

**MODEL DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT
PENCATUAN *APERTURE-COUPLED* DENGAN *GAP* UDARA
DI ANTARA SUBSTRAT *PATCH* DAN *GROUND PLANE*
UNTUK MEMPERLEBAR *BANDWIDTH***

DISERTASI

Oleh

**ALI HANAFIAH RAMBE
108108005**



**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
M E D A N
2 0 1 4**

**MODEL DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT
PENCATUAN *APERTURE-COUPLED* DENGAN *GAP* UDARA
DI ANTARA SUBSTRAT *PATCH* DAN *GROUND PLANE*
UNTUK MEMPERLEBAR *BANDWIDTH***

DISERTASI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor
dalam Program Studi Doktor Ilmu Fisika pada Program
Pascasarjana Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara**

Oleh

**ALI HANAFIAH RAMBE
108108005**

**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
M E D A N
2 0 1 4**

PERNYATAAN ORISINALITAS

MODEL DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT PENCATUAN *APERTURE-COUPLED* DENGAN *GAP* UDARA DI ANTARA SUBSTRAT *PATCH* DAN *GROUND PLANE* UNTUK MEMPERLEBAR *BANDWIDTH*

DISERTASI

Dengan ini saya nyatakan bahwa saya mengakui semua karya disertasi ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang tiap satunya telah dijelaskan sumbernya dengan benar.

Medan, 6 Januari 2014

Ali Hanafiah Rambe
NIM. 108108005

Telah diuji pada

Tanggal : 6 Januari 2014

PANITIA PENGUJI DISERTASI

Ketua : Prof. Dr. Eddy Marlianto, M.Sc.

Anggota : 1. Dr. Nasruddin MN, M.Eng.Sc.

2. Dr. Fitri Arnia, ST., M.Eng.Sc.

3. Prof. Dr. M. Zarlis, M.Sc.

4. Prof. Dr. Tulus, M.Sc.

5. Dr. Susilawati, M.Si.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa dipanjatkan kehadiran Allah *subhanahu wata'ala* atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga disertasi ini dapat diselesaikan serta *shalawat* dan *salam* kepada Rasul-Nya.

Dengan selesainya disertasi ini, perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Rektor Universitas Sumatera Utara, Prof. Dr. dr. Syahril Pasaribu, DTM&H, M.Sc (CTM), Sp. A(K) atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor.

Dekan Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara, Dr. Sutarman, M.Sc. atas kesempatan menjadi mahasiswa Program Doktor pada Program Pascasarjana FMIPA Universitas Sumatera Utara.

Ketua Program Studi Doktor Ilmu Fisika, Dr. Nasruddin MN, M.Eng.Sc., Sekeretaris Program Studi Doktor Ilmu Fisika, Dr. Anwar Dharma Sembiring, M.S. beserta seluruh staf pengajar pada Program Studi Doktor Ilmu Fisika Program Pascasarjana FMIPA Universitas Sumatera Utara

Terimakasih yang tak terhingga dan penghargaan setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada Prof. Dr. Eddy Marlianto, M.Sc. selaku Promotor yang dengan penuh perhatian telah memberikan dorongan dan bimbingannya, demikian juga kepada Dr. Nasruddin MN, M.Eng.Sc. dan Dr. Fitri Arnia, ST., M.Eng.Sc. selaku Co. Promotor yang penuh kesabaran menuntun dan mengarahkan kami hingga selesainya penelitian ini.

Kepada Bapak Prof. Dr. M. Zarlis, M.Sc dan Bapak Prof. Dr. Tulus, M.Sc yang telah memberikan arahan dalam penyusunan laporan penelitian disertasi ini, serta Ibu Dr. Susilawati, M.Si atas motivasinya untuk menyelesaikan penelitian ini.

Kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Prof. Dr. Ir. Bustami Syam, MSME., Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Ir. Surya Tarmizi Kasim, M.Si. dan Rahmad Fauzi, ST., MT. yang telah memberi kesempatan dan dukungan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor.

