

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* UNTUK KOMUNIKASI WLAN 2,4 GHz

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

M. FITRA RAKHMATULLAH
NIM. 0410633050 - 63

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2008**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* UNTUK KOMUNIKASI WLAN 2,4 GHz

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

M. FITRA RAKHMATULLAH
NIM. 0410633050 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dwi Fadila K, ST.,MT
NIP. 132 258 185

Ir. Endah Budi P., MT
NIP. 131 839 362

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* UNTUK KOMUNIKASI WLAN 2,4 GHz

Disusun oleh:

M. FITRA RAKHMATULLAH
NIM. 0410633050 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 24 Desember 2008

DOSEN PENGUJI

Ir. H. Erfan Achmad Dahlan
NIP. 131 124 663

Ir. Wahyu Adi Priyono, M.Sc
NIP. 131 759 602

Rudy Yuwono, ST.MSc
NIP. 132 206 465

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom
NIP. 131 879 033

PENGANTAR

Alhamdulillah, segenap puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, ridho, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Perencanaan dan Pembuatan Antena Double Biquad Untuk Komunikasi WLAN 2,4 GHz”**. Tidak lupa shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan untuk Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, kerabat dan para pengikutnya sampai akhir jaman.

Dengan kesungguhan dan rasa rendah hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dwi Fadila K., ST, MT dan Ibu Ir. Endah Budi P. sebagai dosen pembimbing atas saran, konsultasi, motivasi, kesabaran dan waktu dalam pengerjaan hingga penyelesaian skripsi ini. Tidak terkecuali, ucapan terima kasih penulis haturkan kepada :

1. Bapak Ir. Heru Nurwasito, Mkom. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST. MSc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Ir. Endah Budi P. MT. selaku Ketua Kelompok Dosen dan Keahlian Teknik Telekomunikasi.
4. Bapak Dwi Fadila K., ST, MT selaku Kepala Laboratorium Transmisi dan Gelombang Mikro.
5. Bapak, Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Kedua orang tuaku, terima kasih atas doa, kasih sayang, perhatian serta dorongan yang telah engkau berikan padaku, serta kakak-kakakku Mbak Vitis, Mas Yocca, Mas Musa.
7. Sahabat-sahabat terbaikku Safroni, Robie, Roghib. Terima kasih atas dukungan, semangat, kebersamaan, *sharing*, bantuan ilmu, doa serta perhatiannya. *Keep the earth on Peace, Love and Respect*.
8. Teman-teman ITT Telkom Bandung, Eri Dany, Mas Basir, Sas, Kiwil, Deva, Agung, Teteh, Welly, Chandra, Antok, Mas Yusuf, Mas Arif. Terima kasih atas bantuan dan sudah memberi tempat berteduh selama saya di Bandung.
9. Rekan-rekan asisten Laboratorium Dasar Elektrik dan Pengukuran, Sapront, Onis, Zainul, Mas Asril, Mas Roem, Mas Heri, Dany, Gigih, Ali, Anang,

Rizky, Yudi, Sekar dan Mas Dedy. terima kasih atas motivasi, dan kebersamaannya. Aku titip Lab. ya, tolong dijaga.

10. Rekan-rekan RiSTIE dan angkatan 2004. Wam X, Ajun, Riza, Aji, Yoga, Handoko, Gigih, Kabul, Pak Dosen, Rooney, Gama, Icha, Reza, Agus, Qori, Devy, Bachtiar, Willy, Yudhis, Peter, Amat, Eri, Gundul, Tulus, Jati, Ajeng terima kasih atas semua kebersamaan, ilmu yang diberikan dan semangatnya.
11. Teman-teman team robot Mas Hiksa, Mas Yayan, Mas Tono, Mas Kabaw, Mas Djoko, Mas Dedy, Eko, Batu, Mbak Ana. *Goodluck friends*.
12. Mas Rangga dan Mas Yoga Terima kasih sudah mau berbagi ilmu.
13. Seluruh rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro terima kasih atas dukungannya.
14. Feby Endy Zaputry, Terima kasih sudah menjadi bagian terbaik dari hidupku, baik suka maupun duka.
15. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu. Terima kasih, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebaik – baiknya.

Penyusun menyadari bahwa yang tersusun dalam skripsi ini masih banyak kekurangan-kekurangan dan jauh dari sempurna, hal ini tidak lain karena keterbatasan materi dan pengetahuan yang dimiliki penyusun. Karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga yang terdapat dalam skripsi ini bermanfaat untuk kita semua, rekan-rekan mahasiswa khususnya dan bagi seluruh pembaca pada umumnya.

