



Pengembangan Keprofesian
Berkelanjutan (PKB)
Guru Madrasah Aliyah



**MADRASAH
REFORM** 2020
2024
Realizing Education's Promise
Madrasah Education Quality Reform
(IBRD 8992-ID)

Modul Pembelajaran Fisika

KEMAGNETAN DAN GGL INDUKSI

Unit 08

Pembelajaran

Kementerian Agama Republik Indonesia
Direktorat Jenderal Pendidikan Islam
Direktorat Guru dan Tenaga Kependidikan Madrasah
Tahun 2020

Disusun oleh :
Tim Pengembang Modul
Pembelajaran PKB Guru
Madrasah Aliyah



Unit Pembelajaran 08

KEMAGNETAN DAN GGL INDUKSI

MATA PELAJARAN FISIKA MADRASAH ALIYAH

Penanggung Jawab

*Direktorat GTK Madrasah
Direktorat Jenderal Pendidikan Islam
Kementerian Agama Republik Indonesia*

Penyusun

*Alfianri
Miftahul Fallah
Gunawan
Intan Irawati
Nuryanto*

Reviewer

Hadi Susanto

Copyright © 2020

Direktorat Guru dan Tenaga Kependidikan Madrasah

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Agama Republik Indonesia



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Undang – Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen Pasal 1 ayat 1 menyatakan bahwa Guru adalah pendidik profesional dengan tugas utama mendidik, mengajar, membimbing, mengarahkan, melatih, menilai, dan mengevaluasi peserta didik pada Pendidikan Anak Usia Dini jalur Pendidikan Formal, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah. Agar dapat melaksanakan tugas utamanya dengan baik, seorang guru perlu meningkatkan kompetensi dan kinerjanya secara bertahap, berjenjang, dan berkelanjutan melalui Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) guru. Untuk itu saya menyambut baik terbitnya unit pembelajaran ini sebagai panduan semua pihak dalam melaksanakan program PKB.

Peningkatan Kompetensi Pembelajaran merupakan salah satu fokus upaya Kementerian Agama, Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan (GTK) dalam meningkatkan kualitas madrasah melalui pembelajaran berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi, kontekstual, dan terintegrasi dengan nilai-nilai keislaman. Program PKB dilakukan mengingat luasnya wilayah Indonesia dan kualitas pendidikan yang belum merata, sehingga peningkatan pendidikan dapat berjalan secara masif, merata, dan tepat sasaran.

Unit pembelajaran ini dikembangkan mengikuti arah kebijakan Kementerian Agama yang menekankan pada pembelajaran berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi atau *higher order thinking skills* (HOTS) dan terintegrasi dengan nilai-nilai keislaman. Keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah proses berpikir kompleks dalam menguraikan materi, membuat kesimpulan, membangun representasi, menganalisis, dan membangun hubungan dengan melibatkan aktivitas mental yang paling dasar.



Sementara, nilai-nilai keislaman diintegrasikan dalam pembelajaran sebagai *hidden curriculum* sehingga tercipta generasi unggul sekaligus beriman dan bertakwa serta berakhlak mulia.

Sasaran Program PKB ini adalah seluruh guru di wilayah NKRI yang tergabung dalam komunitas guru sesuai bidang tugas yang diampu di wilayahnya masing-masing. Komunitas guru dimaksud meliputi kelompok kerja guru (KKG), Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP), dan Musyawarah Guru Bimbingan Konseling (MGBK). Model pembelajaran yang digunakan dalam unit pembelajaran ini adalah melalui moda Tatap Muka *In-On-In* sehingga guru tidak harus meninggalkan tugas utamanya di madrasah sebagai pendidik.

Semoga modul ini dapat digunakan dengan baik sebagaimana mestinya sehingga dapat menginspirasi guru dalam materi dan melaksanakan proses pembelajaran. Kami ucapkan terima kasih atas kerja keras dan kerja cerdas para penulis dan semua pihak terkait yang dapat mewujudkan Modul ini. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai dan memudahkan upaya yang kita lakukan. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, Oktober 2020

An. Direktur Jenderal,

Direktur Guru dan Tenaga Kependidikan

Madrasah,

Muhammad Zain



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
01 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan.....	2
C. Manfaat	2
D. Sasaran	3
E. Petunjuk Penggunaan.....	3
02 TARGET KOMPETENSI	7
A. Target Kompetensi Guru	7
1. Target Kompetensi Guru.....	7
2. Indikator Pencapaian Kompetensi Guru	7
B. TARGET KOMPETENSI PESERTA DIDIK	9
1. Kompetensi Dasar	9
2. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	10
03 MATERI DAN ORGANISASI PEMBELAJARAN.....	15
A. Ruang Lingkup Materi	15
B. Organisasi Pembelajaran.....	15
04 KEGIATAN PEMBELAJARAN	16
A. Pengantar	16
B. Aplikasi Dalam Dunia Nyata.....	16
C. Integrasi Keislaman.....	22
D. Bahan Bacaan	25
1. Induksi Magnet.....	25



2. Gaya Magnetik.....	33
3. Gaya Gerak Listrik (ggl induksi).....	38
E. Aktivitas Pembelajaran.....	43
1. Aktivitas Pembelajaran Topik 1: Induksi Magnet.....	44
2. Aktivitas Pembelajaran Topik 2: Gaya Magnetik.....	50
3. Aktivitas Pembelajaran Topik 3: Gaya gerak listrik.....	524
F. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK(LKPD).....	56
1. LKPD 1.....	568
2. LKPD 2.....	603
3. LKPD 3.....	663
4. LKPD 4.....	78
G. Pengembangan Soal Hots.....	763
05 PENILAIAN.....	86
A. TES FORMATIF.....	86
B. PENILAIAN.....	95
1. Penilaian untuk Guru.....	95
2. Penilaian untuk Peserta Didik.....	99
06 PENUTUP.....	107
KUNCI JAWABAN TES FORMATIF.....	108
GLOSARIUM.....	109
DAFTAR PUSTAKA.....	110



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Target Kompetensi Guru	7
Tabel 2	Indikator Pencapaian Kompetensi Guru	7
Tabel 3	Target Kompetensi Dasar Peserta Didik.....	9
Tabel 4	Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi.....	10
Tabel 5	Organisasi Pembelajaran.....	15
Tabel 6	Desain Pembelajaran Topik 1 Pertemuan 1.....	44
Tabel 7	Desain Pembelajaran Topik 1 Pertemuan 2	46
Tabel 8	Refleksi Pelaksanaan Pembelajaran On Job Training Topik 1.....	49
Tabel 9	Desain Pembelajaran Topik 2 Pertemuan 1.....	50
Tabel 10	Desain Pembelajaran Topik 3	53
Tabel 11	Refleksi Pelaksanaan Pembelajaran On Job Training Topik 3.....	55
Tabel 12	Kisi-Kisi Pengembangan Soal HOTS.....	77
Tabel 13	Instrumen Penilaian Diri Bagi Guru	88
Tabel 14	Instrumen Penilaian Guru oleh Asesor/Fasilitator	90
Tabel 15	Instrumen Penilaian Diri Bagi Peserta Didik (Pengetahuan)	92
Tabel 16	Instrumen Penilaian Diri Bagi Peserta Didik (Keterampilan).....	94
Tabel 17	Instrumen Penilaian Peserta Didik oleh Guru (Pengetahuan).....	95
Tabel 18	Instrumen Penilaian Peserta Didik oleh Guru (Keterampilan).....	97



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Alur Tatap Muka In-On-In	5
Gambar 2	TOA Speaker	17
Gambar 3	Mikrofon Kabel (Kiri), Mikrofon Wireless (Kanan)	18
Gambar 4	Kompas	19
Gambar 5	Electro Scrap Lifting Magnets.....	20
Gambar 6	Bel Listrik (Kiri), Rangkaian Komponen Bel Listrik (Kanan)	20
Gambar 7	Maglev Train (a) The Transrapid Maglev (b) Sistem Tenaga Penggerak Magnetik	22
Gambar 8	Garis-garis Gaya Magnetik dari Sebuah Magnet Batang.....	25
Gambar 9	Sifat Magnet.....	26
Gambar 10	Magnet Bumi Menyerupai Magnet Batang.....	26
Gambar 11	Garis Gaya Magnet di Sekitar Kawat Berarus.....	28
Gambar 12	Penyimpangan Jarum Kompas di Dekat Kawat Berarus Listrik	28
Gambar 13	Kaidah Tangan Kanan untuk Mengetahui Medan Magnet.....	28
Gambar 14	Induksi Magnet pada Kawat Berarus.....	31
Gambar 15	Induksi Magnet pada Solenoid	32
Gambar 16	Induksi Magnet pada Toroida.....	33
Gambar 17	Gerak Muatan di Dalam Medan Listrik	34
Gambar 18	Gaya Magnetik Mengikuti Aturan Tangan Kanan.....	34
Gambar 19	Gerak Muatan di Dalam Medan Magnet.....	35
Gambar 20	Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus	36
Gambar 21	Gaya Lorentz antara Dua Kawat Arus Sejajar: (a) Gaya Lorentz antara Dua Kawat Sejajar dengan Arus Searah (b) Gaya Lorentz antara Dua Kawat Sejajar dengan Arus Berlawanan.....	37
Gambar 22	Arus Induksi Dihasilkan Karena Ada Perubahan Fluks pada Kawat Loop.....	38



Gambar 23	Medan Magnet Menembus Luas Penampang A: (a) $\mathbf{B} \perp \mathbf{A}$, (b) \mathbf{B} Tidak $\perp \mathbf{A}$	39
Gambar 24	(a) Arus Induksi pada Suatu Kumparan (b) Hukum Lenz: Arus Induksi Menentang Perubahan Fluks.....	40
Gambar 25	Kawat Loop dalam Medan Magnet	41



01 PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Unit pembelajaran Kemagnetan dan Ggl Induksi disusun sebagai kumpulan sumber bahan ajar alternatif bagi guru yang tersusun atas Unit Kemagnetan dan Unit Ggl Induksi. Melalui bahan bacaan pada unit pembelajaran tersebut diharapkan guru mendapatkan tambahan pengetahuan dan keterampilan untuk mengajarkan materi tersebut ke peserta didiknya sesuai target kompetensi dasar (KD), terutama dalam memfasilitasi kemampuan bernalar peserta didik. Selain itu, unit-unit ini juga aplikatif bagi guru dan peserta didik agar dapat menerapkan dasar-dasar pengetahuan kemagnetan dan ggl induksi dalam kehidupan sehari-hari.

Topik kemagnetan dan ggl induksi di SMA merupakan salah satu materi prioritas yang harus dilaksanakan dalam pembelajaran mengingat materi ini selalu diujikan dalam Ujian Nasional (UN) dari tahun ke tahun. Unit ini diharapkan dapat menjadi alternatif sumber bahan ajar bagi guru dalam pembelajaran kemagnetan dan ggl induksi. Melalui pembahasan materi yang terdapat pada unit ini, guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didik yang disesuaikan dengan indikator yang telah disusun. Selain itu pembelajaran yang telah disusun diharapkan dapat memfasilitasi kemampuan bernalar peserta didik dan mampu menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Sebagai panduan dalam melaksanakan pembelajaran, unit ini dilengkapi dengan kompetensi dasar terkait yang memuat target kompetensi dan indikator pencapaian kompetensi, bahan bacaan tentang aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, aktivitas pembelajaran, Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD), bahan bacaan materi, dan pengembangan soal HOTS . Komponen-komponen di dalam setiap unit tersebut disesuaikan dengan topik kemagnetan dan ggl induksi masing-



masing dengan tujuan agar dapat dilihat kesesuaian dengan strategi pembelajaran yang digunakan.

LKPD pada setiap unit dikembangkan agar guru dapat memfasilitasi peserta didik untuk melatih kemampuan bernalar dan berketerampilan proses sains dengan mendayagunakan media yang tersedia di sekolah. LKPD tersebut disajikan melalui serangkaian aktivitas pembelajaran dengan menggunakan pendekatan saintifik dan model pembelajaran yang di rekomendasikan dalam Kurikulum 2013.

B. Tujuan

Tujuan unit pembelajaran ini adalah:

1. Meningkatkan kompetensi pedagogis dan kompetensi profesional guru melalui kegiatan PKB.
2. Meningkatkan hasil Asesmen Kompetensi Guru (AKG).
3. Memfasilitasi sumber belajar guru dan peserta didik dalam mengembangkan kurikulum, mempersiapkan dan melaksanakan pembelajaran yang mendidik.

C. Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai sebagai berikut:

1. Sebagai sumber belajar bagi guru dalam melaksanakan PKB untuk mencapai target kompetensi pedagogis dan kompetensi profesional tertentu.
2. Sebagai sumber bagi guru dalam mengembangkan kurikulum, persiapan dan pelaksanaan pembelajaran yang mendidik.
3. Sebagai bahan melakukan asesmen mandiri guru dalam rangka peningkatan keprofesionalan.
4. Sebagai sumber dalam merencanakan dan melaksanakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar peserta didik.
5. Sebagai sumber belajar bagi peserta didik untuk mencapai target kompetensi dasar.



D. Sasaran

Adapun sasaran unit pembelajaran ini adalah:

1. Fasilitator nasional, provinsi, dan kabupaten/kota
2. Pengawas Madrasah
3. Kepala Madrasah
4. Ketua KKG/MGMP/MGBK
5. Guru
6. Peserta didik

E. Petunjuk Penggunaan

Agar Anda berhasil dengan baik dalam mempelajari dan mempraktikkan modul ini, ikutilah petunjuk belajar sebagai berikut:

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan sampai Anda memahami benar tujuan mempelajari Unit Pembelajaran ini.
2. Pelajarilah dengan seksama bagian target kompetensi sehingga Anda benar-benar memahami target kompetensi yang harus dicapai baik oleh diri Anda sendiri maupun oleh peserta didik.
3. Kegiatan Pembelajaran untuk menyelesaikan setiap Unit Pembelajaran dilakukan melalui model Tatap Muka *In-On-In* sebagai berikut:
 - a. Kegiatan *In Service Learning 1*. Kegiatan ini dilakukan secara tatap muka bersama fasilitator dan teman sejawat untuk mengkaji materi dan melakukan kegiatan pembelajaran, meliputi: mempelajari konten materi ajar dan mendiskusikan materi ajar yang sulit atau berpeluang terjadi miskonsepsi, mendesain pembelajaran yang sesuai dengan daya dukung madrasah dan karakteristik peserta didik, mempelajari dan melengkapi LKPD, serta mempersiapkan instrumen penilaian proses dan hasil belajar.
 - b. Kegiatan *On Service Learning*. Pada tahap ini, Anda dapat mengkaji kembali uraian materi secara mandiri dan melakukan aktivitas belajar di madrasah berdasarkan rancangan pembelajaran dan LKPD yang telah



dipersiapkan. Buatlah catatan-catatan peluang dan hambatan yang ditemui selama pelaksanaan pembelajaran. Hasil kegiatan *on* baik berupa tugas lembar kerja maupun tugas lainnya dilampirkan sebagai bukti fisik bahwa Anda telah menyelesaikan seluruh tugas *on* yang ada pada Unit Pembelajaran.

- c. Kegiatan *In Service Learning 2*. Tahap ini dilakukan secara tatap muka bersama fasilitator dan teman sejawat untuk melaporkan dan mendiskusikan hasil kegiatan *on*. Arahkan diskusi pada refleksi untuk perbaikan dan pengembangan pembelajaran.
4. Ujilah pemahaman konsep Anda dengan mengerjakan latihan soal penilaian, kemudian cocokkan jawaban Anda dengan kunci jawaban yang tersedia di bagian akhir masing-masing Unit Pembelajaran.
5. Lakukan penilaian mandiri sebagai refleksi ketercapaian target kompetensi.

Dalam melaksanakan setiap kegiatan pada modul ini, Anda harus mempertimbangkan prinsip kesetaraan dan inklusi sosial tanpa membedakan suku, ras, golongan, jenis kelamin, status sosial ekonomi, dan yang berkebutuhan khusus. Kesetaraan dan inklusi sosial ini juga diberlakukan bagi pendidik, tenaga kependidikan dan peserta didik. Dalam proses diskusi kelompok yang diikuti laki-laki dan perempuan, perlu mempertimbangkan kapan diskusi harus dilakukan secara terpisah baik laki-laki maupun perempuan dan kapan harus dilakukan bersama. Anda juga harus memperhatikan partisipasi setiap peserta didik dengan seksama, sehingga tidak mengukuhkan relasi yang tidak setara.



Gambar 1 Alur Tatap Muka In-On-In

Sebelum mempelajari atau mempraktikkan unit pembelajaran ini, ada beberapa perangkat pembelajaran, alat dan bahan yang harus disiapkan oleh guru dan peserta didik agar proses pembelajaran berjalan dengan baik.

1. Perangkat Pembelajaran, alat dan bahan yang harus disiapkan oleh guru:

- 1) Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)
- 2) Bahan ajar
- 3) Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)
- 4) Media pembelajaran
- 5) Instrumen penilaian

2. Alat dan Bahan yang harus disiapkan oleh peserta didik

- a. Alat tulis lengkap
- b. Buku paket/buku referensi



Unit Pembelajaran ini dibagi dalam tiga topik, dengan total alokasi waktu yang digunakan diperkirakan 20 Jam Pembelajaran:

1. *In Service Learning 1* : 6 JP
2. *On Service Learning* : 8 JP
3. *In Service Learning 2* : 6 JP



02 TARGET KOMPETENSI

A. Target Kompetensi Guru

Target kompetensi guru didasarkan pada Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2007 Tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru. Dalam Unit Pembelajaran ini, target kompetensi yang dituangkan hanya yang terkait kompetensi pedagogis dan kompetensi profesional sebagai berikut:

1. Target Kompetensi Guru

Tabel 1 Target Kompetensi Guru

Ranah Kompetensi	Target Kompetensi Guru
Kompetensi Pedagogis	<ol style="list-style-type: none">1. Menyusun rencana pembelajaran yang lengkap.2. Melaksanakan pembelajaran kemagnetan dan ggl induksi yang mendidik.3. Mengevaluasi pelaksanaan pembelajaran dan hasil belajar peserta didik untuk berbagai tujuan.
Kompetensi Profesional	<ol style="list-style-type: none">4. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika serta penerapannya secara fleksibel

2. Indikator Pencapaian Kompetensi Guru

Tabel 2 Indikator Pencapaian Kompetensi Guru

Target Kompetensi	Indikator Pencapaian Kompetensi Guru
Menyusun rencana pembelajaran yang lengkap	<ol style="list-style-type: none">1. Menjelaskan tujuan pembelajaran kemagnetan dan ggl induksi.2. Merancang sintak pembelajaran untuk memberi pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran.3. Membuat indikator dan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar peserta didik.



