

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH*  
SEGIEMPAT *PLANAR ARRAY* 4 ELEMEN DENGAN  
PENCATUAN *APERTURE-COUPLED* UNTUK  
APLIKASI CPE PADA WIMAX**

**TESIS**

Oleh

**ALI HANAFIAH RAMBE  
06 06 003 120**



**PROGRAM PASCASARJANA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH*  
SEGIEMPAT *PLANAR ARRAY* 4 ELEMEN DENGAN  
PENCATUAN *APERTURE-COUPLED* UNTUK  
APLIKASI CPE PADA WIMAX**

**TESIS**

Oleh

**ALI HANAFIAH RAMBE  
06 06 003 120**



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

**PROGRAM PASCASARJANA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL 2007/2008**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT  
*PLANAR ARRAY* 4 ELEMEN DENGAN PENCATUAN *APERTURE-*  
*COUPLED* UNTUK APLIKASI CPE PADA 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 kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 17 Juli 2008

Ali Hanafiah Rambe  
NPM 06 06 003 120

# PENGESAHAN

Tesis dengan judul :

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT  
*PLANAR ARRAY* 4 ELEMEN DENGAN PENCATUAN *APERTURE-*  
*COUPLED* UNTUK APLIKASI CPE PADA WIMAX**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Pascasarjana 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.

Ko-Dosen Pembimbing

Depok, 17 Juli 2008

Dosen Pembimbing

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

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, dan kepada :

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

selaku ko-dosen pembimbing,

yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, bimbingan, dan memberikan tempat untuk eksperimen serta menyetujui sebagai bagian dari penelitian pada *Antenna and Microwave Research Group* (AMRG) sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.

Depok, 17 Juli 2008

Penulis,

Ali Hanafiah Rambe  
NPM 06 06 003 120

## ABSTRAK

Ali Hanafiah Rambe  
06 06 003 120  
Departemen Teknik Elektro

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

### **RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT *PLANAR ARRAY* 4 ELEMEN DENGAN PENCATUAN *APERTURE- COUPLED* UNTUK APLIKASI CPE PADA WIMAX**

#### **ABSTRAK**

Antena mikrostrip telah banyak digunakan pada berbagai aplikasi komunikasi radio, diantaranya adalah CPE pada sistem WiMAX. Aplikasi CPE pada sistem WiMAX membutuhkan perangkat yang kecil, ringan dan *portable*, sehingga dapat dirakit pada peralatan *Mobile Subscriber* (MS) dengan mudah tanpa harus memperbesar dimensi dan membebaninya. Oleh karena itu antena mikrostrip merupakan sebuah kandidat yang mampu memberikan kebutuhan tersebut.

Pada tesis ini dirancang suatu antena mikrostrip *patch* segiempat *planar array* 4 elemen untuk aplikasi CPE WiMAX yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz (2,3-2,4 GHz). Antena mikrostrip yang dirancang menggunakan teknik pencatuan *aperture coupled* yang mampu memberikan *bandwidth* yang lebar.

Dari hasil pengukuran, antena yang telah dirancang mampu bekerja pada rentang frekuensi 2,3-2,4 GHz. Nilai  $VSWR \leq 1,36$  dapat dicapai pada rentang 2,27 GHz – 2,4 GHz (130 MHz) dan perolehan *gain* mencapai sekitar 10,637 dBi.

Kata kunci : CPE, WiMAX, *planar array*, *aperture coupled*, *VSWR*, *gain*.

