



FISIKA

ELEKTROMAGNETIK

Dr. Soni Prayogi. M.Si.

FISIKA




ELEKTROMAGNETIK

Buku Fisika Elektromagnetik ini merupakan Buku yang yang mengupas tentang Listrik dan Magnet. Secara garis besar urutan materi dalam buku ini adalah meliputi: Hukum Coulomb, Medan Listrik, Divergensi dan Curl dari Medan Listrik, Potensial Listrik, Energi Potensial Listrik, Konduktor, Magnetostatik dan Elektrodinamika. Buku ini dilengkapi dengan soal-soal dalam tiap babnya. Beberapa soal itu wajib dikerjakan sebagai pekerjaan rumah (PR). Diharapkan mahasiswa peserta kuliah Fisika Elektromagnetik menjawab semua soal, baik secara kelompok melalui secara pribadi.



eureka
media aksara

Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

-  0858 5343 1992
-  eurekaediaaksara@gmail.com
-  Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-512-4



9 786231 205124

FISIKA ELEKTROMAGNETIK

Dr. Soni Prayogi. M.Si.



PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

FISIKA ELEKTROMAGNETIK

Penulis : Dr. Soni Prayogi. M.Si.

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Meilita Anggie Nurlatifah

ISBN : 978-623-120-512-4

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MARET 2024**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekaediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur hanya bagi Allah SWT yang dengan taufik dan hidayahNYA penulis dapat menyelesaikan penyusunan Buku ini. Mata kuliah Fisika Elektromagnetik merupakan salah satu mata kuliah pokok dan penting bagi seluruh mahasiswa di Universitas. Buku ini diharapkan dapat membantu para mahasiswa, terutama dalam penambahan/ penguasaan konsep-konsep dasar fisika.

Buku Fisika Elektromagnetik ini merupakan Buku yang yang mengupas tentang Listrik dan Magnet. Secara garis besar urutan materi dalam buku ini adalah meliputi: Hukum Coulomb, Medan Listrik, Divergensi dan Curl dari Medan Listrik, Potensial Listrik, Energi Potensial Listrik, Konduktor, Magnetostatik dan Elektrodinamika. Buku ini dilengkapi dengan soal-soal dalam tiap babnya. Beberapa soal itu wajib dikerjakan sebagai pekerjaan rumah (PR). Diharapkan mahasiswa peserta kuliah Fisika Elektromagnetik menjawab semua soal, baik secara kelompok melalui secara pribadi.

Tiada gading yang tak retak, penyusun mohon kritik yang membangun demi perbaikan buku ini dimasa-masa mendatang. Amin Ya Rabbal' Alamin.

Jakarta, Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 HUKUM COULOMB	1
A. Elektrostatik	1
B. Hukum Coulomb.....	4
C. Rangkuman	12
D. Uji Formatif	12
BAB 2 MEDAN LISTRIK.....	14
A. Makna Fisis dan Formulasi Medan Listrik.....	14
B. Garis-Garis Medan Listrik	16
C. Medan Listrik pada Muatan Kontinu	22
D. Rangkuman	31
E. Uji Formatif	32
BAB 3 DIVERGENSI DAN CURL DARI MEDAN LISTRIK	33
A. Fluks.....	33
B. Hukum Gauss	35
C. Divergensi dari medan listrik E.....	39
D. Curl dari medan listrik E.....	44
E. Rangkuman	44
F. Uji Formatif	45
BAB 4 POTENSIAL LISTRIK.....	46
A. Definisi Potensial Listrik	46
B. Formulasi Potensial Listrik	47
C. Gradien Potensial dan Permukaan Ekuipotensial ...	58
D. Persamaan Poisson dan Persamaan Laplace	63
E. Potensial dari Distribusi Muatan Terlokalisasi	63
F. Kesimpulan dan Syarat Batas Elektrostatik	69
G. Rangkuman	73
H. Uji Formatif	74

