



**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY*  
SEBAGAI PENGUAT SINYAL MODEM *PORTABLE*  
KONDISI BERGERAK**

**SKRIPSI**

oleh :

**Reza Gilang Ramadhan  
101910201029**

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



**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY*  
SEBAGAI PENGUAT SINYAL MODEM *PORTABLE*  
KONDISI BERGERAK**

**SKRIPSI**

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

oleh :

**Reza Gilang Ramadhan  
101910201029**

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

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Mukarromah dan Ayahanda Sukardi 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)

Nalar hanya akan membawa anda dari A menuju B, namun imajinasi mampu membawa anda dari A kemana saja.  
(Albert Einstein)

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

Manusia tidak memiliki talenta yang sama, tapi memiliki kesempatan yang sama untuk mengembangkan talentanya.  
(John Fitzgerald Kennedy)

Selesaikanlah apa yang sudah dimulai, kekuatan dari keinginan yang menyertai.  
(Reza Gilang Ramadhan)

*Sing penting wani disek.*  
(Elektro 2010)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reza Gilang Ramadhan

NIM : 101910201029

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Sebagai Penguat Sinyal Modem *Portable* Kondisi Bergerak” 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Maret 2015  
Yang menyatakan

Reza Gilang Ramadhan  
NIM 101910201029

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY*  
SEBAGAI PENGUAT SINYAL MODEM *PORTABLE*  
KONDISI BERGERAK**

Oleh

Reza Gilang Ramadhan  
NIM 101910201029

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : M. Agung Prawira N. S.T.,M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul: **“Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode Phase Array Sebagai Penguat Sinyal Modem Portable Kondisi Bergerak”** telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember pada:

Hari : Jum'at  
Tanggal : 6 Maret 2015  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**TimPenguji**

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

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

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

Mengetahui

Penguji I,

Penguji II,

**Sumardi, S.T., M.T.**  
NIP: 19670113 199802 1 001

**Widva Cahvadi, S.T., M.T.**  
NIP: 19851110 201404 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Jember.

**Ir. Widyono Hadi, M.T.**  
NIP : 19610414198902 1 001

## RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP METODE *PHASE ARRAY* SEBAGAI PENGUAT SINYAL MODEM *PORTABLE* KONDISI BERGERAK

**Reza Gilang Ramadhan**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

### ABSTRAK

Telekomunikasi berperan penting bagi manusia untuk dapat saling bertukar informasi. Teknologi telekomunikasi terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Sebagai contoh *wireless fidelity* (Wi-Fi) bergerak, yaitu modem *portable* 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 2 elemen peradiasi berbentuk *rectangular*. Tujuannya yaitu sebagai penguat sinyal modem *portable* dalam kondisi bergerak. Pada penelitian ini, pengujian hasil parameter – parameter antenna secara simulasi membuktikan bahwa hasil dari parameter – parameter untuk antenna dengan metode *phase array* mengalami optimasi dibandingkan antenna 1 *patch*, diperoleh parameter antenna mikrostrip *array* yaitu *return loss* = -26,150 dB, *Bandwidth* = 28,151 Mhz, *VSWR* = 0,856 dB, dan *gain* = 3,047 dBm.

**Kata kunci** : *modem portable, mikrostrip, phase array.*



*BUILDING DESIGN OF MICROSTRIP ANTENNA USE PHASE ARRAY  
METHOD AS AMPLIFIER SIGNAL FOR PORTABLE MODEM  
IN MOVING CONDITION*

**Reza Gilang Ramadhan**

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

**ABSTRACT**

*Nowdays telecommunication is an important thing for human to get information of each others. Telecommunication technology always developed for human needs, For example mobile wireless fidelity (Wi-Fi), it is a portable modem which have been available in public transportation for the passengers. The development of wireless communication and mobile communication always need antenna device. In this research we make mikrostrip antenna using phase array method with 2 radiating element that has rectangular shape. The objective of this research is to make signal amplifier of portable modem in moving condition. In this research, the results of antenna's parameters test using simulation proves that the results of antenna's parameters with phase array method is more optimal than 1 patch antenna, the simulation's results that it gets is return loss = -26,150 dB, Bandwidth = 28,151 Mhz, VSWR = 0,856 dB, and gain = 3,047 dBm.*

**Key words** : *portable modem, mikrostrip, phase array.*

## RINGKASAN

**Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Sebagai Penguat Sinyal Modem *Portable* Kondisi Bergerak;** Reza Gilang Ramadhan; 101910201029; 2015; 108 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 *wireless fidelity* (Wi-Fi) bergerak, yaitu modem *portable* 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 *portable* kondisi

bergerak pada frekuensi kerja 900 Mhz. Bahan yang digunakan dalam pembuatan antenna yaitu jenis substrat FR4 epoxy dengan ketebalan 1,6 mm dan Konstanta dielektrik relatif ( $\epsilon_r$ ) 4,4. Spesifikasi dari ukuran antenna *array* yaitu lebar *patch* 260 mm, panjang substrat 239,59 mm, lebar *patch* 101,626 mm, panjang *patch* 77,56 mm, lebar *feed* 4 mm, panjang *feed* 52 mm, lebar *transformator* 7,6 mm, panjang *transformator* 52 mm dan jarak elemen *patch* 152,38.

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* -26,15 dB, *bandwidth* 28,152 Mhz, VSWR 0,856 dB dan *gain* 3,047 dBm. Hasil dari parameter antenna *array* tersebut juga mengalami optimasi dari antenna 1 elemen *patch*.

Pada pengujian fungsi antenna *array*, pengujian dilakukan pada dua tempat yaitu area terbuka dilakukan di daerah Kreongan dan pada area sub urban dilakukan di daerah Sukorambi. Prosedur dari pengambilan data pada pengujian ini dilakukan pada dua kondisi modem. Kondisi yang pertama pada saat modem tidak bergerak tanpa antenna dan dengan menggunakan antenna. Pada kondisi yang kedua yaitu modem bergerak dengan beberapa kecepatan yaitu 10 km/jam sampai 50 km/jam dengan jarak tempuh yang sama yaitu 2 km menjauhi BTS. Dengan menggunakan *software* QXDM parameter yang dapat diuji yaitu PSC atau sinyal pilot, *Energy* atau nilai dari sinyal *pilot*, Set adalah kondisi sinyal *pilot*, dan RSCP atau *power level* sinyal yang diterima modem. Dan juga *software* speedtets yang digunakan untuk mengetahui kualitas akses internet dari modem.

Hasil dari pengujian fungsi antenna *array* pada dua area berbeda tersebut didapatkan optimalisasi hasil uji yang maksimal saat modem dipasang antenna *array*. Hanya saja pengaruh area sangat berpengaruh dalam besar kecilnya parameter hasil uji, Baik kondisi tidak bergerak ataupun kondisi bergerak. Saat kondisi tidak bergerak parameter yang didapatkan lebih baik dikarenakan *power level* sinyal sinyal dan *Energy* dari sinyal *pilot* cukup kuat dan stabil, Serta kondisi sinyal *pilot* yang terdeteksi yang aktif hanya 1. Dan didapatkan hasil pengujian kondisi bergerak antenna dikatakan cukup stabil dalam keterarahannya dalam menerima sinyal, namun semakin cepat kecepatan bergerak parameter yang

diperoleh semakin kecil, namun penurunan tersebut tidak terlalu signifikan. Antena *array* yang telah dibuat memiliki karakteristik pola radiasi *directional* dimana antena akan fokus terhadap arah medan tertentu dekat antena. Hal ini menguntungkan untuk kondisi modem *portable* yang bergerak untuk selalu stabil dalam menerima sinyal. Didapatkan sinyal *pilot* yang terdeteksi walaupun kondisi bergerak hanya 1 yang aktif dan energinya cukup baik dan *power level* sinyal yang diterima tetap stabil.

Sedangkan pengaruh terhadap kualitas akses internet pada modem didapatkan hasil yang sesuai dengan pengujian menggunakan QXDM. Dimana speedtest membaca bahwa parameter hasil uji meliputi ping, *download speed* dan *upload speed* lebih baik daripada modem tanpa menggunakan antena array dalam dua area tersebut dan dalam kondisi bergerak maupun tidak bergerak.

## 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* Sebagai Penguat Sinyal Modem *Portable* Kondisi Bergerak”. 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. Catur Suko Sarwono, S.T. sebagai Dosen Pembimbing Utama, M. Agung Prawira N. S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan selama penelitian dan penulisan skripsi ini;
2. Sumardi, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji I, Widya Cahyadi, S.T., M.T., sebagai Dosen Penguji II;
3. Sumardi, 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 Mukarromah dan Ayahanda Sukardi, yang selalu memberikan do’a, cinta dan kasih sayangnya mulai dari aku dilahirkan sampai saat ini bisa menjadi Sarjana Teknik;
7. Adikku Dandy Feriawan Ananta dan Kakakku Dodik Surya Pratama, yang selalu memberi semangat, motivasi, dukungan dan bantuannya;
8. Ayu Indah Julianty sebagai pendamping hati dengan dukungan, kasih sayang dan do’a yang tulus selalu dia berikan selama ini;
9. Teman seperjuangan yaitu Emon *alias* Nurdin, Iyek *alias* Farid, Atmo *alias* Syuhada, Vicky, Ival, Septian, Tito, Gunawan, Gifry, Denis, Toni, Kingkong

*alias* Ryan selaku tetua, terimakasih atas kerja sama, kebersamaan dan bantuannya hingga terselesaikannya skripsi ini;

10. Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2010, aku bangga menjadi angkatan 2010. “Saklawase Dulur”.
11. Teman – teman di rumah, Rizal, Mustain, Eko, Sofi, Fifik, yang selalu memberikan dukunganya.

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

Jember, 6 Maret 2015

Reza Gilang Ramadhan

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Permasalahan</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.6 Sistematika Penulisan</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Antena Mikrostrip 900 Mhz</b> .....	5
<b>2.2 Landasan Teori</b> .....	5
2.2.1 Antena.....	6
2.2.2 Besaran Antena.....	6
2.2.2.1 VSWR.....	6
2.2.2.2 <i>Return Loss</i> .....	7
2.2.2.3 <i>Gain</i> .....	7
2.2.2.4 <i>Directivity</i> .....	8
2.2.2.5 <i>Bandwidth</i> .....	9
2.2.2.6 Impedansi Masukan.....	11

2.2.2.7 Impedansi Karakteristik Saluran Mikrostrip.....	11
2.2.2.8 Polarisasi Antena.....	12
2.2.2.9 Pola Radiasi.....	15
2.2.3 Antena Mikrostrip.....	16
2.2.4 Struktur Dasar Antena Mikrostrip.....	18
2.2.5 Antena <i>Array</i> .....	19
2.2.6 Teknik Pencatuan.....	20
2.2.7.1 <i>Coaxial Feeding</i> .....	21
2.2.7.2 <i>Microstrip Line Feed</i> .....	21
2.2.7.3 <i>Proximity Coupled Feeding</i> .....	22
2.2.7.4 <i>Aperture Coupled Feeding</i> .....	23
2.2.7 Dimensi Antena <i>Rectangular</i> .....	23
2.2.8 Dimensi Saluran Mikrostrip ( <i>Feed Line</i> ).....	25
2.2.9 Impedansi <i>Matching</i> .....	26
2.2.10.1 <i>T-Junction</i> .....	27
2.2.10 <i>Software</i> Ansoft HFSS v12.....	27
2.2.11 Alokasi Frekuensi Operator GSM di Indonesia.....	28
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Tempat Penelitian.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Tahap Perencanaan.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Perangkat Penelitian.....</b>	<b>31</b>
<b>3.4 Blok Diagram Sistem.....</b>	<b>32</b>
<b>3.5 Menentukan Karakteristik Antena.....</b>	<b>32</b>
<b>3.6 <i>Flowchart</i> Perancangan 1 Elemen Antena.....</b>	<b>32</b>
<b>3.7 <i>Flowchart</i> Perancangan 2 Elemen Antena.....</b>	<b>34</b>
<b>3.8 Pemilihan Jenis Subtrat.....</b>	<b>36</b>
<b>3.9 Perancangan Dimensi Antena.....</b>	<b>36</b>
3.9.1 Perancangan <i>Patch</i> .....	37
3.9.2 Perancangan Saluran Pencatu.....	38
3.9.3 Perancangan <i>T-Junction</i> .....	41
3.9.4 Perancangan Jarak Antara Elemen <i>Patch</i> .....	45
<b>3.10 Desain Antena <i>Array</i> Peradiasi Rectangular.....</b>	<b>46</b>
<b>3.11 Hasil Perancangan Antena Secara Simulasi.....</b>	<b>47</b>
3.11.1 Hasil Perancangan Antena 1 <i>Patch</i> Simulasi.....	48



3.11.2 Hasil Perancangan Antena 2 <i>Patch</i> Simulasi.....	49
<b>3.12 Pengambilan Data.....</b>	<b>51</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Hasil Pengujian Antena Secara Simulasi.....</b>	<b>53</b>
4.1.1 Pengujian Parameter Antena 1 <i>Patch</i> Simulasi.....	57
4.1.1.1 Pengujian <i>Return Loss</i> .....	57
4.1.1.2 Pengujian VSWR.....	58
4.1.1.3 Pengujian <i>Gain</i> .....	59
4.1.1.4 Pengujian Pola Radiasi.....	60
4.1.1.5 Pengujian <i>Bandwidth</i> .....	61
4.1.2 Pengujian Parameter Antena 2 <i>Patch Array</i> Simulasi.....	62
4.1.2.1 Pengujian <i>Return Loss</i> .....	62
4.1.2.2 Pengujian VSWR.....	64
4.1.2.3 Pengujian <i>Gain</i> .....	65
4.1.2.4 Pengujian Pola Radiasi.....	65
4.1.2.5 Pengujian <i>Bandwidth</i> .....	66
4.1.3 Optimasi Hasil Parameter Antena Mikrostrip <i>Array</i> .....	67
<b>4.2 Hasil Fabrikasi Antena <i>Array</i>.....</b>	<b>67</b>
<b>4.3 Pengujian Antena Secara Fungsi.....</b>	<b>68</b>
4.3.1 Pengujian Rural (Bebas Area) di Daerah Kreongan.....	70
4.3.1.1 Pengujian Tidak Bergerak.....	71
4.3.1.2 Pengujian Bergerak.....	74
4.3.2 Pengujian Sub Urban (Pedesaan) di Daerah Sukorambi.....	78
4.3.2.1 Pengujian Tidak Bergerak.....	79
4.3.2.2 Pengujian Bergerak.....	81
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>86</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>86</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>87</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>89</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>91</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Tabel Alokasi Frekuensi 3 Operator Terbesar Indonesia.....	28
3.1 Spesifikasi Subtrat FR4 epoxy.....	36
3.2 Iterasi Saluran Pencatu.....	41
3.3 Iterasi <i>T-Junction</i> .....	44
3.4 Iterasi Jarak Elemen <i>Patch</i> .....	46
3.5 Spesifikasi Antena 1 <i>Patch</i> .....	49
3.6 Spesifikasi Antena 2 <i>Patch</i> .....	50
4.1 Optimasi Parameter Antena Mikrostrip.....	67
4.2 Hasil Pengujian QXDM Modem Tidak Bergerak.....	71
4.3 Hasil Pengujian Speedtest Modem Tidak Bergerak.....	73
4.4 Hasil Pengujian QXDM Modem Bergerak.....	74
4.5 Hasil Pengujian Speedtest Modem Bergerak.....	77
4.6 Hasil Pengujian QXDM Modem Tidak Bergerak.....	79
4.7 Hasil Pengujian Speedtest Modem Tidak Bergerak.....	81
4.8 Hasil Pengujian QXDM Modem Bergerak.....	81
4.9 Hasil Pengujian Speedtest Modem Bergerak.....	84

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Rentang Frekuensi <i>Bandwidth</i> Dengan <i>Standard</i> $RL \leq -10$ dB.....	9
2.2 Polarisasi linier.....	13
2.3 Polarisasi elips.....	14
2.4 Polarisasi Melingkar.....	15
2.5 Struktur Antena Mikrostrip.....	18
2.6 Jenis - Jenis Elemen Peradiasi.....	19
2.7 <i>Coaxial Feeding</i> .....	21
2.8 <i>Microstrip line feeding</i> .....	22
2.9 <i>Proximity coupled feeding</i> .....	22
2.10 <i>Aperture Coupled Feeding</i> .....	23
2.11 Desain <i>T-Junction</i> .....	27
3.1 Blok Diagram Sistem.....	32
3.2 <i>Flowchart</i> Perancangan Antena 1 Elemen <i>Patch</i> .....	33
3.3 <i>Flowchart</i> Perancangan Antena 2 Elemen <i>Patch</i> .....	35
3.4 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi Saluran Pencatu.....	40
3.5 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi <i>T-Junction</i> .....	44
3.6 Desain Antena <i>Array</i> Peradiasi <i>Rectangular</i> .....	47
3.7 Antena 1 <i>Patch</i> Simulasi.....	48
3.8 Antena 2 <i>Patch Array</i> Simulasi.....	50
4.1 <i>Validation Check</i> .....	54
4.2 <i>Analysis Add Solution Setup</i> .....	54
4.3 <i>Edit Sweep</i> .....	55
4.4 <i>Result, Create Modal Solution Data Report</i> .....	56
4.5 <i>Rectangular Plot</i> .....	56
4.6 <i>Create Far Fields Report</i> .....	57
4.7 <i>Return loss</i> .....	58
4.8 Besar <i>Return loss</i> .....	58
4.9 VSWR.....	59
4.10 Besar VSWR.....	59
4.11 Besar <i>Gain</i> .....	60

4.12 Pola Radiasi.....	61
4.7 Besar <i>Bandwidth</i> .....	62
4.8 Nilai <i>Return loss Sweep 1</i> (850 Mhz – 950 Mhz).....	63
4.9 Nilai <i>Return loss Sweep2</i> (800 Mhz – 1900 Mhz).....	63
4.10 Nilai <i>Return loss Frekuensi Multi band</i> .....	64
4.11 Besar <i>VSWR</i> .....	64
4.12 Besar <i>Gain</i> .....	65
4.13 Pola Radiasi.....	66
4.14 Besar <i>Bandwidth</i> .....	66
4.15 <i>Prototipe</i> Antena Mikrostrip <i>Array 2 Elemen Patch</i> .....	68
4.16 Tampilan <i>windows WCDMA Power</i> .....	70
4.17 Tampilan <i>windows WCDMA Pilot Scanner</i> .....	70
4.18 Tempat Pengujian Area Terbuka (Rural) Daerah Kreongan.....	71
4.19 Tempat Pengujian Area Pedesaan (Sub Urban) Daerah Sukorambi.....	78

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
I. Hasil <i>Capture</i> Pengujian Antena Daerah Kreongan (Rural).....	91
II. Hasil <i>Capture</i> Pengujian Antena Daerah Sukorambi (Sub Urban).....	98
III. Dokumentasi Alat.....	106



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dunia teknologi pada zaman ini sudah semakin maju dengan segala kelebihan yang akan terus berkembang untuk mencapai kesempurnaan. Salah satu yang perkembangannya sangat dituntut oleh masyarakat modern yaitu teknologi di bidang telekomunikasi. Telekomunikasi merupakan salah satu yang berperan penting untuk kebutuhan manusia. Dengan telekomunikasi manusia dapat saling bertukar informasi antara satu sama lain. 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 batasan yang diakibatkan baik oleh keadaan geografis maupun jarak yang jauh dapat ditanggulangi. Karena itu, saat ini sedang dikembangkan teknologi akses dan sistem lainnya yang akan mampu menyesuaikan dengan kebutuhan tersebut. Khususnya komunikasi internet *wireless fidelity* (Wi-Fi) terus berkembang baik dari segi jaringan maupun arsitekturnya. Sebagai contoh *wireless fidelity* (Wi-Fi) bergerak, yaitu modem *portable* yang sekarang ini sudah menjadi pelayanan kendaraan angkutan umum modern yang disediakan untuk penumpangnya. Namun untuk membangun sebuah *wireless fidelity* bergerak harus memperhitungkan kualitas dari infrastruktur yang ada, sehingga nantinya didapatkan komunikasi yang *matching* dan baik.

Perkembangan komunikasi tanpa kabel dan komunikasi bergerak tidak terlepas dari adanya perangkat antena. Sebuah antena generasi modern yang mengarah kepada perbaikan sinyal sangat dibutuhkan untuk keseimbangan kemajuan teknologi telekomunikasi yang berkembang saat ini. Berbagai antena telah banyak dikembangkan dalam berbagai aplikasi, seperti radar, telemetri, biomedik,

radio bergerak, dan komunikasi satelit. 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 yang kecil, ringan, tipis, mudah difabrikasi, dan dapat digunakan pada jarak yang sangat jauh dengan kisaran frekuensi dari 100 MHz sampai diatas 100 GHz. Walaupun memiliki banyak kelebihan, antena mikrostrip juga memiliki kekurangan. Beberapa kekurangannya adalah tergantung penggunaan fungsi antena mikrostrip yang akan dibuat, apabila digunakan sebagai antena penerima maka kekurangannya adalah *bandwidth* yang sempit serta efisiensi yang rendah.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dari rancang bangun antena mikrostrip metode *phase array* yang akan di implementasikan untuk modem *portable* ini maka yang dapat dianalisa sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat antena mikrostrip *phase array* untuk digunakan sebagai penguat sinyal modem *portable* kondisi bergerak ?
2. Menganalisa dan mengevaluasi parameter antena agar tercapai *performance* yang terbaik, yaitu meliputi *gain*, *VSWR*, *return loss*, *bandwidth* dan pola radiasi antena.
3. Menganalisa kualitas modem *portable* yang telah terpasang antena mikrostrip meliputi WCDMA *Pilot scanner* dan WCDMA *Power* menggunakan *software* QPST dan QXDM. Serta menganalisa kualitas akses internet pada modem menggunakan *software speedtest*.

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah dari tugas akhir ini, maka akan dibatasi sejumlah hal agar studi terkait tetap terarah.

1. Antena mikrostrip *phase array* yang dibuat digunakan pada frekuensi 900 Mhz dengan menggunakan perangkat lunak *Software HFSS v12*.
2. Parameter yang dianalisa meliputi *gain*, *VSWR*, *return loss*, *bandwidth*, dan pola radiasi pada frekuensi 900 Mhz.
3. Pengambilan data pada modem *portable* hanya sebagai implementasi antena mikrostrip *phase array* sebagai penguat sinyal.
4. Bahan yang digunakan untuk membuat antena adalah bahan substrat FR4.

#### 1.4 Tujuan

1. Untuk dapat membuat antena penguat sinyal modem *portable* dengan peradiasi *rectangular patch* susun 2 elemen menggunakan *software HFSS v12*.
2. Untuk mengetahui parameter apa saja yang sangat berpengaruh dalam rancang bangun antena *phase array* 2 elemen *patch* yang digunakan pada frekuensi 900 Mhz.
3. Antena yang akan dirancang untuk modem *portable* diharapkan dapat memperkuat sinyal yang stabil pada kondisi modem bergerak setiap waktunya.

#### 1.5 Manfaat

Penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penyedia jasa transportasi umum dalam membangun *Wireless Fidelity* (Wi-fi) pada kendaraannya. Sehingga pengguna jasa transportasi dapat menikmati akses internet dengan optimal. Tidak hanya itu saja penelitian tugas akhir ini diharapkan akan menjadi titik balik dari berkembangannya antena mikrostrip sebagai penguat sinyal untuk Modem *Portable*.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan berikut :

### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Merupakan bab yang membahas tentang latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan , manfaat , dan sistematika penulisan tugas akhir.



**BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Merupakan bab yang membahas tentang landasan teori mengenai tugas akhir yaitu antenna mikrostrip dengan metode *phase array* sebagai penguat sinyal modem *pertable*.

**BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Merupakan bab yang membahas tentang tempat dan waktu penelitian, objek penelitian, alat dan bahan penelitian, perancangan dan pembuatan antenna dengan metode *phase array*, dan diagram alir penelitian.

**BAB 4. PEMBAHASAN**

Merupakan bab yang membahas tentang hasil analisa penelitian tugas akhir yaitu analisa hasil pengujian parameter antenna dan pengujian fungsi antenna mikrostrip dengan metode *phase array* sebagai penguat sinyal modem *portable*.

**BAB 5. PENUTUP**

Merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari uraian keseluruhan isi bab dan saran yang perlu dikemukakan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan kepustakaan dilakukan sebagai pembandingan penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan dengan yang saat ini dikerjakan. Hal tersebut dilakukan guna memperkaya wawasan atau mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah ada sehingga bidang keilmuan yang diteliti akan mengalami perkembangan.

### 2.1 Antena Mikrostrip 900 Mhz

Mengutip dari penelitian sebelumnya yaitu “*Rancang Bangun Antena Microstrip 900 Mhz*”(Posma dkk : 2011). Pada penelitian ini dikembangkan antena mikrostrip peradiasi *rectangular* dengan 1 elemen *patch* yang terbukti dapat meningkatkan *gain*.

Untuk penelitian selanjutnya yang akan dikerjakan yaitu membuat antena sebagai penguat sinyal modem *portable* kondisi bergerak. Dengan menggunakan metode *phase array* 2 elemen *patch*, peradiasi yang digunakan adalah sama yaitu *rectangular*, dan frekuensi kerja modem GSM yaitu 900 Mhz yang menjadi perbedaan penelitian ini. Dan juga dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HFSS dalam merancang antenanya dan perangkat lunak QPST, QXDM untuk pengujian fungsi antena pada modem GSM frekuensi 900 Mhz kondisi bergerak.

### 2.2 Landasan Teori

Pada landasan teori akan dijelaskan semua system dan perangkat yang mendukung terbentuknya “*Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode Phase Array Sebagai Penguat Sinyal Modem Portable Kondisi Bergerak*”. Dibutuhkan konfigurasi yang baik dalam pemilihan perangkat serta bahan yang tepat agar tercipta sebuah antena yang optimal.

### 2.2.1 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.

### 2.2.2 Besaran Antena

Antena memiliki besaran-besaran penting yang digunakan sebagai penilaian kualitas. Besaran ini digunakan untuk menentukan antena yang dibuat atau diteliti layak / cocok digunakan atau tidak. Beberapa parameter umum dijelaskan sebagai berikut (Pratama : 2013).

#### 2.2.2.1 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

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 direfleksikan  $V_0^-$ . Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan tersebut sebagai koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana  $Z_L$  adalah impedansi beban (*load*) dan  $Z_0$  adalah impedansi saluran (*lossless*). Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) memiliki nilai kompleks, yang

mempresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari  $\Gamma$  adalah nol, maka :

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

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

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

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah :

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots\dots\dots (2.2)$$

#### 2.2.2.2 Return Loss

*Return loss* adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan ( $V_0^-$ ) 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.