## ABSTRACT

Ali Hanafiah Rambe 06 06 003 120 Electical Departement Engineering	Supervisor Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo, M.Sc. Co-Supervisor Fitri Yuli Zulkifli, ST, MSc.
<b>DESIGN OF 4 ELEMENTS PLANAR ARRAY RECTANGULAR PATCH MICROSTRIP ANTENNA WITH APERTURE-COUPLED FEED FOR CPE WiMAX APPLICATION</b>	
<b>ABSTRACT</b> <p>The microstrip antenna is used in many application of radio communication such as CPE WiMAX application. The CPE WiMAX applications require small equipment, light weight, and portable. It can be installed easily in mobile subscriber equipment simply without increasing the dimension of the equipment and extra loading. Therefore, the microstrip antenna is a good candidate for this application.</p> <p>This thesis, discuss of design of 4 element planar array rectangular patch microstrip antenna that can be used for CPE WiMAX application. The antenna works at frequency 2.3 GHz (2.3-2.4 GHz). The aperture-coupled feed technique is used to excite the elements. This technique can give wideband frequency.</p> <p>Measurement result shows the antenna works at frequency 2.3-2.4 GHz. The VSWR <math>\leq 1.36</math> was obtained at 2.27 GHz – 2.4 GHz (130 MHz) and gain is around 10.637 dBi.</p>	
Keywords : CPE WiMAX, planar array, aperture coupled, VSWR, gain.	

# DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	ii
PERSETUJUAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG.....	1
1.2. TUJUAN PENULISAN.....	4
1.3. BATASAN MASALAH.....	4
1.4. SISTEMATIKA PENELITIAN.....	4
<b>BAB II ANTENA MIKROSTRIP.....</b>	<b>6</b>
2.1. STRUKTUR DASAR ANTENA MIKROSTRIP.....	6
2.2. MODEL <i>CAVITY</i> .....	8
2.3. PARAMETER UMUM ANTENA MIKROSTRIP.....	10
2.3.1. <i>Bandwidth</i> .....	10
2.3.2. <i>VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)</i> .....	11
2.3.3. <i>Return Loss</i> .....	12
2.3.4. Polarisasi.....	13
2.3.5. Keterarahan ( <i>Directivity</i> ).....	15
2.3.6. Penguatan ( <i>Gain</i> ).....	15
2.4. ANTENA MIKROSTRIP <i>PATCH</i> PERSEGI PANJANG.....	16
2.5. ANTENA MIKROSTRIP <i>ARRAY</i> .....	17
2.6. TEKNIK PENCATUAN <i>APERTURE COUPLED</i> .....	18
2.7. <i>IMPEDANCE MATCHING</i> .....	20



2.8. <i>PWER DIVIDER</i> .....	21
2.9. <i>T-JUNCTION 50 OHM</i> .....	21

### **BAB III PERANCANGAN ANTENA DAN METODOLOGI**

<b>PENGUKURAN</b> .....	22
3.1. UMUM .....	22
3.2. PERLENGKAPAN YANG DIGUNAKAN.....	22
3.2.1. Perangkat Lunak .....	23
3.2.2. Perangkat Keras .....	23
3.3. PERANCANGAN <i>PATCH</i> SEGIEMPAT ELEMEN TUNGGAL.....	23
3.3.1. Diagram Alir Perancangan Elemen Tunggal.....	23
3.3.2. Menentukan Frekuensi Resonansi .....	25
3.3.2. Jenis Substrat yang Digunakan .....	25
3.3.4. Perancangan Dimensi <i>Patch</i> Segiempat Elemen Tunggal .....	26
3.3.5. Perancangan Lebar Saluran Pencatu .....	26
3.3.6. Perancangan <i>Slot Aperture</i> .....	27
3.3.7. Mensimulasikan Rancangan .....	28
3.3.8. Karakterisasi Antena Eleven Tunggal .....	29
3.3.9. Hasil Simulasi Elemen Tunggal .....	31
3.4. PERANCANGAN <i>PLANAR ARRAY PATCH</i> SEGIEMPAT 4 ELEMEN.....	34
3.4.1. Diagram Alir Perancangan <i>Planar Array</i> 4 Elemen.....	34
3.4.2. Pengaturan Jarak Antar Elemen .....	35
3.4.3. Perancangan <i>T-Junction</i> .....	36
3.4.4. Hasil Simulasi 4 Elemen .....	37
3.5. METODOLOGI PENGUKURAN PARAMETER ANTENA .....	41
3.5.1. Pengukuran <i>Port</i> Tunggal .....	41
3.5.2. Pengukuran <i>Port</i> Ganda .....	42
3.5.3. Pengukuran <i>Gain</i> Absolut .....	43
3.5.3.1. Metode 2 Antena .....	44
3.5.3.2. Metode 3 Antena .....	44

