makin redup. Jika satu lampu mati (putus), lampu yang lain padam. Jadi dapat diartikan bahwa rangkaian seri berfungsi sebagai *pembagi tegangan*.

2. Rangkaian Paralel

Rangkaian paralel adalah rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel atau dimana semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Jika salah satu ujung terputus, maka arus listrik akan tetap mengalir pada kabel lainnya yang masih terhubung dan beberapa lampu lainnya akan tetap menyala. Perhatikan lampu di ruang kelasmu, biasanya terdapat lebih dari dua lampu. Pemasangan lampu ini dirangkai secara paralel dan masing-masing lampu mempunyai nyala terang yang sama.

Jika beberapa buah resistor disusun secara paralel dan ujung-ujung jalur resistor dihubungkan secara bersama-sama, hambatan total dihitung dengan persamaan berikut.

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad [2.15]$$



Pada rangkaian paralel kuat arus yang masuk sama dengan kuat arus yang keluar sehingga sehubungannya adalah sebagai berikut.

$$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad [2.16]$$

Adapun beda potensial di antara ujung-ujung voltmeter sama dengan beda potensial di antara ujung-ujung komponen rangkaian.

$$V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad [2.17]$$

dengan:

n = jumlah resistor

Fungsi rangkaian paralel, yaitu:

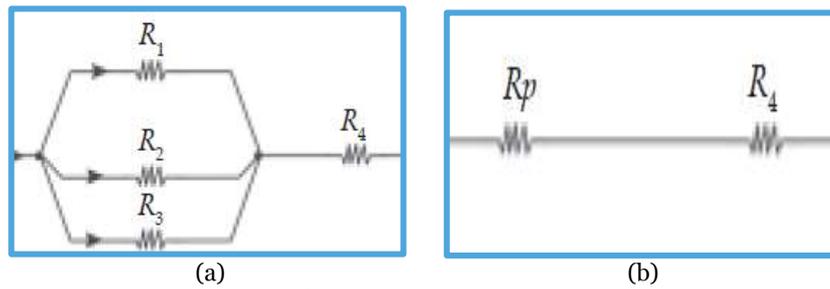
- Rangkaian paralel berfungsi untuk memperkecil hambatan total.
- Rangkaian paralel berfungsi sebagai pembagi arus.
- Pada rangkaian paralel memiliki tegangan yang sama pada masing-masing hambatan.

Jika beberapa buah hambatan dirangkai secara paralel, nilai hambatan total (R_p) lebih kecil dari pada nilai masing-masing hambatan penyusunnya (R_1 dan R_2). Oleh karena itu, beberapa lampu yang disusun secara paralel sama terangnya dengan lampu pada intensitas normal (tidak mengalami penurunan). Jika salah satu lampu mati (putus), lampu yang lain tetap menyala. Jadi dapat diartikan bahwa rangkaian paralel berfungsi sebagai *pembagi arus*.

3. Rangkaian Kombinasi

Dalam rangkaian kombinasi, kamu dapat menjumpai rangkaian yang terdiri dari gabungan rangkaian seri dan paralel. Penyelesaian soal hambatan yang dirangkai campuran pada prinsipnya menentukan hambatan totalnya secara seri dan paralel sesuai bentuk rangkaiannya.

Misal rangkaian Gambar 2.15, untuk menghitung hambatan penggantinya kamu cari dulu hambatan pengganti R_1 , R_2 , dan R_3 yang terangkai secara paralel. Rangkaian selanjutnya dapat disederhanakan menjadi rangkaian seri.



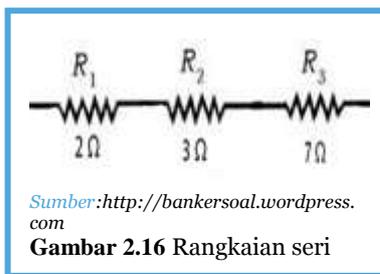
(a) [Sumber: http://guruipa.com](http://guruipa.com)
Gambar 2.15 Rangkaian listrik kombinasi

keterangan Gambar 2.15:

(a) R_1 , R_2 , dan R_3 terangkai paralel, dengan hambatan pengganti R_p dan (b) Hambatan pengganti totalnya adalah rangkaian seri R_p dengan R_4 .

Contoh 2.5

1. Perhatikan gambar!



Berdasarkan rangkaian hambatan tersebut, tentukan hambatan totalnya?

Penyelesaian:

Diket : $R_1 = 2 \Omega$

$R_2 = 3 \Omega$

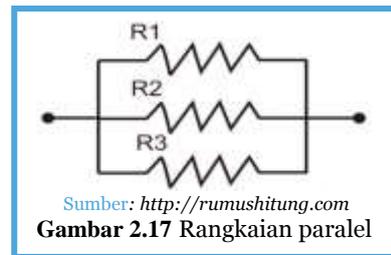
$R_3 = 7 \Omega$

Ditanya : $R_s?$

Jawab : $R_s = R_1 + R_2 + R_3$

$R_s = 2 + 3 + 7 = 12 \Omega$

2. Andi membantu memasang lampu di kelas, dengan rangkaian lampu seperti pada gambar di samping yang terdapat 3 buah resistor, yaitu 2Ω , 4Ω , dan 6Ω . Berapa hambatan pengganti ketiga resistor tersebut?



Penyelesaian:

Diket : $R_1 = 2 \Omega$

$R_2 = 4 \Omega$

$R_3 = 6 \Omega$

Ditanya : $R_p?$

Jawab : $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$

$= \frac{6+3+2}{12}$

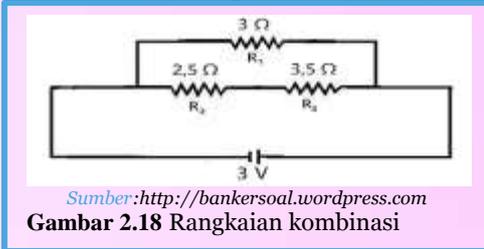
$= \frac{11}{12} \Omega$

$R_p = \frac{12}{11} \Omega = 1,09 \Omega$



Uji Kompetensi 2.3

- Heri mengganti resistor mouse ayahnya yang sudah tidak berfungsi. Jika dalam mouse terdapat empat buah resistor yang masing-masing nilainya $4\ \Omega$, $6\ \Omega$, $12\ \Omega$, dan $24\ \Omega$. Berapa nilai resistor pengganti dari keempat resistor tersebut jika:
 - dirangkai seri?
 - dirangkai paralel?
- Tentukanlah arus pada rangkaian dibawah ini!



- Apa fungsi dari rheostat?
- Tuliskan nilai agama yang mengibaratkan atau disambungkan dengan rangkaian paralel dan rangkaian kombinasi?

E. Sumber Arus Listrik

Listrik adalah energi, sehingga sesuai dengan hukum kekekalan energi untuk menghasilkan energi listrik perlu adanya alat yang dapat mengubah energi lain menjadi energi listrik. Energi listrik banyak diperlukan manusia. Energi listrik yang dialirkan oleh PLN ternyata tidak mencukupi berbagai keperluan yang begitu kompleks. Oleh sebab itu, diperlukan sumber energi lain sebagai alternatif di antaranya baterai dan akumulator (aki).

Secara umum, sumber arus listrik terdiri dari dua jenis, yaitu sumber arus searah (DC) dan sumber arus bolak-balik (AC). Agar lebih memahami, perhatikan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis Sumber Arus Listrik

Jenis Sumber Arus Listrik	Sumber Arus	Proses Perubahan Energi
DC (<i>direct current</i>)	Elemen volta	Kimia → listrik
	Elemen kering (baterai)	Kimia → listrik
	Akumulator (aki)	Kimia → listrik
	Solar sel	Kalor → listrik
	Dinamo DC	Gerak → listrik
AC (<i>alternating current</i>)	Dinamo AC	Gerak → listrik
	Generator	Gerak → listrik

Elemen volta, baterai, dan akumulator adalah sumber arus DC yang dihasilkan dari reaksi kimia, sehingga disebut juga sebagai *elektrokimia*. Berdasarkan dapat atau tidaknya diisi ulang, sumber arus listrik dibedakan menjadi dua, yaitu elemen primer dan elemen sekunder.

- Elemen primer* adalah sumber arus listrik yang tidak dapat diisi ulang ketika energinya habis. Contohnya: baterai kering dan elemen volta.

2. *Elemen sekunder* adalah sumber arus listrik yang dapat diisi ulang ketika energinya habis. Contohnya: akumulator (aki) dan baterai Li-ion yang digunakan pada telepon genggam atau kamera.

Sebagai sumber arus listrik, baterai dan aki memiliki gaya gerak listrik (GGL). *Gaya gerak listrik* adalah beda potensial antara kedua ujung atau kutub sumber arus listrik. Beda potensial inilah yang menyebabkan elektron mengalir. Elektron mengalir dari kutub negatif ke kutub positif sumber arus listrik.



Sumber: <http://teknikelektronika.com>
Gambar 2.19 (a) Aki dan (b) baterai

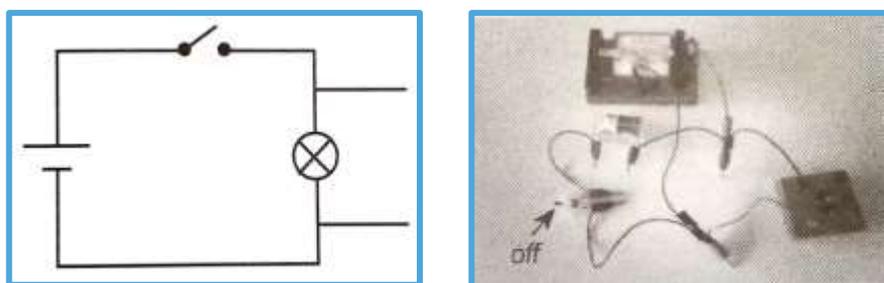
Jelajah Konsep 2.2

Diskusikan bersama kelompok.

Ambillah beberapa ukuran aki ataupun baterai. Amatilah tulisan yang terdapat di selubung aki ataupun baterai. Jika pada suatu aki atau baterai tertulis 1,5 V; 9 V; dan 12 V. apakah yang dimaksud tulisan tersebut?

Tulisan tersebut menerangkan bahwa sumber arus listrik menghasilkan tegangan maksimal sebesar yang tertulis. Dengan kata lain, aki atau baterai baru yang belum dipakai umumnya memiliki Gaya Gerak Listrik (GGL) = 1,5 volt; 9 volt; dan 12 volt. Jika baterai dihubungkan dengan suatu rangkaian sehingga ada arus yang mengalir, maka tegangan di antara kutub-kutub baterai disebut *tegangan jepit*.

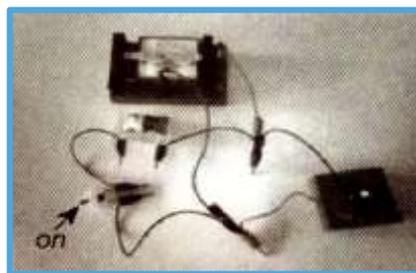
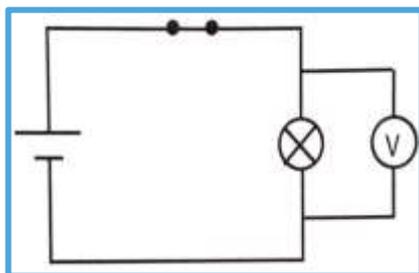
Buatlah suatu rangkaian yang terdiri atas voltmeter yang disusun secara paralel dengan baterai dan lampu pijar. Jika sakelar dalam keadaan terbuka (*off*) atau tidak terhubung berarti tidak ada arus yang mengalir. Dalam keadaan demikian, perhatikan angka yang ditunjukkan jarum pada voltmeter.



Sumber: <http://rumushitung.com>
Gambar 2.20 Rangkaian terbuka (kondisi *off*)

Nilai yang ditunjukkan oleh jarum voltmeter ketika elemen atau sumber arus tidak mengalirkan arus listrik inilah yang disebut dengan *gaya gerak listrik* (GGL) dan dinyatakan dengan ϵ .

Saat suatu rangkaian sakelar dalam keadaan *on* atau tertutup, berarti terjadi aliran arus listrik. Lihatlah angka yang ditunjukkan oleh jarum voltmeter saat elemen memberikan arus listrik disebut dengan *tegangan jepit* dan dinyatakan dengan V .



Sumber: <http://rumushitung.com>

Gambar 2.21 Rangkaian tertutup (kondisi *on*)

Sumber arus listrik seperti baterai dan aki memiliki *hambatan dalam* sehingga mengalami kehilangan tegangan V_r . Jadi, dapat disimpulkan Bahwa GGL elemen selalu memiliki nilai lebih besar dibanding nilai tegangan jepitnya ($\epsilon > V$). Hubungan antara GGL dengan tegangan jepit dan tegangan yang hilang adalah sebagai berikut.

$$\epsilon = V + V_r \quad [2.18]$$

dengan:

ϵ = GGL (V)

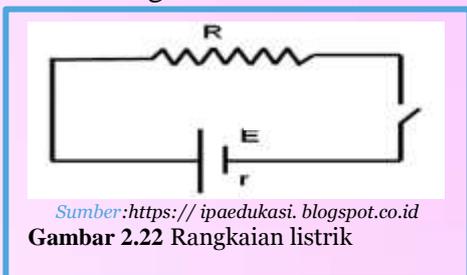
V = tegangan jepit (V)

V_r = tegangan pada hambatan dalam (V)



Uji Kompetensi 2.4

1. Sebutkan kegunaan baterai dalam kehidupan sehari-hari?
2. Azizah mengisi atau ngeces HP ibunya menggunakan *charger*, menurutmu apa keuntungan menggunakan baterai yang dapat diisi kembali?
3. Perhatikan gambar berikut!



Sumber: <https://ipaedukasi.blogspot.co.id>

Gambar 2.22 Rangkaian listrik

Jika arus listrik 2 A mengalir pada rangkaian yang dihubungkan dengan hambatan R yang besarnya $5,5 \Omega$ dan diketahui hambatan dalam sumber tegangan r (V_r) besarnya $0,5 \Omega$, maka berapakah besar GGL pada rangkaian tersebut?

F. Energi dan Daya Listrik

1. Energi Listrik

Di rumah, mungkin kamu atau adikmu memiliki mainan berupa mobil-mobilan atau kereta api yang digerakkan oleh baterai. Baterai yang menggerakkan mainan menunjukkan adanya proses perubahan energi saat mobil-mobilan dinyalakan. Di dalam baterai, terdapat zat-zat kimia. Artinya, di dalam baterai terdapat energi kimia. Energi kimia ini berubah menjadi energi listrik, dan energi listriklah yang mampu menggerakkan mobil-mobilan.

Energi listrik sebagai salah satu ciptaan Allah SWT merupakan besar usaha untuk memindahkan muatan listrik setiap saat pada rangkaian listrik. Besar energi listrik diperoleh dari hasil kali beda potensial dengan jumlah muatan listrik yang mengalir.



Fokus IPA

Energi yang digunakan untuk menyalakan mesin cuci, lampu, kompor, setrika, dan sebagainya. Ini berarti listrik dapat diubah menjadi energi gerak, kalor, cahaya, dan sebagainya. Pada saat energi listrik diubah menjadi energi bentuk lain oleh alat listrik, berarti sumber tegangan telah melakukan usaha.

Masih ingatkah kamu tentang listrik statis? Persamaan tersebut dapat diturunkan secara matematis dengan teori pada listrik statis. Untuk memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat lain diperlukan energi. Besarnya energi ini dapat ditulis dengan persamaan berikut.

$$W = QV \quad [2.19]$$

$$W = (It)V \quad [2.20]$$

$$W = VIt \quad [2.21]$$

$$W = (IR)It \quad [2.22]$$

$$W = I^2Rt \quad [2.23]$$

dengan:

W = energi (J)

Q = besar muatan yang dipindahkan (C)

V = beda potensial (V)

I = kuat arus (A)

t = waktu (s)

R = hambatan (Ω)

Satuan lain yang sering digunakan untuk energi kalor, yaitu kalori (kal) atau kilokalori (kkal). Hubungan antara satuan kalori dan satuan joule adalah sebagai berikut.

$$1 \text{ kal} = 4,2 \text{ joule} \quad [2.24]$$

Oleh karena itu, dalam peristiwa perubahan energi listrik menjadi energi kalor, berlaku persamaan energi yang bersatuan kalori sebagai berikut.

$$W = 0,24 VIt \quad [2.25]$$

2. Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam 1 sekon. Daya listrik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$P = \frac{W}{t} \quad [2.26]$$

$$P = \frac{VIt}{t} \quad [2.27]$$

$$P = VI \quad [2.28]$$

$$P = (IR)I \quad [2.29]$$

$$P = I^2 R \quad [2.30]$$

$$P = \left(\frac{V}{t}\right)^2 R \quad [2.31]$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad [2.32]$$

dengan:

P = daya (J/s atau W)

W = usaha (J)

t = waktu (s)

R = hambatan (Ω)

V = beda potensial (V)

I = kuat arus yang mengalir (A)

Kelipatan satuan watt, antara miliwatt (mW), kilowatt (kW), atau megawatt (MW).

1 miliwatt = 1 mW = 0,001 W = 10^{-3} W

1 kilowatt = 1 kW = 1.000 W = 10^3 W

1 megawatt = 1MW = 1.000.000 W = 10^6 W

Pada alat-alat listrik biasanya terdapat tulisan seperti 50 W, 220 V. Artinya, alat tersebut dapat bekerja dengan baik jika dipasang pada tegangan 220 V dan daya 50 watt. Daya 50 watt berarti dalam tiap sekon alat tersebut menghabiskan energi listrik sebesar 50 joule.



Fokus IPA

Usaha yang dilakukan sebuah sumber tegangan menentukan besar energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan tersebut. Energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan ditentukan oleh daya alat yang digunakan sebagai pengubah energi listrik menjadi bentuk energi lain. Semakin besar daya suatu alat dan semakin lama alat dipakai, semakin besar energi yang diperlukan oleh alat tersebut.

Alat untuk mengukur besar energi yang dipakai dirumah sering disebut dengan *meteran*. Satuan yang digunakan alat tersebut adalah *kilowatt-hour* (disingkat kWh). Angka yang ditunjukkan oleh meteran inilah yang dipakai sebagai dasar hitungan dan pembayaran rekening listrik di rumah.

Kajian Islam

Hitungan atau pembayaran rekening listrik di rumah menggunakan perputaran atau angka yang tertera dalam meteran. Sebagaimana firman Allah dalam surat Yunus ayat 5 yang berbunyi:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ



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) ...”. (QS. Yunus: 5)

Menurut Prof. Quraish Shihab dalam Bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 5), kata ayat diatas, dipahami sebagai tempat bulan dalam perjalanannya mengitari matahari, setiap malam ada tempatnya dari saat ke saat sehingga terlihat di bumi ia selalu berbeda sesuai dengan posisinya dengan matahari. Dari sini pula dimungkinkan untuk menemukan bulan-bulan Qamariyah. Untuk mengelilingi bumi, bulan menempuhnya selama 29 hari 12 jam 44 menit dan 28 detik. Penetapan ini didasarkan pada pengamatan yang dilakukan, diketahui bahwa bulan bergerak dalam orbitnya secara pasti dan dalam kurun waktu yang tetap.

Tafsiran ayat ini merupakan salah satu perumpamaan hitungan energi pemakaian listrik dalam kehidupan sehari-hari. Perhitungan ini juga sesuai dengan perputaran meteran yang ada di rumah masing-masing. Hal ini diperkuat oleh **James Watt** yang telah menemukan daya listrik yang dipakai untuk perhitungan rekening listrik kita yang kita bayar tiap bulan.

Satuan usaha atau energi adalah *wat-sekon* atau *Ws*. Satuan ini terlalu kecil dalam pengukuran pemakaian listrik sehari-hari. Untuk itu, perlu ditentukan satuan yang lebih besar, yaitu *watt-jam* atau *watt-hour* atau *Wh*.

$$1 \text{ Wh} = 3.600 \text{ Ws} \quad [2.33]$$

$$1 \text{ kWh} = 1.000 \times 3.600 \text{ Ws} \quad [2.34]$$

$$= 3,6 \times 10^6 \text{ Ws} \quad [2.35]$$

$$= 3,6 \times 10^6$$

Cobalah kamu periksa kartu rekening pembayaran listrik di rumah. Di kartu rekening tersebut terdapat kolom yang menunjukkan posisi meteran bulan yang lalu dan posisi meteran bulan ini. Misalnya posisi meteran pada bulan lalu 55.341 kWh dan posisi meteran pada bulan ini 55.439 kWh. Berarti, selama sebulan keluargamu telah memakai energi listrik sebesar $(55.439 - 55.341) \text{ kWh} = 98 \text{ kWh}$.



Sumber: <http://instalasilistrik14.blogspot.co.id>

Gambar 2.23 kWh-meter

Contoh 2.6

1. Sebuah lampu dengan hambatan 6Ω dipasang pada tegangan 18 V dengan besar kuat arus yang mengalir 3 A . Berapa besar energi yang dibebaskan oleh lampu selama 10 menit?

Penyelesaian:

Diket : $R = 6 \Omega$

$V = 18 \text{ V}$

$I = 3 \text{ A}$

$t = 10 \text{ menit} = 600 \text{ s}$

Ditanya : W ?

$$\begin{aligned}\text{Jawab : } W &= 0,24 \text{ } VIt \\ &= 0,24(18)(3)(600) \\ &= 7.776 \text{ kal}\end{aligned}$$

2. Ayu membantu membuat adonan kue pesanan ibunya. Energi yang dipakai *mixer* selama 30 menit sebesar 55 kJ, maka berapa daya listrik yang digunakan *mixer*?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Diket : } W &= 55 \text{ kJ} = 55.000 \text{ J} \\ t &= 30 \text{ menit} = 1.800 \text{ s}\end{aligned}$$

Ditanya : W ?

$$\begin{aligned}\text{Jawab : } P &= \frac{W}{t} \\ &= \frac{55.000}{1.800} \\ &= 30,56 \text{ W}\end{aligned}$$



Uji Kompetensi 2.5

1. Rahma menyetrika pakaian keluarganya setiap hari. Jika setrika dialiri arus sebesar 15 A selama 25 menit dengan hambatan setrika tersebut 150 ohm, berapakah besar energi yang dibebaskan oleh setrika tersebut?
2. Apa hubungan daya dengan usaha?
3. Sebuah rumah menggunakan 5 buah lampu TL 20 watt, 3 buah lampu pijar 25 watt, sebuah televisi 80 watt, dan sebuah pompa air 300 watt. Semua alat tersebut menyala 5 jam sehari. Berapa kWh energi yang dipakai selama 1 bulan?
4. Tuliskan ayat yang menjelaskan tentang perhitungan membayar rekening listrik?

