

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA
INVERTED AMOS 2,4 GHz UNTUK JARINGAN
KOMUNIKASI WIRELESS LOCAL AREA NETWORK**

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

RIZCKY GANDARRITYAZ
NIM. 0610630094 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA
INVERTED AMOS 2,4 GHz UNTUK JARINGAN
KOMUNIKASI WIRELESS LOCAL AREA NETWORK**

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

RIZCKY GANDARRITYAZ

NIM. 0610630094-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Rudy Yuwono, ST., M.Sc.
NIP. 19710615 199802 1 003

Dwi Fadila K., ST., MT.
NIP. 19720630 200003 1 002

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA INVERTED AMOS 2,4 GHz UNTUK JARINGAN KOMUNIKASI WIRELESS LOCAL AREA NETWORK

Disusun oleh :

RIZCKY GANDARRITYAZ

NIM. 0610630094-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal **14 Desember 2010**

Majelis Penguji :

Ir. Endah Budi P., MT.
NIP. 19621116 198903 2 002

Ir. Erfan A. Dahlan, MT.
NIP. 19530714 198203 1 003

M. Fauzan E. P., ST., MT.
NIP. 19710609 200002 1 001

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono, ST., M.Sc.
NIP. 19710615 199802 1 003

PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allâh Subhanahu Wa Taâla, Tuhan semesta alam. Dialah Allâh, Tuhan Yang Maha Satu, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik-baik Penolong dan Sebaik-baik Pelindung. Shalawat dan salâm kepada Rasul dan abdi Allâh, Muhammad Rasulullâh Shallallâhu Alaihi Wa Salâm, pemilik syafaât di Hari Akhir, sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allâh SWT semata sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul ‘Perancangan dan Pembuatan Antena *Inverted* Amos 2,4 GHz Untuk Jaringan Komunikasi *Wireless Local Area Network*’. Dengan seizin Allâh SWT, di kesempatan yang baik ini kami ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

1. Keluarga tercinta,
Ibunda Tuti Retnowati dan Ayahanda Suriansyah yang selalu memberikan kasih sayang, segala bantuan dan doanya yang tiada akhir. Kakak dan adikku, Rengkuh Enggalingtyaz dan Prabu Dhimaringtyaz yang selalu membuatku merindukan pulang dan berkumpul bersama.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan dosen pembimbing skripsi.
3. Bapak Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT., selaku dosen pembimbing skripsi dan Kepala Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro yang telah memberikan banyak waktu, bantuan, dan kesabaran dalam membimbing.
4. Bapak Muhammad Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak Waru Djuriatno, ST., MT., selaku dosen pembimbing akademik.
6. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak membantu.
7. Risty Jayanti Yuniar yang telah melengkapi hari-hariku. Terima kasih atas kasih sayang, bantuan, dorongan dan motivasi serta semua yang telah diberikan.
8. Keluarga besar Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro TEUB, Kartika, Sirtufillaila, Rendy Satrio, Mas Yoga, Mas Fajar, Mbak Lila, Mbak Elsyia, dan

adik-adik asisten 2007 dan 2008 terima kasih telah memberikan banyak pengetahuan dalam belajar dan berkreasi.

9. Keluarga besar Angkatan 2006 “Ge- Force” yang menjadi keluarga dan sahabatku selama menempuh kuliah Terima kasih telah berbagi kebahagiaan, pelajaran hidup, canda dan tawa serta begitu banyak cerita yang tidak akan pernah saya lupakan.
10. Keluarga besar Asrama Mahasiswa Kalimantan Timur ‘Apokayan’ yang membuatku merasa berada di rumah sendiri. Semoga kita dipertemukan kembali dalam kesuksesan.
11. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Semoga Allâh SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Allâhumma Amîn.



Malang, 14 Desember 2010

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
RINGKASAN	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Antena	5
2.2 Parameter Dasar Antena	5
2.2.1 Pola Radiasi	5
2.2.1.1 Parameter Pola Radiasi	6
2.2.1.1.1 <i>Slide Lobe Level</i>	6
2.2.1.1.2 <i>Half Power Beamwidth</i>	7
2.2.1.2 Daerah Medan Radiasi	9
2.2.2 <i>Directivity</i>	10
2.2.3 <i>Gain</i>	11
2.2.4 Polarisasi Antena	13
2.2.5 <i>Bandwidth</i> Antena	15
2.2.6 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	16
2.2.7 <i>Return Loss (RL)</i> dan Koefisien Pantul	17
2.3 Antena <i>Dipole</i>	18
2.4 <i>Collinear Antenna Array</i>	20
2.4.1 <i>Stub</i> Seperempat Gelombang	20

2.4.2	Pengembangan Antena <i>Collinear</i>	22
2.5	Antena Amos	23
2.6	Sistem Komunikasi <i>Wireless</i> LAN 2,4 GHz	26
2.6.1	Standar IEEE 802.11.....	27
2.6.2	Alokasi Kanal WLAN 2,4 GHz	28

BAB III METODOLOGI

3.1	Studi Literatur	29
3.2	Perancangan dan Simulasi Antena <i>Inverted</i> Amos.....	29
3.2.1	Dimensi Antena <i>Inverted</i> Amos	29
3.2.2	Dimensi Reflektor.....	30
3.3	Pembuatan.....	31
3.4	Pengukuran dan Pengambilan Data	32
3.5	Analisis Hasil Pengukuran.....	33
3.6	Pengambilan Kesimpulan dan Saran	33
3.7	Diagram Alir.....	33

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA *INVERTED* AMOS

4.1	Tinjauan Umum	35
4.2	Perancangan Antena <i>Inverted</i> Amos.....	35
4.3	Perancangan Antena <i>Inverted</i> Amos dengan Simulator	37
4.4	Langkah Simulasi	38
4.5	Hasil Simulasi.....	39
4.6	Optimasi Elemen Peradiasi.....	41
4.7	Pembuatan Antena <i>Inverted</i> Amos	45
4.4.1	Alat-Alat dan Bahan yang Digunakan	46
4.4.2	Proses Pembuatan Fisik Antena <i>Inverted</i> Amos.....	47

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN ANTENA *INVERTED* AMOS 2,4 GHz

5.1	Pendahuluan	50
5.2	Pengukuran <i>Return Loss</i> , Perhitungan VSWR dan Koefisien Pantul	50
5.2.1	Alat-Alat yang Digunakan	50
5.2.2	Prosedur Pengukuran	51

5.2.3	Hasil Pengukuran.....	51
5.2.4	Analisis Hasil Pengukuran.....	54
5.3	Pengukuran <i>Gain</i> Antena.....	54
5.3.1	Alat-Alat yang Digunakan.....	55
5.3.2	Prosedur Pengukuran.....	55
5.3.3	Hasil Pengukuran.....	56
5.3.4	Analisis Hasil Pengukuran.....	58
5.4	Pengujian Polarisasi.....	58
5.4.1	Alat-Alat yang Digunakan.....	58
5.4.2	Prosedur Pengukuran.....	58
5.4.3	Hasil Pengukuran.....	59
5.4.4	Analisis Hasil Pengukuran.....	61
5.5	Pengujian Pola Radiasi.....	61
5.5.1	Alat-Alat yang Digunakan.....	62
5.5.2	Prosedur Pengukuran.....	62
5.5.3	Hasil Pengukuran.....	63
5.5.4	Analisis Hasil Pengukuran.....	67
5.6	Perhitungan Keterarahan (<i>Directivity</i>).....	68
5.6.1	Cara perhitungan.....	68
5.6.2	Hasil Perhitungan.....	68
5.7	Perhitungan <i>Bandwidth</i>	69
5.8	Analisis Parameter-Parameter Antena.....	69

BAB VI PENUTUP

6.1	Kesimpulan.....	72
6.2	Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA	75
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Half Power Beamwidth</i>	8
Gambar 2.2	Pola Radiasi.....	8
Gambar 2.3	Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena	9
Gambar 2.4	Polarisasi Gelombang Elektromagnetik	14
Gambar 2.5 (a)	Arah Perambatan Gelombang Radio Untuk Polarisasi Antena Vertikal	14
Gambar 2.5 (b)	Arah Perambatan Gelombang Radio Untuk Polarisasi Antena Horisontal.....	14
Gambar 2.6	Antena <i>Dipole</i> $1/2 \lambda$	18
Gambar 2.7	Distribusi Arus (I) dan Tegangan (E) pada Antena $1/2 \lambda$ Catu tengah.....	19
Gambar 2.8	Distribusi Tegangan (E) dan Arus (I) Sepanjang Saluran Transmisi Seperempat Panjang Gelombang yang Dicatu dengan Daya RF Dari Titik Sumbernya	20
Gambar 2.9	<i>Stub</i> Seperempat Gelombang dengan Salah Satu Ujungnya Tertutup (<i>Short Circuit</i>) dan Nilai Impedansinya	21
Gambar 2.10	Contoh <i>Collinear Antenna Array</i> 4 Elemen	23
Gambar 2.11	Antena Franklin	23
Gambar 2.12	Contoh Antena Amos 5 Elemen	24
Gambar 2.13	Dasar Teknik <i>Wireless LAN</i>	27
Gambar 3.1	Contoh Dimensi Antena <i>Inverted Amos</i>	30
Gambar 3.2	Dimensi Reflektor	31
Gambar 3.3	Antena <i>Inverted Amos</i> dan Reflektor.....	32
Gambar 3.4	Diagram Alir Prosedur Perancangan Antena	34
Gambar 4.1	Dimensi Antena <i>Inverted Amos</i> 9 Elemen.....	37
Gambar 4.2	Model 3D Antena <i>Inverted Amos</i> 9 Elemen	38
Gambar 4.3	Hasil Simulasi Nilai <i>Return Loss</i>	39
Gambar 4.4	Hasil Simulasi Nilai VSWR terhadap Frekuensi.....	40
Gambar 4.5	Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi <i>Gain</i> Total.....	40
Gambar 4.6	Model 3D Antena <i>Inverted Amos</i> 9 Elemen Hasil Optimasi	41

Gambar 4.7	Hasil Simulasi Nilai VSWR terhadap Frekuensi.....	42
Gambar 4.8	Hasil Simulasi Nilai <i>Return Loss</i>	43
Gambar 4.9	Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi <i>Gain</i> Total Terhadap Sudut Bidang dan Sudut Ruang Dilihat Secara Vertikal	43
Gambar 4.10	Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi <i>Gain</i> Total Terhadap Sudut Bidang dan Sudut Ruang Dilihat Secara Horizontal	44
Gambar 4.11	Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi <i>Directivity</i> Total Terhadap Sudut Bidang dan Sudut Ruang Dilihat Secara Vertikal.....	44
Gambar 4.12	Pola Radiasi Horizontal.....	45
Gambar 4.13	Alat dan Bahan yang Digunakan.....	47
Gambar 4.14 (a) dan (b)	Pemasangan Kabel Pencatu, Balun, dan Kawat Peradiasi	48
Gambar 4.15	Antena Inverted Amos 9 Elemen Hasil Fabrikasi Tampak Depan.....	49
Gambar 4.16	Antena Inverted Amos 9 Elemen Hasil Fabrikasi Tampak Samping.	49
Gambar 5.1	Rangkaian Pengukuran <i>Return Loss</i>	51
Gambar 5.2	Grafik Fungsi <i>Return Loss</i> Terhadap Frekuensi.....	53
Gambar 5.3	Grafik Fungsi Koefisien Pantul Terhadap Frekuensi	53
Gambar 5.4	Grafik Fungsi VSWR Terhadap Frekuensi	54
Gambar 5.5	Rangkaian Pengukuran <i>Gain</i> Antena	55
Gambar 5.6	Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena.....	59
Gambar 5.7	Diagram Polar Polarisasi Antena <i>Inverted</i> Amos.....	61
Gambar 5.8	Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena	62
Gambar 5.9	Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena	63
Gambar 5.10	Pola Radiasi Vertikal Antena <i>Inverted</i> Amos pada Frekuensi 2460 MHz	66
Gambar 5.11	Pola Radiasi Horizontal Antena <i>Inverted</i> Amos pada Frekuensi 2460 MHz	67

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> , Perhitungan VSWR dan Koefisien Pantul Antena <i>Inverted Amos</i>	52
Tabel 5.2	Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Antena <i>Inverted Amos</i>	57
Tabel 5.3	Hasil Pengukuran Polarisasi Antena pada Frekuensi 2460 MHz	60
Tabel 5.4	Hasil Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena <i>Inverted Amos</i> pada Frekuensi 2460 MHz	64
Tabel 5.5	Hasil Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena <i>Inverted Amos</i> pada Frekuensi 2460 MHz	65
Tabel 5.6	Karakteristik Antena <i>Inverted Amos</i>	70



RINGKASAN

Rizcky Gandarrityaz, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2010, *Perancangan Dan Pembuatan Antena Inverted Amos 2,4 Ghz Untuk Jaringan Komunikasi Wireless Local Area Network*, Dosen Pembimbing : Rudy Yuwono ST., M.Sc. dan Dwi Fadila K., ST., MT.

Salah satu sistem komunikasi yang merupakan andalan bagi terselenggaranya telekomunikasi secara efektif dan efisien adalah sistem komunikasi jaringan area lokal tanpa kabel atau *Wireless Local Area Network* (WLAN). Mengingat semakin banyaknya masyarakat atau pelanggan (*client*) yang ingin terhubung dengan jaringan komputer untuk mengakses informasi, maka dibuatlah teknologi nirkabel ini untuk memudahkan konektivitas antara *client* dan *server*. Berbicara mengenai sistem komunikasi nirkabel, peran antena sangatlah penting. Karena pentingnya peran antena dalam komunikasi nirkabel ini, maka dibutuhkan suatu antena yang memiliki kehandalan tinggi.

Dragoslav Dobricic mengembangkan sebuah antena yang diberi nama antena Amos yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz sesuai dengan standar protokol IEEE 802.11 b/g. Antena tersebut memiliki nilai *gain* mencapai 12 dBi dan pola radiasi semisirkuler terhadap bidang horizontal. Antena Amos juga memiliki polarisasi vertikal serta nilai VSWR dan *return loss* masing-masing sekitar 1,7 dan -28 dB pada frekuensi tengahnya. Parameter-parameter yang dimiliki telah memenuhi syarat antena tersebut dianggap baik dan dapat digunakan sebagai antena pada komunikasi WLAN. Namun antena ini memiliki beberapa kekurangan pada jarak jangkauan pancaran sinyal yang kecil. Hal tersebut dikarenakan antena Amos memiliki keterarahan yang kecil pula.

Dalam skripsi ini akan mencoba untuk mengembangkan antena Amos yaitu dengan membalik saluran kawat peradiasi 180° terhadap sumbu vertikal, selanjutnya akan disebut dengan antena *inverted* Amos. Pengembangan tersebut bertujuan untuk meminimalisir kekurangan yang terdapat pada antena Amos sehingga diharapkan akan didapatkan antena dengan nilai *gain* tinggi dan jarak jangkauan pancaran sinyal yang lebih jauh dengan tetap mempertahankan parameter-parameter baik yang dimiliki antena Amos sebelumnya.

Berdasarkan hasil pengukuran antena *inverted* Amos memiliki frekuensi kerja 2400 MHz – 2500 MHz, memiliki nilai *return loss* minimum sebesar -11,88 dB dan nilai VSWR sebesar 1,6831 pada frekuensi 2490 MHz. Antena ini memiliki nilai *gain* maksimum sebesar 15,05 dBi pada frekuensi 2460 MHz, dengan *bandwidth* sebesar 100 MHz, dengan *directivity* antena sebesar 10,69 dB, bentuk polarisasi *inverted* Amos adalah polarisasi linier (vertikal), serta bentuk pola radiasi *unidirectional*.

Kata kunci : *Antena Inverted Amos, WLAN, frekuensi, polarisasi, return loss, VSWR, gain, bandwidth, pola radiasi.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era informasi saat ini, masyarakat membutuhkan komunikasi untuk saling bertukar informasi di mana saja, kapan saja dan dengan siapa saja. Seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan manusia untuk berkomunikasi dengan mudah, bermobilitas tinggi dan efisien ini, maka semakin beragam pula aplikasi dan teknologi komunikasi yang ditawarkan. Komunikasi bergerak, sambungan nirkabel (*wireless*), telepon seluler, dan jaringan area lokal tanpa kabel adalah beberapa contoh dari sekian banyak aplikasi tersebut. Salah satu sistem komunikasi yang merupakan andalan bagi terselenggaranya telekomunikasi secara efektif dan efisien adalah sistem komunikasi jaringan area lokal tanpa kabel atau *Wireless Local Area Network* (WLAN).

Mengingat semakin banyaknya masyarakat atau pelanggan (*client*) yang ingin terhubung dengan jaringan komputer untuk mengakses informasi, maka dibuatlah teknologi nirkabel ini untuk memudahkan konektivitas antara *client* dan *server*. Evolusi teknologi nirkabel ini banyak digunakan oleh masyarakat sebab selain harganya semakin terjangkau, juga dapat menghemat biaya penarikan kabel atau serat optik serta menawarkan komunikasi yang praktis dan efisien dalam penggunaannya.

Berbicara mengenai sistem komunikasi nirkabel, peran antena sangatlah penting. Antena merupakan perangkat *transducer* yang berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel. Adapun syarat-syarat antena yang baik adalah memiliki impedansi *input* yang sesuai (*matched*) dengan impedansi karakteristik kabel pencatunya ($VSWR \leq 2$), dapat memancarkan dan menerima energi gelombang elektromagnetik dengan arah, polarisasi dan pola radiasi yang sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan, serta memiliki nilai *return loss*, *gain*, dan *bandwidth* yang baik sesuai kebutuhan (Balanis, 2005).

Dalam teknologi WLAN ini dibutuhkan peran antena yang dapat beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz, digunakan frekuensi 2,4 GHz karena merupakan standar dari protokol IEEE 802.11 b/g untuk WLAN (Tarmo Anttalainen. 2003). Teknologi WLAN memiliki 3 frekuensi kerja. Frekuensi tersebut diantaranya 915 MHz, 2,4 GHz dan 5,8 GHz. Untuk WLAN pada frekuensi 2,4 GHz memiliki beberapa kanal yang dapat digunakan yaitu sebanyak 11 kanal (standar USA dan Canada) dan 13 kanal (non-USA)

dan sebagai tambahan frekuensi 2467 untuk chanel 12 dan frekuensi 2472 pada chanel 13 yang masing-masing kanal di pisahkan spasi sebesar 5 MHz. Antena dengan pola radiasi melingkar atau sirkuler (*circular*) dan memiliki polarisasi vertikal terhadap bumi sering digunakan dalam teknologi ini. Antena dengan pola radiasi sirkuler dibutuhkan karena biasanya memiliki nilai *gain* yang tinggi. Dengan nilai *gain* yang semakin tinggi maka sinyal elektromagnetik yang diterima dapat semakin lebih besar pula (Dragoslav Dobricic, 2007).

Karena pentingnya peran antena dalam komunikasi nirkabel ini guna memenuhi kebutuhan masyarakat akan komunikasi yang praktis dan efisien, maka dibutuhkan suatu antena yang memiliki kehandalan tinggi. Dari beberapa jenis antena yang telah banyak digunakan pada komunikasi nirkabel sebagian besar memiliki kekurangan pada rendahnya nilai *gain* dan jarak jangkauan sinyal yang kecil.

Berdasarkan hasil penelitian Dragoslav Dobricic (www.qsl.net, November 2007) dikembangkan sebuah antena yang diberi nama antena Amos yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz sesuai dengan standar protokol IEEE 802.11 b/g. Antena tersebut memiliki nilai *gain* mencapai 12 dBi dan pola radiasi semisirkuler terhadap bidang horizontal. Antena Amos juga memiliki polarisasi vertikal serta nilai VSWR dan *return loss* masing-masing sekitar 1,7 dan -28 dB pada frekuensi tengahnya. Parameter-parameter yang dimiliki telah memenuhi syarat antena tersebut dianggap baik dan dapat digunakan sebagai antena pada komunikasi WLAN. Namun antena ini memiliki beberapa kekurangan pada jarak jangkau pancaran sinyal yang kecil. Hal tersebut dikarenakan antena Amos memiliki keterarahan yang kecil pula.

Berdasarkan hal di atas, dalam skripsi ini akan mencoba untuk mengembangkan antena Amos yaitu dengan membalik saluran kawat peradiasi 180 derajat terhadap sumbu vertikal, selanjutnya akan disebut dengan antena *inverted* Amos. Pengembangan tersebut bertujuan untuk meminimalisir kekurangan yang terdapat pada antena Amos sehingga diharapkan akan didapatkan antena dengan nilai *gain* tinggi dan jarak jangkau pancaran sinyal yang lebih jauh dengan tetap mempertahankan parameter-parameter baik yang dimiliki antena Amos sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang akan ditekankan mengenai:

1. Bagaimana merancang dan menguji model antenna *inverted* Amos untuk sistem komunikasi WLAN 2,4 GHz.
2. Bagaimana membuat antenna *inverted* Amos untuk sistem komunikasi WLAN 2,4 GHz.
3. Bagaimana menguji parameter antenna *inverted* Amos yang meliputi VSWR, *return loss*, *gain*, *bandwidth*, pola radiasi, koefisien pantul, *directivity* dan polarisasi agar diketahui unjuk kerjanya.

1.3 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini pembahasan akan dititikberatkan pada perancangan dan pembuatan antenna *inverted* Amos, dengan batasan sebagai berikut:

1. Antena yang dirancang adalah sebuah antena sectoral, dalam hal ini antena *inverted* Amos untuk aplikasi WLAN (802.11b/g) dengan frekuensi kerja 2,4 GHz - 2,485 GHz.
2. Antena yang dirancang mempunyai nilai impedansi *input* 50Ω , dengan nilai VSWR ≤ 2 dan *gain* > 3 dBi pada rentang pita frekuensi 2,4 GHz – 2,485 GHz.
3. Pengukuran parameter antena dilakukan pada rentang pita frekuensi meliputi VSWR, *return loss*, *gain*, *bandwidth*, pola radiasi, koefisien pantul, *directivity* dan polarisasi.
4. Antena digunakan sebagai antena pemancar.
5. Tidak membahas pola perambatan gelombang elektromagnetik serta rugi-rugi di ruang bebas.
6. Tidak membahas tentang penurunan rumus yang digunakan.
7. Tidak membahas karakteristik alat ukur dan sarana pendukung yang digunakan.
8. Tidak mengimplementasikan pada sistem yang nyata.
9. Menggunakan tembaga sebagai bahan utama pembuatan antena.

1.4 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah merancang dan membuat antenna *inverted* Amos yang dapat digunakan dalam aplikasi *Wireless Local Area Network* (WLAN) pada frekuensi kerja 2,4 GHz dan memenuhi parameter dasar antena yang baik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II Dasar Teori

Pada bagian ini menjelaskan mengenai teori-teori yang mendasari dan menunjang dalam perancangan dan pembuatan antenna *inverted* Amos untuk komunikasi WLAN 2,4 GHz.

BAB III Metodologi

Bagian ini menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam penulisan skripsi.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Sistem

Bagian ini menjelaskan tentang perancangan dan pembuatan antenna *inverted* Amos yang direncanakan untuk komunikasi WLAN 2,4 GHz.

BAB V Pengujian dan Analisis Sistem

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian dan hasil analisis antenna yang direncanakan.

BAB VI Penutup

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Antena

Antena adalah suatu media peralihan antara ruang bebas dengan piranti pemandu (*waveguide*) yang digunakan untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima. Dalam arti lain antena dapat dikatakan sebagai media peralihan antara ruang bebas (*free space*) dengan saluran transmisi, yakni dari gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya (Balanis, 1982:1).

Antena merupakan perangkat *transducer* yang berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel. Karena merupakan perangkat perantara antara media kabel dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai (*match*) dengan media kabel pencatunya.

Antena yang baik adalah antena yang mempunyai rugi-rugi daya sekecil-kecilnya dan mampu menerima atau meneruskan gelombang elektromagnetik dengan optimum. Adapun syarat-syarat antena yang baik adalah memiliki Impedansi *input* yang sesuai (*matched*) dengan impedansi karakteristik kabel pencatunya ($VSWR \leq 2$), dapat memancarkan dan menerima energi gelombang elektromagnetik dengan arah, polarisasi dan pola radiasi yang sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan, serta memiliki nilai *return loss*, *gain*, dan *bandwidth* yang baik sesuai kebutuhan (Balanis, 2005).

2.2 Parameter Dasar Antena

Untuk menjelaskan unjuk kerja dari suatu antena terlebih dahulu kita perlu memahami parameter-parameternya. Beberapa parameter yang ada saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Parameter-parameter tersebut yaitu:

2.2.1 Pola Radiasi

Pola radiasi suatu antena dapat didefinisikan sebagai gambaran secara grafis sifat-sifat radiasi antena sebagai fungsi koordinat ruang. Pola radiasi ini berbentuk tiga dimensi atau pola ruang. Pola ini dibuat untuk mengukur kuat medan pada setiap titik permukaan bola dengan antena sebagai pusatnya.

Pola radiasi ditentukan pada pola daerah medan jauh dan digambarkan sebagai fungsi koordinat sepanjang radius konstan dan digambarkan dalam koordinat ruang. Sifat-sifat radiasi ini mencakup intensitas radiasi, kekuatan medan (*field strength*) dan polarisasi (Balanis, 1982 :17). Di dalam pengukuran pola radiasi, faktor jarak adalah faktor yang sangat penting guna memperoleh hasil pengukuran yang baik dan teliti. Semakin jauh jarak pengukuran pola radiasi yang digunakan tentu semakin baik hasil yang akan diperoleh. Namun untuk melakukan pengukuran pola radiasi pada jarak yang tak hingga adalah suatu yang tidak mungkin untuk dilakukan.

Untuk keperluan pengukuran ini, ada suatu daerah dimana medan yang diradiasikan oleh antena sudah dapat dianggap sebagai tempat medan jauh apabila jarak antara sumber radiasi dan tempat ini sudah memenuhi ketentuan berikut:

$$r > \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2-1)$$

Syarat : $r \gg D$ (kondisi medan jauh)

$$r \gg \lambda$$

dimana:

r = Jarak pengukuran (m)

D = Dimensi antena yang terpanjang (m)

λ = Panjang gelombang yang dipancarkan sumber (m)

2.2.1.1 Parameter Pola Radiasi

Pola radiasi memiliki beberapa parameter, yaitu:

2.2.1.1.1 Side Lobe Level

Pada pola daya beberapa sistem antena, terkadang tidak terdiri dari satu *lobe* saja, bahkan ada yang terdiri dari beberapa *lobe* dan sebuah *lobe* utama. Sebuah *lobe* dimana didalamnya terdapat arah radiasi maksimum dinamakan *lobe* utama (*main lobe*) atau dinamakan juga *mayor lobe*. Sedangkan beberapa *lobe* yang lain selain *lobe* utama disebut *minor lobe* atau *lobe* sampingan (*side lobe*).