Malang, November 2008

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xii
I. PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Rumusan Masalah	1
Batasan Masalah	2
Tujuan	2
Kontribusi Penulisan.....	2
II. DASAR TEORI ANTENA.....	3
2.1 Dasar Antena.....	3
2.2 Parameter Dasar Antena	3
2.2.1 Pola Radiasi	3
2.2.1.1 Parameter Pola Radiasi	4
2.2.1.1.1 <i>Side Lobe Level</i>	4
2.2.1.1.2 <i>Half Power Beamwidth</i>	5
2.2.2 <i>Directivity</i> dan <i>Gain</i>	6
2.2.2.1 <i>Directivity</i>	6
2.2.2.2 <i>Gain</i>	7
2.2.3 Polarisasi Antena	7
2.2.4 <i>Bandwidth</i> Antena	9
2.2.5 <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	10
2.2.6 Impedansi Masukan	11
2.2.7 <i>Return Loss</i> dan Koefisien Pantul.....	11

2.3 Antena <i>Double Biquad</i>	12
2.3.1 Lebar <i>Reflektor</i> dan Jarak <i>Dipole</i> Antena <i>Double Biquad</i>	12
2.3.2 Pola Radiasi Antena <i>Double Biquad</i>	12
2.3.3 Dimensi Antena <i>Double Biquad</i>	13
2.4 Antena <i>Array</i>	14
2.5 Wi-Fi dan <i>Wireless LAN</i>	15
2.6 Arsitektur <i>Wireless LAN</i>	15
2.6.1 Ad hoc <i>wireless LAN</i>	15
2.6.2 Infrastrktur <i>wireless LAN</i>	16
2.7 Komponen <i>wireless LAN</i>	17
2.7.1 <i>access point</i>	17
2.7.2 <i>Extension point</i>	18
2.7.3 <i>Directional</i> antena.....	18
2.7.4 LAN <i>Adapter</i>	19
2.7.5 Pigtail	19
2.8 IEEE 802.11.....	19
2.9 Aplikasi <i>Wireless LAN</i>	20
III. METODOLOGI	21
3.1 Studi literatur	21
3.2 Perencanaan dan Pembuatan Antena <i>Double Biquad</i>	21
3.3 Bentuk Desain Antena	21
3.4 Analisis Hasil Pengukuran Antena <i>Double Biquad</i> Hasil Pembuatan.....	23
3.4.1 Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul, Impedansi dan <i>VSWR</i>	23
3.4.2 Pengukuran <i>Gain</i> Antena	23
3.4.3 Pengukuran Pola Radiasi.....	23
3.4.4 Pengukuran Polarisasi.....	23
3.4.5 Penghitungan <i>Directivity</i>	23
3.4.6 Penghitungan <i>Bandwidth</i>	23
3.5 Diagram Alir	24
3.6 Kalender Rencana Kegiatan.....	25
3.7 Sistematika Penulisan	25