<p>Melaksanakan pembelajaran kemagnetan dan ggl induksi yang mendidik</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pembelajaran kemagnetan dan ggl induksi yang mendidik di kelas. 2. Menggunakan media pembelajaran dan sumber belajar yang relevan dengan karakteristik materi pembelajaran dan peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran secara utuh. 3. Melakukan percobaan/praktikum terkait materi kemagnetan dan ggl induksi.
<p>Mengevaluasi pelaksanaan pembelajaran dan hasil belajar peserta didik untuk berbagai tujuan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisis hasil belajar peserta didik untuk perbaikan pembelajaran dan/atau pengayaan. 2. Melakukan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilaksanakan dan memanfaatkannya untuk perbaikan dan pengembangan pembelajaran.
<p>Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori fisika serta penerapannya secara fleksibel</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisis besaran fisis pada induksi magnet. 2. Menganalisis besaran fisis pada gaya magnetik. 3. Merancang percobaan materi induksi magnet dan gaya magnetik. 4. Menganalisis besaran fisis pada ggl induksi.



B. Target Kompetensi Peserta Didik

Target kompetensi peserta didik dalam Unit Pembelajaran ini dikembangkan berdasarkan Kompetensi Dasar kelas XII semester 1 sesuai dengan permendikbud nomor 37 tahun 2018 Tentang Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar Pelajaran Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah sebagai berikut:

1. Kompetensi Dasar

Tabel 3 Target Kompetensi Dasar Peserta Didik

No.	Kompetensi Dasar	Target Kompetensi Dasar
3.3	Menganalisis medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik pada berbagai produk teknologi	<ol style="list-style-type: none">1. Menganalisis medan magnetik pada berbagai produk teknologi2. Menganalisis induksi magnetik pada berbagai produk teknologi3. Menganalisis gaya magnetik pada berbagai produk teknologi
4.3	Melakukan percobaan tentang induksi magnetik dan gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik berikut presentasi hasilnya	<ol style="list-style-type: none">1. Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat berarus listrik2. Mempresentasikan hasil percobaan induksi magnetik disekitar kawat berarus listrik3. Melakukan percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik4. Mempresentasikan hasil tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik



3.4	Menganalisis fenomena induksi Elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	Menganalisis fenomena induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
4.4	Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik berikut presentasi hasil percobaan dan Pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik 2. Mempresentasikan hasil percobaan dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari

2. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

Kompetensi dasar dikembangkan menjadi beberapa indikator pencapaian kompetensi sebagai acuan bagi guru untuk mengukur pencapaian kompetensi dasar.

Tabel 4 Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi Dasar (KD)	
3.3	Menganalisis medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik pada berbagai produk teknologi.
4.3	Melakukan percobaan tentang induksi magnetik dan gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik berikut presentasi hasilnya.



Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	
Pengetahuan	Keterampilan
Indikator Pendukung	
3.3.1 Menjelaskan medan magnetik disekitar kawat berarus	
3.3.2 Mengidentifikasi besar induksi magnetik di sekitar kawat lurus berarus	
3.3.3 Menentukan arah medan magnetik di sekitar kawat lurus berarus	
3.3.4 Menjelaskan besar induksi magnetik di sekitar kawat melingkar	4.3.1 Menyajikan hasil identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi induksi magnetik di sekitar kawat berarus.
3.3.5 Menjelaskan induksi magnetik pada sumbu solenoida	4.3.2 Menyajikan hasil identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya magnetik pada kawat lurus.
3.3.6 Menjelaskan gaya magnetik pada partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnetik	
3.3.7 Menentukan arah gaya magnet yang dialami oleh muatan listrik	
3.3.8 Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya magnetik pada kawat lurus	



<p>3.3.9 Menentukan arah gaya magnetik pada kawat lurus</p> <p>3.3.10 Menganalisis gaya magnetik di antara dua kawat sejajar berarus</p>	
Indikator Inti	
<p>3.3.11 Menganalisis medan magnetik pada berbagai produk teknologi</p> <p>3.3.12 Menganalisis induksi magnetik pada berbagai produk teknologi</p> <p>3.3.13 Menganalisis gaya magnetik pada berbagai produk teknologi</p>	<p>4.3.3 Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat lurus berarus listrik</p> <p>4.3.4 Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat melingkar berarus listrik</p> <p>4.3.5 Melakukan percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik</p> <p>4.3.6 Mempresentasikan hasil percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik</p>
Indikator Pengayaan	
<p>3.3.14 Membandingkan prinsip kerja motor listrik dan alat ukur listrik.</p>	



Kompetensi Dasar (KD)	
3.4 Menganalisis fenomena induksi Elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	
4.4 Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik berikut presentasi hasil percobaan dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari	
Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	
Pengetahuan	Keterampilan
Indikator Pendukung	
3.4.1 Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya ggl induksi	4.4.1 Menyajikan hasil identifikasi induksi elektromagnetik
3.4.2 Menjelaskan timbulnya ggl induksi dalam kumparan	4.4.2 Merangkai alat-alat percobaan
3.4.3 Menentukan besar GGL induksi dari persamaan fluks magnet yang berubah menurut fungsi waktu	4.4.3 Menggunakan alat ukur listrik
3.4.4 Menentukan grafik dari persamaan GGL induksi magnet yang berubah menurut fungsi waktu	
3.4.5 Menentukan arah arus induksi dalam kumparan berdasarkan hukum Lenz	
3.4.6 Menjelaskan cara kerja generator berdasarkan konsep induksi elektromagnetik.	



Indikator Inti	
3.4.10 Menganalisis fenomena induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	4.4.4 Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik 4.4.5 Membuat laporan hasil percobaan tentang penyelidikan gaya gerak listrik (ggl) induksi 4.4.6 Mempresentasikan hasil percobaan tentang induksi elektromagnetik 4.4.7 Membuat generator sederhana 4.4.8 Mempresentasikan pemanfaatan induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
Indikator Pengayaan	
3.4.11 Membandingkan prinsip kerja generator listrik AC dan DC	



03 MATERI DAN ORGANISASI PEMBELAJARAN

A. Ruang Lingkup Materi

Unit pembelajaran ini mencakup ruang lingkup materi kemagnetan dan ggl induksi sebagai berikut:

1. Induksi Magnet
2. Gaya Magnetik
3. Ggl Induksi

B. Organisasi Pembelajaran

Untuk memudahkan guru dalam mempelajari unit pembelajaran ini, kita akan membaginya menjadi tiga topik bahasan dengan alokasi waktu sebagai berikut:

Tabel 5 Organisasi Pembelajaran

No.	Materi	Jumlah JP		
		In - 1	On	In - 2
1	Induksi Magnet	2	4	2
2	Gaya Magnetik	2	2	2
3.	Ggl Induksi	2	2	2
Total Jam Pembelajaran PKB		6	8	6



04 KEGIATAN PEMBELAJARAN

A. Pengantar

Unit Pembelajaran ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber belajar bagi guru maupun peserta didik untuk memahami materi kemagnetan dan ggl induksi. Melalui pembahasan materi pada unit pembelajaran ini dan guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi tersebut kepada peserta didik. Sementara bagi peserta didik, dapat digunakan sebagai sumber belajar untuk mencapai kompetensi dasar yang ditetapkan.

Unit Pembelajaran ini dilengkapi dengan target kompetensi guru maupun peserta didik agar terjadi sinkronisasi antara kompetensi yang harus dimiliki guru dengan kompetensi dasar yang harus dikuasai peserta didik. Bahan bacaan sengaja disusun secara singkat dan padat sehingga diharapkan memudahkan guru dan peserta didik dalam memahami konten dan menghindarkan dari kesalahan konsep. Aplikasi titrasi asam basa dalam dunia nyata serta integrasi nilai-nilai keislaman akan mendorong pembelajaran yang kontekstual sekaligus menanamkan nilai-nilai karakter peserta didik. Unit Pembelajaran juga dilengkapi contoh alternatif aktivitas pembelajaran, lembar kegiatan peserta didik (LKPD), dan contoh kisi-kisi pengembangan instrumen penilaian HOTS guna memudahkan guru dalam merancang pembelajaran yang sesuai dengan daya dukung madrasah dan karakteristik peserta didik. Di akhir Unit Pembelajaran terdapat latihan tes formatif yang dapat dijadikan instrumen penilaian diri bagi guru sebelum melaksanakan Asesmen Kompetensi Guru (AKG) maupun peserta didik dalam hal penguasaan materi.

B. Aplikasi Dalam Dunia Nyata

Elektromagnetik adalah suatu peristiwa perubahan sifat dari logam baja atau besi menjadi sebuah medan magnet yang terdapat di dalam kumparan dengan muatan listrik. Sedangkan elektromagnet ialah medan magnet yang sengaja



diciptakan dengan cara melilitkan sebuah kawat pada konduktor berupa logam baja ataupun besi selanjutnya dihubungkan dengan aliran listrik. Elektromagnet juga dikenal dengan istilah magnet listrik. Dengan adanya konsep tersebut, dapat mempermudah beberapa pekerjaan dengan memanfaatkan prinsip elektromagnetik. Beberapa contoh penerapan konsep elektromagnetik dalam kehidupan diantaranya adalah:

Pengeras Suara

Pengeras suara dalam penggunaannya memanfaatkan prinsip elektromagnetik. Komponen utama yang terdapat pada alat elektronik ini berupa magnet yang terpasang secara permanen dengan elektromagnetik sebagai daya penyokongnya. Cara kerja dari alat ini adalah mengubah energi listrik menjadi bunyi dengan berbagai mekanisme khusus. Komponen voice coil di dalam pengeras suara akan menciptakan medan elektromagnetik yang akan melakukan interaksi dengan komponen cone yang ada di dalam magnet. Aliran listrik yang terdapat di dalam voice coil akan menciptakan suatu medan magnet yang berubah arah dan mengakibatkan adanya pergerakan menarik dan melepas aliran listrik dengan sangat cepat.



Gambar 2 TOA Speaker

Mikrofon

Prinsip kerja elektromagnetik pada mikrofon adalah mengubah energi suara menjadi energi listrik. Ketika suara memasuki mikrofon, maka akan timbul gelombang yang akan melewati diafragma yang berupa membrane plastik.



Membrane plastik tersebut akan bergetar seiring dengan volume gelombang suara yang memasuki mikrofon. Pada saat yang bersamaan, bagian voice coil yang terletak di belakang diafragma juga akan turut bergetar bersamaan dengan gelombang suara yang masuk. Selanjutnya gelombang bunyi akan bergesekan dengan medan magnet yang kemudian akan memunculkan sebuah energi listrik di dalam magnet. Mulai dari sinilah gelombang bunyi selanjutnya akan diubah menjadi suara. Listrik yang terdapat di dalam medan magnet selanjutnya akan bergerak menuju ke arah amplifier. Melalui amplifier inilah gelombang suara yang telah dihasilkan akan keluar dan dapat didengar.



Gambar 3 Mikrofon Kabel (Kiri), Mikrofon Wireless (Kanan)

Kompas

Pada jarum kompas telah terpasang dua buah magnet tetap yang senantiasa menunjuk ke arah utara dan selatan. Hal ini disebabkan bumi memiliki medan magnet yang amat besar di bagian wilayah utara dan selatan. Sifat magnetik yang senantiasa bertolak belakang ini menjadikan jarum kompas utara menunjuk ke arah selatan dan begitupun sebaliknya. Mengenai hal tersebut, kompas yang banyak diproduksi saat ini telah dimodifikasi sedemikian rupa dengan akurasi ketepatan penunjuk arah yang begitu otentik, sehingga tidak perlu khawatir tertukar arah.



Gambar 4 Kompas

Pengangkat Besi

Prinsip elektromagnetik pada pengangkat besi pada prinsipnya sama halnya seperti pintu kulkas yang berupa material besi dan penopang pintu sebagai magnetnya. Pengangkat sebagai magnet, sedangkan material besi sebagai benda yang ditarik oleh magnet. Pengangkat besi lebih banyak digunakan dalam bidang industri seperti halnya pengangkat peti kemas, pemilah sampah logam, mesin pengangkat logam berat, dan lain sebagainya. Cara kerjanya adalah dengan mengalirkan listrik terhadap kumparan yang dililitkan pada logam besar. Pada saat listrik mengalir, kumparan tersebut akan memiliki muatan magnet yang mampu menarik material logam.

Sifat kemagnetan akan tetap bertahan selama listrik masih disalurkan pada kumparan. Jika aliran listrik diputus, maka logam yang semula telah diangkat dapat terlepas.



Gambar 5 Electro Scrap Lifting Magnets

Bel Listrik

Bel listrik lebih banyak dimanfaatkan sebagai simbol, peringatan, isyarat, atau penanda khusus terhadap suatu peristiwa. Alat ini pada umumnya digunakan di sekolah, pintu halaman rumah, dan acara perlombaan tertentu. Bunyi nyaring yang dihasilkan oleh bel listrik berasal dari aliran listrik yang muncul pada saat tombol pengaktifan ditekan. Aliran listrik tersebut selanjutnya akan memberikan energy elektromagnetik menuju interruptor. Interruptor inilah yang selanjutnya akan menarik pemukul sehingga mampu menimbulkan bunyi nyaring. Jika tombol pengaktifan berhenti ditekan, maka secara otomatis listrik berhenti mengalir sehingga bunyi bel pun akan berhenti.

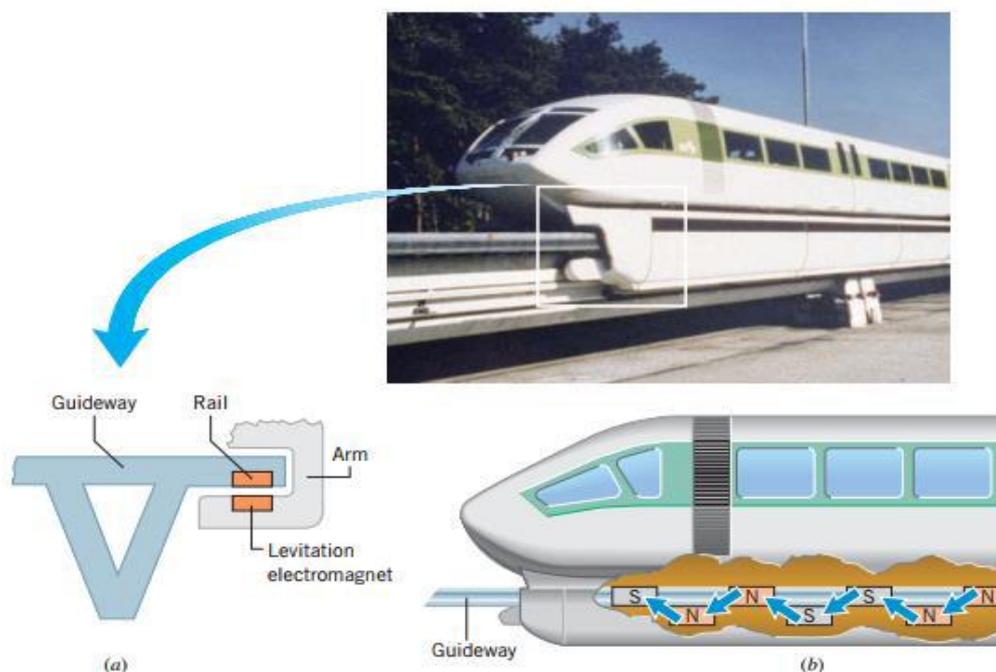


Gambar 6 Bel Listrik (Kiri), Rangkaian Komponen Bel Listrik (Kanan)



Maglev Train

Magnetically levitated train atau biasa disingkat dengan *maglev train* adalah jenis kereta api yang menggunakan kekuatan magnet untuk melayang di atas jalan penuntunnya. Karena kereta ini bergerak secara melayang beberapa sentimeter di atas jalan penuntunnya sehingga gaya gesek dapat dikurangi dan tidak membutuhkan roda. Kereta maglev juga memanfaatkan magnet sebagai pendorong. Besarnya gaya dorong dan kecilnya gaya gesek menyebabkan kereta ini mampu melaju dengan kecepatan sampai 600 km/jam, jauh lebih cepat dari kereta biasa. Perbedaan besar antara kereta maglev dan kereta konvensional adalah bahwa kereta maglev tidak memiliki mesin – setidaknya bukan jenis mesin yang digunakan untuk menarik kereta biasa di sepanjang rel baja. Mesin untuk kereta maglev agak tidak mencolok dan tidak menggunakan bahan bakar fosil melainkan oleh medan magnet yang diciptakan oleh kumparan listrik di dinding jalur pemandu (*guideway*) dan trek bergabung untuk mendorong kereta.