Main lobe adalah *lobe* radiasi yang mempunyai arah radiasi maksimum, sedangkan *minor lobe* adalah *lobe* radiasi yang tidak diinginkan. Pola radiasi antena dapat dihitung dengan perbandingan antara daya pada sudut nol derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka pola radiasi (P) dinyatakan dengan persamaan :

$$P(dB) = 10 \log \frac{P_0}{P_T} (dB) \quad (2-2)$$

$$P(dB) = 10 \log P_0 - 10 \log P_T \quad (2-3)$$

dengan:

P = Intensitas radiasi antenna pada sudut tertentu (dB)

P_0 = Daya yang diterima antenna pada sudut 0° (watt)

P_T = Daya yang diterima antenna pada sudut tertentu (watt)

Sebuah ukuran yang menunjukkan bagaimana daya yang dipancarkan oleh suatu antenna dapat dikonsentrasikan dengan baik di dalam *lobe* utama disebut sebagai *side lobe level*, yaitu suatu perbandingan antara nilai puncak dari *lobe* sampingan yang terbesar dengan nilai maksimum dari *lobe* utamanya. Sering kali juga *side lobe level* ini dinyatakan dengan desibel.

$$SLL (dB) = 20 \log \left| \frac{F_{(SLL)}}{F_{(max)}} \right| \quad (2-4)$$

dimana:

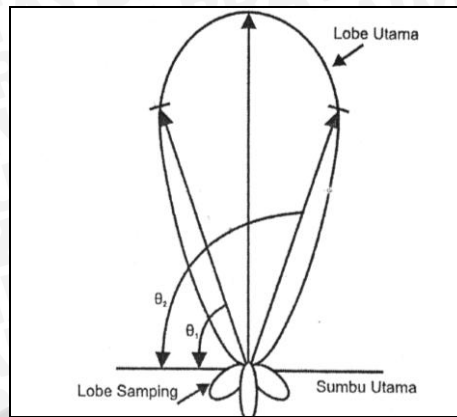
$F(max)$ = Nilai *magnitude* maksimum dari *main lobe*

$F(SLL)$ = Nilai *magnitude* maksimum dari *side lobe* yang terbesar

Semakin kecil nilai SLL suatu antenna berarti semakin banyak daya yang terkonsentrasi di dalam *lobe* utama.

2.2.1.1.2 Half Power Beamwidth

Parameter lain di dalam pola daya adalah *half power beamwidth* (HPBW). HPBW merupakan lebar sudut yang memisahkan antara dua titik pada beam utama dari suatu pola daya.

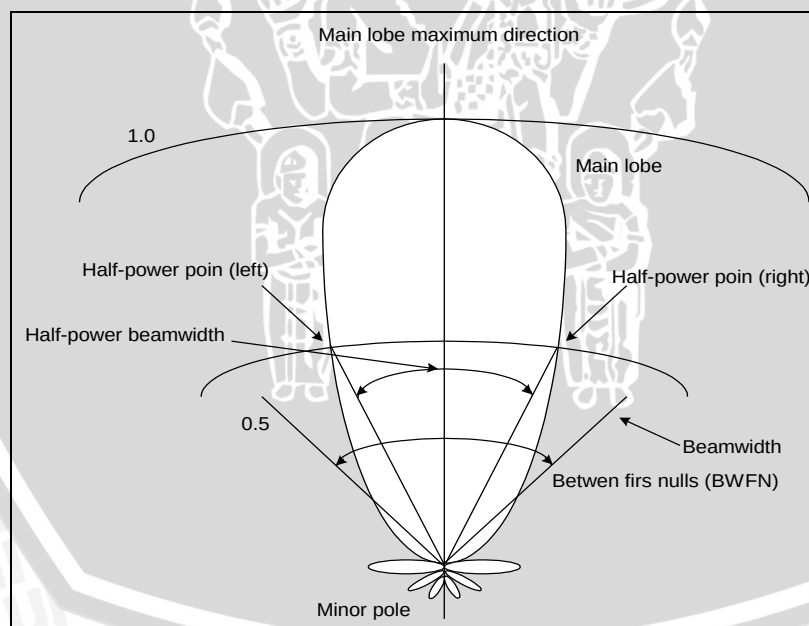


Gambar 2.1 *Half Power Beamwidth*
Sumber: Kraus, 1988: 21

Dari Gambar 2.1, *half power beamwidth* (HPBW) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{HPBW} = |\theta_2 - \theta_1| \quad (2-5)$$

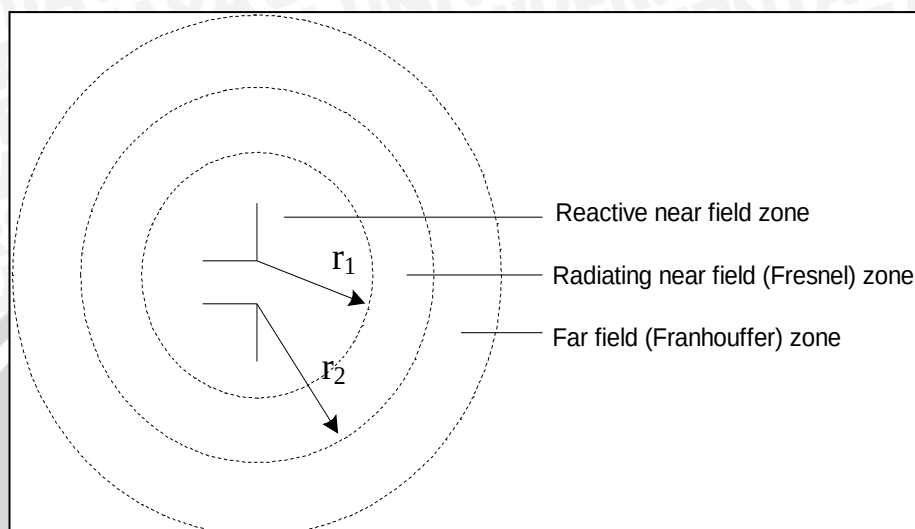
Dimana θ_1 dan θ_2 adalah titik-titik di sebelah kiri dan kanan dari maksimum *beam* utama, dimana nilai pola daya pada kedua titik itu sama dengan separuh dari nilai maksimum.



Gambar 2.2 Pola Radiasi
Sumber: Kraus, 1988: 24

2.2.1.2 Daerah Medan Radiasi

Daerah medan radiasi suatu antenna adalah daerah di mana radiasi antenna tersebut masih dapat diterima dengan baik. Daerah medan radiasi ini disebut juga jangkauan sinyal dari suatu antenna.



Gambar 2.3 Pembagian Daerah Medan Radiasi Antena

Sumber: Balanis, 1982: 22

dengan $r_1 = 0,62\sqrt{D^3/\lambda}$,

$$r_2 = 2D^2/\lambda$$

r_1 dan r_2 = jarak medan radiasi (m)

Daerah medan radiasi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- *Reactive Near-Field Zone*

Pada daerah ini, medan reaktif sangat mendominasi.

Batas daerah ini:

$$r < 0,62\sqrt{D^3/\lambda} \quad (2-6)$$

dengan r = Jarak medan radiasi (m)

λ = Panjang gelombang (m)

D = Dimensi antenna (m)

- *Radiating Near-Field (Fresnel) Zone*

Adalah daerah medan di antara *reactive near field zone* dan *far field zone*.

Pada daerah ini, medan radiasi sangat berpengaruh. Dan distribusi medan sudut (*angular field distribution*) bergantung pada jarak dari antenna.

Batas daerah ini :

$$0,62\sqrt{D^3/\lambda} \leq \text{daerah Fresnel} < 2D^2/\lambda \quad (2-7)$$

- *Far-Field (Franhouffer) Zone*

Adalah daerah medan antenna dengan distribusi medan sudut sangat tidak bergantung pada jarak dari antenna.

Batas daerah ini :

$$2D^2/\lambda \leq r < \infty \quad (2-8)$$

Pola medan pada daerah ini mempunyai komponen-komponen medan saling tegak lurus.

2.2.2 Directivity

Seberapa besar kemampuan antenna untuk dapat mengoptimalkan energi pada arah tertentu dibandingkan dengan radiasi pada arah lain disebut sebagai *directivity* atau keterarahan. Dengan kata lain *directivity* suatu antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai maksimum intensitas radiasi dengan intensitas radiasi rata-rata yang dipancarkan.

$$D = \frac{U_m}{U_{ev}} \quad (\text{dB}) \quad (2-9)$$

Sedangkan perbandingan intensitas radiasi pada suatu antenna tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata dinamakan *directivity gain*.

$$D_{\theta\phi} = \frac{U_m}{U_{ev}} \quad (2-10)$$

Dengan demikian definisi *directivity* secara sederhana tidak lain merupakan nilai maksimum dari *directivity gain*. *Directivity* pada antenna secara umum dinyatakan dari persamaan di bawah ini:

$$D_0 \approx 10 \log \frac{4\pi U_{\max}}{P_{\text{rad}}} \quad (2-11)$$

dengan :

D_0 = Directivity (dB)

$U_{\max}$ = Intensitas radiasi maksimum (watt)

P_{rad} = Daya radiasi total (watt)

Nilai keterarahan sebuah antenna dapat diketahui dari pola radiasi antenna tersebut, semakin sempit *main lobe* maka keterarahannya semakin baik dibanding *main lobe* yang lebih lebar. Nilai keterarahan jika dilihat dari pola radiasi sebuah antenna adalah sebagai berikut (Balanis, 1982 : 20).

$$D_0 \approx 10 \log \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi}\right)^2}{\theta_{HP} \cdot \phi_{HP}} \quad (2-12)$$

$$D_0 \approx 10 \log \frac{4125296125}{\theta_{HP} \cdot \phi_{HP}} \quad (2-13)$$

2.2.3 Gain

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada amplifier. Penguatan daya disini mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antenna isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada praktisnya *gain* antenna biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antenna standar *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ yang kira-kira 1,64 kali atau 2,15 dBi dibandingkan dengan suatu radiator isotropis. Penguatan antenna sangat erat kaitannya dengan keterarahan. Apabila suatu antenna dipakai sebagai antenna pemancar, pada umumnya daya yang diradiasikan sedikit kurang jika dibandingkan dengan daya yang diberikan oleh *transmitter* di terminal catunya. Hal ini disebabkan oleh adanya faktor efisiensi pada setiap antenna.

$$e = \frac{P_r}{P_{in}} \quad (2-14)$$

dimana:

P_{in} = Daya yang diberikan

P_r = Daya yang dipancarkan

Gain antenna mempunyai hubungan yang erat dengan *directivity* dan faktor efisiensi ini. Sehingga *power gain* maksimum antenna adalah:

$$G = e \cdot D \quad (\text{dB}) \quad (2-15)$$

Penguatan daya antenna pada arah tertentu didefinisikan sebagai 4π kali perbandingan intensitas radiasi dalam arah tersebut dengan daya yang diterima oleh antenna dari pemancar yang terhubung. Apabila arahnya tidak diketahui, penguatan daya

biasanya ditentukan dalam arah radiasi maksimum. Dalam persamaan dapat dituliskan sebagai (Balanis, 2005 :44):

$$G = 10 \log \frac{4\pi U_m}{P_{in}} \quad (\text{dB}) \quad (2-16)$$

dengan:

G = Penguatan antenna (dB)

U_m = Intensitas radiasi antenna (watt)

P_{in} = Daya *input* yang diterima antenna (watt)

λ_0 = Panjang gelombang yang merambat pada ruang bebas (m)

Persamaan di atas adalah persamaan yang secara teoritis bisa digunakan untuk menghitung *gain* suatu antenna. Namun di dalam prakteknya jarang *gain* antenna dihitung berdasarkan *directivity* dan efisiensi yang dimilikinya, karena untuk mendapatkan *directivity* antenna memang diperlukan perhitungan yang tidak mudah,. Sehingga pada umumnya orang lebih suka menyatakan *gain* maksimum suatu antenna dengan membandingkannya dengan antenna lain yang dianggap sebagai antenna standar. Adapun persamaan yang digunakan dalam pengujian antenna adalah sebagai berikut:

$$G_t = \frac{P_t}{P_s} G \quad (\text{dB}) \quad (2-17)$$

dengan:

G = *Gain* (dB)

P_s = Daya *output* antenna standar (watt)

P_t = Daya *output* antenna yang akan dihitung (watt)

G_t = *Gain* antenna yang dicari (dB)

Pada praktiknya pengukuran *gain* dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan (*Gain-comparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan menggunakan antenna referensi (biasanya antenna *dipole* standar) yang sudah diketahui nilai *gain*nya (Stutzman, 1981: 39). Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah:

$$G \text{ (dBi)} = 2,15 + P_U \text{ (dBm)} - P_R \text{ (dBm)} \quad (2-18)$$

dengan

G = *Gain* antenna uji (dBi)

G_{ref} = Gain antenna referensi (dB)

P_U = Daya yang diterima antenna uji (dBm)

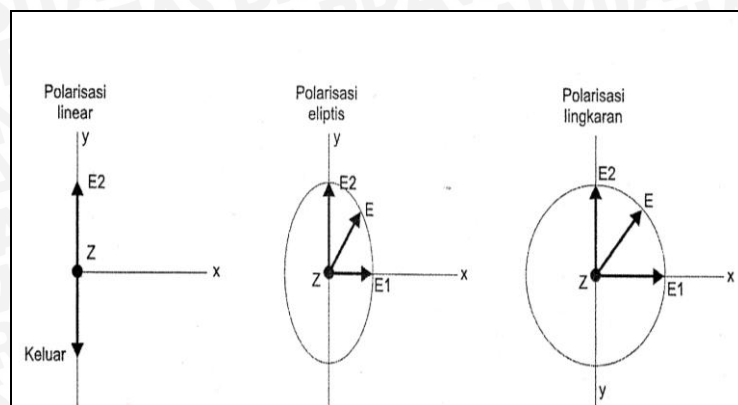
P_R = Daya yang diterima antenna referensi (dB)

2.2.4 Polarisasi Antena

Polarisasi antena adalah polarisasi gelombang yang diradiasikan bila antena sebagai pemancar, atau polarisasi gelombang datang yang menghasilkan daya maksimum pada terminal-terminal antena bila antena sebagai penerima.

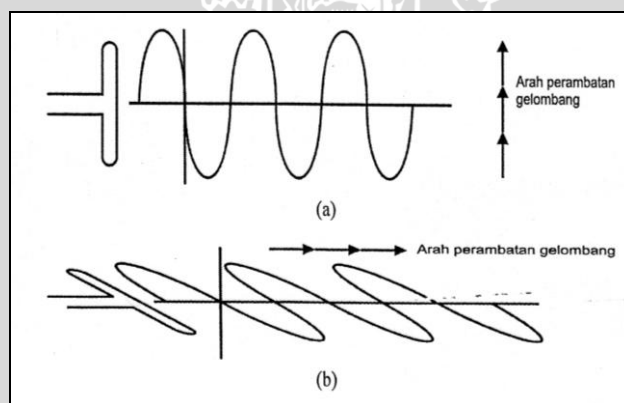
Terdapat beberapa macam jenis polarisasi yang dapat terjadi pada perambatan gelombang elektromagnetik. Pada mulanya jenis polarisasi hanya didasarkan atas posisi vektor medan listriknya terhadap bidang dasar bumi. Dinamakan polarisasi vertikal apabila medan listrik dari gelombang yang dipancarkan antena itu berarah vertikal terhadap permukaan bumi dan dinamakan polarisasi horisontal apabila medan tersebut berarah horisontal pada permukaan bumi.

Namun ternyata kemudian ada beberapa jenis antena yang mempunyai polarisasi yang tidak seperti umumnya, karena gelombangnya mempunyai vektor medan listrik dimana ujung dari vektor itu seolah-olah berputar *ellips* ataupun lingkaran dengan pusat pada pangkal vektornya (disepanjang sumbu propagasi). Selanjutnya bila perputaran ujung vektor medan yang dipancarkan itu membentuk *ellips* maka ia dinamakan polarisasi *ellips* dan jika perputaran itu membentuk lingkaran maka dinamakan polarisasi lingkaran.



Gambar 2.4 Polarisasi Gelombang Elektromagnetik
Sumber: Kraus, 1988: 71

Namun pada kondisi di lapangan arah polarisasi ini bisa diubah sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Arah polarisasi antenna ini akan mencerminkan arah perambatan gelombang yang dipancarkan antenna. Arah perambatan gelombang sesuai dengan arah polarisasi antenna dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5

- (a) Arah Perambatan Gelombang Radio Untuk Polarisasi Antena Vertikal
 - (b) Arah Perambatan Gelombang Radio Untuk Polarisasi Antena Horisontal
- Sumber: Balanis, 1997: 49

Polarisasi isolasi adalah redaman pada antenna akibat perubahan polarisasi, atau perbandingan daya suatu polarisasi antenna terhadap daya polarisasi yang lain pada antenna tersebut. Polarisasi isolasi dapat dihitung dari persamaan :

$$a = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)} \quad (2-19)$$

dengan :

a = Polarisasi isolasi (dB)

P_1 = Daya mula-mula (watt)

P_2 = Daya yang diperlukan jika polarisasi diubah (watt)

2.2.5 *Bandwidth Antena*

Bandwidth antena merupakan jangkauan frekuensi, yang didalam jangkauan frekuensi ini unjuk kerja antena berkenaan dengan beberapa karakteristiknya memenuhi standart yang dispesifikkan. Pemakaian sebuah antena di dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya. Pada *range* frekuensi kerja tersebut antena dituntut harus dapat bekerja dengan efektif agar antena dapat menerima atau memancarkan gelombang yang mengandung band frekwensi tertentu. Dapat bekerja dengan efektif dapat diartikan bahwa distribusi arus dan impedansi dari antena pada *range* frekuensi tersebut benar-benar belum banyak mengalami perubahan. Sehingga pola radiasi yang sudah direncanakan serta VSWR yang dihasilkan masih belum keluar dari batas yang diijinkan. Daerah frekuensi kerja dari antena yang masih dapat bekerja dengan baik inilah yang dinamakan *bandwidth* antena. Dimisalkan sebuah antena bekerja pada frekuensi tengah sebesar f_c , namun masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi f_1 ($f_1 < f_c$) sampai pada f_u ($f_c < f_u$), maka lebar *bandwidth* dari antena tersebut adalah $(f_u - f_1)$. Tetapi apabila dinyatakan dengan persen, *bandwidth* antena tersebut adalah:

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2-20)$$

$$f_c = \frac{f_1 + f_u}{2} \quad (2-21)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-22)$$

dengan:

B_p = *Bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *Bandwidth* rasio

f_u = Jangkauan frekuensi atas

f_l = Jangkauan frekuensi bawah

Bandwidth yang digunakan dalam persen seperti ini biasanya digunakan untuk menyatakan *bandwidth* antena-antena yang memiliki band sempit (*narrow band*). Sedangkan untuk menyatakan *bandwidth* antena band lebar (*broadband*) biasanya digunakan definisi rasio (perbandingan) antara batas frekuensi atas dengan frekuensi bawah.

$$BW = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-23)$$

Suatu antenna digolongkan sebagai antenna *broadband* apabila impedansi dan pola radiasi dari antenna itu tidak mengalami perubahan yang berarti untuk $f_u/f_l \geq 2$. Batasan yang digunakan untuk mendapatkan f_u dan f_l adalah ditentukan oleh nilai $VSWR = 2$. (Warren L. Stutzman ; Gary A. Thile,1981).

2.2.6 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR merupakan perbandingan antara amplitudo tegangan datang dan tegangan pantul pada terminal antenna. *Magnitude* relatif dari gelombang yang dipantulkan pada *low loss line* umumnya dinyatakan dalam bentuk *voltage standing wave ratio*, yang didefinisikan dengan (Kraus,1988 : 833) :

$$VSWR = \frac{|E_{\max}|}{|E_{\min}|} \quad (2-24)$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-25)$$

Dimana $E_{\max}$ merupakan tegangan puncak (*peak*) pada titik tertinggi pada pola gelombang berdiri dan $E_{\min}$ merupakan nilai puncak (*peak*) pada titik terendah. VSWR digunakan secara umum karena merupakan salah satu kuantitas yang mudah diukur pada suatu garis. Suatu garis lurus, yang tidak mempunyai gelombang pantul, mempunyai $|E_{\max}| = |E_{\min}|$ dan VSWR sama dengan satu. Rasio ini bertambah besar tanpa batas apabila mendekati pantulan sempurna. VSWR tidak dapat diukur secara langsung apabila *standing wave* mengubah bentuknya dari satu *loop* ke *loop* yang lainnya. VSWR dapat memiliki nilai dari satu sampai tak hingga, jadi:

$$1 \leq VSWR \leq \infty \quad (2-26)$$

VSWR yang ideal adalah satu, yang berarti menyatakan suatu keadaan yang disesuaikan (*matched*), dan pengaturan-pengaturan praktis pada saluran transmisi yang bertujuan untuk membuat VSWR yang minimum.

2.2.7 Return Loss (RL) dan Koefisien Pantul

Return Loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. RL adalah parameter seperti VSWR yang menentukan *matching* antara antena dan *transmitter*.

Koefisien pantul (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap, dan 10%-nya terpantulkan kembali. *Koefisien Pantul* didefinisikan sebagai (Punit,2004 :19) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{VSWR-1}{VSWR+1} \quad (2-27)$$

$$RL(dB) = 10 \log \frac{P_r}{P_i} \quad (2-28)$$

$$RL(dB) = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2-29)$$

dengan:

Γ = Koefisien pantul

V_r = Tegangan gelombang pantul (*reflected wave*)

V_i = Tegangan gelombang maju (*incident wave*)

P_r = Daya gelombang pantul (*reflected wave*)

P_i = Daya gelombang maju (*incident wave*)

RL = *Return loss*

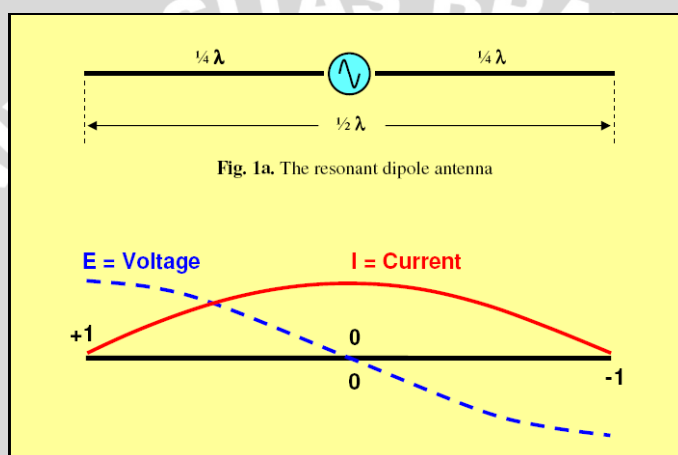
Untuk *matching* sempurna antara *transmitter* dan antena, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya dipantulkan.

2.3 Antena Dipole

Sebatang logam (kawat) yang panjangnya $1/4$ lambda (λ) akan beresonansi dengan baik bila ada gelombang radio yang menyentuh permukaannya. Jadi pada ujung kawat bagian dalam (*inner*) disambung dengan kawat sepanjang $1/4 \lambda$ dan *outer*-nya di *ground*, maka akan menjadi antena. Antena semacam ini hanya mempunyai satu *pole* (kutub) dan disebut *monopole* (*mono* artinya satu). Apabila bagian luar dari kawat tidak

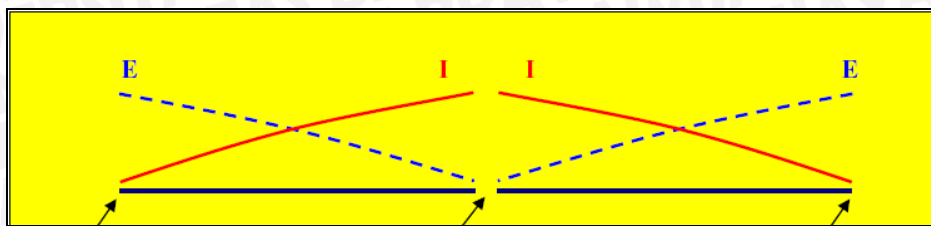
di-ground dan disambung dengan seutas kawat sepanjang $\frac{1}{4} \lambda$ lagi, menjadi antenna dengan dua *pole* dan disebut *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ (di artinya dua).

Disebut antenna *dipole* bukan karena memiliki dua bagian kawat yang terpisah pada bagian tengahnya, melainkan karena antenna tersebut memiliki dua kutub yaitu kutub positif dan kutub negatif (Jose I. Calderon, 2007). Antena *dipole* bisa terdiri hanya satu kawat saja disebut *single wire dipole*, bisa juga dengan dua kawat yang ujung-ujungnya dihubungkan dinamakan *two wire folded dipole*, bisa juga terdiri atas 3 kawat yang ujung-ujungnya disambung dinamakan *three wire folded dipole*, sedangkan bila ujung-ujungnya tidak saling berhubungan disebut dengan *open wire dipole*.



Gambar 2.6 Antena *Dipole* $\frac{1}{2} \lambda$
Sumber: Jose I. Calderon, 2007.

Antena *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ yang dibagi pada bagian tengahnya menjadi masing-masing $\frac{1}{4} \lambda$ selalu memiliki puncak tegangan pada bagian ujung luar dari saluran kawat. Hal tersebut karena pada bagian ujung luar kawat tersebut terisi dengan udara yang memiliki tahanan tak hingga. Oleh sebab itu, radiasi gelombang RF keluar dari masing-masing elemen antenna ke udara. Dengan kata lain, bagian tengah dari antenna *dipole* yang terpisah menjadi dua elemen $\frac{1}{4} \lambda$ memiliki nilai impedansi (Z) pada bagian tengah dan bagian luar atau tepi dari elemen tersebut memiliki nilai impedansi yang sangat tinggi (Jose I. Calderon, 2007).



Gambar 2.7 Distribusi Arus (I) dan Tegangan (E) pada Antena $1/2 \lambda$ Catu tengah
Sumber: Jose I. Calderon, 2007

Cepat rambat gelombang radio hampir sama dengan cepat rambat gelombang cahaya yaitu 300.000.000 meter/detik, sedangkan gelombang tersebut bergetar sejumlah f cycle/detik (f = frekuensi). Satu lambda (λ) adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang selama satu kali getar. Perhitungan panjang gelombang (λ) di ruang bebas adalah sebagai berikut (Jose I. Calderon, 2007:3):

$$\lambda (\text{meter}) = \frac{300}{\text{frekuensi (MHz)}} \quad (2-30)$$

Untuk perhitungan panjang gelombang pada saluran logam diperhitungkan juga factor cepat rambat gelombang pada logam yang nilainya lebih kecil dari cepat rambat di udara yaitu 0,95. Sehingga perhitungannya menjadi:

$$\lambda (\text{meter}) = \frac{300 \times 0,95}{\text{frekuensi (MHz)} \times 2} \quad (2-31)$$

Ketika suatu antena *dipole* digunakan untuk *transmitter* maupun *receiver*, karakteristik dari saluran transmisi menjadi sangat penting. Antena harus seimbang atau *matching* dengan saluran transmisinya, jika tidak maka akan timbul interferensi. Hal tersebut menjadi semakin signifikan pada penggunaan frekuensi tinggi. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan Balun (*Balance to Unbalance*).