Kepada Bapak Prof. Dr. Usman Baafai dan Bapak Ir. M. Zulfin, MT yang telah memberikan rekomendasi tertulis yang baik kepada penulis untuk mengikuti Program Doktor ini dan juga dukungan moril maupun materilnya.

Kepada Ayahanda Drs. Kasdullah Rambe dan Ibunda Sri Guntur Harahap, S.Pd. yang senantiasa mendukung dan mendo'akan penulis, serta istri tersayang Salma Pinem, S.Si, Apt. dan anak-anak terkasih Hanifah Rambe dan Umar Abdussalam Rambe yang selalu memberi semangat dalam kehidupan ini.

Kepada Abanganda Dr. Maksum Pinem, ST., MT yang juga sebagai rekan dan teman seperjuangan dalam mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Doktor ini.

Kepada rekan-rekan mahasiswa S3 angkatan 2010 dan sekretariat Program Studi Doktor Ilmu Fisika Universitas Sumatera Utara, serta rekan-rekan sejawat pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara atas dukungannya juga dalam menyelesaikan pendidikan Program Doktor ini.

Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu atas dukungan, bantuan, saran dan lainnya kepada penulis.

Demikianlah yang dapat penulis sampaikan pada kata pengantar dari buku ini, semoga manfaat ilmu yang diperoleh selama mengikuti Program Doktor membawa keberkahan dunia dan akhirat. *Walhamdulillah washolatu wasalam ala rasulillah. Allahumma inni as-aluka ilman nafia wa rizqan thayyiba wa amalan mutaqqabala. Amin ya rabbal 'alamin.*

Medan, 6 Januari 2014
Penulis,

Ali Hanafiah Rambe

**MODEL DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP *PATCH* SEGIEMPAT
PENCATUAN *APERTURE-COUPLED* DENGAN *GAP* UDARA
DI ANTARA SUBSTRAT *PATCH* DAN *GROUND PLANE*
UNTUK MEMPERLEBAR *BANDWIDTH***

ABSTRAK

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang mampu menawarkan bentuknya yang kompak, ukuran yang kecil dan ringan, mudah dipabrikasi, serta bersifat *conformal* (dapat menyesuaikan dengan tempat dimana antena tersebut diletakkan). Akan tetapi memiliki keterbatasan berupa *bandwidth* yang sempit. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk melebarkan *bandwidth* adalah dengan pencatuan *aperture coupled*. Pada penelitian ini telah dilakukan modifikasi antena mikrostrip *patch* segiempat dengan pencatuan *aperture coupled* dengan penambahan sebuah *gap* (celah) udara di antara substrat *patch* dan *ground plane*. Hal ini dibahas secara simulasi model, pengukuran dan analisisnya. Adapun hasil yang diperoleh dari modifikasi tersebut adalah peningkatan *bandwidth* mencapai 353 % dibandingkan dengan antena pencatuan *aperture coupled* yang konvensional. Hasil pengukuran terhadap prototipe dari antena mikrostrip *patch* segiempat pencatuan *aperture coupled* dengan *gap* udara tersebut diperoleh *bandwidth* sebesar 512 MHz (2,044 – 2,556 GHz) pada $VSWR \leq 2$ dan *gain* mencapai 5,85 dB. Nilai *VSWR* dan *return loss* minimum yang dicapai masing-masing adalah 1,02 dan -42,65 dB.

Kata kunci : *mikrostrip, aperture coupled, return loss, VSWR, bandwidth, gain, gap udara.*

**MODEL AND ANALYSIS RECTANGULAR PATCH APERTURE
COUPLED MICROSTRIP ANTENNA WITH AIR GAP
BETWEEN PATCH SUBSTRATE AND GROUND
PLANE TO WIDEN BANDWIDTH**

ABSTRACT

Microstrip antenna is an antenna that is able to offer a compact form, small size, lightweight, easily fabricated, and conformal. However, having a narrow bandwidth. One technique that can be used to widen the bandwidth is the aperture coupled feeding. In this study were modified aperture coupled rectangular patch microstrip antenna with the insertion of a air gap between the patch substrate and the ground plane. It is discussed in simulation model , measurement and analysis. The results obtained from the modifications is an increase in bandwidth up to 353% compared to the conventional aperture coupled microstrip antenna. The measurement of the model obtained a bandwidth of 512 MHz (2.044 - 2.556 GHz) at VSWR < 2 with gain about 5.85 db.