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{z_1 - z_0}{z_1 + z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \dots\dots\dots (2.3)$$

#### 2.2.2.3 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 :

$$G = \eta \times D \dots\dots\dots (2.4)$$

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  $4\pi$ . *Absolute gain* ini dapat dihitung dengan rumus :

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \dots\dots\dots (2.5)$$

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 :

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

#### 2.2.2.4 Directivity

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

$$D = \frac{U_{max}}{U_0} \dots\dots\dots (2.7)$$

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

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

D = Keterarahan (*Directivity*)

D<sub>0</sub> = Keterarahan maksimum

U = Intensitas radiasi

U<sub>max</sub> = Intensitas radiasi maksimum

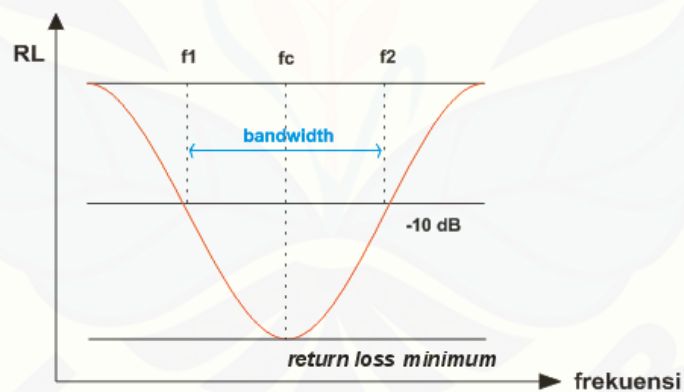
U<sub>0</sub> = Intensitas radiasi pada sumber isotropik

Prad = Daya total radiasi

#### 2.2.2.5 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 2.1. Rentang Frekuensi *Bandwidth* Dengan *Standard*  $RL \leq -10$  dB  
(Sumber : Pratama, 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 :

- a. *Impedance Bandwidth* adalah rentang frekuensi tertentu dimana *patch* antenna *matching* dengan saluran catunya. 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  $VSWR < 1.5$ .
- b. *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.
- c. *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:

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$f_c = \frac{f_h - f_l}{2} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan:

$f_h$  = frekuensi tertinggi dalam *band* (GHz)

$f_l$  = frekuensi terendah dalam *band* (GHz)

$f_c$  = frekuensi tengah dalam *band* (GHz)

### 2.2.2.6 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 :

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta l}{Z_0 + jZ_L \tan \beta l} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g} \quad \text{dengan } \beta \text{ adalah konstanta propagasi.} \dots\dots\dots (2.12)$$

### 2.2.2.7 Impedansi Karakteristik Saluran Mikrostrip

Pada prinsipnya antena mikrostrip mempunyai kesamaan dengan saluran mikrostrip. Dengan memperhatikan adanya kesamaan sifat yang dimiliki sebagai komponen pasif, maka dalam menentukan impedansi karakteristik antena dapat dilakukan dengan menggunakan analisis saluran transmisi dalam bentuk mikrostrip. Tujuan penentuan impedansi karakteristik antena adalah untuk menentukan lebar saluran atau elemen radiasinya.

Secara matematik besarnya nilai impedansi karakteristik untuk saluran antena mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Z_0 = \frac{337h}{\sqrt{\epsilon_r W}} \quad (\Omega) \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:  $Z_0$  = impedansi karakteristik ( $\Omega$ )

$\epsilon_r$  = permitivitas dielektrik relatif substrat (F/m)

$W$  = lebar elemen radiasi (mm)

$h$  = tinggi bahan substrat (mm)



Impedansi karakteristik merupakan salah satu parameter yang penting dalam merancang antena mikrostrip, karena apabila impedansi saluran yang tidak *matching* dengan impedansi masukan antena akan menyebabkan beberapa masalah, antara lain timbulnya sinyal pantul, distorsi dan interferensi antar alur rangkaian .

#### 2.2.2.8 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 antena, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda .

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan daerah dari magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antena pada suatu arah tertentu.

Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai linier, *circular*, atau *elliptical*.

##### 1. Polarisasi Linier

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

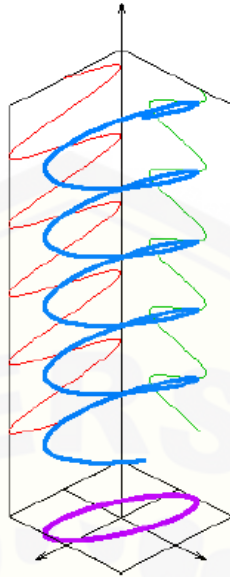


Gambar 2.2 Polarisasi linier  
(Sumber : Pratama, 2013)

## 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 :

- Medan harus mempunyai dua komponen linier *orthogonal*
- Kedua komponen tersebut harus berada pada magnitudo yang sama atau berbeda
- Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo 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 magnitudo yang sama, maka perbedaan fasa diantara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari 90 derajat (karena akan menjadi lingkaran).



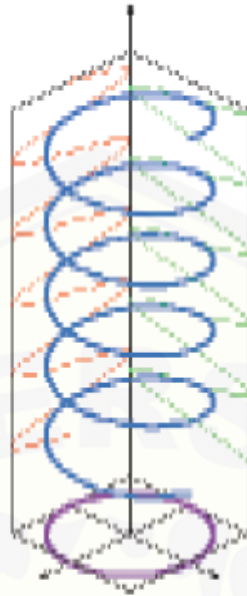
Gambar 2.3 Polarisasi elips  
(Sumber : Pratama, 2013)

### 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 :

- Medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier
- Kedua komponen tersebut harus memiliki magnitudo yang sama
- 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 2.4 Polarisasi Melingkar  
(Sumber : Pratama, 2013)

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

#### 2.2.2.9 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna diukur pada daerah medan jauh antenna, karena pada daerah tersebut gelombang elektromagnetik yang terpancar tidak bergantung jarak dari antenna. Nilai medan jauh dapat dihitung melalui persamaan berikut. (Sumber : Hardiyanti)

$$R \geq \frac{2L^2}{\lambda} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

$L$  = dimensi terbesar antena,  $\lambda$  = panjang gelombang.

Untuk mencari besar  $\lambda$ , kita dapat menggunakan rumus berikut:

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan  $c$  adalah kecepatan cahaya  $3 \times 10^8$  dan  $f$  frekuensi dalam MHz.

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 diluar medan dekat. jarak dekat minimum yang diperbolehkan bergantung pada dimensi antena berkaitan dengan panjang gelombang .

### 2.2.3 Antena Mikrostrip

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. Pengembangan antena mikrostrip berawal dari ide dasar bagaimana menggunakan *printed circuit technology* tidak hanya untuk komponen rangkaian dan saluran transmisi pada sistem elektronika, tetapi 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 terletak diatas 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 satu Sederhana
4. Memungkinkan untuk dibuat *dual-frequency* dan *dual-polarization*
5. Dapat diintegrasikan dengan rangkaian *microwave* lainnya dengan mudah
6. *Feed line* dan *matching network* dapat difabrikasi pada struktur antena sekaligus

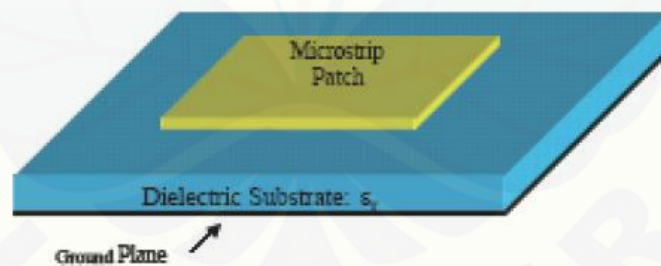
Akan tetapi, terdapat beberapa kekurangan dari antena mikrostrip itu sendiri, diantaranya:

1. *Bandwidth* 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

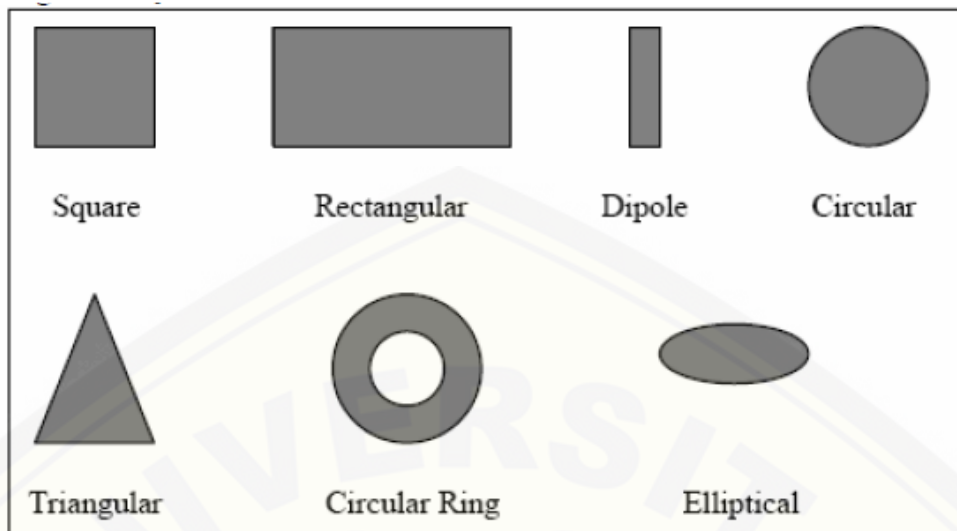
#### 2.2.4 Struktur Dasar Antena Mikrostrip

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 2.5. 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 metal yang mempunyai ketebalan yang sangat tipis. Elemen ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnet. Besar, panjang, lebar maupun radius dari elemen *patch* sangat mempengaruhi frekuensi kerja antena (Pratama: 2013).

Elemen peradiasi dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 Elemen peradiasi terbuat dari bahan konduktor biasanya berupa tembaga. Elemen peradiasi ini dapat berbentuk segiempat, lingkaran, segitiga, ring serta beberapa bentuk elemen modifikasi. Tiap- tiap bentuk tersebut memiliki karakteristik yang berbeda yang digunakan sesuai kebutuhannya.



Gambar 2.5 Struktur Antena Mikrostrip  
(Sumber : Zulkifli, 2008)



Gambar 2.6 Jenis - jenis Elemen Peradiasi  
(Sumber : Pratama, 2013)

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

### 2.2.5 Antena Array

Biasanya antena elemen tunggal memiliki pola radiasi yang sangat lebar, dan setiap 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 keterarahan tertentu, diperlukan medan dari setiap 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 :

- a. konfigurasi geometri (linier, melingkar, *rectangular*, *spherical*, dll)
- b. pemindahan relatif antara elemen
- c. amplitudo eksitasi dari setiap elemen
- d. fasa eksitasi dari setiap elemen
- e. pola relatif dari setiap elemen

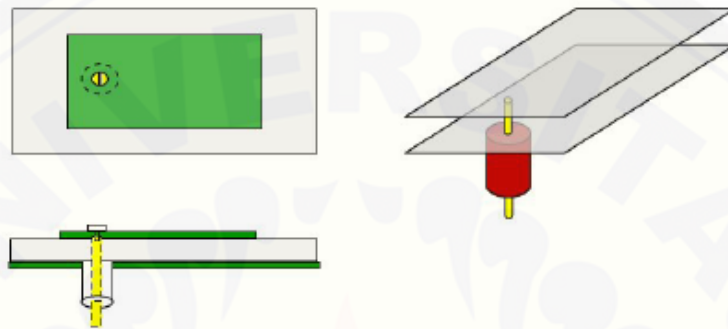
Ada beberapa macam konfigurasi antena *array*, di antaranya: *linear*, *planar*, dan *circular*. Masing-masing konfigurasi memiliki keuntungan, misalnya *linear array* memiliki kelebihan dalam perhitungan yang tidak terlalu rumit, sedangkan *planar array* memiliki kelebihan dalam pengaturan dan pengendalian 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.

#### 2.2.6 Teknik Pencatuan

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

### 2.2.6.1 Coaxial Feeding

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

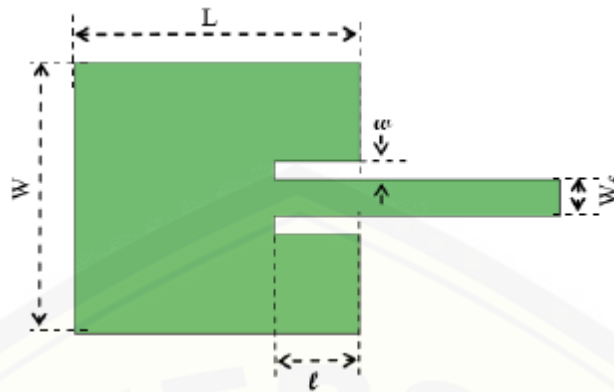


Gambar 2.7 *Coaxial Feeding*  
(Sumber : Pratama, 2013)

*Coaxial feeding* cukup mudah untuk didesain, 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 pabrikasi menggunakan substrat yang tebal, *probe* yang lebih lebar akan dibutuhkan untuk meningkatkan *power* permukaan dan induktansi dari *feeding*.

### 2.2.6.2 Microstrip line feed

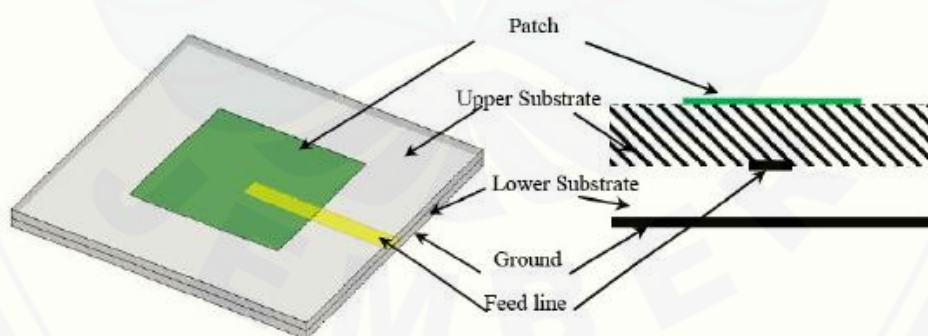
Dalam pencatuan jenis ini, *patch* dari mikrostrip di catu dengan jalur konduktor yang diletakan di sisi yang sama pada elemen *patch*, atau biasa disebut dengan *microstrip line*. *Microstrip line feed* sangat mudah didesain, dihubungkan, dan di fabrikasi. Pencatuan jenis ini adalah pilihan yang baik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



Gambar 2.8 *Microstrip line feeding*  
(Sumber : Pratama, 2013)

### 2.2.6.3 Proximity Coupled Feeding

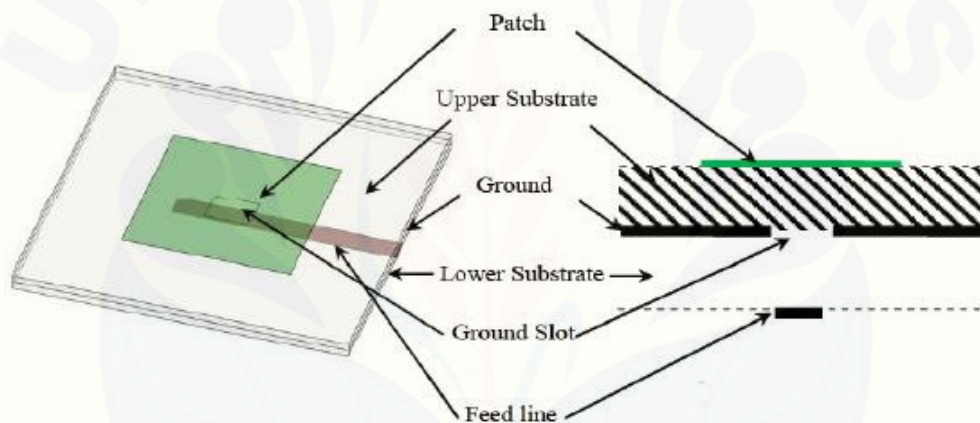
*Proximity coupled feeding* terdiri dari 2 layer atau tumpukan substrat dielektrik. *patch* dari antenna mikrostrip terletak dibagian atas atau tumpukan atas substrat pertama dan jalur *feeding* atau pencatuannya terletak di bagian atas di *layer* kedua atau tumpukan bawah dari substrat. Jadi pencatuannya 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 ketepatan dalam mendesain bagian atas dan bawah *layer*, agar energi dapat terkopel dengan baik.



Gambar 2.9 *Proximity coupled feeding*  
(Sumber : Pratama, 2013)

#### 2.2.6.4 Aperture Coupled Feeding

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



Gambar 2.10 Aperture Coupled Feeding  
(Sumber : Pratama, 2013)

#### 2.2.7 Dimensi Antena Rectangular

Untuk mencari dimensi antenna mikrostrip, harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu tebal substrat ( $h$ ), konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), tebal konduktor ( $t$ ) dan rugi-rugi bahan. Panjang antenna mikrostrip harus disesuaikan, karena apabila terlalu pendek maka *bandwidth* akan sempit sedangkan apabila terlalu panjang, *bandwidth* akan menjadi lebih lebar tetapi efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antenna mikrostrip ( $W$ ) impedansi input juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan untuk

mencari panjang dan lebar antenna mikrostrip dapat menggunakan persamaan sebagai berikut. (Pramono : 2011)

$$W = \frac{c}{2 f_0 \sqrt{\epsilon_r + 1}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana, W : lebar konduktor  
 $\epsilon_r$  : konstanta dielektrik  
 c : kecepatan cahaya di ruang bebas (3x10<sup>8</sup>)  
 $f_0$  : frekuensi kerja antenna

Sedangkan untuk menentukan panjang patch antenna (L) diperlukan paramater  $\Delta L$  yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya fringing effect. Pertambahan panjang dari L ( $\Delta L$ ) tersebut dirumuskan dengan :

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) (\frac{w}{h} + 0,264)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) (\frac{w}{h} + 0,8)} \dots\dots\dots (2.17)$$

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

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan panjang patch (L) dirumuskan dengan:

$$L = L_{eff} - 2 \Delta L \dots\dots\dots (2.19)$$

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

$$L_{eff} = \frac{c}{2 f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \dots\dots\dots (2.20)$$

2.2.8 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 me-matching-kan 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 (Zo) karakteristik yang diinginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip yaitu sebagai berikut :

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.22)$$

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

Konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{reff}$ )

$$\epsilon_{reff} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} + 0,04 \left( 1 - \frac{w}{h} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (2.23)$$

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \ln \left( \frac{8h}{w} + \frac{w}{4h} \right) \dots\dots\dots (2.24)$$

b. Karakteristik Saluran Mikrostrip (Microstrip Line) untuk  $W/h > 1$ Konstanta dielektrik efektif ( $\epsilon_{\text{reff}}$ )

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$Z_0 = \frac{120\pi / \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}{w/h + 1,393 + 2/3 \ln(w/h + 1,44)} \dots\dots\dots (2.26)$$

Rumus untuk menghitung panjang saluran pencatu ( $l$ ) sebagai berikut,

$$l = \frac{\lambda_g}{4} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \dots\dots\dots (2.28)$$

2.2.9 Impedansi *Matching*

Perancangan suatu antenna 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 antenna 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.

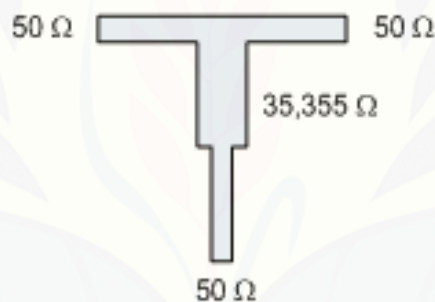
Metode pencatuan secara langsung sulit untuk mencapai kondisi *matching*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk mendapatkan kondisi yang *matching*,

yaitu dengan cara menambahkan *transformator*  $\lambda/4$ , pemberian *single stub*, dan *double stub*.

#### 2.2.9.1 T - Junction

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 metode *wilkinson*.

$$Z = Z_0 / \sqrt{N} \dots\dots\dots (2.29)$$



Gambar 2.11 Desain *T-Junction*  
(Sumber : Alfadil, Rambe, 2014)

#### 2.2.10 Software Ansoft HFSS v12

HFSS yaitu kependekan dari *HighFrequency 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 *tetrahedron*. 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.

### 2.2.11 Alokasi Frekuensi Operator GSM di Indonesia

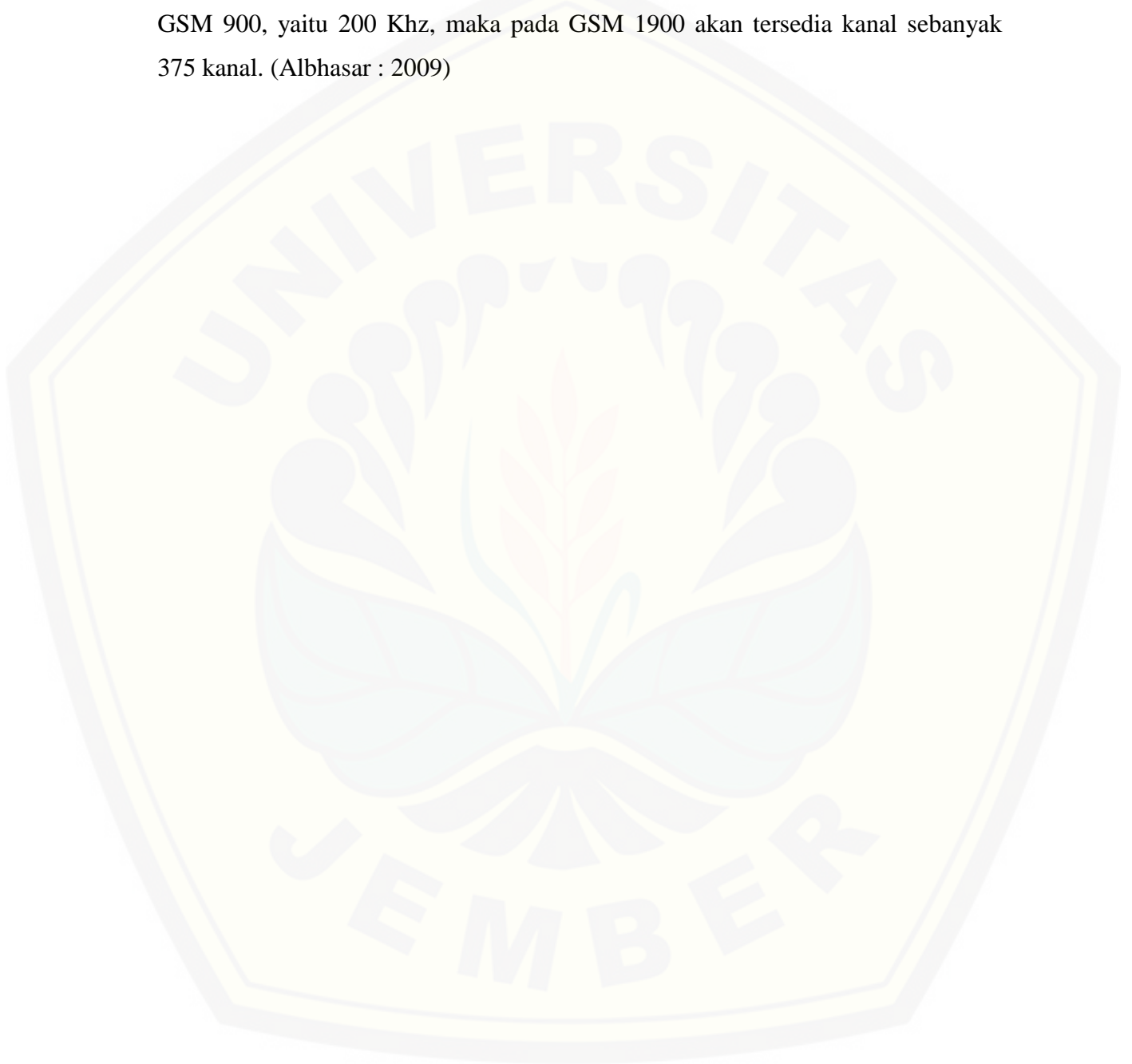
Alokasi frekuensi GSM yang dipakai di Indonesia sama dengan yang dipakai di sebagian besar dunia terutama Eropa yaitu pada pita 900 Mhz, yang dikenal sebagai GSM900, dan pada pita 1800 Mhz, yang dikenal sebagai GSM1800 atau DCS (Digital Communication System). Dimana untuk frekuensi uplinknya digunakan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

Tabel 2.1 Alokasi Frekuensi 3 Operator Terbesar di Indonesia  
(Sumber : Albhasar, 2009)

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

Pada perkembangannya, jumlah kanal sebanyak 124 kanal tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan yang disebabkan pesatnya pertumbuhan 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 downlinknya. Kemudian GSM dengan band frekuensi 1800 Mhz ini dikenal dengan sebutan GSM 1800. Pada GSM 1800 ini tersedia bandwidth sebesar 75 Mhz ( $1880-1805 = 1785-1710 = 75$  Mhz). Dengan lebar kanal tetap sama seperti GSM 900, yaitu 200 Khz, maka pada GSM 1900 akan tersedia kanal sebanyak 375 kanal. (Albhasar : 2009)



## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat Penelitian

Dalam pengambilan data tugas akhir untuk pengaplikasian antena terhadap modem *portable* kondisi bergerak dilakukan di kota Jember. Pengambilan data dilakukan pada dua tempat yang berbeda, Tepatnya di daerah Kreongan (Stadion Notohadi Negoro) dan di daerah desa Sukorambi.

### 3.2 Tahap Perencanaan

Dalam tahap penelitian tugas akhir ini dibutuhkan langkah - langkah perancangan sebagai berikut:

#### 1. Studi literatur

Tahap awal dari penelitian ini yaitu mencari literatur dari penelitian sebelumnya. Sehingga diharapkan penelitian dapat dilaksanakan dan memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan.

#### 2. Perancangan antena

Tahap kedua adalah merancang dimensi antena dengan melakukan perhitungan dan selanjutnya perancangan simulasi menggunakan bantuan *software* Ansoft HFSS dan *software* TXLine 2003. Kemudian hasil perancangan dianalisa parameter antena yang optimal.

#### 3. Pembuatan antena

Tahap ketiga yaitu setelah proses perancangan dan menganalisa parameter antena, hasil perancangan antena akan dibuat dalam bentuk *hardware*.

#### 4. Pengujian fungsi antena Mikrostrip Array

Pada tahap keempat ini dilakukan pengujian fungsi antena sebagai penguat sinyal modem *portable* kondisi bergerak. Pengujian dilakukan guna melihat fungsi antena terhadap modem kondisi bergerak dengan menganalisa hasil sinyal yang diterima oleh modem serta kualitas akses modem.

### 3.3 Perangkat Penelitian

Perangkat yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip metode *phase array* ini terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras digunakan untuk fabrikasi dan pengukuran antenna. Perangkat lunak digunakan untuk melakukan simulasi dan mengetahui karakteristik antenna yang dirancang.