Balun adalah alat yang digunakan untuk menyesuaikan impedansi antara antena dengan *feeder line* yang *unbalance* misalnya *coaxial cable* dengan antena yang *balance* misalnya antena *dipole*. Balun dapat juga dipandang sebagai suatu transformator.

Salah satu jenis dari balun yang mudah dibuat adalah *coaxial* balun yang terbuat dari sebuah kabel koaksial dengan panjang $1/2 \lambda$. Salah satu ujung bagian inti dalam kabel dihubungkan dengan salah satu dari hubungan yang seimbang untuk *feeder* atau *dipole*. Salah satu dari terminal ini harus dihubungkan dengan inti bagian dalam dari saluran transmisi atau *feeder*. Ketiga jalinan kawat *ground* harus terhubung semua. Ini

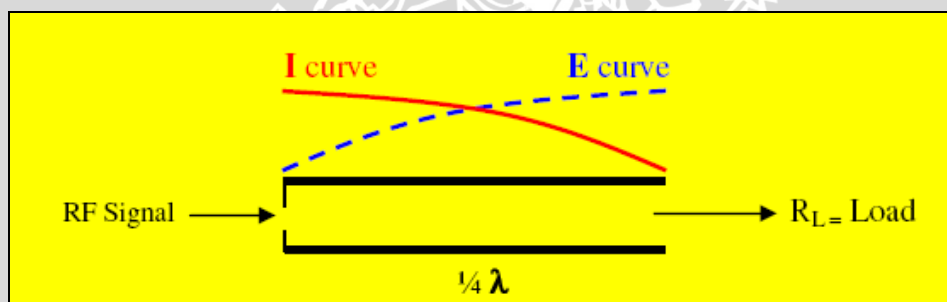
akan membentuk sebuah 4:1 balun yang dapat bekerja dengan baik hanya pada lebar frekuensi yang sempit.

2.4 Collinear Antenna Array

Antena *collinear* telah digunakan sejak dulu pada *base station*. Antena ini merupakan rangkaian elemen *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ dengan beberapa perlengkapan untuk memperbaiki kesalahan fasa diantara susunan elemennya. *Gain* antena ini dapat meningkat seiring dengan bertambahnya elemen. Namun penambahan elemen juga memiliki batas tertentu.

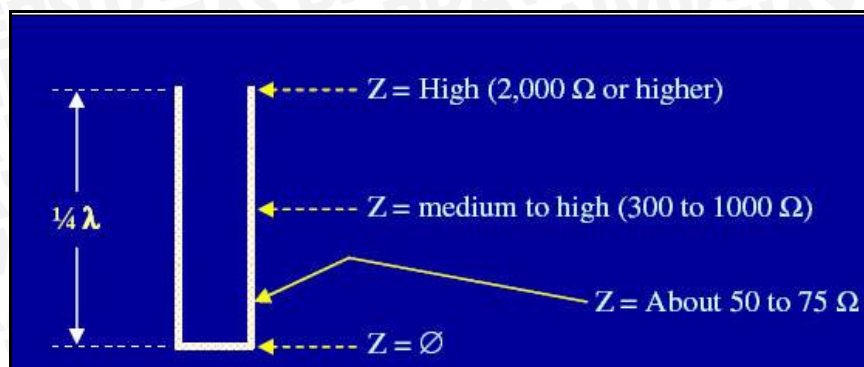
2.4.1 Stub Seperempat Gelombang

Sesuai dengan *dipole* setengah gelombang yang dipisah menjadi dua bagian, jika elemen seperempat panjang gelombang dilipat sehingga elemen akan menjadi paralel antara satu dengan yang lainnya dengan jarak yang berbeda akan mengubahnya menjadi saluran transmisi (saluran terbuka). Jika dicatu (*feed*) pada salah satu bagian ujungnya maka akan berlaku seperti pipa atau saluran peluncur.



Gambar 2.8 Distribusi Tegangan (E) dan Arus (I) Sepanjang Saluran Transmisi Seperempat Panjang Gelombang yang Dicatu dengan Daya RF Dari Titik Sumbernya
Sumber: Jose I. Calderon, 2007.

Gelombang RF berjalan mulai dari titik catu dan akan tetap ada pada ujung terbuka lainnya. Jika salah satu ujungnya ditutup (*short circuit*) akan mengakibatkan impedansi pada bagian yang ditutup menjadi nol dan ujung yang terbuka menjadi titik yang memiliki impedansi tinggi (seperti insulator). Ini adalah dasar dari desain *waveguide* pada UHF dan ini dapat diterapkan juga pada frekuensi yang lebih rendah. Nilai impedansi yang beragam dapat dihasilkan di beberapa titik sepanjang ujung yang tertutup dan ujung yang terbuka.



Gambar 2.9 *Stub* Seperempat Gelombang dengan Salah Satu Ujungnya Tertutup (*Short Circuit*) dan Nilai Impedansinya.

Sumber: Jose I. Calderon, 2007.

Potongan (*stub*) seperempat gelombang dengan salah satu ujungnya yang tertutup berlaku karakteristik elektrik sebagai berikut (Jose I. Calderon, 2007):

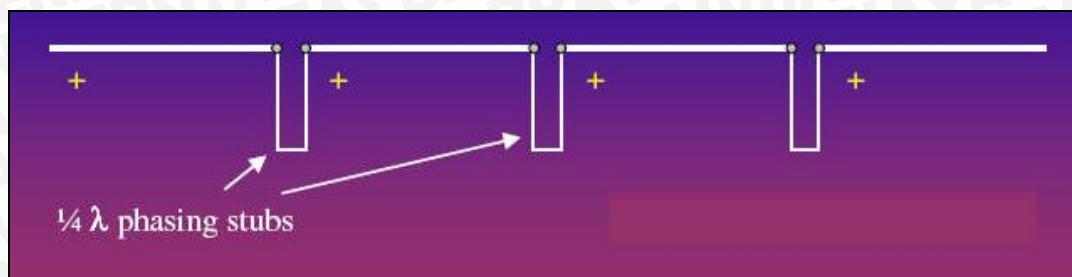
1. Ujung yang terbuka pada potongan akan membalik sudut fasa (180 derajat) dari daya RF yang melewati salurannya.
2. Saluran paralel yang saling berdekatan akan memiliki impedansi karakteristik (tergantung pada diameter dari elemen dan jarak diantaranya)
3. Potongan seperempat gelombang, baik yang salah satu ujungnya tertutup ataupun yang terbuka, merupakan pengubah impedansi yang sering disebut dengan *universal transformer*.
4. Potongan yang salah satu ujungnya tertutup dan ujung lainnya terbuka adalah sebuah insulator RF yang sempurna pada frekuensi kerjanya (pada ujung terbuka). Namun, insulator yang sangat buruk pada frekuensi di atas atau di bawah frekuensi kerjanya.
5. Sebuah potongan seperempat gelombang yang ditutup (*short circuit*) adalah sebuah rangkaian resonansi paralel, rektansi kapasitif dan reaktansi induktifnya dijumlahkan. Ini serupa dengan kapasitor dan induktor yang dihubung paralel untuk membentuk rangkaian resonansi LC.
6. Sebuah potongan seperempat gelombang sensitif terhadap frekuensi dan sangat selektif (dapat digunakan sebagai *filter*).
7. Saat potongan yang tertutup dipotong menjadi lebih kecil dari seperempat gelombang pada frekuensi kerjanya maka akan bersifat kapasitif. Sedangkan jika lebih panjang dari seperempat gelombang (namun lebih kecil dari setengah gelombang) maka akan bersifat induktif.

8. Jika ujung yang tertutup dihilangkan dan dibiarkan terbuka, potongan tersebut akan berlaku seperti rangkaian resonansi seri (dapat digunakan sebagai *trap filter* atau *notch filter*).

2.4.2 Pengembangan Antena *Collinear*

Karena antena *dipole* memiliki dua kutub (positif dan negatif), dibutuhkan sesuatu untuk membalik kutub (fasa) *dipole* sehingga penolakan gelombang tidak akan terjadi. Untuk menyelesaikannya, saluran pembalik fasa (*phasing stub*) harus digunakan untuk menghubungkan beberapa *dipole*. Salah satu jenis salurannya adalah potongan seperempat gelombang. Ketika beberapa *dipole* dihubungkan dengan cara ini, antena tersebut disebut dengan susunan antena *collinear* (*collinear antenna array*). Susunan antena *dipole* ini disusun sedemikian rupa sehingga setiap elemen merupakan sebuah perpanjangan terhadap sumbu panjangnya. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan *gain* dan *directivity*.

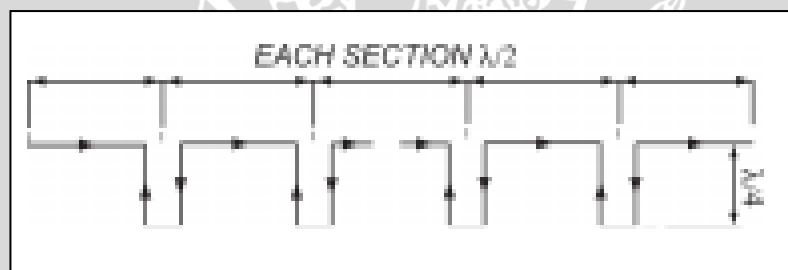
Dalam kawasan VHF, sebuah susunan *collinear* biasa disusun secara vertikal. Ketika susunan elemen setengah gelombang ditambahkan satu di atas yang lainnya, *gain* dan *directivity* akan meningkat dalam arah horizontal. *Phasing stub* tertutup memisahkan elemen setengah gelombang dan membalik sudut fasa gelombang RF yang dilewatkan pada susunan selanjutnya. Ini akan membuat semua elemen meradiasi dalam fasa yang sama seperti awal bagian bawahnya, semuanya sesuai, oleh karena itu *gain* terlihat jelas. Jika pasangan elemen setengah gelombang lain ditambahkan, akan meningkatkan *gain* horizontal sebesar 3 dBi. Sejumlah *dipole* dapat ditambahkan sesuai keinginan. Bagaimanapun ini akan bergantung pada tersedianya ruang dan batas ketinggian. Namun penambahan elemen pada antena *collinear* dimana susunannya berjarak sangat dekat akan saling bersentuhan dan mengganggu satu sama lain. Ini mengakibatkan terjadi penyimpangan pola radiasi, baik secara vertikal maupun horizontal. Oleh sebab itu, penambahan elemen yang terlalu banyak menjadi semakin tidak efektif.



Gambar 2.10 Contoh *Collinear Antenna Array* 4 Elemen
Sumber: Jose I. Calderon, 2007.

2.5 Antena Amos

Sebuah antena *dipole* setengah gelombang kawat terbuka dengan *feeder* dibagian tengah yang diperpanjang pada kedua sisinya dengan sebuah konduktor kontinyu, dimana pada setiap setengah panjang gelombangnya dibagi oleh potongan (stub) seperempat panjang gelombang berbentuk U pada bagian *short-circuit* dari saluran dua kawat simetris. Antena kawat jenis ini telah banyak digunakan, terutama pada polarisasi horizontal, untuk komunikasi dengan gelombang radio menengah dan pendek yang dikenal dengan antena Franklin, sesuai dengan nama penemunya (Dragoslav Dobricic, 2007).

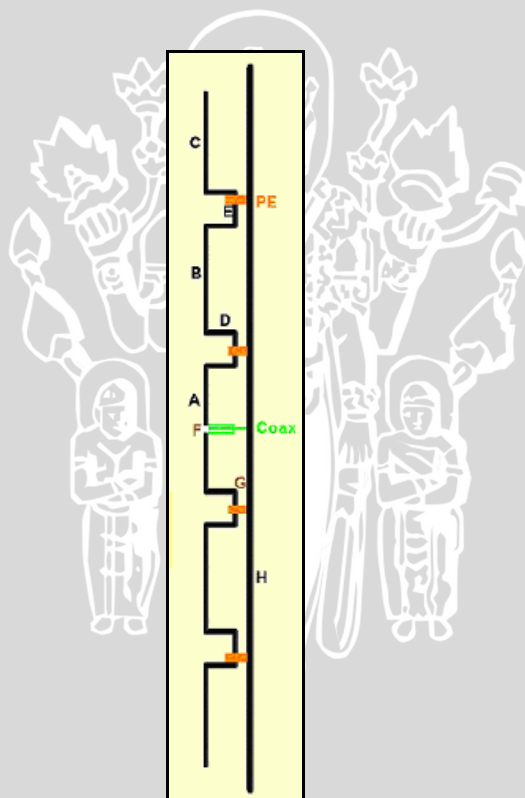


Gambar 2.11 Antena Franklin
Sumber: M. Polivka and A. Holub, 2007.

Dalam komunikasi WiFi, antena dengan pola radiasi semisirkuler terhadap bidang horizontal sering dibutuhkan. Antena dengan pola radiasi sirkuler biasanya memiliki nilai *gain* yang tinggi dan radiasi yang sempit pada bidang vertikalnya. Itulah mengapa antena *dipole* dengan polarisasi vertikal digunakan. Saat pola radiasi sirkuler dan polarisasi vertikal dibutuhkan, jajaran antena *dipole* setengah gelombang dapat disesuaikan dengan prinsip dasar antena Franklin.

Antena Amos, yang digunakan untuk komunikasi WiFi, mengadopsi prinsip dasar dari antena Franklin, namun dengan beberapa modifikasi. Antena Amos merupakan salah satu pengembangan dari antena *collinear*. Antena Franklin biasanya

digunakan untuk komunikasi dengan band VHF dan UHF dengan polarisasi vertikal dan menghasilkan pola radiasi sirkuler. Akan tetapi, dengan meningkatnya frekuensi kerja, suatu masalah akan timbul pada saluran diantara *dipole*, karena secara fisik akan membesar sehubungan dengan perubahan panjang gelombang. Hal tersebut akan membawa efek yang besar terhadap radiasi pada bagian antenna tersebut yang juga akan mempengaruhi pola radiasi keseluruhan antenna. Ini tidak diinginkan karena radiasi tersebut bersifat merugikan (*parasitic radiation*). Dengan frekuensi kerja 2,4 GHz pada antenna Amos, *parasitic radiation* menjadi masalah yang berarti dikarenakan ketebalan relatif konduktor antenna dan hubungannya dengan panjang gelombang serta dimensi fisik antenna. Dimensi ini tidak hanya menentukan impedansi karakteristik, tetapi juga *parasitic radiation* pada bagian antenna, terutama dibagian *short circuit* pada akhir saluran dua kawat.



Gambar 2.12 Contoh Antena Amos 5 Elemen

Sumber: : Dragoslav Dobricic, 2007.

keterangan:

A, B, C, adalah elemen *dipole*

D dan E membentuk *stub* tertutup

G adalah jarak antara kawat dengan reflektor

H adalah reflektor

Untuk mengatasi *parasitic radiation* tersebut ditambahkan reflektor dengan lebar yang relatif sempit yaitu setengah panjang gelombang dan *balun* pada bagian akhir saluran dua kawat. Dengan menempatkan antena *dipole* di depan bidang reflektor, impedansi antena pada bagian *feeder* akan berkurang hingga sekitar 200 ohm. Penempatan antena *dipole* di depan reflektor mengorbankan bentuk pola radiasi sirkuler menjadi semisirkuler. Penambahan sebuah kabel koaksial yang memiliki impedansi karakteristik 50 ohm pada bagian *feeder* yang berperan sebagai *balun* menjadikannya sebagai transformator dengan rasio impedansi 4:1. Penambahan reflektor yang dekat dengan bagian *short circuit* pada akhir saluran dua kawat, penambahan *balun* dan pemasangan reflektor yang dekat dengan saluran kawat berfungsi sebagai saluran transmisi dengan impedansi sekitar 150 ohm. Dengan cara tersebut *parasitic radiation* akan sangat berkurang. Efek samping yang menguntungkan dari pemasangan reflektor tersebut adalah mengubah nilai impedansi masukan antena menjadi *matching* dengan saluran *feeder*-nya. Modifikasi-modifikasi itulah yang menghasilkan antena Amos.

Antena Amos dikembangkan oleh insinyur elektronika dari Swedia, Dragoslav Dobricic. Penamaan antena Amos sendiri di dapat dari nama sebuah tokoh fiktif yang berupa seekor tikus peliharaan Benjamin Franklin, politikus dan diplomat dari Amerika Serikat, yang merupakan tokoh idola Dragoslav Dobricic.

Parameter-parameter yang dimiliki antena Amos sangat sesuai digunakan untuk teknologi komunikasi WLAN. Antena amos bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan memiliki polarisasi vertikal serta pola radiasi semisirkuler yang memancar pada satu arah pancaran, oleh sebab itu antena Amos merupakan antena sektoral. *Gain* antena Amos cukup tinggi, yaitu sekitar 12 dBi, serta nilai VSWR dan *Return Loss* masing-masing sekitar 1,7 dan -28 dB pada frekuensi tengah.

Gain dari antena Amos bergantung pada pola radiasi vertikalnya. Menambahkan jumlah elemen *dipole*-nya juga meningkatkan nilai *gain*-nya, akan tetapi juga berpengaruh pada pelemahan distribusi arus pada tiap penambahan baru elemen *dipole*. Penambahan elemen *dipole* diatas 9 elemen menjadi tidak ekonomis.

Antena Amos berbahan dasar kawat tembaga dengan diameter 2 mm dan aluminium atau pelat tembaga sebagai reflektor dengan ketebalan 0,5-1,5 mm. Untuk menentukan panjang kawat dan elemennya digunakan perhitungan panjang gelombang (λ), yaitu:

(2-32)

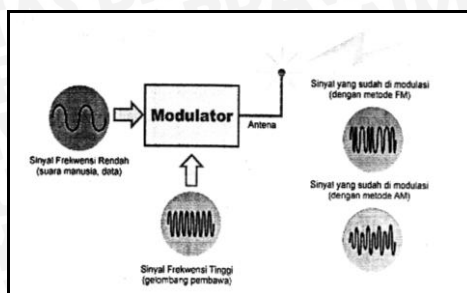
$$\lambda \text{ (meter)} = \frac{300 \times 0,95}{\text{frekuensi (MHz)} \times 2}$$

Angka 300 merupakan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), karena sinyal radio di udara bergerak dengan kecepatan yang hampir sama dengan kecepatan cahaya. Frekuensi (f) yang digunakan adalah frekuensi kerja WLAN 2,4 GHz sesuai dengan standar protokol IEEE 802.11 b/g. Angka 0,95 adalah faktor cepat rambat gelombang pada logam. Dalam simulasi atau pembuatan antenna Amos ini panjang tiap-tiap elemennya tidak selalu memiliki panjang sesuai dengan perhitungan secara teoritis karena akan dilakukan optimasi untuk mencari hasil yang terbaik dengan mengubah-ubah panjang tiap elemennya.

2.6 Sistem Komunikasi Wireless LAN 2,4 GHz

Wireless Local Area Network (*Wireless LAN*) merupakan sistem komunikasi data tanpa kabel (*nirkabel*) yang menggunakan udara sebagai media komunikasi. Dengan menggunakan teknologi RF (*Radio Frekuensi*), *wireless LAN* mengirim dan menerima data melalui jalur udara sehingga meminimalkan penggunaan kabel sebagai penghubung. Dengan *wireless LAN* pengguna dapat mengakses data tanpa memikirkan tempat untuk menyambungkan terminalnya, dan perencana jaringan dapat mengatur jaringan tanpa meng-*install* atau memindahkan kabel.

Wireless LAN menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mengirimkan informasi dari satu titik ke titik lainnya tanpa menggunakan media transmisi fisik sebagai penghubungnya. Gelombang radio ini yaitu berupa sinyal pembawa karena sinyal ini mudah sekali untuk mentransfer energi ke penerima. Data yang dikirimkan ditumpangkan pada sinyal pembawa sehingga akan lebih akurat untuk diterima pada sisi penerima.



Gambar 2.13 Dasar Teknik *Wireless LAN*
Sumber : Workshop WLAN Marvel Network Sistem

Wireless LAN dapat dibuat dengan konfigurasi sederhana maupun kompleks. Macam-macam dari topologi yang diterapkan pada *wireless LAN* antara lain:

1. Jaringan *peer-to-peer*

Dua Personal Computer (PC) yang dipasang *wireless adapter card* dianggap mampu untuk mengatur sebuah jaringan bebas dan dapat saling berhubungan pada jarak yang telah ditentukan. Pada topologi ini, pengguna dapat mengakses data dari pengguna lainnya tanpa melalui *server* pusat.

2. Jaringan infrastruktur

Pada topologi ini, pemasangan beberapa *access point* dapat memperluas jangkauan dari jaringan *peer-to-peer*. Selama *access point* terhubung dengan jangkauan kabel, tiap pengguna dapat mengakses data *server* seperti pengguna lainnya.

3. Jaringan menggunakan *extension point*

Extension point mempunyai fungsi yang sama dengan *access point*, tetapi EP tidak terikat dengan jaringan kabel seperti AP. Adapun fungsi dari EP ini adalah guna menambah jangkauan jaringan dengan *re-relay* sinyal dari client menuju AP atau EP yang lainnya.

2.6.1 Standar IEEE 802.11

Standar IEEE 802.11 mengkhususkan pengembangan teknologi lapisan fisik dan link *wireless LAN*. Dalam hal ini terdapat 5 standar yang dipakai yaitu :

- 802.11a, 5 GHz dengan teknologi OFDM (*orthogonal Frequency Division Multiplex*).
- 802.11b DSSS pada lapisan fisik dengan transfer data 5,5 sampai 11 Mbps.
- 802.11e, pengembangan aplikasi LAN dengan *Quality of service* (QoS), keamanan dan autentifikasi untuk aplikasi seperti suara, streaming media dan konferensi video.

- 802.11f, rekomendasi praktis untuk *multi vendor Access Point Interoperability* melalui *Inter Access Point Protocol Access Distribution System Support*.
- 802.11g, standard untuk penggunaan DSSS dengan transfer 20 Mbps dan OFDM 54 Mbps. Standard ini *backward compatible* dengan 802.11b dan bisa dikembangkan sampai lebih dari 20Mbps.

IEEE 802.11b menggunakan *band* ISM (industry, Science, and Medical) 2,4 GHz dan mampu mencapai kecepatan data 11 Mbps. Kecepatan data yang didukung adalah 1,2,5,5, dan 11 Mbps. Dengan teknologi *spread spectrum*, memiliki jangkauan sampai 800 ft. Teknologi WLAN 2,4 GHz berkembang pesat sekali. Teknologi nirkabel internet saat ini dikuasai oleh teknologi *nirkabel* LAN (WLAN) yang berbasis *protokol* IEEE 802.11 (tepatnya 802.11b). Pada IEEE 802.11b yang saat ini banyak menggunakan 2,4 GHz band untuk *bluetooth* maupun peralatan Home RF banyak menggunakan teknologi *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) maupun *Frequency Hoping Spread Spectrum* (FHSS) yang menjadi bagian teknik akses berbasis *Code Division Multiple Access* (CDMA).

Untuk *wireless* LAN 2,4 GHz yang berbasis IEEE 802.11b mempunyai *bandwidth* 11 Mbps dapat mencapai radius ± 10 km. Teknologi WLAN IEEE 802.11 menjadi sangat menarik bagi yang ingin membangun WLAN pada *bandwidth* antara 2 sampai 11 Mbps dengan biaya murah. Memang investasi peralatan WLAN lebih mahal daripada alternatif lainnya, tetapi apabila dibandingkan dengan biaya pengoperasian jangka panjang, WLAN jauh lebih murah dibandingkan dengan menyewa fasilitas *fixed line* yang disediakan oleh PSTN yaitu Telkom.

2.6.2 Alokasi Kanal WLAN 2,4 GHz

Hal lain yang perlu diperhitungkan baik-baik juga adalah penggunaan frekuensi agar tidak saling mengganggu satu dengan lainnya. Pada *band* 2,4 GHz yang dialokasikan untuk komunikasi data WLAN adalah antara 2,4-2,485 GHz. Beberapa kanal yang dapat digunakan yaitu sebanyak 11 kanal (standar USA dan Canada) dan 13 kanal (non-USA) dan sebagai tambahan frekuensi 2467 untuk chanel 12 dan frekuensi 2472 pada chanel 13 yang masing-masing kanal di pisahkan spasi sebesar 5 MHz.

Pada *Wireless* LAN antena merupakan suatu instrumen yang penting karena antena berfungsi untuk memancarkan atau menerima sinyal-sinyal informasi yang dibawa gelombang radio sehingga meminimalisasi penggunaan koneksi menggunakan kabel.

BAB III

METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai performansi Antena *Inverted Amos* untuk sistem komunikasi *Wireless Local Area Network* (WLAN) 2,4 GHz. Untuk merealisasikan skripsi ini, metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Dalam melakukan studi literatur, kegiatan yang dilakukan adalah :

- a. Melakukan kajian pustaka untuk memahami parameter-parameter dalam perancangan antena *inverted Amos*.
- b. Perancangan bentuk fisik antena, serta pemahaman mengenai antena *inverted Amos* itu sendiri.

3.2 Perancangan dan Simulasi Antena *Inverted Amos*

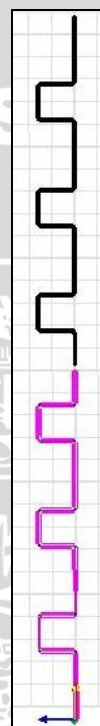
Perancangan antena *inverted Amos* dilakukan berdasarkan pada materi dan referensi yang diperoleh dari hasil studi pustaka. Hasil rancangan kemudian disimulasikan menggunakan *software* perancangan dan optimasi untuk mengetahui parameter antena. Tahap pra-pembuatan antena ini penting untuk melihat kualifikasi dari hasil rancangan apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan. Untuk penulisan skripsi kali ini menggunakan program simulator Ansoft HFSS 9.2. Jika simulasi sudah mendekati parameter yang diharapkan, maka dilanjutkan dengan pembuatan antena *inverted Amos*.

3.2.1 Dimensi Antena *Inverted Amos*

Antena *inverted Amos* memiliki kemiripan bentuk dengan antena Amos, hanya saja dengan memutar kawat peradiasi 180 derajat terhadap sumbu vertikal. Dalam perancangan antena *inverted Amos*, panjang elemen *driven* antena dapat ditentukan dengan menggunakan frekuensi kerja antena yang akan dirancang. Sehingga dari frekuensi kerja antena tersebut dapat diketahui nilai panjang gelombangnya (λ) yang dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (2-31):

$$\lambda \text{ (meter)} = \frac{300 \times 0,95}{\text{frekuensi (MHz)} \times 2}$$

Angka 300 merupakan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), karena sinyal radio di udara bergerak dengan kecepatan yang hampir sama dengan kecepatan cahaya. Frekuensi (f) yang digunakan adalah frekuensi kerja WLAN 2,4 GHz sesuai dengan standar protokol IEEE 802.11 b/g. Angka 0,95 adalah faktor cepat rambat gelombang pada logam.