G. Sumber Energi Listrik

Tahukah kamu, dari mana asal energi yang biasa kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari? Apa hanya dari minyak bumi dan batu bara saja? Mengingat keterbatasannya, kini listrik tidak hanya dihasilkan dari minyak bumi atau batu bara, tetapi juga dari energi *matahari*, *panas bumi*, *angin*, *air*, dan *bionergi*. Sumber-sumber energi tersebut merupakan energi alternatif karena ketersediaannya di alam yang dianggap sangat melimpah. Agar mengetahui berbagai sumber energi alternatif tersebut, bacalah uraian berikut dengan seksama.

1. Energi Matahari (Panel Surya)

Energi matahari (energi surya) adalah sumber energi terbesar dan paling besar tersediaannya. Panas matahari yang dimanfaatkan secara langsung oleh manusia baru beberapa persen. Oleh karena itu, cukup realistis jika pada suatu saat diharapkan energi matahari akan menjadi sumber energi utama di dunia. Melalui penggunaan panel surya, energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik. Tetapi saat cuaca mendung, energi listrik yang diperoleh tidak dapat dihasilkan secara maksimal. Sehingga, energi yang diperoleh saat matahari bersinar terang



Sumber: <http://industry.co.id>

Gambar 2.24 Panel surya

akan disimpan dalam baterai agar dapat digunakan saat cuaca mendung atau bahkan malam hari.

Jadi, jika energi matahari digunakan secara optimal oleh manusia, maka penggunaan sumber daya alam seperti batu bara, minyak bumi bisa lebih hemat. Hal ini juga diajarkan dalam islam, untuk lebih bisa menghemat penggunaan sumber daya alam dan memanfaatkan energi matahari. Sebagaimana firman Allah dalam surat Yunus ayat 5 yang berbunyi:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً ... ﴿٥﴾

Artinya: “Dialah yang menjadikan matahari bersinar ...”. (QS. Yunus: 5)

Menurut Prof. Quraish Shihab dalam Bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 5) kata “Dialah yang menjadikan matahari bersinar...”. Dari analisa ayat, Matahari adalah benda langit yang menyala dan memancarkan sinar dari dirinya sendiri serta sebagai sumber kekuatan bagi bumi, seperti sinar dan panasnya. Ayat di atas menerangkan bahwasanya Allah telah menjadikan matahari sebagai sumber kekuatan bagi bumi yaitu dari sinar dan panasnya, dari panas matahari sendiri bisa dimanfaatkan manusia sebagai sumber tenaga listrik alternatif. Tokoh fisika yang menemukan ini yaitu *William Grylls Adams* dan *Richard Evans Day* yang menyatakan bahwa material padat selenium dapat menghasilkan listrik ketika terkena paparan sinar.

Penggunaan energi surya di Indonesia diterapkan dalam dua macam teknologi, yaitu teknologi energi surya termal dan energi surya fotovoltaik. *Energi surya termal* digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil pertanian dan memanaskan air. *Energi surya fotovoltaik* digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin di Puskesmas dengan kapasitas total ± 6 MW.

2. Energi Panas Bumi (Geothermal)

Energi panas bumi (geothermal) adalah energi alternatif yang memanfaatkan panas bumi. Energi panas bumi ditemukan oleh *James Watt* yang telah menemukan mesin uap pertama yang efisien. Ternyata mesin uap ini merupakan salah satu kekuatan yang mendorong terjadinya perkembangan industri, salah satunya mesin uap yang digunakan untuk energi panas bumi. Bumi juga memiliki energi panas, pada lapisan di bawah kerak bumi, terdapat bebatuan cair yang panas (bersuhu tinggi). Untuk memanfaatkan energi panas bumi tersebut, dibuat lubang dengan cara mengebor hingga kedalaman tertentu.



3. Energi Angin (Kincir Angin)

Pernahkah kamu membuat baling-baling dari kertas? Untuk menggerakkannya, baling-baling tersebut diletakkan di luar rumah sehingga dapat terkena angin. Hal tersebut menunjukkan bahwa angin dapat memberikan energi kepada baling-baling. Begitu juga dengan baling-baling pada kincir angin. Sebagaimana dijelaskan dalam Al-Qur'an surat faathir ayat 9, sebagai berikut.

وَاللَّهُ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَمَا حَيَّيْنَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا كَذَلِكَ

النُّشُورُ

Artinya: “Dan Allah, Dialah yang mengirimkan angin; lalu angin itu menggerakkan awan, Maka Kami halau awan itu kesuatu negeri yang mati lalu Kami hidupan bumi setelah matinya dengan hujan itu. Demikianlah kebangkitan itu”. (QS. Faathir: 9)

Menurut Prof. Quraish Shihab dalam Bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 11) kata “Dan Allah, Dialah yang mengirimkan angin, lalu angin itu menggerakkan awan”. Kata tersebut menunjukkan Hanya Allahlah yang dapat mengirimkan angin untuk menggerakkan awan yang terbentuk dari sekumpulan uap-uap air. Sedangkan dalam fisika, kata tersebut menunjukkan bahwa angin dapat menggerakkan awan. Ketika angin menggerakkan awan butuh yang namanya energi. Hal tersebut menunjukkan bahwa angin dapat memberikan energi kepada awan supaya bergerak. Begitu pula yang terjadi pada baling-baling atau kincir angin. Hal ini ditemukan oleh fisikawan muslim **Abu Musa** bersaudara yang menemukan pengembangan kincir angin yang dimuat dalam kitab al-hiyal.

Energi gerak yang dihasilkan oleh gerakan angin terhadap kincir, diubah oleh generator menjadi energi listrik. Kincir angin tidak menyebabkan polusi pada lingkungan, sehingga kincir angin dipercaya ramah terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, pada tahun 1930, pemerintah Amerika mulai menggunakan kincir angin sebagai sumber energi listrik utamanya.



Sumber: <http://industri.bisnis.com>
Gambar 2.26 Sumber energi angin

Untuk menghasilkan listrik dalam jumlah besar, turbin angin yang sangat tinggi dibuat. Semakin tinggi turbin angin, semakin kuat energi anginnya. Satu turbin angin biasanya dapat menghasilkan 50-300 kW. Namun, ketika tidak ada angin yang berhembus maka tidak akan ada energi listrik yang dihasilkan, sehingga masih diperlukan sejumlah batu bara, gas, atau minyak bumi untuk memenuhi energi listrik pada saat tersebut.

Berdasarkan penelitian pada tahun 1980, ternyata penggunaan kincir angin menimbulkan permasalahan bagi lingkungan, khususnya pada penurunan populasi burung. Baling-baling kincir angin yang tinggi dan berukuran besar telah menyita habitat burung sehingga timbul persaingan antara burung dan kincir.

Tidak kalah dengan Amerika, Indonesia telah membangun beberapa unit kincir angin dengan kapasitas masing-masing 80 kW di Yogyakarta dan menargetkan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Baru (PLTB) yang mampu menghasilkan 250 MW pada tahun 2025.

4. Energi Air (Hydropower)

Air yang mengalir dari hulu ke hilir, khususnya pada daerah pegunungan dan disepanjang aliran sungai yang deras, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Coba renungkan surat berikut.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ نُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ

"...

Artinya: “Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, ...”. (QS. Az-Zumar: 21)

Menurut Prof. Quraish Shihab dalam Bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 11), ayat diatas menjelaskan bahwa Allah menurunkan air ke bumi sebagai mata air-mata air di bumi, salah satunya yaitu untuk menumbuhkan tanam-tanaman. Pada kata “maka diaturnya menjadi sumber-sumber air dibumi...” itu menunjukkan kebesaran Allah bahwa air adalah salah satu sumber energi bumi. Sedangkan dalam fisika, sumber energi bumi berupa air bisa kita jadikan sebagai salah satu sumber energi listrik. Hal ini diperkuat oleh **George Westinghouse** yang merupakan seorang ilmuwan yang berhasil membangun alat pembangkit tenaga air pertama dengan memanfaatkan air terjun Niagara.



Sumber: <http://en.wikigogo.org>
Gambar 2.27 PLTA Karangates di Kabupaten Malang

Sumber energi listrik dari air bisa menggunakan turbin. Arus air yang mengalir digunakan untuk menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator. Generator kemudian mengubah energi mekanik yang berasal dari turbin menjadi energi listrik.

Banyaknya jumlah sungai dan danau air tawar membuat Indonesia membangun banyak Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di seluruh wilayahnya. Potensi tenaga air di seluruh Indonesia diperkirakan sebesar 75.684 MW, tetapi yang dimanfaatkan masih 100 MW. Salah satu contoh PLTA yaitu PLTA Karangates yang ada di Kabupaten Malang.

5. Bionergi

Bionergi adalah energi yang diperoleh dari biomassa. Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari makhluk hidup, baik dari tumbuhan maupun hewan. Limbah dari budidaya pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, maupun perikanan juga dapat digunakan sebagai sumber bionergi. Energi yang diperoleh dari biomassa ini dapat diubah menjadi energi listrik dengan cara mengolah biomassa menjadi bahan bakar nabati, misalnya etanol dan biodisel. Bahan bakar nabati ini selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar generator atau diesel untuk menghasilkan listrik. Bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan bionergi di antaranya singkong, limbah jagung, ampas tahu, dan kotoran hewan.



(a)

Sumber: <http://tribunpangan.com>



(b)

Sumber: www.jpnn.com



(c)

Sumber: <http://sonysugiarto.wordpress.com>

Gambar 2.27 Sumber-sumber bionergi (a) aki, (b) kotoran sapi, dan (c) ampas tahu

H. Penghematan Energi Listrik

Mengapa kita perlu menghemat energi listrik? Bukankah energi listrik tidak pernah habis meskipun telah digunakan dari kita kecil hingga sekarang? Sikap menghemat energi juga harus selalu kita lakukan dalam kehidupan sehari-hari. Hemat energi telah dikeluarkan *Presiden* dalam intruksi nomor 10 Tahun 2005 dan sudah dijelaskan dalam Al-Qur'an. Renungkanlah ayat dibawah ini!

وَأْتِ ذَا الْقُرْبَىٰ حَقَّهُ وَالْمِسْكِينَ وَابْنَ السَّبِيلِ وَلَا تَبْذِرْ تَبْذِيرًا

Artinya: “Dan berikanlah kepada keluarga-keluarga yang dekat akan haknya, kepada orang miskin dan orang yang dalam perjalanan dan janganlah kamu menghambur-hamburkan (hartamu) secara boros”. (QS. Al-Isra’: 26)

Tafsir Departemen Agama RI, ayat ini menjelaskan bahwa Allah melarang kita berbuat boros melalui kata “Janganlah Kamu”. Artinya berbuat boros adalah termasuk perbuatan yang dilarang Allah. Perbuatan yang dilarang Allah berarti sesuatu yang tidak baik dan tidak membawa manfaat, terlebih lagi bila dilakukan kita akan mendapatkan dosa. Ilmuwan yang menemukan salah satu penghematan energi listrik yaitu *Isamu Akasaki, Hiroshi Amano dan Shuji Nakamura* yang diberikan Nobel Fisika 2014 atas jasanya menemukan lampu LED berwarna biru. Lampu jenis (Light Emitting Diode) LED ini merupakan generasi lampu yang lebih hemat energi walaupun sebelumnya sudah diciptakan lampu LED berwarna merah dan hijau. Lampu ini merupakan inovasi karena cahayanya bisa digunakan untuk teknologi penerangan yang lebih hemat energi, termasuk untuk lampu jalan dan bahkan layar monitor dan smartphone saat ini. Sebelum memahami lebih lanjut tentang penghematan energi listrik, Ayo kita diskusikan!

Coba kamu menghitung berapa besar energi dan biaya listrik yang harus kamu bayarkan setiap bulannya? Dengan menggunakan energi listrik dirumahmu sebagai acuan (jika ada), coba hitung besar energi dan biaya listrik seluruh penduduk Indonesia yang berjumlah sekitar 265 juta penduduk. Asumsikan 265 juta penduduk tersebut terbagi ke dalam 65 juta rumah tangga dan asumsikan juga bahwa 55% penduduk Indonesia telah menggunakan energi listrik di rumahnya masing-masing.

Setelah menghitung besar energi listrik yang digunakan oleh seluruh penduduk Indonesia, sekarang coba hitung berapa besar emisi karbon yang dihasilkan jika 60% penggunaan energi listrik berasal dari energi fosil. Perlu diketahui bahwa setiap 1000 mega watt daya listrik yang diproduksi dari batu bara akan menghasilkan 5,6 juta ton emisi karbon tiap tahun. Apa yang dapat kamu simpulkan dari diskusi tersebut?

Ternyata tidak hanya menghemat biaya listrik yang terus-menerus naik, upaya penghematan energi listrik juga dilakukan karena besarnya emisi karbon yang dihasilkan. Besarnya emisi karbon yang dihasilkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan batu bara adalah penyumbang terbesar terjadinya *global warming*. Tentang *global warming* telah kamu pelajari dikelas VIII.

Salah satu upaya untuk menghemat energi listrik adalah dengan menggunakan energi listrik seperlunya (mematikan lampu dan alat-alat listrik lainnya yang sudah tidak digunakan) dan mengganti peralatan listrik dengan daya yang lebih kecil. Coba perhatikan penggunaan lampu sorot yang dipasang pada kendaraan terbaru, bandingkan dengan kendaraan lama, adakah perbedaannya? Lampu sorot pada kendaraan terbaru dan lampu penerangan di rumah cenderung memanfaatkan lampu LED (*Light Emiting Diode*) daripada lampu bohlam seperti pada kendaraan lama. Penggunaan LED dengan daya yang lebih kecil tersebut dapat diharapkan dapat menghemat kebutuhan energi listrik.

Penggunaan sumber energi alternatif juga dapat dilakukan agar sumber energi pembangkit listrik berupa bahan bakar minyak, batu bara, dan gas bumi dapat kita hemat. Sebenarnya terdapat pemikiran dalam pemanfaatan energi nuklir untuk pembangkit listrik, tetapi sampai sekarang masih banyak pertimbangan terutama masalah keamanan. Selain penggunaan diatas, apa saja upaya yang dapat dilakukan manusia untuk menghemat energi listrik? Coba identifikasi upaya-upaya tersebut.

Ayo, Kita Renungkan

Listrik saat ini merupakan salah satu sumber energi terbesar yang dipakai oleh hampir seluruh manusia di dunia. Listrik menjadi kebutuhan utama di rumah tangga, kantor-kantor, gedung sekolah, dan berbagai macam industri. Manfaat listrik yang begitu besar, bukan berarti kita dapat menggunakannya sesuka hati. Sebagian besar energi yang digunakan untuk pembangkit listrik saat ini adalah berasal dari sumber daya alam, sehingga penggunaan listrik yang arif dan bijaksana akan sangat bermanfaat bagi pelestarian alam sekitar agar sumber energi listrik tidak cepat habis. Bagaimana caramu untuk menghemat energi listrik?



RANGKUMAN

1. Listrik dinamis adalah listrik yang dapat bergerak atau mengalir dalam rangkaian listrik.
2. Arus listrik mengalir karena adanya perbedaan potensial listrik, yaitu mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah.
3. Kuat arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam kawat penghantar tiap sekon atau detik dan dinyatakan dalam satuan ampere (A). Persamaannya sebagai berikut.

$$I = \frac{Q}{t}$$

dengan:

I = kuat arus (A)

Q = muatan listrik (C)

t = selang waktu (s)

4. Beda potensial listrik adalah banyaknya energi listrik yang diperlukan untuk mengalirkan setiap muatan listrik dan dinyatakan dalam satuan voltmeter (V). Persamaannya sebagai berikut.

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

dengan:

ΔV = beda potensial listrik (V)

W = energi listrik (J)

q = muatan listrik (C)

5. Hambatan listrik merupakan perbandingan antara beda potensial dan arus listrik dan dinyatakan dalam satuan ohm (Ω).

$$R = \frac{V}{I}$$

dengan:

R = hambatan (Ω)

V = beda potensial listrik (V)

I = kuat arus listrik (A)

6. Kita bisa mengibaratkan persamaan *hukum Ohm* dengan nilai-nilai agama yang kita hadapi dalam kehidupan. Misalnya, potensial seseorang itu (V) berbanding lurus (=) dengan arus atau usaha/amal/ikhtiar (I) yang dilakukan seseorang dikalikan dengan beban atau masalah (R) yang dihadapi.

7. Hubungan antara R (hambatan kabel logam), ℓ (panjang kabel), A (luas penampang kabel), dan ρ (hambatan jenis) sebagai berikut.

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

dengan

R = hambatan kawat (Ω)

ρ = hambatan jenis (Ω m)

ℓ = panjang kawat (m)

A = luas penampang kawat (m^2)

8. Bahan-bahan penghantar berdasarkan daya kemampuannya, dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:
 - a. Konduktor adalah bahan-bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik.
 - b. Semikonduktor adalah bahan yang daya hantarnya berada diantara konduktor dan isolator.
 - c. Isolator adalah bahan-bahan yang daya hantarnya buruk.

9. Hukum I Kirchhoff menyatakan bahwa “pada setiap titik percabangan, jumlah seluruh arus yang masuk percabangan sama dengan jumlah seluruh arus yang meninggalkan percabangan.” Hukum I Kirchhoff dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\Sigma I_{masuk} = \Sigma I_{keluar}$$

dengan:

ΣI_{masuk} = jumlah kuat arus yang menuju titik percabangan (A)

ΣI_{keluar} = jumlah kuat arus yang meninggalkan titik percabangan (A)

10. Rangkaian listrik terdiri tiga jenis, yaitu rangkaian seri, rangkaian paralel, dan rangkaian kombinasi (gabungan seri dan paralel). Sehubungan dengan ini kita bisa menggambarannya dengan akhlaqul karimah. Akhlaqul karimah dibangun di atas kerangka hubungan dengan Allah (hablum minallah) dan kerangka hubungan dengan sesama manusia (hablum minan-nas).
11. Hambatan pengganti pada rangkaian seri adalah:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

12. Hambatan pengganti pada rangkaian paralel adalah:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

dengan:

n = jumlah resistor

13. Sumber arus listrik ada dua macam, yaitu:
 - a. Sumber arus searah (DC = *Direct Current*), misalnya baterai, aki, elemen volta, dan dinamo arus searah.
 - b. Sumber arus bolak-balik (AC = *Alternating Current*), misalnya generator dan dinamo arus bolak-balik.
14. Elemen primer adalah sumber arus listrik yang tidak dapat diisi ulang ketika energinya habis. Contohnya baterai kering dan elemen volta.
15. Elemen sekunder adalah sumber arus listrik yang dapat diisi ulang ketika energinya habis. Contohnya aki, kamera, dan baterai Li-ion yang ada dalam HP.
16. Voltmeter adalah alat untuk mengukur beda potensial/tegangan listrik atau GGL. Voltmeter harus dipasang secara paralel terhadap sumber arus atau alat listrik yang akan diukur tegangannya.
17. Gaya gerak listrik (GGL) adalah beda potensial antara kedua ujung atau kutub sumber arus listrik saat sumber arus itu mengalirkan arus ke rangkaian listrik.
18. Tegangan jepit adalah beda potensial antara kedua ujung atau kutub sumber arus listrik saat sumber arus itu mengalirkan arus dalam rangkaian listrik.
19. Semua elemen memiliki hambatan dalam sehingga mengalami kehilangan. Hal ini yang menyebabkan tegangan jepit selalu lebih kecil dari GGL elemen itu.
20. Energi listrik adalah usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan untuk memindahkan muatan listrik.

21. Jika beda potensial (V), kuat arus (I), dan waktu (t), energi yang dilepaskan oleh alat dan diubah menjadi energi kalor (W) adalah sebagai berikut.

$$W = VIt \text{ atau } W = I^2Rt$$

$$1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ kal}$$

dengan:

W = energi (J)

V = beda potensial (V)

I = kuat arus (A)

t = waktu (s)

R = hambatan (Ω)

22. Hitungan atau pembayaran rekening listrik di rumah menggunakan perputaran atau angka yang tertera dalam meteran. Sebagaimana firman Allah dalam surat Yunus ayat 5 yang berbunyi:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ

وَالْحِسَابِ... ﴿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) ...”. (QS. Yunus: 5)

23. Daya listrik adalah besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan dalam satu sekon. Satuan daya listrik adalah J/s atau watt (W) dan persamaanya sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t}$$

dengan:

P = daya (J/s atau watt)

W = energi (J)

t = waktu (s)

24. Sumber energi listrik ada beberapa macam, diantaranya adalah:
- a. Energi matahari, terdapat dalam QS. Yunus: 5.
 - b. Energi panas bumi.
 - c. Energi angin, terdapat dalam QS. Faathir: 9.
 - d. Energi air, terdapat dalam QS. Az-Zumar: 21.
 - e. Bionergi.
25. Sikap menghemat energi harus selalu kita tunjukkan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya mematikan lampu pada saat tidak terpakai, dan memilih alat-alat listrik/elektronika yang hemat energi.
26. Hemat energi telah dikeluarkan *Presiden* dalam intruksi nomor 10 Tahun 2005 dan sudah dijelaskan dalam al-Qur'an surat al-Isra' ayat 26, sebagai berikut.