Perangkat keras yang dipergunakan dalam perancangan antenna mikrostrip antara lain:

1. *Printed Circuit Board (PCB) FR4 epoxy*, digunakan sebagai bahan *subtrat* untuk membuat antenna.
2. *SMA Connector 50 Ω*, digunakan untuk konektor kabel *coaxial* dengan kabel *pigtail*.
3. Kabel *Coaxial RG 58 (50 Ω)*, digunakan untuk pencatu antenna yang dihubungkan pada kabel *pigtail*.
4. Kabel *pigtail*, digunakan untuk konektor antenna dengan modem.
5. Modem GSM, yaitu dipilih modem Sierra Wireless at & t Movistar C307
6. Laptop
7. Soldering *tool* dan Timah
8. Antena referensi pabrikan jenis *monopole* dengan *gain 5 dB*, digunakan sebagai pembandingan dari antenna mikrostrip *phase array* yang dirancang.

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu dalam perancangan antenna mikrostrip antara lain :

1. *Software HFSS v12*, digunakan untuk merancang serta menganalisa antenna secara simulasi.
2. *Software TXLine 2003*, digunakan untuk menentukan impedansi karakteristik dan dimensi saluran pencatu pada antenna mikrostrip.
3. *Software QPST dan QXDM*, digunakan untuk pengujian fungsi antenna terhadap modem yang meliputi penguatan *power level* sinyal dan *pilot* sinyal.
4. *Software speedtest*, digunakan untuk mengetahui kualitas kehandalan dari modem berupa kecepatan *download* dan *upload*.

### 3.4 Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari penelitian ini yaitu antenna sebagai penguat sinyal modem *portable* kondisi bergerak yaitu ditunjukkan pada gambar 3.1. Pada *transmitter* akan mengirimkan sinyal untuk diterima oleh *receiver* atau antenna penerima. Selanjutnya antenna penerima 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 Sistem

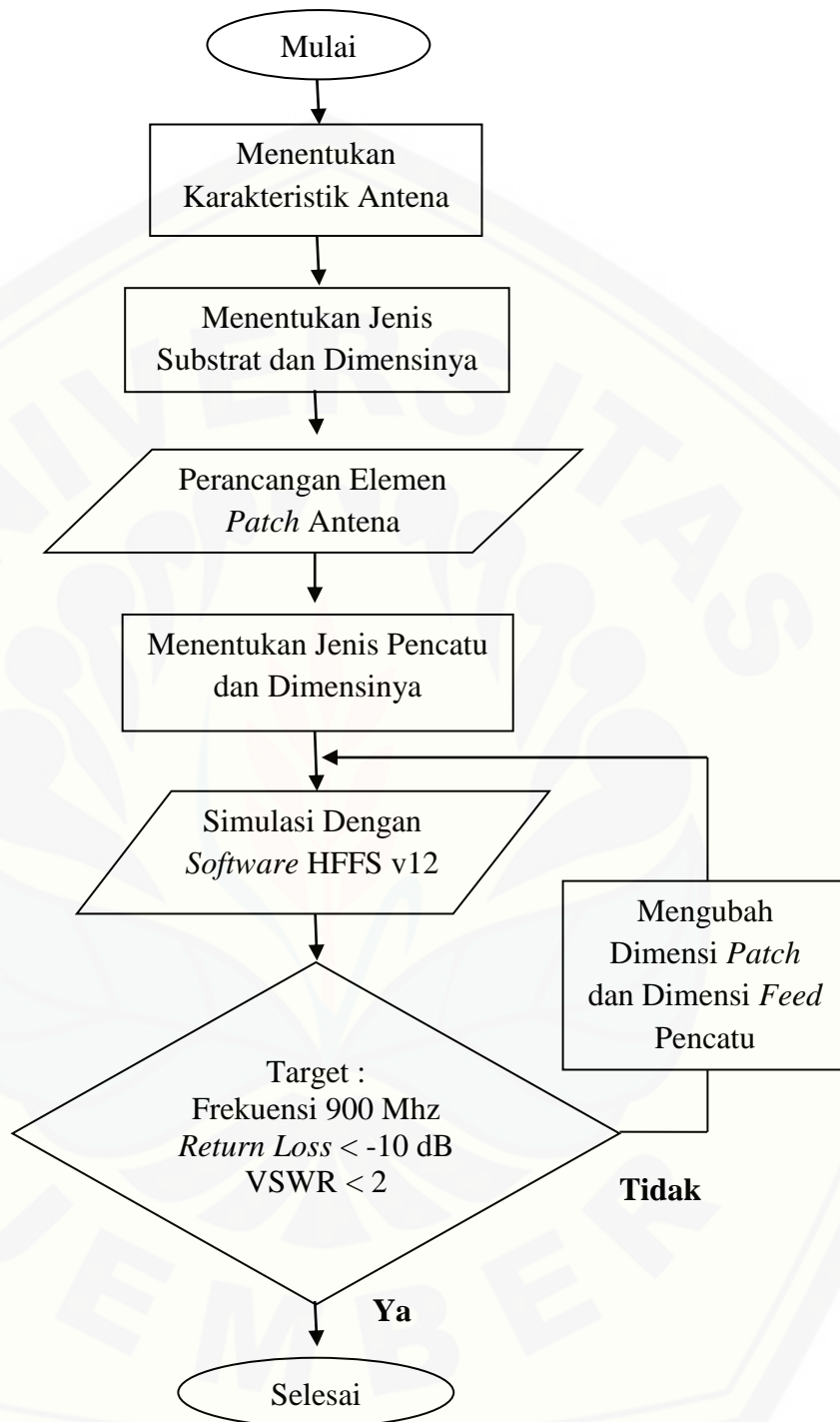
### 3.5 Menentukan Karakteristik Antena

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

1. Frekuensi Kerja : 900 Mhz
2. *Return Loss* : < -10 dB
4. VSWR : < 2 dB
5. *Gain* : > 3 dB
6. Elemen Peradiasi : *Rectangular Patch*

### 3.6 Flowchart Perancangan 1 Elemen Antena

*Flowchart* yang pertama yaitu perancangan 1 elemen *patch* antenna, pada tahap ini antenna harus diperhitungkan dengan baik untuk menentukan parameter dan karakteristik yang diinginkan agar nantinya pada saat perancangan antenna 2 *patch* tidak ada kendala yang signifikan untuk penyempurnaannya. Tahap pertama yaitu menentukan karakteristik antenna yang akan dibuat yaitu antenna digunakan pada frekuensi 900 Mhz. Setelah itu dipilih jenis substrat yang digunakan, penentuan jenis substrat sangat berpengaruh untuk hasil antenna yang optimal,

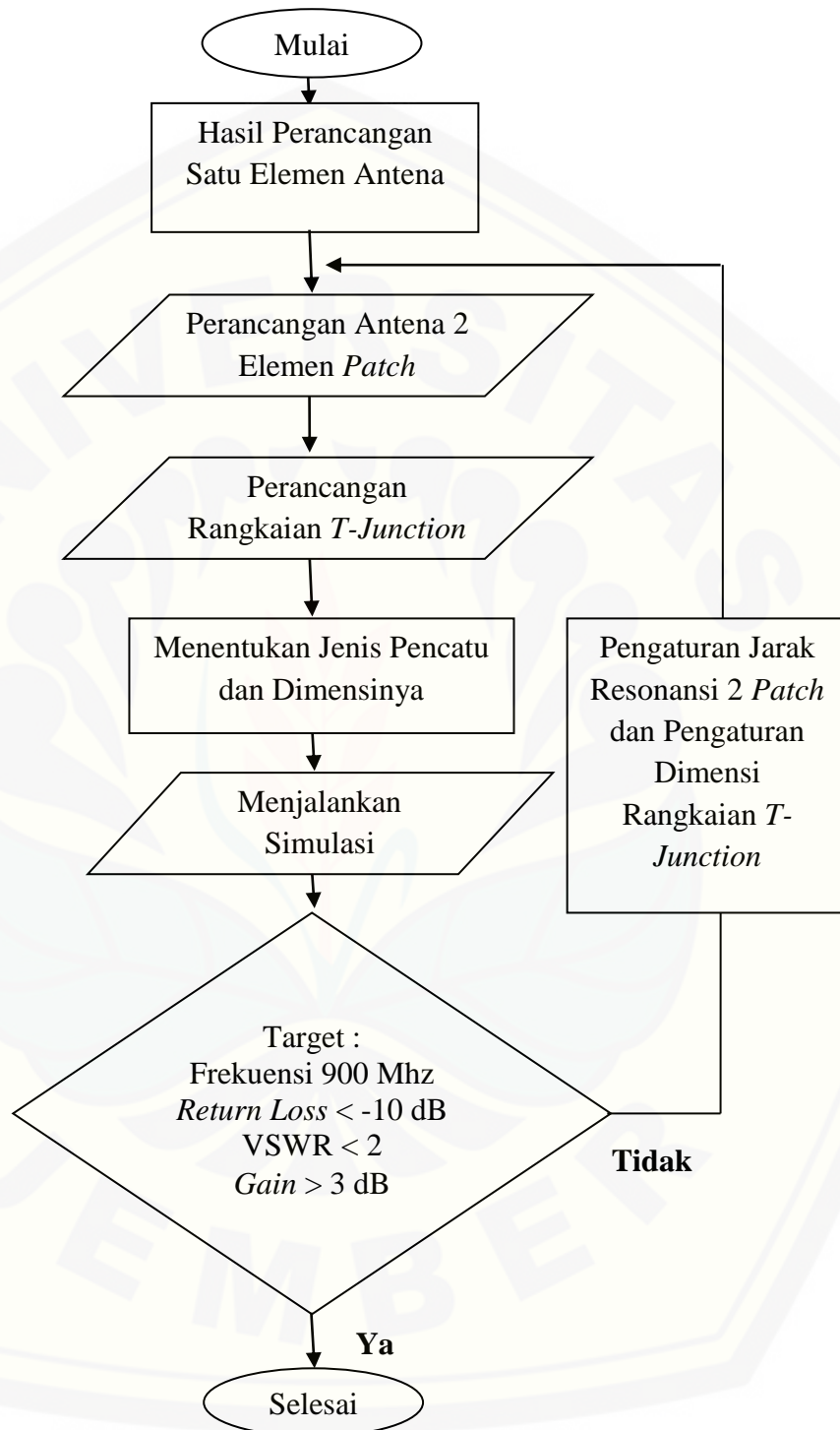


Gambar 3.2 Flowchart Perancangan Antena 1 Elemen Patch

digunakan jenis substrat FR4 dengan ketebalan 1,6 mm pada penelitian ini. Langkah selanjutnya yaitu menentukan jenis elemen peradiasi dan dimensi antenna, peradiasi *rectangular* dipilih pada perancangan antenna ini. Tahap berikutnya 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.

### 3.7 Flowchart Perancangan 2 Patch Antena

Pada *flowchart* perancangan yang kedua yaitu menjelaskan perancangan antenna 2 *patch*. Melanjutkan dari perancangan antenna 1 elemen *patch*, yaitu merancang 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. Tahap selanjutnya yaitu perancangan antenna 2 elemen *patch*, penambahan 2 elemen *patch* merupakan perluasan dari elemen 1 *patch* sehingga antenna dapat dikatakan *array* sesuai dengan judul penelitian tugas akhir ini. Selanjutnya yaitu menentukan jenis pencatu dan lebarnya, saluran pencatu yang dipilih yaitu teknik pencatuan *Microstrip line feed*. Dalam pencatuan jenis ini, *patch* dari mikrostrip di catu dengan jalur konduktor yang diletakan di sisi yang sama pada elemen *patch*. Pencatuan jenis ini adalah pilihan yang baik jika digunakan untuk mencatu antenna *array* Tahap selanjutnya yaitu menjalankan simulasi menggunakan *software* HFSS v12. Pada saat menjalankan simulasi antenna dengan elemen 2 *patch* dan penambahan rangkaian *T-Junction* ini akan dilakukan perhitungan apakah dapat mencapai target, Jika tidak maka selanjutnya yaitu akan melakukan 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* > 3 dB.



Gambar 3.3 Flowchart Perancangan Antena 2 Elemen Patch



### 3.8 Pemilihan Jenis Subtrat

Subtrat 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 pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Subtrat FR4 epoxy

<b>Konstanta dielektrik relatif (<math>\epsilon_r</math>)</b>	<b>4,4</b>
<b>Dielektrik <i>loss tangent</i> (<math>\tan \delta</math>)</b>	<b>0,02</b>
<b>Ketebalan substrat (<math>h</math>)</b>	<b>1,6 mm</b>

### 3.9 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*.

### 3.9.1 Perancangan Patch

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

Perhitungan lebar ( $w$ )

$$\begin{aligned} W &= \frac{c}{2 f_o \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \\ &= \frac{3 \cdot 10^8}{2 \times 9 \cdot 10^8 \sqrt{\frac{4,4 + 1}{2}}} \\ &= 0,101626 \text{ m} = 101,626 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan nilai Efektif dielektrik konstan ( $\epsilon_{\text{reff}}$ )

$$\begin{aligned} \epsilon_{\text{reff}} &= \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right) \\ &= \frac{(4,4 + 1)}{2} + \frac{(4,4 - 1)}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \cdot \frac{1,6}{101,626}}} \right) \\ &= 3,7 \end{aligned}$$

Perhitungan *Effective length* ( $L_{\text{eff}}$ )

$$\begin{aligned} L_{\text{eff}} &= \frac{c}{2 f_o \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \\ &= \frac{3 \cdot 10^8}{2 \times 9 \cdot 10^8 \sqrt{3,7}} \\ &= 0,8667 \text{ m} = 86,67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan *length extension* ( $\Delta L$ )

$$\begin{aligned}\Delta L &= 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8\right)} \\ &= 0,412 h \frac{(3,7 + 0,3) \left(\frac{101,626}{1,6} + 0,264\right)}{(3,7 - 0,258) \left(\frac{101,626}{1,6} + 0,8\right)} \\ &= 0,759 \text{ mm}\end{aligned}$$

Perhitungan panjang *patch* ( $L$ )

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

### 3.9.2 Perancangan Saluran Pencatu

Teori mengenai saluran pencatu mikrostrip telah dijelaskan pada subbab 2.2.7. Pencatuan yang digunakan pada antena yang dirancang pada penelitian ini menggunakan teknik pencatuan secara langsung (*microstrip feed line*). Dalam perancangan pencatu antena mikrostrip perlu impedansi masukan ( $Z_{in}$ ) 50  $\Omega$ . Nilai tersebut bisa didapatkan dengan mengatur lebar dan panjang dari saluran pencatu.

Perhitungan lebar saluran pencatu ( $w$ )

$$\begin{aligned}B &= \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \\ B &= \frac{60 \times 3,14^2}{50\sqrt{4,4}} \\ B &= 5,64\end{aligned}$$

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

$$W = \frac{2 \cdot 1,6}{3,14} \left\{ 5,64 - 1 - \ln(2 \cdot 5,64 - 1) + \frac{(4,4 - 1)}{2 \cdot 4,4} \left[ \ln(5,64 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \right\}$$

$$W = 4,907 \text{ mm}$$

Perbandingan lebar saluran mikrostrip dengan tebal substrate  $W/h$

$$W/h = \frac{4,907}{1,6} = 3,066 > 1$$

Karena  $W/h > 1$  maka rumus konstanta dielektrik efektif menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} \epsilon_{\text{reff}} &= \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right] \\ &= \frac{(4,4 + 1)}{2} + \frac{(4,4 - 1)}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \cdot \frac{1,6}{4,907}}} \right] \\ &= 2,137 \end{aligned}$$

Dari persamaan 2.28 diperoleh

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^8} = 0,333$$

$$\lambda_g = \frac{0,333}{\sqrt{2,137}} = 0,2279$$

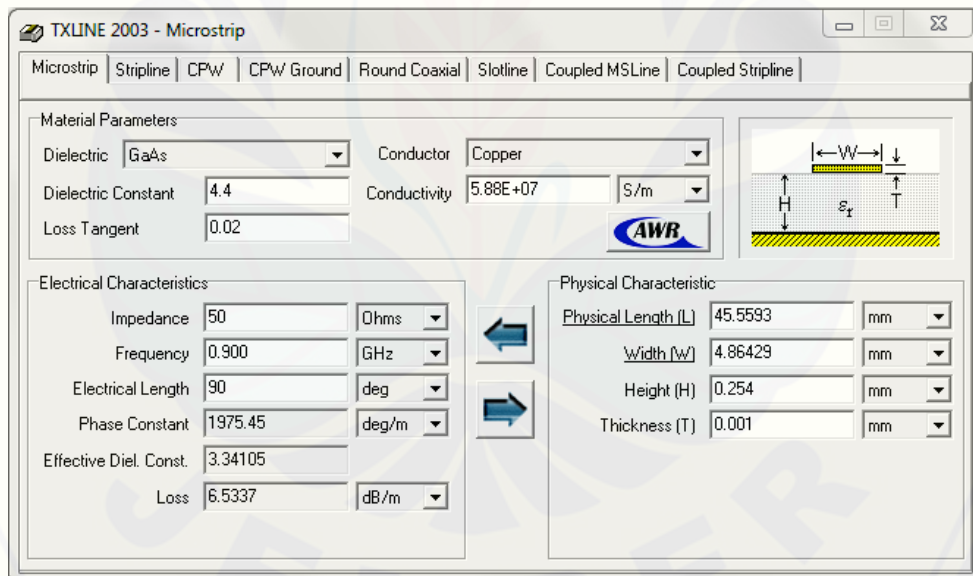
Maka panjang saluran pencatu ( $l$ )

$$l = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$l = \frac{0,2279}{4} = 0,05697 \text{ m} = 56,97 \text{ mm}$$

Jadi secara perhitungan didapatkan dimensi untuk pencatuan antenna yaitu lebar ( $w$ ) = 4,907 mm dan panjang ( $l$ ) = 56,97 mm.

Untuk mendapatkan besar lebar dan panjang dari saluran pencatu yang menghasilkan nilai impedansi 50 ohm dapat juga dicari dengan menggunakan perangkat lunak TXLine 2003. Tampilan dari program TXLine 2003 untuk perhitungan saluran pencatu dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi Saluran Pencatu

Dengan memasukkan karakteristik impedansi masukan sebesar 50Ω, 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. Didapatkan hasil dimensi yang tidak terlalu berbeda secara perhitungan maupun menggunakan *software* TXLine.

Pada perancangan ini, parameter dimensi lebar dan panjang saluran pencatu diharapkan memperoleh hasil yang maksimal melalui iterasi. Hasil dari proses iterasi dimensi saluran pencatu ditunjukkan pada tabel 3.2. Dari proses iterasi ini didapatkan dimensi pencatuan atau *feed* yang lebih optimal daripada hasil perhitungan yaitu dengan lebar ( $w$ ) 4 mm dan panjang ( $l$ ) adalah 52 mm. Pengaruh dari dimensi pencatu sangat mempengaruhi hasil akhir dari parameter antenna. Pada proses iterasi dimensi saluran pencatu yang menjadi acuan pada perancangan yaitu parameter frekuensi tengah, *return loss*, dan VSWR.

Tabel 3.2 Iterasi Saluran Pencatu

Dimensi Pencatu		Frekuensi Tengah	<i>Return loss</i>	VSWR
Lebar ( $w$ )	Panjang ( $l$ )			
5,5	40 mm	900 Mhz	-11,211 dB	4,887 dB
5 mm	42 mm	900 Mhz	-11,189 dB	4,917 dB
5 mm	44 mm	900 Mhz	-11,066 dB	4,992 dB
4,9 mm	56,97 mm	890 Mhz	-15,834 dB	2,831 dB
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	51 mm	900 Mhz	-18,632 dB	2,042 dB
4 mm	52 mm	900 Mhz	-18,883 dB	1,984 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

### 3.9.3 Perancangan *T-Junction*

Pada antenna mikrostrip *array* dibutuhkan suatu saluran yang dapat menghubungkan *patch* yang ada. 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*  $50\Omega$  dan dua saluran *output* masing-masing  $50\Omega$  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 dihitung dengan rumus

Perhitungan lebar *transformer* ( $Z$ )

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

$$B = \frac{60 \times 3,14^2}{35\sqrt{4,4}}$$

$$B = 8,06$$

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

$$W = \frac{2,1,6}{3,14} \left\{ 8,06 - 1 - \ln(2 \cdot 8,06 - 1) + \frac{(4,4 - 1)}{2 \cdot 4,4} \left[ \ln(8,06 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \right\}$$

$$W = 10,63 \text{ mm}$$

Perbandingan lebar saluran mikrostrip dengan tebal *substrate*  $W/h$

$$W/h = \frac{10,63}{1,6} = 6,6437 > 1$$

Karena  $W/h > 1$  maka rumus konstanta dielektrik efektif menggunakan persamaan

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{(\epsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\epsilon_r - 1)}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right)$$

$$= \frac{(4,4 + 1)}{2} + \frac{(4,4 - 1)}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \cdot \frac{1,6}{10,63}}} \right)$$

$$= 3,145$$

Dari persamaan 2.28 diperoleh

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^8} = 0,333$$

$$\lambda_g = \frac{0,333}{\sqrt{3,145}} = 0,1058$$

Maka panjang saluran pencatu ( $l$ )

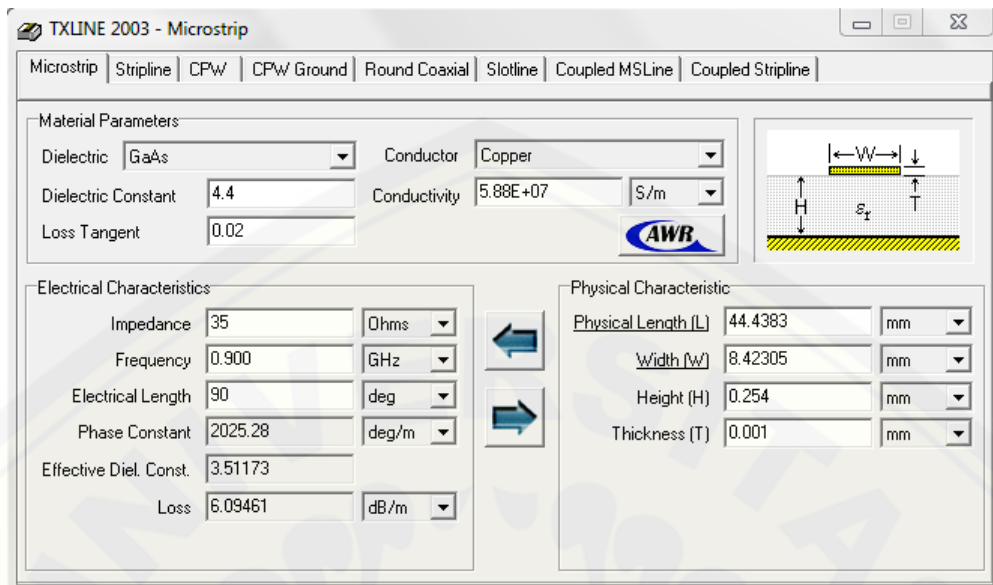
$$l = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$l = \frac{0,1058}{4} = 0,02645 \text{ m} = 26,45 \text{ mm}$$

Jadi secara perhitungan didapatkan dimensi untuk pencatuan antena yaitu lebar ( $w$ ) = 10,63 mm dan panjang ( $l$ ) = 26,45 mm.

Sedangkan melalui perhitungan menggunakan *software* TXLine 2003 dengan memalui proses yang sama dengan perhitungan saluran pencatu, hanya saja impedansi yang diinputkan adalah  $35\Omega$ , didapatkan lebar  $Z(w)$  8,42 mm dan panjang  $Z(l)$  44,43 mm. Terlihat pada gambar 3.5 tampilan perhitungan *T-Junction* menggunakan TXLine 2003. Perbedaan yang signifikan terjadi pada dimensi panjang *transformer* yaitu pada perhitungan didapatkan 26,45 mm.



Gambar 3.5 Tampilan Program TXLine 2003 Untuk Dimensi *T-Junction*

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

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> )			
7,4 mm	52 mm	900 Mhz	-25,482 dB	0,983 dB
7,5 mm	52 mm	900 Mhz	-25,784 dB	0,924 dB
7,6 mm	52 mm	900 Mhz	-26,150 dB	0,856 dB
8 mm	52 mm	900 Mhz	-23,782 dB	0,981 dB
8,2 mm	50 mm	900 Mhz	-21,641 dB	1,539 dB
8,42 mm	44.34 mm	900 Mhz	-19,776 dB	1,211 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

10,63 mm	52 mm	900 Mhz	-14,723 dB	3,225 dB
10,63 mm	26,45 mm	910 Mhz	-23,262 dB	1,195 dB

Dari proses iterasi ini didapatkan dimensi *T-Junction* atau *Z* yang lebih optimal daripada hasil perhitungan yaitu dengan lebar ( $w$ ) 7,6 mm dan panjang ( $l$ ) adalah 52 mm. Pengaruh dari dimensi pencatu sangat mempengaruhi hasil akhir dari parameter antenna. Pada proses iterasi dimensi saluran pencatu yang menjadi acuan pada perancangan yaitu parameter frekuensi tengah, *return loss*, dan *VSWR*.

#### 3.9.4 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 *electromagnetically 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 optimal agar tidak mengurangi kinerja antenna *array*. Jarak antar elemen diukur dari titik pusat elemen 1 dengan elemen 2.

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{\lambda}{2} \dots\dots\dots (3.1) \\
 &= \frac{c}{2f_0} \\
 &= \frac{3 \cdot 10^8}{2 \times 9 \cdot 10^8} \\
 &= 0,16666 \text{ m} = 166,66 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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*

Jarak antara sisi *patch* =  $d - 101,626 = 166,66 - 101,626 = 65,03$  mm

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

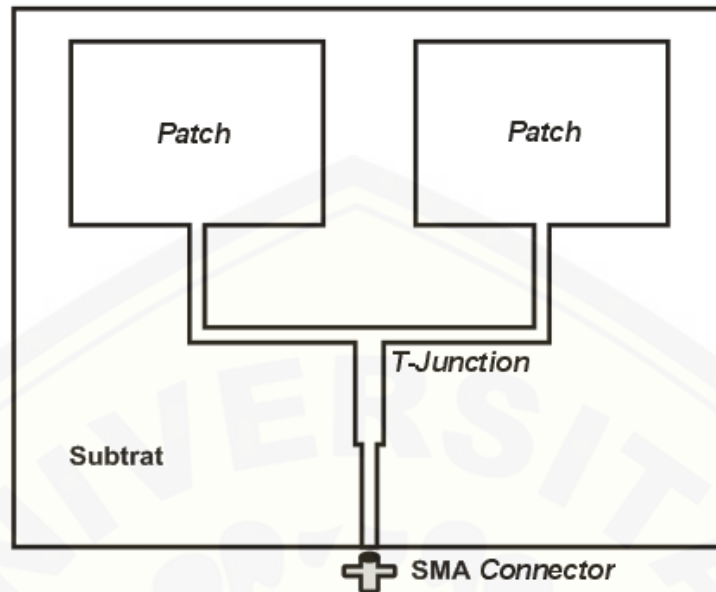
Tabel 3.4 Iterasi Jarak Elemen *Patch*

Jarak Elemen <i>Patch</i>	Frekuensi Tengah	<i>Return Loss</i>	VSWR
150,25 mm	900 Mhz	-26,233 dB	0,912 dB
152,38 mm	900 Mhz	-26,150 dB	0,856 dB
155,52 mm	900 Mhz	-23,439 dB	0,979 dB
160,33 mm	900 Mhz	-22,255 dB	1,245 dB
166,66 mm	900 Mhz	-21,723 dB	1,347 dB
167,20 mm	900 Mhz	-21.921 dB	1,522 dB

Dari proses iterasi ini didapatkan dimensi jarak antara elemen *patch* yang lebih optimal daripada hasil perhitungan yaitu 152,38 mm. Pengaruh dari dimensi jarak antara elemen *patch* sangat mempengaruhi hasil akhir dari parameter antenna. Pada proses iterasi dimensi jarak antara elemen *patch* yang menjadi acuan pada perancangan yaitu parameter frekuensi tengah, *return loss*, dan VSWR.

