



**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY*
PERADIASI *RECTANGULAR 4 ELEMENT PATCH*
FREKUENSI 900 MHz**

SKRIPSI

Oleh

**Farid Saleh
101910201049**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY*
PERADIASI *RECTANGULAR 4 ELEMENT PATCH*
FREKUENSI 900 MHz**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh :

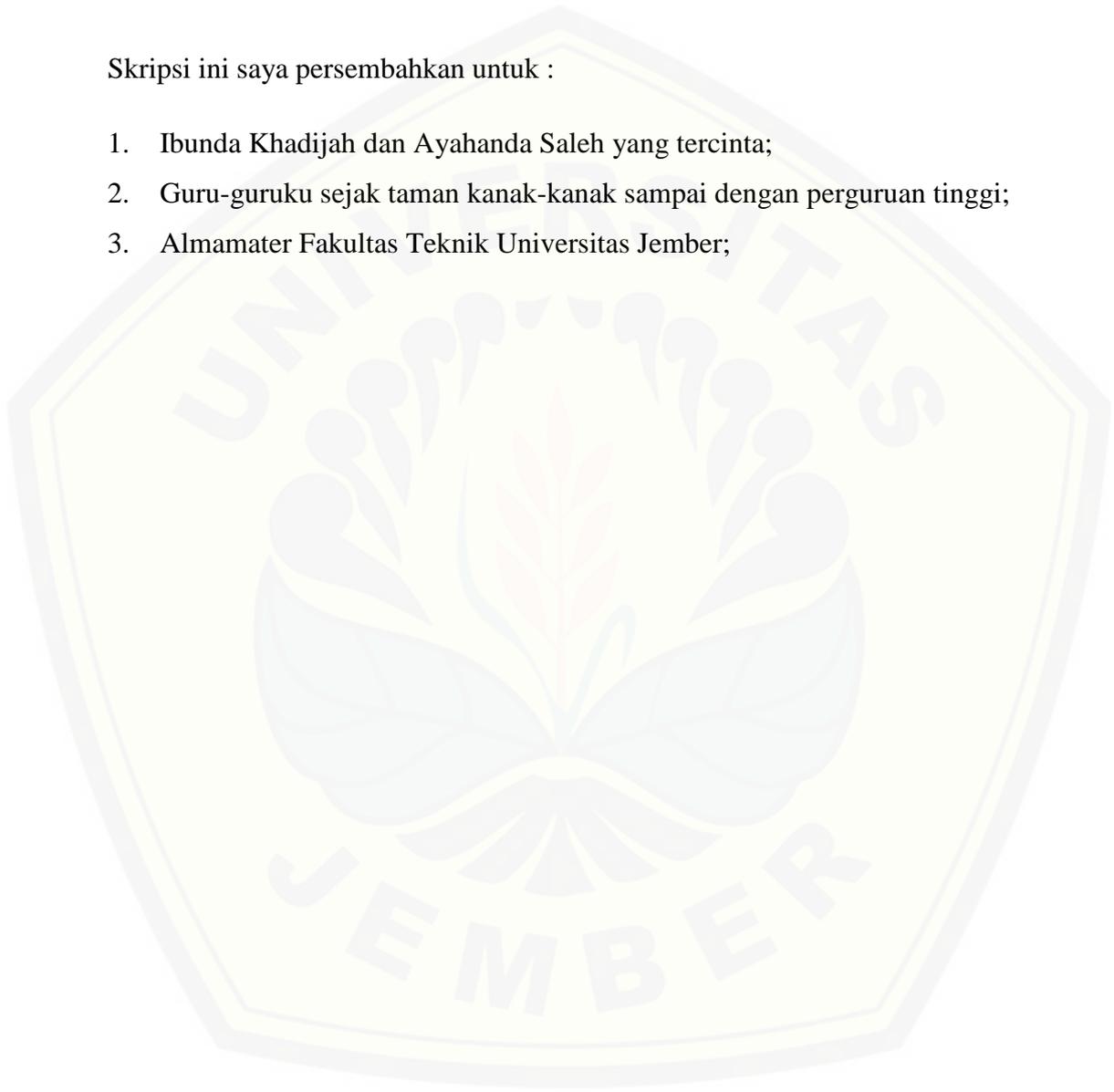
**Farid Saleh
101910201049**

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Khadijah dan Ayahanda Saleh yang tercinta;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember;



MOTO

Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
(terjemahan surat *Al-Mujadalah* ayat 11)

Dijadikan indah pada (pandangan) manusia kecintaan kepada apa-apa yang diingini, Yaitu: wanita-wanita, anak-anak, harta yang banyak dari jenis emas, perak, kuda pilihan, binatang-binatang ternak dan sawah ladang. Itulah kesenangan hidup di dunia, dan di sisi Allah-lah tempat kembali yang baik (surga).
(terjemahan surat *Ali-Imran* ayat 14)

Barang siapa mendengar dengan telinga, maka ia akan menjadi tukang cerita. Barang siapa memperhatikan dengan hatinya, maka ia akan mendapatkan banyak ilmu (manfaat). Dan barang siapa memberi nasihat dengan perbuatannya maka sesungguhnya ia adalah orang yang memberi petunjuk
(Imam Asy-Syafi'i)

Keberhasilan ditentukan oleh 99 % perbuatan dan hanya 1 % pemikiran.
(Albert Einstein)

Lakukanlah sesuatu dengan niat dan keikhlasan karena Allah SWT, maka engkau tidak akan mendapatkan kesulitan.
(F.S.)

Sing penting wani disek.
(Elektro 2010)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Farid Saleh

NIM : 101910201049

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Peradiasi *Rectangular 4 Element Patch* Frekuensi 900 MHz” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isi sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 November 2015
Yang menyatakan

Farid Saleh
NIM 101910201049

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY*
PERADIASI *RECTANGULAR 4 ELEMENT PATCH*
FREKUENSI 900 MHz**

Oleh

Farid Saleh
NIM 101910201049

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dodi Setiabudi, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Catur Suko Sarwono. S.T.

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul: “**Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Peradiasi *Rectangular 4 Element Patch* Frekuensi 900 Mhz**” telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember pada:

Hari : Jumat
Tanggal : 27 November 2015
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP : 19840531 200812 1 008

Catur Suko Sarwono, S.T.
NIP : 19680119 199702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

M. Agung Prawira N., S.T., M.T.
NIP : 19871217 201212 1 003

Ike Fibriani, S.T., M.T.
NIP: 19800207 201504 2 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP : 19610414 198902 1 001

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY*
PERADIASI *RECTANGULAR 4 ELEMENT PATCH*
FREKUENSI 900 MHz

Farid Saleh

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Komunikasi tanpa kabel dan komunikasi bergerak menjadi alternatif pilihan dalam berkomunikasi bagi masyarakat modern yang tidak ingin dibatasi gerakannya dalam pertukaran informasi. Sebagai contoh komunikasi tanpa kabel, yaitu modem GSM yang sekarang ini sudah menjadi pelayanan kendaraan angkutan umum modern yang disediakan untuk penumpangnya. Perkembangan komunikasi tanpa kabel dan komunikasi bergerak tidak terlepas dari adanya perangkat antenna. Pada penelitian ini dibuat sebuah antenna mikrostrip dengan metode *phase array* dengan 4 elemen peradiasi berbentuk *rectangular*. Tujuannya yaitu sebagai penguat sinyal modem GSM. Pada penelitian ini, pengujian hasil parameter – parameter antenna secara simulasi membuktikan bahwa hasil dari parameter – parameter untuk antenna dengan metode *phase array 4 patch* mengalami optimasi dibandingkan antenna 1 *patch* dan 2 *patch*, diperoleh parameter antenna mikrostrip *array* yaitu *return loss* = -49,051 dB, *Bandwidth* = 30,107 Mhz, *VSWR* = 0,061 dB, dan *gain* = 3,243 dBm. Pada pengujian hasil simulasi antenna mikrostrip *array* 4 elemen *patch* menggunakan impedansi 36 ohm terdapat selisih antara pengujian hasil pengukuran yaitu *return loss* = 8,8373 dB, *VSWR* = 0,2715 dB.

Kata kunci : *mikrostrip, penguat sinyal gsm, phase array.*

*BUILDING DESIGN OF MICROSTRIP ANTENNA USE PHASE ARRAY
METHOD RECTANGULAR SHAPE 4 ELEMENTS PATCH
FREQUENCY 900 MHz*

Farid Saleh

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Jember University*

ABSTRACT

Wireless communication and mobile communication in communicating an alternative choice for the modern people who do not want to restrict its movement in the exchange of information. For wireless communication, modem gsm which has been as available in public transportation for the passengers. The development of wireless communication and mobile communication always need antenna device. In this research we build mikrostrip antenna using phase array method with 4 radiating element that has rectangular shape. The objective of this research is to develop gsm signal amplifier. The results of antenna's parameters test using simulation proves that the results of antenna's parameters with phase array 4 patch method is more optimal than 1 patch and 2 patch antenna, the simulation's results that it gets is return loss = -49,051 dB, Bandwidth = 30,107 Mhz, VSWR = 0,061 dB, and gain = 3,243 dBm. On testing results of the simulation mikrostrip antenna array 4 element patch use a 36 ohm impedance there is a difference between the test results of measurements return loss = 8,8373 dB, VSWR = 0,2715 dB.

Key words : gsm signal amplifier, mikrostrip, phase array.

RINGKASAN

Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Peradiasi *Rectangular* 4 Elemen *Patch* Frekuensi 900 MHz; Farid Saleh; 101910201049; 2015; 87 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Telekomunikasi berperan penting bagi manusia untuk dapat saling bertukar informasi. Komunikasi tanpa kabel (*wireless communication*) dan komunikasi bergerak (*mobile communication*) menjadi alternatif pilihan dalam berkomunikasi bagi masyarakat modern yang tidak ingin dibatasi gerakannya dalam pertukaran informasi. Sebagai contoh komunikasi tanpa kabel, yaitu modem gsm yang sekarang ini sudah menjadi pelayanan kendaraan angkutan umum modern yang disediakan untuk penumpangnya.

Mengacu pada latar belakang tersebut dibutuhkan antena yang senantiasa mempunyai dimensi kecil namun harus mampu juga untuk menerima dan meradiasikan sinyal dengan baik. Spesifikasi tersebut merupakan beberapa kelebihan dari karakteristik antena mikrostrip. Antena mikrostrip mempunyai karakteristik yang kecil, ringan, tipis, mudah difabrikasi, dan dapat digunakan pada jarak yang sangat jauh dengan kisaran frekuensi dari 100 MHz sampai diatas 100 GHz.

Menurut Constantiene A. Balanis (2005: 812), Antena mikrostrip adalah antena yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan di bidang tanah (*ground plane*), dimana antara bidang dengan elemen radiasi (konduktor) dipisahkan oleh substrat dielektrik. Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Dalam antena mikrostrip *patch*, yang disusun secara *array* adalah bagian *patch*. Medan total dari antena *array* ditentukan oleh penjumlahan vektor dari medan yang diradiasikan oleh elemen tunggal.

Pada penelitian ini dibuat antena mikrostrip metode *phase array* dengan bentuk peradiasi *rectangular* sebagai penguat sinyal modem gsm pada frekuensi kerja 900 Mhz. Bahan yang digunakan dalam pembuatan antena yaitu jenis subtrat

FR4 epoxy dengan ketebalan 1,6 mm dan Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) 4,4. Spesifikasi dari ukuran antenna *array* yaitu lebar substrat 599,006 mm, panjang substrat 343,56 mm, lebar *patch* 101,626 mm, panjang *patch* 77,56 mm, lebar *feed* 5 mm, panjang *feed* 52 mm, lebar *T-Junction* 10 mm, panjang *T-Junction* 53 mm jarak 2 elemen *patch* 166,66 mm dan jarak 4 elemen *patch* 316,02 mm.

Dari hasil pengujian secara simulasi menggunakan *software* Ansoft HFSS diperoleh parameter antenna *array* yang dirancang telah memenuhi spesifikasi antenna yang ditentukan, yaitu dengan nilai *return loss* -49,051 dB, *bandwidth* 30,107 Mhz, VSWR 0,061 dB dan *gain* 3,243 dBm. Hasil dari parameter antenna *array* tersebut juga mengalami optimasi dari antenna 1 elemen *patch*.

Pada pengujian antenna mikrostrip *array* 4 elemen *patch* menggunakan alat ukur *Network Analyzer* (NA) Anritsu MS2034B, didapatkan parameter-parameter yang tidak memenuhi spesifikasi frekuensi antenna 900 Mhz yang diinginkan dan berbeda jauh dengan hasil simulasi yang didapatkan yaitu *return loss* = -4,20 dB, VSWR = 4,21 dB dan impedansi masukan (*Smith Chart*) = 36 Ω . Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kurangnya ketelitian disaat fabrikasi antenna, karena sedikit saja terjadi pergeseran pada ukuran desain akan mempengaruhi hasil dari parameter antenna dan juga bisa pula dari faktor konektor dan pencatu antenanya, karena konektor dan pencatu pada antenna yang diharapkan harus memiliki impedansi 50 Ω agar tidak terjadi rugi-rugi yang berlebihan.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis (skripsi) ini yang berjudul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Peradiasi *Rectangular* 4 Elemen *Patch* Frekuensi 900 Mhz”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