BAB 5	ENERGI POTENSIAL LISTRIK.....	76
	A. Usaha Yang Dilakukan Untuk Memindahkan Sebuah Muatan.....	76
	B. Besar Energi dari sebuah Distribusi Muatan Titik ..	78
	C. Energi dari sebuah Distribusi Muatan Kontinu	81
	D. Rangkuman.....	84
	E. Uji Formatif.....	85
BAB 6	KONDUKTOR.....	86
	A. Properti (Sifat) Dasar Konduktor Dalam Keadaan Elektrostatik.....	86
	B. Muatan Induksi	92
	C. Permukaan Bermuatan dan Gaya pada Konduktor.....	96
	D. Kapasitor	98
	E. Rangkuman.....	103
	F. Uji Formatif.....	104
BAB 7	MAGNETOSTATIK.....	106
	A. Arus Listrik (Listrik Dinamis)	106
	B. Hukum Biot – Savart.....	113
	C. Div dan Curl dari B.....	123
	D. Gaya Magnet.....	129
	E. Perbandingan Elektrostatik dan Magnetostatik	130
	F. Potensial Vektor Magnetik	131
	G. Ringkasan Persamaan Dan Syarat Batas Magnetostatic.....	133
	H. Rangkuman.....	134
	I. Tes Formatif.....	135
BAB 8	ELEKTRODINAMIKA	137
	A. Gaya Elektromotif	137
	B. Induksi Elektromagnetik	141
	C. Persamaan Maxwell	153
	D. Rangkuman.....	165

E. Tes Formatif	167
DAFTAR PUSTAKA.....	169
TENTANG PENULIS.....	171

BAB

1

HUKUM COULOMB

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menganalisis muatan listrik dan gaya listrik, serta penerapannya dalam berbagai kasus.
- ❖ Menjelaskan dasar eksperimen dari formulasi hukum coulomb.
- ❖ Mengaplikasikan hukum Coulomb dalam pemecahan masalah

A. Elektrostatik

Elektrostatik atau listrik statis adalah bagian dari ilmu fisika yang mempelajari tentang fenomena yang ditimbulkan oleh muatan-muatan yang statik (diam) satu sama lain. Elektrostatik mempelajari tentang gaya listrik, pengumpulan muatan listrik dan sifat-sifat listrik statik pada benda. Beberapa fenomena elektrostatik yang diterapkan dalam teknologi diantaranya: prinsip kerja carrier bead pada mesin fotokopi, pengumpulan abu dari cerobong asap pabrik dan penyemprotan cat elektrostatik (air brush).

Elektrostatik menjadi dasar berkembangnya elektromagnetisme. Istilah “listrik” pertama kali ditemukan dari peristiwa elektrostatik oleh Thales dari Miletus (625-547 SM). Thales mengamati batu amber yang sebelumnya digosokkan batu tersebut dengan kain wol ternyata dapat

BAB

2

MEDAN LISTRIK

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menganalisis kuat medan listrik serta penerapannya dalam berbagai kasus.
- ❖ Mampu menjelaskan makna fisis dari medan listrik.
- ❖ Mampu memformulasikan medan listrik E dari distribusi muatan diskrit, kontinu dan dipol listrik.
- ❖ Mampu menganalisis besar gaya listrik yang dihasilkan oleh medan listrik E .

A. Makna Fisis dan Formulasi Medan Listrik

Kita dapat mengetahui keberadaan sebuah muatan dari keberadaan medan listriknya. Besar medan listrik dinyatakan sebagai kuat medan listrik. Kuat medan listrik adalah besar gaya coulomb yang dialami muatan uji Q oleh muatan sumber q .

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{k \frac{Qq}{r^2} \hat{r}}{Q} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

Dengan U adalah medan listrik dengan satuan N/C (SI), muatan uji dinyatakan dalam Q dan muatan sumber dinyatakan dalam q .

BAB 3

DIVERGENSI DAN CURL DARI MEDAN LISTRIK

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menganalisis divergensi dan curl dari kuat medan listrik, garis gaya listrik, fluks serta penerapannya dalam berbagai kasus.
- ❖ Memformulasikan fluks listrik.
- ❖ Menganalisis bentuk garis medan listrik.
- ❖ Memformulasikan medan listrik diskrit, kontinu dan dipol listrik menggunakan hukum Gauss.