### 3.10 Desain Antena *Array* Peradiasi *Rectangular*

Rancangan antenna susun dengan dua elemen *patch* merupakan bentuk luasan dari struktur antenna terlihat pada gambar 3.6. Pada gambar 3.6 memperlihatkan bentuk rancangan antenna susun dua elemen *patch* Secara struktur dengan penambahan baru pada sisi rangkaian saluran transmisi yaitu sebuah rangkaian *T-Junction*.



Gambar 3.6 Desain Antena *Array* Peradiasi *Rectangular*

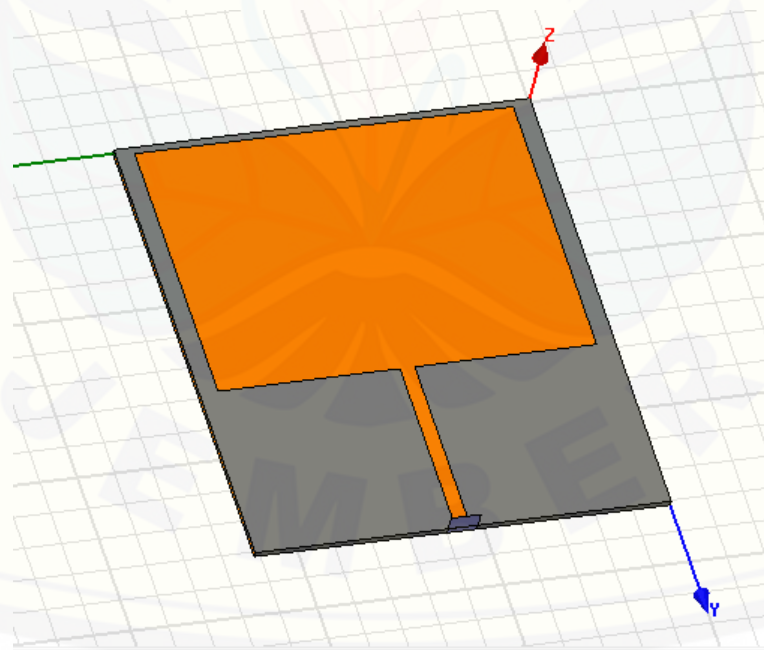
### 3.11 Hasil Perancangan Antena Secara Simulasi

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 portable frekuensi kerja antenna ditentukan 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 merancang antenna mikrostrip. Antenna mikrostrip rancangan yang dimaksud adalah antenna mikrostrip bentuk *rectangular array* dengan frekuensi kerja 900 Mhz.

### 3.11.1 Hasil Perancangan Antena 1 Patch Simulasi

Hasil dari perancangan antena menggunakan *software* HFSS Ansoft terlihat pada gambar 3.7, dimana setelah melakukan perhitungan dan pematchingan serta proses iterasi didapat ukuran antena 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 antena 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  $50\Omega$ .  $Z_L$  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* antena melalui *software* TXLine 2003 yaitu untuk lebar ( $w$ ) 4 mm dan panjang ( $l$ ) 52 mm.



Gambar 3.7 Antena 1 Patch Simulasi

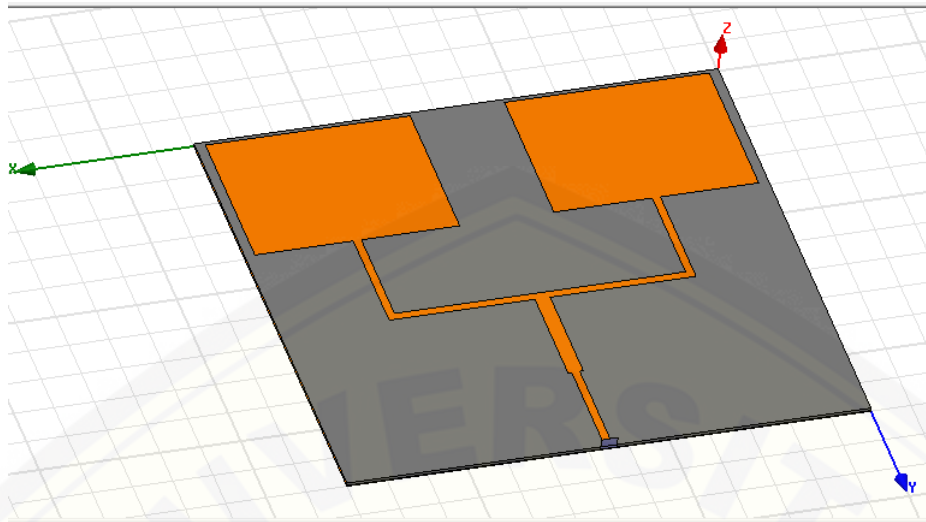
Spesifikasi ukuran antenna 1 *patch* berdasarkan perhitungan dan melalui proses pematchingan serta iterasi ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.5 Spesifikasi Antena 1 *Patch*

Dimensi	Ukuran
Lebar substrat ( $w$ )	111,626 mm
Panjang substrat ( $l$ )	131,56 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> ( $w$ )	4 mm
Panjang <i>feed</i> ( $l$ )	52 mm

### 3.11.2 Hasil Perancangan Antena 2 *Patch Array* Simulasi

Pada hasil perancangan antenna 2 *patch* ini yaitu kelanjutan dari hasil akhir perancangan 1 *patch* antenna. Secara struktur dasar desain antenna *array* adalah penambahan sebuah elemen *patch* identik yang ditempatkan pada jarak resonansi frekuensi operasi tertentu. Proses yang dilakukan yaitu dengan menduplikat elemen *patch* menjadi 2 serta di tambahnya suatu rangkaian transformator. Untuk mendesain antenna mikrostrip *array* dibutuhkan suatu saluran yang dapat menghubungkan *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 ( $w$ ) 7,6 mm, panjang ( $l$ ) 52 mm dan Pengukuran jarak resonansi antara 2 elemen *patch* didapatkan sepanjang 152,38 mm. Hasil capture antenna 2 elemen *patch* menggunakan *software* HFSS Ansoft terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Antena 2 Patch Array Simulasi

Spesifikasi ukuran antena *array 2 patch* berdasarkan perhitungan dan melalui proses pematchingan serta iterasi ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.6 Spesifikasi Antena 2 Patch

Dimensi		Ukuran
Lebar substrat	( $w$ )	260 mm
Panjang substrat	( $l$ )	239,56 mm
Tebal substrat FR4	( $h$ )	1,6 mm
Lebar patch	( $w$ )	101,626 mm
Panjang patch	( $l$ )	77,56 mm
Lebar feed	( $w$ )	4 mm
Panjang feed	( $l$ )	52 mm
Lebar Z	( $w$ )	7,6 mm
Panjang Z	( $l$ )	52 mm
Jarak elemen patch	( $d$ )	152,38 mm

### 3.12 Pengambilan Data

Setelah perancangan antenna selesai dan hasilnya sesuai yang diinginkan, selanjutnya yaitu menganalisa pengaruh antenna terhadap modem secara optimal. Pengambilan data meliputi WCDMA *Pilot scanner* dan WCDMA *power* pada akses modem *portable* menggunakan *software* QPST dan QXDM yang terinstal pada Laptop. Sedangkan Untuk melihat kualitas akses internet pada modem *portable* digunakan *software speedtest*. Pengujian dilakukan pada dua tempat yang berbeda yaitu area terbuka (rural) dan area pedesaan (sub urban). Pengambilan data dilakukan bertahap dimulai dari kecepatan 10 km/jam sampai 50 km/jam modem bergerak. Berikut pengambilan data yang akan dilakukan dengan berbagai kondisi meliputi,

#### a. Modem Tidak Bergerak

Kualitas sinyal modem akan diuji pada kondisi jarak modem sedekat mungkin dari BTS guna mendapatkan sinyal yang optimal.

- a. Pengambilan data 1 dilakukan saat modem tidak bergerak tanpa antenna.
- b. Pengambilan data 2 dilakukan saat modem tidak bergerak dan ditambahkan antenna mikrostrip *array*.
- c. Pengambilan data 3 dilakukan saat modem tidak bergerak dan ditambahkan antenna pembanding.

#### b. Modem Bergerak

Pengambilan data Modem bergerak akan diuji kualitas sinyalnya dengan bergerak menjauhi BTS dengan kecepatan yang beragam. Pengujian dilakukan pada modem tanpa antenna, menggunakan antenna mikrostrip *array* dan dengan menggunakan antenna pembanding.

- a. Pengambilan data 1 dilakukan saat modem bergerak dengan kecepatan 10 km/jam.
- b. Pengambilan data 2 dilakukan saat modem bergerak dengan kecepatan 20 km/jam.



- c. Pengambilan data 3 dilakukan saat modem bergerak dengan kecepatan 30 km/jam.
- d. Pengambilan data 4 dilakukan saat modem bergerak dengan kecepatan 40 km/jam.
- e. Pengambilan data 5 dilakukan saat modem bergerak dengan kecepatan 50 km/jam.



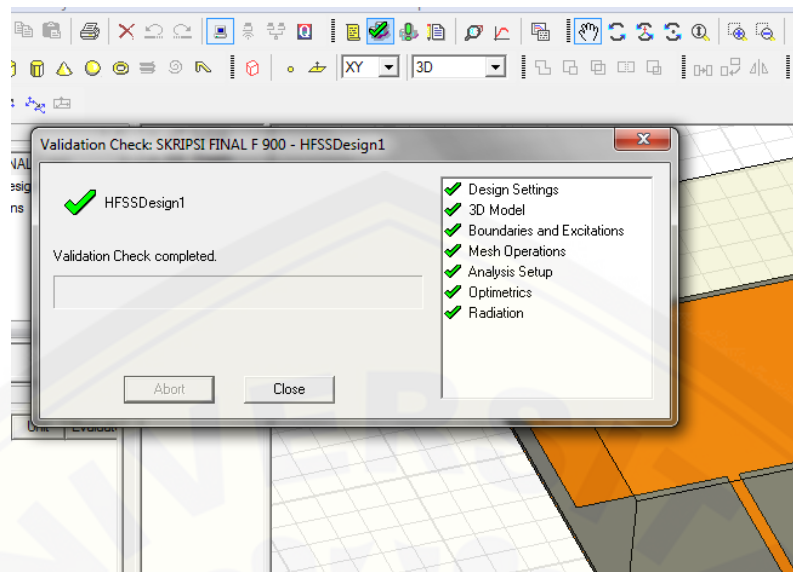
## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab analisa data dan pembahasan akan dijelaskan bagaimana hasil dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu rancang bangun antenna mikrostrip pada frekuensi 900 Mhz. Hasil yang akan dibahas meliputi analisa parameter antenna menggunakan *software* Ansoft HFSS dan hasil pengujian fungsi antenna menggunakan bantuan *software* QXDM dan speedtest.

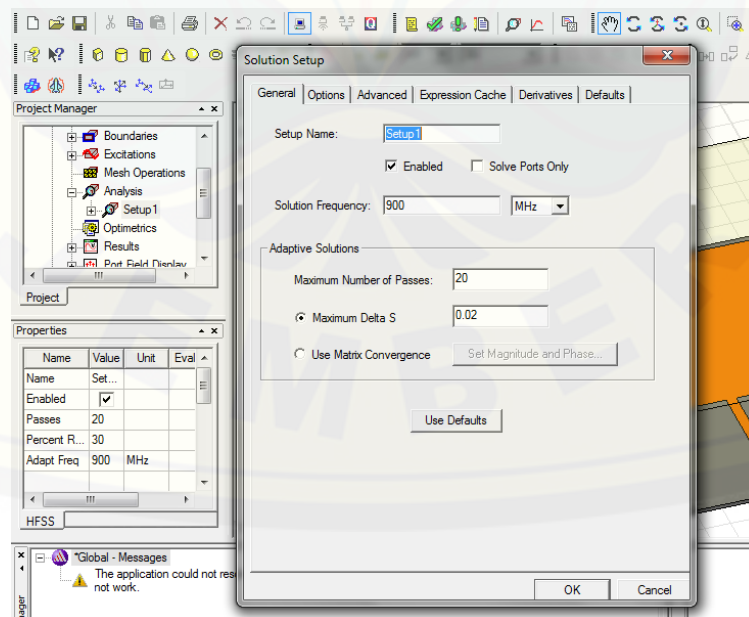
### 4.1 Hasil Pengujian Antena Secara Simulasi

Pengujian yang dilakukan yaitu berdasarkan pada parameter-parameter uji yang berhubungan dengan antenna mikrostrip. Parameter-parameter uji tersebut antara lain *return loss*, VSWR, *gain*, pola radiasi, dan *bandwidth*. Pengujian untuk mengukur besaran parameter antenna melalui beberapa tahapan untuk dapat menampilkan hasilnya analisa pada *software* HFSS Ansoft.

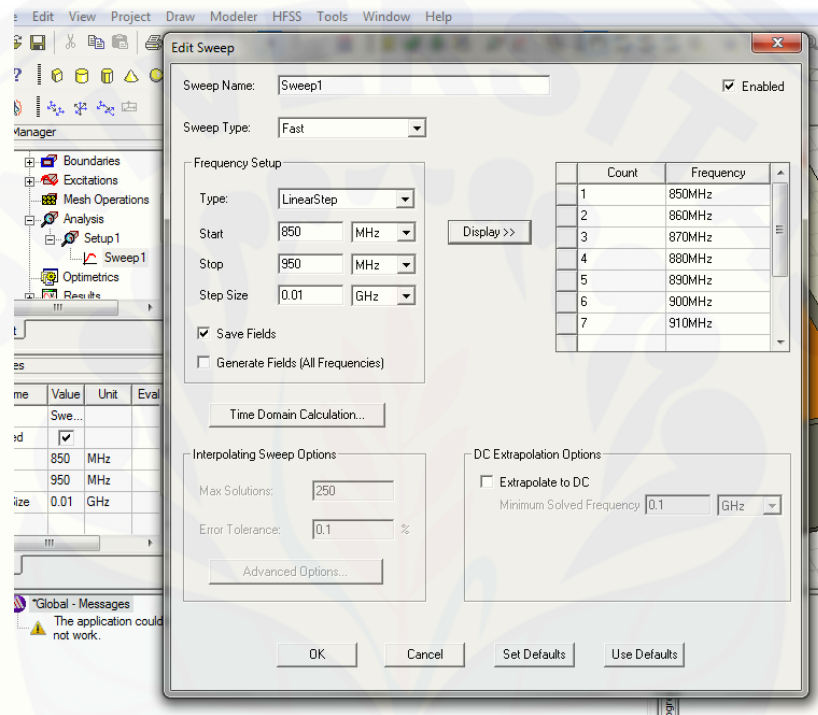
1. Setelah selesai merancang antenna, maka tahapan selanjutnya mengoreksi atau memvalidasi hasil perancangan antenna yang telah dibuat dengan memilih *tools validation check* pada *software* HFSS. Terlihat pada *validation check* tahapan dan konstruksi dalam perancangan antenna yang dibuat. Jika semua tahapan ditandai dengan tanda centang berwarna hijau maka rancangan antenna yang dibuat telah berhasil. Apabila tahapan – tahapan ditandai dengan tanda silang berwarna merah maka terjadi kesalahan atau error pada perancangan antenna. Selanjutnya pilih *tools Analyze all* yang berfungsi untuk menjalankan sistem pada *software* HFSS agar dapat menganalisa parameter antenna yang dirancang. Gambar 4.1 menunjukkan tampilan *validation check*.

Gambar 4.1 *Validation Check*

2. Untuk dapat menganalisa parameter antenna maka setelah proses *Analyze All*, pilih *tools Analysis* kemudian pilih *add solution setup* untuk dapat menginputkan spesifikasi antenna yang akan dianalisa. Diinputkan frekuensi 900 Mhz untuk frekuensi kerja antenna yang dirancang. Terlihat pada gambar 4.2

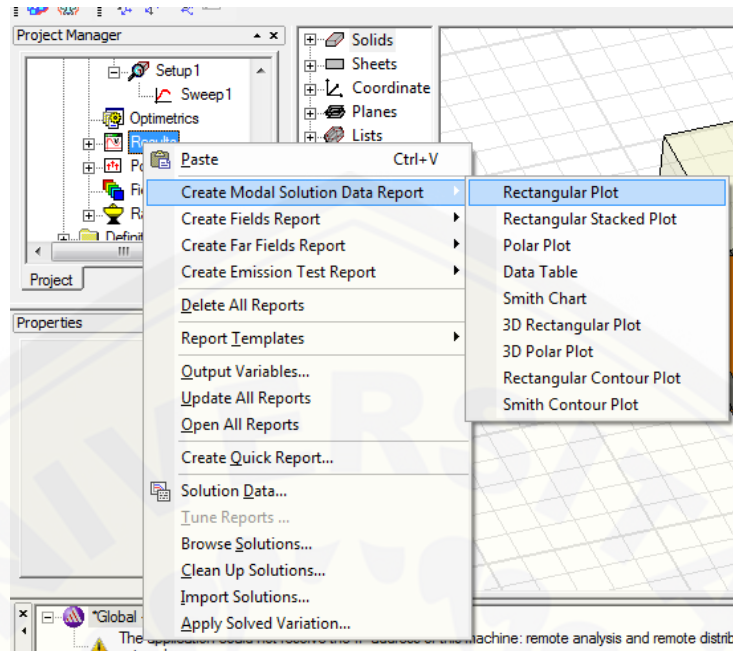
Gambar 4.2 *Analysis Add Solution Setup*

3. Pada *Analysis setup* setelah mengitputkan frekuensi 900 Mhz, maka akan disetting pengujian *sweep* untuk rentang pengujian frekuensi antenna dengan *Start* 850 Mhz dan *Stop* pada frekuensi 950 Mhz. Dan juga *Step Size* diinputkan 0.01 Ghz untuk skala frekuensi yang ditampilkan. Ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut



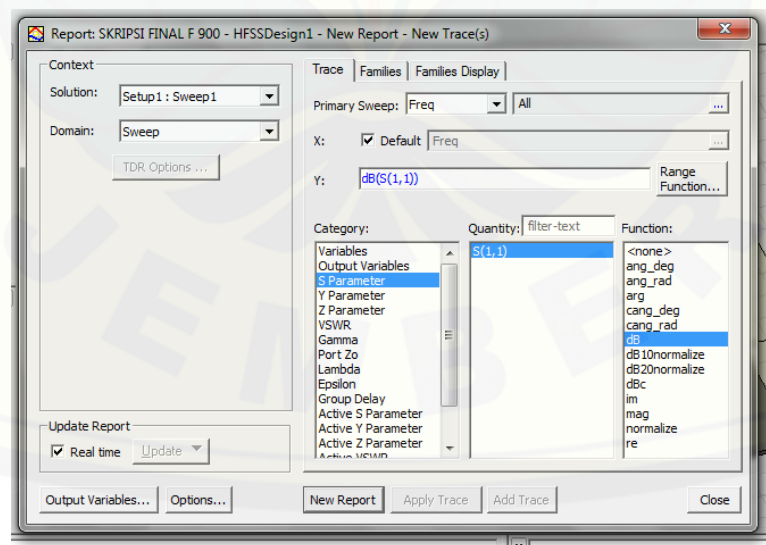
Gambar 4.3 *Edit Sweep*

4. Untuk dapat menampilkan parameter – parameter antenna yang telah dianalisa pilih *tools Result* , kemudian pilih *Create Model Solution Data Report* dan pilih *Rectangular Plot*. Proses ini terlihat pada gambar 4.4



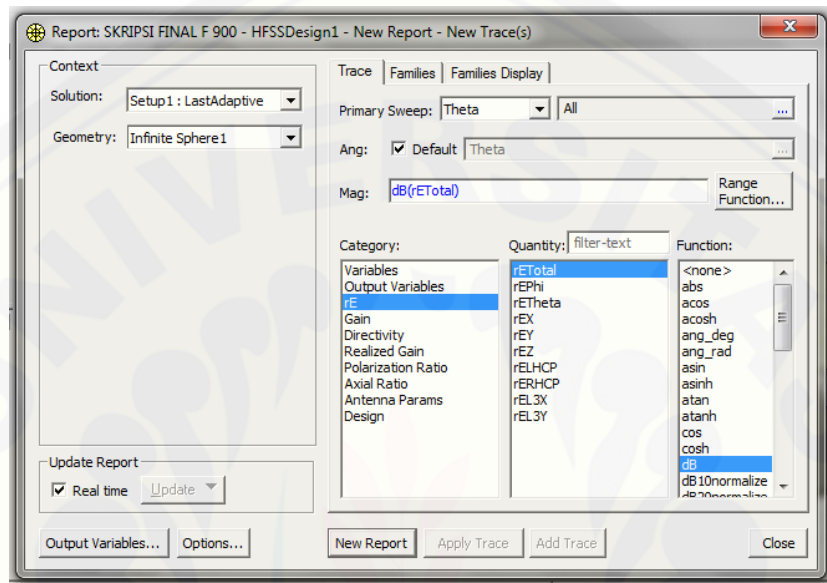
Gambar 4.4 Result, Create Modal Solution Data Report

- Setelah memilih *Rectangular Plot* maka yang akan muncul adalah parameter – parameter apa saja yang akan dianalisa. Pada fungsi ini yang sesuai dengan spesifikasi parameter antenna yang dicari yaitu meliputi *Return Los*, *Bandwidth* dan *VSWR*.



Gambar 4.5 Rectangular Plot

6. Untuk menganalisa parameter antenna lainnya seperti Pola radiasi pilih *Tools Result* , kemudian pilih *Create Far Fields Report* dan klik *Radiation Pattern*. Untuk parameter *Gain* langkah yang sama pada parameter Pola radiasi hanya saja analisa *Gain* yang ditampilkan berbentuk 3D, maka pilih *3D Polar Plot*.



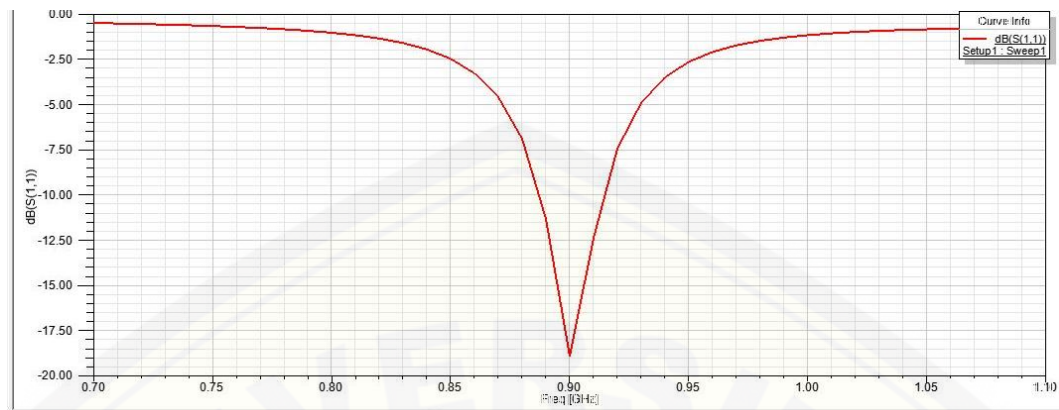
Gambar 4.6 *Create Far Fields Report*

#### 4.1.1 Pengujian Parameter Antena 1 *Patch* Simulasi

Untuk mengetahui *performance* yang baik pada suatu antenna perlu dilakukan pengujian parameter antenna. Pengujian dilakukan menggunakan *software* HFSS Ansoft yaitu meliputi,

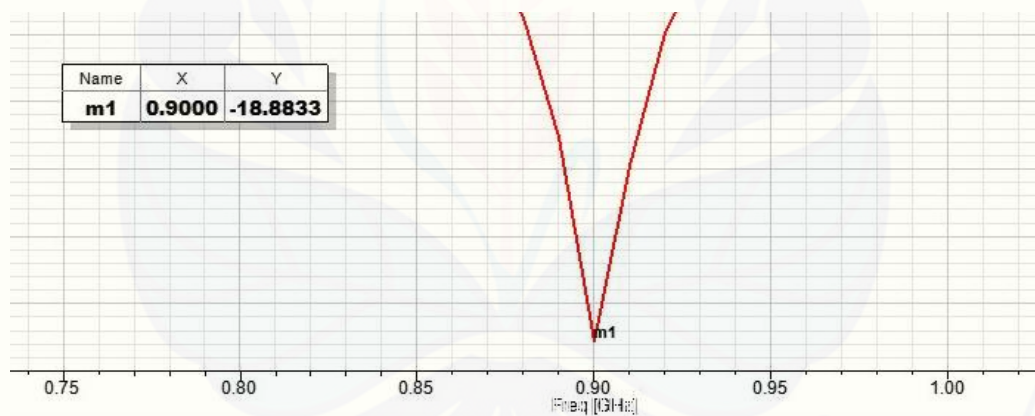
##### 4.1.1.1 Pengujian *Return loss*

*Return loss* adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan dibandingkan dengan gelombang yang dikirim. Berdasarkan hasil pengujian frekuensi tengah di dapat pada frekuensi tengah 900 Mhz, frekuensi tersebut telah mencapai parameter yang ditentukan untuk frekuensi kerja modem GSM. Hasil pengujian *return loss* terlihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Return loss

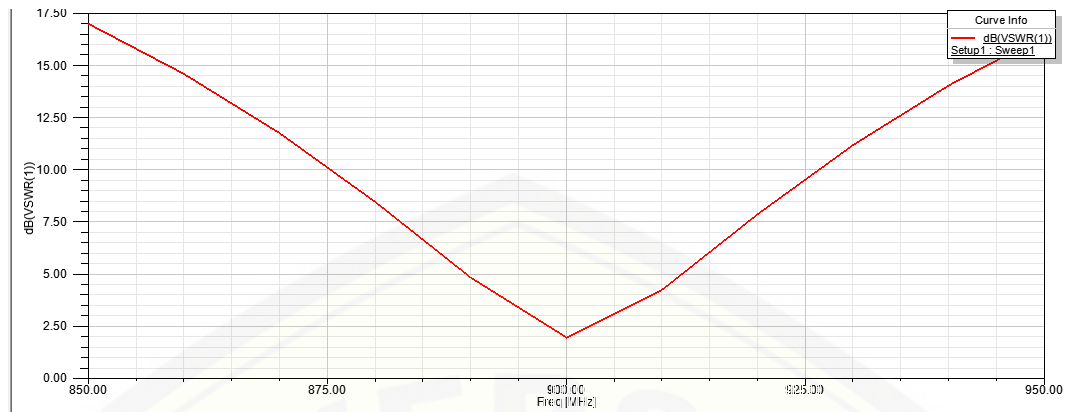
Berdasarkan pengukuran didapat *return loss* antenna 1 elemen *patch* sebesar -18,8833 dB, pengukuran tersebut telah mencapai spesifikasi antenna yang baik dengan *standard* minimum *return loss* <-10 dB. Grafik besar *return loss* terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Besar Return loss

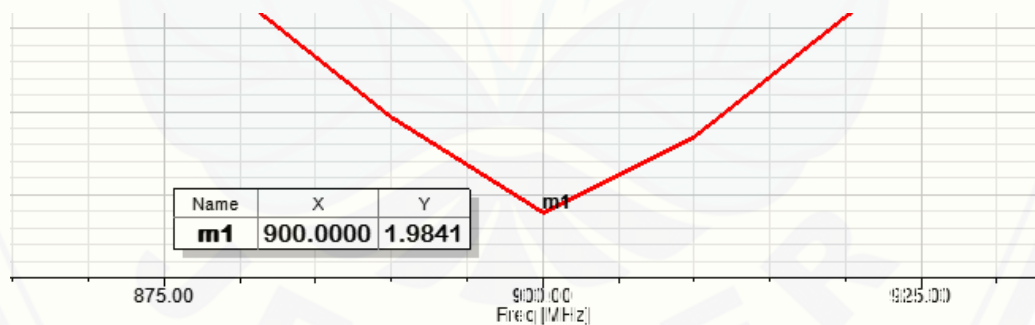
#### 4.1.1.2 Pengujian VSWR

VSWR atau *voltage standing wave ratio* merupakan daya refleksi (*reflected power*) yang ditimbulkan apabila impedansi saluran transmisi tidak sesuai dengan *transceiver*. Grafik dari hasil pengukuran VSWR terlihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 VSWR

Besar kecilnya nilai VSWR dipengaruhi impedansi masukan yang nilainya harus sama dengan impedansi beban antenna ataupun feed saluran pencatu, apabila tidak *matching* maka daya refleksi yang ditimbulkan akan semakin besar. VSWR memiliki *standard* nilai yang harus dipenuhi untuk antenna yang baik, besar nilai yang ditetapkan yaitu  $< 2$  dB. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan diperoleh nilai VSWR adalah 1,9841 dB. Nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi parameter antenna yang dibutuhkan. Besaran tersebut ditunjukkan pada gambar 4.10.



