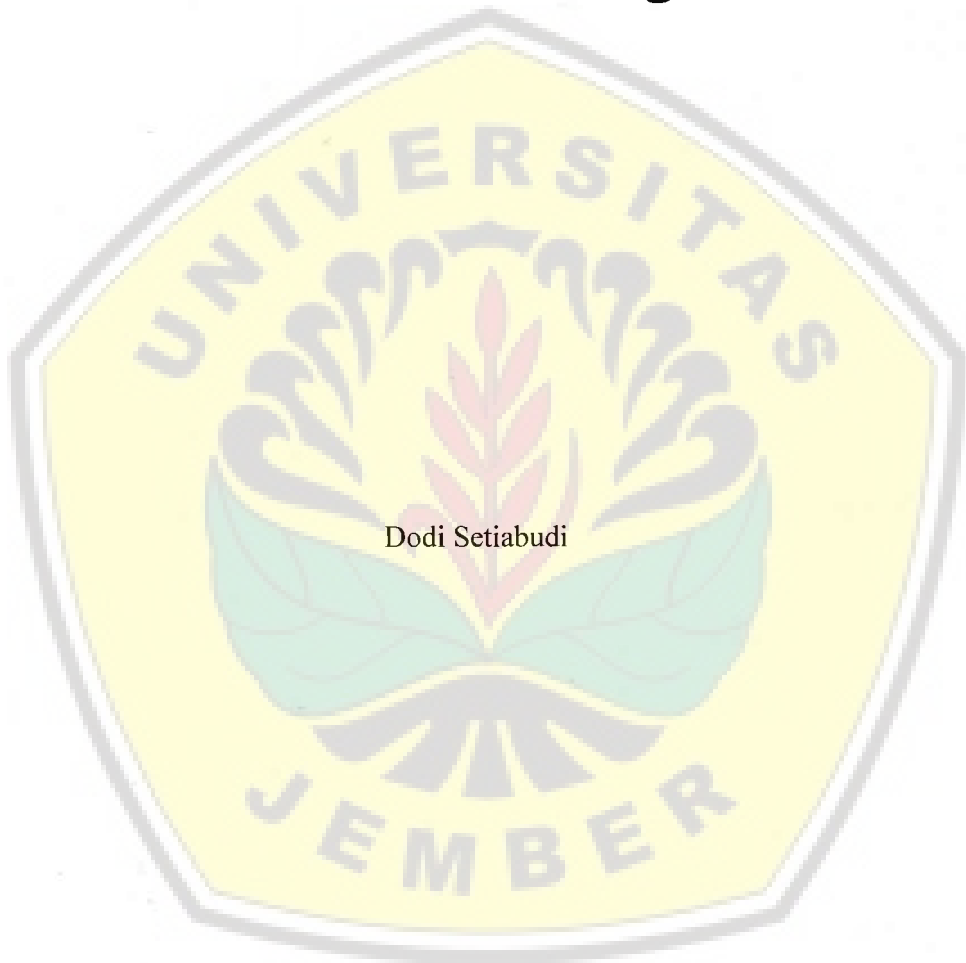


Digital Repository Universitas Jember

BUKU AJAR

Medan Elektromagnetik



Dodi Setiabudi

UPT PERCETAKAN & PENERBITAN

UNIVERSITAS JEMBER

Fatkhur Rokhim

Digital Repository Universitas Jember

ISBN: 978-602-5617-56-0

Penerbit:

UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember

Redaksi:

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp. 0331-330224, Voip. 00319

e-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

Distributor Tunggal:

UNEJ Press

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp. 0331-330224, Voip. 0319

e-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang. Dilarang memperbanyak tanpa ijin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak, photoprint, maupun microfilm.

PRAKATA

Puji dan syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat ALLAH SWT, yang telah melimpahkan karunianya sehingga pembuatan Buku Ajar Medan Elektromagnetik ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pembuatan Buku Ajar Medan Elektromagnetik ini merupakan salah satu tugas dan kewajiban yang harus dipenuhi oleh dosen pengampu mata kuliah di dalam melaksanakan pendidikan dan pengajaran kepada mahasiswa. Mata kuliah Medan Elektromagnetik adalah mata kuliah wajib di program studi S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Diharapkan buku ajar ini dapat dijadikan dasar untuk menguasai dasar teknik elektro yang terdiri dari beberapa bidang konsentrasi yaitu diantaranya : teknik telekomunikasi, teknik sistem tenaga, sistem kontrol dan elektronika. Pada beberapa bab diberikan aplikasi soal beserta pembahasannya agar mahasiswa lebih terampil dan paham dengan konsep-konsep yang telah dijelaskan pada buku ajar ini. Saran-saran penyempurnaan dari semua pihak senantiasa diharapkan.