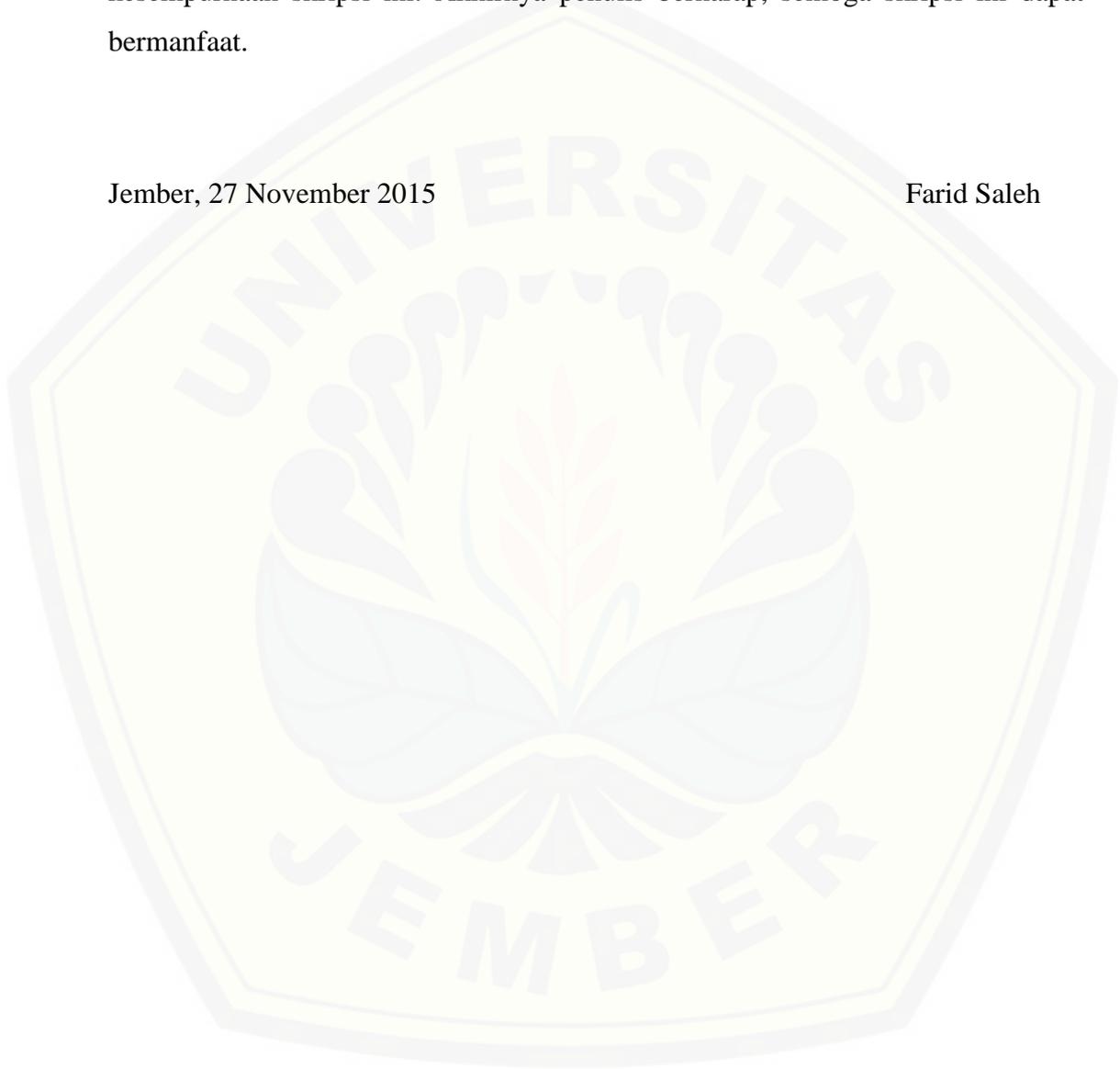
1. Dodi Setiabudi S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing Utama, Catur Suko Sarwono, S.T., sebagai Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan selama penelitian dan penulisan skripsi ini;
2. M. Agung Prawira Negara, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji I, Ike Fibriani, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji II;
3. Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, dan bimbingan selama menjalani kegiatan akademik;
4. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan arahan serta bimbingannya;
5. Ir. Widyono Hadi, M.T., sebagai Dekan Fakultas Teknik;
6. Ibunda Khadijah dan Ayahanda Saleh, yang selalu memberikan do'a, cinta dan kasih sayangnya mulai dari aku dilahirkan sampai saat ini bisa menjadi Sarjana Teknik.
7. Kakak-kakakku tercinta yang selalu memberi semangat, motivasi, dukungan dan bantuannya;
8. Teman seperjuangan yaitu Emon *alias* Nurdin, Gilang, Atmo *alias* Syuhada, Vicky, Iqbul, Haris, Arie, Ival, Septian, Tito, Ali, Tio, Singgih, terimakasih atas kerja sama, kebersamaan dan bantuannya hingga terselesaikannya skripsi ini;

9. Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2010, aku bangga menjadi angkatan 2010. “Saklawase Dulur”.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 27 November 2015

Farid Saleh



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hasil Penelitian yang Relevan	5
2.2 Antena	6
2.3 Antena Mikrostrip	7
2.4 Struktur Dasar Antena Mikrostrip	8
2.5 Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Persegi	9
2.6 Teknik Pencatuan	10
2.6.1 <i>Coaxial Feeding</i>	10

2.6.2 <i>Microstrip line feed</i>	11
2.6.3 <i>Proximity Coupled Feeding</i>	11
2.6.4 <i>Aperture Coupled Feeding</i>	12
2.7 Parameter Antena Mikrostrip	13
2.7.1 Pola Radiasi	13
2.7.2 VSWR (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>)	14
2.7.3 <i>Rurn Loss</i>	14
2.7.4 <i>Gain</i>	15
2.7.5 <i>Directivity</i>	16
2.7.6 <i>Bandwidth</i>	16
2.7.7 Impedansi Masukan	18
2.8 Polarisasi Antena	18
2.8.1 Polarisasi Linier	19
2.8.2 Polarisasi Elips	19
2.8.3 Polarisasi Melingkar	20
2.9 Antena Array	21
2.10 Dimensi Antena Rectangular	23
2.11 Dimensi Saluran Mikrostrip (<i>feed line</i>)	24
2.12 Impedansi Matching	25
2.12.1 <i>T - Juntions</i>	25
2.12.2 Perancangan Jarak Antar Elemen <i>Patch</i>	26
2.13 Software Ansof HFSS v12	26
2.14 Alokasi Frekuensi Operator GSM di Indonesia	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Tempat Penelitian	29
3.2 Tahap Perencanaan	29
3.3 Alat dan Bahan	30
3.4 Blok Diagram	31
3.5 Spesifikasi Antena	31
3.6 Perancangan Antena	31
3.7 Pemilihan Jenis Subtrat	34

3.8 Perancangan Dimensi Antena	35
3.8.1 Perancangan <i>Patch</i>	35
3.8.2 Perancangan Saluran Pencatu	37
3.8.3 Perancangan <i>T-Junction</i>	39
3.8.4 Perancangan Jarak Antar Elemen <i>Patch</i>	41
3.9 Desain Antena Array Peradiasi Rectangular	42
3.10 Pengujian Antena	43
3.10.1 Hasil Perancangan Antena 1 <i>Patch</i> Simulasi	43
3.10.2 Hasil Perancangan Antena 2 <i>Patch Array</i> Simulasi	45
3.10.3 Hasil Perancangan Antena 4 <i>Patch Array</i> Simulasi	46
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Pengujian Antena Secara Simulasi	48
4.1.1 Pengujian Parameter Antena 1 <i>Patch</i> Simulasi	52
4.1.1.1 Pengujian <i>Return Loss</i>	52
4.1.1.2 Pengujian VSWR	53
4.1.1.3 Pengujian <i>Gain</i>	54
4.1.1.4 Pengujian Pola Radiasi	54
4.1.1.5 Pengujian <i>Bandwidth</i>	56
4.1.2 Pengujian Parameter Antena 2 <i>Patch Array</i> Simulasi	56
4.1.2.1 Pengujian <i>Return Loss</i>	57
4.1.2.2 Pengujian VSWR	58
4.1.2.3 Pengujian <i>Gain</i>	58
4.1.2.4 Pengujian Pola Radiasi	59
4.1.2.5 Pengujian <i>Bandwidth</i>	60
4.1.3 Pengujian Parameter Antena 4 <i>Patch Array</i> Simulasi	60
4.1.3.1 Pengujian <i>Return Loss</i>	60
4.1.3.2 Pengujian VSWR	61
4.1.3.3 Pengujian <i>Gain</i>	62
4.1.3.4 Pengujian Pola Radiasi	63
4.1.3.5 Pengujian <i>Bandwidth</i>	63

4.1.4 Pengujian Parameter Antena 4 <i>Patch Array</i> Simulasi dengan Impedansi Masukan 36 Ohm	64
4.1.4.1 Pengujian <i>Return Loss</i>	64
4.1.4.2 Pengujian VSWR	64
4.1.4.3 Pengujian <i>Gain</i>	65
4.1.4.4 Pengujian Pola Radiasi.....	65
4.1.4.5 Pengujian <i>Bandwidth</i>	66
4.1.5 Optimasi Hasil Parameter Antena Mikrostrip <i>Array</i>	67
4.2 Fabrikasi Antena	67
4.3 Analisa Pengukuran Antena	68
4.3.1 Pengujian Parameter Antena	74
4.3.1.1 Pengukuran <i>Return Loss</i>	74
4.3.1.2 Pengukuran VSWR.....	75
4.3.1.3 Pengukuran Impedansi Masukan (<i>Smith Chart</i>)....	75
4.3.2 Perbandingan Parameter Antena Hasil Simulasi dan Pengukuran	76
BAB 5. PENUTUP	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur Antena Mikrostrip	8
2.2 Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Persegi	9
2.3 <i>Coaxial Feeding</i>	10
2.4 <i>Microstrip line feeding</i>	11
2.5 <i>Proximity coupled feeding</i>	12
2.6 <i>Aperture Coupled Feeding</i>	12
2.7 Rentang Frekuensi <i>Bandwidth</i> Dengan <i>Standard</i> $RL \leq -10$ dB	17
2.8 Polarisasi linier.....	19
2.9 Polarisasi elips.....	20
2.10 Polarisasi Melingkar.....	21
2.11 Konfigurasi Antena Mikrostrip <i>Linear Array</i>	22
2.12 Desain <i>T-Junction</i>	26
3.1 Blok Diagram Sistem	31
3.2 Diagram Alir Penelitian	33
3.3 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi Saluran Pencatu .	38
3.4 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi <i>T-Junction</i>	40
3.5 Desain Antena mikrostrip 4 Elemen <i>Patch</i> Peradiasi <i>Rectangular</i> ..	42
3.6 Antena 1 <i>Patch</i> Simulasi	44
3.7 Antena 2 <i>Patch Array</i> Simulasi.....	45
3.8 Antena 4 <i>Patch Array</i> Simulasi.....	47
4.1 <i>Validation Check</i>	49
4.2 <i>Analysis Add Solution Setup</i>	49
4.3 <i>Edit Sweep</i>	50
4.4 <i>Result, Create Modal Solution Data Report</i>	50
4.5 <i>Rectangular Plot</i>	51
4.6 <i>Create Far Fields Report</i>	52
4.7 <i>Return Loos 1 Patch</i>	53
4.8 <i>VSWR 1 Patch</i>	53

4.9 <i>Gain 1 Patch</i>	54
4.10 <i>Pola Radiasi 1 Patch</i>	55
4.11 <i>Bandwidth 1 Patch</i>	56
4.12 <i>Return Loos 2 Patch</i>	57
4.13 <i>VSWR 2 Patch</i>	58
4.14 <i>Gain 2 Patch</i>	58
4.15 <i>Pola Radiasi 2 Patch</i>	59
4.16 <i>Bandwidth 2 Patch</i>	60
4.17 <i>Return Loos 4 Patch</i>	61
4.18 <i>VSWR 4 Patch</i>	61
4.19 <i>Gain 4 Patch</i>	62
4.20 <i>Pola Radiasi 4 Patch</i>	63
4.21 <i>Bandwidth 4 Patch</i>	63
4.22 <i>Return Loos 4 Patch 36 Ohm</i>	64
4.23 <i>VSWR 4 Patch 36 Ohm</i>	65
4.24 <i>Gain 4 Patch 36 Ohm</i>	65
4.25 <i>Pola Radiasi 4 Patch 36 Ohm</i>	66
4.26 <i>Bandwidth 4 Patch 36 Ohm</i>	66
4.27 <i>Prototip Antena Mikrostrip Array 4 Elemen Patch</i>	68
4.28 <i>Tampilan Awal NA</i>	69
4.29 <i>Tampilan Menu NA</i>	69
4.30 <i>Tampilan Awal Setelah dipilih Menu VNA</i>	70
4.31 <i>Tampilan Awal Kalibrasi</i>	70
4.32 <i>Konfigurasi Pengukuran Antena</i>	71
4.33 <i>Tampilan Mengatur Range Frekuensi</i>	71
4.34 <i>Tampilan Mengatur Skala</i>	72
4.35 <i>Menu Log Mag</i>	72
4.36 <i>Menu SWR</i>	73
4.37 <i>Menu Smithcart</i>	73
4.38 <i>Menghubungkan Flashdisk</i>	73
4.39 <i>Grafik Return Loss Hasil Pengukuran Antena</i>	74

4.40 Grafik VSWR Hasil Pengukuran Antena.....	75
4.41 Grafik <i>Smith Chart</i> Hasil Pengukuran Antena.....	76
4.42 Grafik Perbandingan Simulasi dan Pengukuran	77

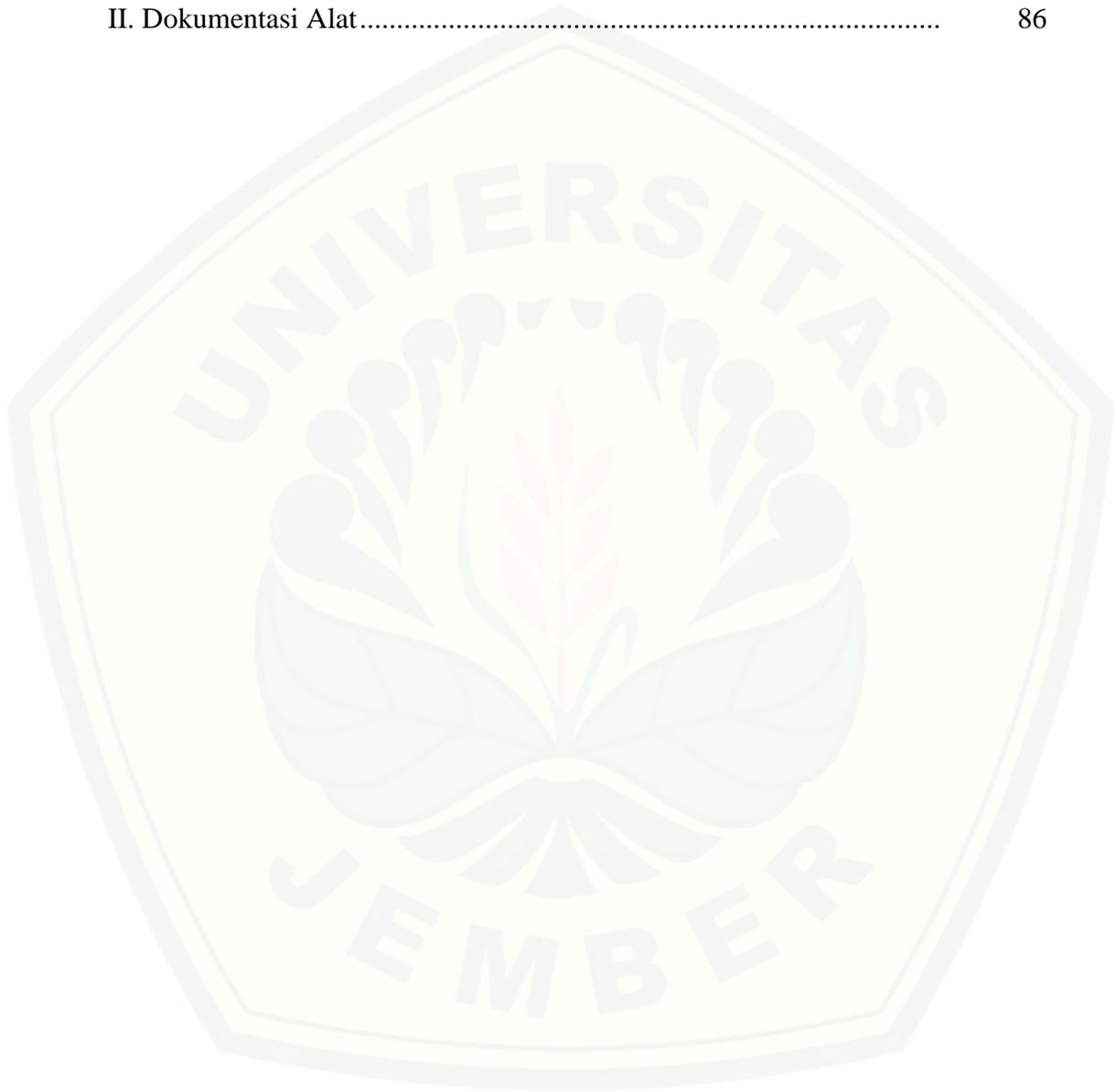


DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Matriks Solusi Masalah.....	5
2.2 Alokasi Frekuensi 3 Operator Terbesar di Indonesia.....	28
3.1 Spesifikasi Subtrat FR4 <i>epoxy</i>	35
3.2 Iterasi Saluran Pencatu.....	39
3.3 Iterasi <i>T-Junction</i>	40
3.4 Iterasi Jarak Elemen <i>Patch</i>	42
3.5 Spesifikasi Antena 1 <i>Patch</i>	44
3.6 Spesifikasi Antena 2 <i>Patch</i>	46
3.7 Spesifikasi Antena 4 <i>Patch</i>	47
4.1 Optimasi Parameter Antena Mikrostrip	67

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
I. Hasil <i>Capture</i> Pengujian Antena Menggunakan <i>Network Analyzer</i>	82
II. Dokumentasi Alat.....	86



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini semakin berkembang cepat terutama pada teknologi telekomunikasi. Untuk itulah perkembangan komunikasi sangat diperlukan diantaranya pada komunikasi tanpa kabel. Teknologi telekomunikasi merupakan salah satu yang berperan penting untuk kebutuhan manusia, dimana kita dapat saling berkomunikasi antara satu dengan yang lain dalam jarak yang jauh. Komunikasi tanpa kabel (*wireless communication*) dan komunikasi bergerak (*mobile communication*) menjadi alternatif pilihan dalam berkomunikasi bagi masyarakat modern yang tidak ingin dibatasi gerakannya dalam pertukaran informasi. Masyarakat modern senantiasa ingin dapat berkomunikasi kapanpun dan dimanapun sehingga permasalahan-permasalahan yang diakibatkan baik oleh keadaan geografis maupun jarak yang jauh dapat ditanggulangi.

