

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *TRIPLE-BAND*  
*LINEAR ARRAY* 4 ELEMEN UNTUK APLIKASI WIMAX**

**TESIS**

Oleh

**MUHAMMAD FAHRAZAL**

NPM. 0606003530



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *TRIPLE-BAND*  
*LINEAR ARRAY* 4 ELEMEN UNTUK APLIKASI WIMAX**

**TESIS**

Oleh

**MUHAMMAD FAHRAZAL**

06 06 00 3530



**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis dengan judul :

### **RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *TRIPLE-BAND* *LINEAR ARRAY* 4 ELEMEN UNTUK APLIKASI WIMAX**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Pascasarjana Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Magister di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 21 Juli 2008

Muhammad Fahrzal  
NPM 0606003530

# PENGESAHAN

Tesis dengan judul :

## **RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *TRIPLE-BAND* *LINEAR ARRAY* 4 ELEMEN UNTUK APLIKASI WIMAX**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada kekhususan Teknik Telekomunikasi Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tesis ini telah diujikan pada sidang ujian tesis pada tanggal 3 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Dosen Pembimbing II

Fitri Yuli Zulkifli, S.T., M.Sc.  
NIP. 132 206 671

Depok, 21 Juli 2008

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc.  
NIP. 131 122 083

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

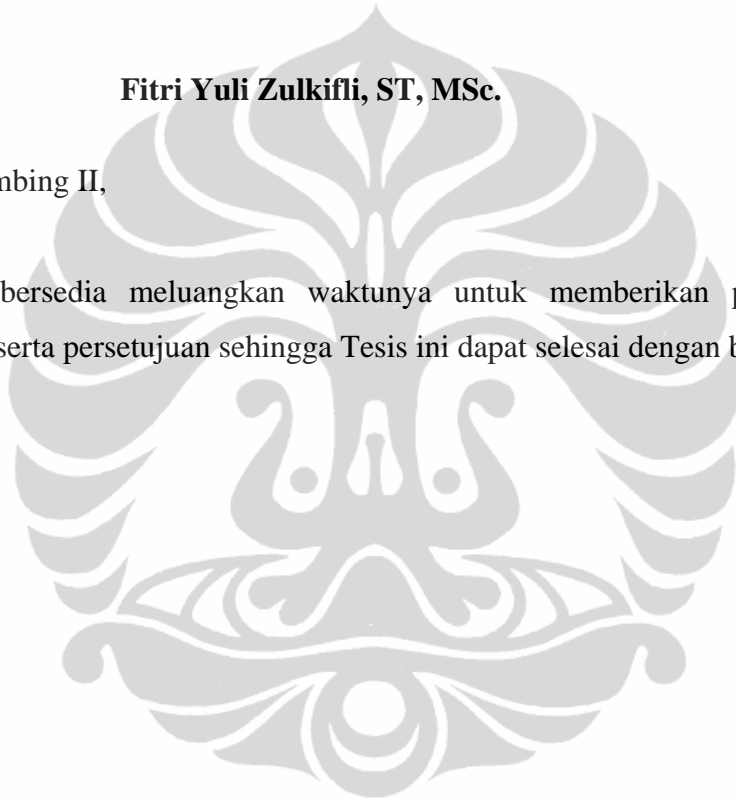
**Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc.**

selaku dosen pembimbing I, dan kepada :

**Fitri Yuli Zulkifli, ST, MSc.**

selaku dosen pembimbing II,

yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, diskusi, bimbingan, serta persetujuan sehingga Tesis ini dapat selesai dengan baik.



## ABSTRAK

Muhammad Fahrazal  
0606003530  
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing I  
Prof. Dr.Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc.  
Dosen Pembimbing II  
Fitri Yuli Zulkifli, S.T., M.Sc.

### RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP TRIPLE-BAND LINEAR ARRAY 4 ELEMEN UNTUK APLIKASI WIMAX

#### ABSTRAK

Salah satu aplikasi antena mikrostrip yang banyak digunakan adalah WiMAX. Antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan diantaranya : bentuk kompak, ukuran yang kecil dan ringan, mudah dipabrikasi, serta *conformal* (dapat menyesuaikan dengan tempat dimana antena tersebut diletakkan). Dengan adanya teknologi WiMAX, kebutuhan manusia tidak hanya terbatas pada komunikasi suara saja, akan tetapi manusia menuntut dapatnya dilakukan komunikasi berupa data dengan menggunakan perangkat *wireless*.

Tujuan dari Tesis ini adalah merancang dan mamfabrikasi antena mikrostrip dengan *array* 4 elemen yang dapat bekerja pada tiga frekuensi (*triple-band*) standar WiMAX yaitu pada frekuensi 2,3 GHz (2,3-2,4 GHz), 3,3 GHz (3,3-3,4 GHz), dan 5,8 GHz (5,725 -5,85 GHz) agar menghasilkan pola radiasi dan *gain* yang lebih baik dari antena mikrostrip *single* elemen yang sudah ada.

Antena mikrostrip *array* 4 elemen yang dihasilkan bekerja pada *range* frekuensi 2,3 GHz diperoleh *return loss* sebesar -32,01 dB, *bandwidth* 162 MHz (6,73%), dan Gain sekitar 15 dBi. Pada *range* frekuensi 3,3 GHz diperoleh *return loss* sebesar -38,86 dB, *bandwidth* 171 MHz (5,1 %), dan Gain sekitar 16 dBi. Sedangkan pada *range* frekuensi 5,8 GHz diperoleh *return loss* sebesar -21,56 dB dengan Gain sekitar 10,5 dBi.

Kata kunci : *array, triple-band, return loss, VSWR, bandwidth, gain*

## ABSTRACT

Muhammad Fahrazal  
0606003530  
Electrical Department Engineering

Supervisor I  
Prof. Dr.Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc.  
Supervisor II  
Fitri Yuli Zulkifli, ST, MSc.

### DESIGNING OF 4 ELEMENTS LINEAR ARRAY MICROSTRIP ANTENNA AT TRIPLE-BAND FOR WIMAX APPLICATION

#### ABSTRACT

One of many applications using microstrip antenna is WiMAX application. Microstrip antenna has many advantages such as : compact, small and light weight, easy to fabricate, and conformal. With WiMAX technology, the human necessity for communicating not just only limited for voice communication, but also send data communication using wireless device.

The object in this Tesis is to design a triple band 4 elements array microstrip antenna that can be used for WiMAX application. The WiMAX frequency that are chosen are 2,3 GHz (2,3 - 2,4 GHz), 3,3 GHz (3,3 - 3,4 GHz), and 5,8 GHz (5,725 - 5,85 GHz), the design of array antenna is to improve the pattern radiation and gain compared to single element antenna.

The antenna microstrip array 4 elements is working at frequency 2.3 GHz has best return loss of -32.01 dB, bandwidth 162 MHz (6.73 %), and Gain is around 15 dBi. At frequency 3.3 GHz has best return loss of -98.86 dB, bandwidth 171MHz (5.1 %), and gain is around 16 dBi. and at frequency 5.8 GHz has best return loss of -21.56 dB, and gain is around 10.5 dBi.

Keywords : array, triple-band, return loss, VSWR, bandwidth, gain

# DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN SEMINAR</b>	ii
<b>PENGESAHAN</b>	iii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	x
<b>DAFTAR TABEL</b>	xiii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	5
1.3 BATASAN MASALAH	5
1.4 RUMUSAN MASALAH	5
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	6
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	7
<b>BAB 2 ANTENA MIKROSTRIP ARRAY</b>	8
2.1 ANTENA	8
2.2 DAERAH ANTENA	9
2.3 STRUKTUR DASAR ANTENA MIKROSTRIP	10
2.4 METODE RESONATOR RONGGA	12
2.5 TEKNIK PENCATUAN <i>ELECTROMAGNETICALLY COUPLED</i>	13
2.5.1 Perhitungan Lebar Saluran Mikrostrip	16
2.5.2 Karakteristik Saluran Mikrostrip untuk $W/h < 1$	16
2.5.3 Karakteristik Saluran Mikrostrip untuk $W/h > 1$	16
2.6 IMPEDANSI <i>MATCHING</i>	17
2.7 ANTENA ARRAY	18
2.7.1 Dua Elemen <i>Array</i>	19
2.7.2 N-Elemen <i>Array</i>	20