وَأْتِ ذَا الْقُرْبَىٰ حَقَّهُ وَالْمِسْكِينَ وَابْنَ السَّبِيلِ وَلَا تَبْذُرْ تَبْذِيرًا ﴿٢٦﴾

Artinya: “Dan berikanlah kepada keluarga-keluarga yang dekat akan haknya, kepada orang miskin dan orang yang dalam perjalanan dan janganlah kamu menghambur-hamburkan (hartamu) secara boros”. (QS. Al-Isra': 26)

EVALUASI BAB 2

I. Penilaian Pemahaman Konsep

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

- Salah satu syarat agar arus listrik dapat mengalir dalam suatu rangkaian listrik tertutup adalah
 - terdapat hambatan
 - terdapat beda potensial di antara dua titik
 - dipasang sumber tegangan sehingga potensialnya menjadi sama
 - dipasang sakelar
- Banyaknya muatan yang mengalir dalam kawat penghantar tiap sekon atau detik dinamakan
 - hambatan
 - beda potensial
 - kuat arus
 - muatan
- Perhatikan gambar berikut!



Hasil pengukuran voltmeter pada gambar adalah

- 2 V
 - 4 V
 - 5 V
 - 10 V
- Tabel berikut menyatakan hubungan antara kuat arus (I), hambatan (R), dan tegangan (V).

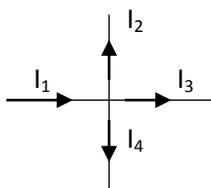
V (volt)	R (ohm)	I (ampere)
2	2	1,00
2	4	0,05
4	4	1,00
4	8	0,50

- Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat arus listrik
- Sebanding dengan tegangan
 - Sebanding dengan hambatan
 - berbanding terbalik dengan tegangan
 - berbanding terbalik dengan hambatan
- Jika sebuah hambatan 150 ohm dipasang pada beda potensial 6 volt maka kuat arus yang dihasilkan adalah
 - 1.200 mA
 - 900 mA
 - 80 mA
 - 40 mA
 - Anton mengganti kawat *charger* ayahnya yang putus. Sepotong kawat panjangnya 200 m mempunyai hambatan 50 ohm dengan luas penampang $0,004 \text{ m}^2$ hambatan jenis kawat *charger* tersebut adalah
 - $0,001 \Omega\text{m}$
 - $0,004 \Omega\text{m}$
 - $0,25 \Omega\text{m}$
 - $1,25 \Omega\text{m}$
 - Perhatikan pernyataan berikut ini!
 - bahan yang baik sebagai penghantar arus listrik
 - bahan yang kurang baik sebagai menghantar arus listrik

3) bahan yang tidak dapat sama sekali menghantarkan arus listrik
 Pengertian yang benar tentang konduktor dan isolator berturut-turut adalah

- a. 1 dan 2
- b. 1 dan 3
- c. 2 dan 3
- d. 3 dan 1

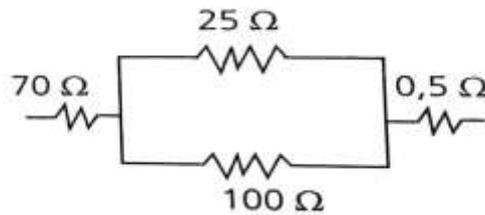
8. Perhatikan gambar berikut!



Dari gambar di samping, jika $I_1 = 6 \text{ A}$, $I_2 = 3 \text{ A}$, dan $I_3 = 0,5 \text{ A}$ maka besar I_4 adalah

- a. 0,5 A
- b. 1,5 A
- c. 2,5 A
- d. 3,5 A

9. Ayu membantu Nisa membuat rangkaian lampu seperti gambar dibawah. Hambatan pengganti dari penghambat-penghambat yang terangkai pada gambar adalah

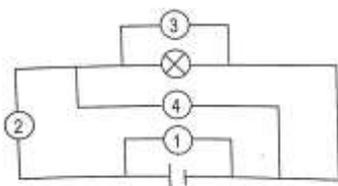


- a. 90,5 Ω
- b. 570,5 Ω
- c. 590 Ω
- d. 695 Ω

10. Kelompok sumber arus berikut yang termasuk sumber arus searah adalah

- a. baterai, elemen volta, dan listrik PLN
- b. dinamo sepeda, aki, dan generator
- c. listrik PLN, dinamo sepeda, dan generator
- d. elemen volta, aki, dan baterai

11. Perhatikan rangkaian berikut!



Pemasangan voltmeter yang benar untuk mengukur tegangan sumber arus listrik terletak pada nomor

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

12. Sebuah pesawat televisi dialiri arus 0,5 A pada tegangan 220 V. Jika televisi menyala selama 120 jam, besarnya energi yang dipergunakan adalah kWh

- a. 440
- b. 132
- c. 44
- d. 13,2

13. Pada sebuah lampu pijar tertulis 220 V, 60 W. Arti tulisan tersebut adalah

- a. lampu tidak dapat menyala jika tidak dipasang pada tegangan 220 V
- b. lampu akan menyala dengan baik jika dipasang pada tegangan 220 V dan tiap sekon akan melepaskan energi sebesar 60 J
- c. lampu akan menyala dengan baik jika dipasang pada tegangan 220 V dan tiap jam akan melepaskan energi sebesar 60 J
- d. lampu tetap akan menyala dengan baik walaupun dipasang pada tegangan di bawah 220 V dan tiap sekon akan melepaskan energi sebesar 60 J

14. Sudah kita ketahui bahwa energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan sebanding dengan kuadrat kuat arus. Jika kuat arus menjadi 2 kali semula, energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan menjadi
- $\frac{1}{4}$ kali semula
 - $\frac{1}{2}$ kali semula
 - 2 kali semula
 - 4 kali semula
15. Energi Matahari dapat dipergunakan untuk membangkitkan energi listrik, di antaranya dengan cara
- langsung menggerakkan turbin
 - memanaskan cairan untuk menguapkan air
 - membuat logam memiliki beda potensial
 - mengalirkan air

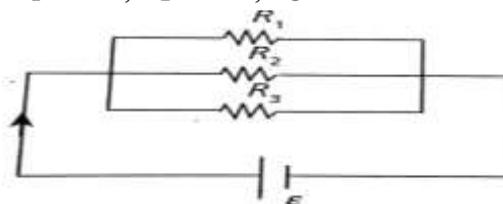
B. Lengkapi pernyataan berikut dengan jawaban di dalam kotak.

- Arus yang mengalir dari tempat yang memiliki potensial tinggi ke tempat yang memiliki potensial rendah disebut
- Alat untuk membuka dan menutup suatu rangkaian listrik disebut
- Alat untuk mencegah terjadinya korsleting disebut
- Alat untuk mengukur besar hambatan disebut
- Besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan setiap detik disebut
- Usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan untuk memindahkan muatan listrik disebut
- Satuan energi dalam SI adalah
- Alat pengukur energi yang biasanya terdapat di rumah-rumah untuk mengukur energi listrik yang digunakan disebut
- Gaya yang menyebabkan elektron bebas mengalir dalam penghambat disebut
- Sumber arus listrik yang tidak dapat diperbarui lagi disebut

- daya listrik
- kWh-meter
- arus listrik
- sakelar
- elemen primer
- joule
- energi listrik
- sekring
- ohmmeter
- GGL

C. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

- Jelaskan keuntungan dari lampu yang dirangkai secara paralel, serta beri 2 contoh dalam kehidupan sehari-hari?
- Sebuah kawat penghantar memiliki panjang ℓ dan luas penampang A dan memiliki hambatan sebesar 120Ω . Jika kawat dengan bahan yang sama memiliki panjang 2ℓ dan luas penampang $3A$, tentukan hambatan kawat kedua ini!
- Berapa besar kuat arus yang mengalir dalam rangkaian jika terdapat tiga buah resistor dirangkai paralel dengan $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$ dan GGL sebesar 12 volt?



- Tuliskan ayat yang menjelaskan tentang energi matahari!
- Sebuah alat listrik dipasang pada tegangan 220 V. Daya lampu tersebut 60 W. Hitunglah:
 - Kuat arus yang mengalir?

- b. Besarnya hambatan alat tersebut?
- c. Energi yang dipergunakan selama 10 jam?

II. Penilaian Kerja Ilmiah

A. Penilaian Proyek

Mengukur Beda Potensial Buah jeruk, Apel, dan Kentang dengan Voltmeter

Tugas dilakukan secara berkelompok.

Alat dan Bahan:

- Jeruk (3 buah)
- Apel (4 buah)
- Kentang (1 buah)
- Kabel penghubung (4 buah)
- Voltmeter



Sumber: <http://noviapyyy.blogspot.co.id>

Gambar 2.29

Rangkaian mengukur beda potensial buah jeruk

Buatlah rangkaian seperti pada gambar berikut. Buah jeruk atau apel merupakan sumber tegangan yang dapat dibuktikan dengan jarum voltmeter yang bergerak. Buatlah tabel dan data besar beda potensial dari berbagai umbi ataupun buah. Berilah kesimpulan dari hasil pengamatanmu. Presentasikanlah rangkaian yang telah dibuat di depan kelas.

No.	Umbi/buah	Terbaca di voltmeter	Keterangan
1.	1 buah jeruk		
2.	1 buah apel		
3.	1 buah kentang		
4.	1 buah jeruk dan 1 buah apel		
5.	1 buah jeruk dan 2 buah apel		

B. Penilaian Produk

Membuat Sakelar Sederhana

Alat dan Bahan:

- Sumber arus/baterai
- Lampu
- Kabel
- Pensil/kayu
- 2 buah karet gelang
- Sepotong kawat

Langkah Kerja:

1. Hubungkanlah baterai, lampu, dan pensil dengan kabel.
2. Pada salah satu ujung pensil, rekatkanlah kabel dan pensil dengan karet gelang.
3. Pada ujung pensil yang lain, rekatkanlah kawat, kabel, dan pensil dengan karet gelang. Kawat berfungsi sebagai sakelar. Saat kawat didekatkan atau didorong hingga menempel di kabel yang lain, lampu akan menyala. Kawat menyebabkan rangkaian tersebut menjadi rangkaian tertutup.

"Selamat Mengerjakan"



BAB 3

KEMAGNETAN



Sumber: <http://artikel.pricearea.com>

Dinamo sepeda banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Dinamo merupakan alat yang berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Jenis listrik yang dihasilkan oleh dinamo sepeda adalah listrik dengan arus bolak-balik. Di dalam dinamo sepeda terdapat dua komponen penting, yaitu magnet silinder dan kumparan atau gulungan kawat tembaga. Semakin cepat pedal dikayuh, semakin cepat perputaran magnet di dalam dinamo sehingga arus listrik yang dihasilkan semakin besar. Mengapa hal ini dapat terjadi? Apakah kekuatan magnet silinder yang berada di dalam dinamo sepeda juga memengaruhi besar arus listrik yang dihasilkan? Apakah hubungan antara magnet dan arus listrik? Temukan jawabannya dalam bab ini.



Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar
Fisika SMP/MTs Kelas IX
Materi Kemagnetan

Kompetensi Inti	Kompetensi Dasar
1. Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagat raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.
2. Menunjukkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (toleransi, gotong royong), santun, percaya diri, dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam dalam jangkauan pergaulan dan keberadaannya.	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi. 2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan.
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya terkait fenomena dan kejadian tampak mata.	3.1 Menerapkan konsep kemagnetan, induksi elektromagnetik, dan pemanfaatan medan magnet.
4. Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkrit (menggunakan, mengurai, merangkai, memodifikasi, dan membuat) dan ranah abstrak (menulis, membaca, menghitung, menggambar, dan mengarang) sesuai dengan yang dipelajari di sekolah dan sumber lain yang sama dalam sudut pandang/teori.	4.1 Membuat karya sederhana yang memanfaatkan prinsip elektromagnet dan/atau induksi elektromagnetik.

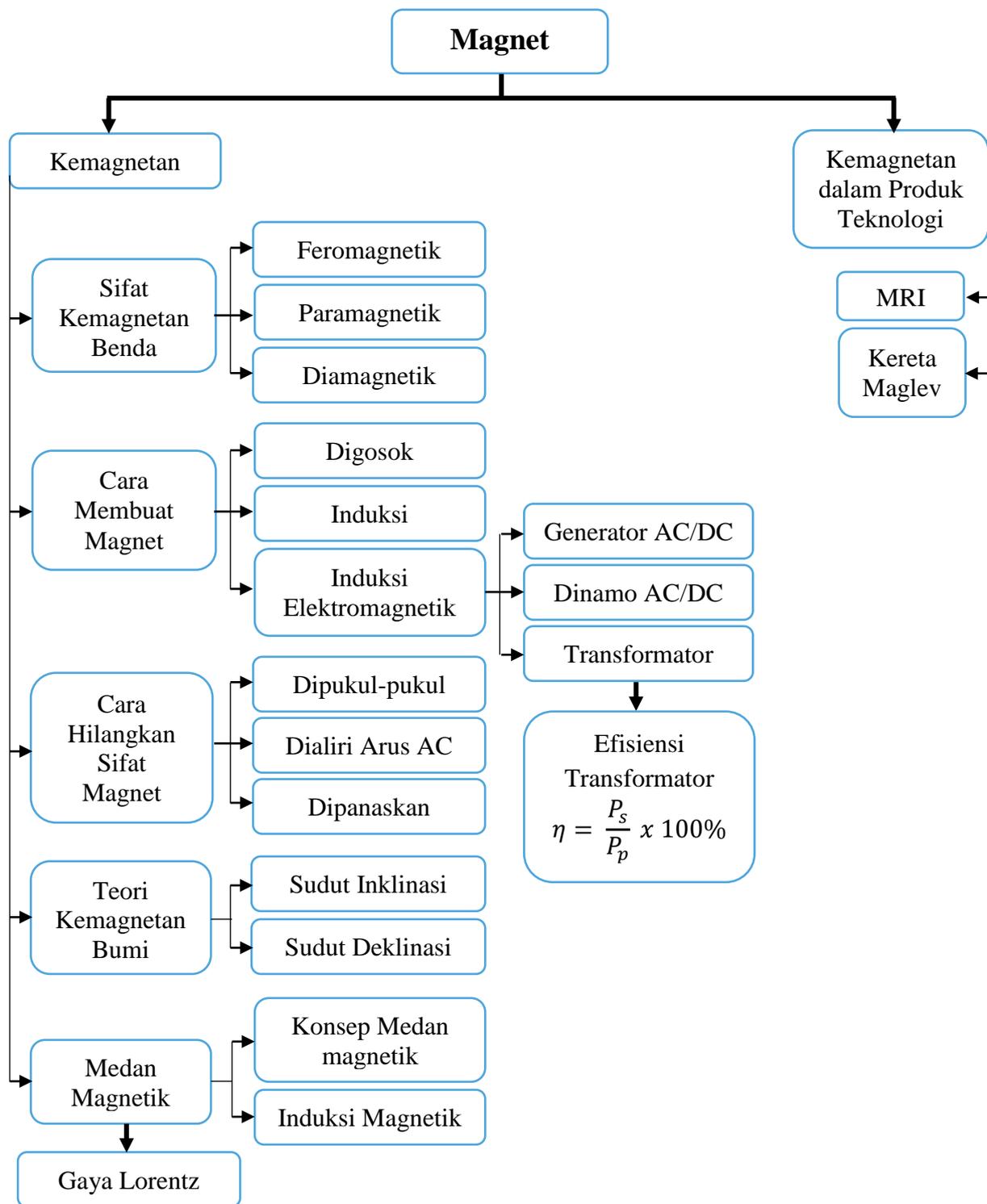
Indikator Pembelajaran

1. Mengamati berbagai bentuk magnet.
2. Menunjukkan sifat kutub magnet.
3. Melakukan percobaan untuk menyelidiki sifat-sifat magnet dan pembuatan magnet.
4. Menjelaskan cara kerja elektromagnet dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.
5. Menjelaskan cara menghilangkan sifat kemagnetan.
6. Mengidentifikasi kutub-kutub kemagnetan bumi, sudut deklinasi, dan sudut inklinasi.
7. Menjelaskan sifat medan magnetik secara kualitatif di sekitar kawat bearus listrik.
8. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya Lorentz dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.
9. Mengamati dan menjelaskan hubungan antara pergerakan garis medan magnetik dengan terjadinya gaya gerak listrik induksi melalui percobaan.
10. Menjelaskan prinsip kerja dinamo, generator, dan transformator secara sederhana.
11. Menerapkan prinsip kemagnetan dalam produk teknologi.
12. Memiliki pengetahuan dan pemahaman baru tentang kemagnetan yang berhubungan dengan Al-Qur'an dan nilai-nilai agama.

Tujuan Pembelajaran

1. Dapat mengamati berbagai bentuk magnet.
2. Dapat menunjukkan sifat kutub magnet.
3. Dapat melakukan percobaan untuk menyelidiki sifat-sifat dan pembuatan magnet.
4. Dapat menjelaskan cara kerja elektromagnet dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.
5. Dapat menjelaskan cara menghilangkan sifat kemagnetan.
6. Dapat mengidentifikasi kutub-kutub kemagnetan bumi, sudut deklinasi, dan sudut inklinasi.
7. Dapat menjelaskan sifat medan magnetik secara kualitatif di sekitar kawat bearus listrik.
8. Dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya Lorentz dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.
9. Dapat mengamati dan menjelaskan hubungan antara pergerakan garis medan magnetik dengan terjadinya gaya gerak listrik induksi melalui percobaan.
10. Dapat menjelaskan prinsip kerja dinamo, generator, dan transformator secara sederhana.
11. Dapat menerapkan prinsip kemagnetan dalam produk teknologi.
12. Memiliki pengetahuan dan pemahaman baru tentang kemagnetan yang berhubungan dengan Al-Qur'an dan nilai-nilai agama.

Peta Konsep



Inti Materi

- | | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| a. Pengertian Kemagnetan | d. Gaya Lorentz |
| b. Teori Kemagnetan Bumi | e. Induksi Elektromagnetik |
| c. Medan Magnetik | f. Kemagnetan dalam Produk Teknologi |

Kata Kunci

- | | | |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| - Arus primer | - Kaidah tangan kanan | - Sudut inklinasi |
| - Arus sekunder | - Rotor | - Kutub magnet |
| - Gaya magnet | - Strator | - Sudut deklinasi |
| - Roentgen | - Kumputan primer | - Magnet |
| - Dinamo | - Kumputan sekunder | - Gaya Gerak Listrik (GGL) |
| - Elektromagnet | - Magnet elementer | - MRI |
| - Gaya Lorentz | - Medan magnetik | - Transformator |
| - Generator | - Induksi | - Feromagnetik |
-

APERSEPSI

Bumi yang kita diami adalah suatu magnet yang sangat besar. Bintang-bintang seperti matahari yang memberi kehidupan pada makhluk di bumi juga merupakan suatu magnet yang besar. Tahukah kamu, apa yang dimaksud dengan magnet? Magnet adalah suatu benda yang dapat menarik benda-benda yang terbuat dari besi, baja, dan logam-logam tertentu. Magnet dari besi, telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-Hadid ayat 25:



”... وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ...”

Artinya: “... Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) ...”. (QS. Al-Hadid:25)

Pada tafsir al-Misbah (Volume 13) kata “أنزلنا” yang berarti “kami turunkan” khusus digunakan untuk besi, dalam ayat ini dapat diartikan secara kiasan untuk menjelaskan bahwa besi diciptakan untuk memberi manfaat bagi manusia. Ayat ini menjelaskan bahwa besi mempunyai kekuatan yang dapat membahayakan dan dapat pula menguntungkan manusia. Bukti paling kuat tentang hal ini adalah bahwa lempengan besi dengan berbagai macamnya, secara bertingkat-tingkat mempunyai keistimewaan dalam bertahan menghadapi panas, tarikan, kekaratan, dan kerusakan, hingga dapat menampung daya magnet. Hal ini diperkuat oleh *Magnes*, seorang pengembala tua dari Cretan. Saat mengembala tiba-tiba ujung logam tongkatnya menempel kuat pada batu hitam besar dan mencari asal sumber kekuatan tersebut, kemudian Ia menggali sampai kedalam dan menemukan lodestone (partikel magnet yang kecil).

Tafsiran ayat ini sangat jelas menulis tentang besi yang mempunyai kekuatan hebat dan manfaat bagi manusia. Pada konsep fisika, besi merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk membuat magnet. Untuk memahami tentang magnet, pelajari materi berikut.

A. Pengertian Kemagnetan

Istilah magnet sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari, bahkan kamu juga sering menggunakan magnet. Kata magnet berasal dari bahasa Yunani *magnitis lithos* yang berarti batu Magnesian. *Magnesia* adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki). Di wilayah tersebut terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu. *Magnet* adalah suatu benda yang dapat menarik benda-benda yang terbuat dari besi, baja, dan logam-logam tertentu.

Magnet memiliki berbagai bentuk dan dinamakan sesuai bentuknya, seperti yang bisa kamu lihat pada Gambar 3.2.



Sumber: www.tes.com

Gambar 3.2 Bentuk-bentuk magnet

Penentuan kutub magnet batang dapat dilakukan dengan percobaan sederhana. Letakkan magnet batang di atas gabus lalu apungkan di permukaan air, maka ujung magnet yang menunjuk ke arah utara adalah kutub utara magnet, dan ujung magnet yang menunjuk arah selatan adalah kutub selatan magnet, seperti pada Gambar 3.3.



Sumber: www.pembelajaranku.com

Gambar 3.3 Magnet batang yang diapungkan

Tahukah kamu mengapa demikian? Selanjutnya coba kamu dekatkan ujung 2 buah magnet. Ulangi kegiatanmu dengan mendekatkan ujung lain 2 buah magnet tersebut. Selanjutnya amati apa yang terjadi pada kedua ujung magnet tersebut. Lakukan hal ini berulang-ulang. Dapatkah kamu membuat kesimpulannya?

Magnet selalu memiliki dua kutub, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub-kutub yang senama atau sejenis bila didekatkan akan saling tolak-menolak, sedangkan kutub-kutub yang tidak sejenis bila didekatkan akan saling tarik-menarik. Kutub-kutub ini selalu ada pada setiap magnet walaupun magnet tersebut dipotong menjadi potongan magnet kecil. Perhatikan Gambar 3.4 tentang interaksi dua magnet!