Perkembangan komunikasi tanpa kabel tidak terlepas dari adanya perangkat antena. Antena yang digunakan pada komunikasi tanpa kabel dan komunikasi bergerak seperti pada *handphone*, *laptop* dan sebagainya senantiasa mempunyai dimensi kecil namun harus mampu juga untuk menerima dan meradiasikan sinyal dengan baik. Ini merupakan beberapa kelebihan dari karakteristik antena mikrostrip sehingga antena mikrostrip dewasa ini semakin pesat perkembangannya. Selain itu, antena mikrostrip juga mempunyai karakteristik *low profile* (kecil, ringan, tipis), relatif mudah difabrikasi, relatif murah dan dapat digunakan pada jarak yang sangat jauh dengan kisaran frekuensi dari 100 MHz sampai diatas 100 GHz (Fitri Y, 2008).

Perangkat komunikasi seluler mulai dari yang sederhana sampai dengan yang paling canggih, menjangkau hampir di seluruh wilayah, baik di desa maupun di kota. Salah satu frekuensi komunikasi seluler yang banyak digunakan adalah 900 MHz. Banyaknya pengguna frekuensi 900 MHz ini, menyebabkan banyak munculnya penelitian mengenai pemanfaatan energi frekuensi 900 MHz ini. Untuk

menangkap energi ini digunakan antena mikrostrip yang *low profile* sehingga dapat diaplikasikan pada perangkat-perangkat mini, misalnya *handphone*, sensor, dan lain sebagainya (Siska., dkk, 2011).

Dari banyak keunggulan yang didapat dari antena mikrostrip ini, maka dari itu banyak dari penelitian yang menggunakan antena mikrostrip untuk digunakan sebagai antena penerima frekuensi GSM, *wifi*, GPS dan lain-lain. Salah satu jurnal penelitian yang menggunakan antena mikrostrip yaitu dengan judul rancang bangun antena mikrostrip 900 MHz. Metode yang digunakan adalah antena mikrostrip *rectangular patch* yang digunakan sebagai *rectifier antenna* untuk menangkap frekuensi 900 MHz. Dan untuk hasil yang didapatkan dari parameter-parameter antena tersebut cukup bagus dengan nilai *gain* yang besar. Menurut penelitian Adhe. S (2011) untuk solusi dalam peningkatan *gain* antena mikrostrip adalah dengan teknik *array* pada antena. Menurut Pindo (2014) Antena mikrostrip *array* 4 elemen menghasilkan nilai *gain* yang lebih baik dibandingkan dengan antena mikrostrip elemen tunggal.

Dari beberapa penelitian tersebut penulis ingin mengembangkan dan mengoptimalkan kerja dari modem GSM yaitu menggunakan teknik *array* 4 elemen *patch* yang digunakan untuk menambah kuat sinyal dari modem GSM yang diimplementasikan pada daerah yang jauh dari jangkauan BTS dan diharapkan dapat meningkatkan *gain* yang lebih besar dari antena mikrostrip elemen tunggal, sehingga dapat mengoptimalkan sistem kerja dari modem.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah di antaranya.

1. Bagaimana merancang dan membuat antena mikrostrip dengan metode *phase array* peradiasi *rectangular 4 element patch* frekuensi 900 Mhz ?
2. Bagaimana menguji parameter-parameter antena mikrostrip dengan metode *phase array* peradiasi *rectangular 4 element patch* frekuensi 900 Mhz ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain.

1. Antena mikrostrip yang dibuat digunakan pada frekuensi 900 MHz dengan menggunakan perangkat lunak HFSS v12;
2. Parameter yang dianalisa meliputi penguatan (*gain*), *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR), *return loss*, *bandwidth*, dan pola radiasi pada frekuensi 900 MHz;
3. Bahan yang digunakan untuk membuat antena adalah bahan *substrate* yaitu menggunakan PCB FR4.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui cara merancang dan membuat antena mikrostrip dengan metode *phase array* peradiasi *rectangular 4 element patch* frekuensi 900 Mhz;
2. Mengetahui proses pengujian parameter-parameter antena mikrostrip dengan metode *phase array* peradiasi *rectangular 4 element patch* frekuensi 900 Mhz.

1.5 Manfaat

Penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengguna modem GSM sebagai penguatan sinyal. Sehingga bagi pengguna modem GSM yang letaknya jauh dari jangkauan BTS atau berada pada daerah yang mendapatkan sinyal kurang maksimal dapat menikmati akses internet dengan optimal.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut.

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika pembahasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang teori yang berhubungan dengan antena mikrostrip dengan metode *array* sebagai penguat sinyal modem GSM dan parameter-parameter analisis antena.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4. PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil analisa penelitian tugas akhir yaitu analisa hasil pengujian parameter antena dengan menggunakan simulasi dan melakukan pengujian hasil laboratorium.

BAB 5. PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari uraian keseluruhan isi bab serta saran yang perlu dikemukakan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian yang Relevan

Pada subbab ini dibuat guna untuk meninjau penelitian yang sudah ada dengan penelitian yang akan dikerjakan sebagai bahan perbandingan.

Tabel 2.1 Matriks Solusi Masalah

Masalah	Penyebab	Alternatif solusi	Referensi Jurnal	Nama
Nilai VSWR yang kurang bagus	Elemen <i>patch</i> tunggal	<i>Rectangular patch</i>	Rancang bangun antena mikrostrip 900 MHz	Siska, Yanuar & Ardiyan (2011)
Nilai <i>gain</i> yang kecil	Panjang saluran mikrostrip ke bidang <i>patch</i> mempengaruhi nilai parameter (<i>return loss</i> , impedansi masukan, VSWR dan <i>gain</i>)	Teknik <i>linier array</i>	Perancangan dan analisa antena mikrostrip dengan frekuensi 850 MHz untuk aplikasi praktikum antena	Rahmat, Yuli & Imam (2011)
Nilai <i>gain</i> yang kecil	Bahan medium substrate antena yang tebal	Mikrostrip <i>array semicircular Half u-slot</i>	Desain dan simulasi antena <i>microstrip semicircular Half u-slot</i> untuk aplikasi modem GSM 1800MHz	Waluyo & Dyan (2013)
Nilai VSWR yang kurang baik	Kesulitan mematchingkan antara parameter VSWR dengan pola radiasi	<i>Fractal sierpinski carpet</i>	Rancang bangun antena <i>microstrip trippleband</i> dengan frekuensi 900mhz,1800mhz dan 2100mhz	Syarifah, Nachwan & Dwi (2012)
Nilai <i>gain</i> yang kurang optimal	Kopling <i>Aperture</i> yang mampu menurunkan nilai VSWR dengan mengabaikan nilai <i>gain</i>	Kopling <i>Aperture</i>	Perancangan dan analisis antena mikrostrip <i>Patch</i> segiempat kopling <i>aperture</i> dengan Frekuensi 2,45 GHz menggunakan Ansoft HFSS 11	Windu & Ali (2013)

Berdasarkan penelitian Rahmat, dkk (2011) antenna mikrostrip mempunyai kelebihan pada ukuran yang kecil dan ringan, namun antenna mikrostrip juga memiliki kekurangan pada *gain* yang rendah dan *bandwidth* yang sempit. Solusi dalam peningkatan *gain* adalah dengan teknik *array* pada antenna. Panjang saluran mikrostrip ke bidang *patch* mikrostrip pada metode *microstrip line* dapat mempengaruhi nilai dari parameter-parameter antenna seperti (*return loss*, impedansi masukan, VSWR dan *gain*). Menurut Siska, dkk (2011) salah satu frekuensi komunikasi seluler yang banyak digunakan untuk sistem GSM adalah 900 MHz. Dari penelitian Waluyo & Dyan (2013) didapatkan hasil nilai *gain* yang kecil, tetapi dapat memperbesar *bandwidth* pada antenna dan dapat bekerja pada dual frekuensi. Untuk meningkatkan nilai *gain* antenna, bahan medium *substrate* dapat digunakan material yang mempunyai nilai konstanta dielektrik *relative* yang sangat kecil. Dari penelitian Syarifah, dkk (2012) terdapat nilai VSWR yang kurang baik ini diakibatkan karena kesulitan dalam mematchingkan parameter VSWR dengan pola radiasi. Antena *fractal serpinsky carpet* terbukti mampu memberikan kemampuan *multiband*. Menurut penelitian Windu (2013) panjang *patch* dan lebar *patch* berpengaruh terhadap frekuensi kerja antenna mikrostrip *patch* segiempat kopling *aperture*, dimana semakin besar frekuensi maka semakin kecil nilai panjang dan lebar *patch*. Panjang *aperture* sangat mempengaruhi VSWR, dimana semakin panjang *aperture* maka nilai VSWR akan turun, namun apabila terlalu besar maka VSWR akan naik.

Dari beberapa penelitian tersebut penulis ingin mengembangkan dan mengoptimalkan kerja dari modem GSM yaitu dengan menggunakan antenna mikrostrip *rectangular array* 4 elemen *patch*. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan kerja dari modem GSM yang digunakan untuk menambah kuat sinyal dengan peningkatan *gain* yang lebih besar dari antenna mikrostrip elemen tunggal.

2.2 Antena

Menurut (Wahana Komputer: 2006), Antena adalah alat yang digunakan untuk memperkuat sinyal dari pihak pengirim sinyal, dalam hal ini adalah *server*

melalui *Transmitter* dan dari pihak penerima melalui *Receiver*. Antena merupakan perangkat keras yang berguna sebagai pemancar maupun penerima gelombang elektromagnetik. Dalam penggunaannya, antena tidak membutuhkan catu daya atau arus listrik untuk proses transmisi karena fungsinya yang digunakan sebagai penguat sinyal.

2.3 Antena Mikrostrip

Menurut Constantiene A. Balanish (2005: 812), Antena mikrostrip adalah antena yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang dilakukan di bidang tanah (*ground plane*), dimana antara bidang dengan elemen radiasi (konduktor) dipisahkan oleh substrat dielektrik. Pengembangan antena mikrostrip berawal dari ide dasar bagaimana menggunakan *printed circuit technology* tidak hanya untuk komponen rangkaian dan saluran transmisi pada sistem elektronika, tapi bisa juga digunakan sebagai elemen peradiasi. Antena mikrostrip mendapat perhatian yang cukup besar yaitu ditahun 1970an meskipun ide dasar pembuatannya yaitu tahun 1933 dan mendapatkan hak paten tahun 1935. Antena mikrostrip merupakan antena kecil berbentuk lempengan yang dapat dibuat dari plat PCB. PCB dapat dengan mudah kita temukan pada elektronika berfrekuensi rendah, yaitu berupa lajur-lajur pipih yang terak di atas substrat.

Beberapa keuntungan dari antena mikrostrip antara lain:

1. *Low profile* yakni berdimensi kecil dan ringan dan dapat dibuat konformal
2. Biaya fabrikasi murah
3. Polarisasi *linear* maupun melingkar dapat dimungkinkan hanya dengan catu Sederhana
4. Memungkinkan untuk dibuat *dual-frequency* dan *dual-polarization*
5. Dapat diintegrasikan dengan rangkaian *microwave* lainnya dengan mudah
6. *Feed line* dan *matching nwork* dapat difabrikasi pada struktur antena sekaligus

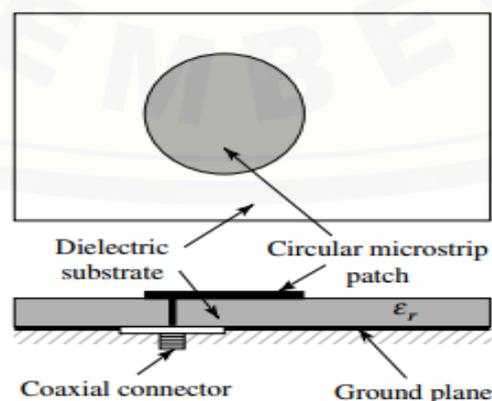
Akan tapi, terdapat beberapa kekurangan dari antena mikrostrip itu sendiri, diantaranya:

1. *Bandwitdh* yang sempit

2. Memiliki *gain* yang rendah
3. Rugi-rugi *ohmic* yang tinggi pada struktur *feed* untuk bentuk antena susun
4. Untuk antena mikrostrip susun diperlukan struktur *feed* yang kompleks
5. Kemurnian polarisasi sulit dicapai
6. Beberapa radiasi yang tidak diinginkan dapat muncul dari pencatu atau sambungan
7. Hanya mampu menangani daya yang rendah
8. Munculnya gelombang permukaan
9. Konsekuensi atas *cross-polarization* atau *mutual coupling* pada antena susun pada penurunan kualitas *gain* dan efisiensi

2.4 Struktur Dasar Antena Mikrostrip

Suatu antena mikrostrip sederhana memiliki bagian elemen peradiasi menunjukkan penampang dari sebuah antena mikrostrip, yang terdiri dari tiga bagian yaitu elemen peradiasi (*patch*), substrat dan elemen pertanahan (*ground plane*) ditunjukkan pada gambar 2.1. Mikrostrip antena sering disebut juga sebagai *patch* antena. Elemen peradiasi dan *transmission line* biasanya di *photoched* diatas permukaan substrat dielektrik. Elemen peradiasi terbuat dari bahan mal yang mempunyai ketebalan yang sangat tipis. Elemen ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnetet. Besar, panjang, lebar maupun radius dari elemen *patch* sangat mempengaruhi frekuensi kerja antena.