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa. Semoga Tuhan dengan sifat Al Mutakalim (selalu Maha Berbicara)-Nya, selalu memberi kabar ghaib-Nya kepada Penyusun untuk tetap mensyukuri nikmat yang telah dianugerahkan kepada penyusun. Keyakinan akan adanya bimbingan Tuhan inilah yang menghasilkan gagasan sampai buku ajar ini mampu diselesaikan.

Jember, Nopember 2018

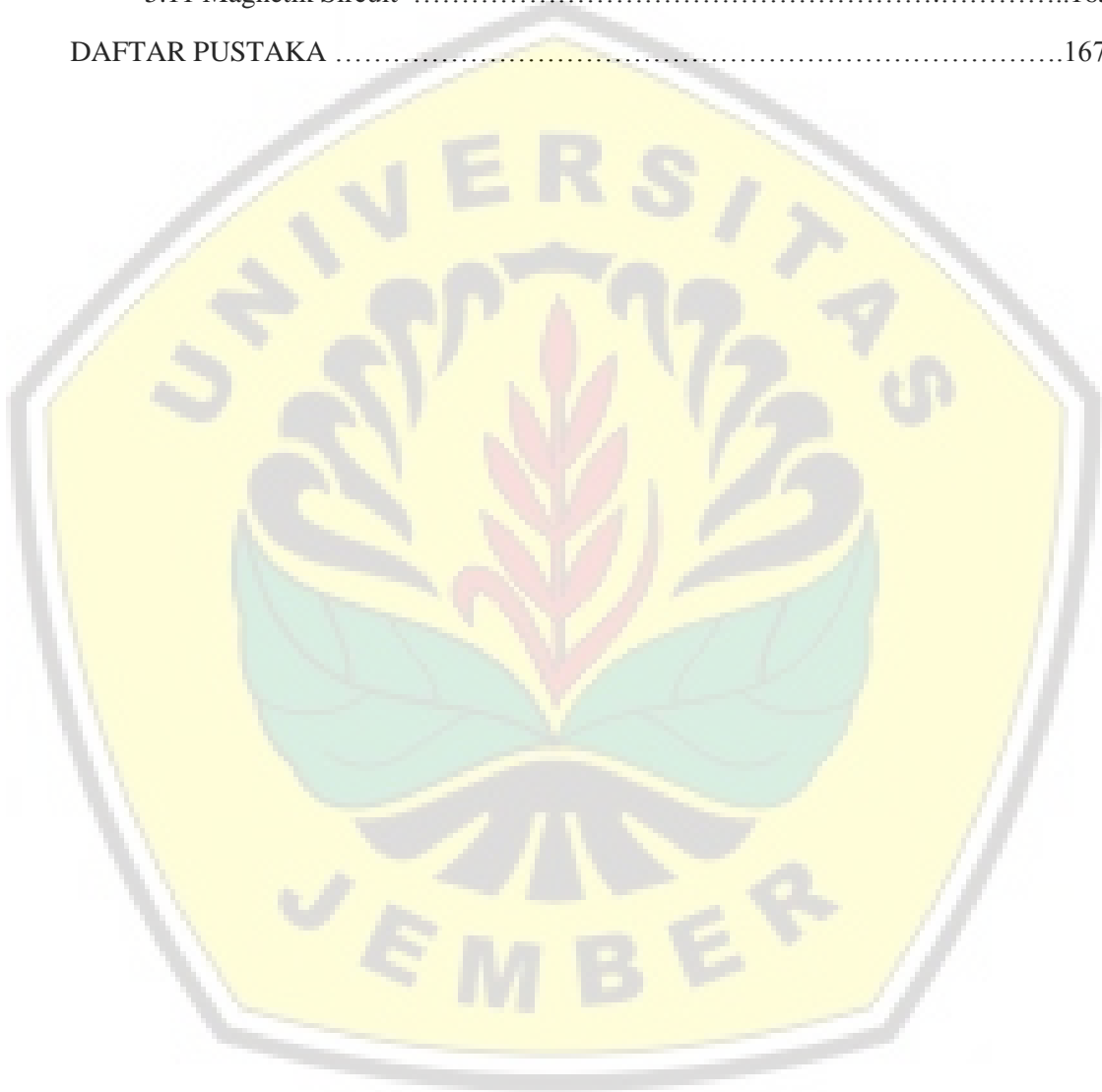
Dodi Setiabudi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
PRAKATA	2
DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR	6
DAFTAR TABEL	10
BAB 1. TEORI BIDANG ELEKTROMAGNETIK	11
1.1 Latar belakang	11
1.2 Konsep Teori Bidang (<i>Field</i>)	11
1.3 Analisis Vektor	16
1.4 Diferensial dan Perumusan Integral	17
1.5 Bidang Statik	18
1.6 Berbagai- Macam Bidang Waktu	21
1.7 Aplikasi medan yang berubah terhadap waktu	22
1.8 Solusi Numerik	23
1.9 Pembahasan Lanjutan	24
BAB 2. ANALISIS VEKTOR	26
2.1 Pendahuluan	26
2.2 Jumlah skalar dan vektor	26
2.3 Operasi vector	27
2.4 Koordinat Sistem	34
2.5 Skalar dan Bidang Vektor	48
2.6 Elemen diferensial panjang, permukaan, dan volume	51
2.7 Garis, permukaan, dan integral volume	53
2.8 Gradien fungsi skalar	60
2.9 Divergensi bidang vektor	63
2.10 Curl dari bidang vektor	67
2.11 Operator Laplacian	73
2.12 Beberapa Teorema dan Klasifikasi Medan	74