Gambar 3.1 Contoh Dimensi Antena *Inverted Amos*
Sumber: Perancangan

3.2.2 Dimensi Reflektor

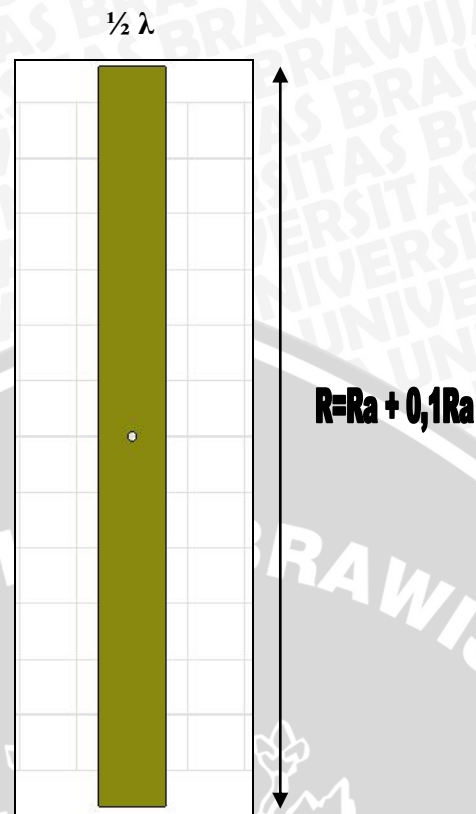
Reflektor antenna *inverted Amos* berbentuk persegi panjang dengan lebar setengah panjang gelombang dan panjang yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipole-nya sehingga bertindak seolah-olah sebagai bidang yang tak berhingga luasnya, dengan ukuran dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = R_a + 0,1R_a \quad (3-1)$$

dengan:

R = Panjang elemen reflektor (m)

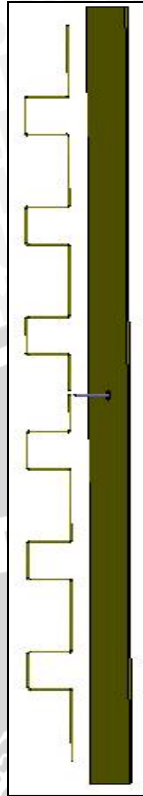
R_a = Panjang elemen dipole-nya (m)



Gambar 3.2 Dimensi Reflektor
Sumber: Perancangan

3.3 Pembuatan

Pembuatan antenna dilaksanakan setelah hasil simulasi sesuai dengan hasil yang diinginkan. Pembuatan antenna dilaksanakan pada bahan sesuai dengan standar bahan yang ada. Bahan yang digunakan sebagai saluran peradiasi adalah kawat tembaga dengan diameter 2 mm dan impedansi karakteristik 50 ohm. Sedangkan untuk pembuatan reflektor dapat digunakan pelat aluminium atau tembaga.



Gambar 3.3 Antena *Inverted Amos* dan Reflektor
Sumber: Perancangan

3.4 Pengukuran dan Pengambilan Data

Untuk dapat mengetahui karakteristik dan performansi dari antenna maka dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter antenna pada frekuensi 2400-2500 MHz. Pengukuran ini meliputi:

- a. Pengukuran *return loss*, koefisien pantul, dan VSWR

Alat yang digunakan untuk parameter ini adalah *Spectrum Analyzer* yang dioperasikan pada jangkauan frekuensi dengan interval tertentu. Standar nilai yang digunakan *return loss* ≤ -10 dB dan nilai VSWR ≤ 2 .

- b. Pengukuran *gain* antenna

Dalam pengukuran ini digunakan antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai antenna pemancar. Antena ini digunakan sebagai antenna standar dengan nilai penguatan sudah diketahui sebelumnya. *Gain* antenna ini kemudian dibandingkan dengan *gain* antenna yang diukur (antenna *inverted Amos*).

- c. Pengukuran pola radiasi

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola radiasi antenna pada bidang vertikal maupun horizontal. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar

antena penerima (antena *inverted* Amos) mulai dari 0^0 sampai dengan 360^0 dengan antenna pemancar standar tetap pada posisinya.

d. Pengukuran polarisasi

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola perambatan medan listrik dari antenna yang dibuat. Antena yang diukur diberlakukan sebagai antenna penerima dan antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai antenna pemancarnya. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antenna penerima (antenna yang diuji) dengan interval sudut tertentu terhadap bidang vertikal sampai 360^0 .

e. Penghitungan *directivity*

Untuk menghitung *directivity* antenna dapat dilakukan setelah didapatkan nilai sudut lebar berkas setengah daya (*half power beamwidth*) untuk pola radiasi. Penghitungan *directivity* ini bertujuan untuk menghitung besarnya nilai keterarahan antenna.

f. Penghitungan *bandwidth*

Penghitungan ini dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dan frekuensi bawah pada pengukuran nilai $VSWR \leq 2$ atau $RL \leq -10$ dB serta diharapkan memiliki *bandwidth* berkisar 2,4 – 2,485 GHz (WLAN 802.11b/g).

3.5 Analisis Hasil Pengukuran

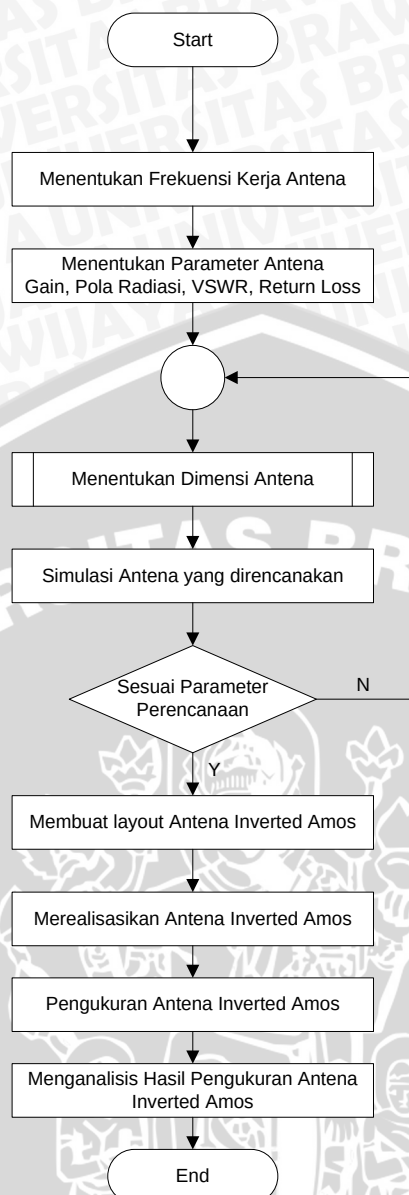
Pada tahap ini, dilakukan analisis perhitungan dan perbandingan parameter-parameter antara hasil simulasi dan pengukuran.

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan ditulis setelah mendapatkan hasil dari pengukuran parameter-parameter antenna yang diukur dan dibandingkan dengan perancangan yang ada, serta memberikan saran untuk lebih meningkatkan performansi antenna yang telah dibuat.

3.7 Diagram Alir

Secara sistematis prosedur perancangan dan pembuatan antenna dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3.4 Diagram Alir Prosedur Perancangan Antena
Sumber : Perancangan

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ANTENA *INVERTED* AMOS

4.1 Tinjauan Umum

Antena *Inverted* Amos merupakan salah satu jenis antena kawat dengan rangkaian beberapa *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ dan *stub* $\frac{1}{4}\lambda$ yang memiliki gain cukup besar. Antena ini merupakan pengembangan dari antena Franklin dan antena Amos yang merupakan salah satu jenis antena *collinear*. Penambahan jumlah elemen *dipole*-nya juga meningkatkan nilai *gain*-nya, akan tetapi juga berpengaruh pada pelemahan distribusi arus pada tiap penambahan baru elemen *dipole*. Penambahan elemen *dipole* diatas 9 elemen menjadi tidak ekonomis.

Antena *Inverted* Amos memiliki reflektor dengan permukaan yang lebar dan datar yang letaknya tidak jauh dari *dipole*-nya yang bertujuan untuk mengurangi radiasi ke arah belakang, reflektor ini berbentuk sebuah lempengan dengan panjang sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian *dipolenya* sehingga bertindak seolah-olah sebagai bidang yang tak berhingga luasnya.

4.2 Perancangan Antena *Inverted* Amos

Antena *Inverted* Amos adalah antena yang terdiri dari rangkaian beberapa *dipole* $\frac{1}{2}\lambda$ dan *stub* $\frac{1}{4}\lambda$ yang dirangkai sedemikian rupa. Bahan kawat peradiasi dari antena ini menggunakan kawat tembaga dengan diameter 2 mm. Sedangkan untuk reflektor dari antena rancangan ini menggunakan lempengan aluminium yang didesain berbentuk persegi panjang dengan panjang sisi lebih lebar dari panjang *dipole* antena dan ketebalan 1 mm. Untuk bahan tembaga diketahui:

- Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) = 1
- Konduktifitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^7$ mho m^{-1}

Langkah-langkah sebelum pembuatan antena *Inverted* Amos ini, terlebih dahulu harus dirancang hal-hal yang lebih rinci mengenai dimensi dari antena *Inverted* Amos itu sendiri. Untuk menentukan panjang masing-masing elemen *dipole*-nya didapatkan melalui persamaan panjang gelombang. Untuk frekuensi kerja 2,4 GHz, dapat diketahui nilai panjang gelombangnya yaitu:

$$\lambda \text{ (meter)} = \frac{300 \times 0,95}{\text{frekuensi (MHz)}}$$

$$\lambda \text{ (meter)} = \frac{300 \times 0,95}{2400} = 0,11875 \text{ meter}$$

Untuk rancangan elemen antena yang terdiri rangkaian *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ dan *stub* $\frac{1}{4} \lambda$ masing-masing panjangnya didapat melalui perhitungan sebagai berikut:

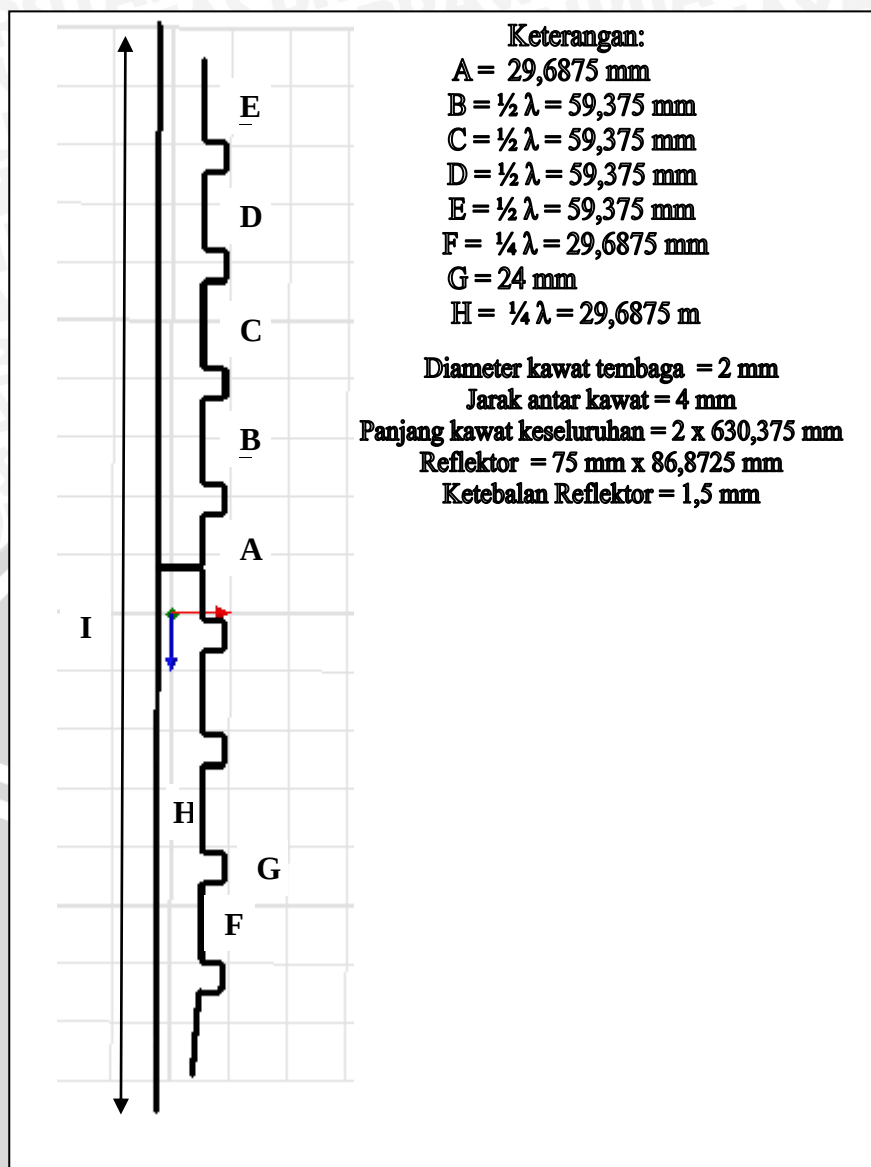
$$\lambda = 0,11875 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \lambda &= \frac{1}{2} (0,11875) \text{ m} \\ &= 0,059375 \text{ m} = 59,375 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{2} (59,375) \text{ mm} = 29,6875 \text{ mm}$$

Untuk jarak antar rangkaian *dipole* direncanakan sepanjang 4 mm dan jarak rangkaian *dipole* dari reflektornya kurang lebih sebesar $\frac{1}{4} \lambda$, sedangkan untuk reflektor digunakan papan aluminium polos dengan lebar kurang lebih 7 mm dan panjang sisi reflektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} R &= R_a + 0,1R_a \\ &= 789,75 \text{ mm} + 0,1(789,75 \text{ mm}) \\ &= 789,75 \text{ mm} + 78,975 \text{ mm} \\ &= 868,725 \text{ mm} = 86,8725 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Dimensi Antena *Inverted* Amos 9 Elemen
 Sumber : Simulasi

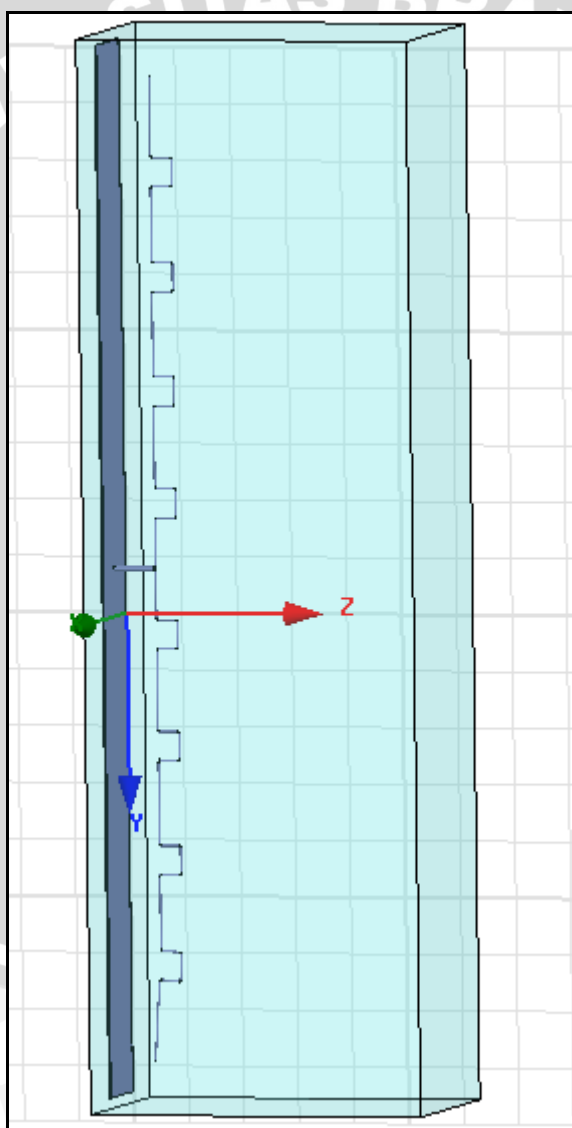
4.3 Perancangan Antena *Inverted* Amos dengan Simulator

Simulasi dilakukan untuk mengetahui kinerja antenna hasil perancangan, simulasi ini menggunakan *simulator* Ansoft HFSS V 9.2. Antena hasil perancangan disimulasikan sebagai antenna penerima yang dikenai medan elektromagnetik, ansoft dapat mensimulasikan model struktur tiga dimensi (3D) dengan keadaan ideal yaitu tanpa adanya interferensi maupun *noise*. Beberapa parameter yang didapatkan pada simulasi adalah *VSWR*, *RL*, dan *gain*.

4.4 Langkah Simulasi

Dalam simulasi Antena *Inverted Amos* dilakukan beberapa tahapan proses yaitu

- Pembuatan model 3D yang meliputi pembuatan model elemen peradiasi, model *groundplane*, model pencatutan dan pemilihan bahan yang akan digunakan. Gambar 4.1 menampilkan model 3D yang telah dibuat.
- Validasi model 3D untuk mengetahui apakah model yang dibuat memenuhi syarat untuk proses analisis selanjutnya.
- Analisis model 3D dengan proses komputasi dan perhitungan matrik.
- Membuat laporan hasil simulasi dengan menampilkan grafik *VSWR* dan *RL*.

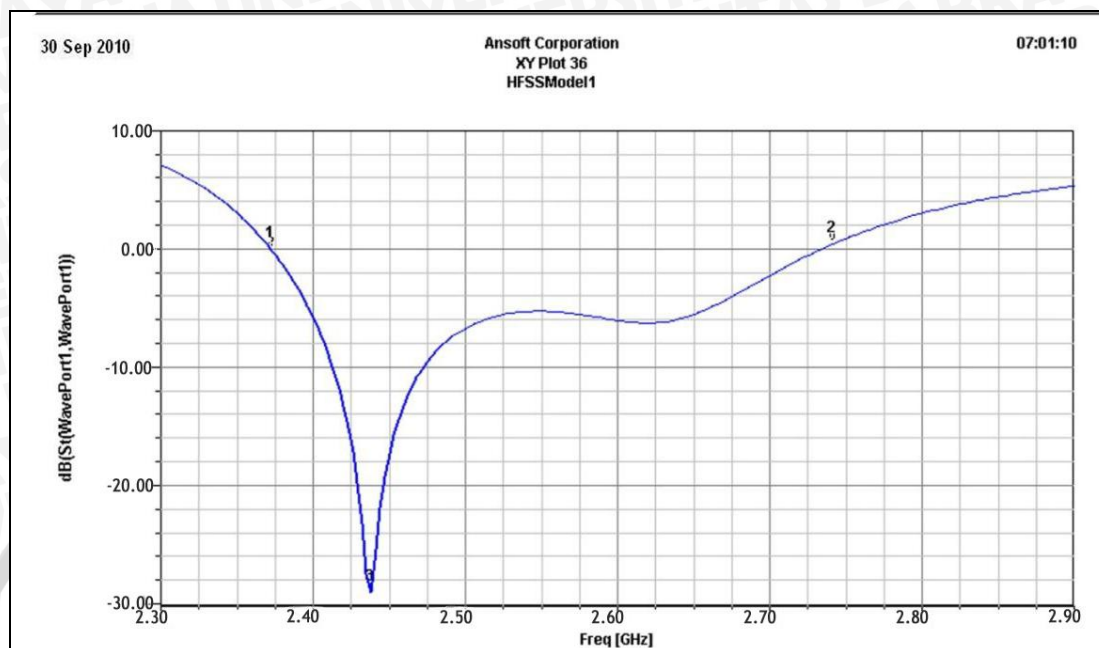


Gambar 4.2 Model 3D Antena *Inverted Amos* 9 Elemen

Sumber : Simulasi

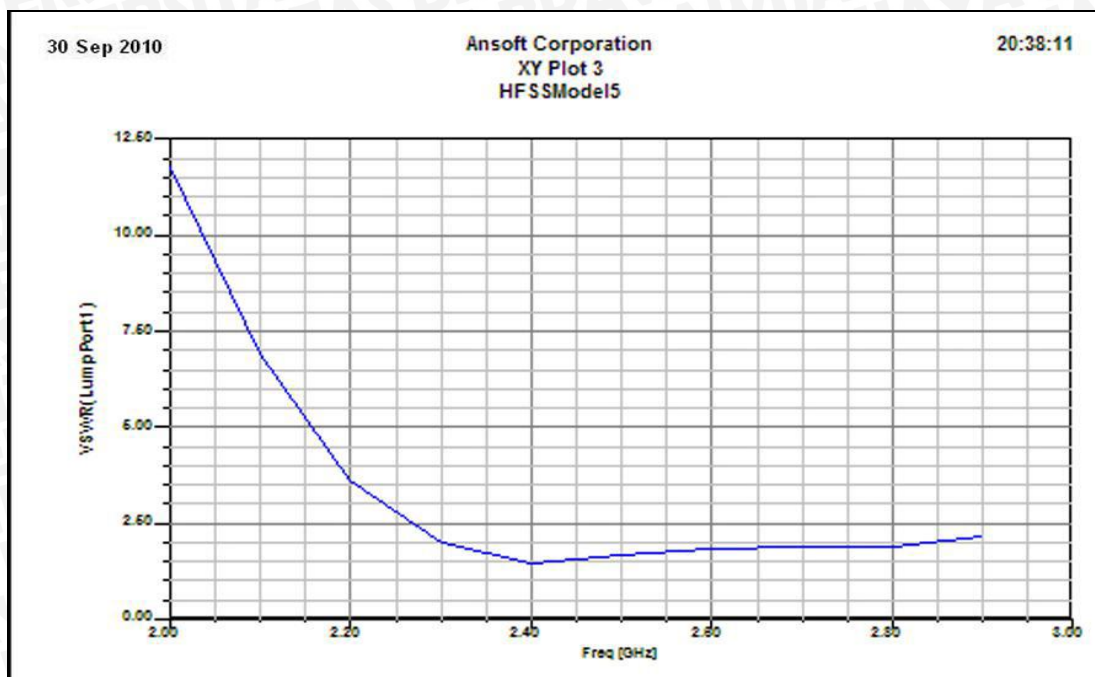
4.5 Hasil Simulasi

Hasil simulasi *Return Loss* dari antenna *Inverted Amos* hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 4.3.



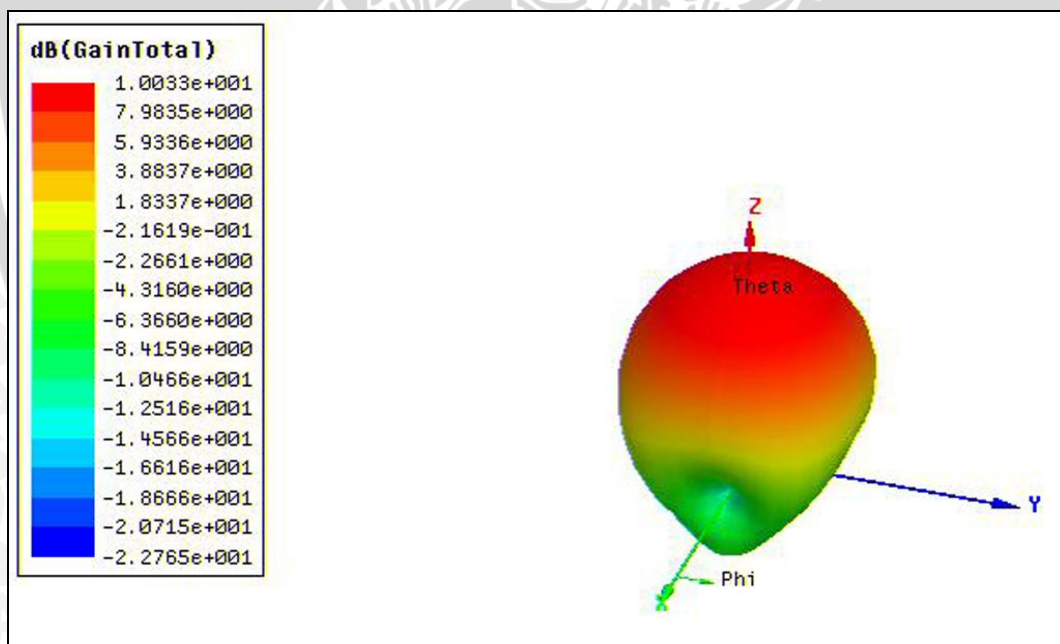
Gambar 4.3 Hasil Simulasi Nilai *Return Loss*
Sumber : Simulasi

Hasil simulasi diatas dapat dilihat bahwa antenna ini bekerja pada frekuensi diatas 2,4 GHz dengan lebar *bandwidth* hanya 80 MHz dan nilai *RL* minimum -29 dB. Sementara itu hasil simulasi *VSWR* dapat dilihat pada Gambar 4.4. Dari hasil simulasi *VSWR* tersebut juga diketahui lebar *bandwidth* antenna hasil simulasi ini sangat sempit.



Gambar 4.4 Hasil Simulasi Nilai VSWR Terhadap Frekuensi
Sumber : Simulasi

Dari gambar 4.5, dapat diketahui besarnya nilai *gain* dari antenna *inverted* Amos 9 elemen hasil perancangan adalah 10.033 dB.