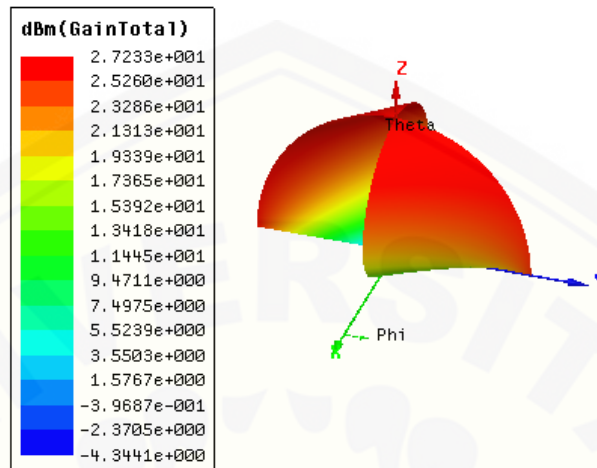
Gambar 4.10 Besar VSWR

#### 4.1.1.3 Pengujian *Gain*

*Gain* adalah perbandingan antara rapat daya persatuan unit antenna terhadap rapat daya antenna referensi dalam arah dan daya masukan yang sama. *Gain* dalam suatu antenna merupakan parameter yang menjadikan *standard* baik atau tidaknya antenna. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan besar gain pada



antena yaitu 2,7233 dBm. Hasil pengujian nilai gain ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Besar Gain

#### 4.1.1.4 Pengujian Pola Radiasi

Pola radiasi adalah representasi grafis sifat-sifat pemancaran antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang. Pola radiasi antenna diukur pada daerah medan jauh antenna, karena pada daerah tersebut gelombang elektromagnetik yang terpancar tidak bergantung jarak dari antenna. Panjang medan pancar dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan:

$$R \geq \frac{2L^2}{\lambda}$$

Besar L didapatkan dari diagonal lebar *ground* antenna, yaitu 17.247 cm atau 0.17247 m. Dan besar lamda didapatkan dari

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^8}$$

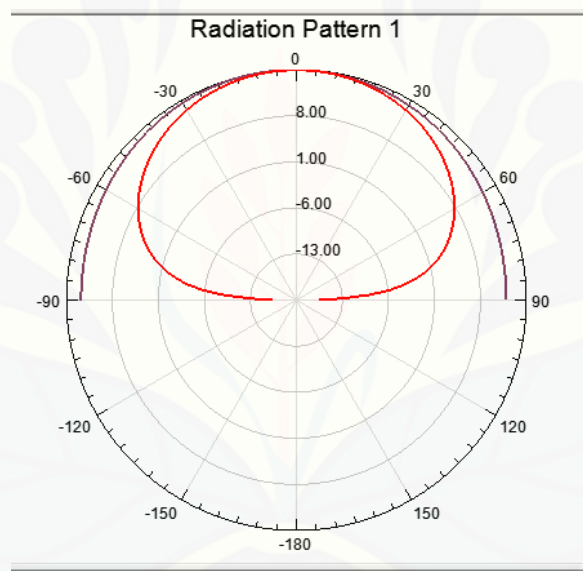
$$\lambda = 0.333 \text{ m}$$

Maka didapatkan:

$$R \geq \frac{0.05949}{0.333}$$

$$R \geq 0.17864 \text{ m}$$

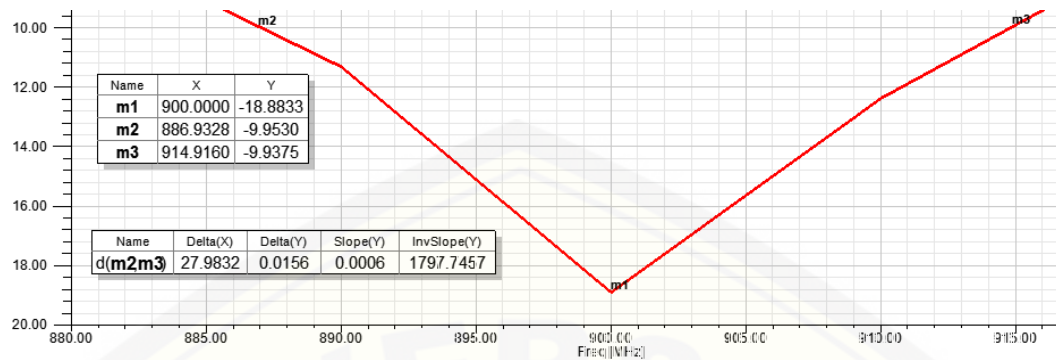
Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan jauh pancar yaitu 17.864 cm, dengan magnitud 8.00 pada sudut 0° pada pengujian simulasi. Pola radiasi dari hasil uji antenna 1 patch mempunyai pola yang melebar atau *omnidirectional*, radiasi medan yang dihasilkan nantinya akan mencakup bidang luas. Hasil pengujian pola radiasi ditunjukkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pola Radiasi

#### 4.1.1.5 Pengujian *Bandwidth*

*Bandwidth* dapat didefinisikan sebagai rentang frekuensi kerja atau lebar pita frekuensi dimana didasarkan pada besar frekuensi maksimum (frekuensi terbesar) dan frekuensi minimum (frekuensi terkecil). *Bandwidth* pada antenna 1 patch berdasarkan hasil uji didapatkan 27,9832 Mhz, berdasarkan pada pemilihan pencatuan sudah diketahui terlebih dahulu bahwa pencatuan *line feed* akan berpengaruh pada *bandwidth* yang sempit pada antenna. Nilai *bandwidth* tersebut ditunjukkan pada gambar 4.13.

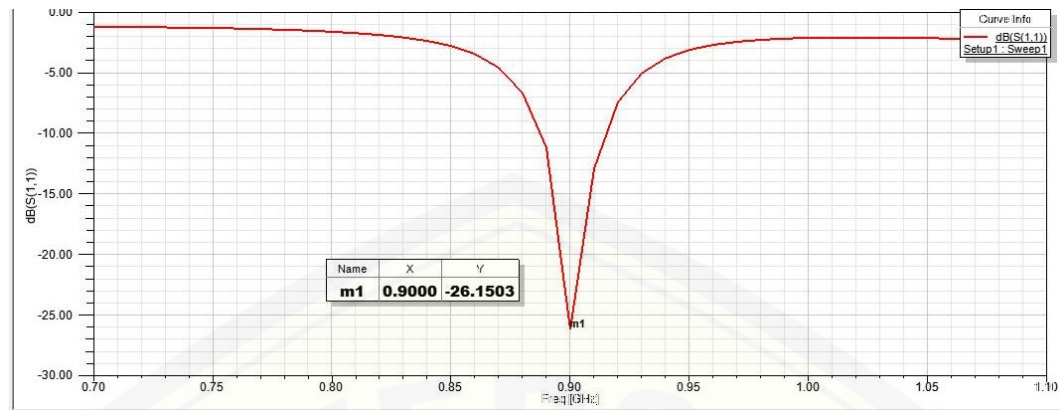
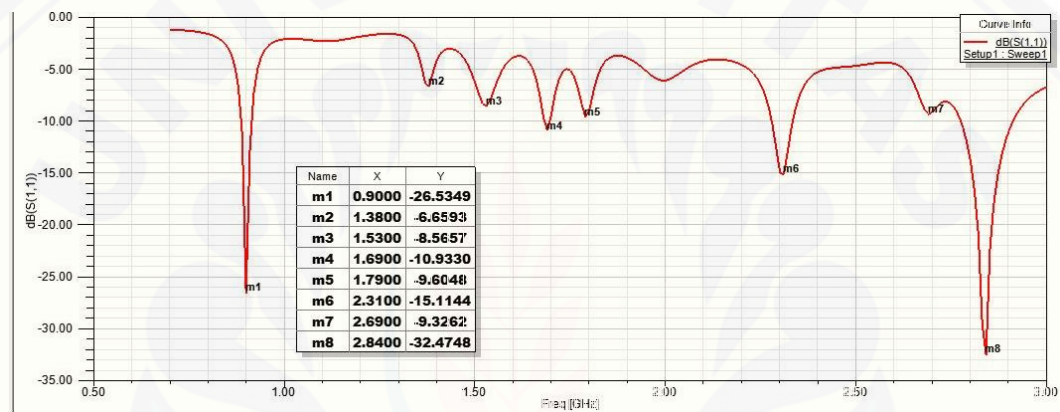
Gambar 4.13 Besar *Bandwidth*

#### 4.1.2 Pengujian Parameter Antena 2 *Patch Array* Simulasi

Pengujian pada antena 2 *patch array* sama halnya dengan pengujian antena 1 *patch* dengan frekuensi kerja 900 Mhz. Pada pengujian antena *array* ini merupakan hasil proyeksi dari antena 1 *patch* dan diharapkan parameter uji antena lebih baik lagi, meliputi pola radiasi antena dan penguatan gain sesuai yang diinginkan.

##### 4.1.2.1 Pengujian *Return loss*

Pada hasil pengujian antena *array* memiliki *return loss* yang lebih kecil dibandingkan dengan antena 1 *patch*, Hal ini dikarenakan peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan dibandingkan dengan gelombang yang dikirim lebih besar. Nilai *return loss* semakin kecil pada hasil uji antena 2 *patch* salah satu faktornya yaitu dalam merancang antena yang presisi serta mencocokkan dimensi *feed* saluran tranmisi dengan *patch* antena. Pada pengujian *return loss* antena 2 *patch* dilakukan dengan 2 kondisi *sweep*, yang pertama *sweep* 1 yaitu antena dihitung dengan rentang frekuensi 700 Mhz – 1100 Mhz dan yang kedua *sweep* 2 antena akan diuji mulai dari rentang frekuensi 700 Mhz – 3000 Mhz. Pengujian *sweep* 2 difungsikan untuk melihat kualitas antena *array* pada rentang frekuensi 700 Mhz – 3000 Mhz. Grafik nilai *return loss* hasil uji *sweep* 1 ditunjukkan pada gambar 4.14 sedangkan grafik hasil uji *sweep* 2 ditunjukkan pada gambar 4.15.

Gambar 4.14 Nilai *Return loss Sweep 1* (700 Mhz – 1100 Mhz)Gambar 4.15 Nilai *Return loss Sweep2* (700 Mhz – 3000 Mhz)

Didapatkan nilai *return loss* dari hasil pengujian *sweep 1* yaitu sebesar -26,1503 dB pada frekuensi 900 Mhz. Nilai *return loss* tersebut telah memenuhi target antena *array* yang direncanakan yaitu dengan *standard return loss* < -10 dB. Pada gambar 4.9 disaat pengujian *sweep 2*, yaitu uji frekuensi kerja antena *array* pada rentang 700 Mhz – 3000 Mhz dimana didapatkan kebocoran frekuensi kerja yang disebut frekuensi *multi band*. Antena dikategorikan baik apabila frekuensi kerja hanya terfokus pada satu frekuensi kerja, sehingga dapat meminimalisir adanya interferensi antara frekuensi yang lainnya. Namun pada hasil uji *return loss* frekuensi *multi band* selain frekuensi kerja 900 Mhz didapatkan nilai *return loss* kurang dari *standard* nilai minimum yaitu -10 dB. Terdapat kebocoran pada 3 frekuensi kerja selain frekuensi kerja 900 Mhz. Bahkan didapatkan nilai *return loss* lebih besar dari frekuensi kerja 900 Mhz, yaitu -

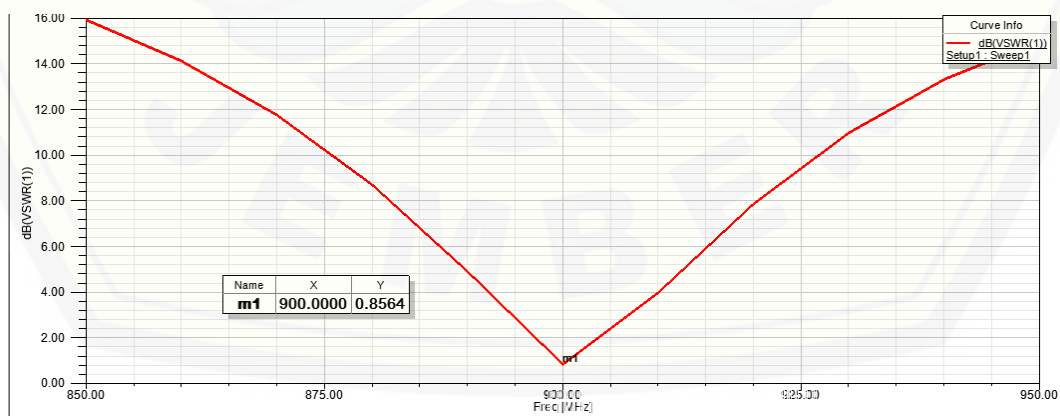
32,4748 pada frekuensi kerja 2840 Mhz. Hal tersebut menunjukkan bahwa antena *array* ini dapat digunakan juga lebih baik pada frekuensi tersebut. Terlihat hasil *marker return loss multi band* antena pada gambar 4.16.

Name	X	Y
<b>m1</b>	<b>0.9000</b>	<b>-26.5349</b>
<b>m2</b>	<b>1.3800</b>	<b>-6.6593</b>
<b>m3</b>	<b>1.5300</b>	<b>-8.5657</b>
<b>m4</b>	<b>1.6900</b>	<b>-10.9330</b>
<b>m5</b>	<b>1.7900</b>	<b>-9.6048</b>
<b>m6</b>	<b>2.3100</b>	<b>-15.1144</b>
<b>m7</b>	<b>2.6900</b>	<b>-9.3262</b>
<b>m8</b>	<b>2.8400</b>	<b>-32.4748</b>

Gambar 4.16 Nilai *Return loss* Frekuensi *Multi band*

#### 4.1.2.2 Pengujian VSWR

VSWR dari hasil uji antena *array* didapatkan nilai yang lebih kecil dari 1 *patch*. Hal tersebut dikarenakan daya refleksi yang ditimbulkan pada impedansi saluran tranmisi sangatlah *matching* terhadap pengirim. Adanya penambahan saluran tranmisi berupa rangkaian *T-Junction* memiliki fungsi sebagai pembagi terhadap impedansi saluran transmisi. Dari adanya penambahan rangkaian *T-Junction* yang optimal tersebut daya refleksi yang ditimbulkan sangatlah kecil.

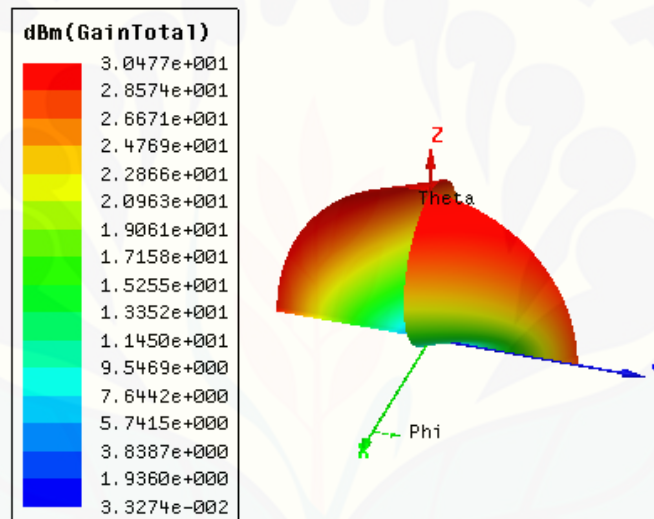


Gambar 4.17 Besar VSWR

Didapat hasil uji dari VSWR antenna *array* adalah 0,8564 dB. Nilai tersebut dikatakan sangat baik karena nilai *standard* dari VSWR antenna pada penelitian ini yaitu  $< 2$ . Grafik tersebut terlihat pada gambar 4.17.

#### 4.1.2.3 Pengujian *Gain*

Hasil dari pengujian didapatkan besar *gain* pada antenna yaitu 3,0477 dBm. Besar *gain* tersebut mengalami peningkatan, Hal ini membuktikan bahwa antenna dengan metode *phase array* dapat meningkatkan *gain* dibandingkan antenna dengan *patch* tunggal. Hasil pengujian nilai *gain* ditunjukkan pada gambar 4.18.

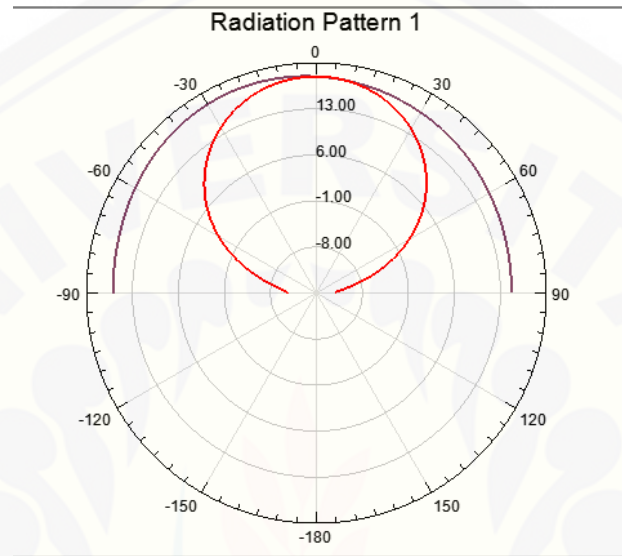


Gamabar 4.18 Besar *Gain*

#### 4.1.2.4 Pengujian Pola Radiasi

Pada antenna *array* pola radiasi yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 4.19. Pola radiasi tersebut berbeda dengan hasil uji antenna 1 *patch* sebelumnya, dimana hasil pola radiasi antenna 1 *patch* membentuk pola yang sedikit melebar. Sedangkan bentuk pola radiasi yang didapatkan pada antenna *array* menyempit hampir berbentuk lingkaran sehingga dikatakan antenna *array* yang dirancang memiliki pola radiasi *directional*. Panjang medan pancar dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan yang sama dengan 1 elemen *patch*, didapatkan jauh pancar antenna *array* yaitu 75 cm dengan diagonal *groundplane* yaitu 35.354 cm

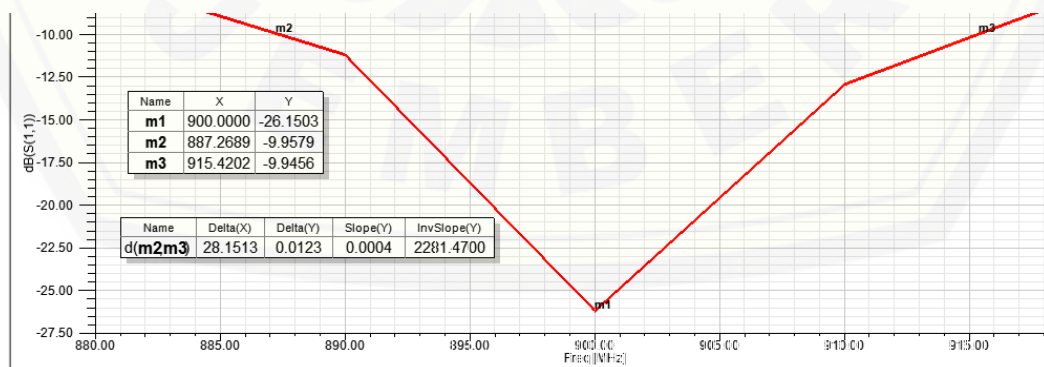
atau 0.35354 m dan dengan magnitud 13.00 pada sudut  $0^\circ$  pada hasil simulasi polaradiasi menggunakan *software* HFSS Ansoft.



Gambar 4.19 Pola Radiasi

#### 4.1.2.5 Pengujian *Bandwidth*

Pada pengujian antenna *array* dengan frekuensi tengah 900 Mhz didapatkan nilai bandwidth 28,153 Mhz. Nilai tersebut tidak jauh beda dengan *bandwidth* yang dihasilkan antenna 1 *patch* yaitu 27,983 Mhz. Gambar untuk besar nilai bandwidth antenna *array* ditunjukkan pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Besar *Bandwidth*

#### 4.1.3 Optimasi Hasil Parameter Antena Mikrostrip Array

Pada hasil perancangan dan pengujian hasil simulasi antena mikrostrip menggunakan *software* Ansoft HFSS, antena diproyeksikan bekerja pada frekuensi 900 Mhz sebagai penguat sinyal modem GSM *portable*. Didapatkan peningkatan dari hasil uji parameter antena pada antena *array* dibandingkan dengan antena 1 elemen *patch*. Hal ini telah memenuhi harapan penelitian yakni dengan menjadikan antena 1 *patch* di *array* menjadi 2 elemen *patch* akan membuat antena lebih optimal. Terlihat pada tabel 4.1 yaitu data parameter hasil optimasi.

Tabel 4.1 Optimasi Parameter Antena Mikrostrip

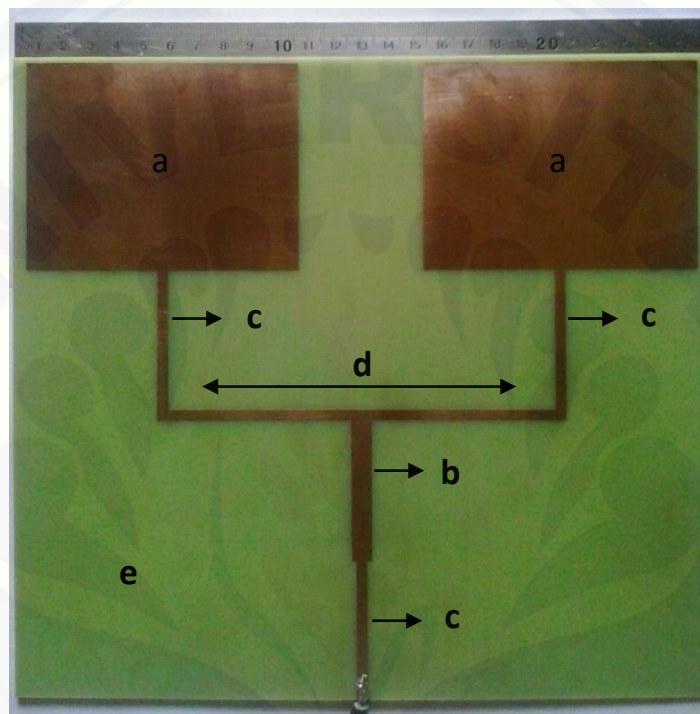
Antena 1 Elemen <i>Patch</i>		Antena <i>Array</i> 2 Elemen <i>Patch</i>		Optimasi	Prosentase
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai		
<i>Return Loss</i>	-18,883 dB	<i>Return Loss</i>	-26,150 dB	-7,267 dB	27,78 %
<i>Bandwidth</i>	27,983 Mhz	<i>Bandwidth</i>	28,151 Mhz	0,168 Mhz	0,59 %
VSWR	1,984 dB	VSWR	0,856 dB	- 1,128 dB	56,85 %
<i>Gain</i>	2,723 dBm	<i>Gain</i>	3,047 dBm	0,324 dBm	10,63 %

#### 4.2 Hasil Fabrikasi Antena Mikrostrip *Array*

Setelah dilakukan perancangan antena secara simulasi menggunakan *software* Ansoft HFSS, selanjutnya antena akan di cetak menggunakan mesin cetak *PCB* dalam proses pembuatannya. Dibutuhkan ketelitian yang ekstra dalam pengukuran desain antena sebelum difabrikasi, karena sedikit saja terjadi pergeseran pada ukuran desain nantinya akan mempengaruhi hasil parameter antena ketika diuji. Dengan dimensi antena *array* yang ditunjukkan pada tabel 3.6 didapatkan hasil fabrikasi antena mikrostrip metode *phase array* 2 elemen *patch* pada gambar 4.21. Selanjutnya antena mikrostrip *array* ini akan dilakukan uji fungsi sebagai antena *external* pada modem *portable* pada kondisi bergerak dan tidak bergerak. Pengujian dilakukan untuk implementasi antena sebagai penguat



sinyal modem *portable* frekuensi 900 Mhz. Antena akan dihubungkan dengan modem dengan cara pencatuan *feed line* menggunakan kabel *coaxial* RG 58 yang kemudian dipasangkan SMA konektor 50  $\Omega$ , setelah itu agar terhubung dengan modem maka SMA konektor dihubungkan dengan kabel pigtail. Untuk Modem yang digunakan yaitu modem sierra *wireless at & t C307*.



