

ABSTRAK

Kekebalan/kepekaan adalah suatu ukuran kemampuan dari bahan dielektrik untuk mengurangi pengaruh tenaga elektrik (radiasi atau konduksi) dari produk elektronik lainnya. Ada banyak metoda untuk mencegah, mengurangi maupun menghilangkan efek radiasi tersebut, contohnya dengan metoda penyerapan dan pemantulan gelombang elektromagnetik dengan suatu bahan material yang telah diuji kekebalannya.

Dalam hal ini penulis menggunakan bahan dielektrik oksida aluminium dengan nilai permitivitas relatifnya sembilan ($\epsilon_r = 9$), serta mengambil sudut datang sinyal (θ) dan sudut polarisasi sinyal (Φ) dari 0° sampai dengan 360° dengan interval sudut 30° untuk kuat medan listrik, sedangkan untuk menghitung kekebalannya mengambil interval sudut 10° yang dihitung pada frekuensi sinyal 300 MHz, 900 MHz, dan 3 GHz.

Berdasarkan hasil simulasi terbukti bahwa untuk peralatan elektronik yang bekerja pada frekuensi 300 MHz dapat digunakan bahan dielektrik dengan permitivitas relatif sembilan, sedangkan untuk frekuensi di atas 300 MHz sebaiknya digunakan bahan dielektrik dengan permitivitas relatif yang lebih besar dari sembilan.

Nilai kuat medan listrik (E) dan kekebalan/kepekaan (χ_e) tersebut bergantung pada besarnya sudut θ dan Φ . Nilai-nilai kuat medan listrik maximum diperoleh pada saat frekuensi sinyal 3 GHz, yaitu sebesar 80,13 dB pada saat sudut θ dan Φ sebesar 90° dan nilai minimumnya diperoleh pada saat frekuensi sinyal 300 MHz, yaitu sebesar 15,19 dB pada saat sudut θ dan Φ sebesar 120° . Sedangkan untuk nilai kekebalan/kepekaan (χ_e) maximum diperoleh pada saat frekuensi sinyal 300 MHz, yaitu sebesar $-1,409 \times 10^{11}$ pada saat sudut θ dan Φ sebesar 100° dan nilai minimumnya diperoleh pada saat frekuensi sinyal 3 GHz, yaitu sebesar $-7,436 \times 10^{11}$ pada saat sudut θ dan Φ sebesar 120° .

ABSTRACT

Sensitivity is a measurement of dielectric material for reducing the impact of electrical power, both radiation or conduction which come from other electronic devices/products. There are many methods to preventing, reducing and neutralizing the radiation effect, in example we can use absorbing method and reflecting electromagnetic wave through a material which has passed sensitivity test.

In this case, I am using dielectric material Alumunium Oxyde with 9 permitivity relative point ($\epsilon_r = 9$), then obtain incident angle signal (θ) and polarization angle signal (Φ) from range 0° until 360° with 30° interval angle for electric field intensity, therefore to calculate its sensitivity, I am obtaining 10° interval angle, which counted at 300 MHz, 900 MHz and 3 GHz signal frequency.

Referring to the simulation output, it is proved that electronic devices which works at 300 MHz frequency might be using dielectric material with 9 permitivity relative point, and for the devices which works above 300 MHz frequency it is recommended to using dielectric material with permitivity relative point greater than 9.

The electric field intensity value (E) and sensitivity (χ_e) depend on amount of θ and Φ angle. The maximum electric field intensity values reached at 3 GHz signal frequency or at 80.13 dB when θ and Φ angle at 90 degree. The minimum value reached at 300 MHz signal frequency or at 15.19 dB when the θ and Φ angle at 120 degree. The maximum sensitivity value achieved at 300 MHz signal frequency, or in amount of -1.409×10^{11} when θ and Φ angle at 100 degree, the minimum sensitivity achieved at 3 GHz signal frequency, or in amount of -7.436×10^{11} when θ and Φ angle at 120 degree.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir, yang berjudul **“METODA PENGETESAN KEKEBALAN/KEPEKAAN RADIASI MEDAN MAGNET DENGAN MENGGUNAKAN PERPUTARAN GELOMBANG MAGNET LAMBAT”**.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan sarjana strata satu (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha Bandung. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mohon maaf yang sebanyak-banyaknya dan penulis membuka diri untuk menerima kritik dan saran untuk meningkatkan kemampuannya di masa yang akan datang. Harapan dari penulis supaya laporan ini dapat berguna bagi para pembacanya dalam mencari informasi.