<b>BAB IV HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS HASIL</b>	
<b>PENGUKURAN</b> .....	46
4.1. HASIL PENGUKURAN PARAMETER ANTENA .....	46
4.1.1. Pengukuran <i>Port</i> Tunggal .....	46
4.1.2. Pengukuran <i>Port</i> Ganda .....	51
4.1.3. Pengukuran <i>Gain</i> .....	56
4.2. ANALISIS HASIL PENGUKURAN.....	58
4.2.1. Analisis Hasil Pengukuran <i>Port</i> Tunggal .....	58
4.2.2. Analisis Hasil Pengukuran <i>Port</i> Ganda .....	62
4.2.3. Analisis Hasil Pengukuran <i>Gain</i> .....	63
4.2.4. Analisis Kesalahan Umum .....	64
4.2.5. Analisis Pencapaian Spesifikasi Antena .....	65
<b>BAB IV KESIMPULAN</b> .....	66
<b>DAFTAR ACUAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	xv
<b>LAMPIRAN-A PERATURAN DIRJEND POSTEL INDONESIA TENTANG</b> <b>PERSYARATAN TEKNIS ALAT DAN PERANGKAT TELEKOMUNIKASI</b> <b>ANTENA BWA</b> .....	67
<b>LAMPIRAN-B DATA HASIL SIMULASI</b> .....	73
<b>LAMPIRAN-C DATA HASIL PENGUKURAN</b> .....	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Arsitektur dasar sistem WiMAX .....	1
Gambar 1.2. Diagram blok radio penerima .....	2
Gambar 1.3. Antena mikrostrip pada laptop .....	2
Gambar 2.1. Struktur dasar antena mikrostrip .....	6
Gambar 2.2. Beberapa bentuk <i>patch</i> .....	7
Gambar 2.3. Distribusi muatan dan densitas arus yang terbentuk pada patch mikrostrip .....	9
Gambar 2.4. Rentang frekuensi yang menjadi <i>bandwidth</i> .....	10
Gambar 2.5. Polarisasi linier .....	13
Gambar 2.6. Polarisasi melingkar .....	14
Gambar 2.7. Polarisasi Elips .....	14
Gambar 2.8. Antena <i>array</i> .....	18
Gambar 2.9. Teknik pencatuan <i>aperture coupled</i> .....	19
Gambar 2.10. Pemberian transformator $\lambda/4$ untuk memperoleh <i>impedance matching</i> .....	20
Gambar 2.11. <i>N-way Wilkinson combiner</i> .....	21
Gambar 2.12. <i>T-junction</i> 50 ohm.....	21
Gambar 3.1. Diagram alir perancangan <i>patch</i> elemen tunggal .....	25
Gambar 3.2. Tampilan program TXLine 2003 untuk mencari lebar saluran pencatu agar mempunyai impedansi $50\Omega$ .....	27
Gambar 3.3. <i>Return loss</i> hasil simulasi awal.....	28
Gambar 3.4. <i>Return loss</i> dengan perubahan panjang <i>patch</i> (L) .....	29
Gambar 3.5. <i>Return loss</i> dengan perubahan panjang saluran pencatu .....	30
Gambar 3.6. <i>Return loss</i> dengan perubahan dimensi <i>slot aperture</i> .....	31
Gambar 3.7. Hasil simulasi <i>return loss</i> elemen tunggal .....	32
Gambar 3.8. Hasil simulasi VSWR elemen tunggal .....	32
Gambar 3.9. Hasil simulasi pola radiasi elemen tunggal .....	33
Gambar 3.10. Geometri hasil perancangan <i>patch</i> elemen tunggal .....	34
Gambar 3.11. Diagram alir perancangan <i>planar array</i> 4 elemen .....	35
Gambar 3.12. Perancangan <i>T-junction</i> .....	36
Gambar 3.13. Tampilan program <i>TXLINE</i> untuk mencari panjang dan lebar saluran pencatu agar mempunyai impedansi $70,711\ \Omega$ .....	37