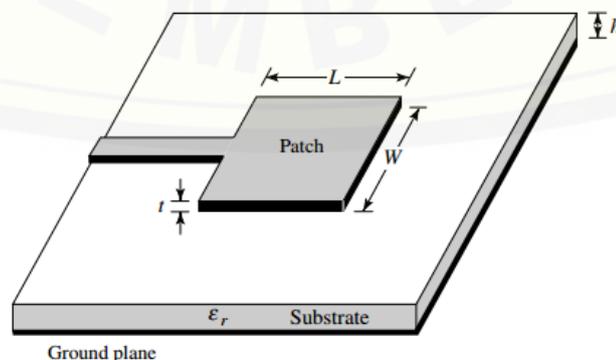


Gambar 2.1 Struktur Antena Mikrostrip
(Sumber: Balanish, 2005)

Substrat merupakan bagian yang membatasi elemen peradiasi dan pertanahan. Bagian ini memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r), faktor disipasi dan ketebalan (h) tertentu, ketiga nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth* dan efisiensi antenna yang akan dibuat. Ketebalan substrat jauh lebih besar dari ketebalan *patch* atau elemen peradiasi. Semakin tebal substrat, maka *bandwidth* akan semakin meningkat, tapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan. Sedangkan elemen pertanahan (*ground*) berfungsi sebagai pembumihan bagi sistem antenna mikrostrip. Elemen pertanahan ini juga pada umumnya memiliki elemen yang sama dengan elemen peradiasi, yaitu berupa lempengan tembaga.

2.5 Antena Mikrostrip *Patch* Persegi

Bentuk dari *patch* antenna mikrostrip sangat beragam. *Patch* ini dapat berbentuk persegi, persegi panjang, *dipole*, lingkaran, segitiga, elips dan lain sebagainya. Akan tetapi *patch* yang berbentuk persegi dan lingkaran merupakan bentuk *patch* yang paling populer karena kemudahan dalam analisis, proses fabrikasi yang sederhana dan karakteristik radiasi yang atraktif. *Patch* persegi sejauh ini merupakan konfigurasi mikrostrip yang paling banyak digunakan. *Patch* persegi lebih mudah dibuat karena bentuknya yang lebih sederhana. Hanya dengan menyisakan metal yang berbentuk persegi pada proses *etching* antenna ini dapat dibuat. Bentuk dari antenna mikrostrip *patch* persegi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Antena Mikrostrip *Patch* Persegi
(Sumber: Balanish, 2005)

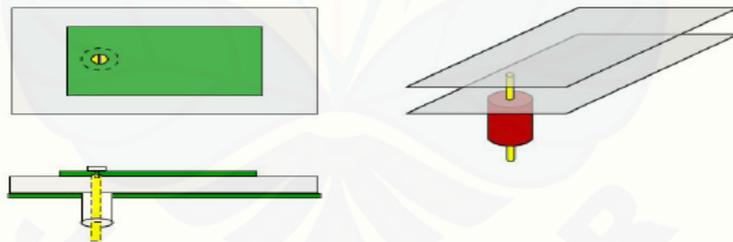
Secara umum antena mikrostrip terdiri atas tiga bagian, yaitu *patch*, substrat dielektrik, dan *ground plane*. *Patch* terletak di atas substrat, sementara *ground plane* terletak di bagian paling bawah. *Patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik, sedangkan *ground plane* berfungsi sebagai reflektor yang terbuat dari tembaga atau perak.

2.6 Teknik Pencatuan

Terdapat beberapa macam teknik pencatuan, antara lain *coaxial feed*, *microstrip feed*, *proximity coupled microstrip feed* dan *aperture-coupled microstrip feed* (Irfandella, 2013).

2.6.1 Coaxial Feeding

Coaxial Feeding adalah salah satu teknik dasar yang digunakan dalam pencatuan antena mikrostrip. Kabel *koaksial* terhubung ke antena sehingga konduktor bagian luarnya terhubung pada bagian *ground*, sementara konduktor dalam disolder ke bagian *patch*.

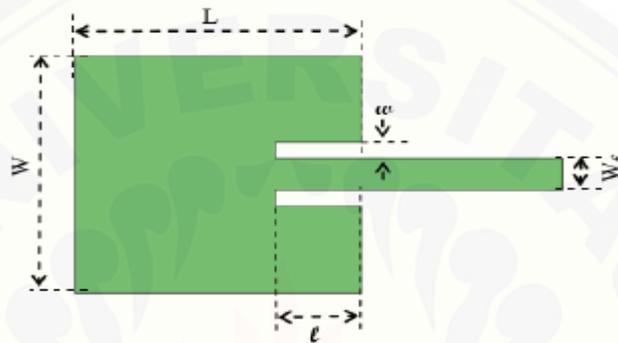


Gambar 2.3 *Coaxial Feeding*
(Sumber: Irfandella, 2013)

Coaxial feeding cukup mudah untuk di desain, cukup mudah dalam fabrikasinya. Namun pencatuan *coaxial feeding* memiliki kelemahan, yaitu membutuhkan tingkat presisi yang tinggi dalam penyolderan. *Coaxial feeding* biasanya memberikan *bandwidth* yang sempit dan ketika fabrikasi menggunakan substrat yang tebal, *probe* yang lebih lebar akan dibutuhkan untuk meningkatkan *power* permukaan dan induktansi dari *feeding*.

2.6.2 Microstrip line feed

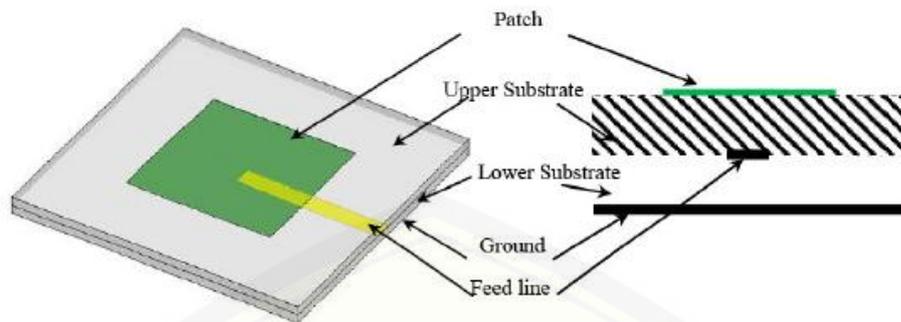
Dalam pencatuan jenis ini, *patch* dari mikrostrip di catu dengan jalur konduktor yang dilakukan di sisi yang sama pada elemen *patch*, atau biasa disebut dengan *microstrip line*. *Microstrip line feed* sangat mudah di desain, dihubungkan, dan di fabrikasi. Pencatuan jenis ini adalah pilihan yang baik jika digunakan untuk mencatu antenna *array*. Bagaimanapun juga, pencatuan jenis ini juga memiliki kelemahan, yaitu menghasilkan *bandwidth* yang sempit.



Gambar 2.4 *Microstrip line feeding*
(Sumber: Irfandella, 2013)

2.6.3 Proximity Coupled Feeding

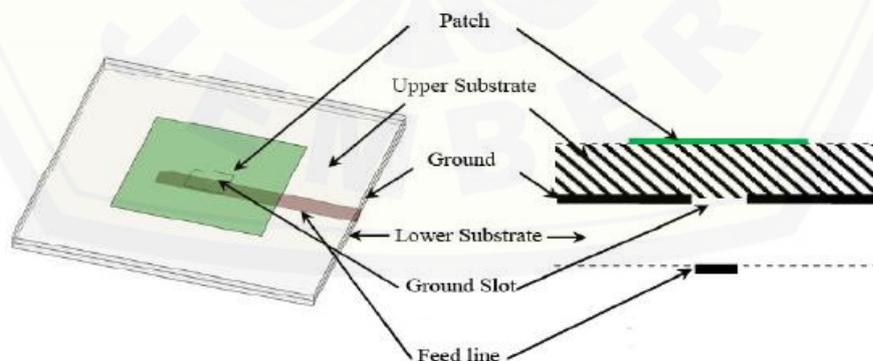
Proximity coupled feeding terdiri dari 2 *layer* atau tumpukan substrat dielektrik. *patch* dari antenna mikrostrip terletak dibagian atas atau tumpukan atas substrat pertama dan jalur *feeding* atau pencatuannya terletak di bagian atas di *layer* kedua atau tumpukan bawah dari substrat. Jadi pencatuannya dikopel secara elektromagnetis oleh bagian *feeding* secara tidak langsung yang dibatasi oleh substrat dielektrik. Pencatuan jenis ini mengurangi radiasi yang tidak dibutuhkan dan memperluas *bandwidth*. Kelemahannya yaitu dibutuhkan kecepatan dalam mendesain bagian atas dan bawah *layer*, agar energi dapat terkopel dengan baik.



Gambar 2.5 *Proximity coupled feeding*
(Sumber: Irfandella, 2013)

2.6.4 Aperture Coupled Feeding

Pencatuan jenis ini hampir sama dengan teknik pencatuan *proximity coupled feeding*, yaitu terdiri dari 2 *layer* substrat dengan bagian *ground* yang terlak bagian tengah diantara kedua substrat tersebut. *patch* dari mikrostrip terlak di bagian atas dari *layer* teratas substrat, dan jalur *feeding* terlak di bagian bawah dari *layer* terbawah substrat, dimana pada bagian *ground* diberikan *slot* yang sama dengan ukuran *feed line* agar energi dapat terkopel kebagian *patch*. Keuntungan dari teknik pencatuan ini adalah akan memperluas *bandwidth* dari antenna dan meningkatkan kecepatan polarisasi yang diinginkan dan mengurangi polarisasi yang menyilang. Tapi memiliki tingkat kesulitan yang sama dengan *proximity coupled feeding* dimana pabrikasinya membutuhkan 2 *layer* substrat.



Gambar 2.6 *Aperture Coupled Feeding*
(Sumber: Irfandella, 2013)

2.7 Parameter Antena Mikrostrip

Untuk dapat melihat kerja dari antena mikrostrip, maka perlu diamati parameter-parameter pada mikrostrip. Beberapa parameter umum dijelaskan sebagai berikut.

2.7.1 Pola Radiasi

Pola radiasi adalah representasi grafis sifat-sifat pemancaran antena sebagai fungsi dari koordinat ruang. Dengan menggunakan model *slot* peradiasi diatas, maka berlaku persamaan medan elektrik (Sumber: Irfandella, 2013).

$$E = E_x \bar{x} \quad \text{untuk } |\bar{x}| \leq \frac{h}{2} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Ada dua jenis pola radiasi, yaitu:

a) Mutlak

Pola radiasi mutlak ditampilkan dalam satuan-satuan mutlak kekuatan atau daya medan.

b) Relatif

Pola radiasi relatif merujuk pada satuan – satuan relatif kekuatan atau daya medan. kebanyakan ukuran pola radiasi relatif kepada antena *isotropic* dan metode transfer *gain* dipergunakan untuk menentukan *gain* mutlak antena. Pola radiasi didaerah dekat antena tidaklah sama seperti pola radiasi pada jarak jauh. Istilah medan dekat merujuk pada pola medan yang berada dekat antena, sedangkan istilah medan jauh merujuk pada pola medan yang berada di jarak jauh. Medan jauh juga disebut sebagai medan radiasi, dan merupakan hal yang diinginkan. Biasanya, daya yang dipancarkan adalah yang kita inginkan, dan oleh karena itu pola antena biasanya diukur di daerah medan jauh. Untuk pengukuran pola sangatlah penting untuk memiliki jarak yang cukup besar untuk berada di medan jauh di luar medan dekat. jarak dekat minimum yang diperbolehkan bergantung pada dimensi antena berkaitan dengan panjang gelombang.

2.7.2 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Bila impedansi saluran transmisi tidak sesuai dengan *transceiver* maka akan timbul daya refleksi (*reflected power*) pada saluran yang berinterferensi dengan daya maju (*forward power*). Interferensi ini menghasilkan gelombang berdiri (*standing wave*) yang besarnya bergantung pada daya refleksi. VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum $|V|_{\max}$ dengan minimum $|V|_{\min}$. Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan V_0^+ dan tegangan yang Drefleksikan V_0^- . Perbandingan antara tegangan yang drefleksikan dengan tegangan yang dikirimkan tersebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ):

$$\Gamma = \frac{V_{0^-}}{V_{0^+}} = \frac{z_1 - z_0}{z_1 + z_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana Z_L adalah impedansi beban (*load*) dan Z_0 adalah impedansi saluran (*lossless*). Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya magnetitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, jika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka:

$\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, jika saluran terhubung singkat.

$\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, jika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.

$\Gamma = +1$: refleksi positif maksimum, jika saluran dalam rangkaian terbuka.

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah:

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.7.3 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang drefleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang drefleksikan (V_0^-) dibandingkan dengan gelombang yang dikirim (V_0^+). *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi

masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi.

$$\Gamma = \frac{V_{0-}}{V_{0+}} = \frac{z_1 - z_0}{z_1 + z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.7.4 Gain

Gain adalah perbandingan antara rapat daya persatuan unit antenna terhadap rapat daya antenna referensi dalam arah dan daya masukan yang sama. *Gain* suatu antenna berlainan dengan *gain* kutub empat, *gain* diperhatikan daya masukan ke terminal antenna. *Gain* didapat dengan menggunakan persamaan:

$$G = \eta \times D \dots\dots\dots (2.5)$$

Ada dua jenis parameter penguatan (*Gain*) yaitu *absolute gain* dan *relative gain*. *Absolute gain* pada sebuah antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas pada arah tertentu dengan intensitas radiasi yang diperoleh jika daya yang diterima oleh antenna teradiasi secara isotropik. Intensitas radiasi yang berhubungan dengan daya yang diradiasikan secara tropik sama dengan daya yang diterima oleh antenna (P_{in}) dibagi 4π . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan rumus:

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Selain *absolute gain* juga ada *relative gain*. *Relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama diantara kedua antenna itu. Akan tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang *lossless* (P_{in} (*lossless*)). Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut:

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}(lossless)} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.7.5 Directivity

Pengarahan (*directivity*) adalah sebagai perbandingan antara rapat daya maksimum pada berkas utama terhadap rapat daya rata-rata yang diradiasikan

$$D = \frac{U_{max}}{U_0} \dots\dots\dots (2.8)$$

Intensitas radiasi rata-rata sama dengan jumlah daya yang diradiasikan oleh antenna dibagi dengan 4π . Jika arah tidak ditentukan, arah intensitas radiasi maksimum merupakan arah yang dimaksud. *Directivity* ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

D = Kerarahan (*Directivity*)

D_0 = Kerarahan maksimum

U = Intensitas radiasi

U_{max} = Intensitas radiasi maksimum

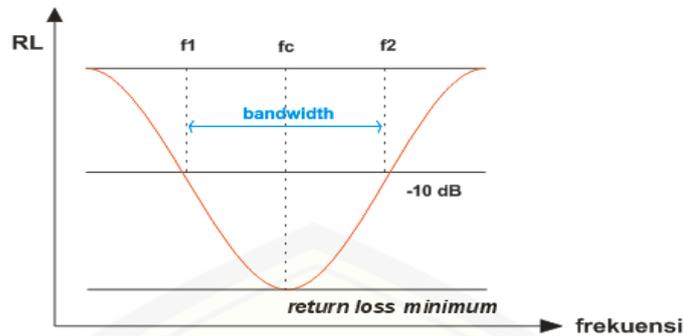
U_0 = Intensitas radiasi pada sumber isotropik

P_{rad} = Daya total radiasi

2.7.6 Bandwidth

Bandwidth suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kerja yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, pola radiasi, *beamwidth axial ratio*) memenuhi spesifikasi *standard*.