IV. PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* 26

4.1 Tinjauan Umum 26

4.2 Perencanaan Antena *Double Biquad* 26

 4.2.1 Perhitungan Rugi-rugi Konduktor *Dipole* Antena *Double Biquad* 26

 4.2.2 Perhitungan dimensi antena 27

 4.2.2.1 Perhitungan *dipole* antena 27

 4.2.3 Perhitungan rugi-rugi konduktor reflektor antena *double biquad*.. 28

 4.2.3.1 Perhitungan *reflektor* antena 29

 4.2.4 Perhitungan celah antara dipole dengan reflektor 30

4.3 Perencanaan Antena *Double Biquad* dengan Simulator 30

4.4 Pembuatan Antena *Double Biquad* 33

 4.4.1 Alat-Alat dan Bahan Yang Digunakan 33

 4.4.2 Proses Pembuatan Fisik Antena *Double Biquad* 34

V. ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* HASIL PEMBUATAN..... 36

5.1 Tinjauan Umum 36

5.2 Pengukuran *Return Loss* Antena 36

 5.2.1 Tujuan 36

 5.2.2 Alat-alat yang digunakan 36

 5.2.3 Prosedur Pengukuran 37

 5.2.4 Hasil Pengukuran 37

 5.2.5 Analisis Hasil Pengukuran 38

5.3 Pengukuran VSWR Antena 39

 5.3.1 Tujuan 39

 5.3.2 Alat-alat yang digunakan 39

 5.3.3 Prosedur Pengukuran 39

 5.3.4 Hasil Pengukuran 39

 5.3.5 Analisis Hasil Pengukuran 40

5.4. Pengukuran Koefisien Pantul Antena 41

 5.4.1 Tujuan 41

 5.4.2 Alat-alat yang digunakan 41

 5.4.3 Prosedur Pengukuran 41

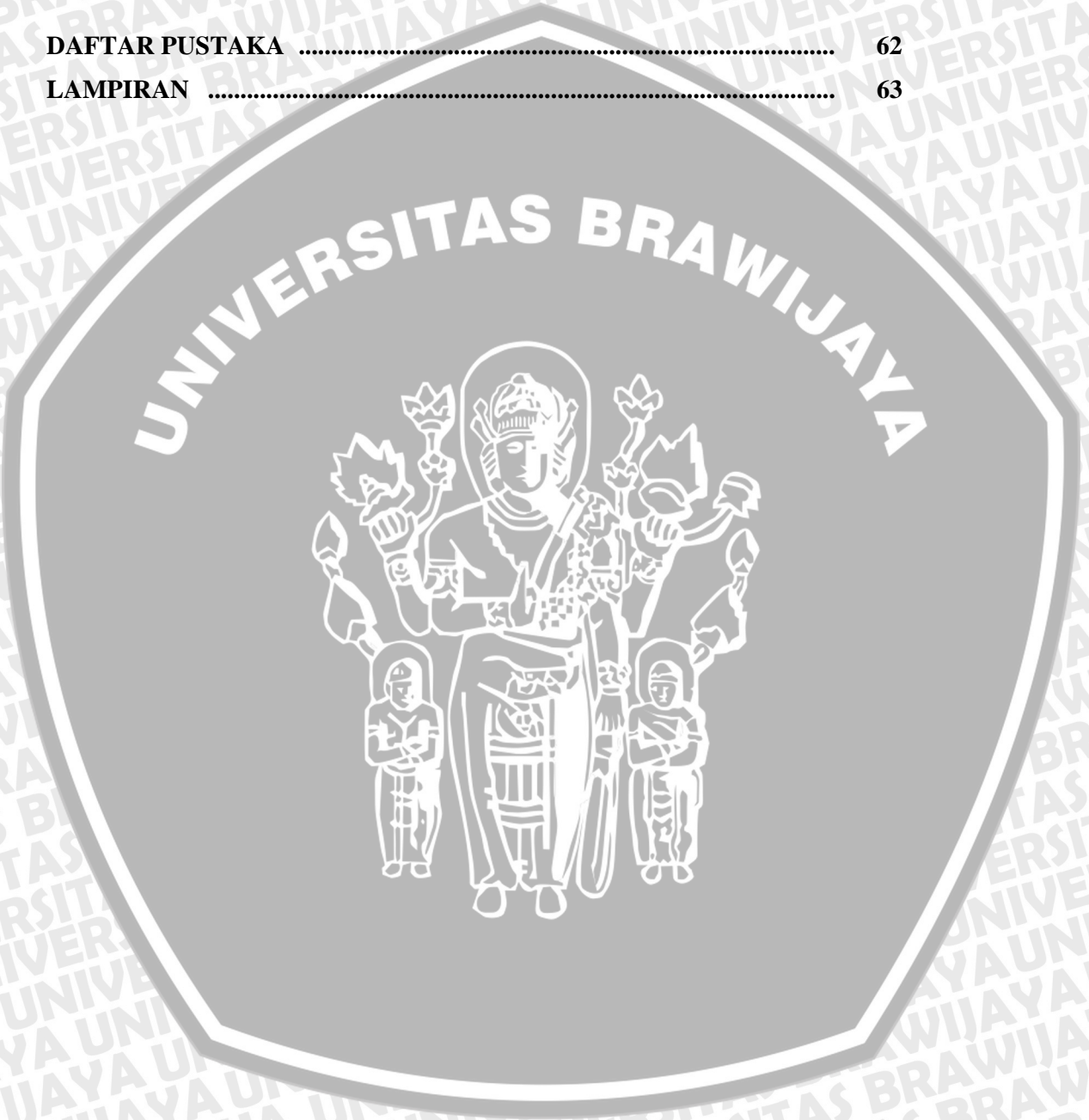
 5.4.4 Hasil Pengukuran 41



5.4.5 Analisis Hasil Pengukuran	42
5.5 Pengukuran Impedansi Antena	43
5.5.1 Tujuan	43
5.5.2 Alat-alat yang digunakan	43
5.5.3 Prosedur Pengukuran	43
5.5.4 Hasil Pengukuran	43
5.5.5 Analisis Hasil Pengukuran	44
5.6 Pengukuran <i>Gain</i> Antena	44
5.6.1 Tujuan	44
5.6.2 Alat-alat yang digunakan	44
5.6.3 Prosedur Pengukuran	45
5.6.4 Hasil Pengukuran	45
5.6.5 Analisis Hasil Pengukuran	47
5.7 Pengukuran Pola Radiasi Antena	47
5.7.1 Tujuan	47
5.7.2 Alat-alat yang digunakan	47
5.7.3 Prosedur Pengukuran	47
5.7.4 Hasil Pengukuran	48
5.7.5 Analisis Hasil Pengukuran	53
5.8 Pengukuran Polarisasi Antena	53
5.8.1 Tujuan	53
5.8.2 Alat-alat yang digunakan	53
5.8.3 Prosedur Pengukuran	54
5.8.4 Hasil Pengukuran	54
5.8.5 Analisis Hasil Pengukuran	56
5.9 Perhitungan <i>Bandwidth</i> Antena	56
5.9.1 Tujuan	56
5.9.2 Cara Perhitungan	56
5.9.3 Analisis Hasil Perhitungan	57
5.10 Perhitungan Keterarahan (<i>Directivity</i>)	57
5.10.1 Tujuan	57
5.10.2 Cara Perhitungan	57
5.10.3 Analisis Hasil Perhitungan	58
5.11 Analisis Parameter-parameter Antena	58