A. Fluks

Dari penjelasan sebelumnya telah diketahui garis-garis medan yang digunakan untuk merepresentasikan arah dan besar (magnitudo) medan. Semakin rapat garis-garis medan \mathbf{l} maka semakin besar medan magnet di daerah itu. Kerapatan garis-garis medan ditunjukkan dengan jumlah garis medan yang melalui sebuah permukaan. Untuk menunjukkan kerapatan garis-garis medan, kemudian digunakanlah konsep fluks medan.

Fluks medan listrik E didefinisikan sebagai -jumlah garis medan listrik yang menembus tegak lurus bidang dengan luas A .

$$\Phi_E = EA \cos \theta \text{ dengan } \mathbf{E} \perp \mathbf{A}$$

BAB

4

POTENSIAL LISTRIK

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menganalisis potensial listrik serta penerapannya dalam berbagai kasus.
- ❖ Menjelaskan makna fisis potensial listrik.
- ❖ Menyelesaikan persoalan yang berhubungan dengan potensial listrik secara matematis.

A. Definisi Potensial Listrik

Gaya elektrostatik adalah gaya konservatif sehingga memiliki energi potensial listrik. Energi potensial listrik ini kemudian terkait dengan potensial listrik. Semua gaya konservatif memiliki usaha yang hanya dipengaruhi oleh keadaan awal dan akhir, usaha oleh gaya konservatif tidak memperdulikan lintasannya. Potensial listrik memiliki analogi dengan potensial gravitasi, sehingga potensial listrik (V) juga merupakan besaran scalar.

Besar perubahan energi potensial dapat dianalisis dari besar usaha (W) yang dilakukan untuk. Saat terjadi perubahan posisi ini, muatan uji mengalami perubahan energi potensial (ΔU) sebesar:

$$W = \Delta U = U_f - U_i$$

BAB

5

ENERGI POTENSIAL LISTRIK

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menganalisis usaha dan energi elektrostatik serta penerapannya dalam berbagai kasus.
- ❖ Menjelaskan makna fisis usaha dan energi elektrostatik.
- ❖ Menyelesaikan persoalan yang berhubungan dengan usaha dan energi elektrostatik secara matematis.

A. Usaha Yang Dilakukan Untuk Memindahkan Sebuah Muatan

Apabila terdapat sebuah distribusi muatan titik dalam keadaan statis, kemudian kita ingin memindahkan sebuah muatan uji Q dari titik a ke titik b (Gambar 5.1), maka besar usaha yang kita lakukan untuk memindahkan sebuah muatan uji tersebut dapat kita tentukan sebagai berikut.

BAB

6

KONDUKTOR

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menganalisis sifat dasar konduktor serta penerapannya dalam berbagai kasus.
- ❖ Mendeskripsikan sifat dasar konduktor.
- ❖ Menjelaskan permukaan terinduksi dan gaya pada konduktor.
- ❖ Menjelaskan prinsip kerja kapasitor

A. Properti (Sifat) Dasar Konduktor Dalam Keadaan Elektrostatik

Secara umum, sifat bahan terhadap listrik kita bagi dua jenis, yaitu konduktif dan non konduktif. Bahan non konduktif ini juga dapat disebut sebagai bahan isolator. Bahan isolator memiliki elektron yang terikat pada atom-atomnya. Sedangkan bahan konduktor memiliki elektron yang bebas berkeliaran terhadap atom- atomnya di seluruh bahan.

Pada konduktor yang berfase padat, muatan yang bergerak adalah elektron (negatif). Pada konduktor yang berfase liquid, misalnya air garam, terdapat ion (positif dan negatif) yang bergerak. Sebuah konduktor sempurna akan menjadi bahan yang mengandung supply elektron bebas tak terbatas. Namun pada kehidupan sehari- hari tidak terdapat

BAB

7

MAGNETOSTATIK

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menjelaskan tentang fenomena Magnetostatik
- ❖ Menjelaskan konsep dasar dari arus steady (arus tunak).
- ❖ Menjelaskan fenomena magnetostatik menggunakan hukum Biot-Savart.
- ❖ Menjelaskan fenomena magnetostatik menggunakan Hukum Ampere.
- ❖ Menjelaskan gaya magnet.
- ❖ Menjelaskan potensial vektor dan potensial scalar magnetic.
- ❖ Membandingkan elektrostatik dan magnetostatic.
- ❖ Membuat diagram yang merangkum persamaan-persamaan pada magnetostatic.
- ❖ Menjelaskan syarat batas magnetostatic.