Gambar 2.1



Gambar 2.7 Rentang Frekuensi *Bandwidth* Dengan *Standard* $RL \leq -10$ dB
(Sumber: Irfandella, 2013)

Dalam menentukan *bandwidth* antenna penting untuk menspesifikasikan kriteria apa saja yang digunakan karena tidak terdapat definisi yang baku dari *bandwidth*. Jadi *bandwidth* suatu antenna ditentukan oleh parameter apa yang digunakan. Beberapa definisi dari *bandwidth* yang berhubungan dengan antenna mikrostrip adalah:

- Impedance Bandwidth* adalah rentang frekuensi tertentu dimana *patch* antenna *matching* dengan saluran catunnya. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antenna (*patch* dan saluran catu) bervariasi nilainya menurut frekuensi. Kondisi *matching* dari suatu elemen antenna dapat dilihat dari *return loss* atau VSWR. Pada umumnya nilai *return loss* yang diminta < -9.54 dB atau $VSWR < 2$, namun pada beberapa sistem ada yang meminta *return loss* < -15 dB atau $VSWR < 1.5$.
- Pattern bandwidth* adalah rentang frekuensi dengan *beamwidths*, *sidelobe*, atau *gain* memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus kita tentukan sehingga besarnya *bandwidth* dapat ditentukan. Seperti properti antenna lainnya, *beamwidths*, *sidelobe*, dan *gain* juga bervariasi menurut frekuensi.
- Axial ratio bandwidth* (ARBW) adalah rentang frekuensi dimana polarisasi (*linier* atau *melingkar*) masih terjadi. Dengan menentukan nilai maksimum dari *cross-polarization* atau *axial ratio*, maka *bandwidth* antenna dengan polarisasi *linier* atau *melingkar* dapat ditentukan. Pada umumnya nilai batas frekuensi $ARBW < 3$. Nilai ARBW yang semakin mendekati 1 menunjukkan polarisasi antenna yang semakin *melingkar*. *Bandwidth* (BW) antenna biasanya ditulis

dalam bentuk persentase *bandwidth* karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi dan dirumuskan sebagai:

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

$$f_c = \frac{f_h - f_l}{2} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan:

f_h = frekuensi tertinggi dalam *band* (GHz)

f_l = frekuensi terendah dalam *band* (GHz)

f_c = frekuensi tengah dalam *band* (GHz)

2.7.7 Impedansi Masukan

Impedansi masukan adalah impedansi pada antena yang terukur pada titik-titik terminal masukan antena atau perbandingan antara tegangan dan arus pada sepasang terminal masukan antena. Dengan kata lain, impedansi masukan merupakan total impedansi dari impedansi karakteristik (saluran transmisi) Z_0 , dan impedansi beban (antena) Z_L , yang dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

Z_0 = saluran transmisi

Z_L = impedansi beban

β = konstanta propagasi

2.8 Polarisasi Antena

Polarisasi antena adalah polarisasi dari gelombang yang ditransmisikan oleh antena. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi dari arah *gain* maksimum. Pada praktiknya, polarisasi dari energi yang teradiasi

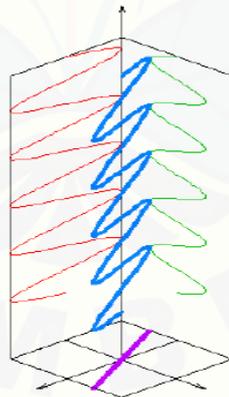
bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnetik yang menggambarkan arah dari magnetitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antenna pada suatu arah tertentu. Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai linier, *circular*, atau *elliptical*.

2.8.1 Polarisasi Linier

Polarisasi linier terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu di titik ruang memiliki vektor medan elektrik (atau magnetet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada siap waktu. Hal ini dapat terjadi jika vektor (elektrik maupun magnetet) memenuhi:

- a. Hanya ada satu komponen, atau
- b. 2 komponen yang saling tegak lurus secara linier yang berada pada perbedaan fasa waktu atau 180 derajat atau kelipatannya.



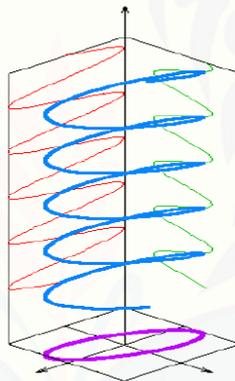
Gambar 2.8 Polarisasi linier
(Sumber: Irfandella, 2013)

2.8.2 Polarisasi Elips

Polarisasi elips terjadi jika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips

pada ruang. Kondisi yang harus terpenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah:

- a. Medan harus mempunyai dua komponen linier *orthogonal*
- b. Kedua komponen tersebut harus berada pada magnetitudo yang sama atau berbeda
- c. Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnetitudo yang sama, perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai 0 derajat atau kelipatan 180 derajat (karena akan menjadi linier). Jika kedua komponen berada pada magnetitudo yang sama, maka perbedaan fasa diantara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari 90 derajat (karena akan menjadi lingkaran).



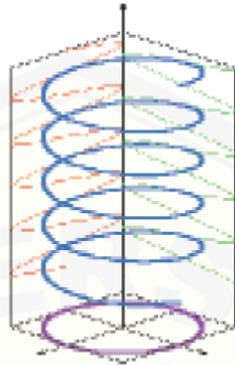
Gambar 2.9 Polarisasi elips
(Sumber: Irfandella, 2013)

2.8.3 Polarisasi Melingkar

Polarisasi melingkar terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut suatu titik memiliki vektor medan elektrik atau magnet pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mencapai jenis polarisasi ini adalah:

- a. Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier
- b. Kedua komponen tersebut harus memiliki magnetitudo yang sama
- c. Kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil 90 derajat.

Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua, yaitu *Left Handed Circular Polarization* (LHCP) dan *Right Handed Circular Polarization* (RHCP). LHCP terjadi ketika, sebaliknya RHCP terjadi ketika



Gambar 2.10 Polarisasi Melingkar
(Sumber: Irfandella, 2013)

Polarisasi melingkar saat ini sangat penting dalam industri desain antena, diantaranya dapat menghilangkan pentingnya orientasi antena dalam bidang tegak lurus terhadap arah propagasi, lalu memberikan fleksibilitas lebih banyak sudut antara transmisi dan penerima antena. Polarisasi melingkar saat ini digunakan dalam banyak aplikasi komersial dan militer. Namun sulit untuk mendesain antena dengan polarisasi melingkar yang baik. Antena mikrostrip pada awalnya tidak menghasilkan polarisasi melingkar, kemudian beberapa perubahan harus dilakukan untuk antena *patch* untuk dapat menghasilkan polarisasi melingkar.

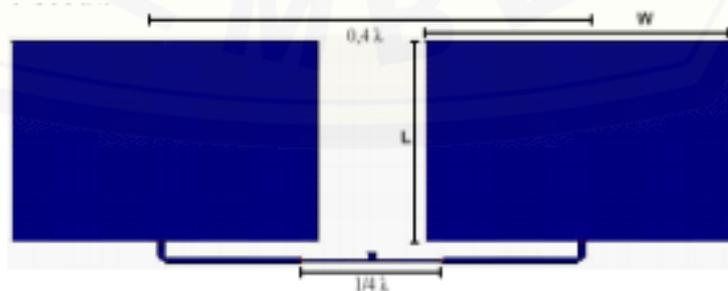
2.9 Antena Array

Biasanya antena elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan siap elemen tersebut menghasilkan keterarahan dan perolehan (*gain*) yang rendah. Pada banyak aplikasi diperlukan antena dengan keterarahan yang baik dan perolehan (*gain*) yang tinggi. Contoh aplikasi yang membutuhkan karakteristik tersebut antara lain adalah radar, penginderaan jauh, komunikasi satelit, dan banyak lagi. Kebutuhan karakteristik ini dapat dipenuhi dengan menyusun antena dengan beberapa konfigurasi. Antena susunan ini sering disebut sebagai antena *array*.

Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena yang identik. Dalam antena mikrostrip *patch*, yang disusun secara *array* adalah bagian *patch*. Medan total dari antena *array* ditentukan oleh penjumlahan vektor dari medan yang diradiasikan oleh elemen tunggal. Untuk membentuk pola yang memiliki kerarahan tertentu, diperlukan medan dari siap elemen *array* berinterferensi secara konstruktif pada arah yang diinginkan dan berinterferensi secara destruktif pada arah yang lain. Pada antena *array* dengan elemen yang identik, terdapat lima kontrol yang dapat digunakan untuk membentuk pola antena, yaitu:

- konfigurasi geomri (linier, melingkar, *rectangular*, *spherical*, dll)
- pemindahan relatif antara elemen
- amplitudo eksitasi dari siap elemen
- fasa eksitasi dari siap elemen
- pola relatif dari siap elemen

Ada beberapa macam konfigurasi antena *array*, di antaranya: *linear*, *planar*, dan *circular*. Masing-masing konfigurasi memiliki keuntungan, misalnya *linear array* memiliki kelebihan dalam perhitungan yang tidak terlalu rumit, sedangkan *planar array* memiliki kelebihan dalam pengaturan dan pengendalian arah pola radiasi. Pada penelitian ini dirancang antena *linear array*. Pada antena *array* terdapat *Array Factor* (AF) yang merupakan vektor pengali dari medan *elektrik* dari elemen tunggal. *Array factor* inilah yang menentukan bagaimana pola radiasi dan seberapa besar tingkat daya yang diradiasikan oleh antena tersebut.



Gambar 2.11 Konfigurasi Antena Mikrostrip Linear *Array*
(Sumber: Adhe. dkk, 2011)

2.10 Dimensi Antena *Rectangular*

Untuk mencari dimensi antena mikrostrip, harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu tebal *substrate* (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan. Panjang antena mikrostrip harus disesuaikan, karena apabila terlalu pendek maka *bandwidth* akan sempit sedangkan apabila terlalu panjang, *bandwidth* akan menjadi lebih lebar tapi efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antena mikrostrip (W) impedansi masukan juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antena mikrostrip dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Sigit, 2011).

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana, W : lebar konduktor
 ϵ_r : konstanta dielektrik
 c : kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8)
 f_0 : frekuensi kerja antena

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* antena (L) diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Pertambahan panjang dari L (ΔL) tersebut dirumuskan dengan:

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana h merupakan tinggi substrat atau tebal substrat, dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan dengan:

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right] \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan panjang *patch* (L) dirumuskan dengan:

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dapat dirumuskan dengan:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

2.11 Dimensi Saluran Mikrostrip (*feed line*)

Saluran mikrostrip merupakan hal yang sangat penting bagi antena mikrostrip. Pemilihan saluran pencatu dengan saluran mikrostrip adalah karena kemudahan dalam hal fabrikasi dan penentuan *matching* dari saluran mikrostrip dapat dengan mudah dilakukan. Saluran mikrostrip dapat mempengaruhi *matching* pada antena mikrostrip. Untuk mematchingkan antena, hal yang perlu dilakukan adalah dengan marubah-rubah ukuran dari elemen pencatu dengan memberikan stub dan mengubah-ubah posisinya terhadap *patch*.

Lebar saluran mikrostrip (W) tergantung dari impedansi (Z_0) karakteristik yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip yaitu sebagai berikut:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad \dots(2.19)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

a. Karakteristik Saluran Mikrostrip (Microstrip Line) untuk $W/h < 1$

Konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff})

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} + 0,04 \left(1 - \frac{w}{h} \right)^2 \right] \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \ln \left[\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right] \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

b. Karakteristik Saluran Mikrostrip (Microstrip Line) untuk $W/h > 1$

Konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff})

$$\epsilon_{eff} = \frac{(\epsilon_r+1)}{2} + \frac{(\epsilon_r-1)}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{w}}} \right] \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Z_0 = \frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_{eff}}}{W/h+1,393+2/3 \ln(W/h +1,44)} \dots\dots\dots(2.24)$$

2.12 Impedansi Matching

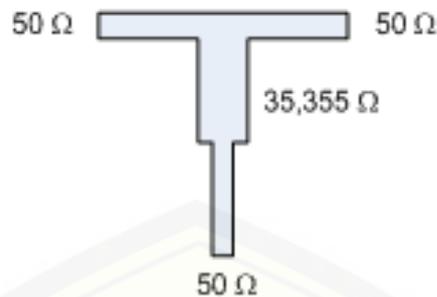
Perancangan suatu antena tidak terlepas dari penyesuaian impedansi. Suatu jalur transmisi dikatakan *matched* apabila karakteristik impedansi $Z_0 = Z_L$ atau dengan kata lain tidak ada refleksi yang terjadi pada ujung saluran beban. Z_0 merupakan karakteristik impedansi suatu saluran transmisi dan biasanya bernilai 50 ohm. Z_L merupakan impedansi beban. Beban dapat berupa antena atau rangkaian lain yang mempunyai impedansi ekuivalen Z_L . Karena kegunaan utama saluran transmisi adalah untuk *mentransfer* daya secara sempurna, maka beban yang *matched* sangat diperlukan.

Mode pencatuan secara langsung sulit untuk mencapai kondisi *matching*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk mendapatkan kondisi yang *matching*, yaitu dengan cara menambahkan *transformator* $\lambda/4$, pemberian *single stub*, dan *double stub*.

2.12.1 *T - Junctions*

Untuk mendesain antena mikrostrip *array* maka dibutuhkan suatu saluran yang dapat menghubungkan *patch* yang ada. Bentuk awal dari saluran tersebut berupa *T-Junction* yang merupakan saluran pencatu yang memiliki percabangan seperti pada gambar 2.12 dimana Z_0 merupakan impedansi karakteristik dan Z adalah impedansi *transformer* $\frac{1}{4} \lambda$. Nilai dari Z dapat dihitung dengan menggunakan mode *wilkinson*.

$$Z = Z_0 / \sqrt{N} \dots\dots\dots (2.25)$$



Gambar 2.12 Desain *T-Junction*
(Sumber: Alfadil & Ali, 2014)

2.12.2 Perancangan Jarak Antar Elemen *Patch*

Jarak antara elemen pada perancangan antenna mikrostrip *array* perlu diatur agar sesama elemen yang berdekatan tidak saling tumpang tindih. Apabila jarak antara kedua elemen terlalu dekat dikhawatirkan akan terjadi *electromagnetetically coupled*. Sebaliknya jika jarak elemen terlalu jauh maka akan banyak rugi-rugi dan kurang efisien penggunaan dimensi substrat. Untuk itu jarak antar elemen diatur dengan baik agar tidak mengurangi kinerja antenna *array*. Jarak antar elemen diukur dari titik pusat elemen 1 dengan elemen 2. Berikut adalah rumus untuk menghitung jarak antar elemen *patch* (Sumber: Muhammad, 2008).