Gambar 7 Maglev Train (a) The Transrapid Maglev (b) Sistem Tenaga Penggerak Magnetik

Prinsip kerja maglev menggunakan prinsip medan magnet. Ketika arus dikirim ke elektromagnet, medan magnet yang dihasilkan menciptakan magnet yang diinduksi dalam rel yang dipasang di jalur pemandu. Gaya tarik ke atas dari magnet yang diinduksi diimbangi oleh berat kereta, sehingga kereta bergerak tanpa menyentuh rel atau jalur pemandu. Levitasi magnetik hanya mengangkat kereta dan tidak bergerak maju. Gambar 7b menggambarkan bagaimana tenaga penggerak magnetik dicapai. Selain elektromagnet levitasi, elektromagnet penggerak juga ditempatkan di sepanjang jalur pemandu. Setiap elektromagnet di kereta ditarik dan didorong ke depan oleh elektromagnet di jalur pemandu. Dengan menyesuaikan waktu, kecepatan kereta bisa disesuaikan. Membalik kutub di elektromagnet jalur pemandu berfungsi untuk mengerem kereta.

C. Integrasi Keislaman

Planet bumi selalu meliputi medan magnet yang sangat kuat dan daerah ini menghalangi partikel-partikel yang dihasilkan oleh matahari yang disebut dengan



angin matahari yang mematikan, dan para ilmuwan menegaskan bahwa matahari ditransmisikan lebih dari seribu juta kilogram zat berbahaya dalam setiap detik. Tentu saja sebagian dari bahan ini dekat dengan Bumi dan menguap di perbatasan dari magnetosfer Bumi, dan **Allah SWT** telah memberikan perbekalan berupa penutup yang memiliki kemampuan aneh sehingga dapat menghalangi serangan surya yang mematikan.

Benda-benda ini adalah sinar elektronik dan sinar yang berasal dari proton dan atom yang keras sebagian besarnya berasal dari unsur-unsur yang dikenal. Dan sinar tersebut menghilang dengan cepat melebihi Kecepatan suara hingga 800 kilometer per detik, dan ketika berbenturan dengan medan magnetik pada bumi akan terjadi pengurangan kecepatan partikel-partikel di bawah kecepatan suara dan efektivitas pembatalan. Para ilmuwan berkata, “Sekiranya tidak ada medan ini maka tidak akan ada kehidupan di muka bumi ini.” Medan magnetik ini merupakan nikmat yang besar yang tidak terasa tetapi Allah SWT memberitahu kepada kita tentang hal tersebut, karena itulah Allah SWT berfirman,

وَجَعَلْنَا السَّمَاءَ سَفْهًا مَّحْفُوظًا ۗ وَهُمْ عَنْ آيَاتِهَا مُعْرِضُونَ

Artinya: “Dan Kami menjadikan langit itu sebagai atap yang terpelihara, sedang mereka berpaling dari segala tanda-tanda (kekuasaan Allah) yang terdapat padanya.”

(Al-Anbiya:32).

Atmosfer memungkinkan makhluk hidup untuk melangsungkan kehidupannya dengan aman. Selain atmosfer, Sabuk Van Allen, suatu lapisan yang tercipta akibat keberadaan medan magnet bumi, juga berperan sebagai perisai melawan radiasi berbahaya yang mengancam planet kita. Radiasi ini, yang terus-menerus dipancarkan oleh matahari dan bintang-bintang lainnya, sangat mematikan bagi makhluk hidup. Jika saja sabuk Van Allen tidak ada, semburan



energi raksasa yang disebut jilatan api matahari yang terjadi berkali-kali pada matahari akan menghancurkan seluruh kehidupan di muka bumi.

Didalam Al-Qur'an juga telah membahas tentang besi. Suatu logam yang dalam unit pembelajaran ini dapat menjadi media medan magnetik, induksi elektromagnetik, serta merupakan konduktor yang sangat baik dalam menghantarkan arus listrik. Besi atau logam lainnya banyak dimanfaatkan dalam kehidupan manusia setelah diolah menjadi barang-barang tertentu dan memiliki nilai jual. Di dalam Al-Qur'an Allah SWT berfirman:

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

Artinya:” Sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa.”

(QS. Al-Hadid:25)

ءَاتُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ أَنفُخُوا حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا قَالَ ءَاتُونِي أُفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا

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)

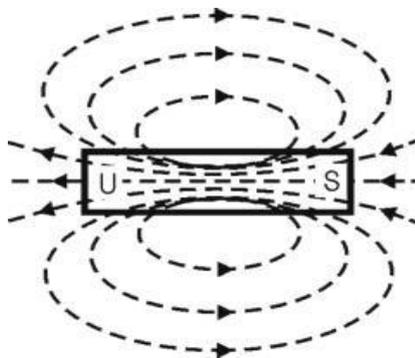


D. Bahan Bacaan

Gejala magnet sudah diketahui orang sejak ribuan tahun yang silam, khususnya oleh bangsa Asia Kecil. Di daerah yang dikenal sebagai Magnesia terdapat bebatuan yang mengandung sifat magnet, yaitu dapat menarik logam-logam yang berada dekat dengan bebatuan tersebut. Kata magnet sendiri berasal dari nama daerah tersebut. Magnet yang berasal dari batuan alam dikenal sebagai magnet permanen. Pada abad ke-19 para fisikawan menemukan adanya hubungan antara sifat kemagnetan dengan sifat kelistrikan. Dalam modul ini akan kita pelajari hubungan tersebut.

1. Induksi Magnet

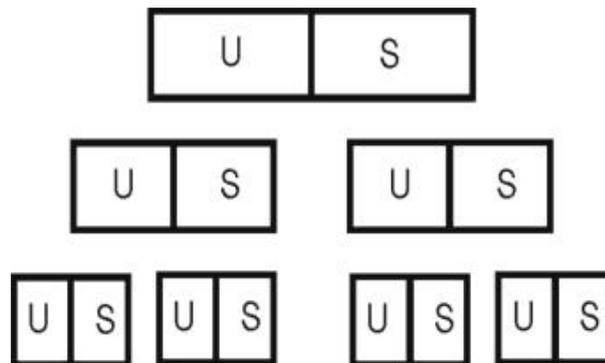
Pada bahan (material) magnetik dapat kita jumpai adanya kutub-kutub magnet yang dikenal sebagai kutub utara magnet dan kutub selatan magnet. Jika bahan magnetik berbentuk batang, maka separuh bagiannya menjadi kutub utara magnet dan separuh bagian yang lainnya menjadi kutub selatan magnet. Di sekitar bahan magnetik terdapat medan magnet yang digambarkan dengan adanya garis-garis gaya magnetik (garis-garis medan magnetik) yang berawal dari kutub utara dan berakhir di kutub selatan magnet. Setiap garis gaya menunjukkan titik-titik yang kuat medan magnetnya sama besar. Berikut gambar yang merepresentasikan garis-garis gaya magnetik dari sebuah magnet batang.



Gambar 8 Garis-garis Gaya Magnetik dari Sebuah Magnet Batang

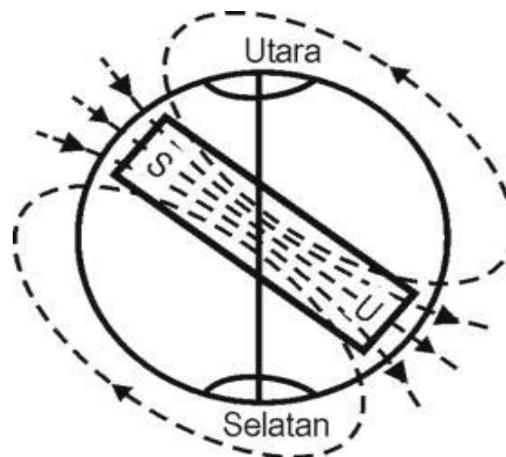


Sifat dari kutub-kutub magnet adalah kutub-kutub yang sejenis saling tolak menolak dan kutub-kutub yang tidak sejenis saling tarik menarik. Kutub-kutub magnet tidak dapat diisolasi artinya pada setiap magnet selalu ada kutub utara dan selatan. Jika setiap magnet batang kita potong-potong menjadi beberapa bagian seperti pada gambar 9, maka setiap bagian magnet batang tersebut tetap sebagai magnet batang yang mempunyai kutub utara dan selatan.



Gambar 9 Sifat Magnet

Bumi kita ini juga mengandung magnet yang menyerupai magnet batang. Posisi kutub utara magnet bumi berdekatan dengan kutub selatan bumi dan posisi kutub selatan magnet bumi berdekatan dengan kutub utara bumi. Gambar 10 merepresentasikan kedudukan magnet bumi.



Gambar 10 Magnet Bumi Menyerupai Magnet Batang

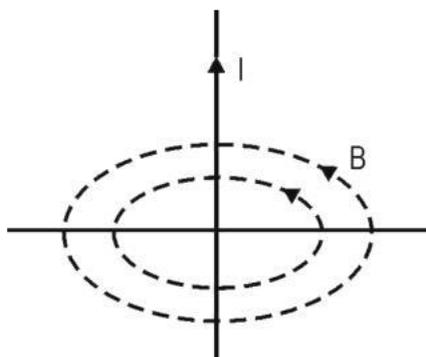


Sebuah jarum kompas dalam keadaan bebas akan mengarah ke utara-selatan, hal ini disebabkan jarum kompas terbuat dari bahan magnetik yang dalam keadaan bebas kutub utaranya mengarah ke kutub selatan magnet bumi, sedangkan kutub selatannya mengarah ke kutub utara magnet bumi. Adanya medan magnet di sekitar bahan magnetik dapat kita amati dengan melakukan sebuah eksperimen yang sederhana. Jika kita meletakkan sebuah magnet batang di atas selembar kertas dan kemudian di sekitarnya kita taburi dengan serbuk (pasir) besi maka serbuk besi tersebut akan membentuk pola-pola garis gaya magnetik.

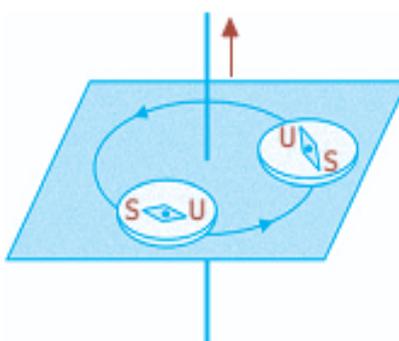
a. Medan Magnet di Sekitar Arus Listrik

Adanya hubungan antara sifat listrik dan sifat magnet mula-mula diketahui dari percobaan seorang fisikawan Denmark, yaitu Hans Christian Oersted (1777-1851). Pada Tahun 1820 Oersted melakukan percobaan mendekatkan sebuah jarum kompas ke sebuah kawat berarus listrik. Ternyata jarum kompas mengalami penyimpangan arah. Dari pengamatannya ini Oersted menyimpulkan bahwa di sekitar kawat berarus listrik terdapat medan magnet (yang dapat mempengaruhi posisi jarum kompas).

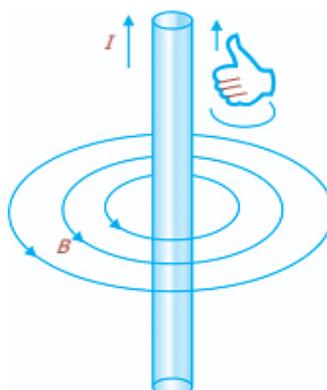
Pada penelitian-penelitian berikutnya dapat diketahui bentuk garis-garis gaya magnetik di sekitar kawat berarus. Jika kita menggambarkan sebuah garis gaya magnetik di sekitar kawat berarus, maka bentuk garis gaya tersebut adalah sebuah lingkaran yang berpusat di kawat. Lingkaran ini merepresentasikan titik-titik di sekitar kawat berarus yang mempunyai medan magnet yang sama besarnya. Gambar 10 merepresentasikan beberapa garis gaya yang berupa lingkaran-lingkaran sepusat yang dihasilkan oleh sebuah kawat berarus. Arah garis gaya magnetik, atau arah medan magnetnya, mengikuti *aturan tangan kanan*. Pada gambar tersebut arah ibu jari tangan kanan menunjukkan arah arus, sedangkan arah genggamannya menunjukkan arah medan magnet.



Gambar 11 Garis Gaya Magnet di Sekitar Kawat Berarus



Gambar 12 Penyimpangan Jarum Kompas di Dekat Kawat Berarus Listrik

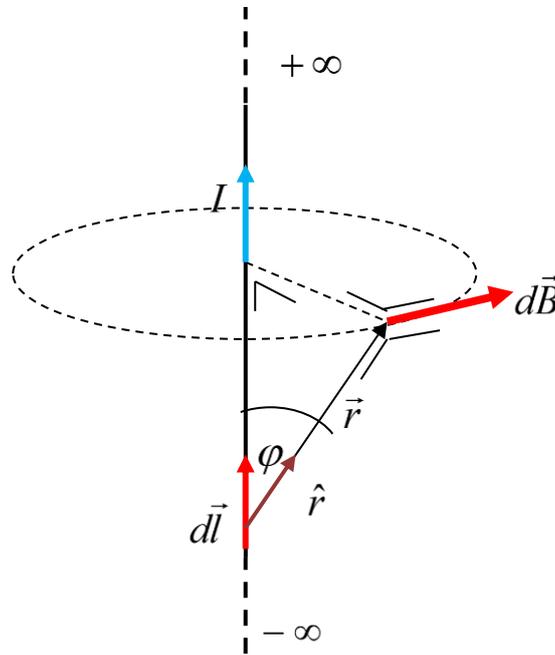


Gambar 13 Kaidah Tangan Kanan untuk Mengetahui Medan Magnet

Besarnya induksi magnetik yang ditimbulkan oleh elemen kawat berarus yang panjangnya $d\vec{l}$ dan dialiri arus sebesar I pada suatu titik yang posisinya \vec{r} dari elemen kawat tersebut, sudut antara arah vektor elemen kawat $d\vec{l}$ terhadap



vektor posisi \vec{r} adalah φ , diungkapkan oleh Biot dan Savart dari eksperimennya sebagai berikut:



$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \sin \varphi \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

I = kuat arus listrik yang mengalir dalam kawat(A)

dl = elemen kawat penghantar,

r = jarak titik terhadap kawat (m)

dB = menyatakan kuat medan magnetik (Wb/m^2)

dengan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb.A}^{-1}.\text{m}^{-1}$ atau $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N.A}^{-1}$ adalah permeabilitas magnetik untuk ruang hampa.

Satuan induksi magnetik menurut SI adalah tesla (T). Satuan lain yang sering dipergunakan adalah gauss, di mana $1 \text{ gauss} = 10^{-4} \text{ T}$.

Persamaan (1) di atas secara vektor dapat dinyatakan sebagai :



$$d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

dimana : $d\vec{B} \perp d\vec{l}$ dan $d\vec{B} \perp \vec{r}$

\hat{r} : vektor satuan dari elemen panjang $d\vec{l}$ ke arah titik yang ditinjau.

Dari persamaan: $dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Idl \sin \varphi}{r^2}$, dengan menggunakan integral akan diperoleh:

$$B = \frac{\mu_o I}{4\pi a} (\sin \theta_2 - \sin \theta_1)$$

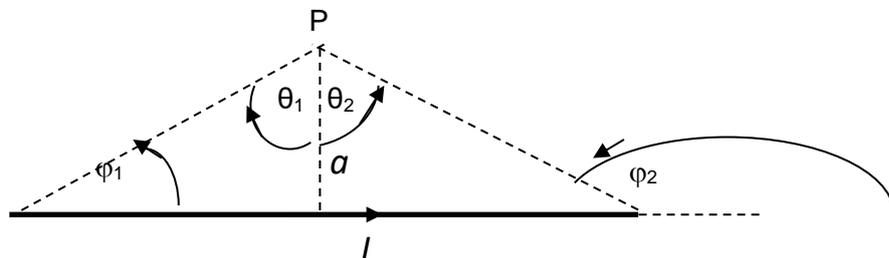
atau

$$B = \frac{\mu_o I}{4\pi a} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) \dots\dots\dots (3)$$

Persamaan (3) merupakan induksi magnetik oleh segmen kawat lurus berarus listrik.

- 1) Kuat medan magnet pada suatu titik berjarak r dari sebuah kawat arus yang panjangnya tak terhingga.

Untuk kasus pada gambar di bawah ini: θ_1 : negatif , θ_2 : positif, φ_1 dan φ_2 : positif

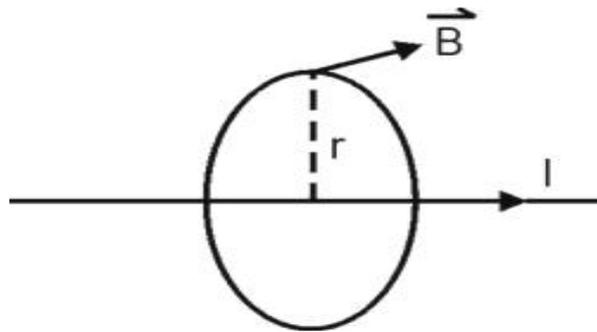


Untuk kawatnya lurus panjang sekali (dianggap tak berhingga) maka:

$\theta_1 = -90^\circ$ dan $\theta_2 = +90^\circ$ atau $\varphi_1 = 0^\circ$ dan $\varphi_2 = 180^\circ$, sehingga induksi magnetiknya:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan (4) merupakan induksi magnetik oleh kawat lurus panjang (tak hingga) berarus listrik.