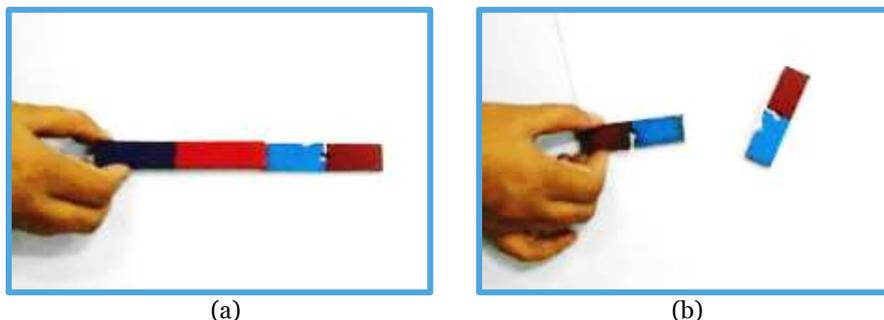
Interaksi antara kutub-kutub magnet sudah kamu ketahui melalui kegiatan atau percobaan di atas. Konsep dari interaksi antara kutub-kutub magnet sudah di jelaskan dalam Al-Qur'an surat Yasin ayat 36:

سُبْحٰنَ الَّذِيْ خَلَقَ الْاَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْاَرْضُ وَمِنْ اَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُوْنَ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui”. (QS. Yasin: 36)

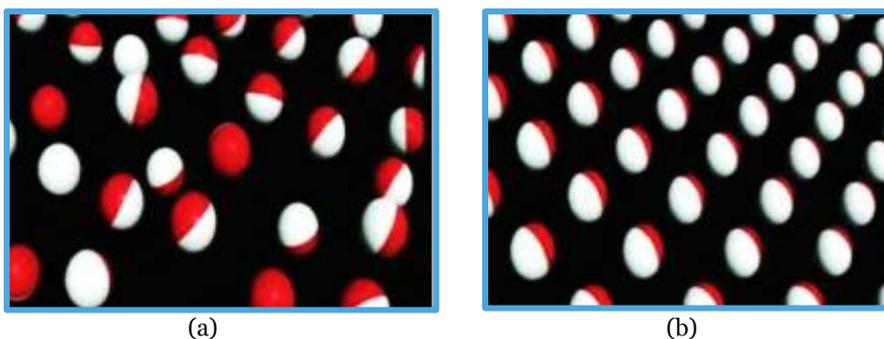
Pada kata الأزواج artinya “pasang-pasangan”. Menurut Prof. Quraish Shihab dalam Bukunya Tafsir al-Misbah (Volume 11) mengatakan bahwa kata tersebut digunakan untuk masing-masing dari dua hal yang berdampingan (bersamaan). Ayat di atas menerangkan bahwasanya Allah telah menciptakan segala sesuatu berpasang-pasangan diantaranya adalah

magnet. *Thales* menemukan sebuah magnet dan ternyata magnet memiliki dua kutub. Jika dua kutub yang sejenis didekatkan, mereka saling tolak-menolak. Sedangkan jika dua kutub yang tidak sejenis didekatkan, mereka saling tarik-menarik. Magnet memiliki kedua kutub yang tidak dapat dibelah untuk menghasilkan kutub yang sama. Magnet ditemukan terdiri dari kutub utara dan kutub selatan. Kata kunci (الأزواج) dalam ayat di atas mempresentasikan bahwa masing-masing dari dua hal itu berpasang-pasangan.



(a) Sumber: www.pembelajaranku.com
Gambar 3.4 Interaksi dua magnet (a) magnet tidak sejenis dan (b) magnet sejenis

Dari manakah kekuatan magnet berasal? Apa beda gaya magnet dengan gaya listrik? Mari mengingat materi tentang gaya listrik! Gaya listrik berasal dari adanya interaksi antara muatan listrik, sedangkan gaya magnet berasal dari adanya interaksi antara kutub-kutub magnet yang ditimbulkan oleh gerakan muatan listrik (elektron) pada benda.



(a) Sumber: <http://nationalgeographicchannel.com>
Gambar 3.5 (a) Magnet elementer tersebar acak dan (b) magnet elementer tersusun pada arah tertentu

Pada Gambar 3.5a, kutub utara dan dan kutub selatan partikel elementer magnet pada benda tersebut tersebar secara acak, sehingga benda tidak memiliki sifat magnet. Pada beberapa jenis logam tertentu, seperti besi dan baja, sejumlah magnet elementer magnet dapat disusun berbaris pada arah tertentu hingga benda bersifat sebagai magnet (Gambar 3.5b).

1. Sifat Kemagnetan Benda

Apa yang terjadi jika magnet didekatkan pada logam atau kayu? Pernahkah kamu mengamatinya? Dapatkah kamu menentukan sifat interaksi benda terhadap magnet? Sifat kemagnetan benda dikelompokkan menjadi tiga golongan, yaitu feromagnetik, paramagnetik, dan diamagnetik.

- a. *Feromagnetik* adalah benda yang dapat ditarik dengan kuat oleh magnet, misalnya besi, baja, dan nikel.
- b. *Paramagnetik* adalah benda yang ditarik dengan lemah oleh magnet, misalnya platina dan aluminium.
- c. *Diamagnetik* adalah benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet, misalnya kayu dan bismut.

Tahukah kamu sifat-sifat apa yang dimiliki oleh magnet? Untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut, lakukan kegiatan berikut ini.



Jelajah Konsep 3.1

Lakukan percobaan ini dengan cermat dan teliti, kemudian buatlah laporan dari hasil kegiatanmu.

Menyelidiki Sifat-Sifat Kutub Magnet

Sediakan:

Magnet batang, kompas, tali, statif, dan paku kecil.

Langkah Kerja:

1. Letakkanlah paku-paku kecil di atas meja, kemudian dekatkanlah dengan salah satu sisi magnet batang. Lakukanlah hal yang sama pada setiap sisi magnet batang. Catatlah data hasil pengamatanmu. Pada sisi magnet batang manakah yang paling banyak ditempel paku? Mengapa demikian?
2. Letakkanlah kompas di atas meja, kemudian catat arah yang ditunjuk oleh jarum kompas. (Keterangan: ujung jarum kompas yang menunjuk arah utara disebut kutub utara, sedangkan ujung jarum yang menunjuk arah selatan disebut kutub selatan).
3. Gantungkanlah sebuah magnet batang dengan benang, kemudian diamkan. Arah manakah yang ditunjuk oleh ujung-ujung (kutub-kutub) magnet batang?
4. Berilah tanda dengan huruf U untuk ujung magnet batang yang menunjuk arah utara dan huruf S untuk ujung magnet batang yang menunjuk arah selatan.
5. Dekatkanlah kutub utara magnet batang pada kutub selatan magnet jarum kompas. Amatilah interaksi yang terjadi dan catatlah data hasil pengamatanmu.
6. Ulangilah kegiatan nomor 5, dengan cara mendekatkan kutub selatan magnet batang pada kutub selatan magnet jarum kompas dan kutub utara magnet batang pada kutub utara jarum kompas.
7. Kesimpulan apakah yang kamu peroleh dari kegiatan ini?

Berdasarkan percobaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa magnet memiliki sifat-sifat, antara lain sebagai berikut.

- 1) Dapat menarik benda logam tertentu.
- 2) Memiliki dua kutub magnet.
- 3) Gaya tarik magnet terbesar terletak pada kedua kutubnya.
- 4) Selalu menunjuk arah utara dan selatan.
- 5) Kutub kutub magnet yang tidak sejenis tarik-menarik.
- 6) Kutub-kutub magnet yang sejenis tolak-menolak.

2. Cara Membuat Magnet

Berdasarkan asalnya, magnet dibedakan menjadi dua macam, yaitu magnet alam (dari alam) dan magnet buatan. Bagaimana cara membuat magnet? Lakukan kegiatan berikut ini.



Jelajah Konsep 3.2

Lakukan percobaan ini dengan cermat dan teliti, kemudian buatlah laporan dari hasil percobaanmu dengan jujur.

Membuat Magnet

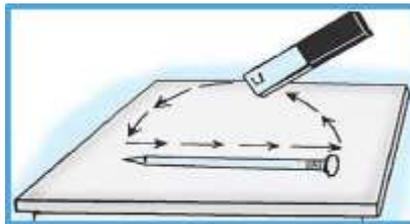
A. Membuat Magnet dengan Cara Menggosok

Sediakan:

Sebuah paku baja (paku beton), sebuah magnet batang, dan beberapa paku kecil.

Langkah Kerja:

1. Ambillah paku baja, kemudian dekatkan pada kumpulan paku kecil. Amatilah interaksi pada paku baja dan paku-paku kecil. Catatlah hasil pengamatanmu.
2. Letakkanlah paku baja di atas meja dan peganglah magnet batang, kemudian gosoklah paku baja tersebut dengan magnet batang dengan arah yang sama dari satu ujung ke ujung yang lain secara berulang-ulang.
3. Dekatkanlah ujung paku baja yang telah kamu gosok dengan magnet ke kumpulan paku kecil. Bagaimanakah interaksi kumpulan paku-paku kecil tersebut terhadap magnet buatanmu?
4. Identifikasi kutub magnet pada paku tersebut dengan mendekatkan pada magnet.



Sumber: <http://maslatip.com>

Gambar 3.6 Membuat magnet dengan cara menggosok

B. Membuat Magnet dengan Induksi

Sediakan:

Paku baja, magnet batang, dan beberapa paku kecil.

Langkah Kerja:

1. Peganglah magnet batang dengan tangan kananmu dan paku baja dengan tangan kirimu. Aturilah jarak antara salah satu kutub magnet batang dengan kepala paku sehingga jaraknya sekitar 1 cm.
2. Dekatkanlah kumpulan paku-paku kecil di bawah ujung paku baja. Catatlah interaksi yang terjadi.
3. Jauhkanlah magnet batang dari paku baja, kemudian amatilah keadaan paku-paku kecil. Apakah paku-paku kecil itu masih tetap menempel pada ujung paku baja? Mengapa demikian?

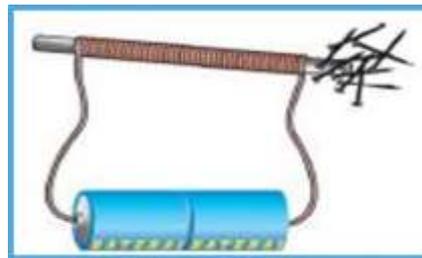
C. Membuat Magnet dengan Arus listrik (Induksi Elektromagnetik)

Sediakan:

Paku baja, kawat tembaga, dua buah baterai, dan beberapa paku kecil.

Langkah Kerja:

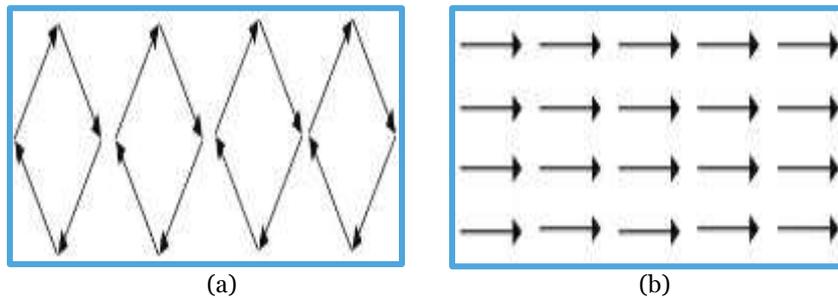
1. Buatlah lilitan kawat sebanyak 20 lilitan pada paku baja.
2. Hubungkanlah kedua ujung kawat tembaga pada sebuah baterai, kemudian dekatkanlah paku baja yang telah dililit kumparan berarus listrik pada kumpulan paku kecil.
3. Catatlah interaksi yang terjadi antara magnet buatanmu terhadap paku-paku kecil tersebut.
4. Tuliskan ayat yang menjelaskan tentang langkah no 3?



Sumber: <http://fismath.com>

Gambar 3.7 Membuat magnet dengan cara induksi elektromagnetik

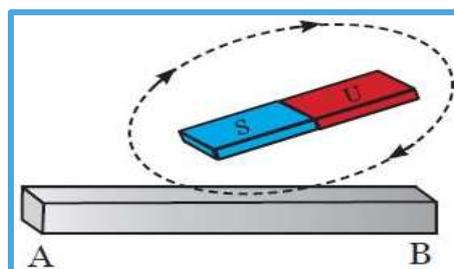
Besi dan baja dapat dijadikan magnet dengan cara menggosok. Sebelum digosok dengan magnet batang, paku baja tidak dapat menarik paku kecil karena paku baja belum bersifat magnet. Setelah digosok dengan magnet batang, paku baja bersifat sebagai magnet sehingga dapat menarik paku kecil. Hal ini terjadi karena magnet-magnet bagian (magnet-magnet elementer) dari paku baja telah tersusun teratur.



Sumber: <http://sindymonica4.blogspot.co.id>

Gambar 3.7 (a) Susunan magnet elementer baja sebelum digosok dengan magnet batang dan (b) susunan magnet elementer baja setelah digosok dengan magnet batang

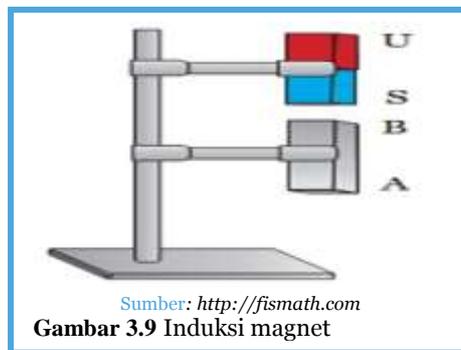
Ujung paku baja yang pertama kali digosok dengan magnet batang membentuk kutub magnet yang sejenis dengan kutub magnet batang yang digunakan untuk menggosok. Perhatikan Gambar 3.8, ujung kutub utara magnet yang digosokkan dari ujung besi B ke A akan mengubah besi menjadi magnet dengan kutub utara pada ujung B dan kutub selatan pada ujung A.



Sumber: <http://fismath.com>

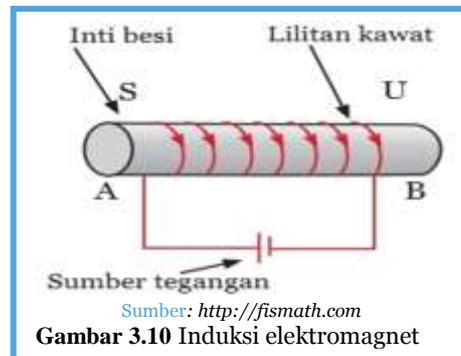
Gambar 3.8 Menggosok magnet

Besi dan baja dapat dijadikan magnet dengan cara menginduksi atau mendekatkannya dengan magnet selama beberapa waktu. Perhatikan Gambar 3.9, sifat magnet menunjukkan bahwa magnet akan saling tarik-menarik jika kutub yang berbeda didekatkan, dan tolak-menolak jika kutub sama, sehingga ujung B akan menjadi kutub utara dan ujung A akan menjadi kutub selatan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa ujung besi atau baja yang berdekatan dengan kutub magnet batang akan memiliki kutub yang berlawanan dengan kutub magnet penginduksinya.



Gambar 3.9 Induksi magnet

Magnet juga dapat dibuat dengan cara meliliti besi atau baja dengan kawat penghantar yang dialiri arus DC. Mengapa arus DC? Karena arus DC dapat menyamakan arah magnet elementer pada besi atau baja.



Gambar 3.10 Induksi elektromagnet

Kutub magnet besi atau baja yang terbentuk tergantung pada arah lilitan kawat penghantar. Jika arah arus berlawanan dengan arah jarum jam, maka ujung A besi atau baja tersebut akan menjadi kutub utara dan ujung B akan menjadi kutub selatan. Sebaliknya jika arah arus searah dengan jarum jam, maka ujung A besi atau baja akan menjadi kutub selatan dan ujung B akan menjadi kutub utara. Perhatikan Gambar 3.10, dengan pola lilitan tersebut (searah jarum jam), maka ujung A akan menjadi kutub selatan dan ujung B akan menjadi kutub utara.

Magnet yang dibuat dengan cara demikian disebut elektromagnet. *Elektromagnet* adalah magnet yang terjadi karena aliran listrik pada kumparan berinti besi. Elektromagnet ini memiliki beberapa kelebihan dibanding magnet permanen. Kelebihan-kelebihan tersebut adalah sebagai berikut.

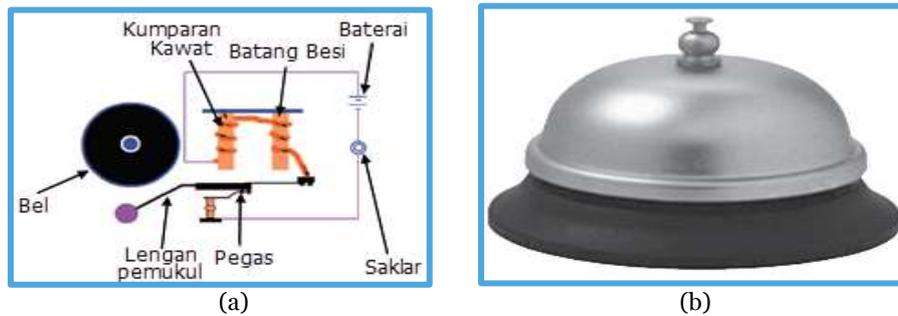
- Sifat kemagnetannya dapat diperbesar dengan cara memperbanyak jumlah lilitan atau memperbesar arus listrik.
- Sifat kemagnetannya dapat dihilangkan dengan cara memutus arus listrik dan dapat ditimbulkannya kembali dengan cara menyambung arus listrik.
- Kutub-kutub magnetnya dapat ditukar dengan cara mengubah arah arus listrik.

3. Penerapan Elektromagnet dalam Kehidupan Sehari-hari

Gejala elektromagnet sering digunakan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa penerapan elektromagnet tersebut dapat ditemui pada bel listrik, saklar listrik, dan telepon kabel. Jika di sekitarmu tidak terdapat benda-benda tersebut, tidak perlu risau, cermatilah penjelasan berikut!

a. Bel Listrik

Coba perhatikan bel listrik yang ada di sekitarmu (jika ada). Selidiki cara kerja bel tersebut! Pada saat tombol bel listrik ditekan, rangkaian arus menjadi tertutup dan arus mengalir pada kumparan. Aliran arus listrik pada kumparan ini mengakibatkan besi di dalamnya menjadi elektromagnet yang mampu menggerakkan lengan pemukul untuk memukul bel sehingga berbunyi.

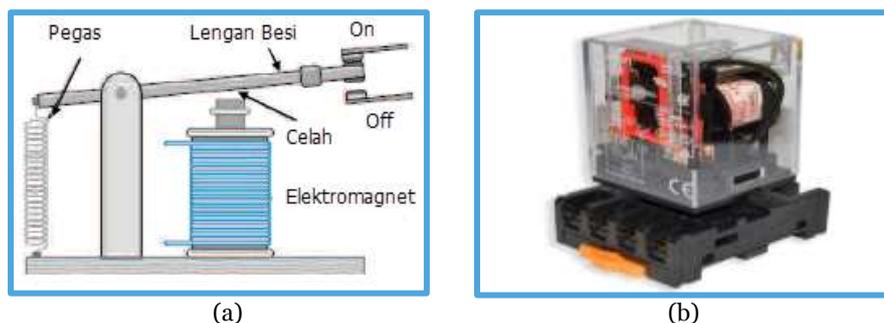


Sumber: <http://fisikazone.com>
Gambar 3.11 (a) Skema rangkaian bel listrik dan (b) bel listrik

b. Saklar

Bagaimana cara menyalakan lampu listrik? Di setiap rumah yang menggunakan aliran listrik, hampir semuanya menggunakan saklar. Perhatikan Gambar 3.12a. Saklar berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik pada rangkaian listrik.

Khusus untuk bentuk saklar seperti Gambar 3.12b, mulai bekerja ketika saklar membentuk rangkaian tertutup. Lilitan kawat akan berfungsi sebagai elektromagnet yang menarik ujung besi ke bawah. Setelah besi tertarik ke bawah, ujung besi lainnya akan menyipang ke kanan dan mendorong tangkai ke kiri sehingga tangkai kiri dan kanan akan saling bersentuhan untuk mengalirkan arus listrik. Ketika arus mengalir, maka beban (lampu atau alat elektronik lainnya) akan menyala.



Sumber: <http://fisikazone.com>
Gambar 3.12 (a) Diagram saklar elektromagnetik dan (b) saklar elektromagnetik

c. Telepon Kabel

Tahukah kamu bahwa telepon kabel juga menggunakan prinsip kemagnetan? Saat menggunakan telepon, seseorang akan menerima pesan (mendengar) sekaligus mengirim pesan (berbicara). Prinsip kerja telepon pada dasarnya mengubah energi listrik menjadi energi bunyi. Pada saat ada pembicaraan, energi listrik mengalir pada kabel telepon menimbulkan efek elektromagnetik yang kekuatannya berubah-ubah sehingga mampu menggetarkan diafragma besi lentur pada speaker telepon. Getaran pada speaker inilah yang akhirnya menggetarkan udara di sekitarnya dan memberikan efek “dengar” bagi telinga kita.