2.13 Identitas Vektor	79
2.14 Ringkasan	80
2.15 Review Pertanyaan Akhir Bab	81
2.16 Latihan Soal	82
2.17 Masalah Khusus	82
BAB 3. ELEKTROSTATIK	84
3.1 Pendahuluan	84
3.2 Hukum Coulomb	84
3.3 Intensitas medan listrik	88
3.4 Fluks listrik dan kerapatan fluks listrik	96
3.5 Potensial listrik	103
3.6 Dipole listrik	104
3.7 Bahan dalam medan listrik	107
3.8 Energi tersimpan dalam medan listrik	113
3.9 Batasan Kondisi	113
3.10 Kapasitor dan kapasitansi	116
BAB 4 ARUS LISTRIK TUNAK	117
4.1 Pendahuluan	117
4.2 Sifat arus dan kepadatan arus	118
4.3 Massa Jenis Resistansi konduktor	124
4.4 Persamaan Kontinuitas	125
BAB 5 MAGNETOSTATIK	130
5.2 Pendahuluan	130
5.2 Hukum Biot Savart	131
5.3 Hukum Ampere	135
5.4 Torsi Magnet	135
5.5 Fluks Magnetik dan Hukum Gauss untuk Medan Magnet	138
5.6 Potensi Vektor Magnetik	142

5.7 Intensitas Gaya Medan dan Hukum Perputaran Ampere	146
5.8 Potensi Skalar Magnetik	150
5.9 Batas Kondisi pada Medan Gaya	157
5.10 Energi yang terdapat pada Medan Gaya	160
5.11 Magnetik Sirkuit	165
DAFTAR PUSTAKA	167



