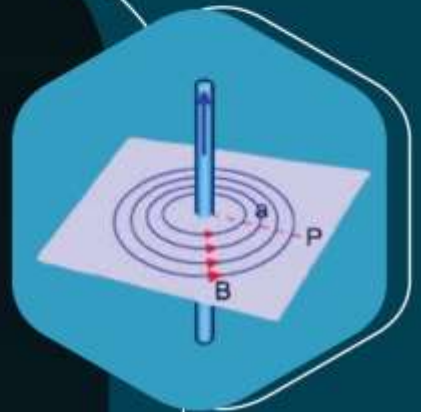


DUMMY BOOK

+

# LISTRIK MAGNET

—



Prof. Dr. Marianus, M.Si



# **LISTRIK MAGNET**

**PENULIS**

**Prof. Dr. Marianus, M.Si**

DUMMY BOOK

**EDITOR**

**Kenny Lahope, S.Pd**



## UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

### Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### Pembatasan Pelaksanaan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan fonogram yang telah dilakukan pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# **LISTRIK MAGNET**

**Prof. Dr. Marianus, M.Si**

EDITOR:  
**Kenny Lahope, S.Pd**

TATA LETAK:  
**Wahyuni Putri Adeningsi**

DESAIN SAMPUL:  
**Rachmadiansyah**

SUMBER:  
**[www.tangguhdenarajaya.com](http://www.tangguhdenarajaya.com)**

ISBN: **978-623-8209-48-4**

UKURAN:  
**vi + 192 Hal; 15.5 cm x 23 cm**

CETAKAN PERTAMA:  
**Juni 2023**

---

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.  
Dilarang menggandakan atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penerbit dan penulis.

---

**ANGGOTA IKAPI: 006/NTT/2022**  
**PENERBIT TANGGUH DENARA JAYA**  
Jl. Timor Raya No. 130 B Oesapa Barat, Kelapa Lima  
Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur  
E-mail: [tangguhdenarajaya@gmail.com](mailto:tangguhdenarajaya@gmail.com)  
Telepon: 0380-8436618/081220051382

# **KATA PENGANTAR**

Penulisan buku ajar ini dimaksudkan sebagai panduan untuk memudahkan mahasiswa yang mengikuti perkuliahan mata kuliah “Listrik Magnet” pada Program Studi Fisika dan Pendidikan Fisika yang merupakan mata kuliah wajib dalam kurikulum program studi. Karena itu materi-materi yang dimasukkan dipilih sedemikian rupa agar sasaran perkuliahan dan kompetensi yang diinginkan sesuai silabus mata kuliah dapat dicapai oleh mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih belum sempurna. Karena itu perlu adanya upaya penyempurnaan secara terus-menerus di waktu yang akan datang. Karena itu pula, maka penulis terbuka menerima kritik dan sebagai bahan masukan guna perbaikan buku ajar ini pada yang akan datang. Terpujilah Tuhan yang telah memberi kekuatan dan semangat serta menuntun penulis dalam menyelesaikan penulisan buku ajar ini. Semoga buku ajar ini akan membantu mahasiswa dalam memahami bahan-bahan perkuliahan “Listrik Magnet”

Tondano, Juni 2023

Penulis

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
BAB I HUKUM COULOMB DAN MEDAN LISTRIK .....	1
1.1 Muatan Listrik .....	1
1.2 Hukum Coulomb .....	8
1.3 Medan Listrik.....	23
BAB II HUKUM GAUSS DAN POTENSIAL SKALAR.....	39
2.1 Derivasi Hukum Gauss .....	39
2.2 Beberapa Penerapan Hukum Gauss .....	43
2.3 Definisi Potensial Skalar .....	43
2.4 Potensial Muatan Titik Tunggal .....	47
2.5 Potensial Distribusi Muatan Bola Seragam.....	48
2.6 Potensial Skalar dan Tenaga Potensial.....	51
BAB III ENERGI ELEKTROSTATIS .....	54
3.1 Definisi Energi Elektrostatik.....	54
3.2 Usaha dan Energi dalam Elektrostatik .....	56
3.3 Energi Elektrotstik pada Kapasitor.....	67
3.4 Rapat Energi Listrik .....	68
3.5 Energi Elektrostatik Bola Konduktor.....	69
BAB IV MULTIPOLE LISTRIK .....	70
4.1 Ekspansi Multipole dari Potensial Skalar .....	71
4.2 Monopole .....	75
4.3 Dipole .....	76