Key words : microstrip, aperture coupled, return loss, VSWR, bandwidth, gain, air gap.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	5
1.3 TUJUAN PENELITIAN	5
1.4 MANFAAT PENELITIAN	5
1.5 BATASAN MASALAH	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 ANTENA MIKROSTRIP	7
2.2 PARAMETER KINERJA ANTENA MIKROSTRIP	12
2.2.1 Frekuensi Resonansi	12
2.2.2 Impedansi Input	12
2.2.3 <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (VSWR)	13
2.2.4 <i>Return Loss</i>	14
2.2.5 <i>Bandwidth</i>	14
2.2.6 Pola Radiasi	15
2.2.7 <i>Gain</i>	16
2.3 ANTENA MIKROSTRIP <i>PATCH</i> SEGIEMPAT	17
2.4 TEKNIK PENCATUAN <i>APERTURE COUPLED</i>	20
2.5 MODEL ANALISIS	21
2.6 SALURAN MIKROSTRIP	24
2.7 BAHAN DIELEKTRIK SUBSTRAT	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	27
3.2 ALAT DAN BAHAN	27
3.3 PERANCANGAN	28
3.3.1 Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	28
3.3.2 Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat dengan Pencatuan <i>Aperture Coupled</i>	31
3.3.3 Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Pencatuan <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara di Antara Substrat <i>patch</i> dan <i>Ground plane</i>	33

3.4	PELAKSANAAN PENELITIAN	34
3.5	VARIABEL YANG DIAMATI	36
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	HASIL SIMULASI	37
4.1.1	Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	37
4.1.2	Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	42
4.1.3	Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	46
4.2	HASIL PENGUKURAN	51
4.2.1	Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	51
4.2.2	Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	53
4.2.3	Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	56
4.3	ANALISIS HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN	58
4.3.1	Analisis Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	58
4.3.2	Analisis Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	59
4.3.3	Analisis Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	60
4.3.4	Analisis Kesalahan Umum	62
4.4	ANALISIS CAPAIAN SPESIFIKASI ANTENA	63
4.5	ANALISIS PENGARUH <i>GAP</i> UDARA TERHADAP <i>BANDWIDTH</i>	65
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1	KESIMPULAN	68
5.2	SARAN	69
	DAFTAR KEPUSTAKAAN	70
LAMPIRAN A	DATA SIMULASI	L-1
LAMPIRAN B	DATA PENGUKURAN	L-12
LAMPIRAN C	AWR <i>DESIGN ENVIRONMENT</i>	L-17

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul	Hal.
1.1	Diagram Blok Sistem Penerima SDR Ideal	1
1.2	Antena Mikrostrip pada Laptop	2
2.1	Konfigurasi dasar antena mikrostrip	7
2.2	Representatif bentuk-bentuk <i>patch</i>	8
2.3	Rancangan Antena Mikrostrip pada <i>Handphone</i>	10
2.4	Rancangan Antena Mikrostrip pada <i>notebook</i>	10
2.5	Aplikasi Antena Mikrostrip pada Sistem RFID	11
2.6	Antena Mikrostrip untuk Aplikasi WiMAX (2,3 GHz, 3,3 GHz dan 5,8 GHz)	11
2.7	Antena Mikrostrip MIMO 4-Kanal untuk Sistem UWB	11
2.8	Rentang frekuensi yang menjadi <i>bandwidth</i>	15
2.9	Pola radiasi antena	16
2.10	Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat	18
2.11	Teknik pencatuan <i>aperture coupled</i>	20
2.12	Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat dengan pencatuan <i>Aperture Coupled</i>	22
2.13	Rangkaian Ekuivalen Model Saluran Transmisi dari Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat dengan pencatuan <i>Aperture Coupled</i>	22
2.14	Konstruksi dan pola medan mikrostrip	24
2.15	Kapasitor Keeping Sejajar	25
2.16	Kapasitor Keping Sejajar dengan Dua Jenis Bahan Dielektrik	26
3.1	Diagram Alir Rancangan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	29
3.2	Rancangan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	30
3.3	Diagram Alir Rancangan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Pencatuan <i>Aperture Coupled</i>	31
3.4	Rancangan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Pencatuan <i>Aperture Coupled</i>	33
3.5	Rancangan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Pencatuan <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	34
3.6	Konfigurasi pengukuran <i>port</i> tunggal	35
3.7	Konfigurasi pengukuran <i>port</i> ganda	36
4.1	Hasil Simulasi Rancangan Awal Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	38