2.7.3	Perbedaan Fasa Eksitasi Antar Elemen Antena <i>Array</i>	22
2.8	<b>PARAMETER ANTENA MIKROSTRIP</b>	22
2.8.1	Frekuensi Resonansi	22
2.8.2	Impedansi Input ( $Z_{in}$ )	23
2.8.3	<i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR)	24
2.8.4	<i>Return Loss</i>	25
2.8.5	<i>Bandwidth</i>	25
2.8.6	Faktor Kualitas (Q)	26
2.8.7	Direktivitas	27
2.8.8	Gain	27
<b>BAB 3</b>	<b>PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP ARRAY</b>	28
3.1	UMUM	28
3.2	PERANGKAT YANG DIGUNAKAN	28
3.3	DIAGRAM ALIR PERANCANGAN ANTENA	30
3.4	PERANCANGAN ANTENA	33
3.5	PERANCANGAN SALURAN PENCATU MIKROSTRIP	34
3.5.1	Perancangan Saluran Pencatu Mikrostrip 50 $\Omega$	34
3.5.2	Perancangan Saluran Pencatu Mikrostrip 70,7 $\Omega$	35
3.5.3	Perancangan Saluran Pencatu Mikrostrip 100 $\Omega$	39
3.6	PERANCANGAN JARAK ANTAR ELEMEN	40
3.7	KARAKTERISASI PANJANG SALURAN CATU DAN <i>BENDS</i>	41
3.8	HASIL AKHIR PERANCANGAN	42
3.8.1	Hasil Ahir Perancangan Antena Mikrostrip 1 Elemen	42
3.8.2	Hasil Ahir Perancangan Antena Mikrostrip <i>Array</i> 2 Elemen	43
3.8.3	Hasil Ahir Perancangan Antena Mikrostrip <i>Array</i> 4 Elemen	44
3.9	HASIL SIMULASI AWR MICROWAVE OFFICE 2004	45
3.9.1	Hasil Simulasi Antena Mikrostrip 1 Elemen	45
3.9.2	Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Array</i> 2 Elemen	48
3.9.3	Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Array</i> 4 Elemen	50

<b>BAB 4 HASIL PENGUKURAN DAN ANALIS ANTENA</b>	53
4.1 PENGUKURAN PORT TUNGGAL	53
4.1.1 Pengukuran Port Tunggal Antena Mikrostrip <i>Array</i> 2 Elemen	55
4.1.1.1 <i>Return Loss</i>	55
4.1.1.2 VSWR	57
4.1.2 Pengukuran Port Tunggal Antena Mikrostrip <i>Array</i> 4 Elemen	59
4.1.2.1 <i>Return Loss</i>	59
4.1.2.2 VSWR	61
4.2 PENGUKURAN POLA RADIASI	63
4.3 PENGUKURAN GAIN	68
4.4 ANALISIS HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN	72
4.4.1 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Port Tunggal	72
4.4.2 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Pola Radiasi	81
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	83
<b>DAFTAR ACUAN</b>	84
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	86
<b>LAMPIRAN 1</b> GRAFIK PENGUKURAN PORT TUNGGAL	87
<b>LAMPIRAN 2</b> DATA HASIL PENGUKURAN POLA RADIASI	96
<b>LAMPIRAN 3</b> DATA HASIL PENGUKURAN <i>GAIN</i>	108
<b>LAMPIRAN 4</b> DATA HASIL PENGUKURAN <i>RETURN LOSS</i>	114
<b>LAMPIRAN 5</b> KARAKTERISTIK ANTENA <i>SINGLE</i> ELEMEN BARU	117
<b>LAMPIRAN 6</b> KARAKTERISTIK ANTENA <i>ARRAY</i> 2 ELEMEN	121
<b>LAMPIRAN 7</b> KARAKTERISTIK ANTENA <i>ARRAY</i> 4 ELEMEN	125