Gambar 14 Induksi Magnet pada Kawat Berarus

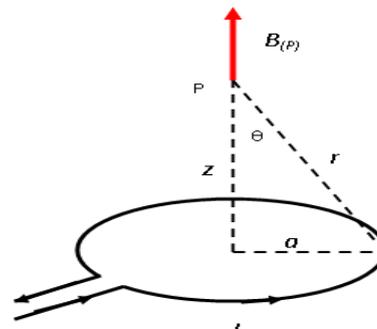
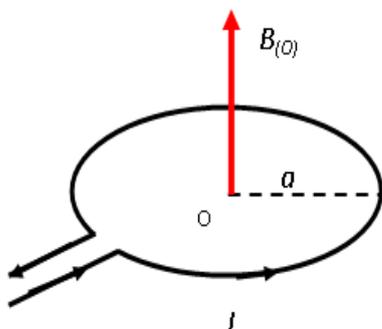
Hal yang perlu diperhatikan guru dalam menulis soal, bila yang dimaksudkan adalah induksi magnetik oleh kawat lurus yang panjangnya tak berhingga berarus listrik, maka sekurang-kurangnya dalam soal tersebut terdapat kata “*panjang*”, atau data pada soal, jarak titik yang ditinjau jauh lebih kecil dibandingkan panjang kawat, misalnya: *Tentukan induksi magnetik di suatu titik yang berjarak 5 cm dari kawat lurus panjang berarus..., dan seterusnya.*

2) Kuat medan magnet oleh kawat berarus yang berbentuk cincin.

Dari hukum Biot-Savart, dan dengan menggunakan integral, akan diperoleh:

(a) Induksi magnetik di pusat cincin

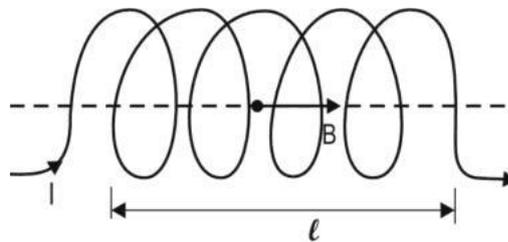
(b) induksi magnetik pada sumbu cincin





$$B_{(o)} = \frac{\mu_o I}{2a} \qquad B_{(p)} = \frac{\mu_o I a \sin \theta}{2r^2} \text{ atau } B_{(p)} = \frac{\mu_o I a^2}{2r^3}$$

- 3) Kuat medan magnet di dalam suatu kumparan arus (*solenoida*) yang panjangnya dan jumlah lilitannya N.



Gambar 15 Induksi Magnet pada Solenoid

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \dots\dots\dots(5)$$

atau $B = \mu_0 n I$ dengan $n = \frac{N}{l}$.

di mana n menyatakan banyaknya lilitan persatuan panjang.

Untuk *solenoida* yang cukup panjang dengan diameter *solenoida* cukup kecil, medan magnet di setiap titik di dalam *solenoida* sama besarnya (homogen). Persamaan (5) digunakan untuk menentukan besar induksi magnet di tengah *solenoida*.

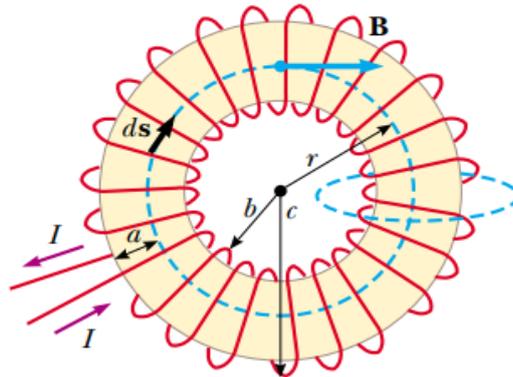
Sementara itu, untuk menentukan induksi magnetik di ujung *solenoida* dengan persamaan:

$$B = \frac{\mu_0 I n}{2} \dots\dots\dots(6)$$

Induksi magnetik (*B*) hanya bergantung pada jumlah lilitan per satuan panjang (*n*), dan arus (*I*). Medan tidak tergantung pada posisi di dalam *solenoida*, sehingga *B* seragam. Hal ini hanya berlaku untuk *solenoida* tak hingga, tetapi merupakan pendekatan yang baik untuk titik-titik yang sebenarnya tidak dekat ke ujung.

- 4) Kuat medan magnet pada sumbu toroida.

Solenoida panjang yang dilengkungkan sehingga berbentuk lingkaran dinamakan *toroida*.



Gambar 16 Induksi Magnet pada Toroida

Induksi magnetik tetap berada di dalam toroida, dan besarnya dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi a} \dots\dots\dots(7)$$

dengan a jari-jari toroida.

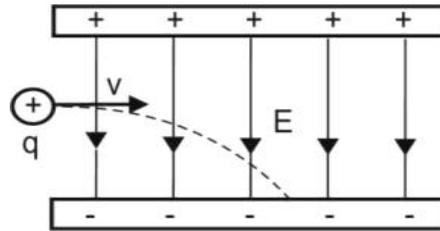
2. Gaya Magnetik

a. Gerak muatan di dalam medan listrik dan medan magnet

Jika sebuah muatan berada di dalam medan listrik, maka muatan tersebut akan mendapatkan gaya listrik. Andaikan muatan tersebut adalah muatan positif yang besarnya q dan besar medan listriknya adalah E, maka besarnya gaya listrik pada muatan dinyatakan dengan persamaan,

$$F_e = q E \dots\dots\dots(8)$$

Jika muatan q dilewatkan di antara dua plat kapasitor yang kuat medannya E seperti pada Gambar 1.20, maka gaya listrik yang timbul pada muatan q menyebabkan muatan tersebut akan membelok ke arah plat kapasitor yang bermuatan negatif seperti ditunjukkan pada gambar berikut.

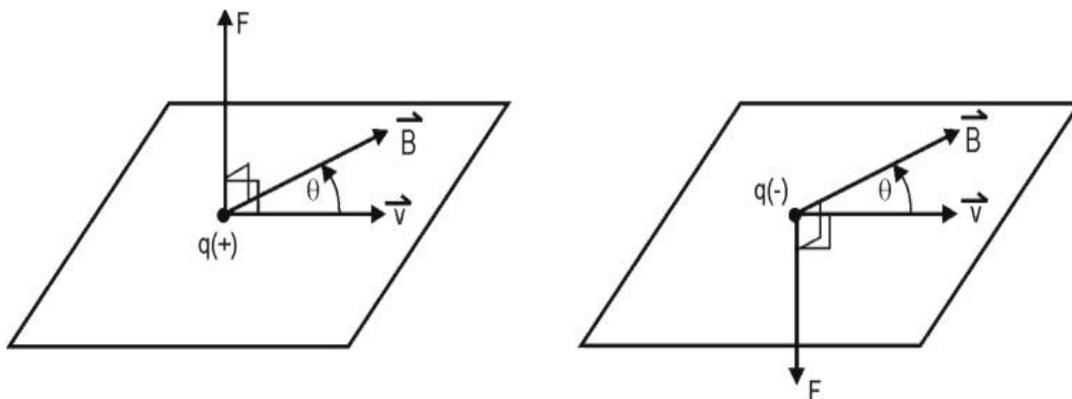


Gambar 17 Gerak Muatan di Dalam Medan Listrik

Seperti halnya di dalam medan listrik, di dalam medan magnet pun muatan akan mendapatkan gaya magnetik. Jika gaya listrik juga dapat timbul pada muatan yang diam, maka gaya magnetik hanya timbul pada muatan yang bergerak di dalam medan magnet. Gaya magnetik pada muatan yang bergerak di dalam medan magnet dikenal sebagai *gaya magnetik*, yang mempunyai sifat yang agak berbeda dengan gaya listrik. Gaya magnetik merupakan produk vektor, yaitu merupakan hasil perkalian silang (*cross product*) antara vektor kecepatan (\vec{v}) dan vektor medan magnet (\vec{B}). Secara matematik gaya magnetik dinyatakan dengan persamaan,

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \dots\dots\dots(9)$$

dengan arah tegak lurus arah dan mengikuti aturan tangan kanan seperti pada Gambar dibawah. Aturan tangan kanan berlaku untuk muatan positif, untuk muatan negatif arah gaya magnetik berlawanan dengan aturan tangan kanan.



Gambar 18 Gaya Magnetik Mengikuti Aturan Tangan Kanan



Jika kita tinjau besarnya saja, menurut aturan perkalian silang gaya magnetik dapat dituliskan sebagai,

$$F = qvB \sin \theta \dots\dots\dots(10)$$

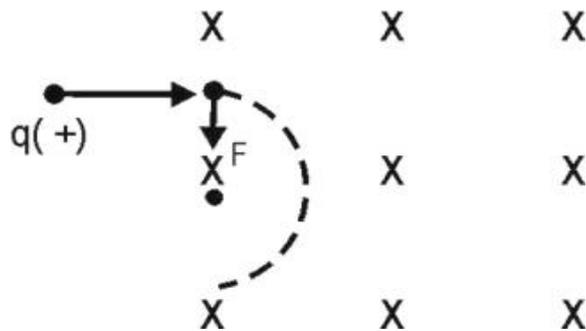
di mana θ adalah sudut yang dibentuk oleh vektor \vec{v} dan \vec{B} .

Jika sebuah muatan q memasuki daerah medan magnet homogen (digambarkan \perp bidang gambar menjauhi kita) yang kuat medannya B , dengan kecepatan v dan arah kecepatannya tegak lurus arah medan magnet seperti pada Gambar 18, maka muatan akan mengalami gaya Lorentz sebesar,

$$F = qvB \sin 90^\circ$$

$$F = qvB \dots\dots\dots(11)$$

dan arah gaya magnetik yang setiap saat tegak lurus \vec{v} dan \vec{B} menyebabkan muatan q bergerak melingkar seperti pada gambar berikut.



Gambar 19 Gerak Muatan di Dalam Medan Magnet

Jika muatan q memasuki medan magnet homogen dengan arah tidak tegak lurus \vec{B} , maka muatan q akan bergerak dengan lintasan menyerupai spiral.

b. Gaya magnetik di sekitar kawat berarus

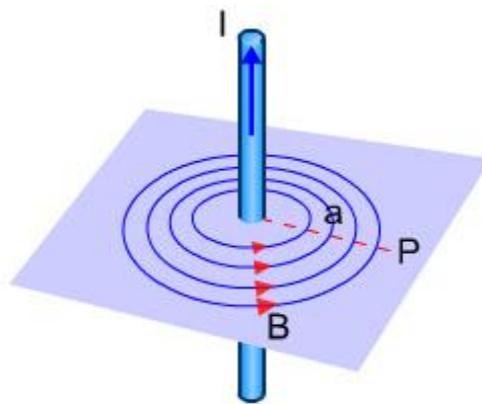
Jika sebuah kawat arus diletakkan di dalam medan magnet maka kawat arus juga akan mengalami gaya magnetik. Di samping itu kawat arus juga



menimbulkan medan magnet di sekitarnya. Medan magnet di sekitar kawat berarus sangat panjang memenuhi persamaan,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \dots\dots\dots(12)$$

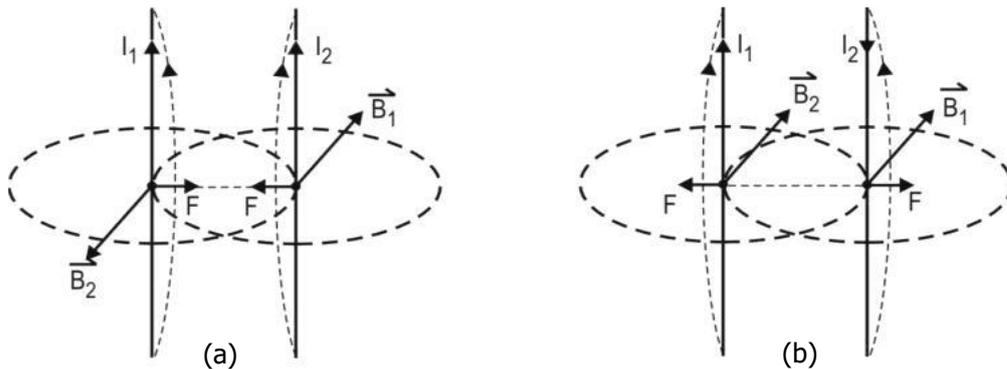
Dengan a adalah jarak titik ke kawat.



Gambar 20 Medan Magnet di Sekitar Kawat Berarus

Apabila dua buah kawat arus diletakkan sejajar, maka masing-masing kawat akan menghasilkan medan magnet yang mempengaruhi satu sama lain, sehingga masing-masing kawat akan mengalami gaya Lorentz. Jika dua buah kawat arus sejajar yang sangat panjang dialiri arus listrik dengan arah yang sama, seperti pada gambar 20a, maka arah medan magnet pada masing-masing kawat adalah seperti pada gambar tersebut, sehingga gaya Lorentz yang dihasilkan pada kedua kawat tersebut seolah-olah bersifat tarik-menarik. Akibatnya kedua kawat akan melengkung ke dalam.

Jika arah arus pada kedua kawat sejajar tersebut berlawanan arah, maka medan magnet pada masing-masing kawat adalah seperti pada gambar sehingga pada masing-masing kawat bekerja gaya Lorentz yang arahnya seolah-olah tolak-menolak. Akibatnya kedua kawat akan melengkung ke luar.



Gambar 21 Gaya Lorentz antara Dua Kawat Arus Sejajar: (a) Gaya Lorentz antara Dua Kawat Sejajar dengan Arus Searah (b) Gaya Lorentz antara Dua Kawat Sejajar dengan Arus Berlawanan

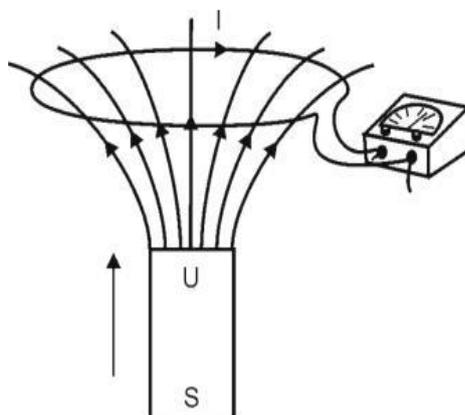
Gaya Lorentz yang bekerja pada masing-masing kawat sejajar ini sama besarnya, dan besarnya dinyatakan dalam gaya persatuan panjang,

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi a} \dots\dots\dots(13)$$

Di mana i_1 dan i_2 adalah besarnya arus yang mengalir pada masing-masing kawat (kawat 1 dan kawat 2), l adalah panjang kawat, dan a adalah jarak antara kedua kawat.

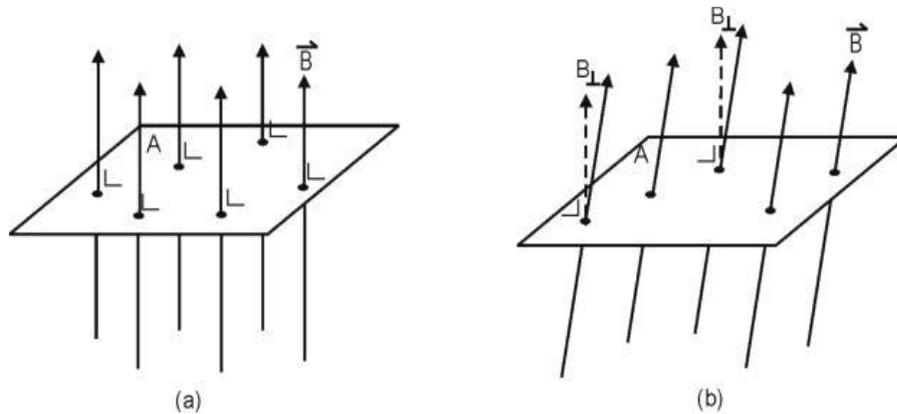
3. Gaya Gerak Listrik (ggl induksi)

Gejala induksi magnetik pertama kali ditemukan di dalam eksperimen Michael Faraday(1791-1867). Pada mulanya Faraday melakukan sebuah percobaan dengan menggunakan sebatang magnet dan seutas kawat yang dibentuk loop dan ujung-ujungnya dihubungkan dengan sebuah amperemeter (alat pengukur arus). Jika batang magnet dalam keadaan diam, amperemeter menunjuk angka nol, artinya tidak ada arus listrik yang mengalir pada kawat. Jika batang magnet digerakkan mendekati loop maka jarum amperemeter bergerak yang menunjukkan adanya arus yang mengalir pada kawat.



Gambar 22 Arus Induksi Dihasilkan Karena Ada Perubahan Fluks pada Kawat Loop

Demikian pula halnya jika batang magnet digerakkan menjauhi loop, pada kawat terjadi arus listrik. Faraday menyimpulkan bahwa terjadinya arus listrik pada kawat loop disebabkan terjadinya perubahan fluks, yaitu perubahan jumlah garis-garis gaya yang menembus luas penampang yang dibatasi oleh loop. Jika batang magnet didekatkan ke loop maka terjadi penambahan garis gaya yang menembus luas penampang yang dibatasi loop, sehingga terjadi arus listrik. Demikian pula jika batang magnet dijauhkan dari loop maka terjadi pengurangan garis gaya yang menembus luas penampang yang dibatasi loop, dan mengakibatkan terjadinya arus pula. Arus yang terjadi karena induksi magnetik ini dikenal sebagai *arus induksi*.