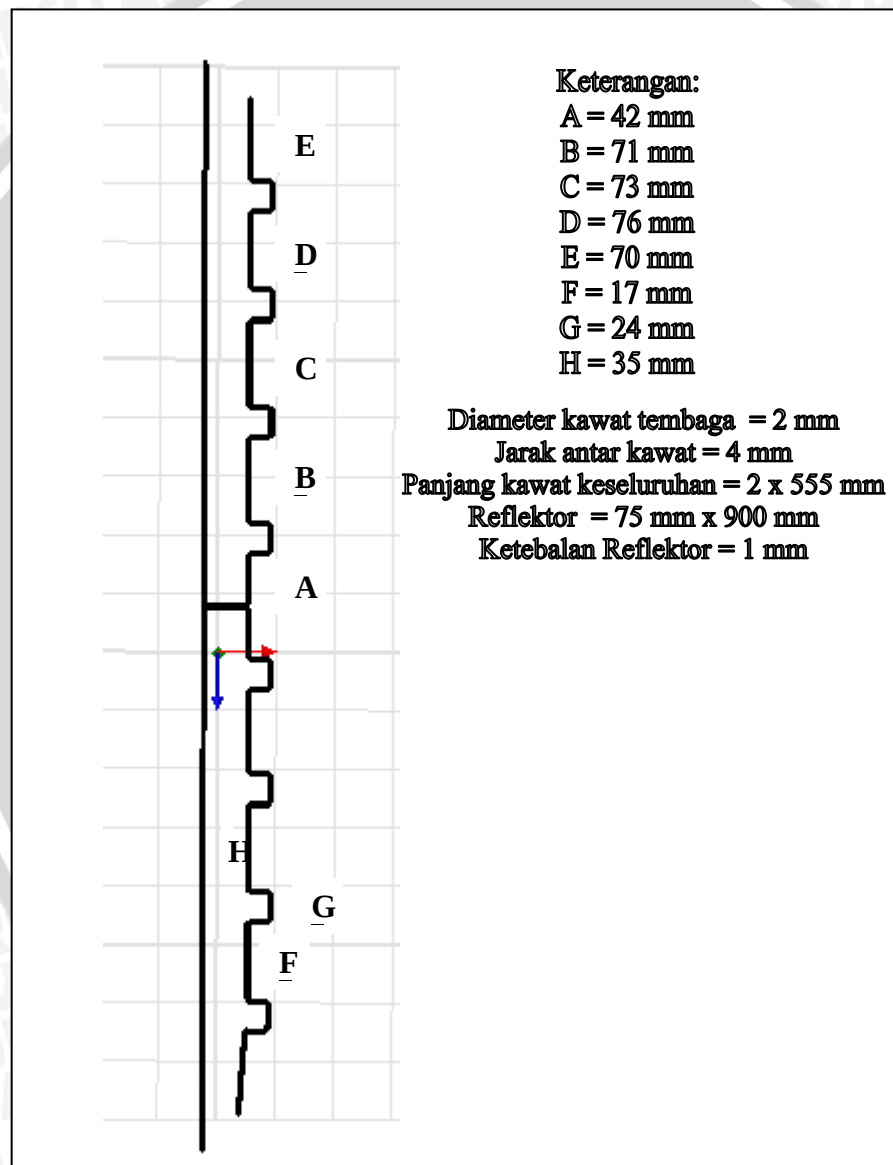


Gambar 4.5 Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi Gain Total
Sumber : Simulasi

4.6 Optimasi Elemen Peradiasi

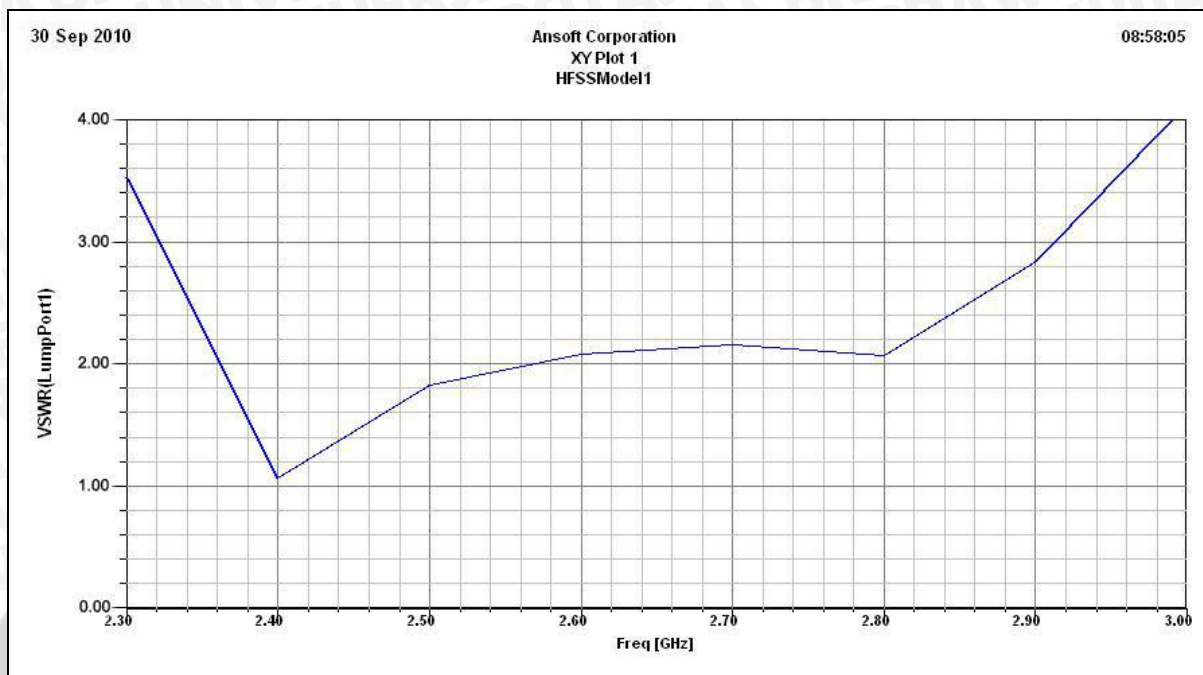
Optimasi dilakukan agar antenna dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan yaitu bekerja pada frekuensi 2,4 GHz - 2,48 GHz, dengan *bandwidth* $\geq 83,5$ MHz. Optimasi juga dilakukan agar antenna mendapatkan gain yang lebih baik.

Untuk melakukan optimasi dapat dilakukan dengan merubah panjang elemen peradiasi hingga didapatkan hasil yang paling optimum. Dalam skripsi ini digunakan simulator Ansoft HFSS 9.2 untuk menyimulasikan perubahan dimensi antenna. Dimensi antenna hasil optimasi dapat dilihat pada gambar 4.6.



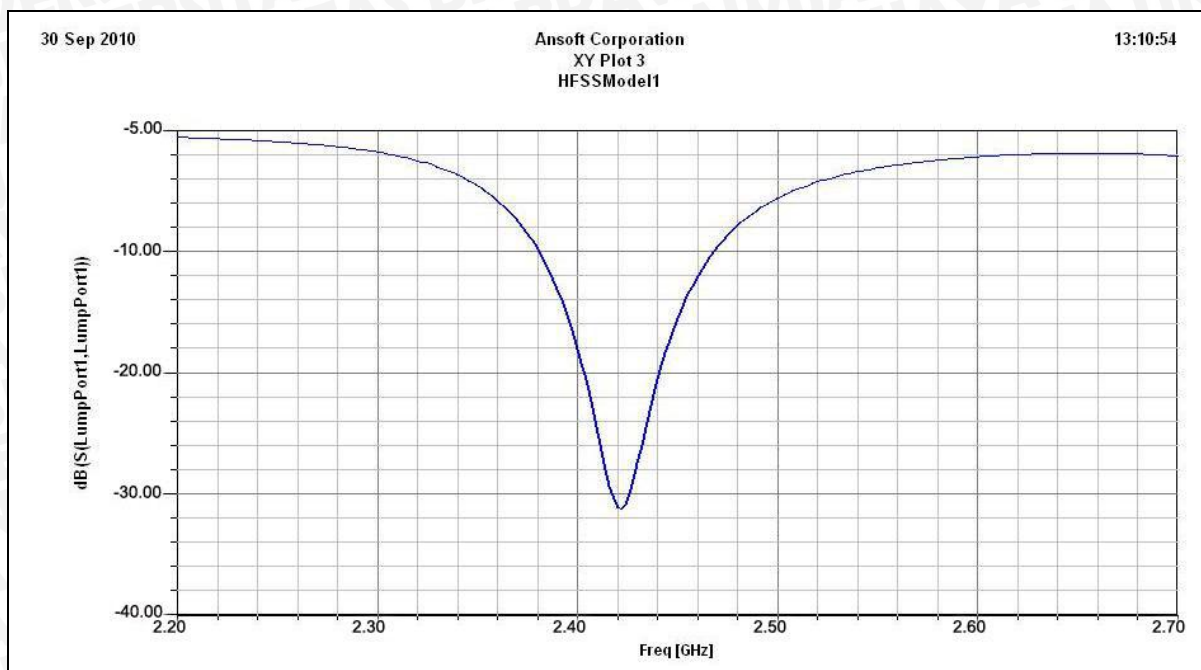
Gambar 4.6 Model 3D Antena *Inverted Amos* 9 Elemen Hasil Optimasi
 Sumber : Simulasi

Hasil simulasi *return loss* dari Antena *inverted* Amos setelah optimasi akhir ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Simulasi Nilai VSWR Terhadap Frekuensi
Sumber : Simulasi

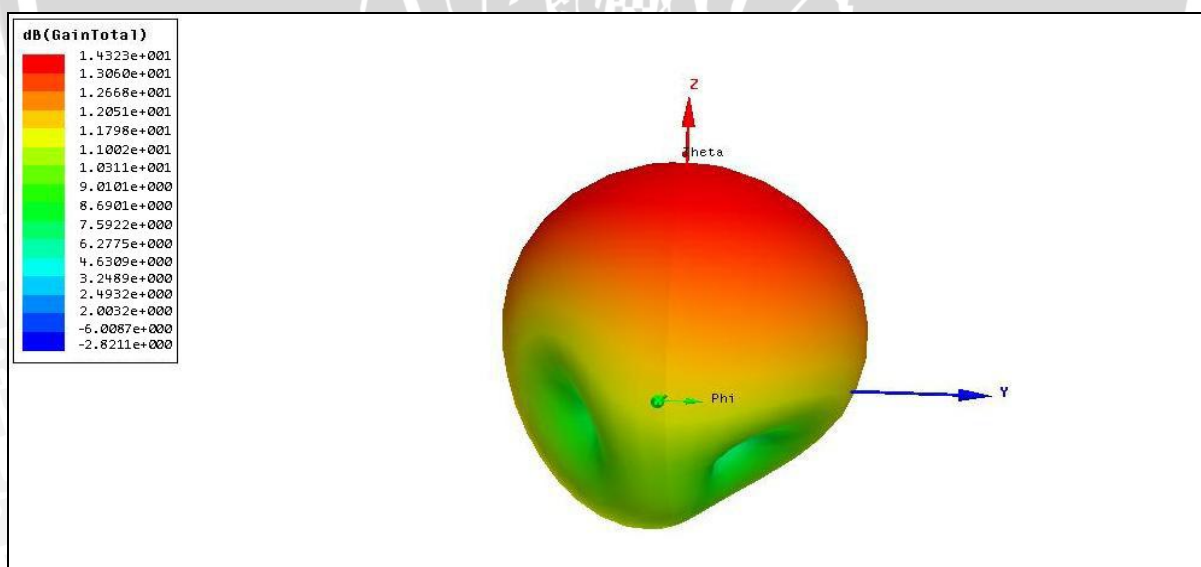
Untuk nilai VSWR sebuah antena bekerja dengan baik jika nilai $S_{11} \leq 2$. Dari Gambar diatas, nilai $S_{11} \leq 2$ terbentang dari frekuensi 2360 MHz hingga 2550 MHz dengan *bandwidth* sebesar 190 MHz. Gambar *return loss* hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil Simulasi Nilai Return Loss

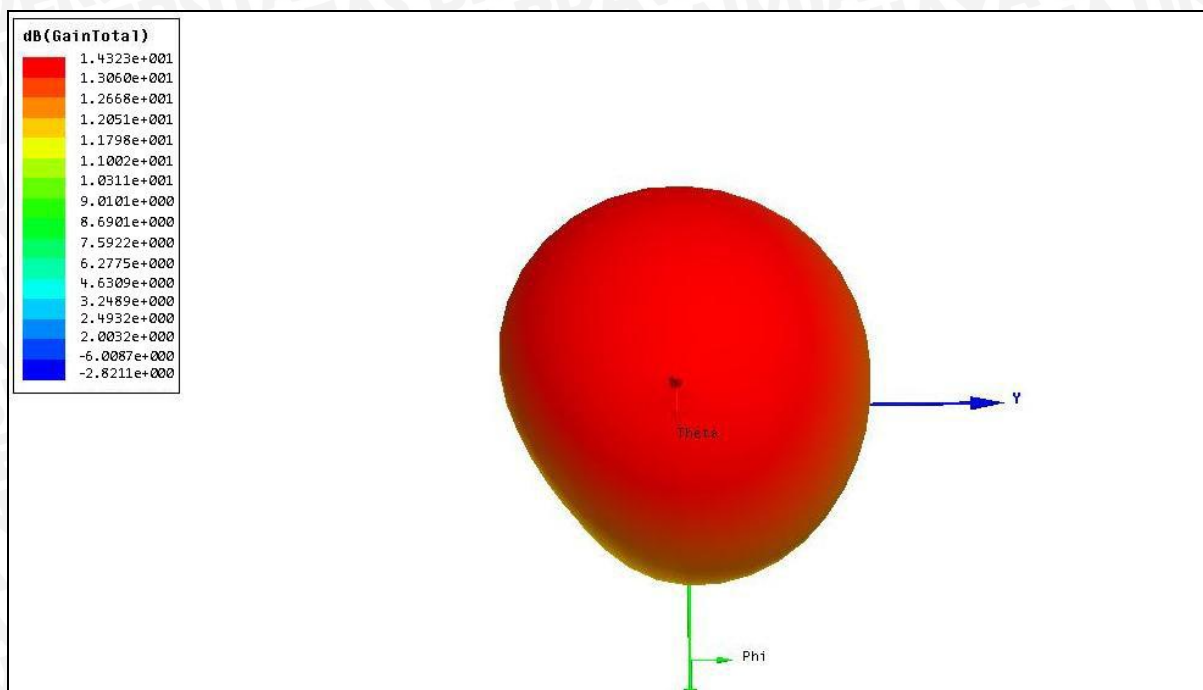
Sumber : Simulasi

Hasil simulasi diatas dapat dilihat bahwa pada frekuensi 2,4-2,48 GHz antenna ini sudah dapat bekerja dengan baik karena pada sekitar frekuensi tersebut antenna ini memiliki nilai $VSWR \leq 2$ dan nilai RL dibawah -10 dB. Antena *Inverted Amos* 9 elemen ini memiliki *bandwidth* 190 MHz dan nilai *RL* minimum -31,83 dB.



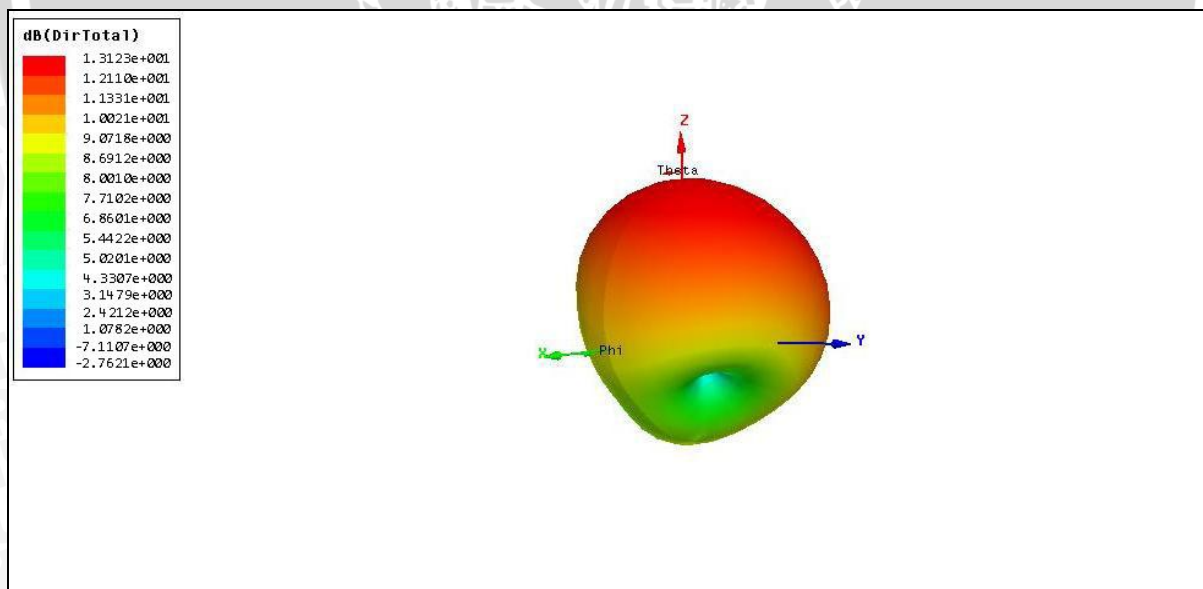
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi Gain Total Terhadap Sudut Bidang Dan Sudut Ruang Dilihat Secara Vertikal

Sumber : Simulasi



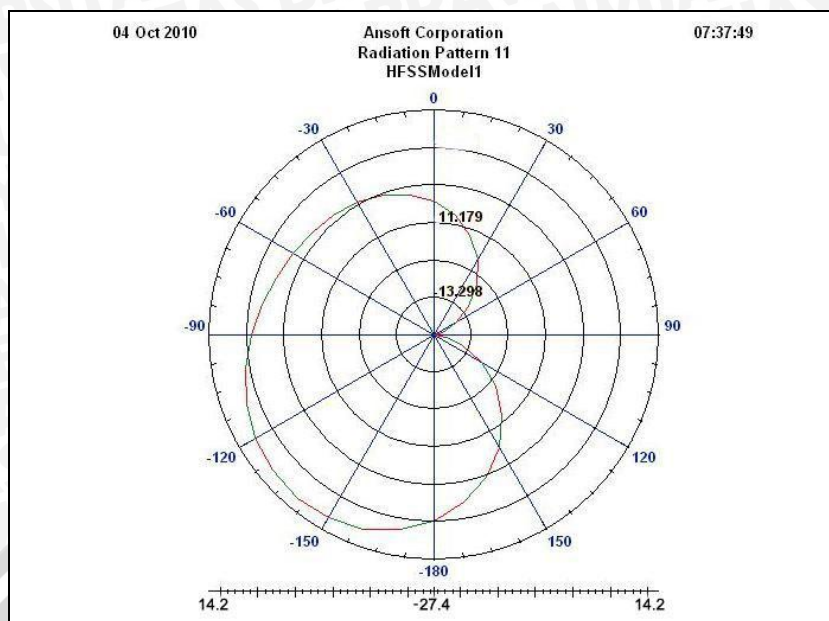
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi *Gain* Total terhadap Sudut Bidang dan Sudut Ruang Dilihat Secara Horizontal
Sumber : Simulasi

Dari gambar hasil simulasi, dapat diketahui besarnya nilai *gain* maksimum dari antenna *Inverted Amos* 9 elemen hasil optimasi ini adalah 14,323 dB.



Gambar 4.11 Hasil Simulasi Gambar 3 Dimensi *Directivity* Total terhadap Sudut Bidang dan Sudut Ruang Dilihat Secara Vertikal
Sumber : Simulasi

Dari gambar hasil simulasi, dapat diketahui besarnya nilai *Directivity* maksimum dari hasil simulasi dapat diketahui sebesar 13,123 dB.



Gambar 4.12 Pola Radiasi Horizontal
Sumber : Simulasi

4.7 Pembuatan Antena Inverted Amos

Untuk mendapatkan sebuah antena yang memiliki karakteristik yang baik, maka bahan-bahan yang digunakan perlu dipilih dan diperhatikan dengan cermat. Dalam perancangan antena *Inverted Amos* ini, adapun spesifikasi bahan-bahan yang digunakan antara lain :

1. Kawat Tembaga

Dalam hal ini, kawat tembaga yang digunakan memiliki diameter 2 mm dengan impedansi karakteristik 50Ω yang nantinya dibentuk sebagai elemen peradiasi dari antena *Inverted Amos* itu sendiri. Total panjang kawat tembaga yang digunakan adalah 0,111 m

2. Bidang Pemantul (Reflektor)

Untuk pembuatan reflektor digunakan papan aluminium polos yang dipotong berbentuk persegi panjang dengan lebar sisi 7,5 cm dan panjang sisi 90 cm dengan ketebalan 1 mm.

3. Kabel Koaksial

Kabel koaksial yang digunakan dalam perancangan antena ini berjenis RG-8 dan RG 58 A/U.

4. Konektor BNC

Dalam perancangan antena ini, konektor BNC digunakan sebagai penghubung dari antena ke saluran transmisi.

5. *Adapter N to BNC*

Digunakan sebagai penghubung antara konektor BNC dengan konektor tipe N-male.

4.7.1 **Alat-Alat dan Bahan yang Digunakan**

Bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan antenna biquad ini adalah sebagai berikut :

1. Papan aluminium polos
2. Kawat tembaga 2 mm
3. Kabel koaksial RG 58 A/U
4. Kabel koaksial RG-8
5. Konektor antenna BNC
6. *Adapter N to BNC*
7. Obeng dan Baut
8. Tang
9. Gergaji besi
10. Solder
11. Bor listrik
12. Timah solder
13. *Cutter*
14. Pensil
15. Penggaris dan meteran
16. Lem tembak
17. Amplas dan kikir penghalus





Gambar 4.13 Alat dan Bahan yang Digunakan
Sumber : Perancangan

4.7.2 Proses Pembuatan Fisik Antena *Inverted Amos*

Setelah semua dimensi antena diketahui, selanjutnya akan dirancang bentuk fisik antena sesuai dengan dimensi hasil perhitungan tersebut. Perancangan antena dimulai dengan pembuatan reflektor dengan menggunakan papan aluminium polos yang dipotong berbentuk persegi panjang dengan lebar sisi sebesar 7,5 cm dan panjang sisi 90 cm. Selanjutnya pada bagian tengah reflektor dibuatkan lubang dengan diameter 5 mm sebagai tempat kabel koaksial RG 58 A/U yang berfungsi sebagai kabel pencatu.

Untuk memudahkan pengaturan jarak dipole antena dengan reflektornya maka digunakan penyangga yang diambil dari isolator kabel koaksial RG-8 dengan tinggi 35 mm sesuai dengan perancangan sebelumnya. Pada ujung kabel dipasang konektor BNC dan ujung lainnya dipasangkan Balun yang terbuat dari kabel koaksial RG 58 A/U dengan panjang ± 41 mm. Balun ini berfungsi sebagai *matching impedance* antara kabel pencatu dan elemen peradiasi antena.

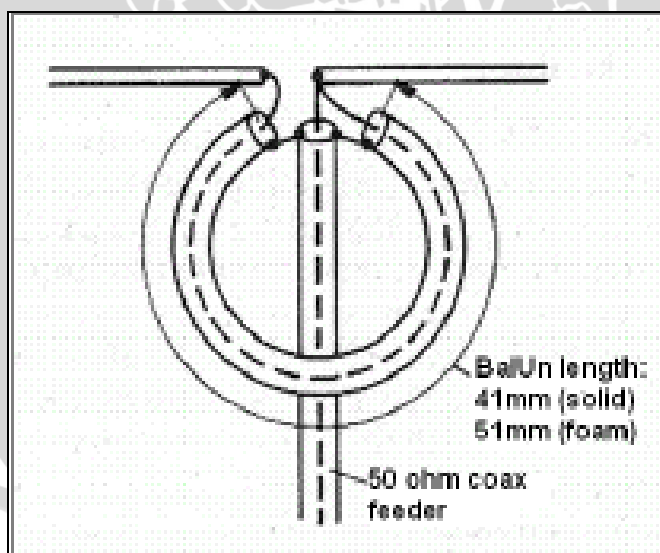
Langkah selanjutnya adalah pembuatan elemen peradiasinya. Elemen peradiasi pada antena ini dibentuk dari kawat tembaga dengan diameter 2 mm. Kawat peradiasi dibengkokkan sesuai dengan panjang dimensi yang telah ditentukan dalam perancangan

dengan menggunakan tang. Dalam prosesnya harus berhati-hati agar kawat tidak patah atau miring.

Kawat peradiasi yang sudah terbentuk kemudian dipasang pada penyangga dan reflektor. Kabel koaksial yang telah terpasang Balun dihubungkan dengan kawat peradiasi dengan menggunakan solder dan timah. Jarak antar kawat peradiasi ± 4 mm dan jangan terlalu berdekatan agar tidak terjadi hubung singkat. Dalam proses pemasangannya harus dipastikan sambungan-sambungan yang ada telah terpasang dengan kuat agar tidak mudah lepas.



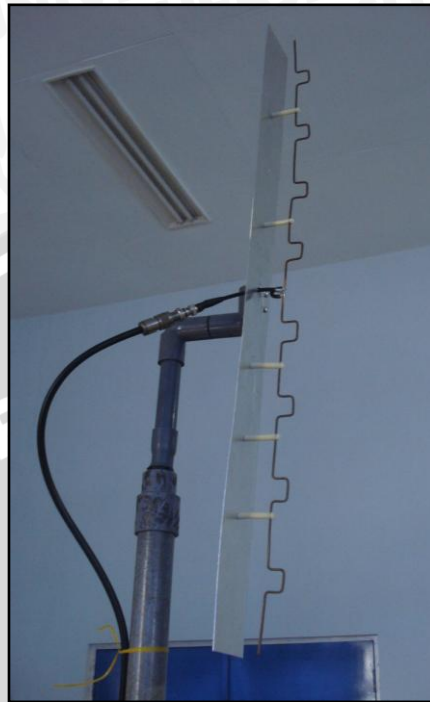
(a)



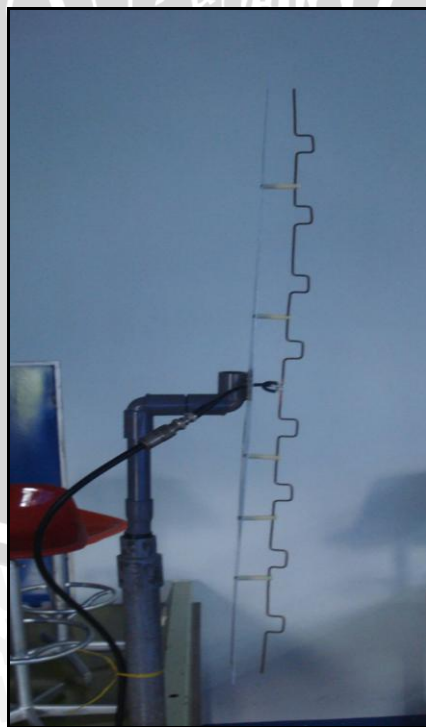
(b)

Gambar 4.14 (a) dan (b) Pemasangan Kabel Pencatu, Balun, dan Kawat Peradiasi
Sumber : Perancangan

Antena hasil fabrikasi ini selanjutnya akan diuji di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Malang. Antena hasil fabrikasi dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16.



Gambar 4.15 Antena Inverted Amos 9 Elemen Hasil Fabrikasi Tampak Depan
Sumber : Perancangan



Gambar 4.16 Antena Inverted Amos 9 Elemen Hasil Fabrikasi Tampak Samping
Sumber : Perancangan

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN

ANTENA *INVERTED* AMOS 2,4 GHz

5.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan diuraikan prosedur pengukuran parameter-parameter antenna, hasil pengukuran yang diperoleh, serta analisisnya. Dengan demikian dapat diketahui bagaimana karakteristik dan performansi dari antenna *Inverted* Amos 2,4 GHz. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data-data parameter antenna yang telah dirancang dan dibuat. Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan meliputi :

- Pengukuran *return loss*
- Perhitungan VSWR
- Perhitungan koefisien pantul
- Pengukuran *gain* antenna
- Pengukuran pola radiasi
- Pengukuran polarisasi
- Perhitungan *bandwidth*
- Perhitungan *directivity*

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Politeknik Negeri Malang.

5.2 Pengukuran *Return Loss*, Perhitungan VSWR dan Koefisien Pantul

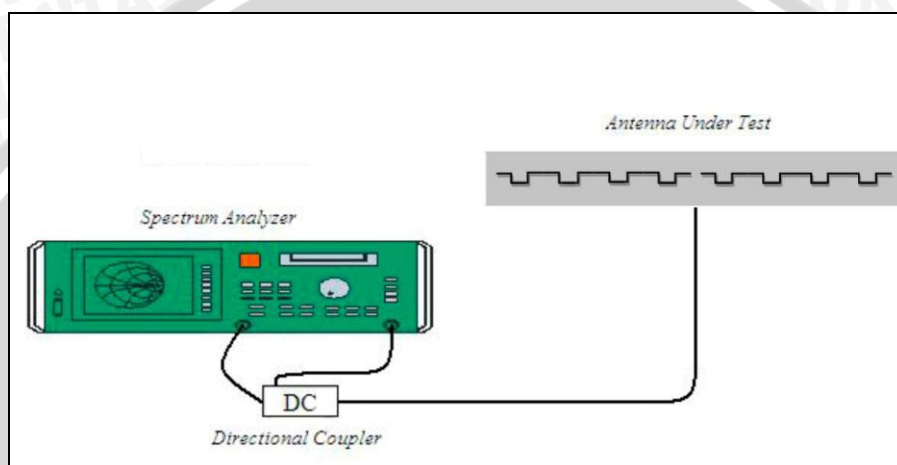
Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk dapat mengetahui nilai *return loss* antenna hasil pembuatan.