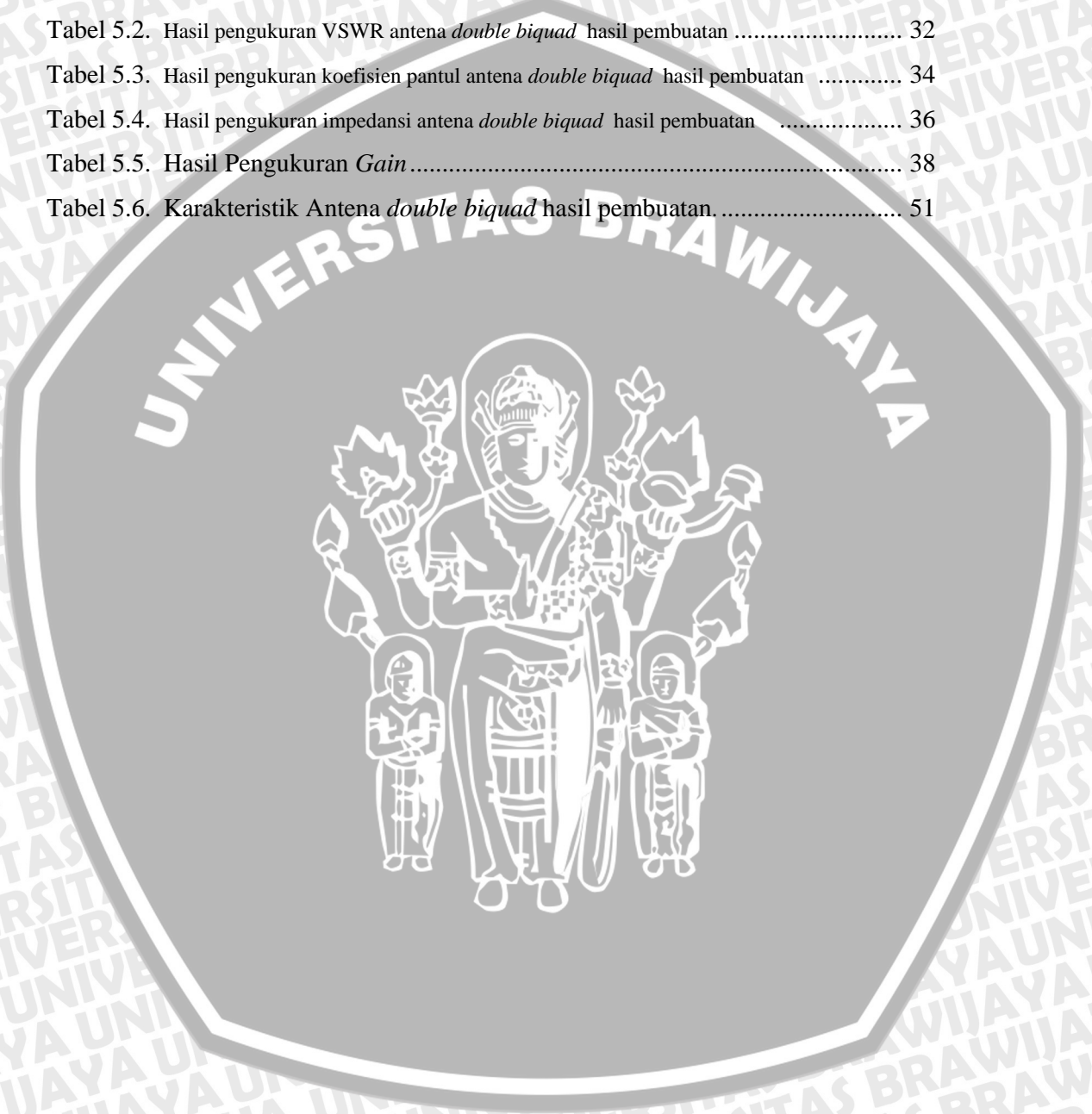


VI. PENUTUP	60
6.1 Kesimpulan	60
6.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	63



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1.	Rencana Kegiatan	20
Tabel 5.1.	Hasil pengukuran <i>return loss</i> antena uji	30
Tabel 5.2.	Hasil pengukuran VSWR antena <i>double biquad</i> hasil pembuatan	32
Tabel 5.3.	Hasil pengukuran koefisien pantul antena <i>double biquad</i> hasil pembuatan	34
Tabel 5.4.	Hasil pengukuran impedansi antena <i>double biquad</i> hasil pembuatan	36
Tabel 5.5.	Hasil Pengukuran <i>Gain</i>	38
Tabel 5.6.	Karakteristik Antena <i>double biquad</i> hasil pembuatan	51