4.4	Quadrupole.....	77
4.5	Medan Dipole Listrik.....	78
4.6	Potensial dan Medan Elektrostatik pada Dipole .....	80
<b>BAB V HUKUM AMPERE .....</b>		<b>84</b>
5.1	Arus dan Rapat Arus .....	84
5.2	Resistansi dan Konduktansi, Resistivitas dan Konduktivitas.....	90
5.3	Persamaan Kontinuitas .....	91
5.4	Hukum Ampere .....	92
5.5	Aplikasi Hukum Ampere.....	95
5.6	Potensial Vektor Magnet .....	100
5.7	Gaya Lorentz pada Kawat Sejajar .....	103
5.8	Medan Magnet dari Solenoid.....	104
5.9	Medan Magnet dari Toroida.....	106
<b>BAB VI INDUKSI ELEKTROMAGNETIK .....</b>		<b>108</b>
6.1	Induksi Elektromagnet.....	108
6.2	Hukum Faraday .....	110
6.3	Magnetostatika.....	113
<b>BAB VII POTENSIAL VEKTOR LISTRIK.....</b>		<b>122</b>
7.1	Hukum Bio-Savart .....	122
7.2	Hukum Ampere .....	124
7.3	Curl .....	125
7.4	Rapat Arus ( $J$ ) Dan ( $\nabla \times H$ ).....	128
7.5	Kerapatan Fluks Magnetik ( $B$ ) .....	129
7.6	Potensial Vektor Magnetik ( $A$ ).....	131
7.7	Teorema Stokes .....	133

BAB VIII HUKUM FARADAY .....	135
8.1 Hukum Faraday .....	136
8.2 Induksi Bersama .....	142
8.3 Induktansi Diri .....	145
8.4 Energi dalam Medan Magnet .....	146
BAB IX ENERGI MAGNETIK .....	151
9.1 Pengertian Energi .....	151
9.2 Energi Magnetik .....	152
9.3 Energi Magnet dari Sirkuit Tergandeng .....	154
9.4 Rapat Energi dalam Medan Magnet .....	156
9.5 Gaya dan Torque pada Sirkuit Pejal .....	158
BAB X SIFAT KEMAGNETAN BAHAN .....	161
10.1 Magnetisasi .....	161
10.2 Rapat Arus Magnetisasi .....	162
10.3 Medan H .....	164
10.4 Bahan Linier dan Tak Linier .....	168
BAB XI PERSAMAAN MAXWELL .....	171
11.1 Persamaan Maxwell .....	171
11.2 Persamaan Gelombang Elektromagnetik .....	174
11.3 Transversalitas Gelombang Elektromagnetik .....	177
11.4 Vektor Poynting dan Kekekalan Energi .....	180
11.5 Gelombang Elektromagnetik dalam Medium .....	181
DAFTAR PUSTAKA .....	192



# **BAB I**

## **HUKUM COULOMB DAN MEDAN LISTRIK**

### **1.1 Muatan Listrik**

Kata *listrik* (*electricity*) berasal dari kata Yunani *electron*, yang berarti “amber”. Amber adalah dammar pohon yang membatu, dan orang zaman dulu mengetahui bahwa jika menggosok batang amber dengan kain, amber tersebut akan menarik daun-daun kecil atau debu.