Gambar 4.21 Prototip Antena Mikrostrip *Array* 2 Elemen *Patch*

Keterangan :

- a = *Patch* antena
- b = *Transformator/ T-Junction*
- c = *Feed*
- d = Jarak elemen *patch*
- e = Subtrat

### 4.3 Pengujian Antena Secara Fungsi

Pengujian fungsi dilakukan untuk mengimplementasikan antena *array* terhadap modem *portable* pada frekuensi kerjanya yaitu 900 Mhz. Dalam

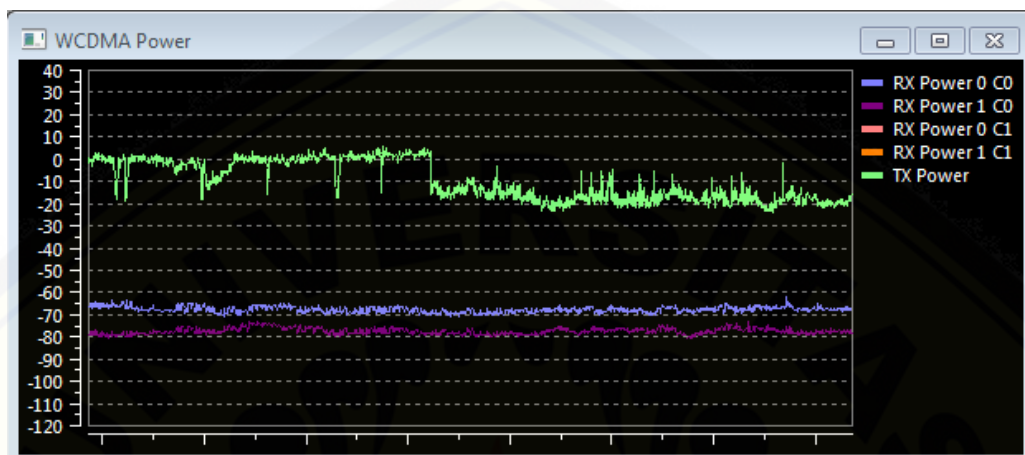
pengujianya antenna akan dihubungkan terhadap modem dengan pengambilan data secara bergerak ataupun diam. Pengujian dilakukan pada dua tempat yang berbeda guna dapat melihat kualitas dari antenna *array* yang optimal. Pengujian dilakukan pada area rural (area terbuka) dan sub urban (pedesaan). Hasil dari uji parameter antenna secara simulasi menggunakan Ansoft HFSS dapat dianalisa dengan hasil uji fungsi antenna nantinya.

Pengujian fungsi antenna dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* QXDM (*Qualcomm Extensible Diagnostik Monitor*) yang berfungsi untuk pengumpul data *real time* RF dan digunakan untuk memonitor kekuatan penerima RX dan sinyal *pilot* yang terdapat pada *windows* WCDMA *Pilot Scanner* dan WCDMA *Power* pada *software* QXDM. Selain itu juga pengujian dilakukan dengan menggunakan *software speedtest* yang berguna untuk mengetahui kualitas akses internet pada modem.

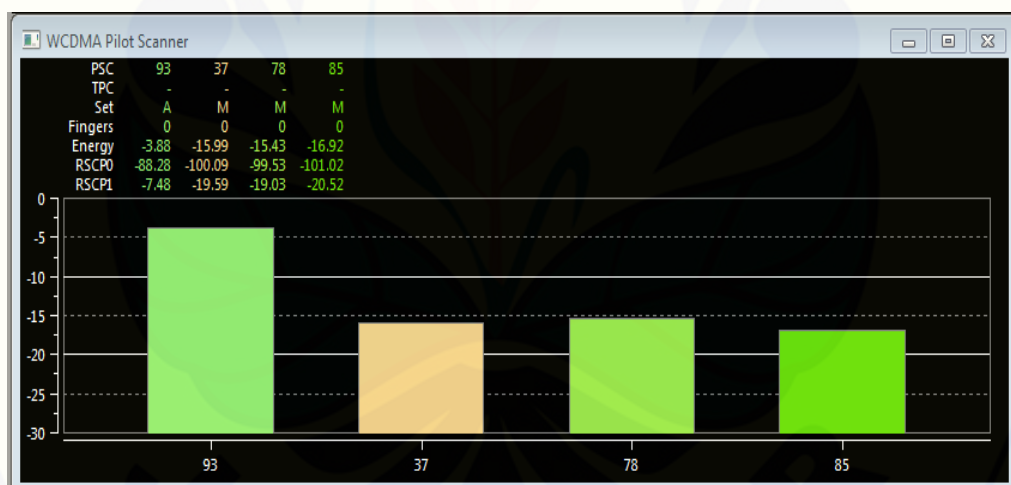
Pada pengujian menggunakan *software* QXDM fungsi dari *windows* WCDMA *Power* adalah untuk melihat grafik *power level* sinyal yang diterima oleh RX dalam tiap waktunya. Dapat dilihat pada gambar 4.21 yaitu grafik *power level* sinyal ditunjukkan oleh grafik garis berwarna ungu muda atau dengan tulisan RX *Power* 0 untuk sinyal 3G dan grafik garis berwarna ungu tua atau dengan tulisan RX *Power* 1 untuk sinyal 2G. Dengan satuan skala -120 dBm sampai dengan 40 dBm. Besar nilai *power level* sinyal juga dapat dilihat dari fungsi *windows* WCDMA *Pilot Scanner* dengan tulisan RSCP. Pada penelitian ini sinyal yang akan menjadi pembahasan hanya sinyal 3G pada modem saja.

*Windows* WCDMA *Pilot Scanner* difungsikan untuk melihat pilot sinyal yang tertangkap oleh modem. Pilot sinyal adalah sebuah sinyal yang menandakan pada tiap – tiap sel, yang disebut dengan CPICH (*Common Pilot Indicator Channel*). Pada *windows* WCDMA *Pilot Scanner* sinyal pilot yang terdeteksi ditunjukkan dengan tulisan PSC dan untuk *level* dari sinyal *pilot* tersebut ditunjukkan oleh grafik diagram batang dengan satuan skala – 30 sampai dengan 0 atau dengan tulisan *Energy*. Pada modem biasanya terdapat banyak sinyal pilot yang terdeteksi, dapat diketahui kondisi sinyal pilot tersebut pada WCDMA *Pilot Scanner* ditunjukkan dengan *Set*. Untuk sinyal pilot yang terdeteksi dan sedang

digunakan akan ditunjukkan dengan huruf A (Aktif), sedangkan untuk sinyal pilot yang hanya terdeteksi saja akan ditunjukkan dengan huruf M (Termonitor). Windows WCDMA Pilot Scanner ditunjukkan pada gambar 4.22.



Gambar 4.21 Tampilan windows WCDMA Power

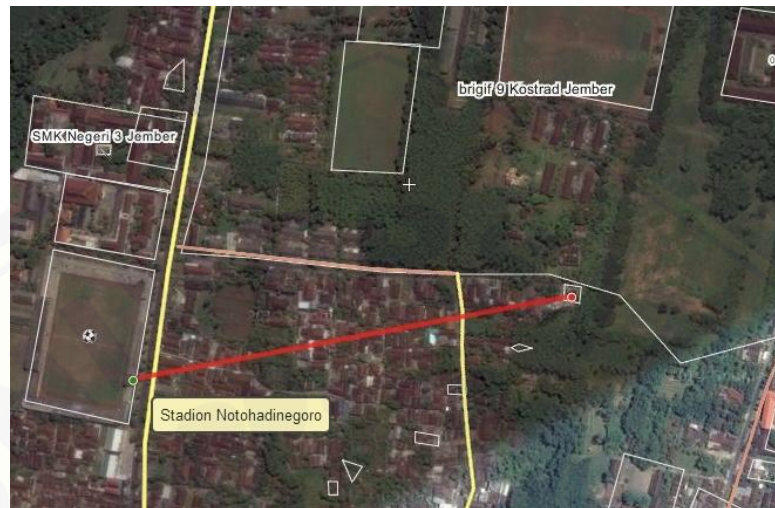


Gambar 4.22 Tampilan windows WCDMA Pilot Scanner

#### 4.3.1 Pengujian Rural (Bebas Area) Di Daerah Kreongan

Daerah Kreongan dipilih untuk pengujian antenna yang pertama, lebih tepatnya di halaman Stadion Notohadi Negero Jember. Tempat ini dipilih karena lokasinya yang dekat dengan BTS Telkomsel dan juga areanya yang terbuka (rural). Pada daerah Kreongan kondisi tempat pengujian tidak terdapat banyak gedung tinggi, pepohonan yang tinggi dan daerahnya datar. Adapun letak dari

daerah Kreongan ditunjukkan pada gambar 4.23 melalui situs [www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org).



Gambar 4.23 Tempat Pengujian Area Terbuka (Rural) Daerah Kreongan  
(Sumber : [www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org))

#### 4.3.1.1 Pengujian Tidak bergerak

Pengujian dilakukan pada jarak 450 meter dari BTS Telkomsel. Modem diuji tanpa antena dan dengan menggunakan antena *array*, serta akan dibandingkan dengan antena pembanding. Pada waktu proses pengamatanya dilakukan 10 menit guna mengetahui hasil uji yang optimal pada penerimaan sinyal. Didapatkan hasil dari pengujian menggunakan *software* QXDM terlihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian QXDM Modem Tidak Bergerak

Pengujian	Parameter					
	PSC	Set A	M	Energy (dBm)	RSCP 0 (dBm)	RSCP 1 (dBm)
Tanpa Antena	2	1	1	-6.31	-59.71	-56.31
Antena Mikrostrip <i>Array</i>	1	1	-	0.42	-54.48	-54.68
Antena Referensi	2	1	1	-2.51	-46.81	-73.11

Keterangan :

- a. PSC adalah jumlah sinyal *pilot* yang terdeteksi oleh modem.
- b. Set adalah suatu kondisi dari sinyal *pilot*, dimana (A) yaitu kondisi aktif dan (M) hanya termonitoring.
- c. Energy adalah parameter nilai dari sinyal *pilot* yang aktif terdeteksi oleh modem.
- d. RSCP 0 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antenna penerima untuk jaringan 3G.
- e. RSCP 1 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antenna penerima untuk jaringan 2G.

Dari tabel hasil pengujian kondisi tidak bergerak tersebut dapat dianalisa bahwa antenna mikrostrip *array* yang dibuat untuk penguat sinyal modem *portable* frekuensi 900 Mhz memiliki pola radiasi *directional*, yaitu mengarah dan fokus pada medan tertentu dekat antenna. Hal ini tampak diamana pada *windows WCDMA Pilot Scanner* didapat PSC atau sinyal *pilot* hanya 1 dan kondisi Set adalah A (aktif) yang artinya modem hanya fokus dengan 1 PSC yang aktif pada pengujian menggunakan antenna mikrostrip *array*. Sedangkan pengujian tanpa antenna dan juga menggunakan antenna pembanding didapatkan PSC atau sinyal *pilot* berjumlah lebih dari 1. Walaupun kondisi Set yang aktif hanya 1 dan lainnya M (termonitor) namun hal ini rentan akan timbulnya interferensi apabila sewaktu-waktu PSC lainnya berubah kondisi Set menjadi A (aktif) juga. Semakin banyak sinyal *pilot* yang terdeteksi aktif (A) maka akan terjadi *pilot pollution* dan dapat menurunkan kualitas saat digunakan untuk mengakses internet. Untuk parameter *sinyal pilot* atau PSC pada *WCDMA Pilot Scanner* ditunjukkan dengan tulisan Energy, didapatkan pada modem tanpa antenna yaitu -6.31 dBm, sedangkan pada modem dengan antenna mikrotrip *array* yaitu 0.42 dBm. Untuk hasil Energy dari antenna pembanding didaptkan lebih kecil yaitu -2.51. Semakin besar atau mendekati nilai 0 Energy yang didapatkan maka semakin baik.

Selain itu parameter hasil uji dilakukan untuk *power level* sinyal atau RX *Power 0* pada *windows WCDMA Power* yang didapatkan pada pengujian

modem tanpa antenna dan modem dengan antenna *array* hampir sama yaitu grafik menunjukkan berkisar -60 dBm sampai -50 dBm dalam waktu 10 menit pengujian. Dibandingkan pada pengujian RX *Power* pada antenna pembanding didapatkan hasil yang lebih besar yaitu berkisar -50 dBm sampai -40 dBm. Didapatkan RSCP 0 atau *power level* sinyal pada *windows WCDMA Pilot Scanner* modem tanpa antenna yaitu -59.71 dBm, dan disaat menggunakan antenna mikrostrip *array* yaitu -54.48 dBm. Untuk antenna pembandingnya RSCP 0 didapatkan -46.81 dBm. Lebih besarnya nilai *power level* sinyal yang didapat oleh antenna pembanding dikarenakan antenna memiliki *gain* sebesar 5 dB, lebih besar dari *gain* antenna mikrostrip *array* yang hanya 3 dBm pada hasil pengujian menggunakan HFSS.

Untuk mengetahui kualitas akses internet pada modem digunakan *software speedtest*. Parameter yang dapat dilihat yaitu *Ping*, *Download speed* dan *Upload speed*. Dari hasil pengujian *speed test* didapatkan parameter dari modem menggunakan antenna mikrostrip *array* lebih baik daripada modem tanpa antenna dan modem dengan antenna pembanding. Terbukti bahwa selain parameter *power level* sinyal, parameter sinyal *pilot* juga berpengaruh pada kualitas akses internet. Parameter yang paling membedakan pada pengujian ini yaitu pada kecepatan *download*, didapatkan pada pengujian modem menggunakan antenna mikrostrip *array* yaitu 8.76 Mbps, sedangkan pada pengujian modem tanpa antenna yaitu 7.30 Mbps dan modem menggunakan antenna pembanding 8.54 Mbps. Pengujian *speedtest* ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Speedtest* Modem Tidak Bergerak

Pengujian	Parameter		
	<i>Ping</i> (ms)	<i>Download</i> (Mbps)	<i>Upload</i> (Mbps)
Tanpa Antena	50	7.30	1.76
Antena Mikrostrip <i>Array</i>	50	8.76	1.70
Antena Referensi	60	8.54	1.69

#### 4.3.1.2 Pengujian Bergerak

Pengujian modem kondisi bergerak adalah rumusan masalah yang utama dalam penelitian ini, pengujian bergerak tanpa antenna dan menggunakan antenna mikrostrip *array* dilakukan guna mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan ditambahkan antenna mikrostrip *array* pada modem. Hasil dari pengujian tanpa antenna akan dibandingkan dan dianalisa optimasinya setelah menggunakan antenna mikrostrip *array*. Setelah itu hasil dari antenna mikrostrip *array* akan dibandingkan dengan antenna pembanding yang menjadi tolak ukur keoptimalan antenna mikrostrip *array* dan dibuat. Pengujian bergerak ini dilakukan dengan bergerak menjauhi BTS pada jarak tempuh 2 km dan bergerak dengan kecepatan beragam, yaitu 10 km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam, 40 km/jam dan 50 km/jam. Hasil pengujian menggunakan *software* QXDM terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian QXDM Modem Bergerak

Pengujian	Kecepatan	Parameter					
		PSC	Set A	Set M	Energy (dBm)	RSCP 0 (dBm)	RSCP 1 (dBm)
Tanpa Antena	10 km/jam	3	1	2	-6.52	-60.22	-63.72
	20 km/jam	4	2	2	-3.50	-70.10	-69.20
	30 km/jam	4	2	2	-7.06	-66.46	-67.96
	40 km/jam	5	2	3	-4.54	-69.44	-62.64
	50 km/jam	7	2	5	-5.25	-70.85	-75.85
Antena Mikrostrip Array	10 km/jam	2	1	1	-1.28	-59.68	-62.38
	20 km/jam	3	1	2	-3.40	-69.60	-63.10
	30 km/jam	3	1	2	-7.80	-71.70	-68.40
	40 km/jam	4	2	2	-4.11	-63.61	-64.11
	50 km/jam	6	1	5	-9.75	-75.65	-72.85
Antena Referensi	10 km/jam	3	1	2	-5.82	-53.92	-9.42
	20 km/jam	3	2	1	-8.04	-66.14	-67.84
	30 km/jam	4	2	2	-3.59	-66.19	-64.89
	40 km/jam	5	2	3	-4.54	-69.44	-62.64
	50 km/jam	4	1	3	-3.36	-74.26	-65.56

Keterangan :

- a. PSC adalah jumlah sinyal *pilot* yang terdeteksi oleh modem.
- b. Set adalah suatu kondisi dari sinyal *pilot*, dimana (A) yaitu kondisi aktif dan (M) hanya termonitoring.
- c. Energy adalah parameter nilai dari sinyal *pilot* yang aktif terdeteksi oleh modem.
- d. RSCP 0 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antenna penerima untuk jaringan 3G.
- e. RSCP 1 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antenna penerima untuk jaringan 2G.

Dari hasil pengujian QXDM yang ditunjukkan pada tabel 4.4 dapat dibandingkan parameter hasil uji modem bergerak tanpa antenna dan modem menggunakan antenna mikrostrip *array*, serta dibandingkan dengan parameter hasil modem bergerak menggunakan antenna pembanding. Pada kecepatan yang sama serta jarak yang sama dalam hasil pengujian diperoleh parameter yang jauh berbeda. Didapatkan pada pengujian modem bergerak tanpa antenna *power level* sinyal atau RSCP yang diterima modem tidaklah stabil. Didapatkan pada nilai terbesar RSCP yaitu  $-60.22$  dBm pada kecepatan 10 km/jam modem bergerak tanpa antenna. Pada setiap pengujian kecepatan, pada modem bergerak parameter penurunan terjadi tidak stabil hingga  $-70.85$  dBm pada kecepatan 50 km/jam. Dan juga pada parameter sinyal *pilot* atau PSC pada WCDMA *Pilot Scanner* didapatkan nilai *energy* rata-rata berkisar dengan angka belasan yaitu terdeteksi hingga  $-7$  dBm sampai  $-4$  dBm. Kemudian juga modem tidak dapat fokus atau konsentrasi pada 1 sinyal *pilot* atau PSC saja, melainkan terdapat 2 sinyal *pilot* yang terdeteksi aktif. Hal ini mengakibatkan terjadi *pilot pollution* dan dapat menurunkan kualitas saat digunakan untuk mengakses internet. Semakin cepat modem bergerak semakin tidak optimal parameter yang didapatkan pada pengujian modem bergerak tanpa antenna.

Sedangkan pada hasil pengujian modem bergerak menggunakan antenna mikrostrip *array*, parameter yang terlihat menunjukkan optimasi kestabilan



*Energy* dari sinyal *pilot* atau PSC. Nilai kestabilan yang dideteksi antena mikrostrip *array* dalam setiap kecepatan Bergeraknya hanya mendeteksi 1 PSC aktif saja dibandingkan dengan tanpa menggunakan antena dan menggunakan antena pembanding. Didapatkan pada antena pembanding modem mendeteksi hingga 2 sinyal *pilot* yang aktif. Sedangkan pada RSCP 0 modem Bergerak menggunakan antena mikrostrip *array* tidak cukup stabil jika dibandingkan dengan antena pembanding. Pada antena pembanding didapatkan nilai RSCP 0 sedikit lebih baik dalam setiap pengujian dikarenakan antena pembanding jenis *monopole* memiliki *gain* sebesar 5 dB. Didapatkan nilai terbesar RSCP 0 dari pengujian modem Bergerak menggunakan antena mikrostrip *array* pada kecepatan 10 km/jam yaitu -59.68 dBm, sedangkan menggunakan antena pembanding nilai RSCP 0 terbesar didapatkan pada kecepatan yang sama yaitu 10 km/jam sebesar -53.92 dBm. Namun besaran nilai parameter yang didapatkan pada antena mikrostrip *array* sudah dapat dikatakan baik untuk modem kondisi Bergerak, walaupun parameter tersebut semakin kecil nilainya apabila kecepatan modem Bergerak semakin cepat dimulai dari 10 km/jam – 50 km/jam.

Untuk mengetahui kualitas akses internet pada modem digunakan *software speedtest*. Parameter yang dapat dilihat yaitu Ping, *Download speed* dan *Upload speed*. Terlihat pada tabel 4.5 berikut. Hasil dari pengujian dengan *software speedtest* untuk melihat kualitas akses internet pada modem. Didapatkan parameter kecepatan untuk *download* yang kecil pada modem tanpa menggunakan antena. Semakin cepat kecepatan Bergerak kualitas *download* semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sinyal *pilot* aktif yang terdeteksi oleh modem ketika kondisi Bergerak. Akibatnya terjadi *pilot pollution* dan dapat menurunkan kualitas saat digunakan untuk mengakses internet. Dan didapatkan juga *power level* sinyal yang diterima memiliki nilai yang kecil. Diperoleh hasil *download* terbaik pada pengujian *speedtest* modem Bergerak tanpa antena yaitu pada kecepatan 10 km/jam sebesar 5.21 Mbps dan yang terkecil yaitu pada kecepatan 50 km/jam sebesar 2.53 Mbps.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Speedtest* Modem Bergerak

Pengujian	Kecepatan	Parameter		
		<i>Ping</i> (ms)	<i>Download</i> (Mbps)	<i>Upload</i> (Mbps)
Tanpa Antena	10 km/jam	60	5.21	1.75
	20 km/jam	70	4.90	1.32
	30 km/jam	60	3.05	0.95
	40 km/jam	59	3.09	1.75
	50 km/jam	60	2.53	1.65
Antena Mikrostrip Array	10 km/jam	94	7.31	1.50
	20 km/jam	98	7.01	1.32
	30 km/jam	70	4.57	1.67
	40 km/jam	60	3.79	0.59
	50 km/jam	59	4.18	1.21
Antena Referensi	10 km/jam	84	6.59	1.59
	20 km/jam	157	6.99	1.44
	30 km/jam	60	6.14	1.78
	40 km/jam	78	3.48	1.67
	50 km/jam	60	4.91	1.73

Dibandingkan dengan hasil pengujian dari modem bergerak menggunakan antena mikrostrip *array*, Didapatkan kecepatan *download* terbesar yaitu 7.31 Mbps pada kecepatan 10 km/jam dan kecepatan *download* terkecil didapatkan pada kecepatan 40 km/jam sebesar 3.79 Mbps. Penurunan tersebut menurun dari mulai kecepatan 10 km/jam – 50 km/jam secara stabil dan tidak terlalu besar penurunannya. Keoptimalan yang didapat pada pengujian *speedtest* ini dikarenakan adanya penambahan antena *array* sebagai penguat sinyal kondisi bergerak yang sesuai tujuan utama penelitian ini. Antena *array* pada hasil penelitian dapat memfokuskan modem hanya pada 1 sinyal *pilot* yang terdeteksi aktif sehingga didapatkan kecepatan akses internet atau proses *download* menjadi optimal. Hasil yang lebih baik lagi akan didapatkan jikalau antena mikrostrip *array* memiliki nilai

*gain* lebih dari 3 dBm. Pengujian hasil menggunakan antenna mikrostrip masih dapat dikatakan baik jika dibandingkan dengan antenna pembanding *monopole*, meskipun pada saat pengujian menggunakan *softwrae* QXDM didapatkan nilai RSCP yang besar, namun tidak stabilnya antenna dalam mendeteksi sinyal *pilot* yang lebih dari sinyal *pilot* aktif mengakibatkan hasil akses internet yang sedikit lebih kecil dengan menggunakan antenna miksotrip *array*.

#### 4.3.2 Pengujian Sub Urban (Pedesaan) Di Daerah Sukorambi

Daerah Sukorambi dipilih untuk pengujian antenna yang kedua, pengujian dilakukan guna melihat pengaruh antenna mikrostrip *array* terhadap modem pada daerah Sub Urban (Pedesaan). Tempat pengujian yang dipilih berdekatan dengan BTS Telkomsel daerah sukorambi. Pengujian dilakukan pada kondisi bergerak dan tidak bergerak dengan dan tanpa menggunakan antenna mikrostrip *array* Pada daerah Sukorambi kondisi tempat pengujian terdapat banyak pepohonan yang tinggi dan lebat serta kondisi permukaan yang berlembah dan berbukit. Adapun letak dari daerah Sukorambi ditunjukkan pada gambar 4.24 melalui situs [www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org)



Gambar 4.24 Tempat Pengujian Area Pedesaan (Sub Urban) Daerah Sukorambi  
(Sumber : [www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org))

#### 4.3.2.1 Pengujian Tidak bergerak

Pengujian dilakukan pada jarak 470 meter dari BTS Telkomsel yang berada pada daerah Sukorambi. Modem diuji tanpa antena dan dengan menggunakan antena *array*, serta dibandingkan dengan menggunakan antena pembanding. Pada waktu proses pengamatanya dilakukan 10 menit guna mengetahui hasil uji yang optimal pada penerimaan sinyal. Didapatkan hasil dari pengujian menggunakan *software* QXDM terlihat pada tabel 4.6.

Berdasarkan tabel hasil pengujian kondisi tidak bergerak tersebut dapat dianalisa bahwa antena mikrostrip *array* memiliki pola radiasi *directional*, yaitu mengarah dan fokus pada medan tertentu dekat antena walupun pada area pedesaan.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian QXDM Modem Tidak Bergerak

Pengujian	Parameter				
	PSC	Set A M	Energy (dBm)	RSCP 0 (dBm)	RSCP 1 (dBm)
Tanpa Antena	2	1 1	-3.59	-81.99	-1.19
Antena Mikrostrip <i>Array</i>	1	1 -	-3.03	-80.33	-76.13
Antena Referensi	3	1 2	-8.11	-69.01	-11.71

Keterangan :

- PSC adalah jumlah sinyal *pilot* yang terdeteksi oleh modem.
- Set adalah suatu kondisi dari sinyal *pilot*, dimana (A) yaitu kondisi aktif dan (M) hanya termonitoring.
- Energy adalah parameter nilai dari sinyal *pilot* yang aktif terdeteksi oleh modem.
- RSCP 0 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antena penerima untuk jaringan 3G.
- RSCP 1 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antena penerima untuk jaringan 2G.

Hal ini tampak di mana pada *windows WCDMA Pilot Scanner* didapat PSC atau sinyal *pilot* hanya 1 dan kondisi Set adalah A (aktif) yang artinya modem hanya fokus dengan 1 PSC yang aktif pada pengujian menggunakan antenna mikrostrip *array*. Sedangkan pengujian tanpa antenna dan antenna pembanding didapatkan PSC atau sinyal *pilot* berjumlah 2 sampai 3 yang terdeteksi meskipun 1 PSC aktif (A) dan lainnya hanya termonitor (M). Parameter yang didapatkan hampir sama dengan pengujian area terbuka hanya saja besar parameter untuk tiap pengujian lebih kecil dikarenakan pengujian dilakukan pada daerah pedesaan yang sangat dipengaruhi oleh banyak pepohonan tinggi serta permukaan daerah Sukorambi yang berbukit dan berlembah. Untuk parameter *sinyal pilot* atau PSC pada *WCDMA Pilot Scanner* ditunjukkan dengan tulisan *Energy*, didapatkan pada modem tanpa antenna yaitu - 3.59 dBm sedangkan pada modem dengan antenna mikrostrip *array* yaitu - 3.03 dBm dan didapatkan untuk antenna pembanding yaitu -8.11 dBm. Semakin besar atau mendekati nilai 0 *Energy* yang didapatkan maka semakin baik.