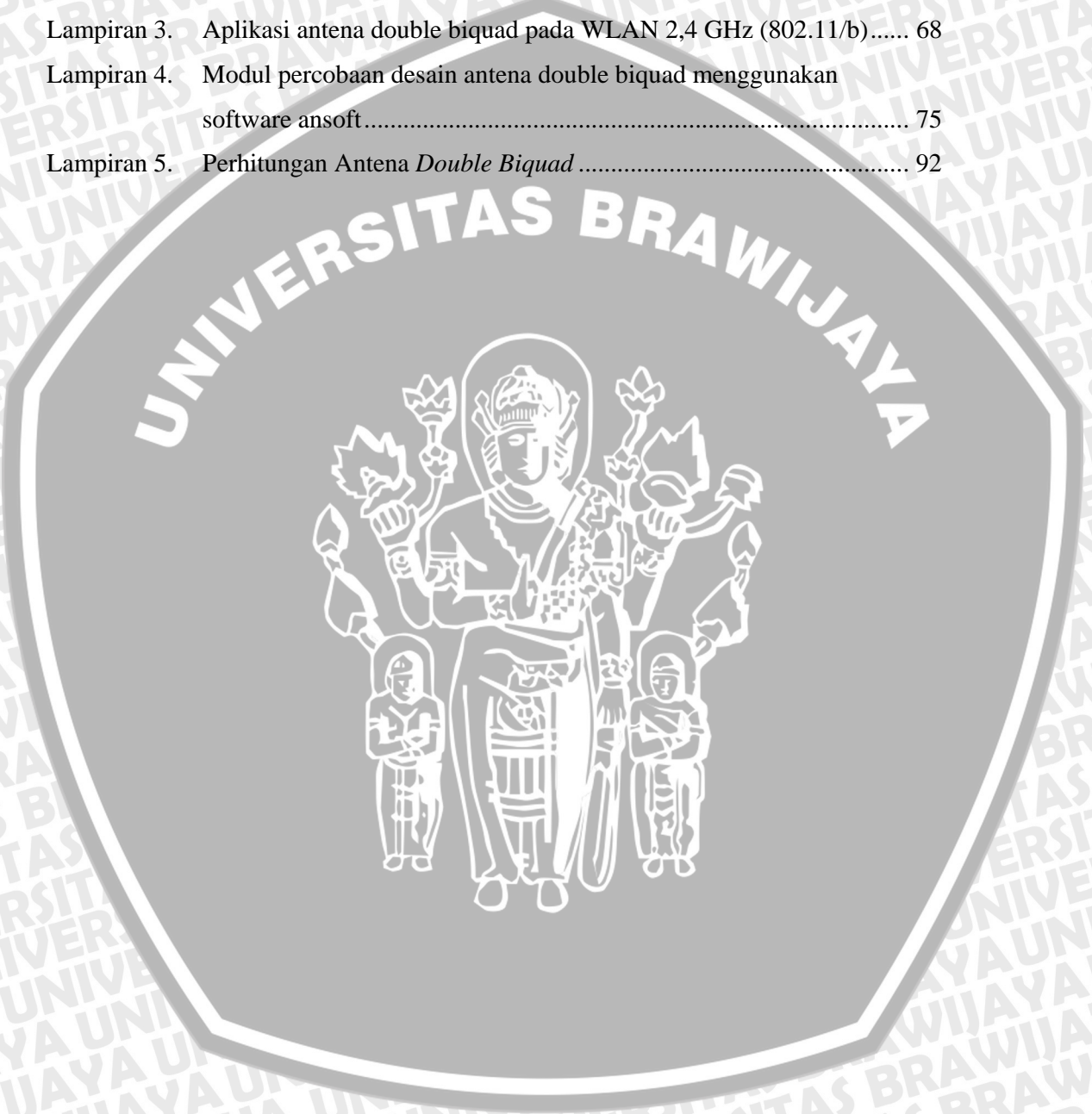


DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	<i>Half power beamwidth</i>	5
Gambar 2.2.	Pola radiasi.....	6
Gambar 2.3.	Bentuk umum polarisasi	8
Gambar 2.4.	Arah perambatan gelombang radio.....	8
Gambar 2.5.	Rancangan ukuran desain antena <i>double biquad</i>	14
Gambar 3.1.	Tampak atas antena <i>double biquad</i>	16
Gambar 3.2.	Bentuk reflektor antena <i>double biquad</i>	17
Gambar 3.3.	Bentuk <i>dipole</i> antena <i>double biquad</i>	17
Gambar 3.4.	Bentuk pipa penyangga antena <i>double biquad</i>	17
Gambar 4.1.	Antena <i>double biquad</i> hasil perencanaan	23
Gambar 4.2.	Hasil simulasi VSWR antena <i>double biquad</i> hasil perencanaan	23
Gambar 4.3.	<i>Gain</i> antena <i>double biquad</i> hasil perencanaan	24
Gambar 4.4.	<i>Directivity</i> antena <i>double biquad</i> hasil perencanaan	24
Gambar 4.5.	Hasil simulasi S11	25
Gambar 4.6.	Peralatan dan bahan yang digunakan.....	26
Gambar 4.7.	Bentuk fisik antena <i>double biquad</i> hasil pembuatan tampak atas	27
Gambar 4.8.	Bentuk fisik antena hasil pembuatan tampak samping	27
Gambar 5.1.	Konfigurasi pengukuran <i>return loss</i> , VSWR, Impedansi, dan koefisien pantul antena	29
Gambar 5.2.	Fungsi <i>return loss</i> terhadap frekuensi.....	30
Gambar 5.3.	Fungsi VSWR terhadap frekuensi	32
Gambar 5.4.	Fungsi koefisien pantul terhadap frekuensi	34
Gambar 5.5.	Rangkaian Pengukuran <i>Gain</i> Antena.....	37
Gambar 5.6.	Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena.....	40
Gambar 5.7.	Bentuk pola radiasi bidang horizontal antena <i>double biquad</i>	43
Gambar 5.8.	Bentuk pola radiasi bidang vertikal antena <i>double biquad</i>	45
Gambar 5.9.	Rangkaian pengukuran polarisasi antena.....	46
Gambar 5.10.	Bentuk polarisasi antena <i>double biquad</i>	48

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Dokumentasi pengukuran	62
Lampiran 2.	Jarak maksimum WLAN	64
Lampiran 3.	Aplikasi antena double biquad pada WLAN 2,4 GHz (802.11/b).....	68