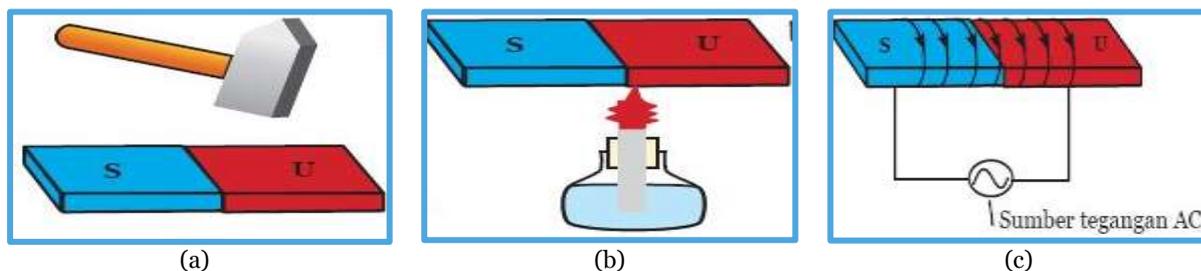


Sumber: <http://fisikazone.com>
Gambar 3.13 Telepon kabel

4. Cara Menghilangkan Sifat Kemagnetan Benda

Sifat kemagnetan benda dapat dihilangkan dengan cara memukul-mukul (Gambar 3.14a), memanaskan (Gambar 3.14b), dan meliliti magnet dengan arus bolak-balik atau AC (Gambar

3.14c). Pada prinsipnya, sifat kemagnetan dapat dihilangkan dengan cara mengacak arah magnet elementer.



Sumber: www.pembelajaranku.com

Gambar 3.14 Cara menghilangkan sifat magnet (a) memukul, (b) memanaskan dan (c) meliliti magnet dengan arus AC



Uji Kompetensi 3.1

1. Apakah benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet dapat dikategorikan sebagai benda diamagnetik?
2. Mengapa membuat magnet dari bahan baja lebih sulit dibanding membuat magnet dari bahan besi? Jelaskan!
3. Ayu membantu adiknya membuat magnet menggunakan baja. Apakah yang terjadi pada baja, jika Ayu menggosokkan baja dengan arah gosokan ujung magnet tetap arahnya bolak-balik?
4. Rizky meminta maaf ke Anton karena sudah mematahkan magnet batangnya. Kenapa magnet batang Anton yang sudah patah tidak dapat digunakan (berfungsi) lagi?
5. Tuliskan ayat Al-Qur'an yang menjelaskan tentang besi?

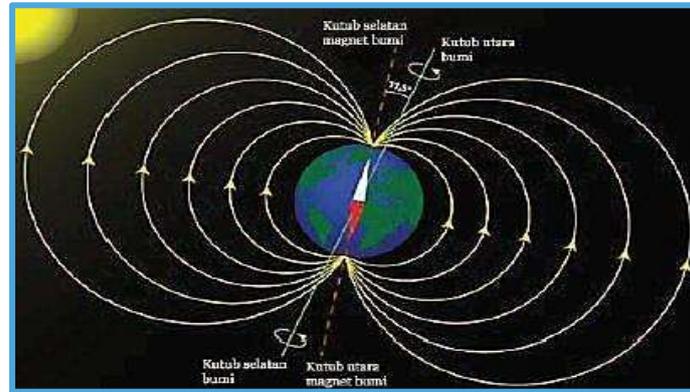
B. Teori Kemagnetan Bumi

Bumi adalah magnet raksasa. Bumi memiliki kutub utara dan selatan. Tahukah kamu, mengapa jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara dan selatan? Jarum kompas selalu menunjuk ke arah utara dan selatan karena tertarik oleh kutub selatan dan kutub utara magnet bumi. Kutub utara jarum kompas tertarik oleh kutub selatan magnet bumi yang berada di sekitar kutub utara bumi, sedangkan kutub selatan jarum kompas tertarik oleh kutub utara magnet bumi yang terdapat di sekitar kutub selatan bumi. Karena bentuk bumi bulat, sumbu bumi dapat kita anggap sebagai magnet batang yang besar.

Kutub utara dan kutub selatan magnet bumi tidak berimpit dengan kutub utara dan kutub selatan bumi. Mengapa demikian? Hal ini yang menyebabkan kutub utara dan kutub selatan magnet jarum kompas tidak menunjukkan arah utara dan selatan bumi sehingga membentuk sebuah sudut. Sudut penyimpangan jarum kompas terhadap arah bumi ada dua, yaitu:

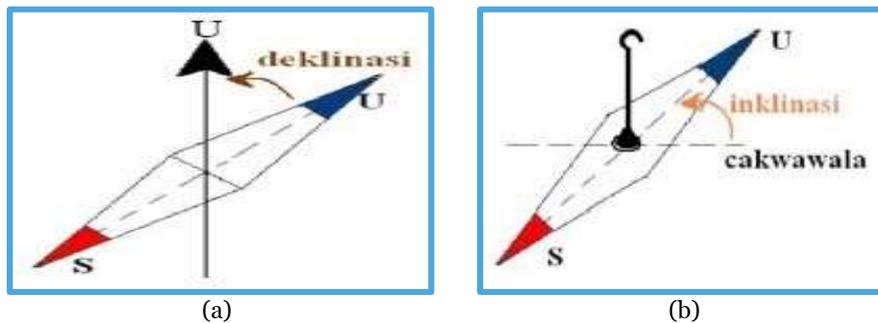
1. *Sudut deklinasi* adalah sudut penyimpangan yang dibentuk oleh jarum kompas terhadap arah selatan bumi. Sudut deklinasi ada dua, yaitu:
 - a. *Sudut deklinasi positif* adalah apabila kutub utara jarum kompas menyimpang ke arah timur (ke kanan).
 - b. *Sudut deklinasi negatif* adalah apabila kutub utara jarum kompas menyimpang ke arah barat (ke kiri).

2. *Sudut inklinasi* adalah sudut kemiringan yang dibentuk oleh jarum kompas terhadap bidang datar. Sudut inklinasi ada dua, yaitu:
- Sudut inklinasi positif* adalah apabila kutub utara jarum kompas menunjuk ke arah bawah.
 - Sudut inklinasi negatif* adalah apabila kutub utara jarum kompas menunjuk ke arah atas.



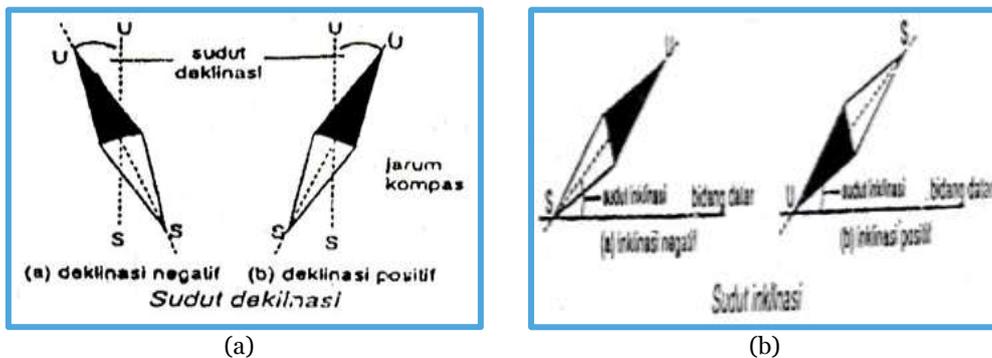
Sumber: www.pembelajaranku.com

Gambar 3.15 Medan magnet bumi



Sumber: <http://fisikazone.com>

Gambar 3.16 Sudut deklinasi dan inklinasi



Sumber: <http://gefisi.blogspot.co.id>

Gambar 3.17 Sudut deklinasi (positif dan negatif) dan inklinasi (positif dan negatif)

Medan magnet bumi berfungsi untuk melindungi penduduk bumi dari radiasi kosmik (partikel listrik yang dihasilkan oleh matahari atau benda-benda langit lainnya) yang mengancam kesehatan. Namun, karena adanya medan magnet bumi, partikel listrik tidak dapat masuk ke seluruh permukaan bumi, tetapi hanya akan masuk ke kutub-kutub bumi. Saat menabrak atmosfer bumi, partikel listrik tersebut diionisasi (peristiwa lepasnya elektron dari nukleon) dan membentuk plasma lemah (gas super yang dipanaskan agar elektron terlepas dari nukleon). Tampilan indah cahaya plasma inilah yang kemudian dikenal sebagai *aurora*.



Sumber: <http://coldlandsartist.wordpress.com>

Gambar 3.18 Aurora borealis

C. Medan Magnetik

1. Konsep Medan Magnetik

Mengapa besi dapat tertarik oleh magnet? Besi dapat tertarik oleh magnet karena adanya gaya magnetik. Gaya tarik magnet terhadap besi ini semakin jauh semakin kecil. Selama besi masih dapat tertarik oleh magnet berarti besi tersebut masih berada dalam medan magnetik. *Medan magnetik* adalah ruang di sekitar magnet yang masih mempunyai pengaruh magnetik jika ada benda lain diletakkan di ruang tersebut. Di dalam Al-Qur'an terdapat ayat yang mengibaratkan konsep medan magnet, renungkanlah ayat berikut ini!

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾

Artinya: “Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui”. (QS. Yasin:38)

Kata “تَجْرِي” artinya berjalan yang digunakan untuk menggambarkan perpindahan satu benda dari satu tempat ke tempat lain. Pada tafsir al-Misbah (Volume 11), ayat tersebut menunjukkan bahwa matahari bergerak (beredar) menuju ke tempat perhentian, maksudnya adalah peredarannya setiap hari di garis edarnya dalam keadaan sedikitpun tidak menyimpang hingga dia terbenam. Kenapa matahari bisa bergerak di orbitnya dan tidak menyimpang sedikitpun? Kenapa matahari tidak jatuh ke bumi? Allah tidak mungkin menahan yang melayang tersebut secara sia-sia melainkan diciptakan fisika dan astronomi untuk kalian dalam memikirkan dan mempelajari penciptaan alam.

Al-Qur'an telah membahas “penahan atas benda melayang” dan telah ditemukan bahwa terdapat medan magnet di alam semesta. Bisa jadi gaya magnet inilah yang menjadi tali bagi tiap benda di angkasa termasuk bumi agar tidak terlempar keluar dari galaksi dan menjaga matahari untuk tidak masuk ke galaksi lain. Medan magnet juga memiliki garis orbit pada ruang antar galaksi dengan kadar yang telah ditentukan Sang Pencipta. Hal ini ditemukan oleh seorang penggembala yang bernama *Magnes*, saat menggembala tiba-tiba ujung logam tongkatnya menempel kuat pada batu besar. Hal ini menunjukkan bahwa disekitar batu besar terdapat gaya magnetik yang bisa menarik ujung logam tongkat tersebut. Segala puji bagi Allah hanya Allah yang mengetahui segalanya. Bagaimanakah bentuk pola medan magnetik? Coba lakukan kegiatan berikut ini.



Jelajah Konsep 3.3

Lakukan percobaan ini dengan cermat dan teliti. Kemudian buatlah laporan percobaanmu dengan benar.

Menyelidiki Pola Medan Magnetik pada Magnet Batang

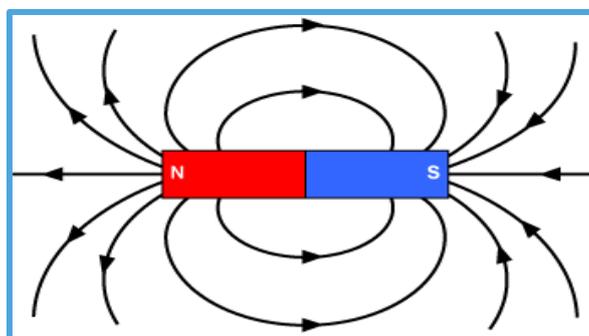
Sediakan:

Sebuah kompas, 2 magnet batang, 1 lembar kertas putih, penggaris, dan serbuk besi.

Langkah Kerja:

1. Ambillah dua magnet batang, kemudian dekatkanlah masing-masing salah satu kutubnya/ujungnya pada kutub utara jarum kompas. Setelah itu, tandailah kutub utara dan selatan pada kedua magnet batang tersebut.
2. Letakkanlah sebuah magnet batang di atas meja, kemudian tutuplah dengan kertas putih.
3. Taburkanlah serbuk besi ke atas kertas tepat di atas magnet batang secara merata, kemudian amatilah pola medan magnetik yang terjadi. Kemudian, gambarlah pola medan magnet tersebut pada bukumu.
4. Ulangilah percobaan nomor 2-3 untuk:
 - a. Kutub utara magnet batang yang didekatkan pada kutub selatan magnet batang yang lain.
 - b. Kutub utara magnet batang yang didekatkan pada kutub utara magnet batang yang lain.
 - c. Kutub selatan magnet batang yang didekatkan pada kutub selatan magnet batang yang lain.

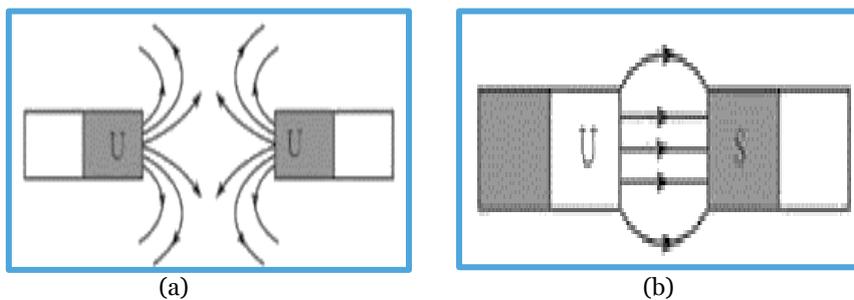
Berdasarkan hasil percobaan, terlihat bahwa serbuk besi yang ditaburkan di atas kertas yang diletakkan di atas magnet membentuk pola medan magnetik. Pola medan magnetik tersebut berbentuk garis lengkung dari kutub utara ke kutub selatan (menurut kesepakatan, arah medan magnetik berasal dari kutub utara menuju kutub selatan magnetik). Dari percobaan tersebut, kita dapat menggambarkan medan magnet seperti dibawah ini.



Sumber: <https://modulfisika.blogspot.co.id>

Gambar 3.19 Garis-garis gaya magnet

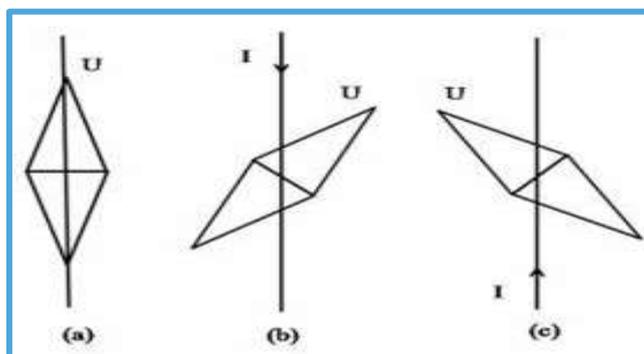
Semakin rapat garis-garis gaya magnet, semakin kuat pengaruh atau medan magnetnya. Bagian kutub merupakan bagian yang memiliki medan magnet terkuat. Interaksi antara kutub magnet ada dua, yaitu kutub magnet sejenis akan tolak-menolak dan kutub magnet yang tidak sejenis akan tarik-menarik. Perhatikan gambar berikut!



Sumber: <http://indratrahmanto.blogspot.co.id>
Gambar 3.20 Interaksi antara kutub magnet (a) sejenis dan (b) tidak sejenis

2. Medan Magnetik di Sekitar Kawat Berarus Listrik (Induksi Magnetik)

Kumparan kawat berinti besi yang dialiri listrik dapat menarik besi dan baja. Hal ini menunjukkan bahwa kumparan kawat berarus listrik dapat menghasilkan medan magnetik. Medan magnetik juga dapat ditimbulkan oleh kawat penghantar lurus yang dialiri listrik. Hal ini pertama kali diselidiki oleh *Hans Christian Oersted* (1777-1851), dengan percobaan sebagai berikut.



Sumber: <http://unitedscience.wordpress.com>
Gambar 3.21 Perubahan penyimpangan kutub magnet di sekitar kawat berarus.

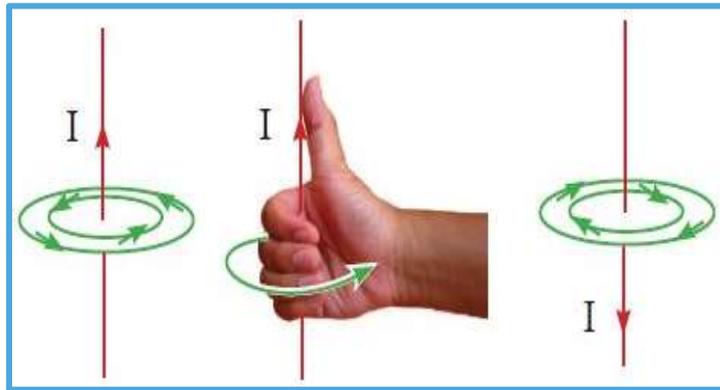
Keterangan:

I = arus listrik

- (a) Kutub utara-selatan jarum kompas sebelum kawat dialiri arus listrik berimpit dengan kawat yang ada di atasnya.
- (b) Penghantar dialiri arus listrik dari arah utara, kutub utara jarum kompas menyimpang ke timur.
- (c) Penghantar dialiri arus listrik dari arah selatan, kutub utara jarum kompas menyimpang ke barat.

Berdasarkan hasil percobaan tersebut terbukti bahwa di sekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnetik. Pada saat arus listrik yang mengalir dalam penghantar diperbesar, ternyata kutub utara jarum kompas menyimpang lebih jauh. Hal ini berarti semakin besar arus listrik yang digunakan, semakin besar medan magnetik yang dihasilkan. Percobaan ini dikenal dengan percobaan *Oersted*. Caranya adalah dengan mengamati pergerakan jarum kompas saat diletakkan di dekat kabel yang dialiri arus listrik.

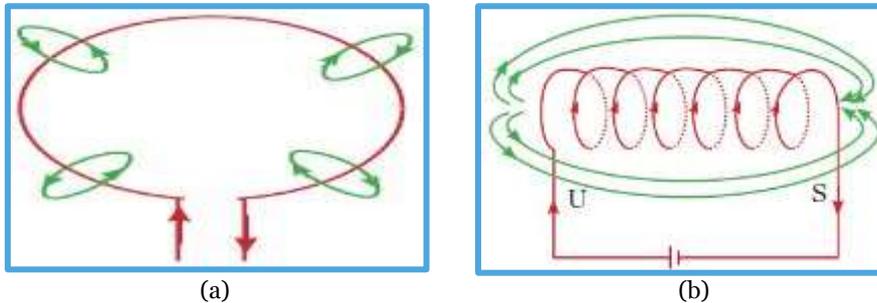
Arah medan magnetik di sekitar kawat penghantar lurus berarus listrik dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan seperti Gambar 3.21. Jika arah ibu jari menunjukkan arah arus listrik (I), arah keempat jari yang lain menunjukkan arah medan magnetik (B).



Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

Gambar 3.22 Arah panah yang mengelilingi kawat menunjukkan medan magnet di sekitar kawat berarus

Jika pada kawat lurus, medan magnet terbentuk melingkari arah arus, bagaimana dengan kabel yang dibentuk melingkar dan kumparan? Kaidah tangan kanan ini juga dapat digunakan untuk menentukan arah medan magnetik pada penghantar berbentuk lingkaran dan kumparan yang dialiri listrik. Perhatikan Gambar 3.23.



(a)

(b)

Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

Gambar 3.23 Arah medan magnet di sekitar kawat berarus (a) lingkaran dan (b) kumparan

Pada kabel yang dibentuk melingkar (Gambar 3.23a) medan magnet tampak melingkari kabel, tetapi pada kumparan (Gambar 3.23b) medan magnetnya seolah-olah membentuk kutub utara dan selatan pada ujung-ujungnya, persis seperti pada magnet batang.

Bintang IPA



Sumber:
<http://www.onthisday.com>

Gambar 3.24
Hans Christian Oersted

Hans Christian Oersted (1777-1851) adalah ahli fisika dari Denmark. Ia berhasil mengungkap misteri hubungan antara listrik dan magnet. Oersted berhasil membuktikan bahwa penghantar yang berarus listrik dapat menghasilkan medan magnetik. Oersted juga menemukan elektromagnet, yaitu kemagnetan yang dihasilkan oleh arus listrik. Penemuan Oersted ini diterapkan pada alat pengangkat besi, telepon, relai, dan alat ukur listrik.



Uji Kompetensi 3.2

1. Apakah pengaruh arah arus listrik terhadap arah medan magnet?
2. Heri membenarkan kawat penghantar berbentuk lingkaran Rizky yang dipatahkannya untuk melakukan percobaan Oersted. Dimanakah titik yang memiliki medan magnet paling kuat pada kawat melingkar berarus listrik?
3. Bagaimanakah pola medan magnet dari kawat berarus listrik?
4. Tuliskan ayat yang menjelaskan tentang medan magnet?



Lembar Kerja 3.1

Lakukan percobaan berikut dengan cermat, teliti, hati-hati, dan disiplin sesuai petunjuk kerja. Tuliskan hasil percobaan secara jujur, kemudian ambil kesimpulan dari hasil percobaan.

Medan Magnet

Tujuan:

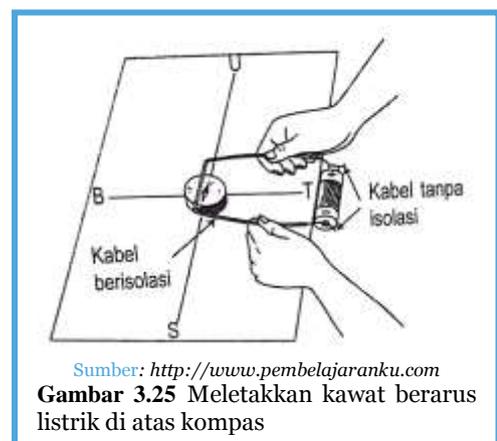
Membuktikan di sekitar arus listrik terdapat medan magnet.

Alat dan Bahan:

- Baterai 1,5 V (2 buah)
- Kabel berisolasi
- Kompas
- Kertas putih
- Karet gelang
- Gunting

Langkah kerja:

1. Siapkanlah selembar kertas putih di atas meja. Buat dua garis saling berpotongan. Berilah tanda dengan huruf U-S (untuk arah Utara-Selatan) dan B-T (untuk arah Barat-Timur).
2. Letakkanlah sebuah kompas tepat di titik potong kedua garis tersebut. Amatilah kedudukan kutub-kutub (ujung-ujung) jarum kompas. Catatlah data hasil pengamatanmu.
3. Kupaslah kedua ujung kabel dengan menggunakan sebuah gunting. Hubungkanlah kedua ujung kabel yang telah dikupas tersebut pada masing-masing kutub baterai (seperti pada gambar). Amatilah kedudukan kutub-kutub jarum kompas. Apa yang terjadi pada kedua kutub jarum kompas tersebut? Catatlah data hasil pengamatanmu.
4. Ulangilah percobaan pada langkah nomor 2 dan 3, tetapi posisi ujung kabel dibalik. Apa yang terjadi? Catatlah data hasil pengamatanmu.
5. Ulangilah percobaan pada langkah nomor 2-4, tetapi dengan menggunakan 2 baterai (3 volt). Apa yang terjadi? Mengapa demikian? Catatlah data hasil pengamatanmu.