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

$$d = \frac{c}{2f} \dots\dots\dots(2.26)$$

2.13 Software Ansoft HFSS v12

HFSS yaitu kependekan dari *High Frequency Structure Simulator*. Ansoft merupakan *software* pelopor yang menggunakan *Finite Element Method* (FEM) untuk simulasi elektromagnetik dengan mengembangkan serta menerapkan teknologi seperti *tangential vector finite elements*, *adaptive meshing*, dan *Adaptive Lanczos-Pade Sweep* (ALPS). Dimana HFSS adalah *simulator* gelombang elektromagnetik penuh dengan performa yang baik untuk pemodelan benda 3 dimensi yang memiliki *volume* yang berubah-ubah. HFSS ini menyatukan

proses simulasi, visualisasi, dan proses pemodelan ke dalam suatu bentuk yang mudah untuk dipelajari. *Simulator* ini dapat dimanfaatkan untuk menghitung parameter seperti S parameter, frekuensi resonansi, dan medan. HFSS ini *simulator* interaktif yang elemen dasar *mesh*-nya adalah *trahedron*. Dimana hal ini membuat kita dapat menyelesaikan persoalan yang berhubungan dengan bentuk geometri 3 dimensi yang berubah-ubah khususnya yang memiliki bentuk dan kurva yang kompleks.

2.14 Alokasi Frekuensi Operator GSM di Indonesia

Alokasi frekuensi GSM yang dipakai di Indonesia sama dengan yang dipakai di sebagian besar dunia terutama Eropa yaitu pada pita 900 Mhz, yang dikenal sebagai GSM900, dan pada pita 1800 Mhz, yang dikenal sebagai GSM1800 atau DCS (*Digital Communication System*). Dimana untuk frekuensi *uplink*nya digunakan frekuensi 890-915 Mhz, dan frekuensi *downlink*nya menggunakan frekuensi 935 – 960 Mhz. Dengan *bandwidth* sebesar 25 Mhz yang digunakan ini ($915 - 890 = 960 - 935 = 25 \text{ MHz}$), dan lebar kanal sebesar 200 Khz, maka akan didapat 125 kanal, dimana 124 kanal digunakan untuk *voice* dan 1 kanal untuk *signaling*.

Pada perkembangannya, jumlah kanal sebanyak 124 kanal tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan yang disebabkan pesatnya pertambahan jumlah *subscriber*. Untuk memenuhi kebutuhan kanal yang lebih banyak ini, maka regulator GSM di Eropa mencoba menggunakan tambahan frekuensi untuk GSM pada *band* frekuensi di *range* 1800 Mhz, yaitu *band* frekuensi pada 1710-1785 Mhz sebagai frekuensi *uplink* dan frekuensi 1805-1880 Mhz sebagai frekuensi *downlink*nya. Kemudian GSM dengan *band* frekuensi 1800 Mhz ini dikenal dengan sebutan GSM 1800. Pada GSM 1800 ini tersedia *bandwidth* sebesar 75 Mhz ($1880-1805 = 1785-1710 = 75 \text{ Mhz}$). Dengan lebar kanal tap sama seperti GSM 900, yaitu 200 Khz, maka pada GSM 1900 akan tersedia kanal sebanyak 375 kanal.

Tabel 2.2 Alokasi Frekuensi 3 Operator Terbesar di Indonesia
(Sumber: Isa Falaq)

Operator	Frekuensi	<i>Bandwidth</i>
Indosat/Satelindo	890 – 900 Mhz	10 Mhz
Telkomsel	900 – 907.5 Mhz	7.5 Mhz
Exelcomindo	907.5 – 915 Mhz	7.5 Mhz



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Dalam pengambilan data tugas akhir terhadap antenna mikrostrip pada frekuensi 900 MHz dilakukan di Fakultas Teknik, Universitas Jember di laboratorium telekomunikasi dan terapan dan di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) di laboratorium antenna dan propagasi gelombang radio.

3.2 Tahap Perencanaan

a. Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan agar penulis dapat melakukan perumusan masalah-masalah yang ada dalam proses perancangan dan penyusunan skripsi. Dalam penyusunan dibutuhkan beberapa sumber untuk membantu dalam proses pengolahan pemikiran serta yang kaitannya memperkuat berbagai bentuk opini yang muncul dalam proses perancangan.

b. Perancangan antenna secara simulasi

Dalam perancangan antenna secara simulasi ini, dibutuhkan *software* yang digunakan untuk mempermudah penulis dalam proses perancangan antenna mikrostrip. *Software* yang dimaksudkan adalah Ansoft HFSS v12.

c. Pembuatan *Hardware*

Pembuatan *Hardware* merupakan proses inti dalam penyusunan, dimana penulis akan melakukan perancangan antenna secara matematis, sedangkan untuk menentukan dimensi saluran pencatu penulis menggunakan *software* TXLine 2003. Setelah proses perancangan, dibuatlah antenna mikrostrip *rectangular array* 4 elemen *patch* dengan dimensi yang telah diperhitungkan. Dalam perancangan, antenna yang akan dibuat adalah antenna PCB atau mikrostrip dengan frekuensi yang diinginkan yaitu 900MHz. Antenna ini nantinya akan digunakan sebagai penguat sinyal modem GSM untuk daerah yang jauh dari jangkauan BTS.

d. Pengujian dan Analisis

Penulis melakukan pengujian antenna secara aplikatif dan matematis, yaitu pengaplikasian perangkat antenna yang dibuat dan dengan perhitungan pada tiap-tiap parameter pendukungnya. Pengaplikasian tersebut dilakukan dengan menghubungkan antenna dengan modem GSM menggunakan kabel *coaxial* dan kabel *pigtail*. Sedangkan untuk perhitungan matematis dilakukan berdasarkan parameter-parameter pengujian antenna mikrostrip *rectangular*. Parameter tersebut meliputi *gain*, *VSWR*, *return loss*, *bandwidth* dan pola radiasi.

e. Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan digunakan untuk memenuhi syarat telah dilakukannya tugas akhir (skripsi). Laporan juga merupakan bukti fisik bahwa pembuatan dan penelitian mengenai antenna mikrostrip *rectangular* 4 elemen *patch* 900 MHz sudah pernah dilakukan.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu yang terdiri dari perangkat keras (*hardware*) yang digunakan untuk fabrikasi dan pengukuran antenna. Dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk melakukan simulasi dan mengetahui karakteristik antenna yang dirancang.

Perangkat keras (*hardware*) yang dipergunakan antara lain:

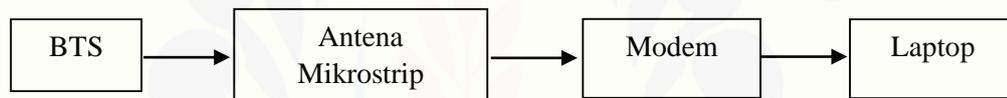
1. *Printed Circuit Board* (PCB) FR4 *epoxy*, digunakan sebagai bahan *substrate* untuk membuat antenna.
2. SMA *Connector* 50 Ω , digunakan untuk konektor kabel *coaxial* dengan *spectrum analyzer*.
3. Kabel *Coaxial* RG 58 (50 Ω), digunakan untuk pencatu antenna yang dihubungkan pada antenna dan SMA *connector*.
4. Laptop.
5. *Soldering Tool* dan Timah.
6. *Spectrum Analyzer* digunakan untuk pengukuran *Port* tunggal (mengukur frekuensi resonansi, *VSWR*, *return loss* dan impedansi masukan).

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan antara lain:

1. *Software* HFSS v12, digunakan untuk merancang serta menganalisa antena secara simulasi.
2. *Software* TXLine 2003, digunakan untuk menentukan impedansi karakteristik dan dimensi saluran pencatu pada antena mikrostrip.

3.4 Blok Diagram

Prinsip kerja dari penelitian ini yaitu ditunjukkan pada gambar 3.1. Pada BTS (*Base Transceiver Station*) akan mengirimkan sinyal untuk diterima oleh antena mikrostrip. Selanjutnya antena mikrostrip akan dihubungkan dengan modem melalui kabel *coaxial* dan kabel *pigtail*, lalu modem akan dihubungkan dengan laptop sebagai *interface* dari penelitian ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram

3.5 Spesifikasi Antena

Sebelum perancangan antena dilakukan, perlu diketahui terlebih dahulu parameter yang ingin dicapai pada antena. Parameter-parameter yang ingin dicapai yaitu:

1. Frekuensi Kerja : 900 Mhz
2. *Return Loss* : < -10 dB
4. VSWR : < 2 dB
5. *Gain* : > 4 dB
6. Elemen Peradiasi : *Rectangular*

3.6 Perancangan Antena

Perancangan antena ini harus diperhitungkan dengan baik untuk menentukan parameter dan karakteristik yang diinginkan agar didapatkan hasil yang optimal. Tahap pertama yaitu menentukan karakteristik antena yang akan

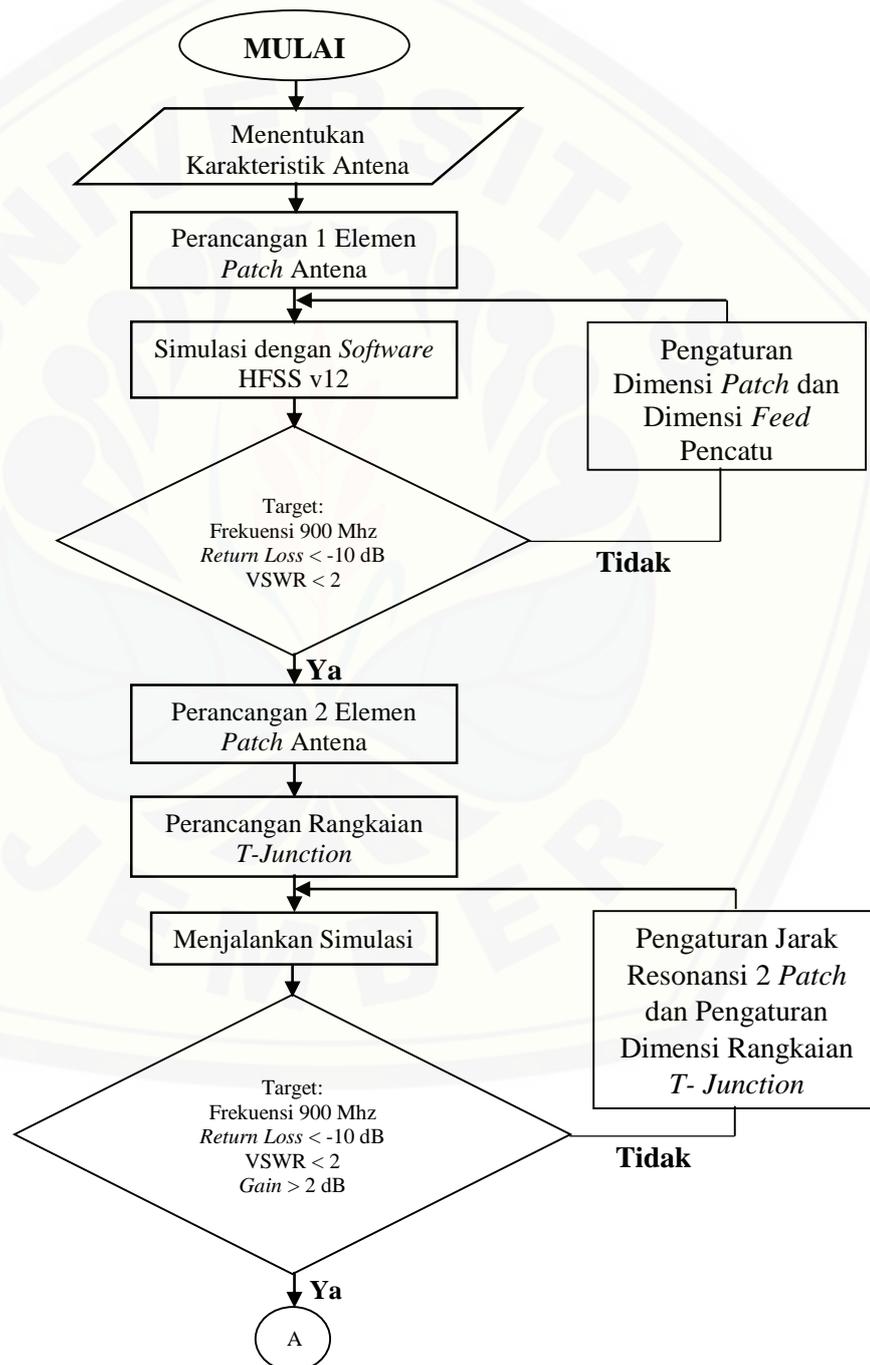
dibuat yaitu antenna digunakan pada frekuensi 900 Mhz. Setelah itu dipilih jenis *substrate* yang digunakan, penentuan jenis *substrate* sangat berpengaruh untuk hasil antenna yang optimal, digunakan jenis *substrate* FR4 dengan ketebalan 1,6 mm pada penelitian ini.

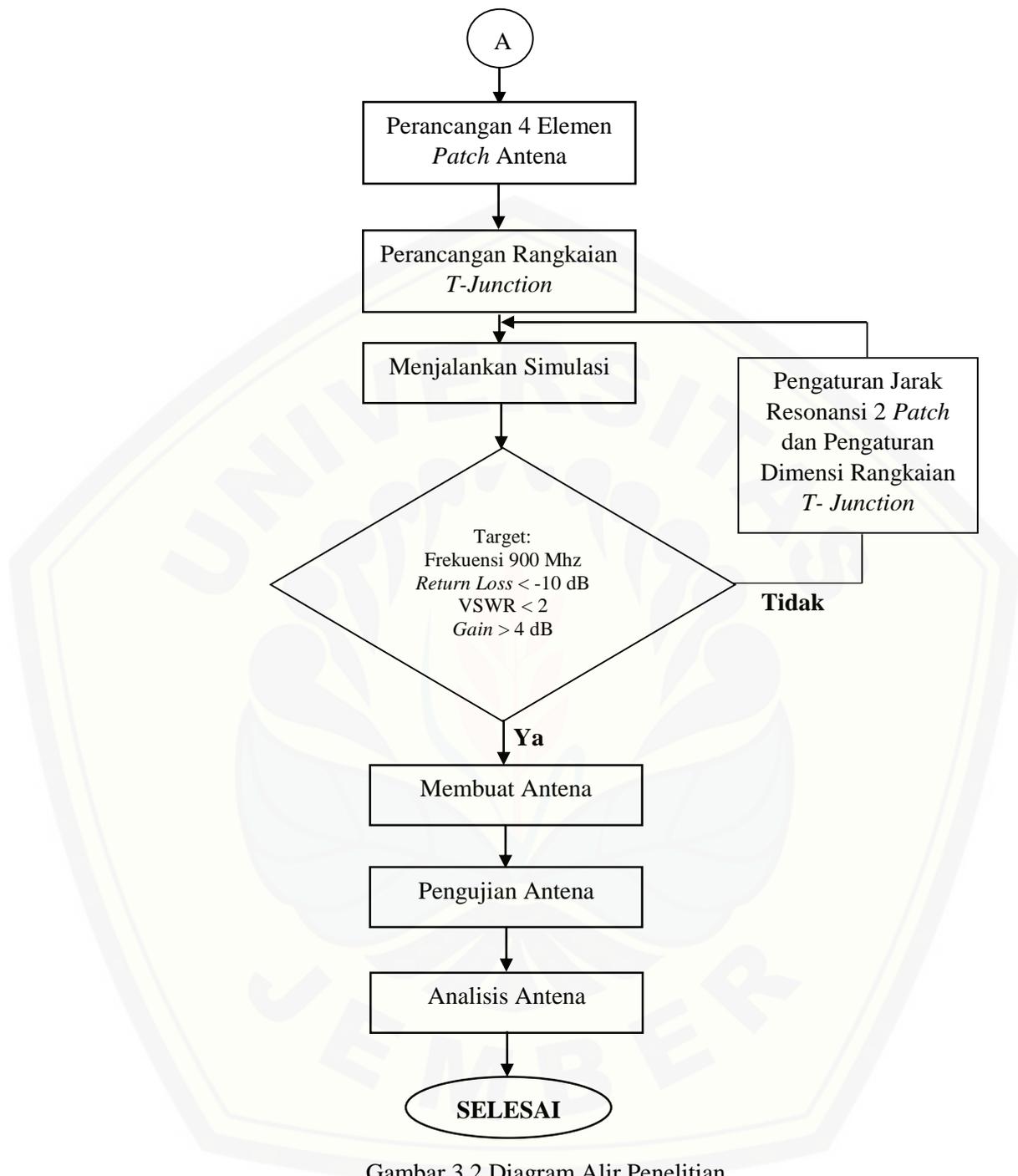
Langkah selanjutnya menentukan jenis elemen peradiasi dan dimensi antenna yaitu menggunakan peradiasi *rectangular* dengan pencatuan *line feeding* pada perancangan antenna ini. Selanjutnya yaitu melakukan simulasi dengan *software* HFSS v12, pada saat melakukan simulasi terlihat apakah dimensi antenna sudah memenuhi target perancangan yang diinginkan, jika tidak maka akan dilakukan perhitungan ulang untuk mempresisikan dimensi antenna. Parameter yang menjadi target yaitu frekuensi *center* antenna 900 Mhz, *Return Loss* < -10 dB, dan *VSWR* < 2.