Lampiran 4.	Modul percobaan desain antena double biquad menggunakan software ansoft.....	75
Lampiran 5.	Perhitungan Antena <i>Double Biquad</i>	92



RINGKASAN

M. Fitra Rakhmatullah, Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, November 2008, *Perencanaan dan Pembuatan Antena Double Biquad Untuk Komunikasi WLAN 2,4 GHz*, Dosen Pembimbing : Dwi Fadila K,ST.,MT dan Ir. Endah Budi P.,MT

Wireless LAN merupakan suatu sistem komunikasi data yang digunakan untuk komunikasi antar jaringan komputer dengan menggunakan udara sebagai media komunikasinya (nirkabel). Dalam komunikasi menggunakan *wireless*, salah satu piranti penting yang harus diperhatikan adalah antena.

Untuk mendukung teknologi tersebut diperlukan perangkat antena yang bisa beroperasi pada standar frekuensi yang telah ditentukan sesuai alokasi. Antena yang dibuat dapat bekerja pada frekuensi 2400 – 2483,5 MHz.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, Antena *double biquad* hasil pembuatan memiliki nilai *Return Loss* sebesar -18,272 dB, dengan nilai *VSWR* sebesar 1,278. Antena *double biquad* hasil pembuatan memiliki pola radiasi *Unidirectional*, dengan *gain* sebesar 12,520 dBi dan *bandwidth* sebesar 590 MHz. Dengan memperhatikan hasil pengujian parameter antena *double biquad* tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa antena hasil pembuatan ini memadai untuk digunakan pada aplikasi WLAN 2,4 GHz.

Kata kunci : *wireless* LAN, *double biquad*.

SUMMARY

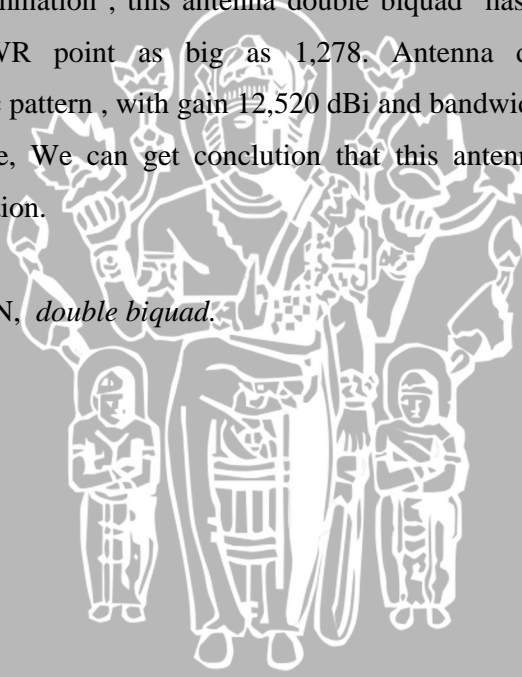
M. Fitra Rakhmatullah, Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, November 2008, *Planning and Makings Antenna Double Biquad for WLAN Communication 2,4 GHz* , Counsellor lecturer: Dwi Fadila k,ST.,MT and Ir. Endah Is P.,MT

Wireless LAN is a data communication system that used for computer network communication by use of air as media communication (wireless). In communication wireless, The most important thing is antenna.