A. Arus Listrik (Listrik Dinamis)

1. Arus Listrik

Arus listrik (I) yang mengalir pada suatu kawat konduktor adalah banyaknya muatan yang mengalir per satuan waktu pada satu titik. Satuan dari arus listrik (I) adalah Ampere (A) atau Coulomb / sekon (C/s).

BAB

8

ELEKTRODINAMIKA

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan mampu:

- ❖ Menjelaskan tentang fenomena Magnetostati tentang fenomena, hukum-hukum, konsep-konsep dasar, dan persamaan-persamaan yang berhubungan dengan Elektrodinamikak.
- ❖ Menjelaskan prinsip dasar dari gaya elektromotif (gaya gerak listrik).
- ❖ Menjelaskan tentang arus induksi berdasarkan Hukum Faraday.
- ❖ Menjelaskan keempat Hukum Maxwell.
- ❖ Menjelaskan koreksi Maxwell pada hukum Ampere.
- ❖ Menjelaskan induktansi dan energi listrik yang tersimpan pada komponen induktif.
- ❖ Menjelaskan Hukum Maxwell pada bahan.
- ❖ Menjelaskan syarat batas medan elektromagnetik dalam bentuk hukum Maxwell.

A. Gaya Elektromotif

1. Hukum Ohm

Pada konduktor, electron telah bergerak secara bebas di seluruh ruang dalam bahan. Namun gerak electron-elektron ini masih acak (ke segala arah), sehingga belum

DAFTAR PUSTAKA

- Buche, Frederick J. *Introduction to Physics for Scientists and Engineering*, New York: McGraw Hill, 1986
- Effendi, Rustam, dkk. (2007). *Medan Elektromagnetika terapan*. Jakarta: Erlangga
- Griffiths, D. J. (2012). *Introduction to electrodynamics* 4th edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Garcia, Narciso and Arthur C. Damask. *Physics for Computer Science Student*, New York: John Wiley & Sons, 1986
- Giancoli. *FISIKA Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga. 2001
- Halliday, Resnick. (2005) *Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 2*. Jakarta: Erlangga
- Hans, H.S and S.P Puri, *Mechanics*, Secound Edition, New Delhi : Tata McGraw-Hill Pulishing Company Limited, 2003
- Ishaq, Muhamad. *Fisika Dasar Edisi 2*. Bandung : Graha Ilmu
- Mathur, D.S. *Mechanics*, Ram Nagar, New Delhi : S. Chand & Company Ltd, 2001
- Murdaka, Bambang. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Andi. 2007.
- Prasetio, Leo, *Mengerti fisika : Mekanika*, Yogyakarta : Andi Offset. 1992
- Sailah, Siti, dkk. (2014). *Medan Eleltromagnetik, Teori dan contoh soal*. Yogyakarta: ANDI
- Soni Prayogi. *Fisika Dasar Bagian Mekanika dan kalor*. Banyumas: Wawasan Ilmu. 2022.
- Sutrisno, *Seri Fisika Dasar : Mekanika*, Bandung : Penerbit ITB, 1984

Williams, Stanley A, at all, *Fundamental of Physics*, Sccond Edition,
New York: John Wiley & Sons, 1991

TENTANG PENULIS



Dr. Soni Prayogi. M.Si

Adalah seorang Akademisi kelahiran Aceh, 02 Januari 1990 yang memiliki semangat dalam bekerja secara mandiri maupun team, dalam dunia Pendidikan dan Riset.

Riwayat Pendidikan:

2008 Universitas Syiah Kuala (S-1) Pendidikan Fisika

2017 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (S-2) Fisika

2021 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (S-3) Fisika

Aktivitas saat ini sebagai dosen pada universitas pertamina di program studi Teknik elektro.