Keberhasilan penulisan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu baik material maupun spiritual :

1. Yang terhormat Bapak Ir. Aan Darmawan, MT., sebagai ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha.
2. Yang terhormat Ibu Ir. Anita Supartono, M.Sc. selaku koordinator tugas akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha.
3. Yang terhormat Ibu IR. Herawati Yusuf, MT. selaku pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan masukan, saran, waktu, dan pengarahan yang sangat berharga dalam membantu penulis menyelesaikan tugas akhir.
4. Yang terhormat Bapak Dr.Ir. Daniel Setiadikarunia, MT., Bapak Drs. Zaenal Abidin, M.Sc., dan Ibu Dr. Ratnadewi, ST.,MT. sebagai penguji tugas akhir yang telah memberikan saran dan kritiknya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
5. Keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya baik moral

maupun spiritual.

6. Dosen wali dan segenap dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu selama penulis menuntut ilmu di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro.
7. Seluruh staf administrasi dan tata usaha Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak membantu penulis mendapatkan bahan-bahan dalam penyusunan tugas akhir.
8. Teman-teman yang sudah membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Semoga Tuhan selalu melimpahkan anugerah dan berkat-Nya kepada semua pihak yang telah banyak membantu. Laporan Tugas Akhir ini telah dibuat sebaik mungkin, namun penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kemajuan di masa yang akan datang.

Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dengan segala kekurangannya dapat bermanfaat bagi pihak yang berkepentingan. Tuhan memberkati.

Bandung, Februari 2007

Penyusun,

Ferry Kurniawan
0222005

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Tujuan Pembahasan	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Metodologi Pembahasan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Penjelasan Teori Dasar Metoda FDTD	5
2.2 Pemodelan Dari Bahan Dielektrik	6
2.3.1 Penjelasan Impedansi Permukaan	7
2.3.2 Kondisi Batas Dari Bidang Dielektrik	8
2.3.1 Permukaan Full Dan Half Rooftop	9
2.3.1 Kerapatan Arus Permukaan	9
2.3.1 Integral Garis Dan Integral Permukaan	10
2.3.1 Persamaan Medan Listrik Potensial	11
2.3.1 Matriks Impedansi	13
2.4 Scattered Field FDTD	14

2.5	Metoda FDTD 3 Dimensi	20
2.6	Metoda Penghitungan Far Field	22
2.7	Far Field 3 Dimensi	24
2.8	Penampang Bidang (Cross-Section)	25
2.9	Metoda Impedansi Permukaan	25
2.10	Frequency Dependent FDTD Method	30
2.11	Kekebalan / Kepekaan (χ_e)	35

**BAB III PERANCANGAN SIMULASI POLA RADIASI
MEDAN LISTRIK PADA PROSES KEKEBALAN
(IMMUNITY) 37**

3.1	Pendahuluan	37
3.2	Langkah-langkah Perhitungan	38
3.3	Rangkaian Pengetesan Dengan Perputaran Gelombang Magnet Lambat	39
3.4	Polarisasi Gelombang Elektromagnetik	40
3.5	Parameter dan Variabel Yang Digunakan	44
3.6	Rumus- Rumus Yang Digunakan Dalam MATHCAD 13 ...	46
3.6.1	Untuk Semua Bidang (x-y, y-z, dan x-z)	46
3.6.2	Untuk Bidang y-z Di Sepanjang Sumbu y (x = 0)	47
3.6.3	Untuk Bidang x-y Di Sepanjang Sumbu x (z = 0)	49
3.6.4	Untuk Bidang x-z Di Sepanjang Sumbu z (y = 0) ...	51
3.6.5	Medan Listrik Arah θ Dan Φ Untuk Semua Bidang (x-z, y-z, x-z)	53
3.6.6	Perbandingan Nilai-Nilai Komponen	54
3.7	Data Pengamatan	55
3.7.1	Perhitungan Kuat Medan Listrik	55
3.7.1.1	Pada Frekuensi 300 MHz	55
3.7.1.2	Pada Frekuensi 900 MHz	56
3.7.1.3	Pada Frekuensi 3 GHz	58