6. Apa yang dapat kamu simpulkan dari hasil pengamatanmu tersebut?

Tabel Pengamatan:

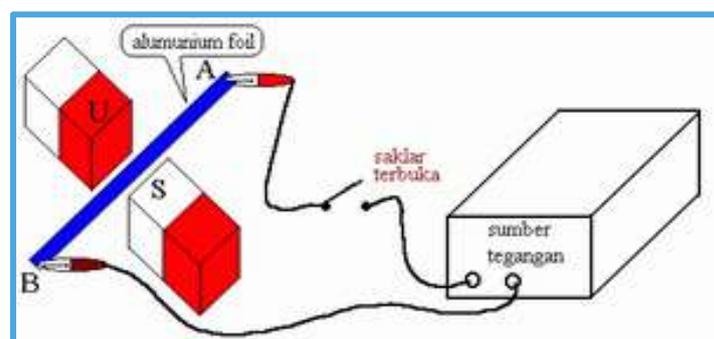
No.	Sumber Tegangan	Arah Arus Listrik	Arah Simpangan Kutub Utara Jarum Kompas	Keterangan
1.	1,5 V	U ke S		
2.	1,5 V	S ke U		
3.	3 V	U ke S		
4.	3 V	S ke U		

Pertanyaan:

1. Pada saat arus listrik mengalir dari utara ke selatan, ke manakah arah simpangan kutub utara jarum kompas?
2. Pada saat arus listrik mengalir dari selatan ke utara, ke manakah arah simpangan kutub utara jarum kompas?
3. Apa yang terjadi pada saat sumber arus listrik diperbesar? Apa pengaruhnya terhadap simpangan kutub utara jarum kompas? Mengapa demikian?
4. Apa yang terjadi ketika tiba-tiba salah satu ujung kabel dilepas dari kutub baterai? Mengapa demikian?
5. Apa pengaruh kuat arus listrik terhadap medan magnet yang terbentuk?

D. Gaya Lorentz

Pernahkah kamu melihat bor listrik? Mengapa bor listrik yang dialiri arus listrik dapat menyebabkan bor listrik tersebut berputar? Bor listrik merupakan alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Prinsip kerja bor listrik berdasarkan gaya Lorentz. Bagaimana gaya Lorentz dapat terjadi dan faktor-faktor apakah yang mempengaruhi besar gaya Lorentz?



Sumber: <http://ahmadsucronn.blogspot.co.id>

Gambar 3.26 Percobaan yang menunjukkan gaya Lorentz

Gaya Lorentz terjadi apabila kawat penghantar berarus listrik berada di dalam medan magnetik. Besar gaya Lorentz bergantung pada besar medan magnetik, panjang penghantar, dan besar arus listrik yang mengalir dalam kawat penghantar. Besar gaya Lorentz dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$F = I\ell B \sin \theta \quad [3.1]$$

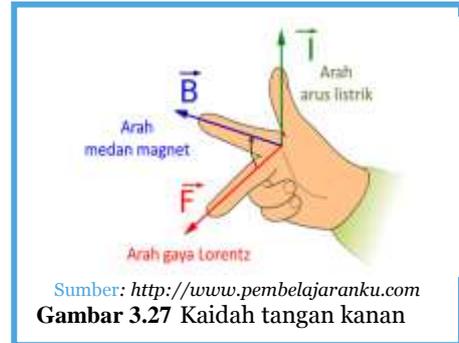
Jika arah arusnya tegak lurus terhadap medan ($\theta = 90^\circ$), maka besar gaya Lorentz adalah:

$$F = I\ell B \quad [3.2]$$

dengan:

- F = gaya Lorentz (N)
- B = kuat medan magnet (T)
- I = kuat arus listrik (A)
- ℓ = panjang kawat penghantar (m)

Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Jika ibu jari menunjukkan arah arus listrik (I) dan jari telunjuk menunjukkan arah medan magnetik (B), jari tengah menunjukkan arah gaya Lorentz (F).



Peralatan dalam kehidupan sehari-hari yang memanfaatkan gaya Lorentz, antara lain bor listrik, kipas angin, *blender*, *mixer*, *hair dryer*, mesin penyedot air, dan mesin cuci.

Contoh 2.4

- Gilang ikut membantu kerja sama di masjid dengan mengebor tembok menggunakan bor listrik. Jika dalam bor listrik terdapat kawat tembaga sepanjang 10 m yang dialiri arus listrik sebesar 5 mA dan besar medan magnet sebesar 8 Tesla, berapakah gaya Lorentz yang timbul?

Penyelesaian:

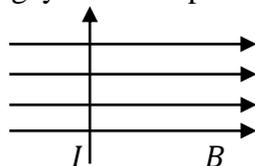
Diketahui : $\ell = 10$ m
 $I = 5$ mA = 0,005 A
 $B = 8$ T

Ditanya : F ?

Jawab : $F = I\ell B$
 $F = 8 \cdot 0,005 \cdot 10$
 $F = 0,4$ N

Jadi, gaya Lorentz yang ditimbulkan sebesar 0,4 N.

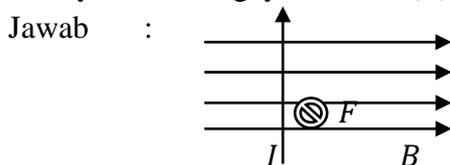
- Tentukan arah gaya Lorentz pada gambar di bawah!



Penyelesaian:

Diketahui : Arah arus listrik (I) = keatas
 Arah medan magnetik (B) = kekanan

Ditanya : Arah gaya Lorentz (F)?

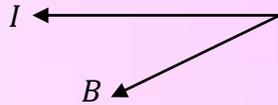


Jadi, arah gaya Lorentz masuk ke bidang.



Uji Kompetensi 3.3

1. Ayu membantu ibunya berjualan memblender jus. Jika saat memblender dialiri arus listrik sebesar $800 \mu\text{A}$ yang memiliki panjang kawat penghantar 200 cm berada dalam medan magnetik sehingga menimbulkan gaya Lorentz sebesar 48 N . Berapa kuat medan magnetik yang digunakan?
2. Jika B menyatakan kuat medan magnetik dan I menyatakan kuat arus listrik, tentukan arah gaya Lorentz pada gambar berikut!



3. Sebutkan empat peralatan dalam kehidupan sehari-hari yang prinsip kerjanya berdasarkan gaya Lorentz?

E. Induksi Elektromagnetik

Kita sudah belajar tentang beberapa fenomena yang berkaitan dengan listrik dan magnet. Misal, di sekitar kawat berarus listrik terjadi medan magnetik (induksi magnetik). Jika kamu ingat untuk memahami gaya Lorentz, tentunya kamu ingat bahwa gaya dapat terjadi pada arus listrik di sekitar medan magnetik. Pembahasan lebih lanjut tentang elektromagnetik dilakukan dengan membahas konsep perubahan medan magnetik dapat menghasilkan listrik, yang disebut *induksi elektromagnetik*.

Peristiwa induksi elektromagnetik ini dilakukan oleh **Michael Faraday**. Ia melakukan penyelidikan tentang hubungan antara kelistrikan dan kemagnetan, kemudian mengemukakan hipotesis bahwa "*perubahan medan magnetik dapat menghasilkan arus listrik*". Untuk membuktikan hipotesisnya, Faraday kemudian melakukan eksperimen dengan menggerakkan magnet batang masuk-keluar dalam kumparan kawat yang kedua ujungnya dihubungkan dengan galvanometer. Percobaan Faraday tersebut dapat kamu lakukan dengan Jelajah Konsep 3.4.



Jelajah Konsep 3.4

Lakukan percobaan ini dengan cermat dan teliti sesuai dengan petunjuk kegiatan.

Menyelidiki Peristiwa Induksi elektromagnetik

Sediakan:

Kawat tembaga sepanjang 10 m , magnet batang (2 buah), pipa, dan galvanometer.

Langkah Kerja:

1. Buatlah dua kumparan kawat tembaga pada pipa masing-masing dengan 40 lilitan dan 100 lilitan.
2. Hubungkanlah kedua ujung kumparan dengan 40 lilitan pada galvanometer. Kemudian gerakkanlah kutub utara magnet batang masuk-keluar ke dalam kumparan itu. Amatilah arah gerakan jarum galvanometer selama magnet kamu gerakkan masuk-keluar dalam kumparan.

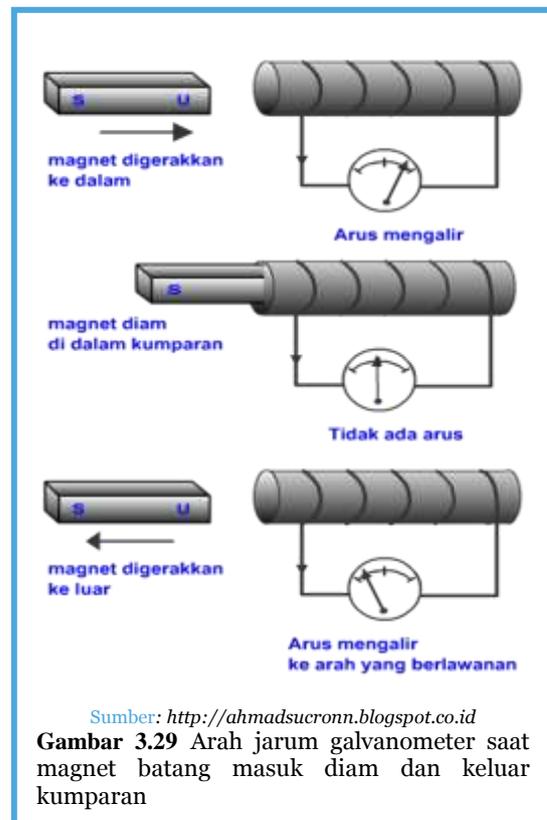
3. Masukkanlah kutub utara magnet batang ke dalam kumparan, kemudian diamkan. Bagaimana keadaan jarum galvanometer? Catatlah data hasil pengamatanmu.
4. Ulangilah langkah nomor 3 dengan menggunakan kumparan 100 lilitan. Bagaimana penyimpangan jarum galvanometer dibandingkan pada percobaan dengan 40 lilitan?
5. Ulangilah langkah nomor 4, tetapi gerakkan magnet masuk-keluar kumparan dengan cepat. Apakah jarum galvanometer menyimpang lebih jauh?
6. Ulangilah percobaan pada langkah nomor 4, tetapi kekuatan magnet diperbesar misalnya dengan menggunakan dua kutub utara magnet batang. Apakah jarum galvanometer menyimpang lebih jauh dibandingkan dengan langkah percobaan nomor 5?



7. Kesimpulan apa yang kamu peroleh dari percobaan ini?

Pada saat kutub utara magnet batang digerakkan masuk ke dalam kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kanan (Gambar 3.29). Hal ini menunjukkan bahwa di dalam rangkaian mengalir arus listrik. Arus listrik ini terjadi karena adanya gaya gerak listrik induksi sebagai akibat perubahan jumlah garis gaya magnetik yang dilingkupi oleh kumparan sehingga disebut *induksi elektromagnetik*. Ketika kutub utara magnet batang dikeluarkan dari kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kiri. Hal ini berarti arus listrik yang mengalir dalam rangkaian, arahnya berubah. Demikian halnya jika kutub selatan magnet batang yang dimasukkan-keluarkan ke dalam kumparan, arah penyimpangan jarum galvanometer akan berlawanan.

Magnet batang yang diam di dalam kumparan tidak menyebabkan jarum galvanometer menyimpang (Gambar 3.29). Hal ini terjadi karena di dalam kumparan tidak terjadi penjumlahan garis gaya magnetik sehingga tidak menimbulkan arus listrik.



Pada saat kutub utara magnet dimasukkan ke dalam kumparan 100 lilitan, ternyata jarum galvanometer menyimpang lebih jauh dibanding jika dimasukkan ke dalam kumparan 40 lilitan. Hal ini menunjukkan bahwa arus listrik yang dihasilkan oleh kumparan 100 lilitan lebih besar daripada arus listrik yang dihasilkan oleh kumparan 40 lilitan. Simpangan jarum galvanometer juga semakin jauh pada saat gerakan magnet batang dalam kumparan dipercepat, dan kekuatan medan magnetik diperbesar.

Berdasarkan hasil percobaan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa *gaya gerak listrik induksi dapat diperbesar dengan cara memperbanyak jumlah lilitan kumparan, mempercepat gerakan magnet ke dalam atau ke luar kumparan, dan memperbesar kuat medan magnetik*. Gaya gerak listrik induksi juga dapat diperbesar dengan cara melengkapi kumparan dengan inti besi.

Kajian Islam

Jika kita perhatikan percobaan *Michael Faraday* ini memberikan pelajaran penting bagi kita, yaitu adanya hasil harus didahului dengan usaha.

Manusia adalah kumparan hidup yang berada di dalam medan magnet bumi. Jika ia mampu menciptakan perubahan pada dirinya maka akan menghasilkan tegangan dan arus induksi pada dalam dirinya. Usaha untuk menciptakan perubahan kehidupan seperti rizki dalam diri manusia tidak lain adalah ikhtiyar. Tidak heran jika Allah SWT memerintahkan kepada kita agar selalu ikhtiyar untuk menciptakan perubahan kehidupan dalam diri manusia sebelum bertawakkal.

Dalil yang menunjukkan perintah ikhtiyar telah ditunjukkan di beberapa ayat Al-Qur'an, salah satunya surat ar-Ra'd ayat 11 sebagai berikut.

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنفُسِهِمْ ...

Artinya: “Sesungguhnya Allah tidak merubah Keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri...”. (QS. Ar-Ra'd: 11)

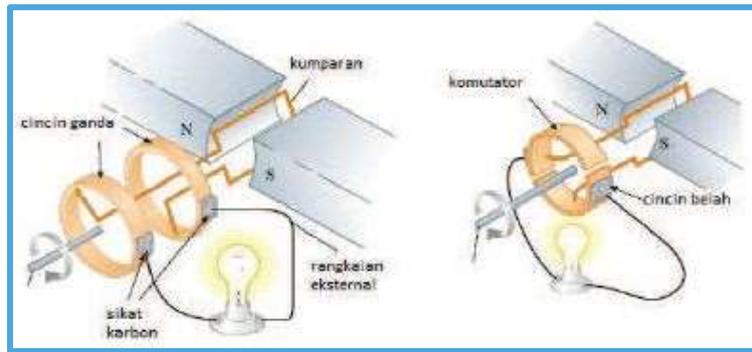
Pada Departemen Agama RI (Jilid V) ayat diatas, menunjukkan bahwa Tuhan tidak akan merubah keadaan mereka, selama mereka tidak merubah sebab-sebab kemunduran mereka. Ikhtiyar adalah usaha seseorang untuk memperoleh apa yang dikehendakinya. Bagi seorang muslim melakukan ikhtiyar berarti menjalankan perintah Allah. Karena rizki yang Allah sediakan tidak diberikan secara cuma-cuma.

Bagaimana dan di mana kamu menemukan penerapan induksi elektromagnetik? Alat-alat apa saja yang menggunakan prinsip kerja induksi elektromagnetik? Agar mengetahui jawabannya, ayo kita pelajari uraian berikut.

1. Generator

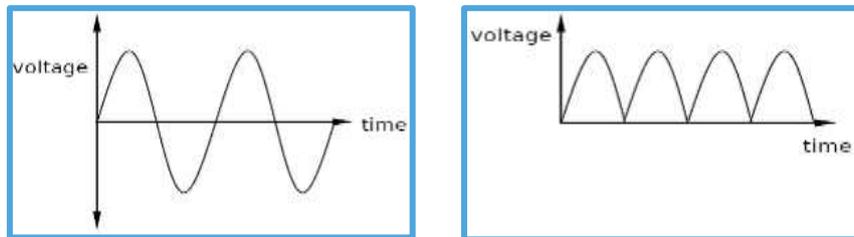
Generator adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi gerak (kinetik) menjadi energi listrik. Energi gerak yang dimiliki generator dapat diperoleh dari berbagai sumber energi alternatif, misalnya dari energi angin, energi air, dan sebagainya. Generator dibedakan menjadi dua macam, yaitu generator AC (*Alternating Current*) dan generator DC (*Direct Current*). Generator AC atau alternator dapat menghasilkan arus listrik bolak-balik dengan

cara menggunakan cincin ganda. Sedangkan generator DC dapat menghasilkan arus listrik searah dengan cara menggunakan komutator (cincin belah). Cincin belah atau komutator pada generator arus searah ini berfungsi sebagai penukar atau pengubah arah arus listrik. Bagian-bagian utama generator arus listrik searah adalah magnet batang, kumparan, cincin belah, dan sikat karbon.



(a) Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

Gambar 3.30 (a) Generator AC dan (b) generator DC



(a) Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

Gambar 3.31 (a) Bentuk arus bolak-balik (AC) dan (b) bentuk arus searah (DC)



Fokus IPA

Bendungan Air

Generator merupakan alat yang dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Pembangkit yang ada di Indonesia sebagian besar menggunakan tenaga air. Namun, ada pula generator yang digerakkan oleh tenaga uap, tenaga diesel, batu bara.

Pembangkit listrik tenaga air memanfaatkan air terjun yang biasanya diperoleh dari air yang berada di dalam bendungan yang dialirkan dengan sudut kemiringan tertentu. Energi potensial air tersebut menggerakkan turbin, yang kemudian menggerakkan kumparan dalam generator. Kumparan yang bergerak dalam medan magnetik menghasilkan GGL induksi sehingga menghasilkan arus listrik bolak-balik.

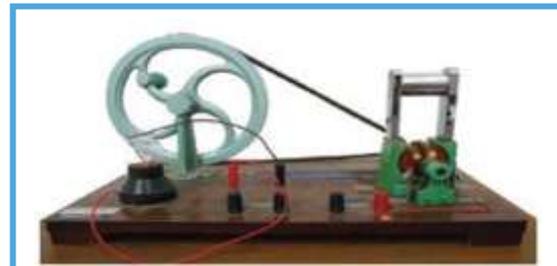
2. Dinamo

Dinamo adalah generator yang relatif kecil. Istilah dinamo sering kita dengar dalam kehidupan sehari-hari. Dinamo dapat kita jumpai pada perlengkapan lampu sepeda. Mengapa lampu sepeda kayuh dapat menyala meskipun tidak diberi baterai? Mengapa nyala lampu akan semakin terang apabila kita mengayuh pedal sepeda dengan lebih cepat? Ternyata pada

sepeda terdapat dinamo yang berfungsi sebagai sumber energi listrik untuk menyalakan lampu. *Dinamo* adalah alat yang berfungsi untuk merubah energi gerak menjadi listrik.

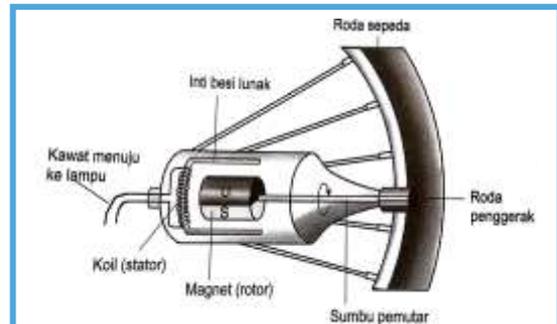
Apabila kamu pernah membuka bagian dalam sebuah dinamo sepeda, kamu akan mendapatkan dua komponen penting, yaitu magnet silinder sebagai rotor (bagian yang berputar) dan kumparan kawat tembaga yang dilengkapi inti besi sebagai strator (bagian yang tidak bergerak).

Pada saat dinamo digunakan untuk menyalakan lampu sepeda, kepala dinamo dihubungkan dengan ban sepeda sehingga ketika roda sepeda berputar, poros dinamo tersebut juga ikut berputar. Akibatnya, magnet silinder yang ada di dalam kumparan juga berputar. Perputaran magnet di dalam kumparan ini menimbulkan perubahan jumlah garis gaya magnetik. Inilah yang menyebabkan terjadinya gaya gerak listrik (GGL) induksi pada ujung-ujung kumparan dan menghasilkan arus listrik induksi yang dapat menyalakan lampu sepeda. Arus listrik induksi ini akan semakin besar jika roda sepeda bergerak lebih cepat.



Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

Gambar 3.32 Dinamo AC/DC



Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

Gambar 3.33 Diagram dinamo sepeda



Fokus IPA

Alat Pemicu Denyut Jantung

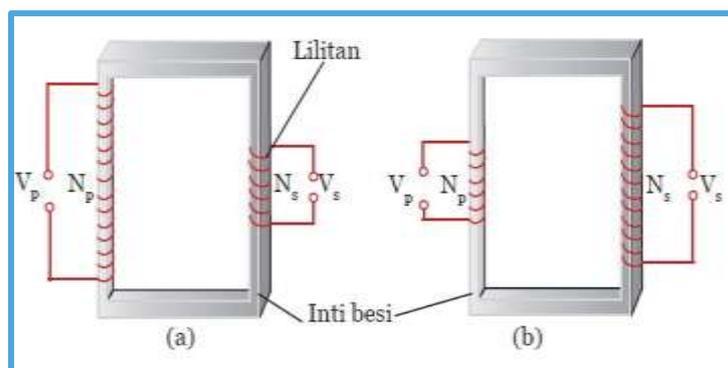
Alat untuk pemicu jantung menggunakan kabel *pacemaker transvena*, yaitu kabel logam terisolasi yang dimasukkan ke dalam pembuluh vena menuju jantung agar peralatan listrik eksternal dapat tersambung. Kabel *pacemaker* tersebut digunakan untuk memicu denyut jantung ketika *pacemaker* jantung rusak atau tidak beroperasi dengan efektif.