Gambar 23 Medan Magnet Menembus Luas Penampang A: (a) $\vec{B} \perp A$, (b) \vec{B} Tidak $\perp A$

Banyaknya garis gaya yang menembus suatu luas penampang, atau dikenal sebagai fluks, dinyatakan dengan persamaan,

$$\Phi = B A \dots\dots\dots(14)$$

dengan Φ menyatakan fluks magnetik yang menembus penampang yang luasnya A. Menurut SI satuan untuk fluks magnetik adalah weber (Wb), di mana $1 \text{ Wb} = 1 \text{ Tm}^2$. Persamaan(14) digunakan untuk menentukan fluks jika $\vec{B} \perp A$. Jika \vec{B} tidak $\perp A$, maka

$$\Phi = B \sin \theta A \dots\dots\dots(15)$$

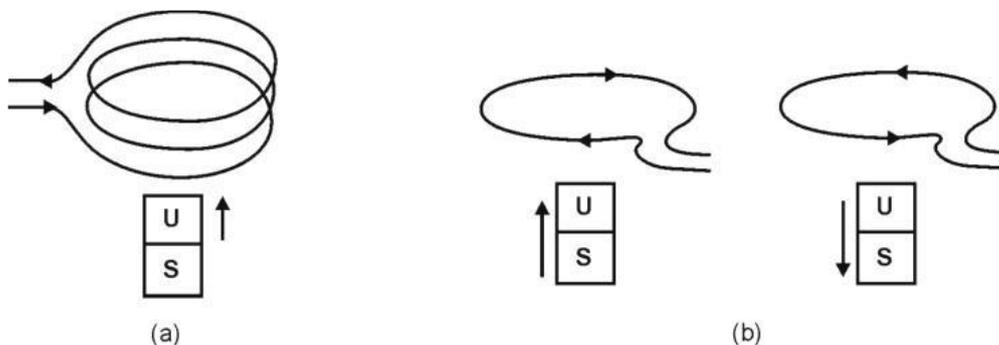
Fluks magnetik yang berubah-ubah di dalam loop kawat bersifat seperti sumber tegangan karena dapat menghasilkan arus listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh induksi magnetik ini dikenal sebagai gaya gerak listrik induksi (ggl induksi). Menurut Faraday besarnya ggl induksi dapat dinyatakan dengan persamaan,

$$\varepsilon_{in} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \dots\dots\dots(16)$$



dengan menyatakan ggl induksi, N adalah banyaknya loop (lilitan), dan $\Delta\Phi$ adalah perubahan fluks magnetik yang menembus penampang loop dalam selang waktu Δt . Persamaan (16) dikenal sebagai ***hukum Faraday***. Seperti yang telah kita pelajari sebelumnya bahwa arus listrik dapat menimbulkan medan magnet di sekitarnya, maka arus induksi pun menimbulkan medan magnet di sekitarnya. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus induksi bersifat menentang perubahan fluks.

Jika sebuah magnet batang didekatkan pada suatu loop (gambar 24a) maka jumlah garis gaya yang menembus luas penampang loop bertambah, artinya fluks membesar, dan pada kawat loop akan timbul arus induksi yang arahnya sedemikian sehingga medan magnet yang dihasilkan oleh arus induksi ini arahnya berlawanan dengan medan magnet dari magnet batang.

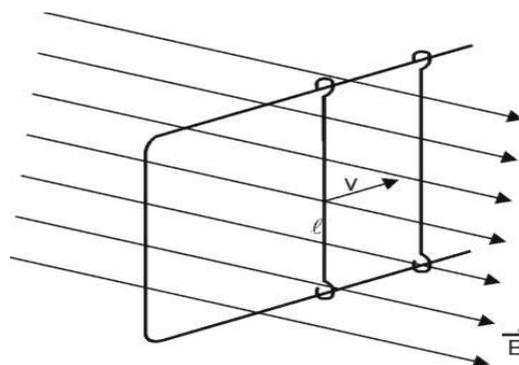


Gambar 24 (a) Arus Induksi pada Suatu Kumparan (b) Hukum Lenz: Arus Induksi Menentang Perubahan Fluks

Pada gambar ditunjukkan arah arus induksi searah dengan arah perputaran jarum jam. Arah arus induksi yang demikian dimaksudkan untuk mengurangi perubahan fluks. Keadaan sebaliknya adalah jika magnet batang dijauhkan dari loop, seperti pada gambar 24b maka jumlah garis gaya yang menembus luas penampang yang dibatasi loop berkurang, artinya fluks mengecil, dan pada kawat loop akan timbul arus induksi yang pada gambar arahnya berlawanan dengan arah perputaran jarum jam, agar dihasilkan medan

magnet dari arus induksi yang searah dengan medan magnet dari magnet batang. Dengan arah yang demikian maka medan magnet yang dihasilkan oleh arus induksi menentang perubahan fluks. Hukum alam yang berlaku pada induksi magnetik ini dan mengatur arah arus induksi ini untuk pertama kalinya ditemukan oleh Henrich Lenz seorang fisikawan Jerman, dan kemudian dikenal sebagai ***hukum Lenz***.

Arus induksi dapat terjadi jika ada perubahan fluks. Pada contoh di atas perubahan fluks terjadi karena perubahan posisi dari magnet batang. Perubahan fluks juga dapat terjadi jika luas penampang loop berubah. Gambar berikut merepresentasikan sebuah kawat loop yang terdiri dari sebuah kawat berbentuk U dan sebuah kawat lurus yang dapat digeser-geser yang panjangnya.



Gambar 25 Kawat Loop dalam Medan Magnet

Jika kawat loop ini diletakkan di dalam medan magnet, dan kemudian kawat digeser maka akan terjadi perubahan fluks akibat perubahan luas penampang loop. Akibatnya pada kawat loop akan timbul arus induksi. Jika kawat digeser dengan kecepatan v , maka perubahan luas penampang (ΔA) dapat dinyatakan dengan persamaan,

$$\Delta A = l v \Delta t \dots\dots\dots(17)$$

di mana Δt adalah selang waktu pergeseran.



Dengan adanya perubahan luas penampang sebesar ΔA maka terjadi perubahan fluks sebesar

$$\Delta\Phi = B \Delta A \dots\dots\dots(18)$$

Sehingga ggl induksi yang timbul dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\varepsilon_{in} = B l v \dots\dots\dots(19)$$

dimana:

ε_{in} = ggl induksi(volt)

B = medan magnet(T)

l = panjang kawat(m)

v = kecepatan (m/s)

Dapat dibuktikan dengan menggunakan persamaan (16) bahwa amplitudo tegangan dapat dinyatakan dengan persamaan,

$$\varepsilon_0 = NAB\omega \dots\dots\dots(20)$$

di mana A adalah luas penampang kumparan. Kecepatan putaran dapat dinyatakan dalam frekuensi osilasi f sebagai $\omega = 2\pi f$. Pada umumnya untuk listrik yang dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari mempergunakan frekuensi 50-60 hertz.

E. Aktivitas Pembelajaran

1. Aktivitas Pembelajaran Topik 1: Induksi Magnet

a. Kegiatan In Learning Service-1 (2 JP)

Aktivitas ini dilakukan secara tatap muka bersama fasilitator dan teman sejawat untuk mengkaji materi dan melakukan kegiatan pembelajaran.

Langkah-langkah kegiatan:

- 1) Membaca bagian pendahuluan modul untuk memahami tujuan pembelajaran dan target kompetensi guru dan peserta didik.
- 2) Peserta dibagi menjadi beberapa kelompok.



- 3) Setiap kelompok diberikan tanggungjawab untuk menelaah contoh aktivitas peserta didik dalam pembelajaran yang akan dilakukan dalam aktivitas on disesuaikan dengan daya dukung dan karakteristik peserta didik, menelaah LKPD, dan membuat instrumen penilaian HOTS.
- 4) Jika diperlukan, peserta dapat melakukan simulasi pembelajaran atau mengerjakan/mempraktikkan LKPD.
- 5) Setiap kelompok mempresentasikan hasil telaahnya.

b. Kegiatan On Job Training (4 JP)

Pada kegiatan ini, setiap guru mempraktikkan pembelajaran terhadap peserta didik di madrasah masing-masing sesuai dengan perangkat pembelajaran yang telah disempurnakan pada kegiatan in-1. Aktivitas pembelajaran ini akan mencapai indikator 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, dan 4.3.1 dan 4.3.3 pada submateri induksi magnetik disekitar kawat penghantar lurus pada pertemuan 1. Dan indikator 3.3.4, 3.3.5, dan 4.3.4 pada submateri induksi magnetik disekitar kawat penghantar melingkar yang berarus listrik dan solenoida pada pertemuan 2. Model pembelajaran yang dapat digunakan adalah *Discovery Learning* dengan sintak sebagai berikut:

- 1) Pemberian rangsangan (*Stimulation*)
- 2) Pernyataan/Identifikasi masalah (*Problem Statement*)
- 3) Pengumpulan data (*Data Collection*)
- 4) Pengolahan data (*Data Processing*)
- 5) Pembuktian (*Verification*)
- 6) Menarik simpulan/generalisasi (*Generalization*).



Kegiatan Pembelajaran Pertemuan 1 (2 x 45 menit)

Materi: Induksi Magnetik pada kawat lurus dan melingkar

Tabel 6 Desain Pembelajaran Topik 1 Pertemuan 1

No.	Aktivitas Peserta Didik	Aktivitas Guru	Waktu
1	Menyimak dan merespon guru. (<i>Stimulation</i>)	Melakukan aktivitas pendahuluan: <ul style="list-style-type: none"> - Menginformasikan tujuan pembelajaran. - Menginformasikan garis besar aktivitas pembelajaran yang akan dilakukan. - Menginformasikan cakupan materi secara umum. - Menyampaikan apersepsi dan motivasi, dengan memberikan pertanyaan yang membangkitkan minat peserta didik, misalnya “Pernahkah kalian melihat fenomena alam yang disebut aurora? Mengapa hal itu bisa terjadi?” 	15 menit
2	Membentuk kelompok masing-masing 3-4 orang.	Membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok heterogen terdiri dari 3-4 orang.	5 menit
3	Berdiskusi untuk menentukan masalah yang berhubungan dengan induksi magnet pada kawat lurus dan	Memandu peserta didik dengan memberi pertanyaan untuk membantu peserta didik menentukan masalah.	10 menit



	melingkar (<i>Problem Statement</i>)		
4	Membaca LKPD secara cermat.	Membagikan LKPD.	5 menit
5	Menggali informasi dari berbagai sumber tentang induksi magnet pada kawat lurus dan melingkar(<i>data collecting</i>)		
6	Berdiskusi didalam kelompok tentang induksi magnet pada kawat lurus dan melingkar	<ul style="list-style-type: none">- Memfasilitasi peserta didik untuk berdiskusi didalam kelompok.- Mendorong peserta didik untuk saling Mengungkapkan pendapat.	20 menit
7	Menyusun simpulan (<i>Generalization</i>) mengenai konsep induksi magnet pada kawat lurus dan melingkar. Simpulan dapat dituliskan dalam kertas karton untuk dipresentasikan dalam forum kelas.	<ul style="list-style-type: none">- Melakukan penilaian proses pembelajaran terhadap peserta didik.	
8	Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusinya.	Menfasilitasi presentasi dan terjadinya dan diskusi kelas.	20 menit



9	Menyimak dan merespon guru.	Melakukan aktivitas penutup: <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan verifikasi - Melakukan umpan baik - Menyampaikan penugasan untuk pertemuan berikutnya. 	15 menit
---	-----------------------------	--	----------

Kegiatan Pembelajaran Pertemuan 2 (2 x 45 menit)

Materi: Percobaan Induksi Magnetik pada kawat lurus dan melingkar

Tabel 7 Desain Pembelajaran Topik 1 Pertemuan 2

No.	Aktivitas Peserta Didik	Aktivitas Guru	Waktu
1	Menyimak dan merespon guru. <i>(Stimulation)</i>	Melakukan aktivitas pendahuluan: <ul style="list-style-type: none"> - Menginformasikan tujuan pembelajaran. - Menginformasikan garis besar aktivitas pembelajaran yang akan dilakukan. - Menginformasikan cakupan materi secara umum. - Menyampaikan apersepsi dan motivasi, dengan memberikan pertanyaan yang membangkitkan minat peserta didik, misalnya, “apa yang akan terjadi jika kawat berarus listrik didekatkan ke jarum kompas?” Mengapa demikian? 	15 menit
2	Membuat hipotesa tentang hipotesa tentang	Memfasilitasi peserta didik membuat hipotesa tentang	



	pengaruh kawat berarus terhadap jarum kompas dan kemana arah simpangan jarum kompas. <i>(Problem Statement)</i>	pengaruh kawat berarus terhadap jarum kompas dan kemana arah simpangan jarum kompas.	
2	Membentuk kelompok masing-masing 3-4 orang.	Membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok heterogen terdiri dari 3-4 orang.	5 menit
3	Membaca LKPD secara cermat.	Membagikan LKPD.	5 menit
4	Melakukan percobaan dan mencatat data hasil percobaan sesuai dengan LKPD. <i>(data collecting)</i>	Menginstruksikan peserta didik untuk melakukan percobaan sesuai dengan LKPD 1 serta mengingatkan etika bekerja di laboratorium.	30 menit
5	Berdiskusi di dalam kelompok untuk mengolah data dan menentukan induksi magnet pada kawat lurus dan melingkar sesuai LKPD. <i>(data processing)</i>	Memfasilitasi peserta didik untuk melakukan praktikum secara berkelompok. <ul style="list-style-type: none">- Mendorong peserta didik untuk aktif bekerjasama dan berdiskusi.- Mendorong peserta didik untuk bersikap hati-hati dan objektif (menuliskan data sesuai fakta) dalam melakukan percobaan.	



6	Membandingkan hasil percobaan dengan literatur, atau hasil kelompok lain. Jika terjadi perbedaan yang signifikan menganalisis sebab-sebab ralatnya. (<i>verification</i>)	- Melakukan penilaian proses pembelajaran terhadap peserta didik.	
7	Menyusun simpulan percobaan yang dilakukan (<i>Generalization</i>). Simpulan dapat dituliskan dalam kertas karton untuk dipresentasikan dalam forum kelas.		
8	Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusinya, kesimpulan hasil percobaan.	Memfasilitasi presentasi dan terjadinya dan diskusi kelas.	20 menit
9	Menyimak dan merespon guru.	Melakukan aktivitas penutup: <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan verifikasi - Melakukan umpan baik - Menyampaikan sistematika laporan praktikum dan penugasan untuk pertemuan berikutnya 	15 menit



c. Kegiatan In Learning Service-2 (2 JP)

Kegiatan ini dilakukan secara tatap muka bersama fasilitator dan teman sejawat untuk melaporkan dan mendiskusikan hasil kegiatan *on*. Agar hambatan selama pembelajaran terekam dengan baik, lakukan refleksi pelaksanaan pembelajaran dan tuliskan ke dalam lembar berikut:

Tabel 8 Refleksi Pelaksanaan Pembelajaran On Job Training Topik 1

No.	Refleksi Aktivitas Peserta Didik	Refleksi Aktivitas Guru	Hambatan
1			
2			
3			
dst			

Diskusikan hambatan pelaksanaan pembelajaran Anda dengan teman sejawat untuk mendapatkan pemecahan masalah guna perbaikan pembelajaran yang akan datang.

2. Aktivitas Pembelajaran Topik 2: Gaya Magnetik

a. Kegiatan In Learning Service-1 (2 JP)

Dalam aktivitas topik 2 ini, kegiatan *In Learning Service-1* sama dengan aktivitas pembelajaran topik 1. Kegiatan dilakukan secara tatap muka bersama fasilitator dan teman sejawat untuk mengkaji materi dan melakukan kegiatan pembelajaran meliputi membaca modul, mendiskusikan materi ajar yang sulit atau berpeluang terjadi miskonsepsi, menyempurnakan rancangan pembelajaran, LKPD, dan menyusun instrumen penilaian proses dan hasil belajar.



b. Kegiatan On Job Training (2 JP)

Pada kegiatan ini, setiap guru mempraktikkan pembelajaran terhadap peserta didik di madrasah masing-masing sesuai dengan perangkat pembelajaran yang telah disempurnakan pada kegiatan in-1. Kegiatan pembelajaran ini guna mencapai indikator 3.3.6, s.d. 3.3.10 dan 4.3.5 s.d 4.3.6 pada submateri Gaya Magnetik pada kawat penghantar lurus yang dialiri arus listrik dan pada muatan yang bergerak dalam medan magnetik. Model pembelajaran yang dapat digunakan adalah *Discovery Learning* dengan sintak sebagai berikut:

- 1) Pemberian rangsangan(*Stimulation*)
- 2) Pernyataan/Identifikasi masalah (*Problem Statement*)
- 3) Pengumpulan data (*Data Collection*)
- 4) Pengolahan data (*Data Processing*)
- 5) Pembuktian(*Verification*)
- 6) Menarik simpulan/generalisasi(*Generalization*)

Kegiatan Pembelajaran Pertemuan 1 (2 x 45 menit)

Materi: Gaya Magnetik

Tabel 9 Desain Pembelajaran Topik 2 Pertemuan 1

No.	Aktivitas Peserta Didik	Aktivitas Guru	Waktu
1	Menyimak dan merespon guru. (<i>Stimulation</i>)	Melakukan aktivitas pendahuluan: - Menginformasikan tujuan pembelajaran. - Menginformasikan garis besar aktivitas pembelajaran yang akan dilakukan. - Menginformasikan cakupan materi secara umum.	15 menit



		<ul style="list-style-type: none">- Menyampaikan apersepsi dan motivasi, dengan memberikan pertanyaan yang membangkitkan minat peserta didik, misalnya “Apa yang terjadi ketika dua buah kawat berarus didekatkan? Mengap demikian?”	
2	Membentuk kelompok masing-masing 3-4 orang.	Membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok heterogen terdiri dari 3-4 orang.	5 menit
3	Berdiskusi untuk menentukan masalah yang berhubungan dengan gaya magnetik. <i>(Problem Statement)</i>	Memandu peserta didik dengan memberi pertanyaan untuk membantu peserta didik menentukan masalah.	10 menit
4	Membaca LKPD secara cermat.	Membagikan LKPD.	5 menit
5	Menggali informasi dari berbagai sumber tentang gaya Lorentz. <i>(data collecting)</i>	<ul style="list-style-type: none">- Memfasilitasi peserta didik untuk berdiskusi didalam kelompok.	20 menit