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik sebuah vector	27
Gambar 2.1 Panah sejajar dengan panjang yang sama	27
Gambar 2.2 Penjumlahan Vektor	28
Gambar 2.3 Pengurangan vektor $\vec{D} = \vec{A} - \vec{B}$	29
Gambar 2.4 Ilustrasi dot produk.	30
Gambar 2.5 putaran determinan dari cross produk $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$	31
Gambar 2.7 ilustrasi produk 3 skalar	34
Gambar 2.8 Proyeksi titik pada koordinat rectangular.	35
Gambar 2.9 Penambahan vektor pada sistem sistem koordinat rectangular.	35
Gambar 2.10 Jarak vektor \vec{R} dari P ke Q	37
Gambar 2.11 Proyeksi sebuah titik pada sistem koordinat silinder	39
Gambar 2.12 Permukaan saling tegak lurus pada sistem koordinat silinder	40
Gambar 2.13 Transformasi unit vektor.	41
Gambar 2.14 Proyeksi titik sebuah item koordinat bola	44
Gambar 2.15 Sistem Koordinat Bola	45
Gambar 2.16 Proyeksi dari (a) \vec{a}_r , (b) \vec{a}_θ , dan (c) \vec{a}_ϕ terhadap unit Vektor \vec{a}_x, \vec{a}_y , dan \vec{a}_z	47
Gambar 2.17 (a) Pelat parallel kapasitor, (b) Distribusi potensial, (c) Bidang intensitas listrik	49
Gambar 2.18 Turunan elemen sistem koordinat persegi panjang. (kiri) turunan volume, (kanan) gambar pecahan persegi panjang.	51
Gambar 2.19 Turunan dasar sistem koordinat silinder. (kiri) volume turunan, (kanan) gambar pecahan silinder.	52
Gambar 2.20 Turunan dasar sistem koordinat spherical. (kiri) volume turunan, (kanan) gambar pecahan.	53
Gambar 2.21 Fungsi kontinu bernilai tunggal.	54
Gambar 2.22 Turunan dasar panjang posisi c di jarak three-dimensional	54
Gambar 2.23 Ilustrasi jalur integrasi untuk Contoh 2.13.....	56
Gambar 2.24 Elemen permukaan diferensial.....	56

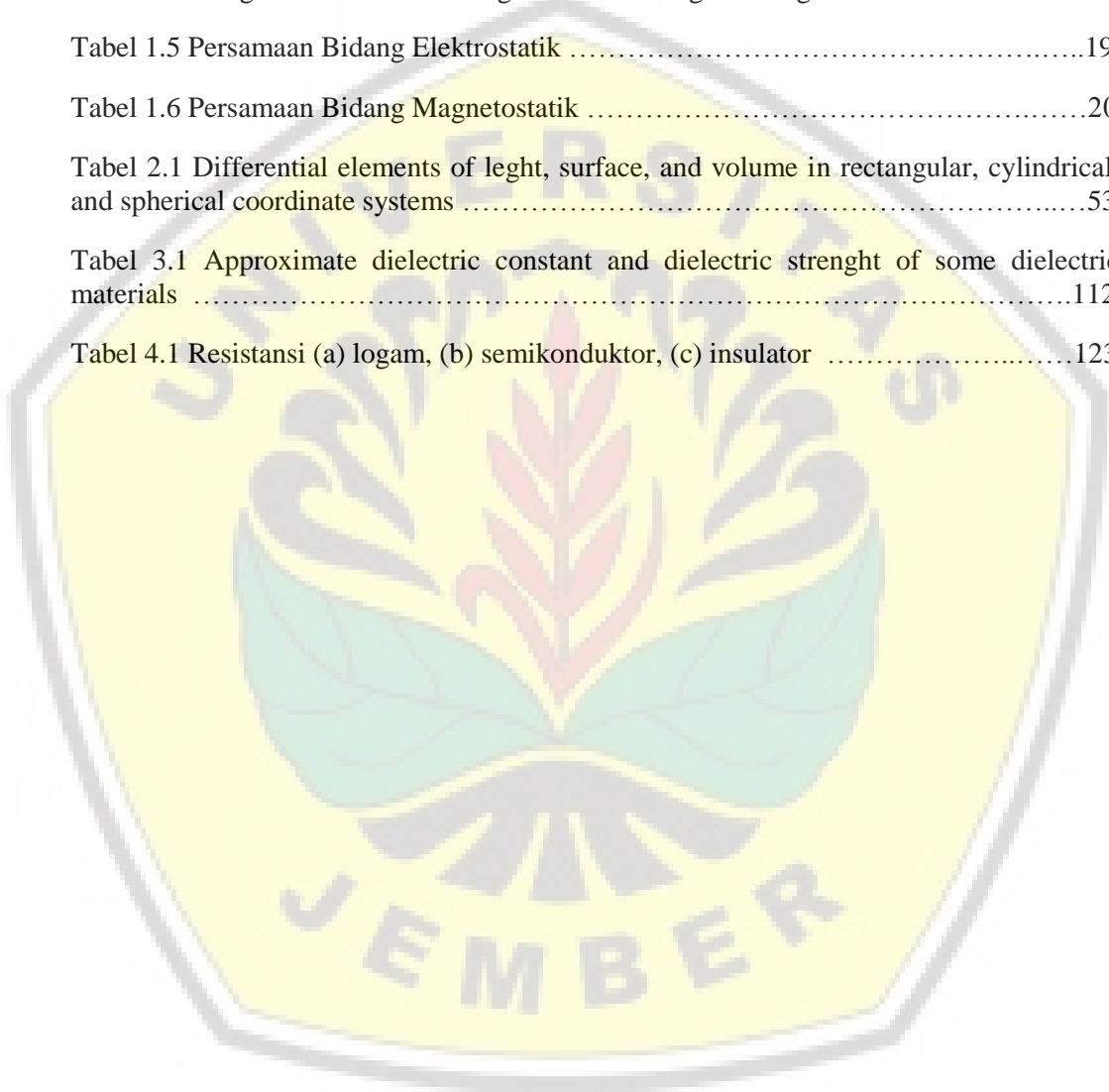
Gambar 2.27 Elemen volume diferensial	59
Gambar 2.28 Ilustrasi untuk menentukan gradien fungsi scalar	60
Gambar 2.29 Volume diferensial pada sistem koordinat rectangular	63
Gambar 2.30 Volume v terbagi menjadi n volume kecil untuk memverifikasi teorema divergensi	64
Gambar 2.32 Permukaan kecil elemen untuk mencari curl dari bidang vector	68
Gambar 2.33 permukaan terbuka s yang dibatasi oleh garis tertutup c dalam contoh teorema stokes'.	71
Gambar 3.1 Gaya listrik diantara dua buah muatan	85
Gambar 3.2 Gaya yang dialami oleh muatan q pada system muatan n	87
Gambar 3.4 Gaya yang bereaksi pada muatan yang di uji coba	89
Gambar 3.5 Bidang listrik pada titik P (a) distribusi muatan bergaris (b) distribusi muatan permukaan (c) distribusi muatan bervolume	91
Gambar 3.6 Intensitas bidang listrik pada lingkaran P	92
Gambar 3.7 Intensitas bidang listrik pada lubang muatan lingkaran yang tak terbatas luasnya.	94
Gambar 3.8 Intensitas bidang listrik pada P muatan terbatas	94
Gambar 3.9 Intensitas bidang listrik pada P yang tak terbatas muatannya	95
Gambar 3.10 Intensitas Medan Listrik pada P didalam muatan lingkaran yang terbatas. 95	
Gambar 3.11 Intensitas Medan Listrik pada P didalam muatan lingkaran yang tak terbatas (tak terhingga).	96
Gambar 3.12 Garis fluk listrik dari muatan positif yang terisolasi	97
Gambar 3.13 Garis listrik flux diantara (a) muatan positif dan negative (b) diantara dua muatan positif	97
Gambar 3.14 Garis listrik fluk diantara muatan bidang paralel yang berlawanan	98
Gambar 3.15 Fluks listrik melewati bidang permukaan.	99