3. Transformator (Trafo)

Masih ingatkah kamu bahwa sebelum dialirkan ke rumah-rumah penduduk, tegangan listrik dari PLN harus diturunkan? Bagaimana cara menurunkan atau menaikkan tegangan listrik? Salah satu caranya adalah dengan menggunakan transformator.

Transformator adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik bolak-balik. Transformator tidak dapat digunakan pada tegangan listrik searah. Transformator ada dua macam, yaitu transformator penaik tegangan (*step-up*) dan transformator penurun tegangan (*step-down*). Bagian-bagian utama transformator ada tiga macam, yaitu kumparan primer yang dihubungkan ke tegangan sumber, kumparan sekunder yang menghasilkan tegangan keluaran, dan inti besi.

Inti besi pada transformator terbuat dari susunan pelat-pelat besi tipis. Hal ini bertujuan untuk memperkecil arus pusaran yang dapat menimbulkan panas. Dengan demikian, energi listrik yang berubah menjadi panas dapat diperkecil. Semakin kecil energi listrik yang berubah menjadi energi kalor, semakin tinggi daya transformator.



Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>

Gambar 3.34 (a) Transformator *Step Down* dan (b) Transformator *Step Up*

a. Transformator Penaik Tegangan (*step-up*)

Transformator *step-up* digunakan untuk menaikkan tegangan bolak-balik. Transformator ini biasanya dipasang di dekat generator sebelum dayanya ditransmisikan ke konsumen. Transformator penaik tegangan memiliki ciri-ciri, antara lain: (1) jumlah lilitan sekunder lebih banyak daripada jumlah lilitan primer, (2) tegangan sekunder lebih besar daripada tegangan primer, dan (3) kuat arus sekunder lebih kecil daripada kuat arus primer.

b. Transformator penurun tegangan (*step-down*)

Transformator *step-down* digunakan untuk menurunkan tegangan bolak-balik. Transformator *step-down* biasanya dipasang di gardu induk. Ciri-ciri transformator penurun tegangan (*step-down*), antara lain: (1) jumlah lilitan sekunder lebih sedikit daripada jumlah lilitan primer, (2) tegangan sekunder lebih kecil daripada tegangan primer, dan (3) kuat arus sekunder lebih besar daripada kuat arus primer.

Kumparan primer dihubungkan ke sumber tegangan bolak-balik yang memiliki arah dan besarnya selalu berubah-ubah. Akibatnya, pada inti besi terjadi perubahan medan magnetik yang besar dan arahnya juga berubah-ubah.

Perubahan medan magnetik pada inti besi ini menimbulkan tegangan induksi pada kumparan sekunder. Besar tegangan yang dihasilkan kumparan sekunder bergantung pada besar tegangan kumparan primer dengan perbandingan jumlah lilitan kumparan primer dan kumparan sekunder.

Hubungan antara jumlah lilitan kumparan dan gaya gerak listrik induksi (tegangan) pada kumparan primer dan sekunder dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \tag{3.3}$$

dengan:

- N_p = jumlah lilitan kumparan primer
- N_s = jumlah lilitan kumparan sekunder
- V_p = tegangan *pada* kumparan primer (V)
- V_s = *tegangan* pada kumparan sekunder (V)

Adapun hubungan antara tegangan dan kuat arus listrik pada kumparan primer dan sekunder dapat ditentukan dengan menganggap transformator bersifat ideal. Pada transformator ideal berlaku hubungan berikut.

$$P_p = P_s \quad [3.4]$$

$$V_p I_p = V_s I_s \quad [3.5]$$

Sehingga,

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} \quad [3.6]$$

dengan:

V_p = tegangan pada kumparan primer (V)

V_s = tegangan pada kumparan sekunder (V)

I_p = kuat arus primer (A)

I_s = kuat arus sekunder (A)

P_p = daya primer (W)

P_s = daya sekunder (W)

c. Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator bergantung pada daya listrik yang dihasilkan oleh kumparan sekunder dan daya listrik yang dihasilkan oleh kumparan primer. Dengan kata lain, *efisiensi transformator* adalah perbandingan antara daya pada kumparan sekunder dengan daya pada kumparan primer sebuah transformator. Efisiensi transformator selalu kurang dari 100% sebab saat digunakan, transformator selalu menghasilkan panas. Efisiensi transformator dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\% \quad [3.7]$$

dengan:

η = efisiensi transformator (%)

P_p = daya primer (W)

P_s = daya sekunder (W)

Contoh 3.1

- Anton membelikan trafo (*step-up*) untuk ayahnya yang sedang memperbaiki TV. Apabila perbandingan jumlah lilitan kumparan primer dan kumparan sekunder trafo adalah 2 : 5 yang dihubungkan dengan sumber arus bolak-balik 220 volt, berapa tegangan sekundernya?

Penyelesaian:

$$\text{Diketahui : } \frac{N_p}{N_s} = \frac{2}{5}$$

$$V_p = 220 \text{ V}$$

$$\text{Ditanya : } V_s?$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab} \quad : \quad \frac{N_p}{N_s} &= \frac{V_p}{V_s} \Rightarrow \frac{2}{5} = \frac{220}{V_s} \\ 2V_s &= (220)(5) \\ V_s &= \frac{1.100}{2} \\ V_s &= 550 \text{ V} \end{aligned}$$

2. Sebuah transformator penurun tegangan dihubungkan dengan sumber tegangan 6.000 V. Jika arus listrik yang mengalir pada kumparan primer 5 A dan daya listrik pada kumparan sekunder 27.000 W, tentukan efisiensi transformator tersebut?

Penyelesaian:

Diketahui : $V_p = 6.000 \text{ V}$

$$I_p = 5 \text{ A}$$

$$P_s = 27.000 \text{ W}$$

Ditanya : η ?

$$\text{Jawab} \quad : \quad \eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_s}{V_p I_p} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{27.000}{(6.000)(5)} \times 100\%$$

$$\eta = 0,9 \times 100\%$$

$$\eta = 90\%$$

F. Kemagnetan dalam Produk Teknologi

Magnet banyak digunakan dalam berbagai produk teknologi, salah satunya yang paling populer adalah dalam teknologi kedokteran, seperti MRI. Tahukah kamu, bagaimana cara seorang dokter untuk mendeteksi adanya penyakit dalam tubuh pasien? Hingga kini, salah satu cara yang dianggap paling aman untuk mendeteksi penyakit adalah dengan menggunakan MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) yang menggunakan prinsip kerja kemagnetan.

Kajian Islam

Magnet seperti besi yang sudah diciptakan Allah SWT mempunyai manfaat dalam kehidupan. Sebagaimana surat al-Hadid ayat 25 berikut ini.

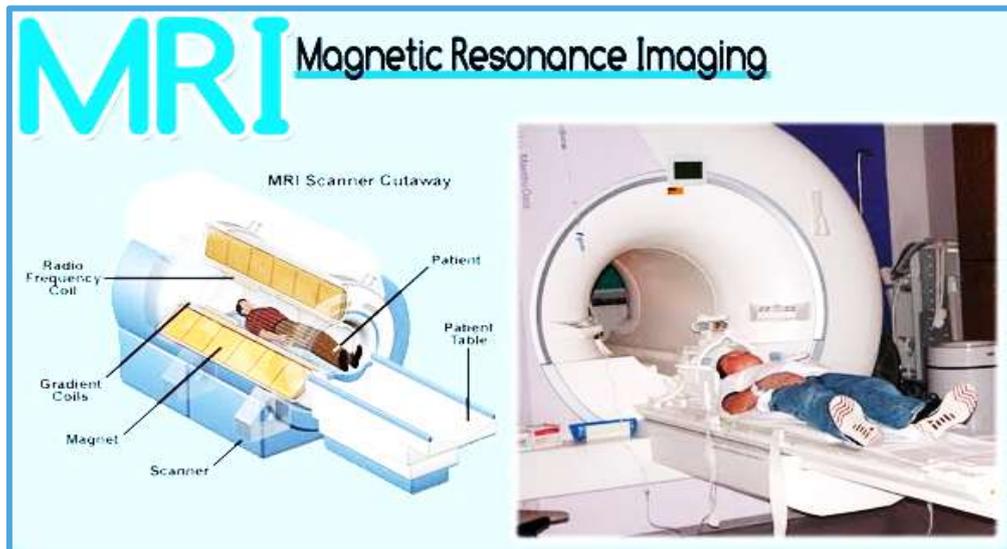
”... وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ ...”

Artinya: “... Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) ...”. (QS. Al-Hadid:25)

Pada tafsir al-Misbah (Volume 13) kata “أنزلنا” yang berarti “kami turunkan” khusus digunakan untuk besi, dalam ayat ini dapat diartikan secara kiasan untuk menjelaskan bahwa besi diciptakan untuk memberi manfaat bagi manusia. Ayat ini mengungkapkan tentang penciptaan besi, kekuatan besi dan manfaat besi bagi manusia. Pada konsep fisika, besi merupakan salah bahan yang dapat digunakan untuk membuat magnet.

Manfaat besi dalam kehidupan yang bisa kita ketahui, misalnya: gedung pencakar langit, jembatan, peralatan kendaraan, alat pertanian, dan segala jenis mesin. Hal ini dibuktikan oleh *Joseph Henry* penemu bel listrik dan relay, *Michael Faraday* penemu dinamo. Semua fakta ini merupakan salah satu bukti kekuasaan Allah SWT.

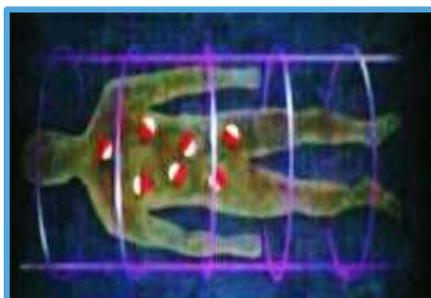
Bagaimanakah cara kerja MRI hingga dapat mencitrakan kondisi kesehatan tulang manusia tanpa melalui prosedur pembedahan? Cermatilah penjelasan berikut.



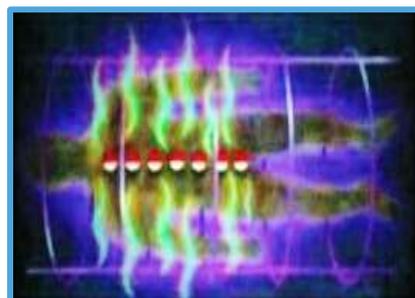
Sumber: <http://www.pembelajaranku.com>
Gambar 3.35 MRI (Magnetic Resonance Imaging)

1. MRI (Magnetic Resonance Imaging)

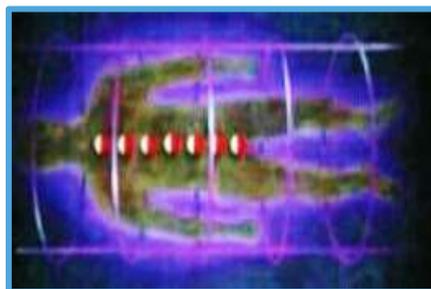
Orang yang akan dicek kesehatannya dimasukkan ke dalam medan magnet yang memiliki kekuatan 5000 kali lipat lebih kuat dari medan magnet bumi. Medan magnet sebesar ini mengakibatkan nukleon tubuh berputar dan berbaris sejajar menjadi jarum kompas (Gambar 3.36a). Nukleon tersebut kemudian ditembak dengan gelombang radio untuk menginduksi arahnya (Gambar 3.36b).



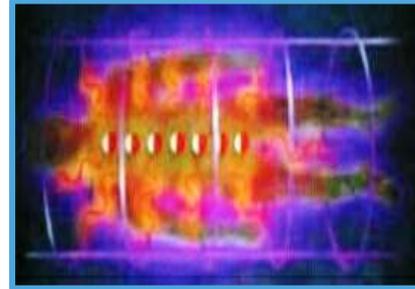
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Sumber: <http://nationalgeographicchannel.com>

Gambar 3.36 Cek kesehatan dengan menggunakan MRI

Saat arahnya sejajar (Gambar 3.36c), nukleon-nukleon tersebut akan memancarkan gelombang radio yang arahnya diterima komputer sebagai pecitraan kondisi dalam tubuh (Gambar 3.36e). Teknik ini jauh lebih aman dibanding dengan Roentgen (sinar X). Lebih dari sekedar mendeteksi ada tidaknya penyakit seperti tumor, MRI dapat digunakan untuk merekam pikiran manusia. Misalnya untuk merekam bagian otak yang menanggapi rangsang panas atau dingin. Selain itu, MRI juga dapat digunakan untuk melakukan deteksi dini terhadap gejala epilepsi.

Ilmuwan Sains Muslim Kita



Gambar 3.37 Abu 'Ali al-Husayn bin 'Abdullah bin Sina

Tahukah kamu bahwa jauh sebelum adanya teknologi kedokteran modern MRI (*Magnetic Resonance Imaging*), ada seorang ilmuwan muslim yang sudah memberikan karya besar tentang pengobatan yaitu *Abu 'Ali al-Husayn bin 'Abdullah bin Sina*.

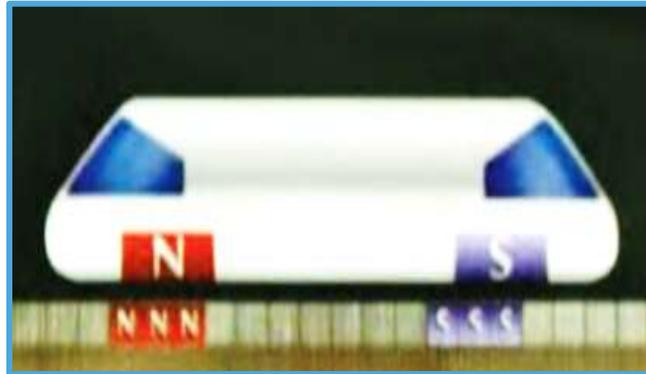
Dia merupakan ilmuwan muslim yang lahir pada 980 di Afsyahnah daerah dekat Bukhara, sekarang wilayah Uzbekistan (kemudian Persia), dan meninggal pada bulan Juni 1037 di Hamadan, Persia (Iran).

Ibnu Sina dikenal sebagai Avicenna di Dunia Barat adalah seorang filsuf, ilmuwan, dan juga dokter kelahiran Persia (sekarang sudah menjadi Urbakistan). Ia juga seorang penulis yang produktif dimana sebagian besar karyanya adalah tentang filosofi dan pengobatan. Bagi banyak orang, beliau adalah “Bapak Pengobatan Modern”. Karyanya yang sangat terkenal adalah *Qanun fi Thib* yang merupakan rujukan di bidang kedokteran selama berabad-abad.

Sumber: <http://dispersi.wordpress.com>

2. Kereta Maglev

Maglev merupakan kependekan dari *magnetically levitated* atau kereta terbang. Kereta maglev diterbangkan kurang lebih 10 mm di atas relnya. Meskipun rel dan kereta tidak menempel, kereta maglev yang super cepat yakni mampu melaju hingga 650 km/jam, tidak akan terjatuh dan tergelincir. Hal ini disebabkan kereta maglev menerapkan prinsip gaya tolak



Sumber: <http://nationalgeographicchannel.com>

Gambar 3.38 Kereta Maglev

Kereta maglev telah menjadi alat transportasi massal di beberapa negara maju seperti Jepang, Amerika, China, dan beberapa negara di Eropa seperti Prancis, Jerman, dan London. Di Jepang, kereta yang menggunakan prinsip ini, yaitu kereta Shinkansen yang menghubungkan kota Tokyo, Nagoya, dan Osaka.



(a)



(b)

Sumber: <https://japanestation.com>

Gambar 3.39 (a) Kereta Shinkansen Jepang dan (b) Interior dalam Kereta Shinkansen saat Uji Coba

Ayo, Kita Renungkan

Kemagnetan merupakan hal yang tidak dapat terlepas dari kehidupan manusia dan makhluk lain penghuni alam semesta ini. Bumi sendiri merupakan magnet terbesar yang dapat memberi manfaat besar bagi manusia. Magnet bumi memungkinkan manusia untuk menggunakan kompas sebagai penunjuk arah. Perkembangan teknologi selanjutnya yang terinspirasi dari prinsip kemagnetan bumi menghasilkan berbagai penerapan magnet di bidang teknologi. Hal ini banyak membantu aktivitas manusia dengan berbagai peralatan yang bermanfaat bagi kehidupan. Tuhan menyediakan banyak pelajaran di alam semesta, jangan pernah berhenti untuk belajar dari alam, dan jadilah para penemu hebat selanjutnya.



RANGKUMAN

1. Magnet adalah suatu benda yang dapat menarik benda-benda yang terbuat dari besi, baja, dan logam-logam tertentu.
2. Magnet yang terbuat dari besi, telah dijelaskan dalam Al-Qur'an surat Al-Hadid ayat 25 sebagai berikut.

”... وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ...” ﴿٢٥﴾

Artinya: “... Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) ...”. (QS. Al-Hadid:25)

3. Gaya magnet ditimbulkan oleh gerakan muatan listrik seperti elektron dan proton (partikel elementer penyusun magnet).
4. Berdasarkan kemagnetannya, benda magnet dibagi menjadi tiga, yaitu feromagnetik, paramagnetik, dan diamagnetik.
 - a. Feromagnetik adalah bahan (benda) yang dapat ditarik kuat oleh magnet.
 - b. Paramagnetik adalah bahan (benda) yang dapat ditarik lemah oleh magnet.
 - c. Diamagnetik adalah bahan (benda) yang tidak dapat ditarik oleh magnet.
5. Magnet memiliki sifat-sifat, yaitu: dapat menarik benda logam tertentu, gaya tarik magnet terbesar terletak pada kedua kutubnya, selalu menunjukkan arah utara dan selatan, memiliki dua kutub magnet, kutub-kutub magnet yang tidak sejenis tarik-menarik, dan kutub-kutub magnet yang sejenis tolak-menolak.
6. Interaksi antara kutub-kutub magnet ada dua, yaitu kutub sejenis akan tolak-menolak dan kutub tidak sejenis akan tarik-menarik. Konsep dari interaksi antara kutub-kutub magnet sudah di jelaskan dalam Al-Qur'an surat Yasin ayat 36 sebagai berikut.

سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui”. (QS. Yasin: 36)

7. Magnet dapat dibuat dengan cara menggosok, induksi (mendekatkan), dan induksi elektromagnetik.
8. Sifat kemagnetan benda dapat dihilangkan dengan cara memukul-mukul, memanaskan, dan meliliti magnet dengan arus searah atau AC. Pada prinsipnya, sifat kemagnetan dapat dihilangkan dengan cara mengacak arah magnet elementer.
9. Bumi adalah magnet raksasa. Sama seperti magnet lainnya, bumi memiliki kutub utara dan selatan. Kutub utara magnet bumi berada di kutub selatan bumi, dan kutub selatan magnet bumi berada di kutub utara bumi.
10. Medan magnetik adalah daerah di sekitar magnet yang masih dipengaruhi oleh gaya magnetik.
11. Di dalam Al-Qur'an terdapat ayat yang mengibaratkan konsep medan magnet, sebagaimana ayat dibawah ini.

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٧﴾

Artinya: “Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan yang Maha Perkasa lagi Maha mengetahui”. (QS. Yasin:38)

12. Medan magnetik digambarkan sebagai garis-garis gaya magnetik. Garis-garis gaya magnetik berarah dari kutub utara menuju kutub selatan.
13. Arah medan magnetik yang dihasilkan oleh kawat lurus berarus listrik dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan.
14. Interaksi kawat berarus dalam sebuah medan magnetik akan menghasilkan gaya, yang disebut gaya Lorentz. besarnya gaya Lorentz tersebut dipengaruhi oleh besar medan magnetik, panjang kawat penghantar, dan besar arus listrik. Besar gaya Lorentz dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$F = I\ell B$$

dengan:

F = gaya Lorentz (N)

B = kuat medan magnet (T)

I = kuat arus listrik (A)

ℓ = panjang kawat penghantar (m)

Contoh penerapan gaya Lorentz dalam kehidupan sehari-hari adalah motor listrik, bel listrik, dan telepon kawat.

15. Induksi elektromagnetik membahas tentang konsep arus listrik yang dapat menghasilkan medan magnetik atau medan magnetik yang mampu menghasilkan listrik. Contoh penerapan induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari adalah generator, dinamo AC/DC, dan transformator.
16. Transformator (trafo) adalah alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik. Berdasarkan penggunaannya, transformator dibedakan menjadi dua jenis, yaitu transformator penaik tegangan (*step-up*) dan transformator penurun tegangan (*step-down*).
17. Hubungan antara jumlah lilitan, besar tegangan listrik (gaya gerak listrik induksi), dan kuat arus listrik pada kumparan primer dan kumparan sekunder pada transformator dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \quad \text{dan} \quad \frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s}$$

dengan:

N_p = jumlah lilitan kumparan primer

N_s = jumlah lilitan kumparan sekunder

V_p = tegangan pada kumparan primer (V)

V_s = tegangan pada kumparan sekunder (V)

I_p = kuat arus primer (A)

I_s = kuat arus sekunder (A)

18. Efisiensi transformator adalah persentase perbandingan antara daya sekunder dan daya primer sebuah transformator. Secara matematis, dinyatakan dengan rumus berikut.

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

dengan:

η = efisiensi transformator (%)

P_p = daya primer (W)

P_s = daya sekunder (W)

19. Prinsip elektromagnetik diterapkan dalam teknologi yaitu, pendeteksi penyakit dalam tubuh manusia tanpa melalui prosedur pembedahan atau MRI (*Magnetic Resonance Imaging*), kereta maglev, dan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN).
20. Manfaat magnet yang terbuat dari besi bisa kita lihat dalam kehidupan, contohnya: gedung pencakar langit, jembatan, peralatan kendaraan, alat pertanian, dan segala jenis mesin.