6	Berdiskusi didalam kelompok tentang gaya Lorentz	<ul style="list-style-type: none"> - Mendorong peserta didik untuk saling Mengungkapkan pendapat. - Melakukan penilaian proses pembelajaran terhadap peserta didik. 	
7	Menyusun simpulan (<i>Generalization</i>) mengenai konsep induksi magnet pada kawat lurus dan melingkar. Simpulan dapat dituliskan dalam kertas karton untuk dipresentasikan dalam forum kelas.		
8	Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusinya.	Menfasilitasi presentasi dan terjadinya dan diskusi kelas.	20 menit
9	Menyimak dan merespon guru.	<p>Melakukan aktivitas penutup:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Melakukan verifikasi - Melakukan umpan baik - Menyampaikan penugasan untuk pertemuan berikutnya. 	15 menit

3. Aktivitas Pembelajaran Topik 3: Gaya gerak listrik

a. Kegiatan In Learning Service-1 (2 JP)

Dalam aktivitas topik 3 ini, kegiatan *In Learning Service-1* sama dengan aktivitas pembelajaran topik 2. Kegiatan dilakukan secara tatap muka bersama fasilitator dan teman sejawat untuk mengkaji materi dan melakukan kegiatan



pembelajaran meliputi membaca modul, mendiskusikan materi ajar yang sulit atau berpeluang terjadi miskonsepsi, menyempurnakan rancangan pembelajaran, LKPD, dan menyusun instrumen penilaian proses dan hasil belajar.

b. Kegiatan On Job Training (4 JP)

Pada kegiatan ini, setiap guru mempraktikkan pembelajaran terhadap peserta didik di madrasah masing-masing sesuai dengan perangkat pembelajaran yang telah disempurnakan pada kegiatan in-1. Model pembelajaran yang digunakan adalah model Inkuiri terbimbing dengan sintak:

Kegiatan Pembelajaran Pertemuan 1 (2 x 45 menit)

Materi: Ggl Induksi

Tabel 10 Desain Pembelajaran Topik 3

No.	Aktivitas Peserta Didik	Aktivitas Guru	Waktu
1	Menyimak dan merespon guru. (<i>Stimulation</i>)	Melakukan aktivitas pendahuluan: <ul style="list-style-type: none">- Menginformasikan tujuan pembelajaran.- Menginformasikan garis besar aktivitas pembelajaran yang akan dilakukan.- Menginformasikan cakupan materi secara umum.- Menyampaikan apersepsi dan motivasi, dengan memberikan pertanyaan yang membangkitkan minat peserta didik, misalnya “Mengapa ketika mati lampu, lampu itu masih terlihat sedikit terang lalu setelah beberapa saat	15 menit



		barulah lampu tersebut mati? Mengapa hal itu bisa terjadi?"	
2	Membentuk kelompok masing-masing 3-4 orang.	Membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok heterogen terdiri dari 3-4 orang.	5 menit
3	Berdiskusi untuk menentukan masalah yang berhubungan dengan ggl induksi. (<i>Problem Statement</i>)	Memandu peserta didik dengan memberi pertanyaan untuk membantu peserta didik menentukan masalah.	10 menit
4	Membaca LKPD secara cermat.	Membagikan LKPD.	5 menit
5	Menggali informasi dari berbagai sumber tentang ggl induksi. (<i>data collecting</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Memfasilitasi peserta didik untuk berdiskusi didalam kelompok. - Mendorong peserta didik untuk saling Mengungkapkan pendapat. - Melakukan penilaian proses pembelajaran terhadap peserta didik. 	20 menit
6	Berdiskusi didalam kelompok tentang ggl induksi.		
7	Menyusun simpulan (<i>Generalization</i>) mengenai ggl induksi. Simpulan dapat dituliskan dalam kertas karton		



	untuk dipresentasikan dalam forum kelas.		
8	Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusinya.	Menfasilitasi presentasi dan terjadinya dan diskusi kelas.	20 menit
9	Menyimak dan merespon guru.	Melakukan aktivitas penutup: - Melakukan verifikasi - Melakukan umpan baik - Menyampaikan penugasan untuk pertemuan berikutnya.	15 menit

c. Kegiatan In Learning Service-2 (2 JP)

Kegiatan ini dilakukan secara tatap muka bersama fasilitator dan teman sejawat untuk melaporkan dan mendiskusikan hasil kegiatan *on*. Agar hambatan selama pembelajaran terekam dengan baik, isikan ke dalam lembar berikut:

Tabel 11 Refleksi Pelaksanaan Pembelajaran On Job Training Topik 3

No.	Refleksi Aktivitas Peserta Didik	Refleksi Aktivitas Guru	Hambatan Lain
1			
2			
3			
dst			

Diskusikan hambatan pelaksanaan pembelajaran Anda dengan teman sejawat untuk mendapatkan pemecahan masalah guna perbaikan pembelajaran yang akan datang.



F. LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK(LKPD)

1. LKPD 1

Berikut Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dapat digunakan dalam pembelajaran di kelas.

MEDAN MAGNET DI SEKITAR KAWAT LURUS DAN MELINGKAR BERARUS

NAMA : 1.
2.
3.

KELAS :

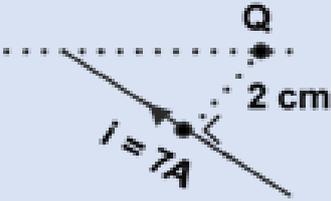
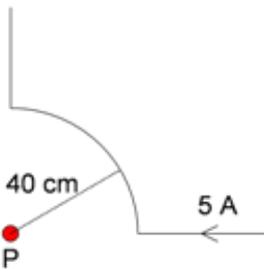
HARI/TANGGAL :

Tujuan Pembelajaran:

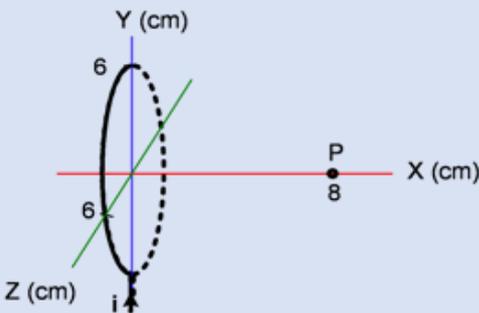
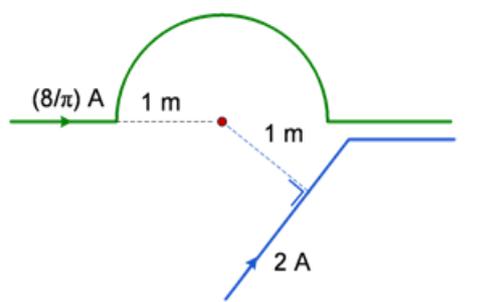
Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat:

1. Menerapkan persamaan medan magnet di sekitar kawat lurus dan melingkar berarus dalam menyelesaikan permasalahan fisika.
2. Menganalisis besar medan magnet pada suatu titik diantara beberapa kawat lurus dan melingkar berarus.

Tugas: Menggali informasi (kajian literatur) tentang konsep medan magnet di sekitar kawat lurus dan melingkar dari berbagai sumber belajar kemudian diskusikan secara berkelompok pertanyaan berikut.

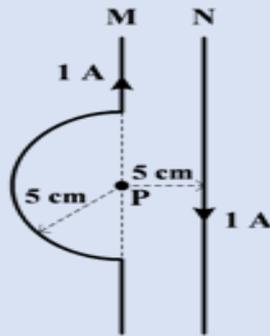
NO	SOAL	PENYELESAIAN
1.	<p>Arus listrik mengalir sepanjang kawat listrik tegangan tinggi dari Barat ke Timur. Dengan kaidah tangan kanan, tentukan arah medan magnet yang diakibatkan arus listrik di atas kawat! Lukiskan!</p>	
2.	<p>Kawat lurus dialiri arus listrik 7 A diletakkan seperti gambar. ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$)</p>  <p>Hitung besar dan arah induksi magnetik di titik Q!</p>	
3.	<p>Kawat seperempat lingkaran dialiri arus 5 A seperti gambar berikut.</p>  <p>Tentukan besar dan arah kuat medan magnet di titik P!</p>	



<p>4.</p>	<p>Perhatikan gambar berikut!</p>  <p>Tentukan besar kuat medan magnet di titik P yang berada pada poros suatu penghantar melingkar pada jarak 8 cm jika kuat arus yang mengalir pada kawat adalah 1 A!</p>	
<p>5.</p>	<p>Titik P berada di sekitar dua buah penghantar berbentuk setengah lingkaran dan kawat lurus panjang seperti gambar berikut!</p>  <p>Tentukan besar kuat medan magnet di titik P!</p>	

6.

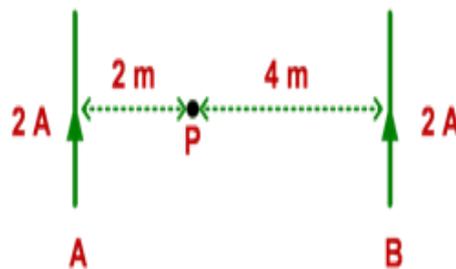
Potongan kawat M dan N yang diberi arus listrik diletakkan seperti pada gambar!



Hitung besar dan arah induksi magnetik di titik P! (Jawaban dalam μ_0 dan π)

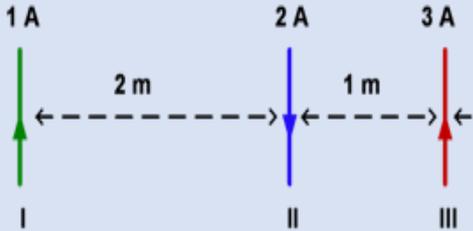
7.

Perhatikan gambar dua kawat berikut ini!



Tentukan besar dan arah kuat medan magnet di titik P!



<p>8.</p>	<p>Tiga buah kawat dengan nilai dan arah arus seperti ditunjukkan gambar berikut!</p>  <p>Tentukan besar dan arah kuat medan magnet di titik P yang berjarak 1 meter dari kawat ketiga!</p>	
<p>9.</p>	<p>Suatu solenoida yang panjangnya 2 m memiliki 800 lilitan dan jari-jari 2 cm. Jika solenoida dialiri arus 0,5 A, tentukan induksi magnetik:</p> <ol style="list-style-type: none"> di pusat solenoida, di ujung solenoida! 	
<p>10.</p>	<p>Sebuah toroida berjari-jari 20 cm dialiri arus sebesar 0,8 A. Jika toroida mempunyai 50 lilitan, tentukan induksi magnetik pada toroida!</p>	



2. LKPD 2

MEDAN MAGNET DI SEKITAR KAWAT LURUS BERARUS

A. Tujuan:

1. Menyelidiki medan magnetik di sekitar kawat berarus
2. Menemukan hubungan kuat arus dengan besar induksi magnetik pada kawat berarus listrik
3. Menemukan hubungan jarak dengan besar induksi magnetik
4. Menentukan arah medan magnetik disekitar kawat lurus berarus

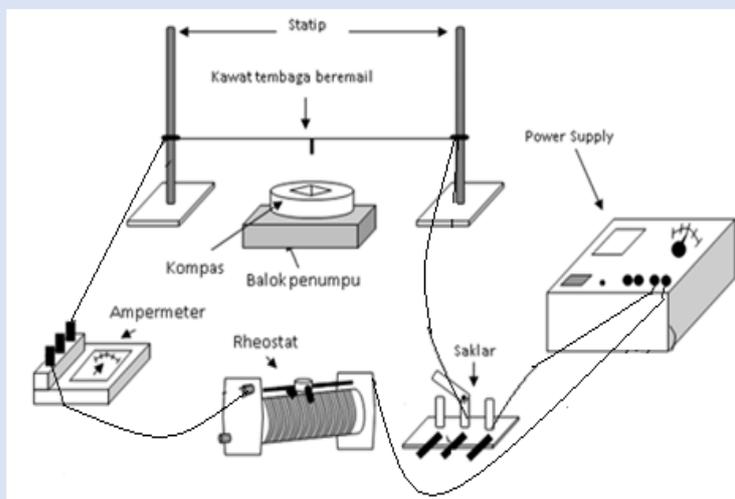
B. Alat dan Bahan:

No	Alat	Jumlah (Buah)
1.	Kawat tembaga/nikelin (± 60 cm)	6
2.	Statif	2
3.	Jarum Kompas	2
4.	<i>Power supply</i> (catu daya)	1
5.	Amperemeter	1
6.	Rheostat	1
7.	Saklar	1
8.	Gauss meter	1
9.	Kabel penghubung	5



C. Prosedur Kegiatan 1:

1. Rangkailah alat dan bahan seperti gambar dibawah!



2. Letakkan masing-masing 1 jarum kompas pada bagian atas kawat dan bawah kawat!
3. Hubungkan kedua ujung kawat dengan catu daya (*power supply*), pilih pada tegangan 3 volt atau 6 volt!
4. Tutuplah saklar, amati simpangan yang terjadi pada jarum kompas!
5. Ubahlah posisi kawat terhadap jarum kompas dengan cara memutar salah satu statif mulai dari 0° , 30° , 45° , dan 90° , lalu amati apa yang terjadi!
6. Letakkan kawat pada posisi sejajar jarum kompas!
7. Ubah arah arus dengan menukar kedua ujung kawat yang terhubung ke *power supply*!
8. Amati simpangan yang terjadi pada jarum kompas, kemudian catat dan gambarkan arah simpangan jarum kompas pada tabel 1.
9. Ulangi langkah 6 dengan mengubah-ubah reostat/potensiometer
10. Ukurlah besar induksi magnet dengan gaussmeter untuk tiap-tiap kuat arus, catat dan masukkan data pada tabel 2.



11. Ulangi langkah 6 dan 9 dengan mengubah jarak jarum kompas terhadap kawat.
12. Ukurlah besar induksi magnet dengan gaussmeter untuk masing-masing jaraknya, catat dan masukkan data pada tabel 3.

D. Data Percobaan

Tabel Hasil Pengamatan

Tabel 1. Penyimpangan jarum kompas

No	Letak Jarum	Arah Arus	Arah Penyimpangan Jarum
1.	Atas	A – B	
		B – A	
2.	Bawah	A – B	
		B – A	

Kesimpulan :

.....

.....

.....

.....



Tabel 2. Hubungan kuat arus listrik dan medan magnet

No	Kuat Arus Listrik (A)	Simpangan Magnet Jarum	Medan Magnet
1.			
2.			
3.			
4.			

Kesimpulan :

.....

.....

.....

.....

Tabel 3. Hubungan jarak jarum dan medan magnet

No	Jarak jarum Magnet – Kawat	Simpangan Magnet- Jarum	Medan Magnet
1.			
2.			
3.			
4.			



Kesimpulan :

.....

.....

.....

.....

E. Tugas:

1. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, bagaimanakah skema arah induksi magnet terhadap arah kuat arus listrik? Lukiskan!
2. Bagaimanakah model grafik antara kuat arus dengan induksi medan magnet? Lukiskan!
3. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, bagaimanakah model grafik hubungan antara jarak titik terhadap kawat dengan induksi medan magnet? Lukiskan!
4. Berikan kesimpulan Anda tentang percobaan ini!



3. LKPD 3

GAYA MAGNETIK PADA KAWAT BERARUS DAN MUATAN BERGERAK

NAMA : 1.
2.
3.

KELAS :

HARI/TANGGAL :

Tujuan Pembelajaran:

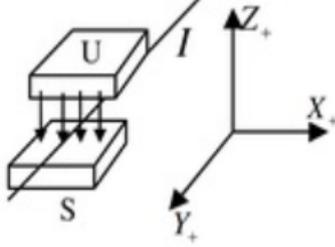
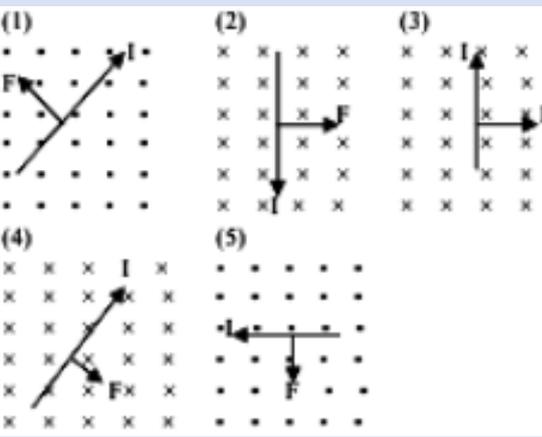
Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat:

1. Menerapkan persamaan gaya magnetik pada kawat lurus berarus dan muatan bergerak dalam menyelesaikan permasalahan fisika.
2. Menjelaskan aplikasi gaya magnetik dalam kehidupan sehari-hari.

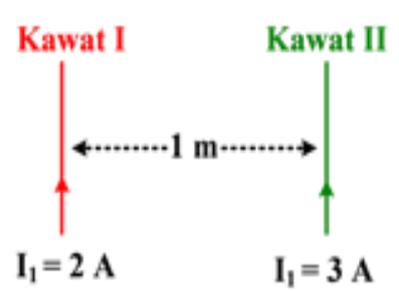
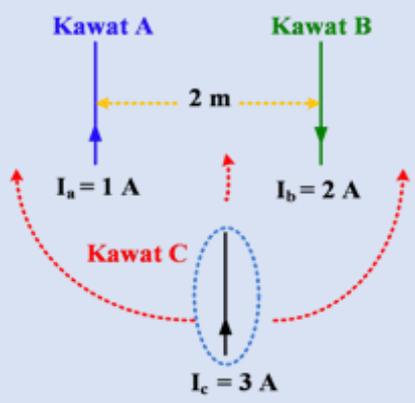
Tugas:

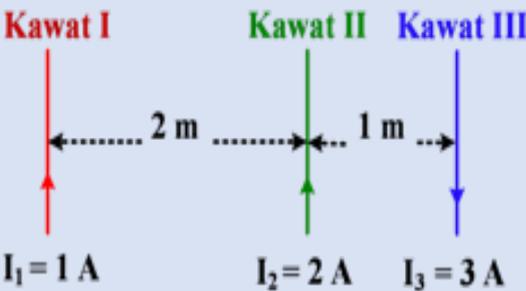
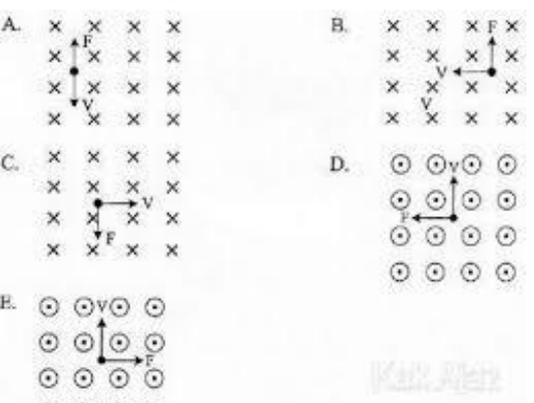
1. Menggali informasi (kajian literatur) tentang konsep medan magnet di sekitar kawat lurus dan melingkar dari berbagai sumber belajar. Lalu jawablah soal-soal pada LKPD.
2. Buatlah *paper* tentang prinsip kerja alat-alat yang memanfaatkan gaya magnetik. Presentasikan di depan kelas.