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Pemakaian alokasi frekuensi pada beberapa negara
- Gambar 2.1 Daerah medan antenna
- Gambar 2.2 Antena mikrostrip tampak atas dan samping
- Gambar 2.3 Bentuk *patch* antena mikrostrip
- Gambar 2.4 Ilustrasi pemodelan antena dengan resonator rongga
- Gambar 2.5 Pencatuan 2 buah substrat secara kopling elektromagnetik
- Gambar 2.6 Rangkaian ekivalen pada tepi *patch*
- Gambar 2.7 Transformator  $\lambda/4$
- Gambar 2.8 Dua elemen *array*
- Gambar 3.1 Diagram alir perancangan antena mikrostrip *single* elemen
- Gambar 3.2 Diagram alir perancangan antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar 3.3 Diagram alir perancangan antena mikrostrip *array* 4 elemen
- Gambar 3.4 Tampilan PCAAD 5.0 untuk mencari lebar saluran pencatu  $50 \Omega$
- Gambar 3.5 *T-Junction*
- Gambar 3.6 Tampilan PCAAD 5.0 untuk mencari lebar saluran dan  $\xi_{eff}$  pencatu  $70,7\Omega$
- Gambar 3.7 *Patch* antena mikrostrip *array* linear 4 elemen
- Gambar 3.8 Tampilan PCAAD 5.0 untuk mencari lebar saluran pencatu  $70,7 \Omega$
- Gambar 3.9 Antena mikrostrip 1 elemen  $70 \times 70 \text{ mm}$
- Gambar 3.10 Antena mikrostrip *array* linear 2 elemen (substrat atas)  $132 \times 90 \text{ mm}$
- Gambar 3.11 Antena mikrostrip *array* linear 2 elemen (substrat bawah)  $132 \times 90 \text{ mm}$
- Gambar 3.12 Antena mikrostrip *array* linear 4 elemen berdimensi  $260 \times 100 \text{ mm}$
- Gambar 3.13 Grafik *Return loss* antena mikrostrip 1 elemen
- Gambar 3.14 Grafik VSWR antena mikrostrip 1 elemen
- Gambar 3.15 Grafik pola radiasi antena mikrostrip *single* elemen
- Gambar 3.16 Grafik *Return loss* antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar 3.17 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar 3.18 Grafik pola radiasi antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar 3.19 Grafik *Return loss* antena mikrostrip *array* 4 elemen