Kelistrikan adalah sifat benda yang muncul dari adanya muatan listrik. Listrik dapat juga diartikan sebagai berikut:

- Listrik adalah kondisi dari partikel sub atomik tertentu, seperti elektron dan proton, yang menyebabkan penarikan dan penolakan gaya di antaranya.
- Listrik adalah sumber energi yang disalurkan melalui kabel. Arus listrik timbul karena muatan listrik mengalir dari saluran positif ke saluran negatif.

Muatan listrik adalah sifat (muatan dasar) yang dibawa oleh partikel dasar sehingga menyebabkan partikel dasar tersebut mengalami gaya tarik menarik dan tolak menolak. Muatan listrik dari suatu partikel dasar bisa berjenis positif dan negatif. Jika dua benda memiliki muatan yang sama akan tolak menolak dan kedua benda tersebut akan tarik menarik jika muatannya berbeda jenis. Asal sobat hitung tahu, partikel dasar dan subatomik seperti elektron dan proton punya muatan listrik. Elektron bermuatan negatif dan proton bermuatan positif.

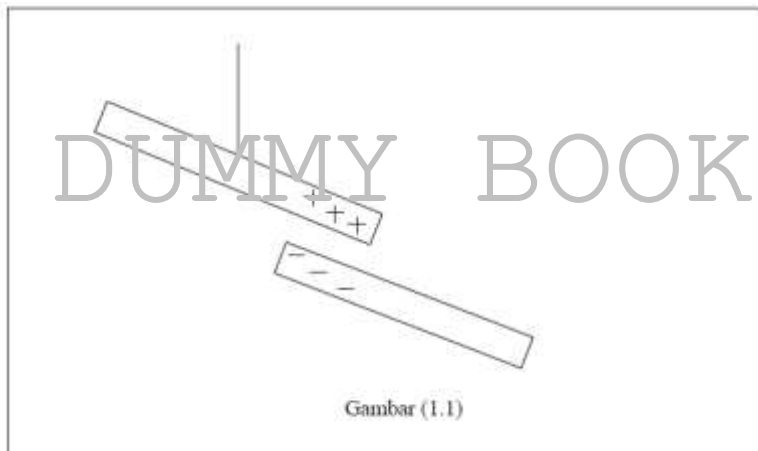
Muatan listrik terdiri dari dua jenis yaitu

1. Elektron yang membawa muatan negatif
2. Proton yang membawa muatan positif

Muatan listrik dari suatu benda ditentukan oleh jumlah proton dan elektron yang dikandung benda tersebut.

- Bila sebuah benda kelebihan elektron = kekurangan proton ( $\Sigma$  elektron  $>$   $\Sigma$  Proton), maka benda tersebut bermuatan negatif
- Bila benda kekurangan elektron = kelebihan proton ( $\Sigma$  elektron  $<$   $\Sigma$  Proton), maka benda tersebut bermuatan positif
- Jika jumlah elektron = jumlah  $\Sigma$  proton =  $\Sigma$  elektron maka benda tersebut tidak bermuatan (muatan netral).

Ada dua jenis muatan di alam ini, hal ini dapat diperlihatkan secara sederhana menggunakan dua batang seperti gambar. Batang pertama terbuat dari kaca digantungkan dengan benang kemudian digosokkan dengan sutera.



Jika ujung batang kedua terbuat dari kaca digosokkan dengan sutera, lalu didekatkan ke ujung batang pertama maka ujung batang yang digantung akan bergerak menjauh. Tetapi jika batang kedua terbuat dari plastik dan digosokkan dengan bulu, maka ujung batang yang digantung akan bergerak mendekat. Kedua kejadian di atas juga terjadi jika batang pertama terbuat dari plastik dan digosokkan pada bulu. Jika batang pertama terbuat dari plastik dan digosokkan pada bulu dan batang kedua terbuat dari plastik dan digosokkan pada bulu, maka ujung batang