NO	SOAL	PENYELESAIAN
1.	<p>Perhatikan gambar berikut!</p>  <p>Sepotong kawat berarus listrik I dengan arah sejajar sumbu $Y(-)$, berada diantara dua kutub magnet (lihat gambar). Tentukan arah gaya Lorentz pada kawat! Lukislah menurut kaidah tangan kanan!</p>	
2.	<p>Perhatikan gambar berikut!</p>  <p>Tentukan gambar mana yang menunjukkan arah gaya magnetik yang benar!</p>	



<p>3.</p>	<p>Dua buah kawat dengan konfigurasi seperti gambar di bawah!</p>  <p>Tentukan besar dan arah gaya magnetik yang bekerja pada kawat II untuk panjang kawat 0,5 meter!</p>	
<p>4.</p>	<p>Kawat A dan kawat B terpisah sejauh 2 meter dengan kuat arus masing-masing 1 A dan 2 A.</p>  <p>Tentukan dimana kawat C harus diletakkan agar resultan gaya pada C sebesar nol!</p>	

5.	<p>Dua kawat sejajar lurus panjang berjarak 20 cm satu sama lain. Apabila kedua kawat dialiri arus listrik 0,5 A dan 4 A, dan $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb}\cdot\text{A}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$. Tentukan gaya tiap satuan panjang yang bekerja pada setiap kawat!</p>	
6.	<p>Tiga buah kawat tersusun seperti gambar!</p>  <p>Tentukan besar dan arah gaya magnetik pada kawat II untuk panjang kawat 1 meter!</p>	
7.	<p>Perhatikan gambar berikut!</p> 	



	Tentukan gambar mana yang menunjukkan arah gaya Lorentz yang benar!	
8.	Sebuah elektron bergerak dengan kecepatan 10^6 m/s memasuki medan magnet homogen yang kuat medannya 10 T dengan arah elektron tegak lurus arah medan magnet. Jika massa elektron besarnya $9,11 \times 10^{-31}$ kg dan muatannya $1,6 \times 10^{-19}$ C, tentukan besarnya jari-jari lintasan elektron di dalam medan magnet tersebut!	



4. LKPD 4

GGL INDUKSI

NAMA : 1.
2.
3.

KELAS :

HARI/TANGGAL :

Tujuan Pembelajaran:

Melalui diskusi kelompok, peserta didik dapat:

1. Menerapkan persamaan ggl induksi dalam menyelesaikan permasalahan fisika.
2. Menjelaskan aplikasi induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.

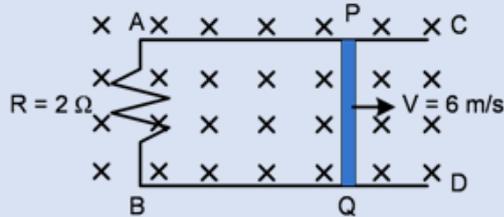
Tugas:

1. Menggali informasi (kajian literatur) tentang konsep ggl induksi dari berbagai sumber belajar. Lalu jawablah soal-soal pada LKPD.
2. Merancang dan membuat generator sederhana. Prinsip kerja alat di presentasikan di depan kelas.



NO	SOAL	PENYELESAIAN
1.	<p>Jelaskan makna fisis dari hukum Faraday! Tuliskan formulanya!</p>	
2.	<p>Sebuah kumparan dengan 500 lilitan diletakkan dalam medan magnet yang besarnya berubah terhadap waktu. Jika kumparan mengalami perubahan fluks magnet dari 0,06 T menjadi 0,09 T dalam waktu 1 s, tentukan Ggl induksi yang dihasilkan kumparan!</p>	
3.	<p>Kumparan dengan 10 lilitan mengalami perubahan fluks magnetik dengan persamaan: $\phi = 0,02 t^3 + 0,4 t^2 + 5$, dengan ϕ dalam satuan Weber dan t dalam satuan sekon. Tentukan besar ggl induksi saat $t = 1$ sekon!</p>	

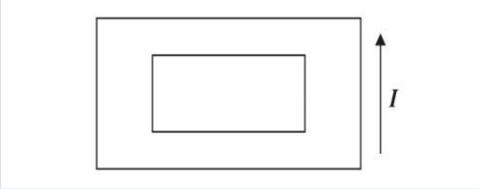
Perhatikan gambar dibawah!



4. Kawat PQ panjang 20 cm digerakkan ke kanan dengan kecepatan 6 m/s. Jika induksi magnet $B = 0,5 \text{ Wb m}^{-2}$, tentukan kuat arus yang melalui hambatan R!

5. Suatu generator AC sederhana memiliki luas kumparan sebesar 1000 cm^2 yang terdiri atas 111 lilitan diletakkan dalam suatu medan magnet dengan induksi magnet sebesar $1,1 \text{ Wb/m}^2$ kemudian kumparan tersebut diputar. Waktu yang dibutuhkan kumparan untuk berputar dalam satu periode sebesar 1 detik. Selama kumparan berputar terjadi perubahan orientasi bidang terhadap medan magnet. Tentukan besar gaya gerak listrik saat $t = 11$ detik!



<p>6.</p>	<p>Dua kawat persegi panjang ditempatkan seperti pada gambar.</p>  <p>Apabila arus listrik I pada kawat luar mengalir berlawanan dengan arah jarum jam dan bertambah maka arus listrik induksi pada kawat dalam akan</p> <p>a. Mengalir searah jarum jam dan konstan b. Mengalir searah jarum jam dan membesar c. Mengalir berlawanan arah jarum jam dan membesar d. Mengalir berlawanan arah jarum jam dan mengecil e. Mengalir berlawanan arah jarum jam dan konstan</p>	
<p>7.</p>	<p>Sebuah generator memiliki luas bidang kumparan 300 cm^2, yang terdiri atas 800 lilitan, berada dalam medan magnetic tetap $9 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Apabila kumparan diputar pada kecepatan sudut sebesar 40 rad/s, tentukan ggl maksimum yang dihasilkan oleh generator tersebut!</p>	



Tugas:

Merancang dan membuat generator sederhana. Prinsip kerja alat di presentasikan di depan kelas.



Pengembangan Soal Hots

Pada bagian ini pun memuat cara mengembangkan soal HOTS yang disajikan dalam bentuk pemodelan pengembangan instrumen soal agar dapat dijadikan acuan dalam mengembangkan soal untuk materi kemagnetan dan arus bolak-balik. Perlu dicermati dengan teliti bagian ini agar terampil mengembangkan soal HOTS yang mengacu pada indikator pencapaian kompetensi pembelajaran yang berorientasi HOTS. Pengembangan soal diawali dengan pembuatan kisi-kisi agar diketahui langsung kesesuaian antara kompetensi, lingkup materi, dan indikator soal.

KISI-KISI

PENULISAN SOAL HOTS

Jenis Sekolah : Madrasah Aliyah (MA)
Mata Pelajaran : Fisika
Alokasi Waktu :
Jumlah Soal :
Tahun Pelajaran :

Kompetensi yang di uji:

KD 3.3 Menganalisis medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik pada berbagai produk teknologi.

KD 3.4 Menganalisis fenomena induksi Elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.



Tabel 12 Kisi-Kisi Pengembangan Soal HOTS

Kompetensi Dasar	Lingkup Materi	Indikator KD	Indikator Soal	No. Soal	Ranah/ Level Kognitif	Bentuk soal
1.3 Menganalisis medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik pada berbagai produk teknologi	Medan magnet	Meng-analisis medan magnetik pada dua kawat yang dialiri arus listrik	Disajikan gambar dua buah kawat yang saling tegak lurus yang dialiri arus listrik. Peserta didik dapat menganalisis medan magnetik disekitar kedua kawat tersebut.	1	C ₄ / L ₃	Pilihan ganda/ Uraian
	Gaya Magnetik	Menganalisis gaya magnetik pada partikel bermuatan yang bergerak	Disajikan gambar sebuah partikel bermuatan bergerak dengan kecepatan tertentu di sekitar kawat berarus. Peserta didik dapat menganalisis gaya magnetik	2	C ₄ /L ₃	Pilihan ganda/ Uraian



			yang dialami partikel tersebut.				
1.4	Menganalisis fenomena induksi Elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari	Ggl induksi	Menganalisis arah arus induksi pada penghantar	Disajikan gambar sebuah cincin tembaga yang memasuki medan magnet. Peserta didik dapat menganalisis arah arus induksi pada cincin.	3	C ₄ /L ₃	Pilihan ganda/ Uraian



05 PENILAIAN

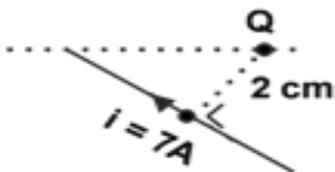


Tes Formatif

A. TES FORMATIF

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1. Di sebuah titik di sekitar kawat lurus panjang yang dialiri arus 10 A dihasilkan medan magnet sebesar 5×10^{-4} T. Jarak titik tersebut dengan kawat adalah
A. 0,2 mm
B. 0,5 mm
C. 4 mm
D. 5 mm
E. 8 mm
2. Sebuah kawat lurus dialiri arus listrik 7 A diletakkan seperti gambar.



Besar dan arah induksi magnetik di titik Q adalah... ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb A}^{-1} \text{ m}^{-1}$)

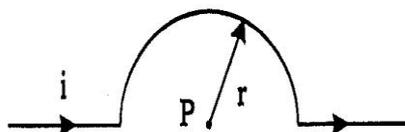
- A. $7,0 \times 10^{-5}$ T, tegak lurus menuju bidang kertas
- B. $7,0 \times 10^{-5}$ T, tegak lurus menjauhi bidang kertas
- C. $9,0 \times 10^{-5}$ T, tegak lurus menuju bidang kertas
- D. $9,0 \times 10^{-5}$ T, tegak lurus menjauhi bidang kertas
- E. $14,0 \times 10^{-5}$ T, tegak lurus menuju bidang kertas



3. Sebuah cincin arus dapat menghasilkan medan magnet sebesar $5,03 \times 10^{-4}$ T pada pusat cincin. Jika jari-jari cincin 10 cm, maka besarnya arus listrik yang mengalir pada cincin adalah....

- A. 20 A
- B. 40 A
- C. 60 A
- D. 80 A
- E. 90 A

4. Seutas kawat lurus dilengkungkan seperti gambar dan dialiri arus 2 A.



Jika jari-jari kelengkungan 2π cm, maka induksi magnetik di P adalah....

($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Wb.A.m⁻¹)

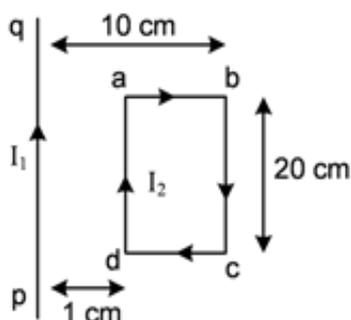
- A. 5×10^{-5} T keluar bidang gambar
- B. 4×10^{-5} T keluar bidang gambar
- C. 3×10^{-5} T masuk bidang gambar
- D. 2×10^{-5} T masuk bidang gambar
- E. 1×10^{-5} T masuk bidang gambar



5. Sebuah solenoida yang panjangnya 20 cm dialiri arus sebesar 60 A. Jika solenoida diisi dengan bahan feromagnetik yang permeabilitas magnetiknya $\mu = 3,8 \times 10^{-4} \text{ Tm/A}$, maka di dalam solenoida dapat dihasilkan medan magnet total sebesar 45,6 T. Banyaknya lilitan pada solenoida adalah ...
- A. 300 lilitan
 - B. 400 lilitan
 - C. 500 lilitan
 - D. 600 lilitan
 - E. 800 lilitan
6. Sebuah elektron memasuki medan magnet homogen dengan kecepatan 10^5 m/s dan di dalam medan magnet elektron bergerak melingkar dengan jari-jari lintasan 10^{-3} m . Jika massa elektron $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ dan $q_e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, maka besarnya kuat medan magnet adalah....
- A. $1,8 \times 10^{-4} \text{ T}$
 - B. $3,6 \times 10^{-4} \text{ T}$
 - C. $5,7 \times 10^{-4} \text{ T}$
 - D. $7,2 \times 10^{-4} \text{ T}$
 - E. $9,0 \times 10^{-4} \text{ T}$
7. Dua kawat sejajar yang berjarak 1 m satu sama lain kawat yang mempunyai dialiri oleh arus listrik masing-masing 1 A dengan arah yang sama. Di antara kedua kawat akan terjadi ...
- A. Gaya tarik menarik sebesar $4 \times 10^{-7} \text{ N}$
 - B. Gaya tolak menolak sebesar $4 \times 10^{-7} \text{ N}$
 - C. Gaya tarik menarik sebesar $3 \times 10^{-7} \text{ N}$
 - D. Gaya tarik menarik sebesar $2 \times 10^{-7} \text{ N}$
 - E. Gaya tolak menolak sebesar $2 \times 10^{-7} \text{ N}$



8. Perhatikan gambar kawat pq dan kawat acbd berikut!



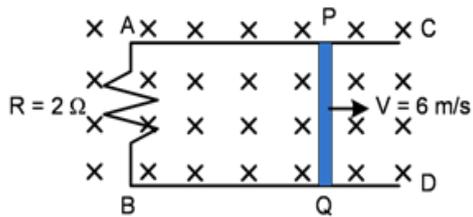
Kawat lurus pq dilalui arus listrik sebesar $I_1 = 10$ A dan kawat persegi panjang abcd dilalui arus $I_2 = 5$ A. Resultan gaya yang dialami kawat empat persegi panjang abcd sebesar....

- A. $20 \mu N$
- B. $60 \mu N$
- C. $120 \mu N$
- D. $180 \mu N$
- E. $220 \mu N$

9. Sebuah partikel alpha ($m = 6,4 \times 10^{-27}$ kg, $q = 3,2 \times 10^{-19}$ C) bergerak tegak lurus terhadap medan magnet B yang arahnya masuk bidang gambar. Jika $B = 0,2$ T dan kecepatan partikel 3×10^5 m/s, maka jari-jari lintasannya adalah....

- A. 1,33 m
- B. 0,75 m
- C. 0,30 m
- D. 0,13 m
- E. 0,03 m

10. Perhatikan gambar dibawah ini!

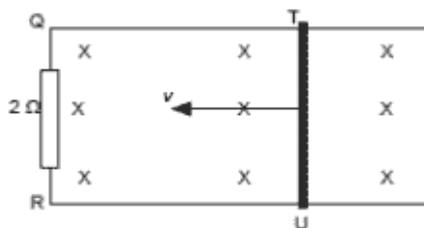


Kawat PQ yang panjangnya 20 cm digerakkan ke kanan dengan kecepatan 6 m/s. Jika induksi magnet $B = 0,5 \text{ Wb m}^{-2}$, maka besar daya yang diserap hambatan R adalah....

- A. 0,12 watt
 - B. 0,18 watt
 - C. 0,24 watt
 - D. 0,40 watt
 - E. 0,90 watt
11. Dua kawat lurus sangat panjang diletakkan sejajar terpisah jarak 15 cm di udara. Kawat I dialiri arus searah 6 A dan dan kawat II 9 A yang arahnya sama. Letak titik yang induksi magnetiknya nol diukur dari kawat I adalah
- A. 3 cm
 - B. 5 cm
 - C. 6 cm
 - D. 8 cm
 - E. 10 cm



12. Sebuah kawat penghantar berada dalam suatu medan magnet homogen sebesar 0,01 tesla yang arahnya tegak lurus masuk bidang gambar



Kawat TU panjang 80 cm ditarik dan bergerak ke kiri dengan kecepatan tetap 20 m/s. Bila total hambatan dalam kawat dan resistor sebesar 2Ω , maka besar gaya magnetik yang dialami kawat TU sebesar....

- A. $2,4 \times 10^{-4} \text{N}$ ke kanan
 - B. $6,4 \times 10^{-4} \text{N}$ ke kiri
 - C. $6,4 \times 10^{-4} \text{N}$ ke kanan
 - D. $3,2 \times 10^{-4} \text{N}$ ke kiri
 - E. $3,2 \times 10^{-4} \text{N}$ ke kanan
13. Sebuah partikel yang mempunyai massa 200 mg dan membawa muatan $2 \times 10^{-8} \text{ C}$ ditembakkan tegak lurus dan horizontal pada medan magnetik serba sama yang horizontal dengan kecepatan $5 \times 10^4 \text{ m/s}$. Jika partikel itu tidak berubah arah, maka kerapatan fluks magnetiknya sebesar ...
- A. $0,2 \text{ Wb/m}^2$
 - B. $0,5 \text{ Wb/m}^2$
 - C. 2 Wb/m^2
 - D. 5 Wb/m^2
 - E. 10 Wb/m^2
14. Sepotong kawat yang dialiri arus listrik dengan arah ke barat diletakkan dalam medan magnet yang arahnya ke atas. Gaya yang dialami kawat tersebut arahnya...