- Gambar 3.20 Grafik VSWR antenna mikrostrip *array* 4 elemen
- Gambar 3.21 Grafik pola radiasi antenna mikrostrip *array* 4 elemen
- Gambar 4.1 Konfigurasi pengukuran antenna pada Network Analyzer
- Gambar 4.2 Grafik *return loss* antenna mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 2,3$  GHz)
- Gambar 4.3 Grafik *return loss* antenna mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 3,3$  GHz)
- Gambar 4.4 Grafik *return loss* antenna mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 5,8$  GHz)
- Gambar 4.5 Grafik VSWR antenna mikrostrip *array* 2 elemen pada frekuensi 2,3 GHz
- Gambar 4.6 Grafik VSWR antenna mikrostrip *array* 2 elemen pada frekuensi 3,3 GHz
- Gambar 4.7 Grafik VSWR antenna mikrostrip *array* 2 elemen pada frekuensi 5,8 GHz
- Gambar 4.8 Grafik *return loss* antenna mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 2,3$  GHz)
- Gambar 4.9 Grafik *return loss* antenna mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 3,3$  GHz)
- Gambar 4.10 Grafik *return loss* antenna mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 5,8$  GHz)
- Gambar 4.11 Grafik VSWR antenna mikrostrip *array* 4 elemen pada frekuensi 2,3 GHz
- Gambar 4.12 Grafik VSWR antenna mikrostrip *array* 4 elemen pada frekuensi 3,3 GHz
- Gambar 4.13 Grafik VSWR antenna mikrostrip *array* 4 elemen pada frekuensi 5,8 GHz
- Gambar 4.14 Konfigurasi pengukuran *port* ganda
- Gambar 4.15 Grafik pola radiasi medan E dan H di  $f=2,3$  GHz antenna *array* 2 elemen
- Gambar 4.16 Grafik pola radiasi medan E dan H di  $f=3,3$  GHz antenna *array* 2 elemen
- Gambar 4.17 Grafik pola radiasi medan E dan H di  $f=5,8$  GHz antenna *array* 2 elemen
- Gambar 4.18 Grafik pola radiasi medan E dan H di  $f=2,3$  GHz antenna *array* 4 elemen
- Gambar 4.19 Grafik pola radiasi medan E dan H di  $f=3,3$  GHz antenna *array* 4 elemen
- Gambar 4.20 Grafik pola radiasi medan E dan H di  $f=5,8$  GHz antenna *array* 4 elemen
- Gambar 4.21 Rangkaian peralatan untuk mengukur gain
- Gambar 4.22 Gain Antena di frekuensi 2,3 GHz
- Gambar 4.23 Gain Antena di frekuensi 3,3 GHz
- Gambar 4.24 Gain Antena di frekuensi 5,8 GHz
- Gambar 4.25 Grafik *return loss* hasil simulasi dan pengukuran antenna *array* 2 elemen
- Gambar 4.26 Grafik *return loss* hasil simulasi dan pengukuran antenna *array* 4 elemen
- Gambar 4.27 Grafik pola radiasi antenna *array* 2 elemen dan *array* 4 elemen ( $f = 2,3$  GHz)
- Gambar 4.28 Grafik pola radiasi antenna *array* 2 elemen dan *array* 4 elemen ( $f = 3,3$  GHz)
- Gambar 4.29 Grafik pola radiasi antenna *array* 2 elemen dan *array* 4 elemen ( $f = 5,8$  GHz)

- Gambar Lamp 1.1.1 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar Lamp 1.1.2 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 2,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.1.3 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 3,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.1.4 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 5,8$  GHz)
- Gambar Lamp 1.2.1 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar Lamp 1.2.2 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 2,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.2.3 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 3,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.2.4 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 2 elemen ( $f = 5,8$  GHz)
- Gambar Lamp 1.3 Grafik Smith Chart antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar Lamp 1.4.1 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 4 elemen
- Gambar Lamp 1.4.2 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 2,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.4.3 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 3,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.4.4 Grafik *return loss* antena mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 5,8$  GHz)
- Gambar Lamp 1.5.1 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 2,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.5.2 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 3,3$  GHz)
- Gambar Lamp 1.5.3 Grafik VSWR antena mikrostrip *array* 4 elemen ( $f = 5,8$  GHz)
- Gambar Lamp 1.6 Grafik Smith Chart antena mikrostrip *array* 4 elemen
- Gambar Lamp 5.1 Grafik *return loss* antena *single* elemen dari dua substrat
- Gambar Lamp 5.2 Grafik *return loss* antena *single* elemen dengan perbedaan *cell size*
- Gambar Lamp 5.3 Grafik *return loss* antena *single* elemen dengan beda L7
- Gambar Lamp 5.4 Grafik *return loss* antena *single* elemen beda posisi
- Gambar Lamp 6.1.1 Jarak antar elemen
- Gambar Lamp 6.1.2 Saluran pencatu antena mikrostrip *array* 2 elemen
- Gambar Lamp 6.2 Grafik *return loss* antena *array* 2 elemen dengan beda L7 dan L10
- Gambar Lamp 6.3 Grafik *return loss* antena *array* 2 elemen dengan *bends* di L7
- Gambar Lamp 7.0 Desain awal saluran pencatu *array* 4 elemen
- Gambar Lamp 7.1 Grafik *return loss* antena *array* 4 elemen beda L10 dan L13
- Gambar Lamp 7.2 Model saluran pencatu setelah L12 dimodifikasi
- Gambar Lamp 7.3 Grafik *return loss* antena *array* 4 elemen dengan modifikasi L12
- Gambar Lamp 7.3 Model saluran pencatu antena *array* 4 elemen final