Gambar 3.14. Hasil simulasi <i>return loss</i> 4 elemen .....	38
Gambar 3.15. Hasil simulasi VSWR 4 elemen .....	38
Gambar 3.16. Hasil simulasi pola radiasi 4 elemen .....	39
Gambar 3.17. Geometri hasil perancangan <i>planar array</i> 4 elemen .....	40
Gambar 3.18. Konfigurasi pengukuran <i>port</i> tunggal .....	42
Gambar 3.19. Konfigurasi pengukuran <i>port</i> ganda .....	42
Gambar 3.20. Orientasi medan E dan medan H antenna .....	43
Gambar 4.1. Grafik <i>return loss</i> hasil pengukuran antenna elemen tunggal .....	47
Gambar 4.2. Grafik VSWR hasil pengukuran antenna elemen tunggal .....	47
Gambar 4.3. Grafik impedansi masukan hasil pengukuran elemen tunggal .....	48
Gambar 4.4. Grafik <i>return loss</i> hasil pengukuran antenna 4 elemen .....	49
Gambar 4.5. Grafik VSWR hasil pengukuran antenna 4 elemen .....	49
Gambar 4.6. Grafik impedansi masukan hasil pengukuran antenna 4 elemen .....	50
Gambar 4.7. Hasil pengukuran medan-E dan medan-H antenna elemen tunggal pada frekuensi 2,35 GHz .....	52
Gambar 4.8. Hasil pengukuran E-Co dan E-Cross antenna elemen tunggal pada frekuensi 2,35 GHz .....	52
Gambar 4.9. Hasil pengukuran H-Co dan H-Cross antenna elemen tunggal pada frekuensi 2,35 GHz .....	53
Gambar 4.10. Hasil pengukuran medan-E dan medan-H antenna 4 elemen pada frekuensi 2,35 GHz .....	54
Gambar 4.11. Hasil pengukuran E-Co dan E-Cross antenna 4 elemen pada frekuensi 2,35 GHz .....	54
Gambar 4.12. Hasil pengukuran H-Co dan H-Cross antenna 4 elemen pada frekuensi 2,35 GHz .....	55
Gambar 4.13. Perbandingan <i>return loss</i> hasil simulasi dengan hasil pengukuran antenna elemen tunggal.....	57
Gambar 4.14. Perbandingan VSWR hasil simulasi dengan hasil pengukuran antenna elemen tunggal .....	58
Gambar 4.15. Perbandingan <i>return loss</i> hasil simulasi dengan hasil pengukuran antenna <i>planar array</i> 4 elemen .....	59
Gambar 4.16. Perbandingan VSWR hasil simulasi dengan hasil pengukuran antenna <i>planar array</i> 4 elemen .....	60
Gambar 4.17. Perbandingan pola radiasi hasil pengukuran antara elemen tunggal dan <i>planar array</i> 4 elemen .....	61
Gambar 4.18. Perbandingan nilai <i>gain</i> antara antenna elemen tunggal dan antenna <i>planar array</i> 4 elemen .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Beberapa antena mikrostrip dengan <i>bandwidth</i> yang lebar.....	3
Tabel 3.1. Spesifikasi substrat yang digunakan .....	26
Tabel 3.2. Parameter Antena Hasil Simulasi .....	41
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran <i>Port</i> Tunggal .....	51
Tabel 4.2. Hasil pengukuran pola radiasi .....	55
Tabel 4.3. <i>Gain</i> Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat .....	56
Tabel 4.4. Perbandingan hasil simulasi dengan pengukuran <i>port</i> tunggal antena elemen tunggal .....	59
Tabel 4.5. Perbandingan hasil simulasi dengan pengukuran <i>port</i> tunggal antena <i>planar array</i> 4 elemen .....	60
Tabel 4.6. Pencapaian spesifikasi antena .....	64