- A. ke Atas
- B. ke Bawah
- C. ke Utara
- D. ke Selatan
- E. ke Timur

15. Berikut ini adalah pernyataan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi ggl induksi pada generator.

- 1) Jumlah lilitan dan frekuensi putar dijadikan 2 kali semula.
- 2) Jumlah lilitan dijadikan $\frac{1}{4}$ kali semula dan frekuensi tetap.
- 3) Luas penampang kumparan dijadikan 8 kali semula dan frekuensinya dijadikan $\frac{1}{2}$ kali semula.
- 4) Jumlah lilitan, luas penampang, dan frekuensi putar dijadikan 4 kali semula.

Agar GGL maksimum yang timbul pada generator menjadi 4 kali semula maka dapat dilakukan langkah...

- A. 1, 2, dan 3
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 4
- D. 4 saja
- E. 1, 2, 3, dan 4

16. If a long hollow copper pipe carries a current, then produced magnetic field will be....

- A. Both inside and outside the pipe
- B. Outside the pipe only
- C. Inside the pipe only
- D. Neither inside or outside the pipe
- E. None of the above



17. Under the influence of a uniform magnetic field, a charge particle moves with constant speed v in a circle of radius R . The time period of rotation of the particle....
- A. depends on R and not on v
 - B. is independent of both v and R
 - C. depends on both v and R
 - D. depends on v not on R
 - E. None of the above
18. Perhatikan pernyataan-pernyataan berikut:
- 1) Hindari saran dan pernyataan negatif yang dapat melemahkan semangat belajar siswa.
 - 2) Jatuhkan hukuman dan sanksi yang berat atas kelalaian dan ketidaktaatan siswa yang melanggar.
 - 3) Ciptakan situasi kompetitif antar sesama siswa secara sehat.
 - 4) Berikan penghargaan yang tulus terhadap peringkat kelas.
- Dari pernyataan di atas yang dapat digunakan untuk mengatasi kesulitan belajar siswa yang memiliki motivasi dan minat belajar rendah adalah....
- A. 1 dan 2
 - B. 1 dan 3
 - C. 1 dan 4
 - D. 2 dan 4
 - E. 1,3, dan 4
19. Seorang guru fisika sedang melakukan kegiatan belajar mengajar dengan fase-fase berikut ini!
- 1) Orientasi siswa pada masalah
 - 2) Mengorganisasi siswa dalam belajar
 - 3) Membimbing penyelidikan siswa secara mandiri atau kelompok
 - 4) Mengembangkan dan menyajikan hasil karya



5) Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah

Fase-fase pembelajaran yang diterapkan guru fisika tersebut merupakan fase dalam pembelajaran dengan model

- A. *Discovery Learning*
- B. *Inquiry Learning*
- C. *Project Based Learning*
- D. *Problem Solving Learning*
- E. *Problem Based Learning*

20. Setelah kegiatan belajar mengajar, yang harus dilakukan oleh seorang guru fisika adalah melakukan refleksi. Refleksi ini tidak hanya dilaksanakan pendidik saja, tetapi juga oleh peserta didik. Tujuan dilakukannya refleksi pembelajaran bagi peserta didik adalah....

- A. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan pendidik dalam pembelajaran.
- B. Untuk mencapai kepuasan diri peserta didik memperoleh wadah yang tepat dalam menjalin komunikasi positif dengan pendidik.
- C. Untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik dalam mengikuti pembelajaran selanjutnya.
- D. Untuk mencapai kepuasan diri pendidik memperoleh wadah yang tepat dalam menjalin komunikasi positif dengan peserta didik.
- E. Untuk mengetahui tingkat penguasaan materi peserta didik setelah mengikuti proses pembelajaran.



B. PENILAIAN

1. Penilaian untuk Guru

a. Penilaian Mandiri Guru

Setelah menyelesaikan seluruh aktivitas dalam Unit Pembelajaran dan mencoba soal latihan penilaian, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan mengisi instrumen penilaian diri berikut ini. Isilah lembar persepsi diri ini dengan objektif dan jujur dengan memberikan tanda ceklis (✓) pada kolom penilaian diri sesuai target kompetensi yang ditetapkan.

Tabel 13 Instrumen Penilaian Diri Bagi Guru

Target Kompetensi	Penilaian Diri		Ket.
	Tercapai	Belum	
1. Menentukan tujuan pembelajaran materi kemagnetan dan ggl induksi.			
2. Menciptakan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran.			
3. Menata materi kemagnetan dan ggl induksi secara benar sesuai dengan pendekatan yang dipilih dan karakteristik peserta didik.			
4. Menyusun rancangan pembelajaran yang lengkap.			
5. Melaksanakan pembelajaran materi kemagnetan dan ggl induksi yang mendidik di kelas.			
6. Menggunakan media pembelajaran dan sumber belajar yang relevan dengan			



karakteristik materi pembelajaran dan peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran secara utuh.			
7. Mengambil keputusan transaksional dalam pembelajaran sesuai dengan situasi yang berkembang saat pembelajaran.			
8. Mengembangkan indikator dan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar peserta didik.			
9. Menganalisis hasil penilaian proses dan hasil belajar peserta didik untuk berbagai tujuan.			
10. Melakukan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilaksanakan dan memanfaatkannya untuk perbaikan dan pengembangan pembelajaran.			
11. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan tentang kemagnetan dan ggl induksi.			
12. Memahami kompetensi inti, kompetensi dasar, dan tujuan pembelajaran materi kemagnetan dan ggl induksi.			
13. Mengembangkan materi kemagnetan dan ggl induksi dari berbagai sumber.			
14. Melakukan refleksi mandiri terhadap penguasaan materi kemagnetan dan ggl induksi dan memanfaatkannya			



dalam rangka peningkatan keprofesionalan.			
Catatan:			

b. Penilaian oleh Asesor/Fasilitator

Tabel 14 Instrumen Penilaian Guru oleh Asesor/Fasilitator

Target Kompetensi	Penilaian Diri		Ket.
	Tercapai	Belum	
1. Menentukan tujuan pembelajaran kemagnetan dan ggl induksi.			
2. Menciptakan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran.			
3. Menata materi kemagnetan dan ggl induksi secara benar sesuai dengan pendekatan yang dipilih dan karakteristik peserta didik.			
4. Menyusun rancangan pembelajaran yang lengkap.			
5. Melaksanakan pembelajaran materi kemagnetan dan ggl induksi yang mendidik di kelas.			



6. Menggunakan media pembelajaran dan sumber belajar yang relevan dengan karakteristik materi pembelajaran dan peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran secara utuh.			
7. Mengambil keputusan transaksional dalam pembelajaran sesuai dengan situasi yang berkembang saat pembelajaran.			
8. Mengembangkan indikator dan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar peserta didik.			
9. Menganalisis hasil penilaian proses dan hasil belajar peserta didik untuk berbagai tujuan.			
10. Melakukan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilaksanakan dan memanfaatkannya untuk perbaikan dan pengembangan pembelajaran.			
11. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan tentang kemagnetan dan induksi elektromagnetik.			
12. Memahami kompetensi inti, kompetensi dasar, dan tujuan pembelajaran materi kemagnetan dan ggl induksi.			
13. Mengembangkan materi kemagnetan dan ggl induksi dari berbagai sumber.			



14. Melakukan refleksi mandiri terhadap penguasaan materi kemagnetan dan ggl induksi dan memanfaatkannya dalam rangka peningkatan keprofesionalan.			
Catatan:			

2. Penilaian untuk Peserta Didik

a. Penilaian Mandiri oleh Peserta Didik

Mintalah peserta didik untuk mengisi lembar penilaian diri berikut ini untuk memperkirakan tingkat keberhasilan peserta didik dalam menguasai kompetensi dasar yang Anda ajarkan. Isi secara objektif dan jujur dengan memberikan tanda ceklis (✓) pada kolom penilaian diri sesuai indikator pencapaian kompetensi dasar yang ditetapkan.

Tabel 15 Instrumen Penilaian Diri Bagi Peserta Didik (Pengetahuan)

Indikator Capaian Kompetensi	Penilaian Diri		Ket.
	Tercapai	Belum	
3.3.1 Menjelaskan medan magnetik disekitar kawat berarus			
3.3.2 Mengidentifikasi besar induksi magnetik di sekitar kawat lurus berarus			
3.3.3 Menentukan arah medan magnetik di sekitar kawat lurus berarus			
3.3.4 Menjelaskan besar induksi magnetik di sekitar kawat melingkar			



3.3.5	Menjelaskan induksi magnetik pada sumbu solenoida			
3.3.6	Menjelaskan gaya magnetik pada partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnetik			
3.3.7	Menentukan arah gaya magnet yang dialami oleh muatan listrik			
3.3.8	Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya magnetik pada kawat lurus			
3.3.9	Menentukan arah gaya magnetik pada kawat lurus			
3.3.10	Menganalisis gaya magnetik di antara dua kawat sejajar berarus			
3.4.1	Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya ggl induksi			
3.4.2	Menjelaskan timbulnya ggl induksi dalam kumparan			
3.4.3	Menentukan besar GGL induksi dari persamaan fluks magnet yang berubah menurut fungsi waktu			
3.4.4	Menentukan grafik dari persamaan GGL induksi magnet yang berubah menurut fungsi waktu			
3.4.5	Menentukan arah arus induksi dalam kumparan berdasarkan hukum Lenz			



3.4.6 Menjelaskan cara kerja generator berdasarkan konsep induksi elektromagnetik.			
--	--	--	--

Tabel 16 Instrumen Penilaian Diri Bagi Peserta Didik (Keterampilan)

Indikator Capaian Kompetensi	Penilaian Diri		Ket.
	Tercapai	Belum	
4.3.1 Menyajikan hasil identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi induksi magnetik di sekitar kawat berarus.			
4.3.2 Menyajikan hasil identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya magnetik pada kawat lurus.			
4.3.3 Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat lurus berarus listrik			
4.3.4 Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat melingkar berarus listrik			
4.3.5 Melakukan percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik			
4.3.6 Mempresentasikan hasil percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik			
4.4.1 Menyajikan hasil identifikasi induksi elektromagnetik			
4.4.2 Merangkai alat-alat percobaan			



4.4.3	Menggunakan alat ukur listrik			
4.4.4	Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik			
4.4.5	Membuat laporan hasil percobaan tentang penyelidikan gaya gerak listrik			
4.4.6	Mempresentasikan hasil percobaan tentang induksi elektromagnetik			
4.4.7	Membuat generator sederhana			
4.4.8	Mempresentasikan pemanfaatan induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari			

b. Penilaian oleh Guru

Tabel 17 Instrumen Penilaian Peserta Didik oleh Guru (Pengetahuan)

Indikator Capaian Kompetensi	Penilaian Diri		Ket.
	Tercapai	Belum	
3.3.11 Menjelaskan medan magnetik disekitar kawat berarus			
3.3.12 Mengidentifikasi besar induksi magnetik di sekitar kawat lurus berarus			
3.3.13 Menentukan arah medan magnetik di sekitar kawat lurus berarus			
3.3.14 Menjelaskan besar induksi magnetik di sekitar kawat melingkar			
3.3.15 Menjelaskan induksi magnetik pada sumbu solenoida			



3.3.16 Menjelaskan gaya magnetik pada partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnetik			
3.3.17 Menentukan arah gaya magnet yang dialami oleh muatan listrik			
3.3.18 Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya magnetik pada kawat lurus			
3.3.19 Menentukan arah gaya magnetik pada kawat lurus			
3.3.20 Menganalisis gaya magnetik di antara dua kawat sejajar berarus			
3.4.7 Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya ggl induksi			
3.4.8 Menjelaskan timbulnya ggl induksi dalam kumparan			
3.4.9 Menentukan besar GGL induksi dari persamaan fluks magnet yang berubah menurut fungsi waktu			
3.4.10 Menentukan grafik dari persamaan GGL induksi magnet yang berubah menurut fungsi waktu			
3.4.11 Menentukan arah arus induksi dalam kumparan berdasarkan hukum Lenz			



3.4.12 Menjelaskan cara kerja generator berdasarkan konsep induksi elektromagnetik.			
---	--	--	--

Tabel 18 Instrumen Penilaian Peserta Didik oleh Guru (Keterampilan)

Indikator Capaian Kompetensi	Penilaian Diri		Ket.
	Tercapai	Belum	
4.3.7 Menyajikan hasil identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi induksi magnetik di sekitar kawat berarus.			
4.3.8 Menyajikan hasil identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi besar gaya magnetik pada kawat lurus.			
4.3.9 Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat lurus berarus listrik			
4.3.10 Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat melingkar berarus listrik			
4.3.11 Melakukan percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik			
4.3.12 Mempresentasikan hasil percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik			
4.4.9 Menyajikan hasil identifikasi induksi elektromagnetik			



4.4.10 Merangkai alat-alat percobaan			
4.4.11 Menggunakan alat ukur listrik			
4.4.12 Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik			
4.4.13 Membuat laporan hasil percobaan tentang penyelidikan gaya gerak listrik			
4.4.14 Mempresentasikan hasil percobaan tentang induksi elektromagnetik			
4.4.15 Membuat generator sederhana			
4.4.16 Mempresentasikan pemanfaatan induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari			



06 PENUTUP

Anda telah mempelajari unit pembelajaran ini, selanjutnya Anda dapat menerapkan desain pembelajaran yang telah disusun kepada peserta didik di kelas masing-masing. Semoga Unit Pembelajaran ini dapat menjadi referensi Anda dalam mengembangkan pembelajaran dan penilaian yang berorientasi *Higher Order Thinking Skills/HOTS*, terintegrasi dengan nilai-nilai keislaman, dan literasi dalam rangka mencapai kecakapan Abad ke-21, membentuk generasi unggul yang moderat, beriman dan bertakwa serta berakhlak mulia.

Aktivitas pembelajaran yang disajikan dalam modul ini perlu Anda sesuaikan dengan kondisi nyata kelas Anda masing-masing. Anda perlu menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran sesuai dengan kondisi kelas Anda, sehingga memudahkan mengimplementasikan secara teknis. Selain itu, Anda masih perlu mengembangkan instrumen penilaian lainnya yang berorientasi HOTS dengan mengacu pada contoh kisi penilaian yang disajikan dalam unit pembelajaran. Anda perlu mengaktifkan diri dalam kegiatan MGMP Fisika untuk melakukan hal tersebut serta mengembangkan unit pembelajaran secara bersama rekan sejawat guru fisika lainnya.

Penulis menyadari bahwa unit pembelajaran ini masih banyak kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun demi lebih sempurnanya unit pembelajaran ini maupun dalam upaya perbaikan dan pengembangan modul pembelajaran lainnya. Semoga unit pembelajaran ini bermanfaat bagi khasanah ilmu pengetahuan dan pembelajaran secara umum maupun bagi pihak-pihak yang memerlukan.



KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

1. C
2. A
3. D
4. E
5. B
6. C
7. D
8. D
9. E
10. B
11. C
12. C
13. C
14. D
15. B
16. B
17. B
18. B
19. E
20. B



GLOSARIUM

Arus induksi	Arus yang ditimbulkan oleh perubahan jumlah garis-garis gaya magnetik
Arus listrik	Muatan listrik yang mengalir setiap satuan waktu
Elektromagnetik	Gelombang yang merambat tanpa memerlukan zat perantara
Fluks magnetik	Garis khayal di sekitar magnet dan muatan listrik yang dapat menentukan besar kuat medan magnet dan medan listrik
Galvanometer	Alat ukur yang bekerja dengan menggunakan jarum kompas untuk membandingkan medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik
Gaya gerak listrik	Beda potensial antara ujung-ujung penghantar sebelum dialiri arus listrik
Gaya magnetik	Gaya tarik-menarik atau tolak-menolak yang timbul akibat dua benda yang bersifat magnet saling berinteraksi
Generator	Alat yang digunakan untuk mengubah energi gelombang
Induksi Magnet	Kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor
<i>Magnetically levitated trains (MagLev)</i>	Kereta api yang mengambang karena adanya gaya magnetik yang digunakan untuk melawan efek percepatan gravitasi
Permeabilitas	Ukuran besarnya hambatan yang muncul ketika membentuk medan magnet dalam ruang hampa klasik
Solenoida	Kumparan dari kawat yang diameternya sangat kecil dibanding panjangnya
Toroida	Kumparan dari kawat melingkar yang memiliki diameter tertentu



DAFTAR PUSTAKA

Alonso Finn. (1981). *Physics*. London: Addison Wesley. Addison Wesley. Publishing. Company.

Beiser, Arthur. 1990. *Konsep Fisika Modern. Edisi keempat*. Terjemahan The Houw Liong. Jakarta : Erlangga.

Einstein, A. (1961). *Relativitys The Special & the General Theory*. New York: Wing Books.

Giancoli, Douglas C. 2005. *Physics: principles with applicationc*, 6th ed. Pearson Prentice Hall: New Jersey.

Kardiawarman. 1994. *Materi Pokok Fisika Dasar 1*. Depdikbud: Jakarta.

Serway, R.A., 2009. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 8th edition*. California : Brooks/Cole.

Surhayanto,dkk. 2009. *Fisika SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Sahabat.

Surya, Yohanes. 1996. *Olimpiade Fisika*. Jakarta : Primatika Cipta Ilmu.

Surya, Yohanes dan Ananta, P.1989. *Fisika 1 Program Ilmu-ilmu Fisik*. Jakarta: Intan Pariwara.



Kementerian Agama Republik Indonesia
Direktorat Jenderal Pendidikan Islam
Direktorat Guru dan Tenaga Kependidikan Madrasah
Tahun 2020