Gambar 3.16 Fluks listrik yang melewati permukaan tertutup s dari sebuah titik muatan Q yang dibatasi oleh s .	100
Gambar 3.17. Konstruksi yang digunakan untuk mengembangkan persamaan diferensial untuk divergensi D .	101
Gambar 3.19 (a) Bidang listrik (b) Gaya terluar	104
Gambar 3.24 Dipol listrik	105
Gambar 3.25 Acuan jarak ketika P berada jauh dari muatan dipole ($r \gg d$)	105
Gambar 3.26 Equipotential dan bidang elektrik sesuai dengan dipole listrik	106
Gambar 3.27 Lingkaran konduktor dalam bidang elektrostatik	108
Gambar 3.29 a) Dielektrik pada keadaan normal dimana pada bidang tengah terdapat muatan positif yang berhimpit dengan muatan negative b) polaritas dielektrik menunjukkan pemisahan antara muatan	109
Gambar 3.30 potensial pada suatu titik sesuai dengan polaritas dielektrik benda	110
Gambar 3.33 Batasan kondisi yang melibatkan komponen normal dari bidang \vec{D} dan \vec{E} .	113
Gambar 3.24 Batasan Kondisi untuk posisi tangensial pada bidang \vec{E}	115
Gambar 3.35 Pengisian kapasitor	116
Gambar 4.1 (a) Sebuah konduktor dengan aliran kecepatan putar electron pada rangkaian (b) Pergerakan elektron di didalam orbitnya	118
Gambar 4.2 Perubahan massa jenis disebuah tabung	119
Gambar 4.3 Perpindahan gerakan di ruang bebas dengan memengaruhi gaya E .	120
Gambar 4.4 Konduktor pembawa arus	124
Gambar 4.5 Daerah pengatur yang dibatasi oleh permukaan dengan aliran muatan luar	125
Gambar 4.6 2 plat parallel yang ditengahnya konduksi secara medium	127
Gambar 4.7 benda non homogen yang berkonduksi pada pada kondisi medium.	129
Gambar 5.1 Garis Magnetik Fluks Mengelilingi Magnet Batang	130
Gambar 5.2 Kepadatan Fluks Magnetik Pada Titik P Menghasilkan Elemen Arus Pada Q	131
Gambar 5.3 Kepadatan fluks magnetik pada titik P menghasilkan elemen arus pada Q	132
Gambar 5.4 Kepadatan fluks magnetik pada suatu titik P karena distribusi arus permukaan.	132