	3.7.2	Perhitungan Nilai Kekebalan/kepekaan (χ_e)	59
BAB IV	HASIL SIMULASI DAN ANALISA	62
4.1	Hasil Perhitungan dan Simulasi Pola Penyebaran Radiasi Kuat Medan Listrik Dan Kekebalan/Kepekaan (χ_e)		62
4.2	Kuat Medan Listrik Pada Arah θ ($E_\theta(\theta, \Phi)$) Dalam Satuan v/m		62
	4.2.1	Perhitungan Nilai Kuat Medan Listrik	62
	4.2.2	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang Polar	64
	4.2.3	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang X-Y	66
	4.2.4	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Ruang 3-D	68
4.3	Kuat Medan Listrik Pada Arah Φ ($E_\Phi(\theta, \Phi)$) Dalam Satuan v/m		69
	4.3.1	Perhitungan Nilai Kuat Medan Listrik	69
	4.3.2	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang Polar	71
	4.3.3	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang X-Y	73
	4.3.4	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Ruang 3-D	75
4.4	Kuat Medan Listrik Pada Arah Φ ($E(\theta, \Phi)$) Dalam Satuan dB		76
	4.4.1	Perhitungan Nilai Kuat Medan Listrik	76
	4.4.2	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang Polar	78
	4.4.3	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang X-Y	80
	4.4.4	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Ruang 3-D	81
4.5	Kuat Medan Listrik Pada Arah θ ($E_1(\theta, \Phi)$) Dalam Satuan dB		83
	4.5.1	Perhitungan Nilai Kuat Medan Listrik	83
	4.5.2	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang Polar	84
	4.5.3	Pola Radiasi Medan Listrik Dalam Bidang X-Y	85
4.6	Kekebalan / Kepekaan (χ_e) Dari Suatu Bahan Dielektrik		87
	4.6.1	Perhitungan Dari Nilai Kekebalan (χ_e) Yang Dihasilkan	87

4.6.2	Penggambaran Pola Kekebalan Dalam Bidang Polar	90
4.6.3	Penggambaran Pola Kekebalan Dalam Bidang X-Y	92
4.6.4	Penggambaran Pola Kekebalan Dalam Ruang 3-D ...	93
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	101
5.1	Kesimpulan	101
5.2	Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN A	: PARAMETER DAN VARIABEL YANG DIGUNAKAN DALAM PERHITUNGAN	A-1
LAMPIRAN B	: RUMUS-RUMUS YANG DIGUNAKAN DALAM MATHCAD 13	B-1

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar II.1	Pembagian sel-sel 3-D pada koordinat kartesian.....7
Gambar II.2	Rising dan Falling Half-Rooftop.....12
Gambar II.3	Gelombang satar masuk (r_0).....16
Gambar II.4	Pembagian wilayah analisa.....19
Gambar II.5	Cara peletakan satuan sel FDTD dan medan elektromagnet.....19
Gambar II.6	Satuan sel FDTD 3 dimensi.....20
Gambar II.7	Peletakkan medan elektromagnet di dekat <i>grid point</i> $(i, j, k+\frac{1}{2})$20
Gambar II.8	Peletakan medan elektromagnet di dekat <i>grid point</i> $(i, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2})$21
Gambar II.9	Cara penghitungan Far Field.....21
Gambar II.10	Penghitungan Far Field.....23
Gambar II.11	Grid FDTD untuk penurunan rumus SIBC.....27
Gambar II.12	Hantaran gelombang datar dalam medium dispersif.....31
Gambar III.1	Diagram alur cara kerja38
Gambar III.2	Rangkaian pengetesan kekebalan pada anechoic chamber39
Gambar III.3	Polarisasi vertikal dan horizontal gelombang EM.....41
Gambar III.4	Sinyal polarisasi arah vertikal dan horizontal41
Gambar III.5	Polarisasi sinyal arah sumbu x42
Gambar III.6	Polarisasi sinyal arah sumbu y.....43
Gambar III.7	Polarisasi sinyal arah sumbu z.....43
Gambar IV.1	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 300 MHz.....64
Gambar IV.2	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 900 MHz.....65
Gambar IV.3	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 3 GHz65
Gambar IV.4	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 300 MHz66
Gambar IV.5	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 900 MHz66
Gambar IV.6	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 3 GHz67
Gambar IV.7	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 300 MHz.....68
Gambar IV.8	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 900 MHz.....68
Gambar IV.9	$E_\theta(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 3 GHz69
Gambar IV.10	$E_\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 300 MHz.....71