Selain itu parameter hasil uji dilakukan untuk *power level* sinyal atau RX *Power 0* pada *windows WCDMA Power* yang didapatkan pada pengujian modem tanpa antenna grafik menunjukkan berkisar -82 dBm sampai -79 dBm dalam waktu 10 menit pengujian, dan pada pengujian menggunakan antenna mikrostrip *array* didapatkan grafik nilai *power level* sinyal stabil di angka -80dBm samapai -75 dBm, sedangkan untuk antenna pembanding *power level* sinyal yang didapatkan lebih besar yaitu pada angka -70 dBm sampai -60 dBm.

Pada *windows WCDMA Pilot Scanner* didapatkan RSCP atau *power level* sinyal tanpa antenna yaitu - 81.99 dBm dan disaat menggunakan antenna mikrostrip *array* yaitu - 80.33 dBm. Sedangkan untuk hasil dari antenna pembanding RSCP didapatkan nilai yang lebih baik yaitu -69.01 dBm, hasil ini dikarenakan spesifikasi antenna pembanding memiliki gain 5 dB dibandingkan dengan antenna mikrostrip *array* yang dibuat yaitu 3 dBm.

Untuk mengetahui kualitas akses internet pada modem digunakan *software speedtest*. Parameter yang dapat dilihat yaitu Ping, *Download speed* dan *Upload speed*. Terlihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian *Speedtest* Modem Tidak Bergerak

Pengujian	Parameter		
	<i>Ping</i> (ms)	<i>Download</i> (Mbps)	<i>Upload</i> (Mbps)
Tanpa Antena	60	6.65	1.79
Antena Mikrostrip <i>Array</i>	69	7.74	1.72
Antena Referensi	70	7.65	1.68

Dari hasil pengujian *speedtest* didapatkan parameter dari modem menggunakan antena lebih baik daripada modem tanpa antena. Terbukti bahwa didapatkan nilai *download speed* adalah 7.74 Mbps untuk modem menggunakan antena mikrostrip *array*, dan pada pengujian modem tanpa antena yaitu 6.65 Mbps. Sedangkan pada penggunaan antena pembanding didapatkan *download speed* 7.65 Mbps. Pengaruh dari *power level sinyal* dan *sinyal pilot* yang didapat pada pengujian yang membedakan pada pengujian kualitas akses internet dengan software *speedtest* ini, sama halnya dengan pengujian pada daerah rural.

#### 4.3.2.2 Pengujian Bergerak

Pengujian modem kondisi bergerak adalah tujuan utama dari penelitian ini, penelitian dilakukan untuk mendapatkan antena array yang optimal pada modem kondisi bergerak frekuensi 900 Mhz. Pengujian dilakukan bergerak tanpa antena dan menggunakan antena. Pengujian bergerak ini dilakukan dengan bergerak menjauhi BTS pada jarak tempuh 2 km dan bergerak dengan kecepatan beragam, yaitu 10 km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam, 40 km/jam dan 50 km/jam. Hasil pengujian menggunakan software QXDM terlihat pada tabel 4.8. Untuk mengetahui kualitas akses modem bergerak tanpa antena dan menggunakan antena dilakukan pengujian menggunakan software *speed test*.

Dari hasil pengujian QXDM dengan kecepatan yang sama serta jarak yang sama dalam hasil pengujian diperoleh parameter yang jauh berbeda. Pengaruh area dari daerah Sukorambi sendiri yang berbukit serta banyak pepohonan

membuat nilai parameter pengujian yang kecil. Pada pengujian modem bergerak tanpa antena didapatkan *power level* sinyal atau RSCP yang diterima stabil namun kecil untuk parameter yang didapat. Pada nilai terbesar RSCP yaitu  $-84.30$  dBm pada kecepatan  $20$  km/jam dan nilai terkecil RSCP yaitu  $-99.93$  dBm pada kecepatan  $50$  km/jam. Didapatkan parameter sinyal *pilot* atau *Energy* dari PSC yang buruk di setiap pengujian kecepatan pada modem bergerak tanpa antena. Besar nilai dari *Energy* sinyal *pilot* tanpa antena rata – rata yaitu nilai terkecil yaitu  $-10.27$  dBm pada kecepatan  $40$  km/jam. Selain itu sinyal *pilot* yang terdeteksi aktif tertulis lebih dari  $2$  PSC aktif (A). Hal ini nantinya mengakibatkan terjadi *pilot pollution* dan dapat menurunkan kualitas saat akses internet pada pengujian menggunakan *software speedtest*.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian QXDM Modem Bergerak

Pengujian	Kecepatan	Parameter				
		PSC	Set A M	<i>Energy</i> (dBm)	RSCP 0 (dBm)	RSCP 1 (dBm)
Tanpa Antena	10 km/jam	4	1 3	-9.81	-88.01	-13.41
	20 km/jam	5	2 3	-3.30	-84.30	-85.10
	30 km/jam	4	2 2	-4.85	-89.45	-93.35
	40 km/jam	9	2 7	-10.27	-85.77	-94.77
	50 km/jam	8	3 5	-6.63	-99.93	-96.33
Antena Mikrostrip Array	10 km/jam	2	1 1	-3.59	-81.99	-7.19
	20 km/jam	3	1 2	-1.35	-82.25	-79.35
	30 km/jam	5	1 4	-2.32	-81.02	-81.12
	40 km/jam	7	1 6	-5.03	-95.23	-92.63
	50 km/jam	7	2 5	-5.15	-94.15	-93.55
Antena Referensi	10 km/jam	4	1 3	-4.96	-69.06	-8.56
	20 km/jam	6	3 3	-3.43	-84.03	-88.33
	30 km/jam	5	1 4	-7.77	-81.07	-11.37
	40 km/jam	7	3 4	-7.62	-80.12	-86.92
	50 km/jam	10	2 8	-5.82	-80.22	-90.02

Keterangan :

- a. PSC adalah jumlah sinyal *pilot* yang terdeteksi oleh modem.
- b. Set adalah suatu kondisi dari sinyal pilot, dimana (A) yaitu kondisi aktif dan (M) hanya termonitoring.
- c. Energy adalah parameter nilai dari sinyal *pilot* yang aktif terdeteksi oleh modem.
- d. RSCP 0 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antena penerima untuk jaringan 3G.
- e. RSCP 1 adalah parameter nilai dari *power level* sinyal yang ditangkap oleh antena penerima untuk jaringan 2G.

Sedangkan pada hasil pengujian modem bergerak menggunakan antena mikrostrip *array*, parameter yang terlihat sama dengan pengujian pada area terbuka (rural) parameter yang didapat menunjukkan optimasi kestabilan, baik *power level* sinyal atau RSCP dan *Energy* dari sinyal *pilot* atau PSC. Namun besaran nilai parameter yang didapat lebih kecil, dikarekan pada area Sukorambi yang areanya pedesaan (sub urban). Besaran nilai parameter yang didapatkan sudah dapat dikatakan baik untuk modem kondisi bergerak pada area pedesaan. Sama dengan pengujian di area bebas parameter yang diuji nilainya semakin menurun disaat kecepatan mulai dari 10 km/jam – 50 km/jam, namun penurunannya secara stabil dan tidak terlalu besar. Pada sinyal *pilot* yang terdeteksi aktif rata - rata berjumlah 1 meskipun banyak yang termonitor (M), dapat dikatakan antena *array* yang digunakan masih dapat fokus dalam arah medan pola radiasi area pedesaan. Untuk hasil pengujian *power level* sinyal pada modem bergerak menggunakan antena ini didapatkan nilai terbesar pada kecepatan 30km/jam yaitu -81.02 dBm berlanjut menurun namun penurunannya stabil dan tergolong kecil nilainya, didapatkan *power level* sinyal terkecil pada 40 km/jam yaitu – 95.23 dBm.

Dapat dibandingkan dengan hasil parameter yang diperoleh oleh antena pembanding, nilai RSCP pada antena mikrostrip *array* sedikit lebih kecil daripada



nilai RSCP yang didapat antena pembanding. Namun untuk parameter sinyal *pilot* atau PSC yang dideteksi tergolong kurang baik pada antena pembanding. Yaitu didapatkan PSC aktif mencapai 3 PSC aktif.

Digunakan *software speedtest* untuk dapat melihat kualitas akses internet pada area pedesaan (sub urban). Parameter yang dapat dilihat yaitu Ping, *Download speed* dan *Upload speed*. Terlihat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian *Speedtest* Modem Bergerak

Pengujian	Kecepatan	Parameter		
		<i>Ping</i> (ms)	<i>Download</i> (Mbps)	<i>Upload</i> (Mbps)
Tanpa Antena	10 km/jam	51	5.97	0.31
	20 km/jam	70	4.81	0.78
	30 km/jam	69	3.06	1.47
	40 km/jam	67	3.15	1.78
	50 km/jam	60	2.47	1.74
Antena Mikrostrip Array	10 km/jam	79	7.47	1.49
	20 km/jam	80	6.64	1.24
	30 km/jam	60	5.22	1.77
	40 km/jam	59	3.78	0.54
	50 km/jam	50	3.20	0.43
Antena Referensi	10 km/jam	194	6.92	0.38
	20 km/jam	60	5.11	1.45
	30 km/jam	49	5.96	1.68
	40 km/jam	60	3.46	1.24
	50 km/jam	67	3.72	1.71

Hasil dari pengujian dengan *software speedtest* untuk melihat kualitas akses internet pada modem didapatkan parameter kecepatan untuk *download* relatif stabil pada pengujian modem bergerak tanpa antena. Semakin cepat kecepatan bergerak kualitas *download* semakin kecil. Nilai kecepatan *download*

yang didapatkan pada pengujian modem tanpa antena yaitu rata – rata sebesar 2 Mbps sampai 5 Mbps. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sinyal *pilot* aktif yang terdeteksi oleh modem ketika kondisi bergerak. Nilai *download* yang kecil juga dipengaruhi oleh area sub urban yang banyak terdapat pohon dan daerah yang tidak datar. Diperoleh hasil *download* terbaik pada pengujian *speed test* modem bergerak tanpa antena yaitu pada kecepatan 10 km/jam sebesar 5.97 Mbps dan yang terkecil yaitu pada kecepatan 50 km/jam sebesar 2.47 Mbps.

Dibandingkan dengan hasil pengujian pada modem bergerak menggunakan antena mikrostrip *array*, Didapatkan kecepatan *download* terbesar yaitu 7.47 Mbps pada kecepatan 10 km/jam dan kecepatan *download* terkecil didapatkan pada kecepatan 50 km/jam sebesar 3.20 Mbps. Pada hasil uji kecepatan penurunan pada *download speed* tidak terlalu besar dan stabil. Hasil tersebut didapatkan berkat antena *array* yang hanya mendeteksi 1 sinyal *pilot* aktif dan lainnya hanya termonitor. Sehingga saat pengujian *speed test* didapatkan *download speed* yang optimal.

Sebagai pembandingan hasil dari antena mikrostrip *array* didapatkan hasil parameter kecepatan *download* antena pembandingan yaitu cukup stabil dan baik, Yaitu didapatkan *download* terbesar 6.92 Mbps dan yang terkecil adalah 3.46 Mbps.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan dari penelitian dengan judul “ Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Sebagai Penguat Sinyal Modem *Portable* Kondisi Bergerak “ , maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian hasil simulasi antena mikrostrip 1 elemen *patch* menggunakan *software* Ansoft HFSS didapatkan parameter yang telah memenuhi spesifikasi antena 900 Mhz yang diinginkan yaitu *return loss* = -18,8833 dB, perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan telah memenuhi *standard return loss* kurang dari -10 dB, VSWR = 1,9841 dB, daya refleksi (*reflected power*) yang ditimbulkan pada impedansi saluran transmisi terhadap *transceiver* telah memenuhi *standard* dengan VSWR kurang dari 2 dB, *bandwidth* = 27,9832 Mhz dan *gain* = 2,723 dBm.
2. Pada pengujian hasil simulasi antena mikrostrip *array* 2 elemen *patch* menggunakan *software* Ansoft HFSS didapatkan optimalisasi pada setiap parameternya dibandingkan dengan antena 1 *patch* dan telah memenuhi spesifikasi antena 900 Mhz yang diinginkan yaitu *return loss* = -26,1503 dB, perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan telah memenuhi *standard return loss* kurang dari -10 dB, VSWR = 0,8564 dB dengan daya refleksi (*reflected power*) yang ditimbulkan pada impedansi saluran transmisi terhadap *transceiver* telah memenuhi *standard* dengan VSWR kurang dari 2 dB, *bandwidth* = 28,1513 Mhz dan *gain* = 3,047 dBm dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu lebih besar dari 3 dBm.

3. Hasil dari pengujian fungsi antena mikrostrip *array* sebagai penguat sinyal modem tidak bergerak pada area terbuka (rural) menggunakan *software* QXDM diperoleh parameter uji yang lebih baik dibandingkan menggunakan antena referensi dan tanpa menggunakan antena, yaitu pada sinyal *pilot* atau PSC 1 (A) , *Energy* dari sinyal *pilot* 0.42 dBm dan RSCP atau *power level* sinyal -54.48 dBm. Sedangkan pada pengujian bergerak didapatkan parameter terbesar yaitu sinyal *pilot* atau PSC 1 (A), *Energy* dari sinyal *pilot* -1.28 dBm dan RSCP atau *power level* sinyal -59.68 dBm.
4. Hasil dari pengujian fungsi antena mikrostrip *array* sebagai penguat sinyal modem pada area pedesaan (sub urban) menggunakan *software* QXDM diperoleh parameter uji yang lebih baik dibandingkan menggunakan antena referensi dan tanpa menggunakan antena, yaitu pada pengujian tidak bergerak sinyal *pilot* atau PSC 1 (A) , *Energy* dari sinyal *pilot* -3.03 dBm dan RSCP atau *power level* sinyal -80.33 dBm. Sedangkan pada pengujian bergerak didapatkan parameter terbesar yaitu sinyal *pilot* PSC 1 (A), *Energy* dari sinyal *pilot* -1.35 dBm dan RSCP atau *power level* sinyal -81.02 dBm.
5. Pengujian menggunakan *software* speedtest untuk uji akses internet didapatkan hasil kecepatan *download* mencapai 8 Mbps untuk pengujian kondisi modem tidak bergerak, hal ini dikarenakan pada pengujian menggunakan QXDM antena mikrostrip *array* tidak hanya menerima *power level* sinyal yang besar namun juga pengaruh 1 PSC aktif pada *windows pilot scanner* yang terdeteksi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk lebih menyempurnakan hasil penelitian ini atau untuk dikembangkan lebih lanjut yakni antara lain,

1. Pada perancangan antena dapat menggunakan *software* CST Microwave Studio untuk perancangan serta simulasi yang lebih kompleks.

2. Untuk memperoleh parameter antena yang lebih baik lagi antena *array* 2 elemen *patch* dapat di *array* lagi lebih dari 2 *patch* dan bentuk peradiasi *patch rectangular* dapat diganti dengan bentuk lain.
3. Untuk pengaplikasian pengujian yang lebih kompleks antena sebagai penguat sinyal modem *portable* kondisi bergerak dapat direalisasikan langsung pada transportasi umum seperti contohnya pada kendaraan bus dan dengan modem yang berbeda juga, seperti contoh modem yang bisa langsung dicolokkan pada *power* di kendaraan.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Albhasar, dkk. 2009. *Teknik Modulasi dan Frekuensi GSM*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Alfadil, Rambe. 2014. *Studi Perancangan Saluran Pencatu Untuk Antena Mikrostrip Array Elemen 2x2 Dengan Pencatuan Aperture Coupled*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Balanis, A. Constantiene. 2005. *Antenna Theory Analisis and Design*. Canada: Wiley Interscience
- Dahlan, dkk. 2008. *Rancang Bangun Antena Mikrostrip Circular Array Four Element 2,4 Ghz Dengan Pola Radiasi Bidirectional*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Hardianti, Sri. dkk. *Antena Array 4 Patch Mikrostrip Sirkular Pada Frekuensi 2300-2400 MHz*. Bandung: Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI)
- Komputer, Wahana. 2006. *Sgs: Pengenalan Hardware*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Posma, dkk. 2011. *Rancang Bangun Antena Mikrostrip 900 Mhz*. Riau : Politeknik Caltek Riau.
- Pradipta, dkk. 2012. *Desain Antena Array Mikrostrip Tapered Peripheral Slits Pada Frekuensi 2,4 Ghz Untuk Satelit Nano*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 1, No. 1 :Surabaya.

Pramono, S. 2011. *Rancang Bangun Linear Tapered Slot Antena Dengan Pencatuan Microstrip Line Untuk Aplikasi WRAN 802.22*. Depok : Universitas Indonesia

Pratama, I. 2013. *Rancang Bangun Antena Mikrostrip Untuk Penerima Pada Aplikasi GPS (Global Positioning System)*. Depok : Universitas Indonesia.

Zulkifli, F. 2008. *Studi Tentang Antena Mikrostrip Dengan Defected Ground Structure (DGS)*. Depok : Universitas Indonesia.

[www.teknikit.com](http://www.teknikit.com). diakses hari Kamis, 7 Agustus 2014.

[www.simple-aja.info](http://www.simple-aja.info). diakses hari Sabtu 20 Desember 2014

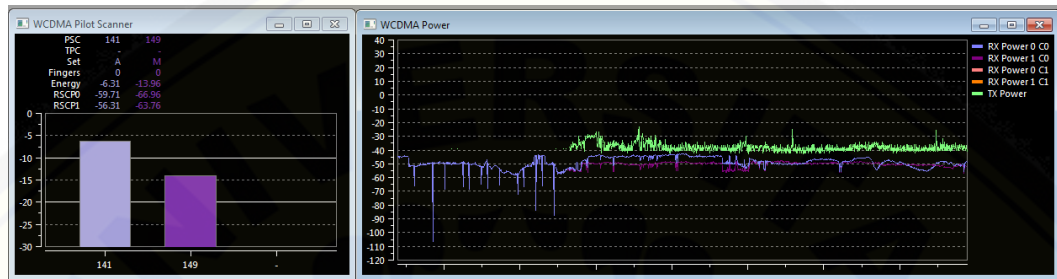
[www.wikimapia.org](http://www.wikimapia.org). diakses hari Sabtu 20 Desember 2014

[www.speedtest.net](http://www.speedtest.net). diakses hari Senin 22 Desember 2014.

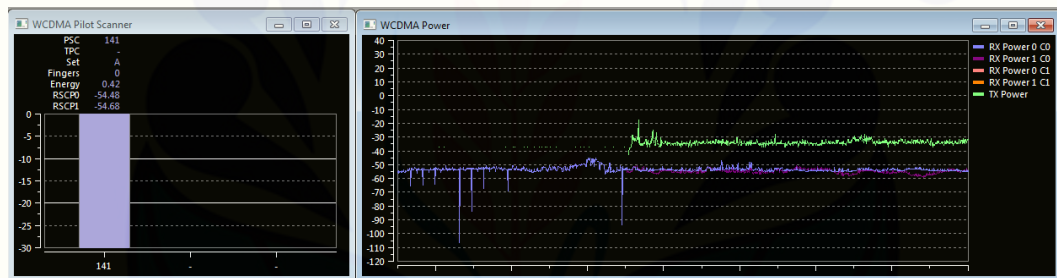
LAMPIRAN

I. Hasil Capture Pengujian Antena Daerah Kreongan (Rural)

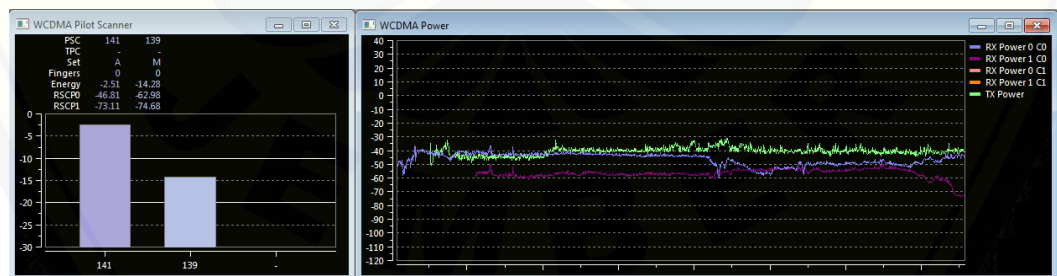
a. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan Software QXDM



1. Pengujian Tidak Bergerak Modem Tanpa Antena



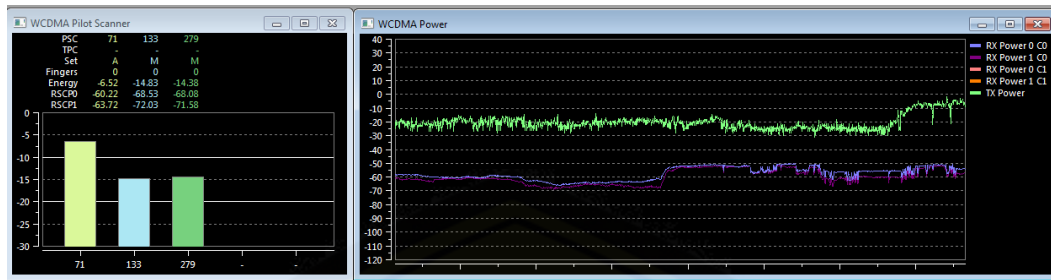
2. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan Antena Mikrotrip Array



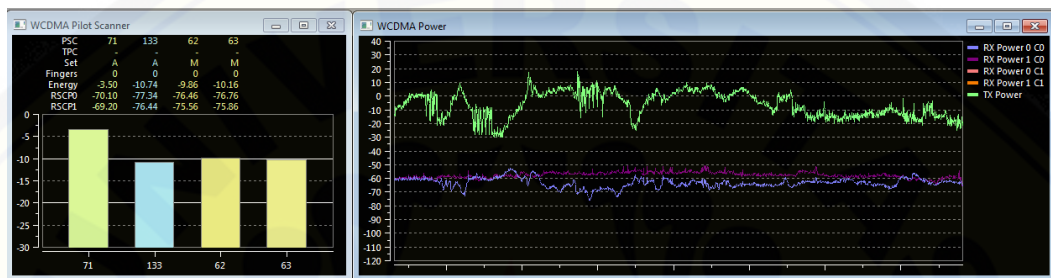
3. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan Antena Pembanding

b. Pengujian Bergerak Menggunakan Software QXDM

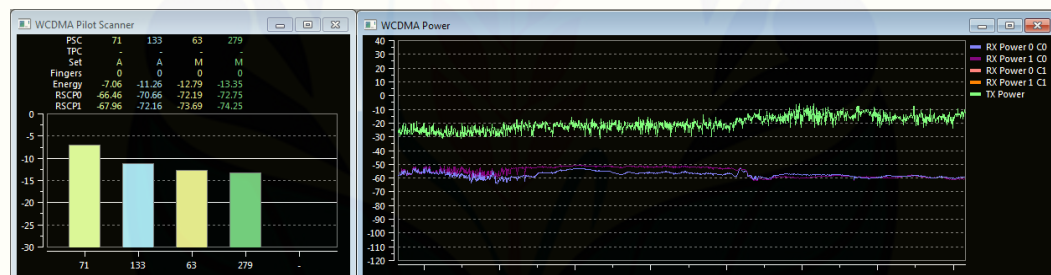




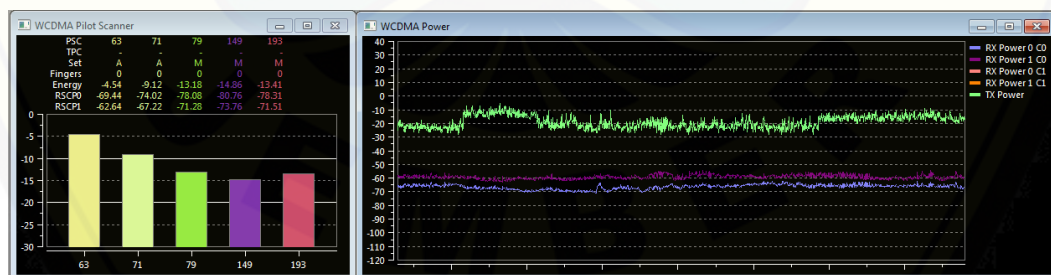
1.a Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 10 km/jam



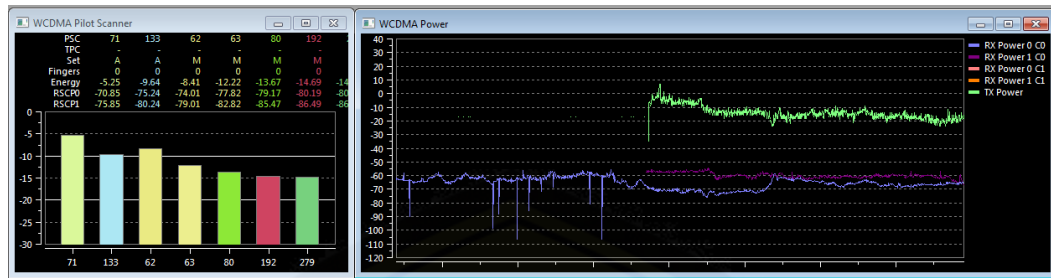
2.a Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 20 km/jam



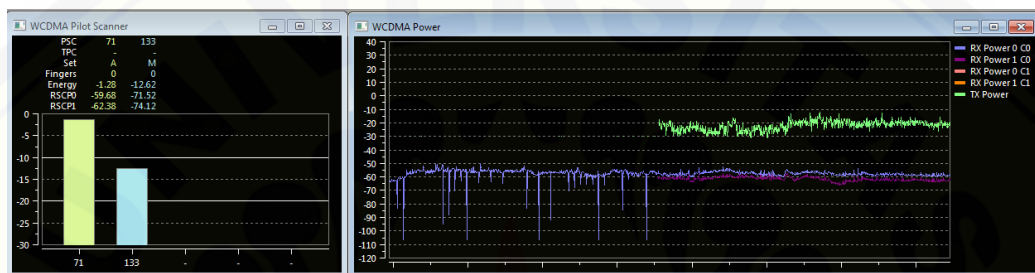
3.a Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 30 km/jam