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Parameter substrat Taconic TLY-5-0600-C1/C1
Tabel 3.2	Nilai parameter antena mikrostrip
Tabel 3.3	Analisis <i>return loss</i> pada antena <i>single</i> elemen
Tabel 3.4	<i>Magnitude</i> , sudut berkas maksimum, dan <i>beamwidth</i> antena <i>single</i> elemen
Tabel 3.5	Analisis hasil simulasi <i>return loss</i> antena mikrostrip <i>array</i> 2 elemen
Tabel 3.6	<i>Magnitude</i> , sudut berkas, dan <i>beamwidth</i> antena <i>array</i> 2 elemen
Tabel 3.7	Analisis hasil simulasi <i>return loss</i> antena mikrostrip <i>array</i> 4 elemen
Tabel 3.8	<i>Magnitude</i> , sudut berkas, dan <i>beamwidth</i> antena <i>array</i> 4 elemen
Tabel 3.9	<i>Magnitude</i> pola radiasi pada sudut $0^\circ$ untuk tiga buah antena
Tabel 4.1	Hasil pengukuran dan simulasi port tunggal <i>array</i> 2 elemen $f = 2,3$ GHz
Tabel 4.2	Hasil pengukuran dan simulasi port tunggal <i>array</i> 2 elemen $f = 3,3$ GHz
Tabel 4.3	Hasil pengukuran dan simulasi port tunggal <i>array</i> 2 elemen $f = 5,8$ GHz
Tabel 4.4	Hasil pengukuran dan simulasi port tunggal <i>array</i> 4 elemen $f = 2,3$ GHz
Tabel 4.5	Hasil pengukuran dan simulasi port tunggal <i>array</i> 4 elemen $f = 3,3$ GHz
Tabel 4.6	Hasil pengukuran dan simulasi port tunggal <i>array</i> 4 elemen $f = 5,8$ GHz
Tabel 4.7	Perbandingan hasil pengukuran <i>array</i> 2 elemen dan <i>array</i> 4 elemen di frekuensi 2,3 GHz
Tabel 4.8	Perbandingan hasil pengukuran <i>array</i> 2 elemen dan <i>array</i> 4 elemen di frekuensi 3,3 GHz
Tabel 4.9	Perbandingan hasil pengukuran <i>array</i> 2 elemen dan <i>array</i> 4 elemen di frekuensi 5,8 GHz

Tabel Lampiran 2.1.1 Intensitas daya relatif untuk bidang E ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.1.2 Intensitas daya relatif untuk bidang H ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.1.3 Intensitas daya relatif untuk bidang E ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.1.4 Intensitas daya relatif untuk bidang H ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.1.5 Intensitas daya relatif untuk bidang E ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 2.1.6 Intensitas daya relatif untuk bidang H ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 2.2.1 Intensitas daya relatif untuk bidang E ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.2.2 Intensitas daya relatif untuk bidang H ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.2.3 Intensitas daya relatif untuk bidang E ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.2.4 Intensitas daya relatif untuk bidang H ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 2.2.5 Intensitas daya relatif untuk bidang E ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 2.2.6 Intensitas daya relatif untuk bidang H ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 3.1.1 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 1 – 2 ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.1.2 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 1 – 4 ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.1.3 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 2 – 4 ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.1.4 Gain ketiga antenna ( $f = 2,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.2.1 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 1 – 2 ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.2.2 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 1 – 4 ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.2.3 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 2 – 4 ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.2.4 Gain ketiga antenna ( $f = 3,3$  GHz)

Tabel Lampiran 3.3.1 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 1 – 2 ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 3.3.2 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 1 – 4 ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 3.3.3 Pengukuran Gain dengan konfigurasi 2 – 4 ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 3.3.4 Gain ketiga antenna ( $f = 5,8$  GHz)