To back up that technology is needful antenna peripheral that can be operate on default frequency. The antenna must be work in range frequency 2400 – 2483,5 MHz.

Base on the examination , this antenna double biquad has result Return Loss 18,272 dB, with VSWR point as big as 1,278. Antenna double biquad has Unidirectional radiologic pattern , with gain 12,520 dBi and bandwidth 590 MHz. After looking the result above, We can get conclusion that this antenna can be used for WLAN 2,4 GHz application.

Keywords: *wireless LAN, double biquad.*



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kemajuan teknologi komunikasi menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, Kemajuan teknologi yang paling berkembang akhir-akhir ini adalah komunikasi *wireless*, mulai dari penggunaan komunikasi suara hingga komunikasi data yang juga menggunakan perangkat canggih yang semakin memudahkan pengiriman informasi. Banyak teknologi yang dikembangkan agar perangkat komunikasi yang digunakan dapat lebih mudah, lebih cepat dan lebih praktis dengan kualitas yang semakin baik. Salah satu perangkat bagian alat komunikasi yang sangat penting adalah antena. Kualitas sebuah antena sangat mempengaruhi kualitas informasi yang diterima.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, dalam skripsi ini akan mencoba untuk mengembangkan hasil perancangan antena *biquad* untuk komunikasi WLAN 2,4 GHz milik Putu Agus Pradnyana Jaya, lulusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya tahun 2008.

Pengembangan yang akan dilakukan adalah menambah jumlah *dipole* antena *biquad* menjadi 2 kali lebih banyak dari antena *biquad* milik Putu Agus Pradnyana Jaya. Diharapkan dengan semakin besar dimensi *dipole* maka akan turut memperbesar ukuran dari *reflector*, dan akhirnya dengan semakin banyaknya jumlah *dipole* dan semakin besarnya dimensi *reflector*, maka diharapkan antena *double biquad* yang akan dirancang dan dibuat mampu memperbesar nilai *gain* dibandingkan antena *biquad* pada komunikasi WLAN 2,4 GHz.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat suatu antena *double biquad* untuk sistem komunikasi *wireless* LAN 2,4 GHz.
2. Bagaimana pengujian terhadap antena hasil pembuatan, untuk mengetahui performansinya yang meliputi pola radiasi, polarisasi, *gain*, *bandwidth*, *return loss*, dan VSWR.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, agar pembahasan terfokus pada pokok pembahasan maka batasan masalah pada skripsi antara lain :

1. Antena ini bekerja pada frekuensi 2,4 GHz.
2. Antena ini digunakan sebagai antena penerima.
3. Pengukuran parameter antena meliputi *Return Loss*, *VSWR*, *bandwidth*, *Gain*, Koefisien pantul, impedansi masukan, pola radiasi, dan polarisasi antena. Pengukuran parameter-parameter antena tersebut dilaksanakan di laboratorium antena dan *microwave* Institut Teknologi TELKOM Bandung.
4. Pengujian antena dilakukan di ruang terbuka, rugi-rugi perambatan gelombang elektromagnetik di ruang terbuka tidak diperhitungkan.
5. Alat ukur yang digunakan adalah *Network Analyzer* Agilent 8714ES 300KHz-3GHz, *Spectrum Analyzer* 8563E *Hawlett Packard* 30Hz – 26,5 GHz, *Sweep Oscillator* 8350 B *Hawlett Packard*.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah merencanakan dan membuat antena *double biquad* untuk komunikasi WLAN 2,4 GHz.

1.5. Kontribusi Penulisan

Dari penyusunan skripsi ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pembaca yang ingin merancang dan membuat antena *double biquad* untuk aplikasi WLAN.

BAB II

DASAR TEORI ANTENA

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 yang baik adalah antena yang mempunyai rugi-rugi daya sekecil-kecilnya dan mampu menerima atau meneruskan gelombang elektromagnetik dengan optimum.

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 antara lain:

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.