5.2.1 Alat-Alat Yang Digunakan

- GW Instek Spectrum Analyzer 2,7 GHz.
- Directional coupler
- Antena uji (antena *Inverted* Amos)
- Kabel koaksial RG-58A/U
- Kabel *adapter* N to BNC

5.2.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *spectrum analyzer* yang telah tersambung dengan *directional coupler* dan mengaturnya sesuai kebutuhan pengukuran.
2. Menghubungkan kabel koaksial RG-58A/U dengan alat ukur *spectrum analyzer*.
3. Mengkalibrasi alat ukur *spectrum analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-58A/U.
4. Menghubungkan ujung lain kabel koaksial RG-58A/U dengan antenna uji sehingga terbentuk rangkaian seperti pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengukuran *Return Loss*
Sumber : Pengukuran

5. Mengatur alat ukur *spectrum analyzer* pada range frekuensi 1800 MHz – 2700 MHz.
6. Mencatat nilai *return loss* yang ditunjukkan oleh alat ukur *spectrum analyzer* pada range frekuensi 2350 MHz - 2500 MHz dengan *step* kenaikan setiap 10 MHz.

5.2.3 Hasil Pengukuran

Dengan menggunakan persamaan (2-29) dan (2-25), dapat dihitung besarnya koefisien pantul dan VSWR untuk setiap frekuensi yang didapat dari hasil pengukuran *return loss*.

Dengan cara perhitungan yang sama untuk setiap frekuensinya, data hasil pengukuran *return loss*, VSWR dan koefisien pantul antenna *Inverted* Amos dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran *Return Loss*, Perhitungan VSWR dan Koefisien Pantul Antena *Inverted* Amos

No.	Frekuensi (MHz)	<i>Return Loss</i> (dB)	Koefisien Pantul	VSWR
1	2350	-9,8571	0,3213	1,9468
2	2360	-9,8857	0,3202	1,9420
3	2370	-9,9142	0,3193	1,9381
4	2380	-9,9428	0,3183	1,9338
5	2390	-9,9714	0,3172	1,9291
6	2400	-10,0000	0,3333	1,9998
7	2410	-10,0285	0,3152	1,9205
8	2420	-10,0571	0,3141	1,9158
9	2430	-10,0857	0,3131	1,9116
10	2440	-10,1142	0,3121	1,9073
11	2450	-10,2000	0,3090	1,8943
12	2460	-10,4800	0,2992	1,8538
13	2470	-10,7600	0,2897	1,8157
14	2480	-11,6000	0,2630	1,7137
15	2490	-11,8800	0,2546	1,6831
16	2500	-10,7600	0,2897	1,8157
17	2550	-9,9714	0,3172	1,9291

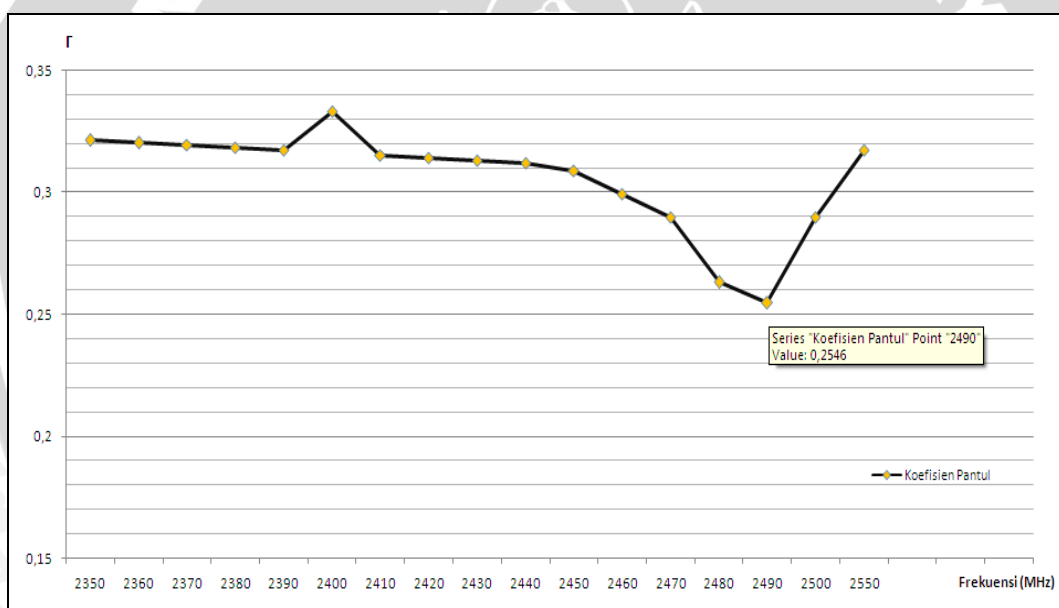
Sumber: Pengukuran

Selanjutnya dari data hasil pengukuran *return loss*, koefisien pantul dan VSWR dapat dibuat grafik fungsi terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada gambar 5.2 berikut.



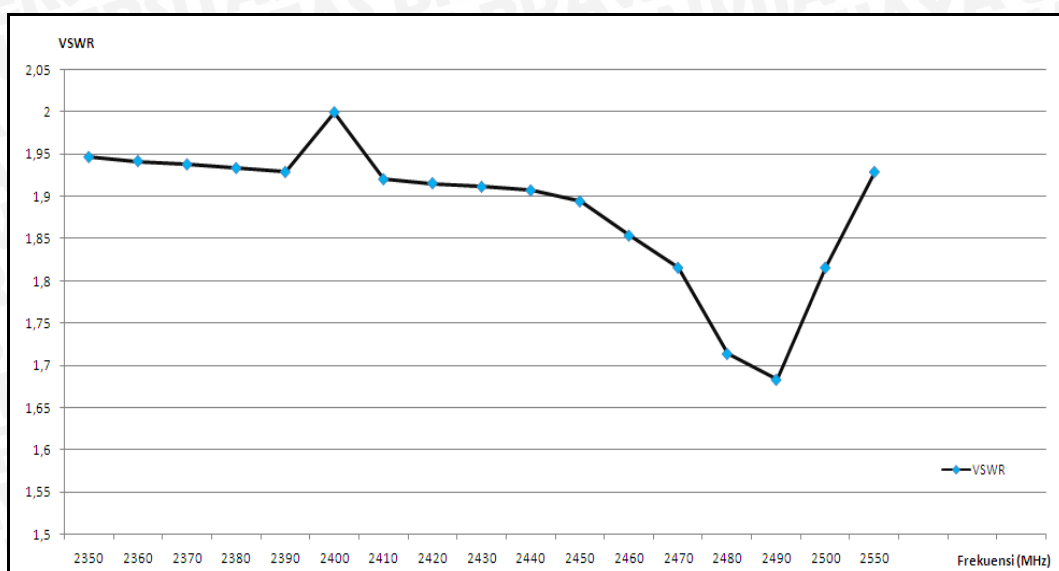
Gambar 5.2 Grafik Fungsi *Return Loss* Terhadap Frekuensi
Sumber : Hasil Pengukuran

Grafik fungsi koefisien pantul terhadap frekuensi dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Fungsi Koefisien Pantul Terhadap Frekuensi
Sumber: Pengukuran

Sedangkan untuk grafik fungsi VSWR terhadap frekuensi dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Grafik Fungsi VSWR Terhadap Frekuensi
Sumber: Pengukuran

5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna *Inverted Amos* ini memiliki nilai *return loss* yang masih memenuhi parameter kerja antenna yang dianggap baik. Pada frekuensi 2400 MHz antenna memiliki nilai *return loss* sebesar -10 dB, koefisien pantul sebesar 0,3333, dan nilai VSWR sebesar 1,9998. Sedangkan pada frekuensi 2500 MHz antenna memiliki nilai *return loss* sebesar 10,7600 dB, koefisien pantul sebesar 0,2897, dan nilai VSWR sebesar 1,8157. Hal ini berarti antenna dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan.

5.3 Pengukuran Gain Antena

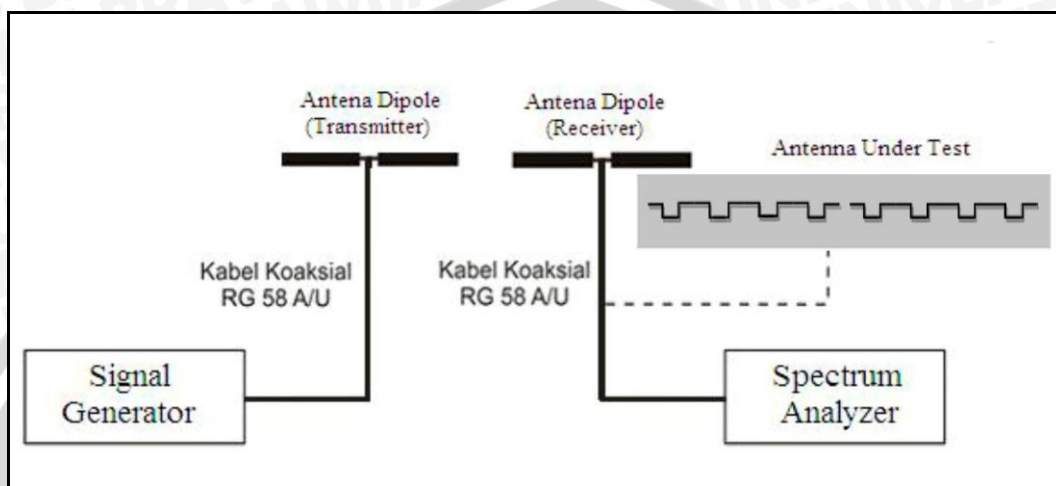
Dalam pengukuran ini digunakan antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai antenna pemancar. Antena ini digunakan sebagai antenna standar dengan nilai penguatan sudah diketahui sebelumnya. *Gain* antenna ini kemudian dibandingkan dengan *gain* antenna yang diukur (antenna *inverted Amos*). Tujuan dari pengukuran *gain* antenna adalah untuk mengetahui besar penguatan antenna uji dibandingkan dengan penguatan antenna referensi yang digunakan.

5.3.1 Alat-Alat Yang Digunakan

- Aeroflex IFR 3413 Signal Generator 250 kHz – 3 GHz.
- GW Instek Spectrum Analyzer 2,7 GHz.

- Dua buah antenna standar *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$.
- Antena uji (antena *Inverted Amos*).
- Kabel *adaprtter* N to BNC.
- Dua tiang penyangga.

5.3.2 Prosedur Pengukuran



Gambar 5.5 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena

Sumber : Pengukuran

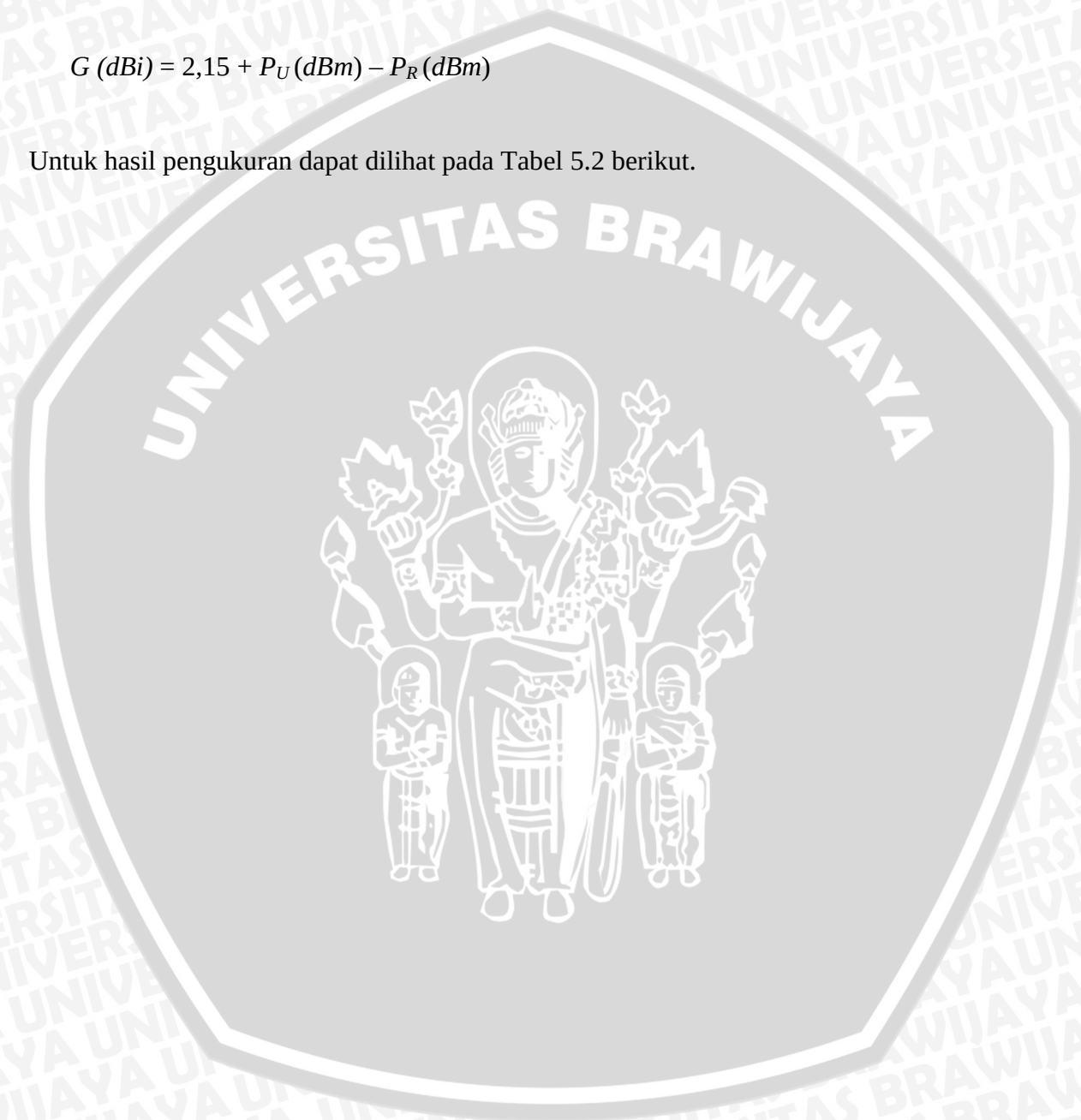
1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.5
2. Satu antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ dipasang sebagai antenna pemancar dan satu antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ dipasang sebagai antenna referensi pada sisi penerima. Kedua antenna ini harus dipasang sejajar.
3. *Signal generator* diatur pada frekuensi awal 2400 MHz dan catat daya antenna yang terukur pada *spectrum analyzer*.
4. Naikkan frekuensi pada *signal generator* dengan *step* kenaikan sebesar 5 MHz dan catat hasilnya pada tiap perubahan frekuensi hingga frekuensi 2545 MHz.
5. Antena *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ pada penerima (referensi) diganti dengan antenna uji (antena *Inverted Amos*) hasil perancangan.
6. Mengulangi langkah 4 dan 5.

5.3.3 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* antenna ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya yang diterima antenna referensi (P_{Ref}), daya antenna yang diuji (P_{AUT}), dan *gain* antenna yang diuji (G_{AUT}). Nilai Gain antenna (G_{AUT}) yang diuji diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan (2-18):

$$G \text{ (dBi)} = 2,15 + P_U \text{ (dBm)} - P_R \text{ (dBm)}$$

Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.



Tabel 5.2 Hasil Pengukuran
Gain Antena Inverted Amos

No.	Frekuensi (MHz)	P _{Ref} (dBm)	P _{AUT} (dBm)	Gain (dBi)
1	2400	-58,1	-52,5	7,75
2	2405	-58,5	-51,2	9,45
3	2410	-59,1	-53,5	7,75
4	2415	-60,1	-54,1	8,15
5	2420	-61,6	-53,8	9,95
6	2425	-58,5	-52,6	8,05
7	2430	-61,7	-52,6	11,25
8	2435	-60,9	-53,7	9,36
9	2440	-63,5	-56,1	9,55
10	2445	-65,7	-59,3	8,55
11	2450	-60,4	-57,0	5,55
12	2455	-61,3	-57,8	5,65
13	2460	-69,4	-56,5	15,05
14	2465	-69,9	-58,8	13,25
15	2470	-70,5	-58,1	14,55
16	2475	-66,5	-58,0	10,65
17	2480	-66,8	-55,5	13,45
18	2485	-66,6	-55,5	13,25
19	2490	-68,2	-56,9	13,45
20	2495	-66,4	-54,9	13,65
21	2500	-65,2	-54,9	12,45
22	2505	-64,2	-54,4	11,95
23	2510	63,0	-55,5	9,65
24	2515	59,7	-58,8	3,05
25	2520	58,3	-59,2	1,25
26	2525	57,6	-58,1	1,65
27	2530	56,3	-55,7	2,75
28	2535	56,7	-56,3	2,55
29	2540	59,1	-55,8	5,45
30	2545	62,3	-55,9	8,55

Sumber: Pengukuran

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran ini digunakan antenna referensi adalah antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ isotropis dengan nilai *gain* standar 2,15 dBi.

Pada frekuensi perancangan antenna yaitu 2400 MHz - 2500 MHz antenna memiliki nilai *gain* yang mendekati nilai hasil simulasi. Nilai ini juga telah memenuhi persyaratan yang diinginkan pada *gain* antenna yang umumnya lebih besar dari 3 dBi. Nilai *gain* paling besar yaitu 15,05 dBi didapatkan pada frekuensi sekitar frekuensi tengah yaitu frekuensi 2460 MHz. Terlihat pula pada frekuensi diatas 2500 MHz nilai *gain* semakin menurun hingga dibawah 3 dBi, menandakan antenna semakin tidak efektif bekerja diatas frekuensi tersebut.

5.4 Pengujian Polarisasi

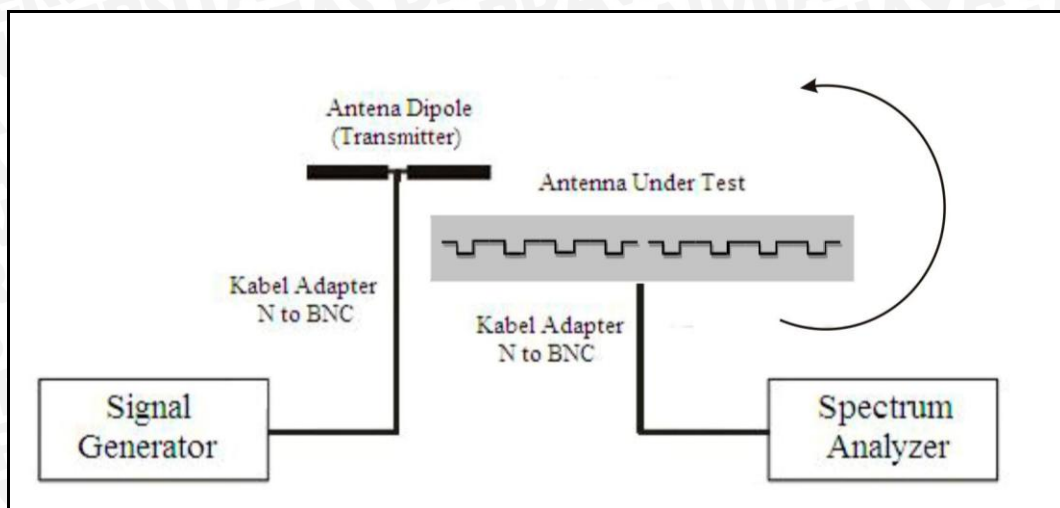
Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola perambatan medan listrik dari antenna yang dibuat. Antenna yang diukur diberlakukan sebagai antenna penerima dan antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai antenna pemancarnya. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antenna penerima (antenna yang diuji) dengan interval sudut tertentu terhadap bidang vertikal sampai 360^0 .

5.4.1 Alat-Alat Yang Digunakan

- *Aeroflex IFR 3413 Signal Generator* 250 kHz – 3 GHz.
- *GW Instek Spectrum Analyzer* 2,7 GHz.
- Satu buah antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai *transmitter*.
- Antenna uji (antenna *Inverted Amos*)
- Kabel *adapter* N to BNC
- Dua buah tiang penyangga dengan penanda sudut putar tiap 10^0

5.4.2 Prosedur pengukuran

1. Memasang antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel *adapter* N to BNC, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena
Sumber: Pengukuran

2. Memasang antenna uji (antenna *Inverted Amos*) sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel *adapter N to BNC*, seperti ditunjukkan pada gambar 5.6.
3. Memposisikan antenna pemancar sejajar dengan antenna uji, kemudian mengatur *signal generator* pada frekuensi 2400MHz.
4. Memutar antenna uji pada sumbu horizontal antenna, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya diterima yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.

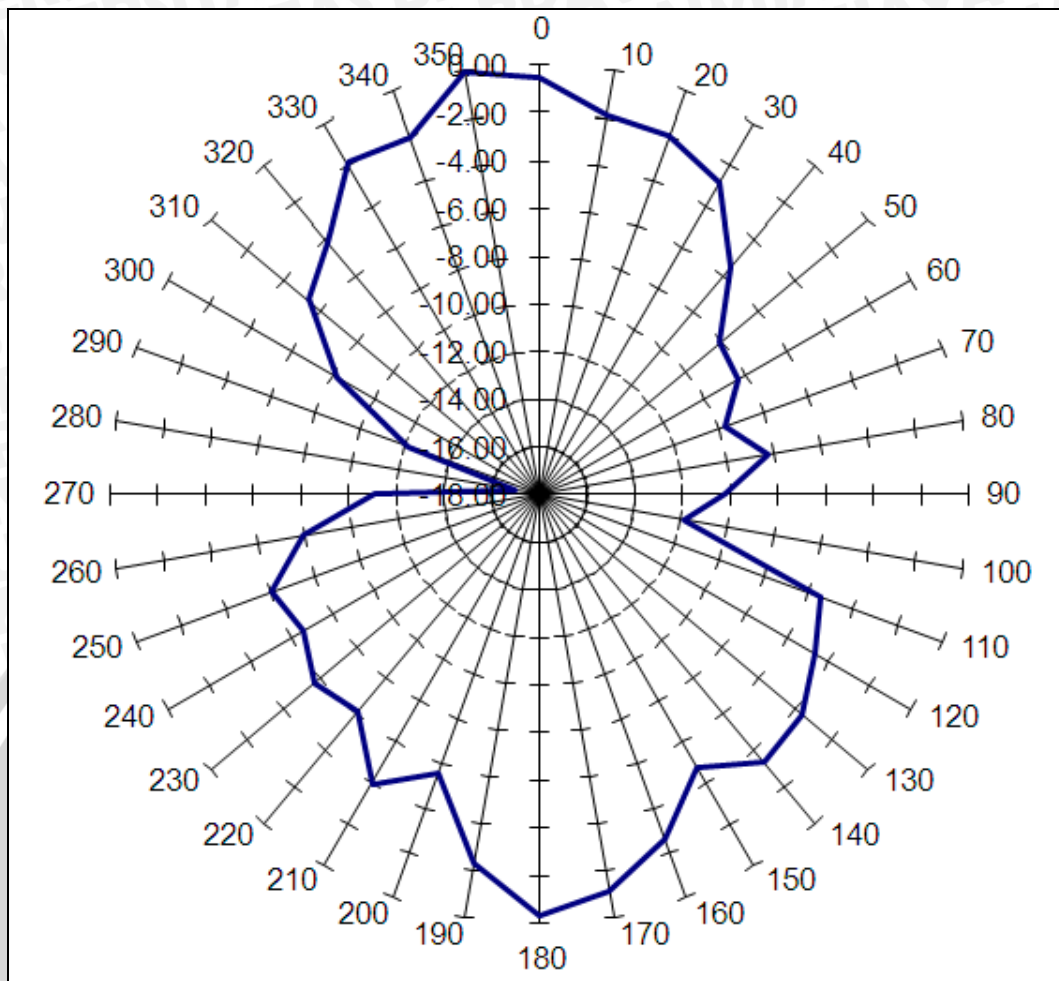
5.4.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antenna uji (antenna *Inverted Amos*) yang diputar 10° pada sumbu horizontal. Nilai normalisasi hasil pengukuran kemudian diubah ke dalam bentuk diagram polar. Data hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 2460 MHz terlihat dalam Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Polarisasi Antena pada Frekuensi 2460 MHz

No.	Sudut	Level terima (dBm)	Normalisasi
1	0°	-52.50	-0.50
2	10°	-53.80	-1.80
3	20°	-54.00	-2.00
4	30°	-54.90	-2.90
5	40°	-57.50	-5.50
6	50°	-60.10	-8.10
7	60°	-60.30	-8.30
8	70°	-61.70	-9.70
9	80°	-60.20	-8.20
10	90°	-62.20	-10.20
11	100°	-63.80	-11.80
12	110°	-57.40	-5.40
13	120°	-56.60	-4.60
14	130°	-55.60	-3.60
15	140°	-55.30	-3.30
16	150°	-56.70	-4.70
17	160°	-54.60	-2.60
18	170°	-53.10	-1.10
19	180°	-52.30	-0.30
20	190°	-54.30	-2.30
21	200°	-57.50	-5.50
22	210°	-55.90	-3.90
23	220°	-58.10	-6.10
24	230°	-57.70	-5.70
25	240°	-58.50	-6.50
26	250°	-58.00	-6.00
27	260°	-59.90	-7.90
28	270°	-63.10	-11.10
29	280°	-69.00	-17.00
30	290°	-64.10	-12.10
31	300°	-60.20	-8.20
32	310°	-57.30	-5.30
33	320°	-56.20	-4.20
34	330°	-53.90	-1.90
35	340°	-54.10	-2.10
36	350°	-52.00	0.00
37	360°	-58.80	-6.80

Sumber: Pengukuran



Gambar 5.7 Diagram Polar Polarisasi Antena *Inverted* Amos
Sumber: Pengukuran

5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi Tabel 5.3, dengan mengubah data nilai daya yang telah dinormalisasi ke dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antenna. Bentuk polarisasi antenna yang diuji dapat dilihat dalam Gambar 5.7.

Berdasarkan Gambar 5.7 antenna ini dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi linier (vertikal).