Gambar 5.5 (a) Kerapatan fluks magnetik yang dihasilkan oleh konduktor pembawa arus yang terbatas (Contoh 5.1); (b) Garis fluks magnetik adalah lingkaran konsentris dalam bidang yang tegak lurus terhadap konduktor pembawa arus yang tak terhingga	133
Gambar 5.6 Kerapatan fluks magnetik pada suatu titik P pada sumbu Z diproduksi oleh loop pembawa arus	134
Gambar 5.7 Garis magnetik fluks yang terkait dengan arus yang membawa loop ..	135
Gambar 5.13 Torsi yang diberikan pada loop pembawa arus dengan medan magnet ...	136
Gambar 5.14. Koil melingkar misalnya 5.6 (a) Coil yang direndam di bidang B, contoh 5.6 (b) sisi samping	138
Gambar 5.15 (a) Garis magnetik fluks yang melewati permukaan terbuka (b) permukaan terbuka yang sama terbagi menjadi n permukaan dasar	139
Gambar 5.16 Dua jalur transmisi	141
Gambar 5.17 Fluks magnetik yang melewati belahan bumi.....	141
Gambar 5.23 (A) Solenoida; (B) Grafik kerapatan fluks magnetik pada poros solenoida	150
Gambar 5.24 (a) Model atom yang menunjukkan elektron bergerak dalam orbit melingkar (b) momen magnetik orbital (c) momen magnetic	151
Gambar 5.25 (A) Tempat bahan magnetik dengan dipole diparalel dipo secara acak; (B) Bidang B eksternal menyebabkan dipol magnetik sejajar dengannya; (C) Loop arus sejajar kecil (b) setara dengan arus sepanjang sisa bahan	152
Gambar 5.26 Random orientation of magnetic dipoles in a nonmagnetized ferromagnetic material	155
Gambar 5.27 A wrappe coil established flux in magnetic material	155
Gambar 5.29 Hysteresis loop	156
Gambar 5.30 Potensial Magnetik titik P dtinjau dari titik Q.....	160

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Unit yang diperoleh dari eletromagnetik	13
Tabel 1.2 Perubahan Faktor	14
Tabel 1.3 Sebagian Daftar Dari Kuantitas Bidang	15
Tabel 1.4 sebagian daftar dari hubungan antara berbagai bidang kuantitas	16
Tabel 1.5 Persamaan Bidang Elektrostatik	19
Tabel 1.6 Persamaan Bidang Magnetostatik	20
Tabel 2.1 Differential elements of leght, surface, and volume in rectangular, cylindrical, and spherical coordinate systems	53
Tabel 3.1 Approximate dielectric constant and dielectric strenght of some dielectric materials	112
Tabel 4.1 Resistansi (a) logam, (b) semikonduktor, (c) insulator	123



DAFTAR PUSTAKA

1. Hayt, *Engineering Electromagnet*, fifth Edition, MacGraw- Hill, 1981
2. Joseph. Edminister, *Theory and Problem of Electromacnetics*, Schaum Series, Macraw-Hill, 1979
3. Krauss John E., *Electromagnetics*, McGraww-Hill Book Co. tirth Edition, 1999
4. Liang Chi Shen, Jin An Kong, *Aplikasi Elektromagnetik*, edisi 3, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1995
5. Sudaryanto, *Medan Elektromagnetik*, Penerbit Jember University Press, Jember, 2008