Tabel Lampiran 4.1.1 Pengukuran *return loss* di frekuensi 2,3 GHz

Tabel Lampiran 4.1.2 Pengukuran *return loss* di frekuensi 3,3 GHz

Tabel Lampiran 4.1.3 Pengukuran *return loss* di frekuensi 5,8 GHz

Tabel Lampiran 4.2.1 Pengukuran *return loss* di frekuensi 2,3 GHz

Tabel Lampiran 4.2.2 Pengukuran *return loss* di frekuensi 3,3 GHz

Tabel Lampiran 4.2.3 Pengukuran *return loss* di frekuensi 5,8 GHz

Tabel Lampiran 5.1 Nilai *return loss* antenna *single* elemen di frekuensi utama

Tabel Lampiran 5.2 Nilai *return loss* antenna *single* elemen dengan beda *cell size*

Tabel Lampiran 5.3 Nilai *return loss* antenna *single* elemen dengan beda L7

Tabel Lampiran 5.4 Nilai *return loss* antenna *single* elemen beda posisi *patch* dan pencu

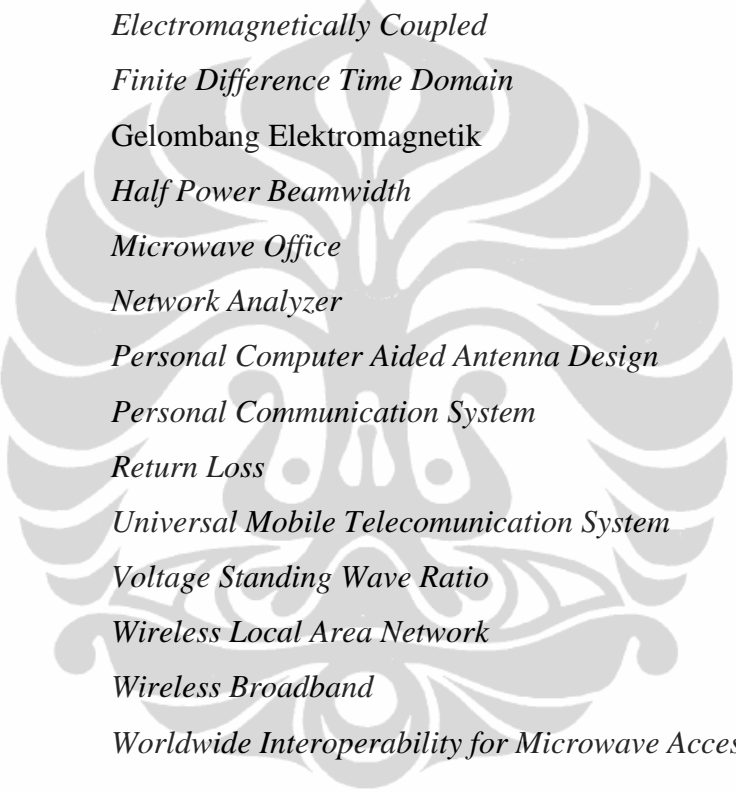
Tabel Lampiran 6.1 Nilai *return loss* antenna *array* 2 elemen tiap jarak antar elemen

Tabel Lampiran 6.2 Nilai *return loss* antenna *array* 2 elemen dengan beda L7 dan L10

Tabel Lampiran 6.3 Nilai *return loss* antenna *array* 2 elemen dengan bends di L7

Tabel Lampiran 7.1 Nilai *return loss* antenna *array* 4 elemen dengan beda L10 dan L13

## DAFTAR SINGKATAN



AF	<i>Array Factor</i>
BW	<i>Bandwidth</i>
BWA	<i>Broadband Wireless Access</i>
DCS	<i>Digital Communication System</i>
EMC	<i>Electromagnetically Coupled</i>
FDTD	<i>Finite Difference Time Domain</i>
GEM	<i>Gelombang Elektromagnetik</i>
HPBW	<i>Half Power Beamwidth</i>
MWO	<i>Microwave Office</i>
NA	<i>Network Analyzer</i>
PCAAD	<i>Personal Computer Aided Antenna Design</i>
PCS	<i>Personal Communication System</i>
RL	<i>Return Loss</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>
VSWR	<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>
W-LAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
Wibro	<i>Wireless Broadband</i>
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>