Tahap berikutnya yaitu melakukan perancangan 2 elemen *patch* antenna dengan penambahan sebuah rangkaian *T-Junction*. Penambahan rangkaian *T-Junction* ini berfungsi sebagai penghubung antara 2 elemen *patch* dan sebagai pembagi impedansi saluran transmisi dari *patch* antenna. Selanjutnya yaitu menjalankan simulasi dengan *software* HFSS v12. Pada saat menjalankan simulasi antenna 2 elemen *patch* dengan penambahan sebuah rangkaian *T-Junction* ini akan dilakukan perhitungan apakah dapat mencapai target, Jika tidak maka akan dilakukan pengaturan jarak resonansi antara 2 *patch* antenna. Parameter yang menjadi target yaitu frekuensi *center* antenna 900 Mhz, *Return Loss* < -10 dB, *VSWR* < 2 dan *Gain* > 2 dB.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan antenna dengan 4 elemen *patch*. Perancangan 4 elemen *patch* ini adalah melanjutkan dari perancangan 2 elemen *patch*. Setelah itu melakukan perancangan sebuah rangkaian *T-Junction*. Rangkaian *T-Junction* ini digunakan untuk menghubungkan antara 4 elemen *patch* dengan rangkaian *T-Junction* dan sebagai pembagi impedansi saluran transmisi dari *patch* antenna. Selanjutnya yaitu menjalankan simulasi dengan *software* HFSS v12. Pada saat menjalankan simulasi antenna 4 elemen *patch* dengan penambahan sebuah rangkaian *T-Junction* ini akan dilakukan perhitungan apakah dapat mencapai target, Jika tidak maka akan dilakukan pengaturan jarak resonansi

antara 2 *patch* antenna. Parameter yang menjadi target yaitu frekuensi *center* antenna 900 Mhz, *Return Loss* < -10 dB, *VSWR* < 2 dan *Gain* > 4 dB. Setelah selesai melakukan perancangan antenna langkah selanjutnya adalah membuat antenna tersebut dan melakukan pengujian menggunakan *spectrum analyzer*, selanjutnya dilakukan analisis. Perancangan antenna mikrostrip *rectangular* 4 elemen *patch* dapat digambarkan dengan diagram alir pada gambar 3.2.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.7 Pemilihan Jenis Substrate

Substrat merupakan bahan dielektrik yang memiliki nilai konstanta dielektrik relatif, dielektrik *loss tangent* dan ketebalan (h) tertentu. Ketiga nilai

tersebut mempengaruhi frekuensi kerja *bandwidth*, dan juga efisiensi antena yang akan dibuat.

Semakin kecil konstanta dielektrik, maka ukuran elemen peradiasi dan saluran pencatu mikrostrip yang dibutuhkan akan semakin luas, karena ukuran elemen peradiasi dan saluran mikrostrip berbanding terbalik dengan konstanta dielektrik. Ketebalan substrat jauh lebih besar dari pada ketebalan konduktor metal peradiasi.

Semakin tebal substrat maka *bandwidth* akan semakin meningkat, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Begitu juga sebaliknya, semakin kecil tebal substrat maka efek gelombang permukaan semakin kecil sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja antena seperti *gain*, efisiensi, dan *bandwidth*. Pada penelitian ini digunakan substrat FR4 epoxy dengan spesifikasi yang tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Substrate FR4 epoxy

Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r)	4,4
Dielektrik <i>loss tangent</i> ($\tan \delta$)	0,02
Ketebalan <i>substrate</i> (h)	1,6 mm

3.8 Perancangan Dimensi Antena

Setelah didapatkan spesifikasi substrat yang digunakan, dilakukan perancangan *patch* antena mikrostrip. Antena yang dirancang disini bekerja pada frekuensi 900 Mhz. Perancangan dimensi antena meliputi *patch*, saluran pencatu (*feed line*) dan *T-Junction*.

3.8.1 Perancangan Patch

Patch antena yang digunakan pada penelitian ini yaitu berbentuk *rectangular*. Untuk mendapatkan hasil antena yang akurat dengan segala parameternya suatu *patch* harus baik dalam pengukurannya. Perhitungan meliputi lebar (w) dan panjang (l) pada *patch* antena.

Spesifikasi bahan:

frekuensi : 900 MHz

h : 1,6 mm

c : $3 \cdot 10^8$ m/s

ϵ_r : 4,4

Perhitungan lebar (w) berdasarkan rumus 2.14

$$w = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \times 9 \cdot 10^8 \sqrt{\frac{4,4 + 1}{2}}}$$

$$= 0,101626 \text{ m} = 101,626 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai Efektif dielektrik konstan (ϵ_{reff}) berdasarkan rumus 2.16

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{(4,4 + 1)}{2} + \frac{(4,4 - 1)}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{1,6}{101,626}}} \right]$$

$$= 3,7$$

Perhitungan *Effective length* (L_{eff}) berdasarkan rumus 2.18

$$L_{\text{eff}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \times 9 \cdot 10^8 \sqrt{3,7}}$$

$$= 0,8667 \text{ m} = 86,67 \text{ mm}$$

Perhitungan *length extension* (ΔL) berdasarkan rumus 2.15

$$\Delta L = 0,412 \times 1,6 \frac{(3,7 + 0,3) \left(\frac{101,626}{1,6} + 0,264 \right)}{(3,7 - 0,258) \left(\frac{101,626}{1,6} + 0,8 \right)}$$

$$= 0,759 \text{ mm}$$

Perhitungan panjang *patch* (L) berdasarkan rumus 2.17

$$\begin{aligned} L &= 86,67 - 2 \times 0,759 \\ &= 85,152 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, maka didapatkan hasil lebar elemen *patch* sebesar 101,626 mm dan panjangnya sebesar 85,152 mm.

3.8.2 Perancangan Saluran Pencatu

Pencatuan yang digunakan pada antenna yang akan dirancang pada penelitian ini menggunakan teknik pencatuan secara langsung (*microstrip feed line*). Saluran pencatu yang digunakan pada perancangan diharapkan mempunyai atau mendekati impedansi masukan sebesar 50 Ω . Nilai impedansi tersebut bisa didapatkan dengan menggunakan rumus 2.24:

$$Z_0 = \frac{120\pi/\sqrt{\epsilon_{eff}}}{W/h + 1,393 + 2/3 \ln(W/h + 1,44)}$$

Lebar saluran mikrostrip (W) tergantung dari impedansi karakteristik (Z_0) yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar dan panjang saluran pencatu mikrostrip yaitu berdasarkan rumus 2.19:

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

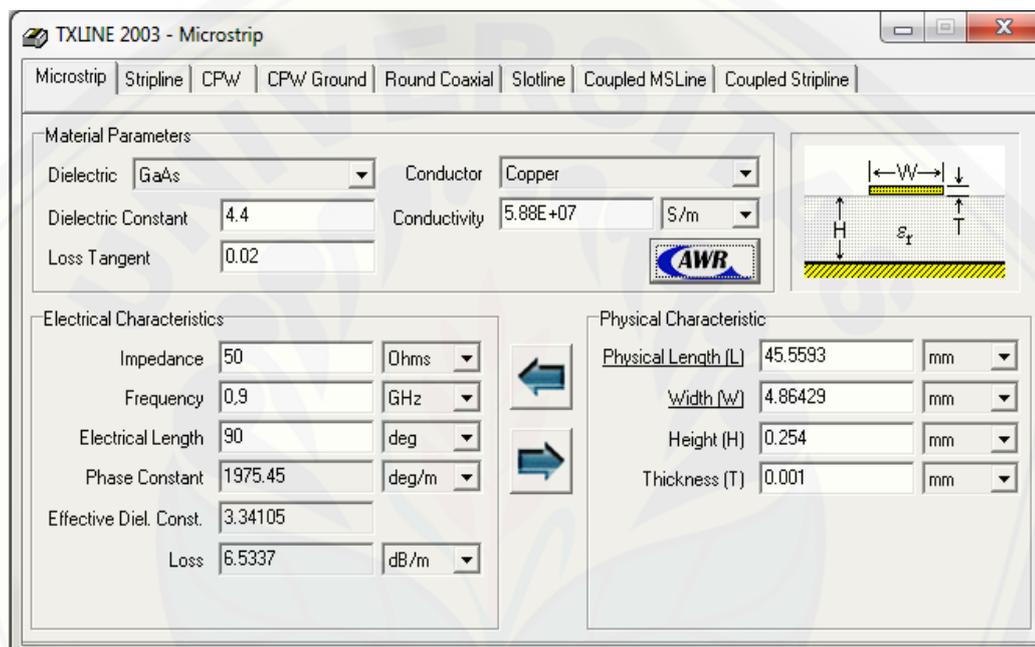
Dan untuk perhitungan panjang saluran pencatu adalah:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4} \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

Namun dalam pengerjaannya untuk menentukan lebar dan panjang dari saluran pencatu ini digunakan perangkat lunak TXLine 2003, agar nilai yang didapatkan lebih efektif dan akurat. Untuk mendapatkan lebar dan panjang dari saluran pencatu yang menghasilkan nilai impedansi 50 ohm dapat dicari dengan menggunakan *software* tersebut. Tampilan dari program TXLine 2003 untuk perhitungan saluran pencatu dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi Saluran Pencatu (Sumber: TXLine 2003)

Dengan memberi inputan karakteristik impedansi masukan sebesar 50 Ω , *loss tangent* 0,02, konstanta dielektrik 4,4 dan frekuensi kerja 900 Mhz maka program ini akan secara otomatis menampilkan lebar dan panjang dari saluran pencatu yang dibutuhkan. Didapatkan Lebar saluran pencatu (w) sebesar 4,86 mm dan panjang (l) sebesar 45,55 mm.

Pada perancangan ini, dimensi lebar dan panjang saluran pencatu diharapkan memperoleh hasil yang maksimal dari parameter melalui proses iterasi. Hasil dari proses iterasi dimensi saluran pencatu ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Iterasi Saluran Pencatu

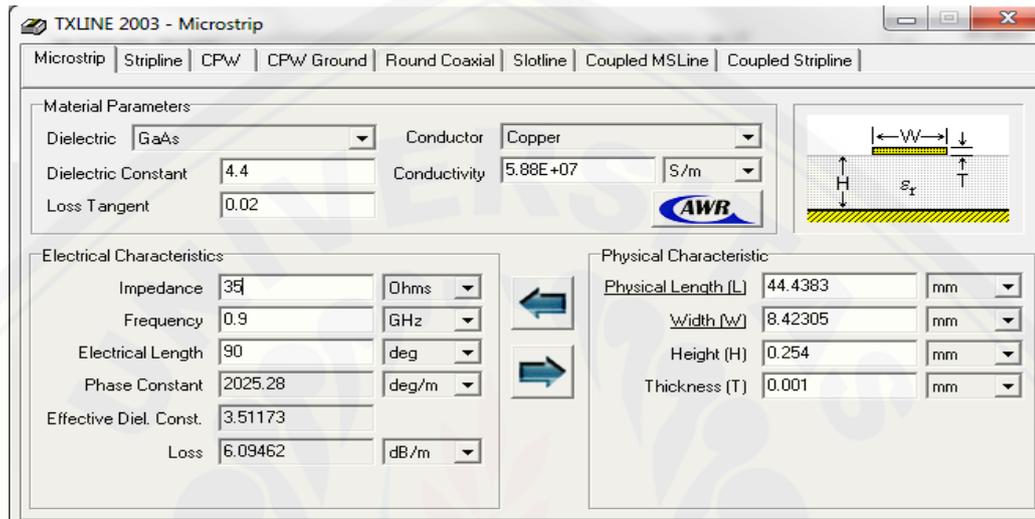
Dimensi Pencatu		Frekuensi Tengah	<i>Return loss</i>	VSWR
Lebar (<i>w</i>)	Panjang (<i>l</i>)			
4,88 mm	45,55 mm	900 Mhz	-10,967 dB	5,052 dB
4,5 mm	47 mm	890 Mhz	-9,674 dB	5,922 dB
4,2 mm	50 mm	900 Mhz	-11,644 dB	3,111 dB
4,1 mm	50 mm	890 Mhz	-14,758 dB	3,212 dB
4 mm	53 mm	900 Mhz	-17,662 dB	2,286 dB
4 mm	54 mm	900 Mhz	-17,755 dB	2,262 dB
3,75 mm	50 mm	900 Mhz	-17,08 dB	2,44 dB
3,7 mm	49 mm	900 Mhz	-18,61 dB	1,91 dB
3,6 mm	50 mm	890 Mhz	-18,06 dB	2,92 dB
3,7 mm	50 mm	900 Mhz	-20,63 dB	1,61 dB
4 mm	51 mm	900 Mhz	-18,632 dB	2,042 dB
4 mm	52 mm	900 Mhz	-18,883 dB	1,984 dB

Dari proses iterasi ini didapatkan dimensi pencatuan atau *feed* yang lebih optimal dari pada hasil perhitungan yaitu dengan lebar (*w*) 3,7 mm dan panjang (*l*) adalah 50 mm. Proses iterasi dari dimensi pencatu sangat mempengaruhi hasil dari parameter antenna. Pada proses iterasi dimensi saluran pencatu yang menjadi acuan pada perancangan yaitu parameter frekuensi tengah, *return loss*, dan VSWR.