5.5 Pengujian Pola Radiasi

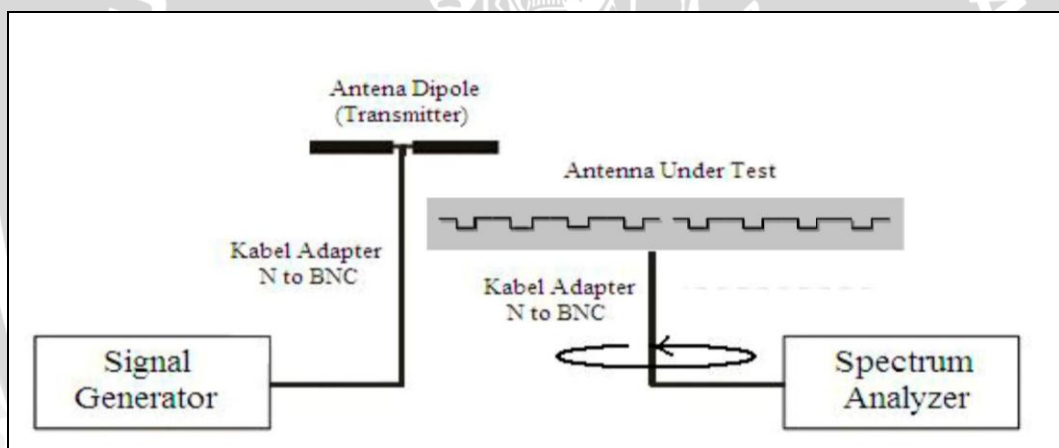
Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola radiasi antenna pada bidang vertikal maupun horizontal. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antenna penerima (antenna *inverted* Amos) mulai dari 0° sampai dengan 360° dengan antenna pemancar standar tetap pada posisinya.

5.5.1 Alat-Alat Yang Digunakan

- *Aeroflex IFR 3413 Signal Generator* 250 kHz – 3 GHz.
- *GW Instek Spectrum Analyzer* 2,7 GHz.
- Satu buah antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai *transmitter*.
- Antena uji (antena *Inverted Amos*).
- Kabel *adapter* N to BNC.
- Dua buah tiang penyangga dengan interval sudut putar tiap 10^0 .

5.5.2 Prosedur Pengukuran

1. Memasang antenna *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *signal generator* menggunakan kabel *adapter* N to BNC, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.8 berikut.

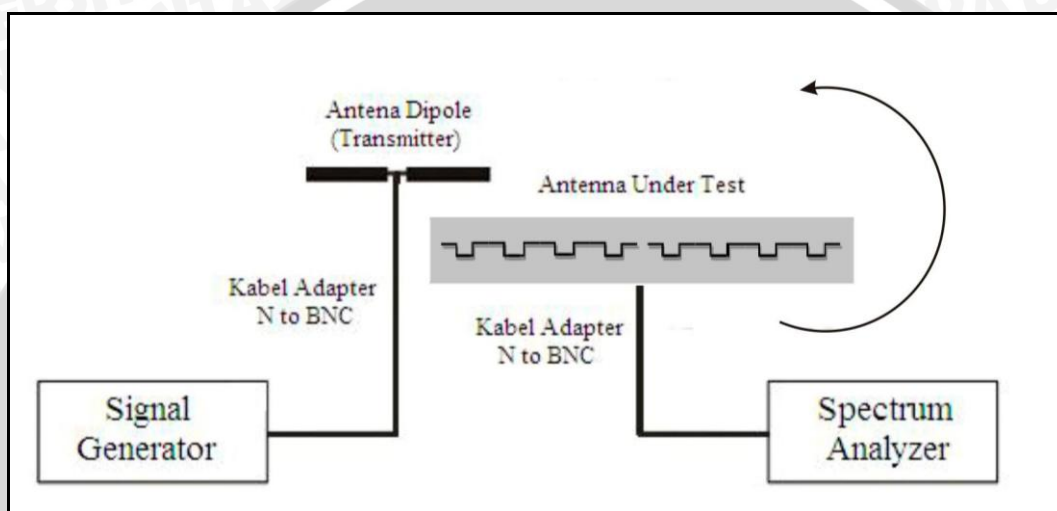


Gambar 5.8 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Vertikal Antena
Sumber: Pengukuran

2. Memasang antenna uji (antena *Inverted Amos*) secara horizontal sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel *adapter* N to BNC, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.8.
3. Mengatur *signal generator* pada frekuensi 2460 MHz.
4. Memutar antenna uji (antena *Inverted Amos*) dari 0^0 sampai 360^0 dengan interval 10^0 , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum*

analyzer pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi vertikal.

5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.
6. Memasang antenna uji dengan arah vertikal dan memutar antenna uji (antenna *Inverted Amos*) pada sumbu horizontal antenna dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran untuk mendapatkan nilai pola radiasi horizontal. Rangkaian sesuai dengan gambar 5.9.



Gambar 5.9 Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Horizontal Antena
Sumber: Pengukuran

7. Mengulangi langkah 4 dan 5.

5.5.3 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antenna uji. Pola radiasi yang diperoleh yaitu pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal. Data hasil pengukuran pola radiasi horizontal dan pola radiasi vertikal pada frekuensi 2460 MHz terlihat dalam Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Vertikal
Antena *Inverted* Amos pada frekuensi 2460 MHz.

No.	Sudut	Level Terima (dBm)	Normalisasi
1	0°	-57.40	0.00
2	10°	-58.30	-0.90
3	20°	-59.20	-1.80
4	30°	-68.00	-10.60
5	40°	-66.80	-9.40
6	50°	-72.00	-14.60
7	60°	-71.60	-14.20
8	70°	-75.00	-17.60
9	80°	-67.00	-9.60
10	90°	-63.30	-5.90
11	100°	-64.40	-7.00
12	110°	-66.80	-9.40
13	120°	-72.40	-15.00
14	130°	-72.40	-15.00
15	140°	-68.20	-10.80
16	150°	-67.90	-10.50
17	160°	-74.40	-17.00
18	170°	-73.00	-15.60
19	180°	-76.10	-18.70
20	190°	-74.40	-17.00
21	200°	-74.20	-16.80
22	210°	-73.50	-16.10
23	220°	-74.60	-17.20
24	230°	-73.00	-15.60
25	240°	-71.90	-14.50
26	250°	-67.20	-9.80
27	260°	-66.60	-9.20
28	270°	-65.20	-7.80
29	280°	-65.70	-8.30
30	290°	-72.50	-15.10
31	300°	-73.40	-16.00
32	310°	-70.70	-13.30
33	320°	-65.50	-8.10
34	330°	-63.00	-5.60
35	340°	-62.60	-5.20
36	350°	-58.60	-1.20
37	360°	-57.70	-0.30

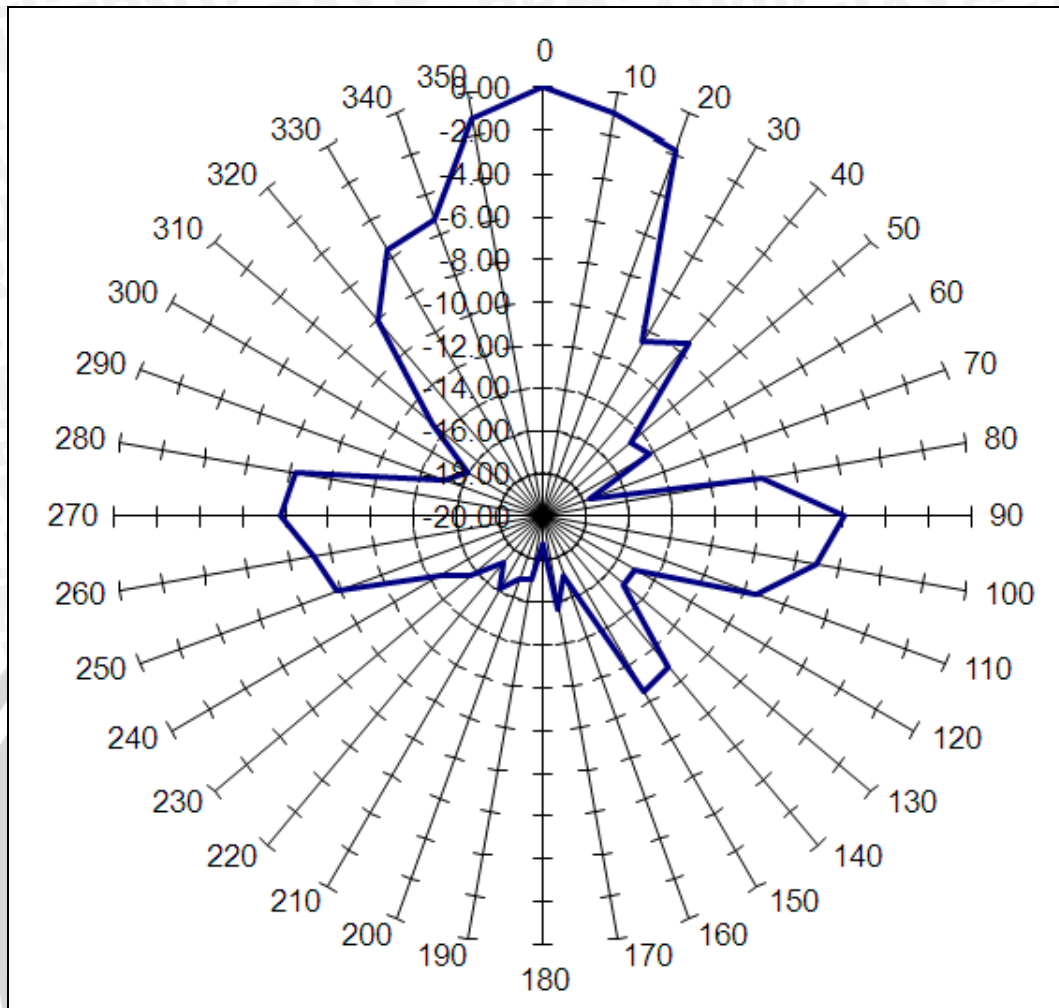
Sumber: Pengukuran

Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Horizontal
Inverted Amos pada frekuensi 2460 MHz.

No.	Sudut	Level terima (dBm)	Normalisasi
1	0°	-52.50	-0.50
2	10°	-53.80	-1.80
3	20°	-54.00	-2.00
4	30°	-54.90	-2.90
5	40°	-57.50	-5.50
6	50°	-60.10	-8.10
7	60°	-60.30	-8.30
8	70°	-61.70	-9.70
9	80°	-60.20	-8.20
10	90°	-62.20	-10.20
11	100°	-63.80	-11.80
12	110°	-57.40	-5.40
13	120°	-56.60	-4.60
14	130°	-55.60	-3.60
15	140°	-55.30	-3.30
16	150°	-56.70	-4.70
17	160°	-54.60	-2.60
18	170°	-53.10	-1.10
19	180°	-52.30	-0.30
20	190°	-54.30	-2.30
21	200°	-57.50	-5.50
22	210°	-55.90	-3.90
23	220°	-58.10	-6.10
24	230°	-57.70	-5.70
25	240°	-58.50	-6.50
26	250°	-58.00	-6.00
27	260°	-59.90	-7.90
28	270°	-63.10	-11.10
29	280°	-69.00	-17.00
30	290°	-64.10	-12.10
31	300°	-60.20	-8.20
32	310°	-57.30	-5.30
33	320°	-56.20	-4.20
34	330°	-53.90	-1.90
35	340°	-54.10	-2.10
36	350°	-52.00	0.00
37	360°	-58.80	-6.80

Sumber: Pengukuran

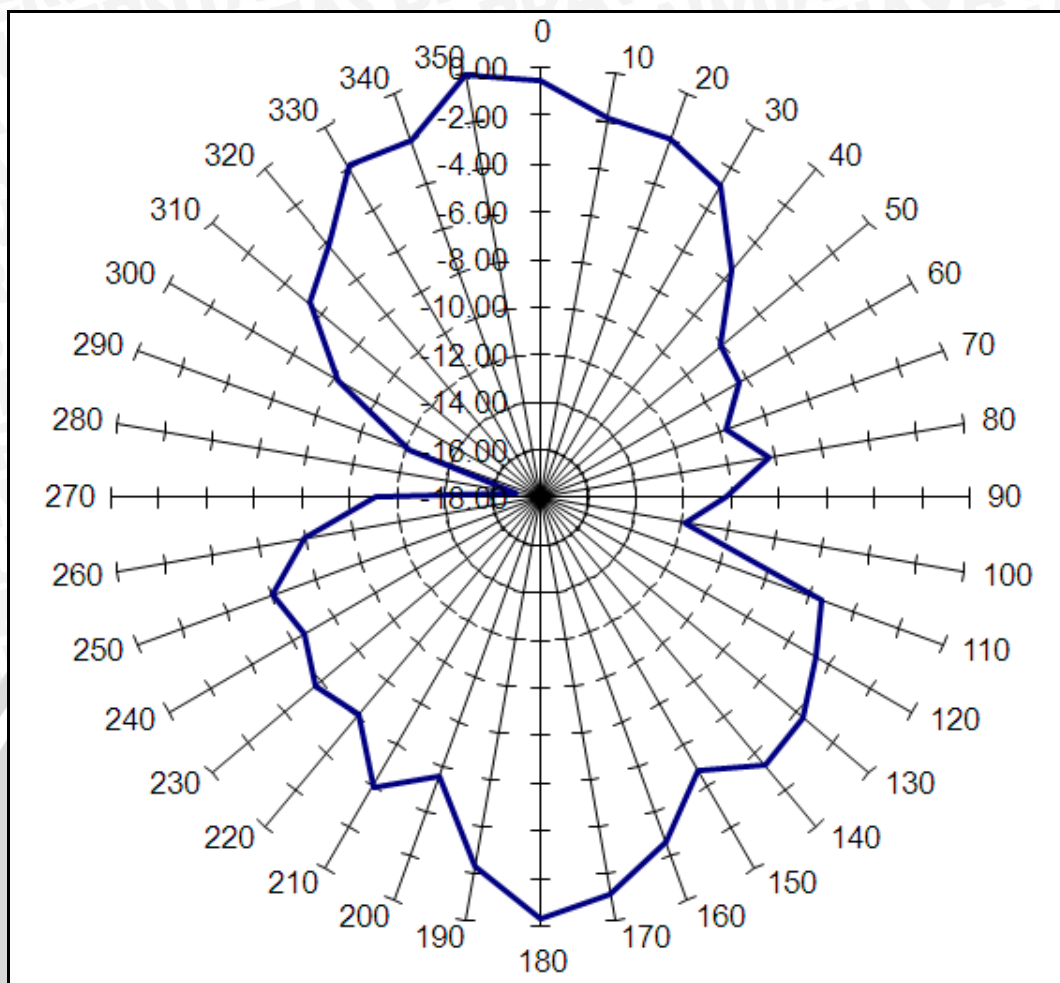
Pola radiasi vertikal antenna *Inverted* Amos pada frekuensi 2460 MHz dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Pola Radiasi Vertikal Antena *Inverted Amos*
pada Frekuensi 2460 MHz

Sumber : Pengukuran

Sedangkan untuk pola radiasi Horizontal dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Pola Radiasi Horizontal Antena *Inverted Amos* pada Frekuensi 2460 MHz
Sumber : Pengukuran

5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 dapat dilihat bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 untuk frekuensi 2460 MHz. Berdasarkan Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 tersebut dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan (antenna *inverted Amos*) adalah *unidirectional*, yaitu memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja.

Berdasarkan Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 juga diperoleh nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi vertikal untuk frekuensi 2460 MHz adalah 35° ($\theta_{HP} = 35^\circ$), dan nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi horizontal adalah 100° ($\phi_{HP} = 100^\circ$).

5.6 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

Untuk mengetahui nilai keterarahan (*directivity*) antenna yang diuji, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

5.6.1 Cara perhitungan

Directivity dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$D = \frac{4\pi_{(\text{steradian})}}{\theta \cdot \phi_{(\text{radian}^2)}}$$

$$1 \text{ steradian} = 1 \text{ radian}^2$$

$$= \left(\frac{180}{\pi} \right)^2 (\text{derajat}^2)$$

sehingga,

$$D \approx \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi} \right)^2 (\text{derajat}^2)}{\theta_{HP}^{\circ} \phi_{HP}^{\circ} (\text{derajat}^2)} \approx \frac{41000}{\theta_{HP}^{\circ} \phi_{HP}^{\circ}}$$

dengan :

D = *directivity*

θ = *half power beamwidth* pola radiasi vertikal (rad)

Φ = *half power beamwidth* pola radiasi horizontal (rad)

θ_{HP} = *half power beamwidth* pola radiasi vertikal (derajat)

ϕ_{HP} = *half power beamwidth* pola radiasi horizontal (derajat)

5.6.2 Hasil Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi vertikal untuk frekuensi 2460 MHz adalah 35° ($\theta_{HP} = 35^{\circ}$), dan nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi horizontal adalah 190° ($\phi_{HP} = 190^{\circ}$). Maka nilai *directivity* antenna *inverted* Amos hasil pembuatan adalah :

$$D = \frac{41000}{35^{\circ} \cdot 100^{\circ}}$$

$$= 11,71$$

$$D_{(dB)} = 10 \log 11,71 = 10,69 \text{ dB}$$

5.7 Perhitungan *Bandwidth*

Perhitungan *bandwidth* antenna yang diuji dilakukan dengan cara menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antenna uji. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antenna dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antenna dimana masih memiliki nilai $VSWR \leq 2$ (Warren L. Stutzman ; Gary A. Thile, 1981) dan $RL \leq -10$ dB (Punit, 2004 :19).

Berdasarkan data hasil pengukuran *return loss*, antenna ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 2400 MHz dan frekuensi tertinggi antenna ini adalah pada frekuensi 2500 MHz. Sehingga *bandwidth* antenna ini adalah:

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 2500 \text{ MHz} - 2400 \text{ MHz} = 100 \text{ MHz}$$

Bandwidth dalam persen dihitung dengan persamaan (2.17):

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% = \frac{2500 - 2400 \text{ MHz}}{2450 \text{ MHz}} \times 100\% = 4,08\%$$

Bandwidth antenna hasil pengukuran lebih kecil dari *bandwidth* hasil perancangan yang sebesar 190 MHz.

5.8 Analisis Parameter-Parameter Antena

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada parameter – parameter antenna yang meliputi pengukuran *return loss*, koefisien pantul, *VSWR*, *gain*, pola radiasi, polarisasi, *directivity* dan *bandwidth* antenna uji yang akhirnya didapatkan karakteristik antenna sebagai berikut:

Tabel 5.6 Karakteristik Antena *Inverted* Amos

Frekuensi kerja	2400 MHz – 2500MHz
<i>Return Loss minimum</i>	-11,88 dB pada frekuensi 2490 MHz
Koefisien pantul minimum	0,2546 pada frekuensi 2490 MHz
VSWR minimum	1,6831 pada frekuensi 2490 MHz
<i>Gain</i>	15,05 dBi pada frekuensi 2460 MHz
Pola radiasi	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	Linier (Vertikal)
<i>Bandwidth</i>	100 MHz
<i>Directivity</i>	10,69 dB

Hasil pengukuran Antena *Inverted* Amos menunjukkan bahwa antenna ini memenuhi kriteria minimal sebuah antenna, walaupun beberapa nilai parameternya tidak sebaik hasil perancangan awal. Tabel 5.6 menunjukkan nilai *return loss* minimum sebesar -11,88 dB pada frekuensi 2490 MHz. Dengan nilai *RL* minimum pada frekuensi 2490 MHz maka pada frekuensi tersebut didapatkan nilai koefisien pantul minimum sebesar 0,2546 yang menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal dari antenna diradiasikan.

VSWR minimum antenna sebesar 1,6831 memenuhi hasil perencanaan bahwa nilai $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$. Penguatan antenna ini yaitu 15,05 dBi pada frekuensi 2460 MHz, nilai gain berbeda-beda untuk setiap frekuensi. Pola radiasi antenna ini adalah *unidirectional* serta memiliki polarisasi linier (vertikal), berapapun frekuensi yang digunakan pada pengukuran, pola radiasi dan polarisasi akan tetap menunjukkan karakteristik yang sama. *Bandwidth* antenna pembuatan sebesar 100 MHz.

Dengan memperhatikan karakteristik antenna hasil fabrikasi, dapat dinyatakan bahwa antenna ini bisa digunakan untuk aplikasi *wireless* LAN 802.11 b/g 2400 MHz–2483,5 MHz karena nilai *return loss* dan VSWR yang sesuai dengan batas yang diijinkan yaitu $\text{VSWR} \leq 2$ (Warren L. Stutzman ; Gary A. Thile,1981) dan $\text{RL} \leq -10$ dB (Punit,2004 :19), nilai *gain* pun sesuai dengan persyaratan umum antenna yaitu di atas 3 dBi. Nilai *bandwidth* juga lebih besar dari *requirement bandwidth* antenna untuk aplikasi *wireless* LAN yang hanya sebesar 83,5 MHz. Dengan melihat parameter-parameter tersebut dapat dikatakan bahwa antenna *Inverted* Amos hasil fabrikasi ini dapat bekerja pada frekuensi *wireless* LAN 802.11 b/g. Dan dengan karakteristik gain yang besar,

antena ini dapat digunakan sebagai antenna pemancar jarak jauh yang cukup baik, nilai gain yang cukup besar ini didapatkan karena antenna ini mempunyai pola radiasi *unidirectional* dan *directivity* yang cukup baik.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil dari simulasi dan optimasi perancangan antenna *Inverted* Amos, dihasilkan parameter sebagai berikut:
 - a. Pada rentang frekuensi 2360 MHz – 2550 MHz nilai *VSWR* antenna *Inverted* Amos hasil pembuatan ≤ 2 dan nilai *Return Loss* minimum sebesar -31,83 dB. Nilai *VSWR* dan *Return Loss* antenna ini memenuhi syarat batas yang diijinkan yaitu $VSWR \leq 2$ dan $RL \leq -10$ dB.
 - b. *Gain* maksimal pada antenna *Inverted* Amos hasil pembuatan pada frekuensi 2460 MHz yaitu sebesar 14,323dBi. Nilai *gain* antenna ini memenuhi syarat batas yang diijinkan yaitu *gain* > 3 dBi.
 - c. *Bandwidth* sebesar 190 MHz.
2. Adapun karakteristik antenna yang dihasilkan oleh antenna *Inverted* Amos hasil perancangan adalah :
 - a. Frekuensi kerja antenna adalah 2,4 GHz – 2,5 GHz.
 - b. Pada frekuensi kerja 2,49 GHz, antenna memiliki nilai *return loss* minimum sebesar -11,88 dB dan pada frekuensi tengah memiliki nilai *return loss* sebesar -10,2 dB. Hal ini berarti antenna dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas yang diijinkan yakni ≤ -10 dB, sehingga masih memenuhi standar yang ada.
 - c. Pada frekuensi kerja 2,4 GHz antenna memiliki nilai *VSWR* sebesar 1,998 dan 1,8943 pada frekuensi tengah. Hal ini berarti antenna ini dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 < VSWR \leq 2$.
 - d. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, diketahui besarnya nilai koefisien pantul antenna *inverted* Amos hasil rancangan berbeda-beda pada setiap perubahan frekuensinya. Untuk frekuensi kerja 2,4 GHz, antenna *inverted* Amos memiliki nilai koefisien pantul sebesar 0,333.

Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal dari antenna dapat tersalurkan.

- e. Antena hasil rancangan memiliki nilai *gain* sebesar 15,05 dBi. Hal ini mendekati nilai yang didapat pada perancangan yaitu nilai *gain* berkisar 14,323 dBi.
 - f. Besarnya *bandwidth* antenna *Inverted* Amos hasil perancangan adalah 100 MHz. Sedangkan untuk aplikasi WLAN hanya membutuhkan *bandwidth* sebesar 83,5 MHz.
 - g. Hasil perhitungan *directivity* menunjukkan antenna *inverted* Amos hasil perancangan ini memiliki nilai *directivity* sebesar 10,69 dB.
 - h. Pada pengukuran pola radiasi, untuk bidang horizontal maupun vertikal yang digambarkan pada diagram polar menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi antenna *Inverted* Amos hasil rancangan adalah *unidirectional*. Sedangkan untuk pengukuran polarisasi yang digambarkan pada diagram polar menunjukkan bahwa antenna *Inverted* Amos hasil rancangan memiliki bentuk polarisasi linier (vertikal). Dengan karakteristik *gain* yang besar, antenna ini dapat digunakan sebagai antenna pemancar *outdoor* jarak jauh.
3. Dari seluruh karakteristik yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa antenna *Inverted* Amos hasil perancangan ini dapat digunakan untuk aplikasi *wireless LAN*. Antena ini juga memiliki nilai *gain* yang lebih besar daripada antenna Amos yang sudah ada sebelumnya yang hanya memiliki *gain* sebesar 12 dBi. Namun jika diperhatikan masih terdapat beberapa parameter antenna yang tidak sama antara hasil pembuatan dengan perancangan. Hal ini disebabkan karena adanya kekurangan prosedur pada saat pembuatan dan pengukuran. Oleh sebab itu diperlukannya adanya koreksi lebih lanjut.

6.2 Saran

Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk pembuatan antenna *Inverted* Amos ini dikemudian hari, yakni :

- a. Perlu adanya sebuah pengkajian bentuk antenna *Inverted* Amos yang lain, baik itu dari tata letak maupun dalam bentuk elemennya. Selain itu untuk perancangan antenna *Inverted* Amos dapat juga menggunakan bahan lain dengan nilai konstanta dielektrik yang berbeda.

- b. Pada pembuatan antenna *Inverted Amos*, untuk proses pemasangan konektor pada antenna juga memerlukan ketepatan. Karena konektor yang terpasang pada antenna juga akan mempengaruhi pada daya yang dicatukan pada saluran transmisi antenna.
- c. Ketelitian dalam proses pembuatan dan pengukuran antenna tersebut, sehingga ketepatan hasil pengukuran antenna dapat diperoleh sesuai dengan perancangan. Oleh sebab itu diperlukan adanya alat ukur yang lebih teliti agar dimensi yang diinginkan dapat terpenuhi dan antenna yang dihasilkan dapat bekerja secara maksimal.
- d. Dalam melakukan pengukuran, untuk ketepatan dan ketelitian hasil pengukuran disarankan agar pengukuran dilakukan di tempat yang bebas dari benda-benda yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Sehingga diperlukan ruangan khusus untuk pengukuran dan pengujian antenna.



DAFTAR PUSTAKA

- Ansoft. *High Frequency Structure Simulator-User's Guide*. Pittsburgh : Ansoft Corporation.
- Anttalainen, Tarmo. 2003. *Intriduction to Telecommuncations Network Engineering*. Artech House, Inc. London.
- Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Franklin, C. S., 1924. Brit Patent No 242342-1924.
- Hund, Edgar. 1989. *Microwave Communications*. McGraw-Hill International, New York.
- Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. McGraw-Hill International, New York.
- Polivka, M., A. Holub. 2007. *Collinear and Coparallel Principles in Antenna Design*. Czech Technical University in Prague. Czech Republic.
- Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. *Antena Theory and Design*. John Willey and Son, Inc. New York.
- Volakis, John L. 2007. *Antena Engineering Handbook, 4th Edition*. McGraw-Hill International, New York.
- Calderon, Jose I. 2007. *Development of Collinear Antenna, Matching and Feeding Techniques*. www.para.org. Diakses tanggal 22 Juli 2010 pukul 12.00.
- Dobricic, Dragoslav. 2007. *AMOS: Antenna with Semicircular Radiation Diagram for 2,4 GHz*. www.qsl.net. Diakses tanggal 11 Maret 2010 pukul 13.31 WIB.
- Wikipedia. *IEEE 802.11*. 2007. en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11. Diakses tanggal 20 Juli 2010 pukul 08.10 WIB.