4.2	Diagram Alir Proses Iterasi untuk Mendapatkan Rancangan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	39
4.3	Grafik VSWR Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional tanpa <i>Stub</i>	40
4.4	Grafik VSWR Hasil Simulasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional dengan <i>Single Stub</i>	41
4.5	Hasil Simulasi <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional dengan <i>Single Stub</i>	42
4.6	Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional dengan <i>Single Stub</i>	42
4.7	Geometri Hasil Perancangan Optimum Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional	43
4.8	Hasil Simulasi Rancangan Awal Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i>	44
4.9	Diagram Alir Proses Iterasi untuk Mendapatkan Rancangan Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	44
4.10	Hasil Simulasi VSWR Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> konvensional	45
4.11	Hasil Simulasi <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	46
4.12	Hasil Simulasi Pola radiasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i>	46
4.13	Geometri Hasil Perancangan Optimum Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Pencatuan <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	47
4.14	VSWR Hasil Simulasi Rancangan Awal Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	48
4.15	Diagram Alir Proses Iterasi untuk Mendapatkan Rancangan Optimal Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> udara	49
4.16	Hasil Simulasi VSWR Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	49
4.17	Hasil Simulasi <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	50
4.18	Hasil Simulasi Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	51
4.19	Geometri Hasil Perancangan Optimum Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Pencatuan <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	51

4.20	Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>patch</i> Segiempat Konvensional dengan <i>Single Stub</i>	52
4.21	Grafik <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>patch</i> Segiempat Konvensional dengan <i>Single Stub</i>	53
4.22	Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat dengan <i>Single Stub</i>	54
4.23	Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	55
4.24	Grafik <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	55
4.25	Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	56
4.26	Grafik VSWR Antena Mikrostrip <i>patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	57
4.27	Grafik <i>Return Loss</i> Antena Mikrostrip <i>patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	57
4.28	Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	58
4.29	Perbandingan Grafik VSWR antara Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional dengan <i>Single Stub</i>	59
4.30	Perbandingan Grafik <i>Return Loss</i> antara Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat Konvensional dengan <i>Single Stub</i>	59
4.31	Perbandingan Grafik VSWR antara Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	60
4.32	Perbandingan Grafik <i>Return Loss</i> antara Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> Konvensional	61
4.33	Perbandingan Grafik VSWR antara Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	62
4.34	Perbandingan Grafik <i>Return Loss</i> antara Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Segiempat <i>Aperture Coupled</i> dengan <i>Gap</i> Udara	62
4.35	Grafik Pengaruh <i>Gap</i> Udara yang Diberikan Terhadap nilai konstanta dielektrik dan <i>Bandwidth</i>	66
4.36	Iterasi Perubahan Tinggi <i>Gap</i> Udara Mulai 1 mm Hingga 5 mm	67

DAFTAR TABEL

Nomor Tabel	Judul	Halaman
1.1	Beberapa Rancangan Antena Mikrostrip yang Mampu Memberikan <i>Bandwidth</i> yang Lebar (<i>Wideband</i>)	2
2.1	Konstanta Bahan Dielektrik	8
4.1	Perbandingan Kinerja Antena	63
4.2	Perolehan <i>bandwidth</i> dari hasil modifikasi antena mikrostrip <i>patch</i> segiempat dengan pencatuan <i>aperture coupled</i>	64
4.3	Hasil Perhitungan Aproksimasi Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	66