3.8.3 Perancangan *T-Junction*

Pada antenna mikrostrip *array* dibutuhkan suatu saluran yang dapat menghubungkan antar *patch*. Saluran tersebut dinamakan rangkaian *power divider transformer* jenis *T-Junction*. Rangkaian ini memiliki fungsi sebagai pembagi terhadap impedansi saluran transmisi. Struktur *power divider* jenis *T-Junction* terdiri dari satu saluran *input* 50Ω dan dua saluran *output* masing-masing 50Ω melalui perhitungan menggunakan TXLine 2003 diperoleh lebar *feed* (*w*) adalah 4,86 mm. Sedangkan impedansi transformer $\frac{1}{4}$ memiliki impedansi senilai dengan

$Z = Z_0/\sqrt{2} = 35\Omega$, dimana melalui perhitungan menggunakan *software* TXLine 2003 dengan melalui proses yang sama dengan perhitungan saluran pencatu, hanya saja impedansi yang diinputkan adalah 35Ω , didapatkan lebar (w) 8,42 mm dan panjang (l) 44,43 mm. Terlihat pada gambar 3.4 tampilan perhitungan *T-Junction 2 Elemen Patch* menggunakan TXLine 2003.



Gambar 3.4 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi *T-Junction*
(Sumber: TXLine 2003)

Pada perancangan ini, dimensi lebar dan panjang *T-Junction* diharapkan memperoleh hasil yang maksimal dari parameter melalui iterasi. Hasil dari proses iterasi dimensi *T-Junction* ditunjukkan pada tabel 3.3

Dari proses iterasi ini didapatkan dimensi *T-Junction* yang lebih optimal dari pada hasil perhitungan dari *software* TXLine 2003 yaitu dengan lebar (w) 7,4 mm dan panjang (l) 50 mm. Proses iterasi dari dimensi *T-Junction* sangat mempengaruhi hasil dari parameter antenna. Pada proses iterasi dimensi *T-Junction* yang menjadi acuan pada perancangan yaitu parameter frekuensi tengah, *return loss*, dan VSWR.

Tabel 3.3 Iterasi *T-Junction*

Dimensi T-Junction		Frekuensi Tengah	<i>Return loss</i>	VSWR
(Z) Lebar (<i>w</i>)	Panjang (<i>l</i>)			
6,5 mm	45 mm	900 Mhz	-20,59 dB	1,62 dB
6,5 mm	40 mm	900 Mhz	-16,68 dB	2,5 dB
7 mm	40 mm	900 Mhz	-16,4 dB	2,6 dB
7,4 mm	45 mm	900 Mhz	-26,88 dB	0,78 dB
7,4 mm	49 mm	900 Mhz	-29,90 dB	0,55 dB
7,4 mm	52 mm	900 Mhz	-19,48 dB	0,983 dB
7,4 mm	50 mm	900 Mhz	-33,30 dB	0,375 dB
8,42 mm	52 mm	900 Mhz	-20,312 dB	1,343 dB
8,5 mm	55 mm	900 Mhz	-18,147 dB	1,376 dB
13,05 mm	43,5 mm	900 Mhz	-21,344 dB	1,49 dB
14,29 mm	44,5 mm	900 Mhz	-23,262 dB	1,195 dB

3.8.4 Perancangan Jarak Antar Elemen *Patch*

Jarak antara elemen pada perancangan antena mikrostrip *array* perlu diatur agar sesama elemen yang berdekatan tidak saling tumpang tindih. Apabila jarak antara kedua elemen terlalu dekat dikhawatirkan akan terjadi *electromagnetically coupled*. Sebaliknya jika jarak elemen terlalu jauh maka akan banyak rugi-rugi dan kurang efisien penggunaan dimensi *substrate*. Untuk itu jarak antar elemen diatur dengan baik agar tidak mengurangi kinerja antena *array*. Jarak antar elemen diukur dari titik pusat elemen 1 dengan elemen 2.

Perhitungan jarak antar elemen *patch* berdasarkan rumus 2.26

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{3 \cdot 10^8}{2 \times 9 \cdot 10^8} \\
 &= 0,16666 \text{ m} = 166,66 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil tersebut merupakan jarak antara pusat elemen *patch* 1 dengan elemen *patch* 2. Karena lebar (w) elemen *patch* adalah 101,626 mm, maka jarak antara sisi *patch* yaitu:

$$\text{Jarak antara sisi } patch = d - 101,626 = 166,66 - 101,626 = 65,03 \text{ mm}$$

Jadi jarak antara sisi *patch* adalah 65,03 mm.

Pada perancangan ini, jarak dimensi antara elemen *patch* diharapkan memperoleh hasil yang maksimal melalui iterasi. Hasil dari proses iterasi jarak antara 4 elemen *patch* ditunjukkan pada tabel 3.4.

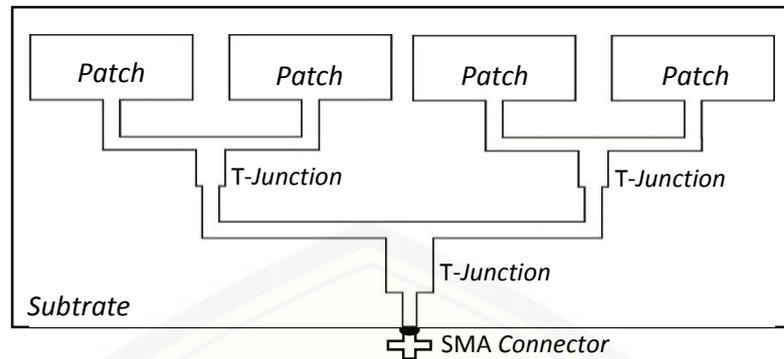
Tabel 3.4 Iterasi Jarak Elemen *Patch*

Jarak Elemen <i>Patch</i>	Frekuensi Tengah	<i>Return Loss</i>	VSWR	<i>Gain</i>
326,02 mm	900 Mhz	-38,51 dB	1,0 dB	3,22 dBm
328,02 mm	900 Mhz	-36,150 dB	0,26 dB	3,21 dBm
330,02 mm	900 Mhz	-28,84 dB	0,62 dB	3,20 dBm
307,32 mm	900 Mhz	-34,97 dB	0,30 dB	3,23 dBm
316,02 mm	900 Mhz	-49,051 dB	0,061 dB	3,24 dBm
305,32 mm	900 Mhz	-33,303 dB	1,347 dB	3,21 dBm

Dari proses iterasi ini didapatkan dimensi jarak antara 4 elemen *patch* yang lebih optimal dari pada hasil perhitungan yaitu 316,02 mm. Pengaruh dari dimensi jarak antara elemen *patch* sangat mempengaruhi hasil akhir dari parameter antena. Pada proses iterasi dimensi jarak antara elemen *patch* yang menjadi acuan pada perancangan yaitu parameter frekuensi tengah, *return loss*, dan VSWR.

3.9 Desain Antena *Array* Peradiasi *Rectangular*

Rancangan antena *array* dengan 4 elemen *patch* merupakan bentuk pengembangan dari antena mikrostrip satu elemen *patch*. Pada gambar 3.5 memperlihatkan bentuk rancangan antena *array* 4 elemen *patch* secara struktur dengan penambahan sebuah rangkaian *T-Junction*.



Gambar 3.5 Desain Antena mikrostrip 4 Elemen *Patch* Peradiasi *Rectangular*

3.10 Hasil Perancangan Antena Secara Simulasi

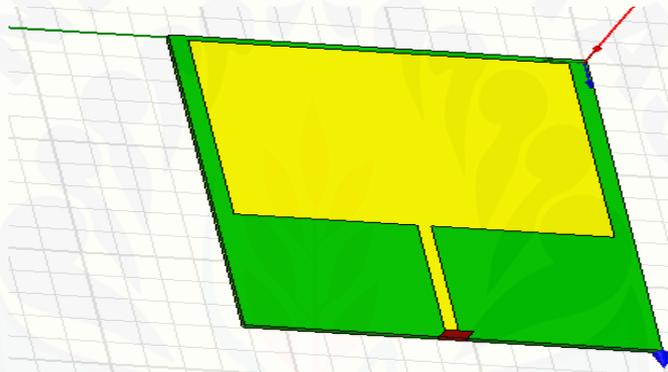
Dalam proses perancangan antenna sebelumnya telah ditentukan terlebih dahulu spesifikasi antenna yang akan dibuat. Pada penelitian ini akan dibuat antenna mikrostrip metode *phase array* dengan elemen peradiasi berbentuk *rectangular* yang bekerja pada frekuensi 900 Mhz. Beberapa parameter antenna yang ingin dicapai sangat dipengaruhi oleh perancangan ukuran *patch*, substrat dan pencatuan antenna.

Berdasarkan implementasi antenna sebagai penguat sinyal modem GSM dengan frekuensi kerja pada 900 Mhz maka dalam perancangan digunakanlah material PCB FR4 dengan ketebalan 1,6 mm untuk bahan substrat antenna. Setelah didapat ukuran *patch* dengan proses perhitungan selanjutnya perancangan akan menggunakan perangkat lunak HFSS milik Ansoft. Perangkat lunak tersebut dibuat bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam hal pembuatan antenna mikrostrip. Antenna mikrostrip rancangan yang dibuat adalah antenna mikrostrip bentuk *rectangular array* 4 elemen *patch* dengan frekuensi kerja 900 Mhz.

3.10.1 Hasil Perancangan Antena 1 *Patch* Simulasi

Hasil dari perancangan antenna menggunakan *software* HFSS Ansoft terlihat pada gambar 3.6, dimana setelah melakukan perhitungan dan pematchingan serta proses iterasi didapat ukuran antenna dengan lebar (w) 101,626 mm dan panjang (l) 77,56 mm. Setelah didapatkan ukuran *patch* selanjutnya harus mematchingkan ukuran *feed* pencatunya dengan *patch* yang ada. Perancangan suatu antenna tidak

terlepas dari penyesuaian impedansi (*impedance matching*). Suatu jalur transmisi dikatakan *matched* apabila karakteristik impedansi $Z_o = Z_L$ atau dengan kata lain tidak ada refleksi yang terjadi pada ujung saluran beban. Z_o merupakan karakteristik impedansi suatu saluran transmisi dan biasanya bernilai 50Ω . Z_L merupakan impedansi beban. Pencatuan yang digunakan yaitu pencatuan *feed line*, Dalam pencatuan jenis ini *patch* dari mikrostrip di catu dengan jalur konduktor yang diletakkan di sisi yang sama pada elemen *patch*. Dimana didapatkan dimensi dari *feed* antenna melalui *software* TXLine 2003 yaitu untuk lebar (w) 3,7 mm dan panjang (l) 50 mm.



Gambar 3.6 Antena 1 *Patch* Simulasi

Spesifikasi ukuran antena 1 *patch* berdasarkan perhitungan dan melalui proses pematchingan serta iterasi ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spesifikasi Antena 1 *Patch*

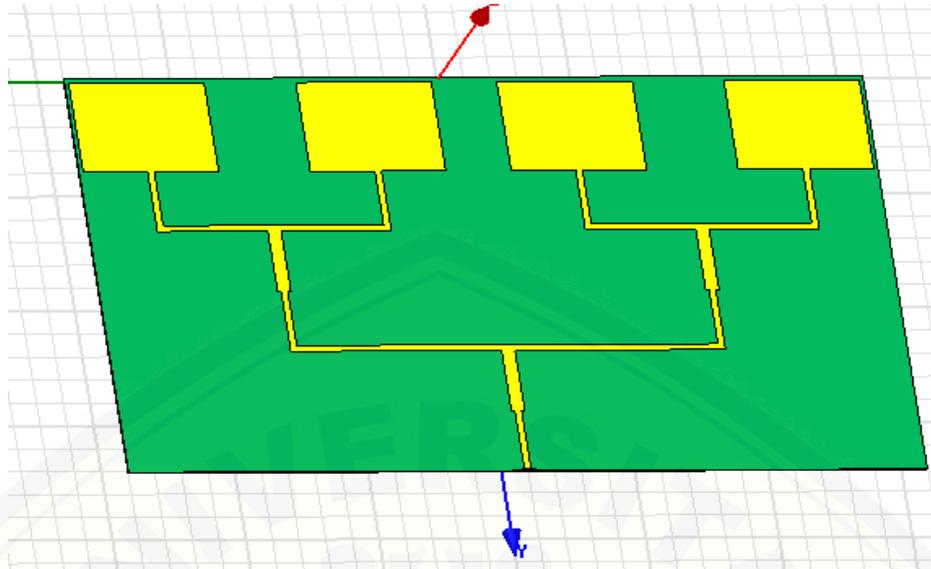
Dimensi	Ukuran
Lebar substrat (w)	111,626 mm
Panjang substrat (l)	129,56 mm
Tebal Substrat FR4 (h)	1,6 mm
Lebar <i>patch</i> (w)	101,626 mm
Panjang <i>patch</i> (l)	77,56 mm
Lebar <i>feed</i> (w)	3,7 mm
Panjang <i>feed</i> (l)	50 mm

Tabel 3.6 Spesifikasi Antena 2 Patch

Dimensi	Ukuran
Lebar substrat (w)	281,986 mm
Panjang substrat (l)	229,56 mm
Tebal substrat FR4 (h)	1,6 mm
Lebar patch (w)	101,626 mm
Panjang patch (l)	77,56 mm
Lebar feed (w)	3,7 mm
Panjang feed (l)	50 mm
Lebar Z (w)	7,4 mm
Panjang Z (l)	50 mm
Jarak 2 elemen patch (d)	166,66 mm

3.10.3 Hasil Perancangan Antena 4 Patch Array Simulasi

Pada hasil perancangan antena 4 patch ini yaitu kelanjutan dari hasil akhir perancangan 2 patch antena. Secara struktur dasar desain antena array 4 elemen patch ini adalah penambahan sebuah elemen patch identik yang ditempatkan pada jarak resonansi frekuensi operasi tertentu. Proses yang dilakukan yaitu dengan menduplikat 2 elemen patch menjadi 4 serta ditambahkan sebuah rangkaian transformator. Untuk mendesain antena mikrostrip array dibutuhkan suatu saluran yang dapat menghubungkan antar patch yang ada. Bentuk awal dari saluran tersebut berupa *T-Junction* yang merupakan saluran pencatu yang memiliki percabangan dimana Z_0 merupakan impedansi karakteristik dan Z adalah impedansi transformer $\frac{1}{4} \lambda$. Pengukuran dimensi Z melalui TXLine 2003 serta melalui proses iterasi didapatkan lebar (w) 10 mm, panjang (l) 53 mm dan Pengukuran jarak resonansi antara 4 elemen patch didapatkan sepanjang 316,02 mm. Hasil simulasi antena 2 elemen patch menggunakan software HFSS Ansoft terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Antena 4 Patch Array Simulasi

Spesifikasi ukuran antena *array 4 patch* berdasarkan perhitungan dan melalui proses pematchingan serta iterasi ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Spesifikasi Antena 4 Patch

Dimensi	Ukuran
Lebar substrat (w)	599,006 mm
Panjang substrat (l)	343.56 mm
Tebal substrat FR4 (h)	1,6 mm
Lebar <i>patch</i> (w)	101,626 mm
Panjang <i>patch</i> (l)	77,56 mm
Lebar <i>feed</i> (w)	5 mm
Panjang <i>feed</i> (l)	52 mm
Lebar Z (w)	10 mm
Panjang Z (l)	53 mm
Jarak 2 elemen <i>patch</i> (d)	166,66 mm
Jarak 4 elemen <i>patch</i> (d)	316,02 mm