Gambar IV.11	$E\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 900 MHz	72
Gambar IV.12	$E\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 3 GHz	72
Gambar IV.13	$E\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 300 MHz	73
Gambar IV.14	$E\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 900 MHz	73
Gambar IV.15	$E\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 3 GHz	74
Gambar IV.16	$E\Phi(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 300 MHz	75
Gambar IV.17	$E\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 900 MHz	75
Gambar IV.18	$E\Phi(\theta, \Phi)$ v/m pada frekuensi 3 GHz	76
Gambar IV.19	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 300 MHz	78
Gambar IV.20	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 900 MHz	79
Gambar IV.21	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 3 GHz	79
Gambar IV.22	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 300 MHz	80
Gambar IV.23	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 900 MHz	80
Gambar IV.24	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 3 GHz	81
Gambar IV.25	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 300 MHz	81
Gambar IV.26	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 900 MHz	82
Gambar IV.27	$E(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 3 GHz	82
Gambar IV.28	$E_1(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 300 MHz	84
Gambar IV.29	$E_1(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 900 MHz	84
Gambar IV.30	$E_1(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 3 GHz	85
Gambar IV.31	$E_1(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 300 MHz	85
Gambar IV.32	$E_1(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 900 MHz	86
Gambar IV.33	$E_1(\theta, \Phi)$ dB pada frekuensi 3 GHz	86
Gambar IV.34	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 300 MHz	90
Gambar IV.35	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 900 MHz	90
Gambar IV.36	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 3 GHz	91
Gambar IV.37	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 300 MHz	92
Gambar IV.38	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 900 MHz	92
Gambar IV.39	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 3 GHz	92
Gambar IV.40	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 300 MHz	93
Gambar IV.41	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 900 MHz	94
Gambar IV.42	$\chi_e(\theta, \Phi)$ pada frekuensi 3 GHz	94

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel III.1	Parameter-Parameter Dalam Perhitungan.....44
Tabel III.2	Perbandingan Nilai-Nilai Komponen.....54
Tabel III.3	Nilai Kuat Medan Listrik Pada Frekuensi 300 MHz.....55
Tabel III.4	Nilai Kuat Medan Listrik Pada Frekuensi 900 MHz.....56
Tabel III.5	Nilai Kuat Medan Listrik Pada Frekuensi 3 GHz.....58
Tabel III.6	Nilai Kekebalan/kepekaan (χ_e) Pada Frekuensi 300 MHz, 900 MHz, dan 3 GHz.....59
Tabel IV.1	Nilai E_θ (θ, Φ) v/m Pada Frekuensi 300 MHz, 900 MHz, dan 3 GHz.....63
Tabel IV.2	Nilai E_Φ (θ, Φ) v/m Pada Frekuensi 300 MHz, 900 MHz, dan 3 GHz.70
Tabel IV.3	Nilai E (θ, Φ) dB Pada Frekuensi 300 MHz, 900 MHz, dan 3 GHz.77
Tabel IV.4	Nilai Kekebalan/kepekaan (χ_e) Pada Frekuensi 300 MHz, 900 MHz, dan 3 GHz.....87

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

cell size	ukuran sel dari bahan dielektrik
Computational Electromagnetics	analisa hantaran gelombang elektromagnet
continous wave	gelombang kontinyu sinyal
convolution	perkalian titik dari dua koordinat
electric flux density	kepadatan arus muatan suatu bahan
Element Method	metoda finite elemen
difference	perhitungan dengan differensial
Difference Time Domain	analisa time domain dengan pendiferensian
far field	medan jauh atau medan radiasi
Fast Fourier Transform	perhitungan dengan Fast Fourier
Fourier Transform	transformasi Fourier
Frequency-Dependent FDTD method	metoda FDTD yang tergantung dari frekuensi kerjanya
frequency domain	wilayah frekuensi
full-rooftop	fungsi permukaan penuh dari bahan
grid point	suatu titik pusat koordinat
half-rooftop	fungsi setengah permukaan dari bahan
impedance	impedansi/tahanan
incident angle	sudut datang suatu sinyal
Moment Method	metoda momen
near field	medan dekat
numerical analysis	analisa untuk fungsi-fungsi yang rumit
peak	puncak suatu sinyal
plane wave	gelombang datar

Recursive-Convolution scheme	metoda perkalian rekursif
scattered	hamburan
shield	lapisan suatu bahan
single	tunggal
Surface Impedance Boundary Condition	metoda impedansi permukaan
suseptibilitas	kekebalan/kerentanan suatu bahan
time domain	wilayah waktu
waveguide	pemandu gelombang
EM	Elektromagnetik
FDTD	Finite Difference Time Domain
GTD	Gigahertz Time Domain
FFT	Fast Fourier Transform
SIBC	Surface Impedance Boundary Condition