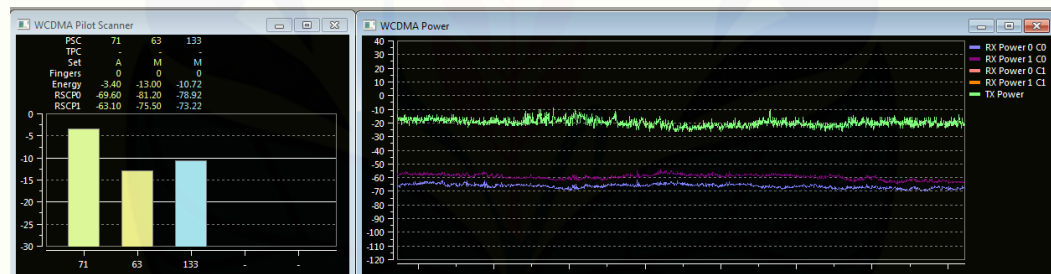
4.a Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 40 km/jam



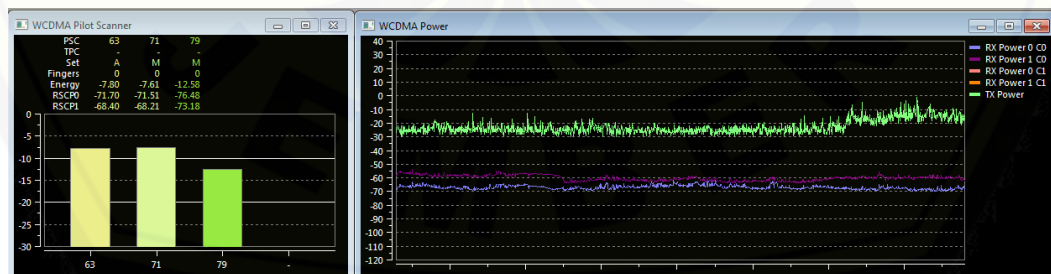
5.a Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 50 km/jam



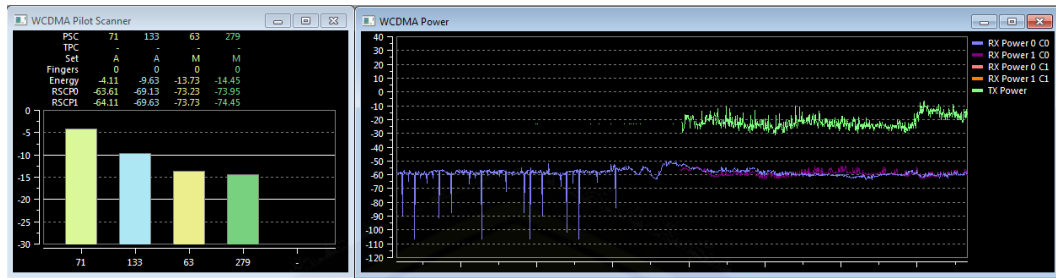
1.b Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 10 km/jam



2.b Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 20 km/jam



3.b Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 30 km/jam



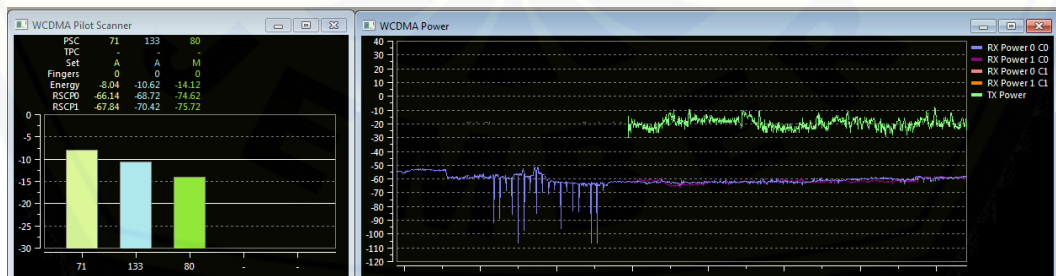
4.b Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 40 km/jam



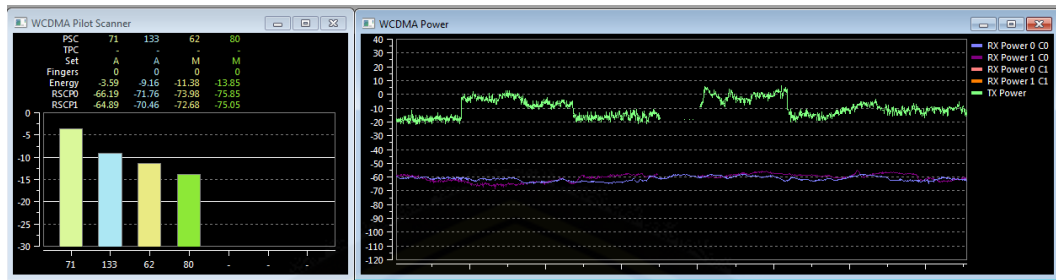
5.b Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 50 km/jam



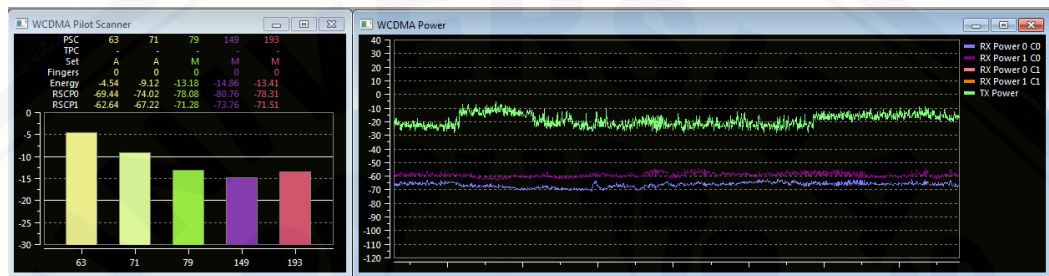
1.c Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pemandang Kecepatan 10 km/jam



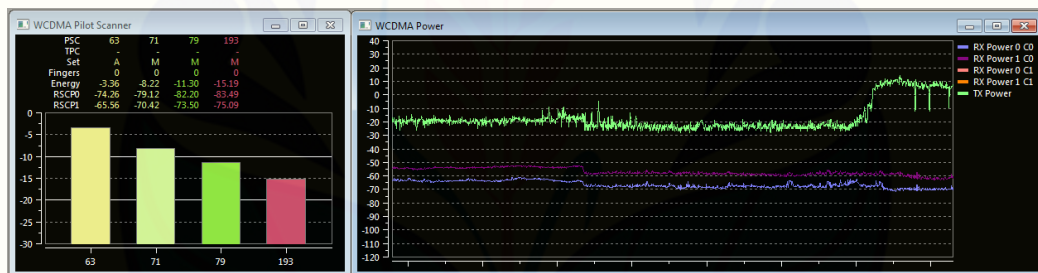
2.c Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pemandang Kecepatan 20 km/jam



3.c Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 30 km/jam



4.c Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 40 km/jam

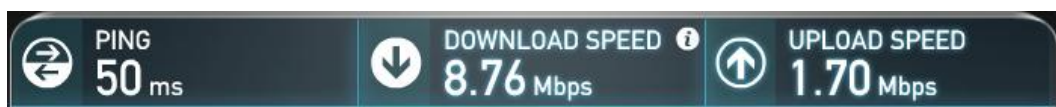


5.c Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 50 km/jam

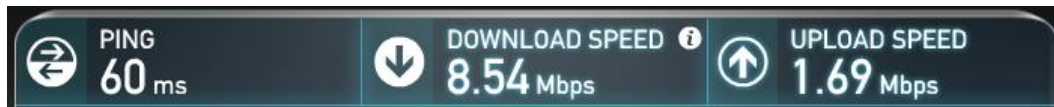
c. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan *Software Speedtest*



1. Pengujian Tidak Bergerak Tanpa Antena



2. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array



3. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan Antena Pemandang

**d. Pengujian Bergerak Menggunakan *Software Speedtest***



1a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 10 km/jam



2a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 20 km/jam



3a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 30 km/jam



4a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 40 km/jam



5a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 50 km/jam



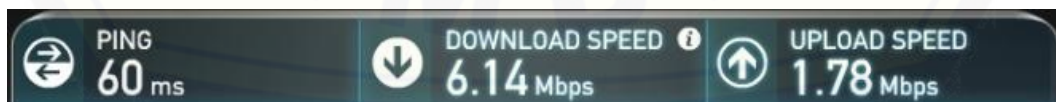
1b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 10 km/jam

2b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 20 km/jam3b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 30 km/jam4b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 40 km/jam5b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 50 km/jam

1c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 10 km/jam



2c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 20 km/jam



3b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 30 km/jam



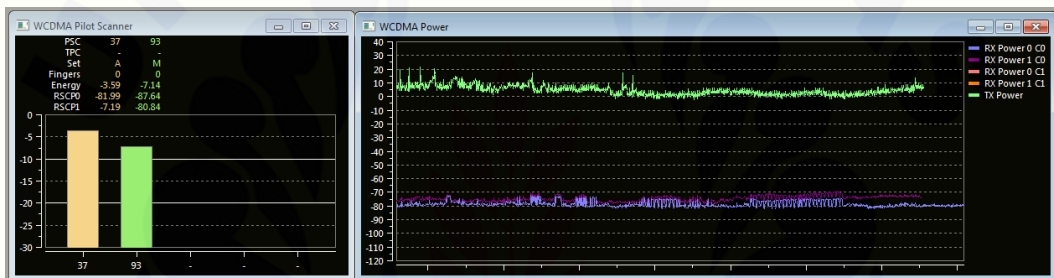
4c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 40 km/jam



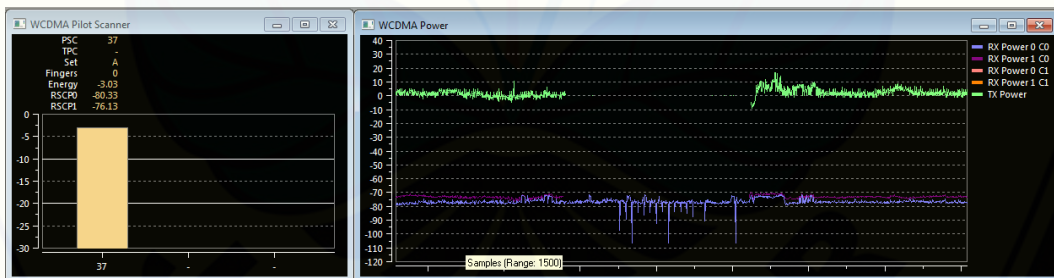
5c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 50 km/jam

## II. Hasil Capture Pengujian Antena Daerah Sukorambi (Sub Urban)

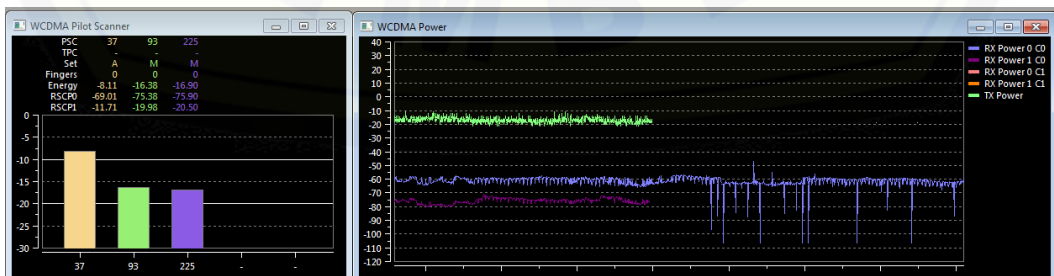
### a. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan Software QXDM



1. Pengujian Tidak Bergerak Modem Tanpa Antena

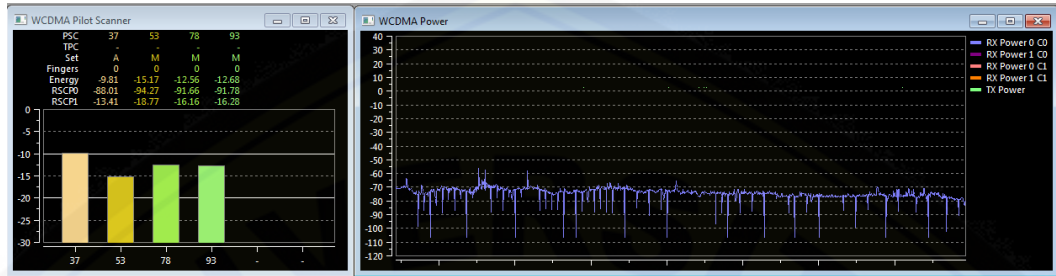


2. Pengujian Tidak Bergerak Modem Menggunakan Antena Mikrostrip Array



3. Pengujian Tidak Bergerak Modem Menggunakan Antena Pembanding

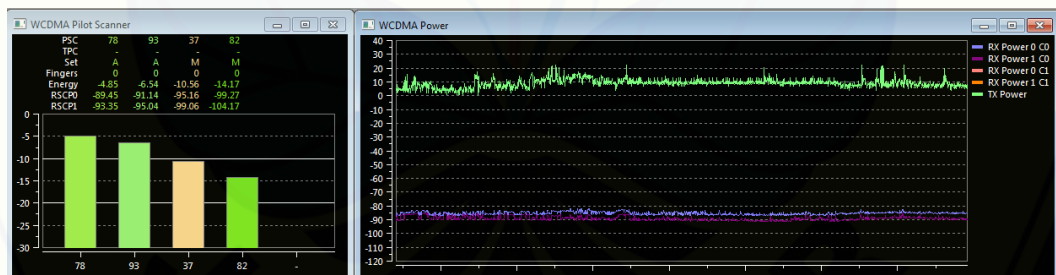
b. Pengujian Bergerak Menggunakan *Software QXDM*



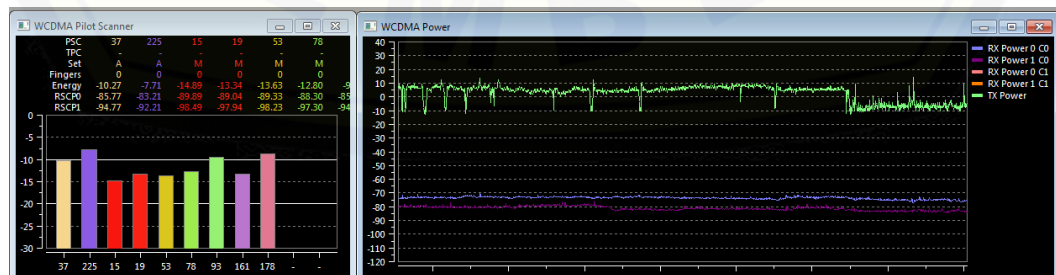
1a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 10 km/jam



2a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 20 km/jam

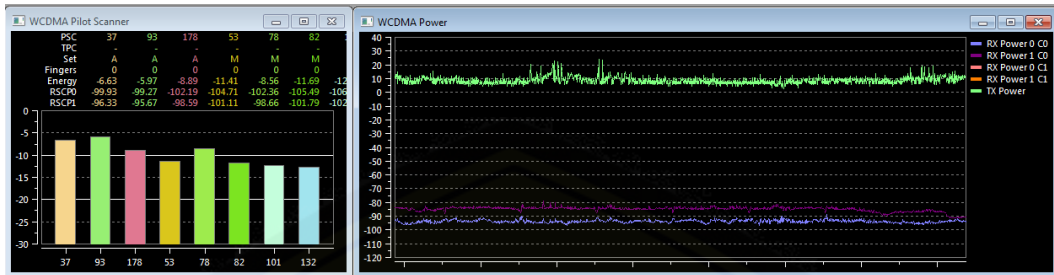


3a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 30 km/jam

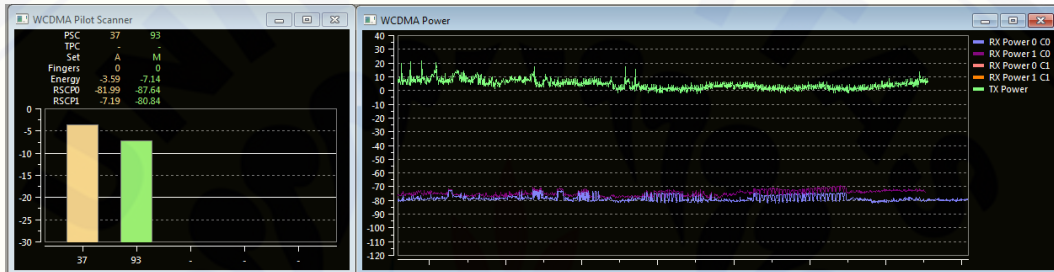


4a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 40 km/jam

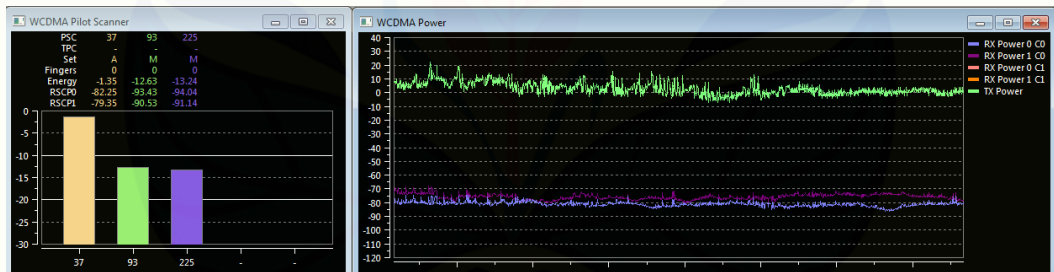




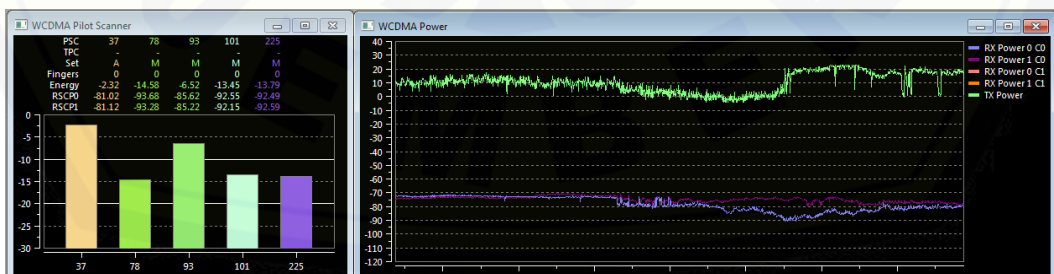
5a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 50 km/jam



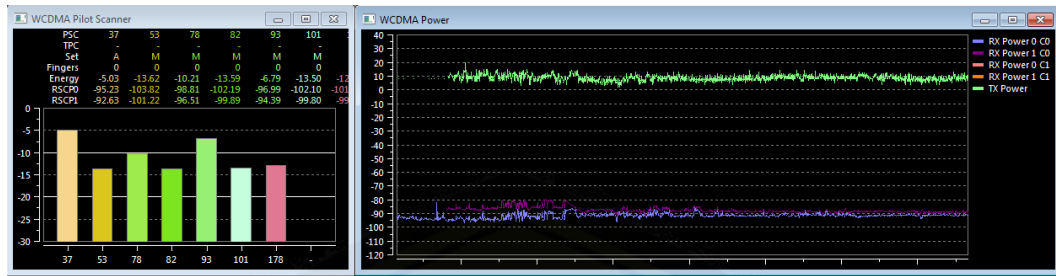
1b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 10 km/jam



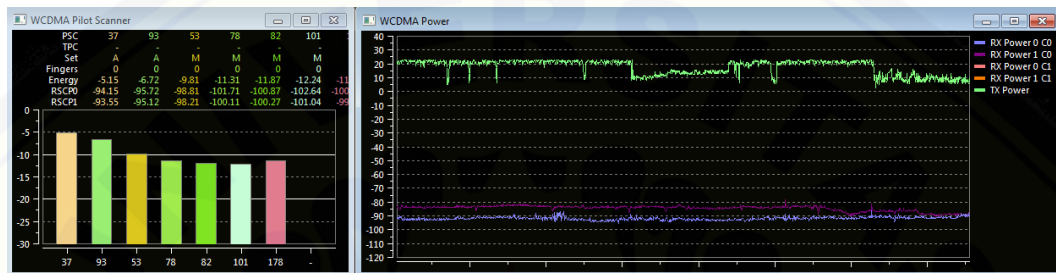
2b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 20 km/jam



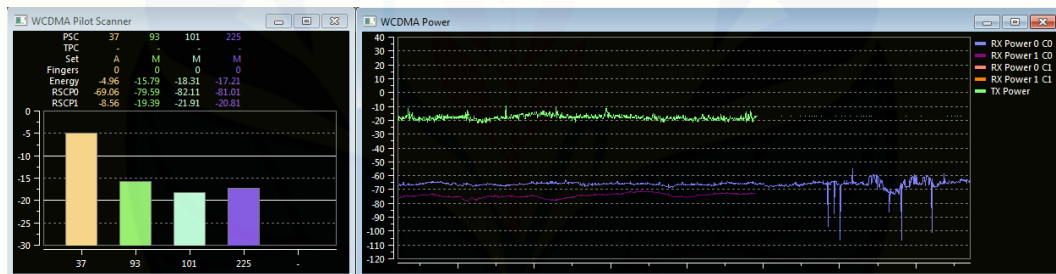
3b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 30 km/jam



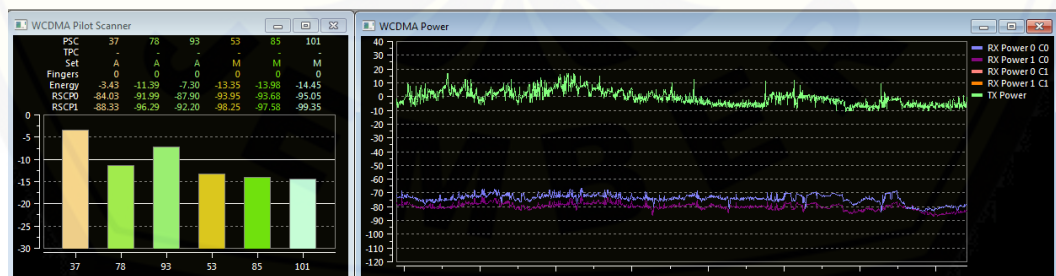
4b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 40 km/jam



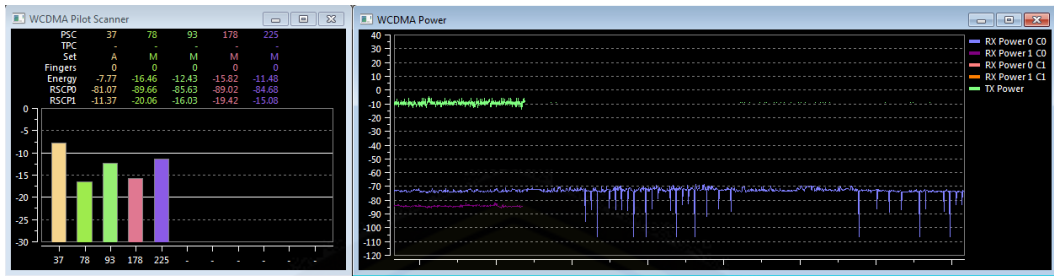
5b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip Array Kecepatan 50 km/jam



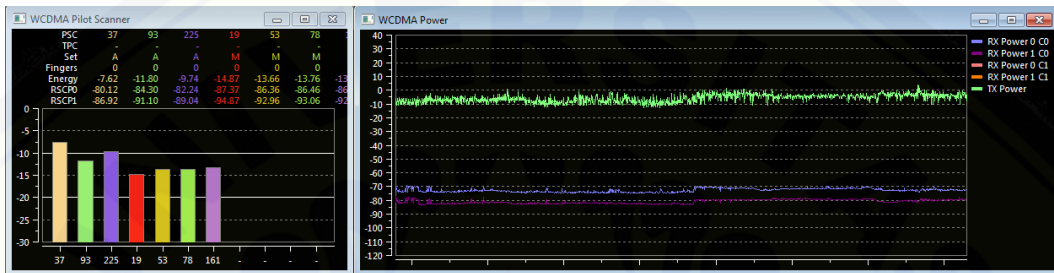
1c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 10 km/jam



2c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 20 km/jam



3c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 30 km/jam



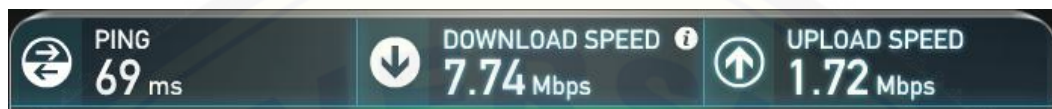
4c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 40 km/jam



5c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Pembanding Kecepatan 50 km/jam

**c. Pengujian Tidak Bergerak Menggunakan *Software Speedtest***

1. Pengujian Tidak Bergerak Modem Tanpa Antena



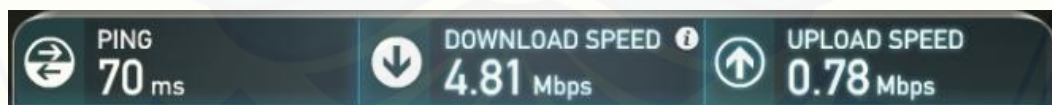
2. Pengujian Tidak Bergerak Modem Menggunakan Antena Mikrostrip Array



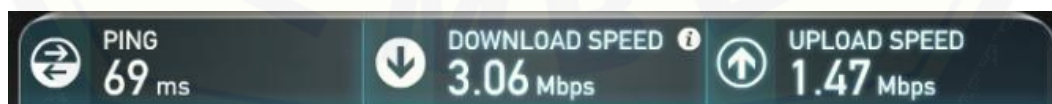
3. Pengujian Tidak Bergerak Modem Menggunakan Antena Pemanding

**d. Pengujian Bergerak Menggunakan *Software Speedtest***

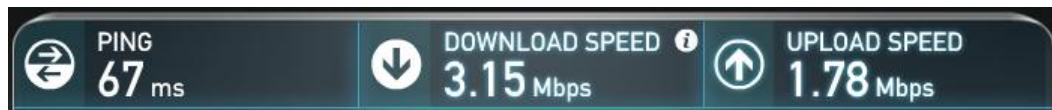
1a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 10 km/jam



2a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 20 km/jam



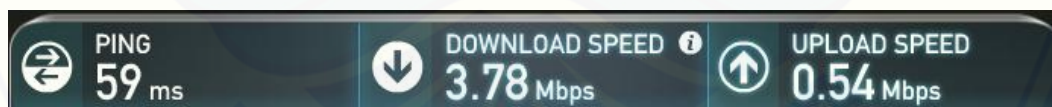
3a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 30 km/jam



4a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 40 km/jam



5a. Pengujian Bergerak Tanpa Antena Kecepatan 50 km/jam

1b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 10 km/jam2b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 20 km/jam3b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 30 km/jam4b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 40 km/jam5b. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 50 km/jam



1c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 10 km/jam



2c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 20 km/jam



3c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 30 km/jam



4c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 40 km/jam



5c. Pengujian Bergerak Menggunakan Antena Mikrostrip *Array* Kecepatan 50 km/jam

### III. Dokumentasi Alat



1. Kabel Pigtail Modem Sierra



2. Modem Sierra Wireless at & t movistar C307



3. Kabel Koaksial RG-58



4. SMA Konektor (Male)





5. Antena Referensi Pemandang