EVALUASI BAB 3

I. Penilaian Pemahaman Konsep

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

- Orang yang menyatakan pertama kali bahwa bumi merupakan sebuah magnet adalah
 - Michael Faraday
 - Yohannes Keppler
 - William Gelbert
 - Blaise Pascal
- Magnet berikut ini yang bekerja dengan memanfaatkan medan magnet bumi adalah
 - magnet batang
 - magnet ladam
 - magnet U
 - magnet jarum
- Contoh benda yang bersifat magnetik dan nonmagnetik masing-masing secara berurutan adalah
 - besi dan baja
 - baja dan seng
 - nikel dan besi
 - seng dan bismuth
- Bagian dari magnet yang mempunyai gaya tarik terbesar adalah
 - pada bagian tengah
 - pada semua bagian
 - pada kutub magnet utara
 - pada kutub-kutubnya
- Jika magnet batang dipotong menjadi tiga bagian, maka bagian yang tengah adalah
 - tidak bersifat magnet
 - hanya memiliki kutub utara
 - hanya memiliki kutub selatan
 - memiliki kutub utara dan selatan
- Jika sebuah kompas diletakkan di bawah kawat berarus listrik yang mengalir dari selatan ke utara, kutub utara jarum kompas akan menyimpang ke
 - timur
 - atas
 - bawah
 - barat
- Perhatikan ilustrasi berikut!
 - $U = \rightarrow S \rightarrow \leftarrow S = \rightarrow U$
 - $U = \rightarrow S \rightarrow \leftarrow U = \rightarrow S$
 - $U = \rightarrow S \leftrightarrow S = \rightarrow U$
 - $S = \leftarrow U \rightarrow \leftarrow U = \rightarrow S$Sifat magnet yang benar adalah
 - 2 dan 3
 - 2 dan 4
 - 1 dan 2
 - 1 dan 4
- Alat-alat berikut yang prinsip kerjanya berdasarkan gaya Lorentz adalah
 -
 -
 -
 -



Sumber: <http://fadilmarsha.blogspot.co.id>

b.



Sumber: <http://fadilmarsha.blogspot.co.id>



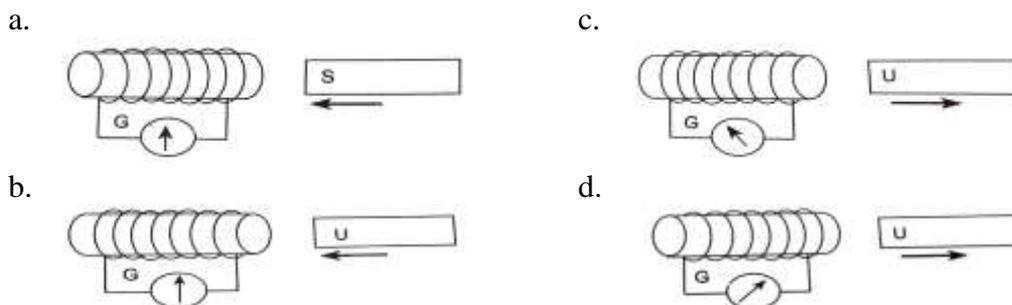
Sumber: www.flipkart.com

d.



Sumber: <http://fisikazone.com>

9. Intan membantu ibu membuat adonan roti menggunakan *mixer*. Penghantar dengan panjang 60 cm berada dalam medan magnetik 200 tesla. Jika penghantar dalam mixer dialiri listrik 100 mA, besar gaya Lorentz yang timbul adalah
- 9 N
 - 12 N
 - 6000 N
 - 120.000 N
10. Sebuah kawat sepanjang 20 cm mengalami gaya Lorentz sebesar 4×10^7 N. Jika kuat arus yang mengalir pada kawat sebesar 2 mA, besar medan magnet yang memengaruhi kawat adalah
- 1×10^{-11} T
 - 1×10^{11} T
 - 10×10^{11} T
 - 10×10^{-11} T
11. Arah penyimpangan jarum galvanometer berikut yang benar adalah



12. Berikut ini yang tergolong transformator *step-up* adalah

No.	Jumlah lilitan kumparan primer	Jumlah lilitan kumparan sekunder
a.	1.000	800
b.	250	270
c.	4.500	4.200
d.	1.800	1.650

13. Rizky membantu kakaknya mengganti trafo *step-down* ke radio yang sudah rusak. Jika transformator *step-down* radio menghasilkan beda potensial 120 volt yang dihubungkan dengan sumber tegangan 6.000 volt dengan arus yang mengalir pada kumparan primer 300 miliampere, arus listrik yang mengalir pada kumparan sekunder adalah
- 7,5 A
 - 15 A
 - 150 A
 - 1.500 A
14. Sebuah transformator memiliki daya primer sebesar 4.800 watt. Jika tegangan sekunder dan kuat arus sekunder transformator tersebut masing-masing sebesar 1.200 volt dan 4 ampere, efisiensi transformator tersebut adalah
- 22,5 %
 - 87,5 %
 - 97,5 %
 - 100 %
15. Alat yang digunakan untuk mengecek kesehatan orang dan merekam pikiran manusia disebut
- otoskop
 - MRI
 - alat EKG
 - penlight

B. Lengkapi pernyataan berikut dengan jawaban di dalam kotak.

- Benda yang dapat ditarik dengan lemah oleh magnet disebut
- Sudut yang dibentuk oleh kutub utara dan selatan jarum kompas terhadap arah utara dan selatan geografis disebut
- Daerah di sekitar magnet yang masih di pengaruhi gaya magnetik disebut

4. Magnet yang terjadi karena aliran listrik pada kumparan berinti besi disebut
5. Arah gaya Lorentz dapat ditentukan menggunakan
6. Contoh peralatan yang menggunakan prinsip gaya Lorentz adalah
7. Alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya arus listrik induksi adalah
8. Alat pengubah energi gerak menjadi energi listrik yang biasanya digunakan untuk menyalakan lampu sepeda adalah
9. Alat pengubah energi gerak menjadi energi listrik bertegangan tinggi adalah
10. Transformator yang memiliki jumlah lilitan sekunder lebih banyak daripada jumlah lilitan primer adalah

- a. elektromagnet
- b. sudut deklinasi
- c. paramagnetik
- d. kaidah tangan kanan
- e. medan magnetik
- f. bor listrik
- g. galvanometer
- h. trafo *step-up*
- i. generator
- j. dinamo

C. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar.

1. Tuliskan ayat yang menerangkan tentang besi!
2. Apakah yang menyebabkan terbentuknya sudut deklinasi dan sudut inklinasi?
3. Sebuah penghantar berarus listrik 0,5 A berada dalam medan magnetik sebesar 80 T. Jika gaya Lorentz yang terjadi sebesar 200 N, berapakah panjang penghantar yang digunakan?
4. Jelaskan prinsip kerja transformator?
5. Sebuah transformator dihubungkan dengan sumber arus bolak-balik sehingga daya pada kumparan primer menjadi 150.000 watt. Jika tegangan pada kumparan sekunder 240.000 volt dan kuat arus yang mengalir pada kumparan sekunder 450 miliampere, tentukan efisiensi transformator?

II. Penilaian Kerja Ilmiah

A. Penilaian Proyek

Mendata Peralatan Sehari-hari yang Berhubungan dengan Konsep Kemagnetan

1. Buatlah kliping yang berkaitan dengan konsep pembelajaran tentang kemagnetan dengan jumlah halaman minimal 10 halaman.
2. Berilah komentar pada masing-masing halaman klipingmu.
3. Kumpulkan kliping yang telah kamu buat kepada gurumu.

B. Penilaian Produk I

Membuat Kompas Sederhana

Alat dan Bahan:

- 1 buah jarum jahit
- Gabus tipis
- Mangkok kecil
- Magnet batang
- Air

Langkah Kerja:

1. Gosoklah jarum jahit dengan magnet batang secara berulang dalam arah yang sama selama dua menit.
2. Selipkanlah jarum jahit tersebut pada gabus tipis.
3. Isilah mangkok dengan air hingga setengah dari volumenya, kemudian masukkanlah jarum jahit yang telah terselip pada gabus ke permukaan air dalam mangkok.
4. Kompas sederhana buatanmu telah jadi dan siap untuk di uji coba.



Menguji Kompas:

1. Putarlah mangkok yang telah diisi jarum kompas dari jarum jahit yang telah dimagnetkan.
2. Perhatikanlah arah yang ditunjuk oleh “jarum kompas”. Jika jarum jahit yang kamu gosok dengan magnet batang telah menjadi magnet, kompas buatanmu akan menunjukkan arah utara dan selatan.

C. Penilaian Produk II

Membuat Generator

Tugas dilakukan secara berkelompok

Alat dan Bahan:

- 2 motor listrik
- 1 baterai
- Kabel
- Bola lampu
- Fitting lampu (tempat bola lampu)
- Pita perekat
- Potongan pipa plastik dari pulpen bekas
- Penjepit kertas

Langkah Kerja:

1. Ambillah 1 motor listrik, kemudian rangkai dengan sebuah baterai menggunakan kabel. Gunakan penjepit kertas sebagai sakelar. Hubungkanlah sakelar hingga poros motor listrik berputar.
2. Bukalah sakelar kemudian ambillah motor listrik yang lain. Hubungkanlah poros motor listrik kedua dengan poros motor listrik pertama dengan menggunakan potongan pipa listrik dari pulpen. Kuatkanlah sambungan kedua poros motor listrik tersebut menggunakan pita perekat.
3. Hubungkanlah kutub-kutub motor listrik kedua dengan sebuah bola lampu menggunakan kabel.
4. Tutuplah sakelar sehingga motor listrik pertama berputar. Apa yang terjadi pada motor listrik kedua? Bagaimana keadaan lampu?

“Selamat Mengerjakan

Daftar Pustaka

- Al Qur'an Departemen Agama RI, *AL QUR'AN DAN TAFSINYA (Edisi yang disempurnakan) JILID III, V, dan VI*, Jakarta: Lentera Abadi, 2010.
- Giancoli DC, *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*, Jakarta: Elangga, 2001.
- Halliday D & Resnick R, *Fisika Jilid 1*, Sucipto E & Silaban P, penerjemah, Jakarta: Erlangga, 1999.
- Kanginan, Marthen, *IPA Fisika 3 untuk SMP KELAS IX*, Jakarta: Erlangga, 2002.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, *ILMU PENGETAHUAN ALAM Untuk SMP/MTs KELAS IX*, Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemdikbud, 2015.
- Prasodjo, Budi, dkk., *Fisika 3 SMP KELAS IX*, Bandung: Yudhistira, 2010.
- Shihab, M. Quraish, *Tafsir Al-Misbah: pesan, kesan, dan keserasian Al-Qur'an/M.Quraish Shihab vol 5, 10, 11, dan 13*, Jakarta: Lentera hati, 2002.
- TIM ABDI GURU, *IPA FISIKA Jilid 3 Untuk SMP/MTs Kelas IX Berdasarkan Kurikulum 2013*, Jakarta: Erlangga, 2013.
- <http://blogpenemu.blogspot.co.id>, diambil 08/01/18, 23:05.

Glosarium

Arus Listrik

Aliran muatan listrik yang diakibatkan oleh pergerakan elektron.

Atom

Partikel terkecil penyusun suatu materi.

Elektron

Partikel subatom yang memiliki muatan negatif.

Gaya Coulomb

Gaya yang ditimbulkan dua muatan listrik yang berdekatan.

Gaya Gerak Listrik

Gaya yang mampu mengakibatkan pergerakan arus listrik.

Gaya Lorentz

Gaya yang timbul disekitar kawat berarus.

Hambatan Jenis Bahan

Besar hambatan listrik yang dimiliki oleh suatu bahan.

Hukum Coulomb

Hukum yang menyebutkan tentang interaksi dua muatan listrik.

Hukum Kirchoff

Hukum yang mengatur tentang besar arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian listrik.

Hukum Ohm

Hukum dasar yang menyatakan hubungan antara kuat arus listrik, tegangan, dan hambatan.

Induksi Elektromagnetik

Peristiwa timbulnya medan magnet disekitar kawat berarus listrik.

Kereta Maglev

Kereta super cepat yang menerapkan prinsip kemagnetan.

Kutub Magnet

Bagian ujung-ujung magnet yang memiliki medan magnet paling kuat.

Medan Magnet

Daerah yang masih dipengaruhi oleh gaya magnet.

MRI (Magnetic Resonance Imaging)

Alat kedokteran yang digunakan untuk mencitrakan kondisi organ dalam tubuh.

Rangkaian Paralel

Rangkaian listrik yang memiliki percabangan kabel.

Rangkaian Seri

Rangkaian listrik yang tidak memiliki percabangan kabel.

Kunci Jawaban BAB 1

A. Multiple Choice (Pilihan Ganda)

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. c | 6. d | 11. b |
| 2. a | 7. a | 12. a |
| 3. c | 8. d | 13. a |
| 4. c | 9. a | 14. b |
| 5. c | 10. b | 15. b |

B. Matching Test (Menjodohkan)

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. h. negatif | 6. g. konduktor |
| 2. d. positif | 7. c. isolator |
| 3. j. induksi listrik | 8. a. elektroskop |
| 4. i. tolak-menolak | 9. f. medan listrik |
| 5. b. tarik-menarik | 10. e. potensial listrik |

C. Essay (Uraian)

1. Listrik statis adalah suatu kumpulan listrik dalam jumlah tertentu yang tidak mengalir atau tetap.

2. a) Sisir dengan rambut
b) Mistar plastik dengan kain wol

3. diket : $X = +2 \times 10^{-9} \text{ C}$
 $Y = -8 \times 10^{-9} \text{ C}$
 $r = 0,4 \text{ m} = 4 \times 10^{-1} \text{ m}$

ditanya : $F?$

Jawab : $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$F = k \frac{XY}{r^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-9})(8 \times 10^{-9})}{(4 \times 10^{-1})^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{16 \times 10^{-18}}{16 \times 10^{-2}}$$

$$F = \frac{144 \times 10^{-9}}{16 \times 10^{-2}}$$

$$F = 9 \times 10^{-7} \text{ N}$$

- 4.

سُبْحَانَ الَّذِي خَلَقَ الْأَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ وَمِنْ أَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُونَ ﴿٣٦﴾

Artinya: “Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui”. (QS. Yasin: 36)

5. Karena pohon merupakan konduktor penghantar listrik yang cukup baik, jadi listrik yang diterima oleh pohon akan menyambar benda yang dekat/menyentuh dengan pohon.

Kunci Jawaban BAB 2

A. Multiple Choice (Pilihan Ganda)

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. b | 6. a | 11. c |
| 2. c | 7. b | 12. d |
| 3. a | 8. c | 13. b |
| 4. a | 9. a | 14. d |
| 5. d | 10. d | 15. B |

B. Matching Test (Menjodohkan)

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. c. arus listrik | 6. g. energi listrik |
| 2. d. sakelar | 7. f. joule |
| 3. h. sekering | 8. b. kWh-meter |
| 4. i. ohmmeter | 9. j. GGL |
| 5. a. daya listrik | 10. e. elemen primer |

C. Essay (Uraian)

- Nyala lampu sama-sama terang.
 - Jika salah satu lampu padam/rusak maka lampu yang lain tidak ikut padam.

Contoh: - rangkaian lampu dirumahmu.
- rangkaian lampu penerangan jalan.

- diket : $R_1 = 120 \Omega$

$$\ell_1 = \ell$$

$$A_1 = A$$

$$\ell_2 = 2 \ell$$

$$A_2 = 3 A$$

ditanya : R_2 ?

Jawab :

Rumus untuk menghitung hambatan suatu kawat penghantar adalah $R = \rho \frac{\ell}{A}$.

keterangan!

Kawat yang berbahan sama memiliki hambatan jenis yang sama, sehingga:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{\ell_1}{A_1}}{\frac{\ell_2}{A_2}} \quad R_2 = \frac{\ell_2}{A_2} \times \frac{A_1}{\ell_1} \times R_1$$
$$R_2 = \frac{\ell_2}{\ell_1} \times \frac{A_1}{A_2} \times R_1$$
$$R_2 = \frac{2 \ell}{\ell} \times \frac{A}{3 A} \times 120$$
$$R_2 = \frac{2}{1} \times \frac{1}{3} \times 120$$
$$R_2 = \frac{2}{3} \times 120 = 80 \Omega$$

3. diket : $R_1 = 4 \Omega$
 $R_2 = 2 \Omega$
 $R_3 = 4 \Omega$
 $V = 12 \text{ volt}$

ditanya : $I?$

Jawab : $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$
 $\frac{1}{R_p} = \frac{1+2+1}{4}$
 $\frac{1}{R_p} = \frac{4}{4}$
 $R_p = 1 \Omega$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$I = \frac{V}{R_p}$$

$$I = \frac{12}{1}$$

$$I = 12 \text{ A}$$

4.

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسُ ضِيَاءً ... ﴿٥﴾

Artinya: "Dialah yang menjadikan matahari bersinar ...". (QS. Yunus: 5)

5. diket : $V = 220 \text{ volt}$
 $P = 60 \text{ W}$
 $t = 10 \text{ jam} = 600 \text{ s}$

ditanya : a. $I?$
b. $R?$
c. $W?$

Jawab : a. $P = VI$	b. $P = \frac{V^2}{R}$	c. $P = \frac{W}{t}$
$I = \frac{P}{V}$	$R = \frac{V^2}{P}$	$W = Pt$
$I = \frac{60}{220}$	$R = \frac{(220)^2}{60}$	$W = (60)(600)$
$I = 0,2727 \text{ A}$	$R = \frac{48400}{60}$	$W = 36000 \text{ J}$
	$= 806,67 \Omega$	$= 36 \text{ kJ}$

Kunci Jawaban BAB 3

A. Multiple Choice (Pilihan Ganda)

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. c | 6. d | 11. c |
| 2. d | 7. a | 12. b |
| 3. b | 8. c | 13. b |
| 4. d | 9. b | 14. d |
| 5. d | 10. b | 15. B |

B. Matching Test (Menjodohkan)

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. c. paramagnetik | 6. f. bor listrik |
| 2. b. sudut deklinasi | 7. g. galvanometer |
| 3. e. medan magnetik | 8. j. dinamo |
| 4. a. elektromagnet | 9. i. generator |
| 5. d. kaidah tangan kanan | 10. h. trafo <i>step-up</i> |

C. Essay (Uraian)

1.

“... وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ...”

Artinya: “... Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) ...”. (QS. Al-Hadid:25)

2. a) Sudut deklinasi

Penyimpangan jarum kompas (penyimpangan arah utara jarum kompas) terjadi disebabkan karena letak kutub-kutub magnet bumi tidak tepat berada di kutub-kutub bumi, tetapi menyimpang terhadap letak kutub bumi. Hal ini berdampak terhadap garis-garis gaya magnet bumi juga mengalami penyimpangan terhadap arah utara-selatan bumi. Akibatnya penyimpangan kutub utara jarum kompas akan membentuk sudut terhadap arah utara-selatan bumi (geografis).

b) Sudut inklinai

Penyimpangan arah mendatar (penyimpangan arah selatan jarum kompas) terjadi karena garis-garis gaya magnet bumi tidak sejajar dengan permukaan bumi (bidang horizontal). Akibatnya, kutub utara jarum kompas menyimpang naik atau turun terhadap permukaan bumi. Penyimpangan kutub utara jarum kompas akan membentuk sudut terhadap bidang datar permukaan bumi.

3. diket : $I = 0,5 \text{ A}$

$$B = 80 \text{ T}$$

$$F = 200 \text{ N}$$

ditanya : $\ell?$

Jawab : $F = I\ell B$

$$\ell = \frac{F}{BI}$$

$$\ell = \frac{200}{(80)(0,5)}$$

$$\ell = \frac{200}{40} = 5 \text{ m}$$

4. Prinsip kerja transformator yaitu ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi.

5. diket : $P_p = 150.000 \text{ W} = 15 \times 10^4 \text{ W}$

$$V_s = 240.000 \text{ V} = 24 \times 10^4 \text{ V}$$

$$I_s = 450 \text{ mA} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

ditanya : $\eta?$

Jawab : $\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$

$$\eta = \frac{V_s I_s}{P_p} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(24 \times 10^4)(45 \times 10^{-2})}{15 \times 10^4} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1.080 \times 10^2}{15 \times 10^4} \times 100\%$$

$$\eta = 72 \times 10^{-2} \times 100\%$$

$$\eta = 0,72 \times 100\%$$

$$\eta = 72\%$$

Penyusunan Modul Fisika Integrasi Sains dan Islam untuk SMP/MTs Kelas IX ini merupakan sebuah modul yang menyajikan materi fisika yang di padukan dengan ayat-ayat Al-Qur'an. Modul ini, bertujuan agar siswa dapat memperoleh pengetahuan tentang ilmu fisika dengan ayat-ayat sains dalam Al-Qur'an. Modul ini disusun berdasarkan kurikulum 2013 revisi tahun 2016 yang mencakup kompetensi spiritual keagamaan, sikap sosial, dan pengetahuan. Materi yang di kaji dalam modul tentang kelistrikan dan kemagnetan.

Penyajian modul ini menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah di pahami. Dengan demikian, diharapkan siswa dapat menerapkan dan mengembangkan pengetahuan tersebut dalam kehidupannya. Penulis membuka diri untuk saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan modul ini. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail ke rohmatulazizah82@gmail.com



**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG 2018**

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap :Rohmatul Azizah
2. Tempat dan Tgl. Lahir :Demak, 24 Desember 1994
3. Alamat Rumah :Jl. Flamboyan Indah II, desa Mandung, Rt 02/Rw 02 Wedung Demak
4. HP :085714226177
5. E-mail :rohmatulazizah82@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:
 - a. MI Al-Ittihad Mandung, Wedung Demak.
 - b. MTs NU Raudlatul Mu'allimin Wedung, Demak.
 - c. MA NU Raudlatul Mu'allimin Wedung, Demak.
 - d. UIN Walisongo Semarang.
2. Pendidikan Non-Formal:
 - a. Madrasah Diniyah Matholi'ul Huda Mandung, Wedung Demak.
 - b. Ponpes Al-Marom Mandung, Wedung Demak.