LAMPIRAN



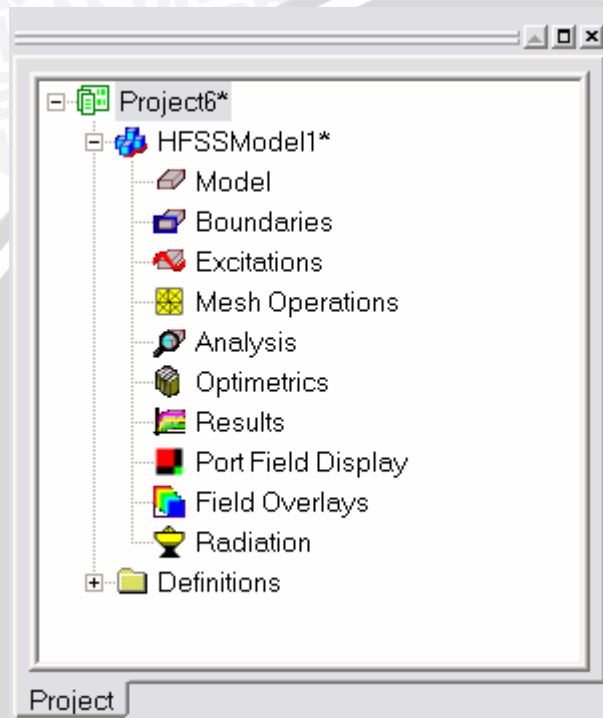
Lampiran 1. Langkah-Langkah Simulasi

Langkah-Langkah Simulasi Dengan Menggunakan *Software* Ansoft HFSS .9.2

➤ Buka New Project

➤ Untuk membuka New Project

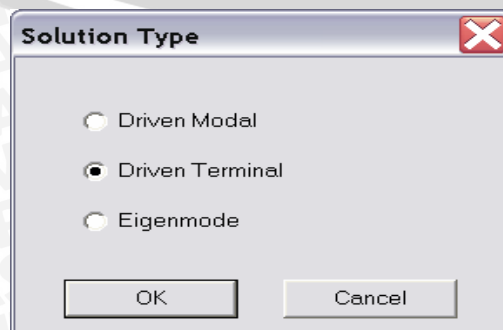
1. Pada Jendela Ansoft HFSS, klik  pada toolbar, atau pilih menu **File > New**
2. Dari menu **Project**, pilih **Insert HFSS Design**



+ Mengatur Solution Type

+ Untuk Mengatur solution type:

1. Pilih menu **HFSS > Solution Type**
2. Pada Tampilan Solution Type
 - Pilih **Driven Terminal**
 - Klik tombol **OK**

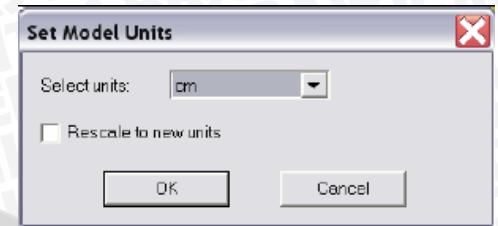


✚ Menggambar Model 3D

✚ Mengatur Model Units

✚ Untuk Mengatur Unit

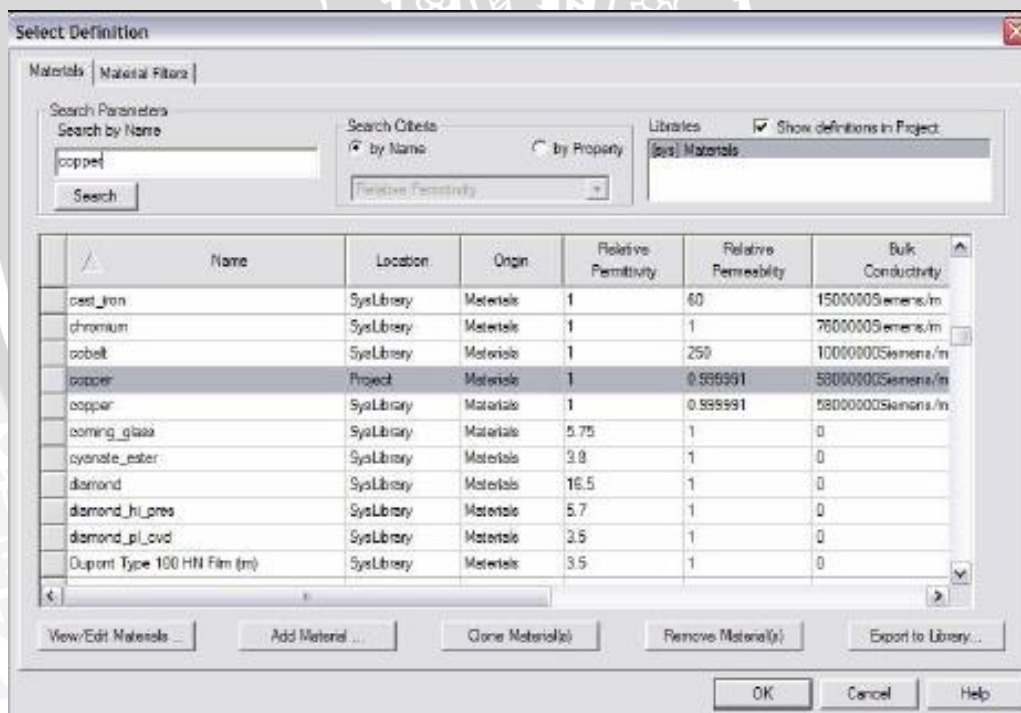
1. Pilih menu item **3D Modeler > Units**
2. Atur Model Unit:
 1. Select Units: **mm**
 2. Click the **OK** button



✚ Memilih Material

✚ Untuk memilih material:

1. Gunakan toolbar 3D Modeler Materials toolbar, pilih **Select**
2. Pada layar Select Definition:
 1. Ketik **Copper** pada kolom **Search by Name**
 2. Click the **OK** button



✚ Menggambar Elemen Peradiasi

✚ Untuk Menggambar Elemen Peradiasi

1. Pilih menu **Draw > Cylinder**
2. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan koordinat box

✚ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**

3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan ujung koordinat box

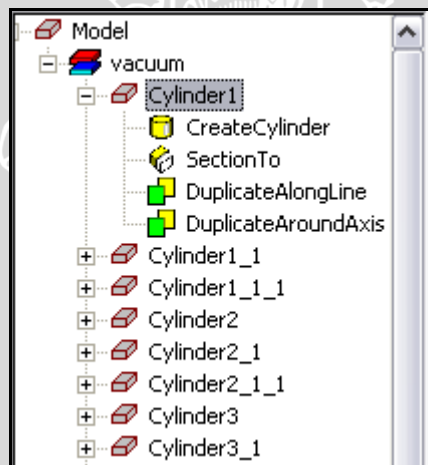
✚ dX: 0.0, dY: 1, dZ: 60 tekan tombol **enter**

✚ **Memperbanyak Jumlah Silinder (Elemen Peradiasi):**

1. Klik silinder yang akan diperbanyak, tekan **Ctrl+C**
2. Tekan **Ctrl+V**

✚ **Mengubah Dimensi Silinder (Elemen Peradiasi):**

1. Klik silinder yang diinginkan
2. Klik tanda (+) pada model pohon seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah
3. Klik 2 kali pada perintah **CreateCylinder**
4. Pada jendela **Properties** tersebut:
 - a. Baris **Radius** untuk mengubah dimensi jari-jari silinder
 - b. Baris **Height** untuk mengubah panjang silinder

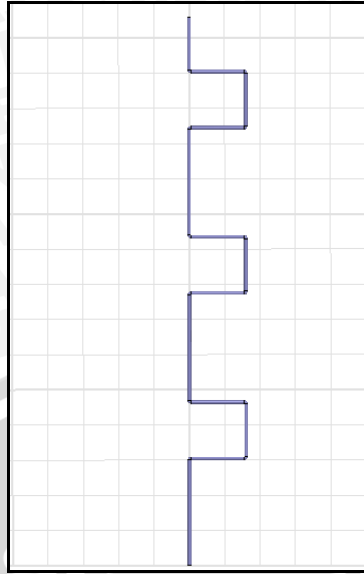


✚ **Memindahkan dan Membalik Posisi Silinder (Elemen Peradiasi):**

1. Klik silinder yang ingin dipindah, pilih **Move** pada **Toolbar**
2. Klik suatu titik pada silinder dan geser pada posisi yang diinginkan
3. Untuk membalikinya, blok silinder, pilih **Rotate** pada **Toolbar**
4. Pilih sumbu yang akan dijadikan poros dan sudut putarannya pada jendela yang muncul

✚ **Untuk Menampilkan Gambar Keseluruhan:**

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

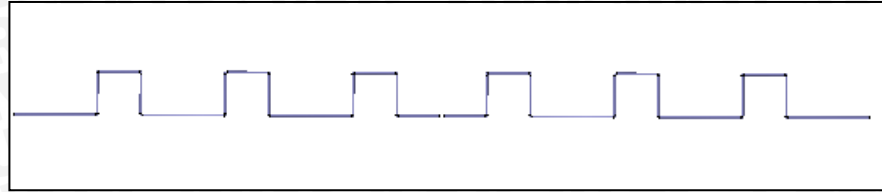


✚ Menggabungkan Silinder (Elemen Peradiasi):

1. Setelah seluruh silinder disusun sedemikian rupa sehingga semua silinder saling bersentuhan dan sesuai keinginan, tekan **Ctrl+A** untuk memilih semua silinder
2. Pilih **Unite** pada **Toolbar** untuk menggabungkan semua silinder menjadi satu kesatuan

✚ Membuat Dua Sayap Elemen Peradiasi:

1. Klik elemen yang telah digabungkan sebelumnya, tekan **Ctrl+C** lalu **Ctrl+V**
2. Klik elemen yang baru, pilih **Rotate** pada **Toolbar**
3. Pilih **Axis > Y** dan **Angle > 180deg**
4. Pilih **Move** pada **Toolbar**, klik pada pusat lingkaran alas salah satu silinder elemen peradiasi
5. Geser menuju pusat lingkaran alas silinder yang lainnya sehingga kedua sayap elemen peradiasi saling berimpitan
6. Pilih **Move** pada **Toolbar**, klik pada salah satu pusat lingkaran alas silinder yang saling berimpitan tersebut
7. Masukkan posisi koordinatnya pada kolom coordinate di bagian bawah layar untuk menciptakan celah diantara keduanya
 - dX: 0, dY: 0, dZ: -4 tekan tombol **enter**



✚ Menggambar Reflektor

✚ Untuk Menggambar Reflektor:

1. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
2. Klik pada pusat lingkaran alas silinder elemen peradiasi bawah, maka pusat sumbu (0, 0, 0) akan berpindah pada titik tersebut
3. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
✚ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
4. Gunakan kolom koordinat untuk memindahkan pusat sumbu ditengah celah
✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 2.0 tekan tombol **enter**
5. Pilih **Draw > Box**, masukkan koordinatnya
✚ X: 37.5, Y:-36, Z: -330 tekan tombol **enter**
6. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan dimensi reflektor
✚ dX: 75, dY: 1.0, dZ: 660 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Reflektor**
3. Tekan **enter**

✚ Menggambar Infinite Ground

✚ Untuk menggambar infinite ground:

1. Pilih menu **Draw > Rectangle**
2. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan posisi persegi
✚ X: 37.5, Y:-36, Z: -330 tekan tombol **enter**
3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan ujung koordinat persegi
✚ dX: 75, dY: 0.0, dZ: 660 tekan tombol **enter**

✚ Mengatur nama:

4. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
5. Pada kotak **Name** masukkan : **Inf_GND**
6. Klik **enter**

✚ Untuk menampilkan gambar keseluruhan

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**

Menentukan Perfect E Boundary pada Infinite Ground

Memilih Object :

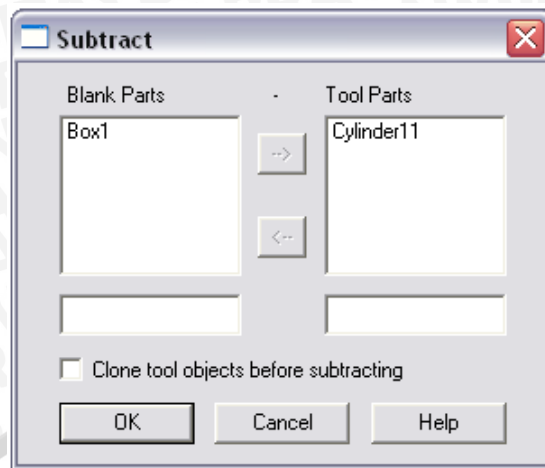
1. Pilih menu **Edit > Select > By Name**
2. Pilih nama: **Inf_GND**
3. Klik **OK**

Menentukan Perfect E boundary

1. Pilih menu **HFSS > Boundaries > Assign > Perfect E**
2. Jendela **Perfect E boundary**
 1. Name: **PerfE_Inf_GND**
 2. **Infinite Ground Plane:** ☒ **Checked**
 3. Klik **OK**

Melubangi Reflektor:

1. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
 -  X: 0.0, Y: -36, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
2. Ubah **Drawing Plane** pada **Toolbar** menjadi **XZ**
3. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
 -  X: 0.0, Y: 1.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder
 -  dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 2.5 tekan tombol **enter**
5. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
 -  dX: 0.0, dY: 3.0, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
6. Pilih **Edit > Select > By Name**, pilih **Reflektor** dan silinder yang baru dibuat
7. Pilih **Substract** pada **Toolbar**
8. Pada jendela **Substract, Blank Parts > Reflektor** dan **Toolparts > Cylinder**
9. Pilih **OK**



✚ Membuat Penyangga:

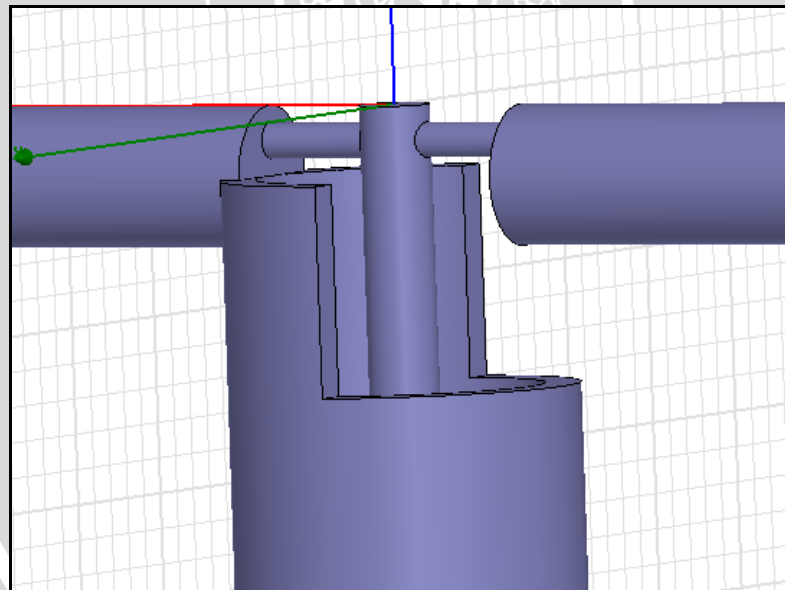
1. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
 ✚ X: 0.0, Y: -36, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
2. Ubah **Drawing Plane** pada **Toolbar** menjadi **XZ**
3. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
 ✚ X: 0.0, Y:0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder
 ✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 2.5 tekan tombol **enter**
5. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
 ✚ dX: 0.0, dY: 33, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
6. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
 ✚ X: 0.0, Y:0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
7. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder
 ✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 2.0 tekan tombol **enter**
8. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
 dX: 0.0, dY: 33, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
9. Pilih kedua silinder yang telah dibuat, pilih **Subtract** pada **Toolbar**
10. Pada jendela **Subtract**, **Blank Parts > silinder besar** dan **Toolparts > silinder kecil**
11. Pilih **OK**
12. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
 ✚ X: 0.0, Y: 33, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
13. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
 ✚ X: 0.0, Y:0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
14. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder

- ✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 2.5 tekan tombol **enter**
- 15. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
 - ✚ dX: 0.0, dY: 5.0, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
- 16. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
 - ✚ X: 0.0, Y:0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- 17. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder
 - ✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 2.0 tekan tombol **enter**
- 18. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
 - ✚ dX: 0.0, dY: 5, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
- 19. Pilih kedua silinder yang telah dibuat, pilih **Subtract** pada **Toolbar**
- 20. Pada jendela **Subtract, Blank Parts > silinder besar** dan **Toolparts > silinder kecil**
- 21. Pilih **OK**
- 22. Klik pada silinder yang baru dibuat, pilih **Split** pada **Toolbar**
- 23. Pada jendela **Split, Split Plane > XY** dan **Keep Fragment > Positive Side**
- 24. Pilih **OK**
- 25. Pilih silinder penyangga yang baru dipotong dan penyangga panjang yang sebelumnya dibuat, pilih **Unite** pada **Toolbar**

✚ **Membentuk Pencatu:**

- 2. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
 - ✚ X: 0.0, Y: -33, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- 3. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
 - ✚ X: 0.0, Y:0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- 4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder
 - ✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 0.5 tekan tombol **enter**
- 5. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
 - ✚ dX: 0.0, dY: 37, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
- 6. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
 - ✚ X: 0.0, Y: 37, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- 7. Ubah **Drawing Plane** pada **Toolbar** menjadi **XY**
- 8. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
 - ✚ X: 0.0, Y:-0.5, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- 9. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder

- ✚ dX: 0.0, dY: 0.25, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
- 10. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
- ✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: -3.0 tekan tombol **enter**
- 11. Tahan tombol **Ctrl** dan klik pada silinder kecil yang baru dibuat, pencatu, dan elemen peradiasi yang bersentuhan dengan silinder kecil, pilih **Unite** pada **Toolbar**
- 12. Pilih **Draw > Cylinder**, masukkan koordinatnya titik pusatnya
- ✚ X: 0.0, Y:-0.5, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
- 13. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan jari-jari silinder
- ✚ dX: 0.0, dY: 0.25, dZ: 0.0 tekan tombol **enter**
- 14. Gunakan kolom koordinat untuk memasukan tinggi silinder
- ✚ dX: 0.0, dY: 0.0, dZ: 3.0 tekan tombol **enter**
- 15. Tahan tombol **Ctrl** dan klik pada silinder kecil yang baru dibuat, pencatu, penyangga dan elemen peradiasi yang bersentuhan dengan silinder kecil, pilih **Unite** pada **Toolbar**



✚ Menggambar Wave port

✚ Untuk menggambar circle yang memrepresentasikan port:

1. Pilih **3D Modeler > Coordinate System > Create > Relative CS**
- ✚ X: 0.0, Y: -37, Z: 0.0 tekan tombol **enter**
2. Ubah **Drawing Plane** pada **Toolbar** menjadi **XZ**
3. Pilih menu **Draw > Circle**
4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan posisi center circle

✚ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 0.0 tekan tombol **enter**

5. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan jari-jari lingkaran

✚ dX: 0.0, dY: 0.0 dZ: 2.5 tekan tombol **enter**

✚ **Mengatur Nama:**

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Port1**
3. Klik **enter**

✚ **Untuk Memilih Object:**

1. Pilih menu **Edit > Select > By Name**
2. Memilih Object:
 1. Pilih Object : **Port1**
 2. Klik **OK**

✚ **Menentukan Wave port**

1. Selecty menu **HFSS > Excitations > Assign > Wave Port**
2. Wave Port : General
 1. Name: **p1**
 2. Klik tombol **Next**
3. Wave Port : Terminals
 1. Number of Terminals: **1**,
 2. Untuk **T1**, klik the **Undefined** column and pilih **New Line**
 3. Gunakan kolom koordinate untuk memasukkan posisi vektor

✚ X: 0.0, Y: 0.0, Z: 2.5 tekan tombol **enter**
 4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan posisi vertex

✚ dX: -0.09, dY: 0.0, dZ: -2.0 tekan tombol **enter**
 5. Klik tombol **Next**
4. **Wave Port : Differential Pairs**
 1. Klik **Next**
5. **Wave Port: Post Processing**
 1. **Reference Impedance: 50**
6. Klik tombol **finish**

✚ **Menggambar Udara (Air)**

✚ **Untuk menggambar Udara**

1. Gunakan toolbar **3D Modeler Materials**, pilih **Air**

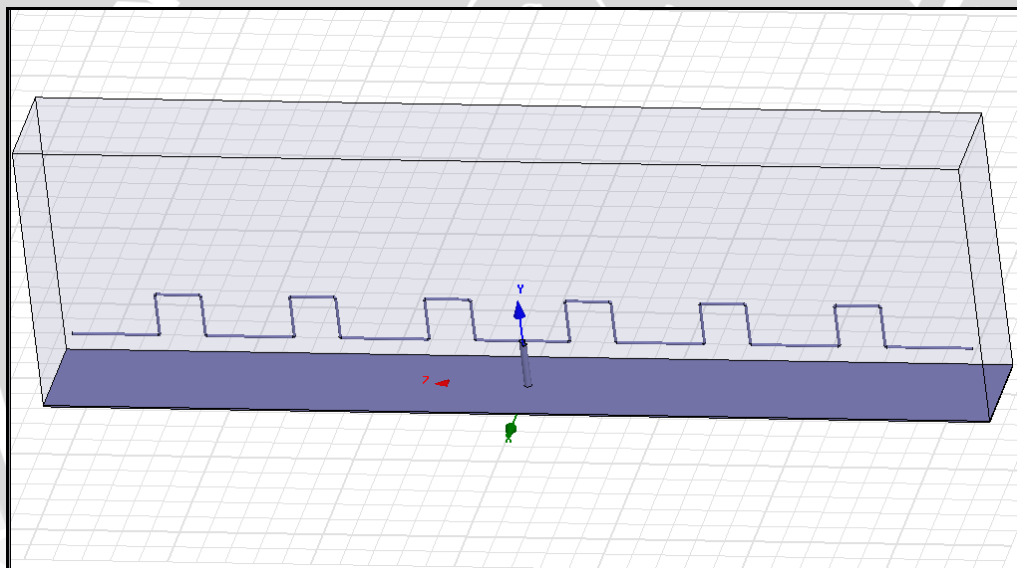
2. Pilih menu **Draw > Box**
3. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan koordinat box
 X: 37.5, Y: 0.0, Z: -330 tekan tombol **enter**
4. Gunakan kolom koordinat untuk memasukkan ujung koordinat box
 dX: -75, dY: 200, dZ: 660 tekan tombol **enter**

 Mengatur nama:

1. Pilih **Attribute** di jendela **Properties**
2. Pada kotak **Name** masukkan : **Air**
3. Klik **enter**

 Untuk menampilkan gambar keseluruhan:

1. Pilih menu **View > Fit All > Active View**. Atau tekan **CTRL+D**



 Menggambar Radiation Boundary

 Memilih faces

1. Pilih menu **Edit > Select > By Name**
 1. Name: **Air**
 2. Klik **OK**

 Radiation Boundary:

1. Select the menu item **HFSS > Boundaries > Assign > Radiation**
2. **Radiation Boundary**
3. Name: **Rad1**

4. Klik **OK**

Membuat Radiation Setup

Untuk menentukan radiation setup

1. Pilih **HFSS > Radiation > Insert Far Field Setup > Infinite Sphere**
2. Pada jendela **Far Field Radiation Sphere**

1. Pilih tab **Infinite Sphere**

1. Name: **ff_2d**
2. Phi: (Start: **0**, Stop: **90**, Step Size: **90**)
3. Theta: (Start: **-180**, Stop: **180**, Step Size: **2**)
4. Klik **OK**

Analysis Setup

Membuat analysis Setup

Untuk membuat analysis setup:

1. Pilih menu **HFSS > Analysis Setup > Add Solution Setup**

2. Solution Setup:

1. Klik **General** tab:

-  Solution Frequency: **2.4 GHz**
-  Maximum Number of Passes: **20**
-  Maximum Delta S per Pass: **0.02**

2. Klik **OK**

Menambahkan Frequency Sweep

Untuk menambahkan Frequency Sweep:

1. Pilih menu **HFSS > Analysis Setup > Add Sweep**

1. Select Solution Setup: **Setup1**

2. Klik **OK**

2. Edit Sweep:

1. Sweep Type: **Fast**

2. Frequency Setup Type: **Linear Count**

-  Start : **1.8 GHz**
-  Stop : **3.0 GHz**
-  Count: **201**

✚ Save Fields: ☒ Checked

3. Klik **OK**

✚ Menyimpan Project

✚ Untuk menyimpan project

1. Pada jendela Ansoft HFSS, pilih menu **File > Save As**
2. Pada jendela Save As, ketik nama file : **simulasi_inverted_Amos**
3. Klik **save**

✚ Analyze

✚ Model Validation

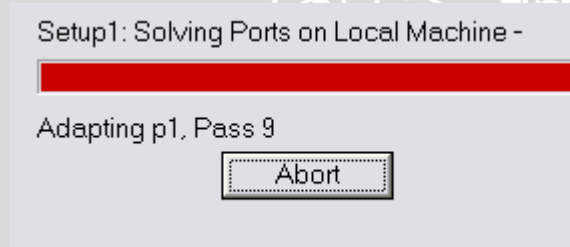
✚ Untuk validasi:

1. Pilih menu item **HFSS > Validation Check**
2. Klik **Close**

✚ Analyze

✚ Untuk memulai analisa:

1. Pilih menu **HFSS > Analyze All**



✚ Create Reports

✚ Membuat Grafik Terminal S-Parameter – Magnitude

✚ Untuk membuat report:

1. Pilih menu **HFSS > Results > Create Report**
2. Pada jendela **Create Report**:
 1. Report Type: **Terminal S Parameters**
 2. Display Type: **Rectangular**
 3. Klik **OK**
3. Pada jendela **Trace**

1. Solution: Setup1: **Sweep1**
2. Domain: **Sweep**
3. Klik tab **Y**
 1. Category: **Terminal S Parameter**
 2. Quantity: **St(p1,p1),**
 3. Function: **dB**
 4. Klik **Add Trace** button
4. Klik **Done**

Membuat Grafik VSWR

Untuk membuat report:

1. Pilih menu **HFSS > Results > Create Report**
2. Pada jendela **Create Report:**
 1. Report Type: **Terminal S Parameters**
 2. Display Type: **Rectangular**
 3. Klik **OK**
1. Pada jendela **Trace**
 1. Solution: Setup1: **Sweep1**
 2. Domain: **Sweep**
 3. Klik tab **Y**
 1. Category: **VSWR**
 2. Quantity: **VSWR(p1,p1),**
 3. Function: **abs**
 4. Klik **Add Trace** button
 4. Klik **Done**