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 antenna yang terpanjang (m)
- λ = panjang gelombang yang dipancarkan sumber (m)

2.2.1.1 Parameter Pola Radiasi

2.2.1.1.1 Side Lobe Level

Pada pola daya beberapa sistem antenna, 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 antenna 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 :

$$P(\text{dB}) = 10 \cdot \log \frac{P_0}{P_T} (\text{dB}) \quad (2.2)$$

$$P(\text{dB}) = 10 \cdot \log P_0 - 10 \cdot \log P_T \quad (2.3)$$

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 (*lobe*) antara nilai puncak dari *lobe* sampingan

yang terbesar dengan nilai maksimum dari *lobe* utamanya. Sering kali juga *side lobe* level ini dinyatakan dengan desibel.

$$\text{SLL dB} = 20 \log \left| \frac{F_{(\text{SLL})}}{F_{(\text{max})}} \right| \quad (2.4)$$

Dimana:

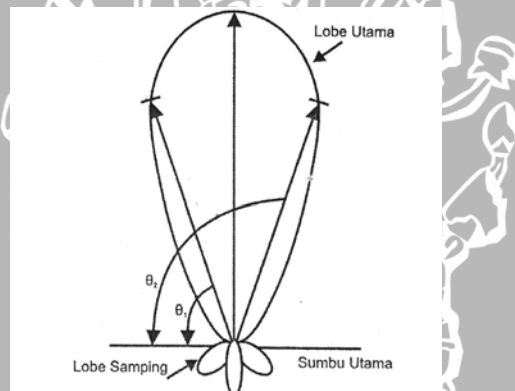
$F_{(\text{max})}$ = nilai *magnitude* maksimum dari *main lobe*

$F_{(\text{SLL})}$ = nilai *magnitude* maksimum dari *side lobe* yang terbesar

Semakin kecil nilai SLL suatu antena 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.



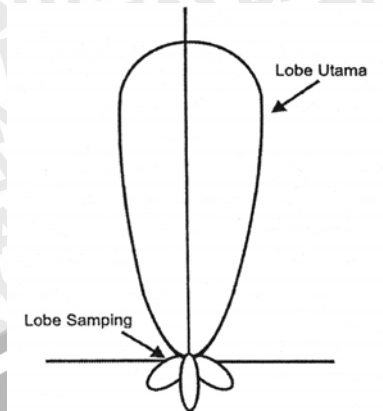
Gambar 2.1 *Half power beamwidth*

Sumber : Kraus,1988: 21

Dari gambar 2.1 di atas, *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

2.2.2 Directivity dan gain

2.2.2.1 Directivity

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

$$D = \frac{U_m}{U_{ev}} \text{ (dB)} \quad (2.6)$$

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

$$D_{\theta\phi} = \frac{U_m}{U_{ev}} \quad (2.7)$$

Dengan demikian definisi *directivity* secara sederhana tidak lain merupakan nilai maksimal dari *directivity gain*. *Directivity* pada antenna secara umum dinyatakan dari persamaan di bawah ini (Balanis, 1982 :494) :

$$D_0 = 10 \cdot \log \frac{4 \cdot \pi \cdot U_{\max}}{P_{rad}} \quad (2.8)$$

Dengan :

D_0 = *directivity* (dB)

U_{\max} = intensitas radiasi maksimum (watt)

P_{rad} = daya radiasi total (watt)

2.2.2.2 Gain

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada *amplifier*. Penguatan daya disini berarti perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antena tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antena *isotropis* yang bentuk polanya seperti bola. Peradiasi *isotropis* sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada prakteknya *gain* antena biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antena standar *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ yang besarnya 1,64 kali pada arah radiasi maksimum atau 2,15 dB. Sehingga besar *gain* terhadap sumber *isotropis* adalah (Stutzman, 1981: 39):

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-9)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-10)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-11)$$

dengan:

G = gain antena uji (dB)

P_U = daya yang diterima antena uji (W)

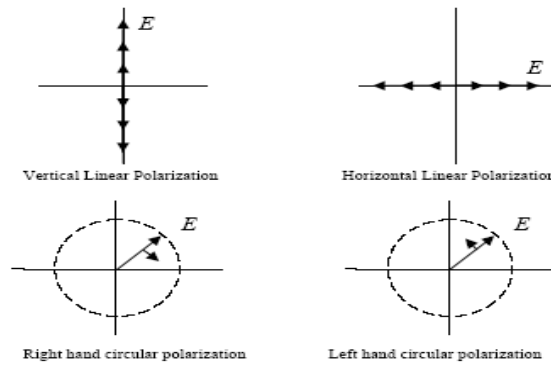
P_R = daya yang diterima antena referensi (W)

2.2.3 Polarisasi Antena

Polarisasi merupakan salah satu parameter antena yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antena.

Polarisasi dari antena tergantung oleh polarisasi vektor medan listrik yang diradiasikan. Dengan kata lain, posisi dan arah dari medan listrik dengan referensi permukaan bumi atau tanah menggambarkan bentuk polarisasi gelombang tersebut.

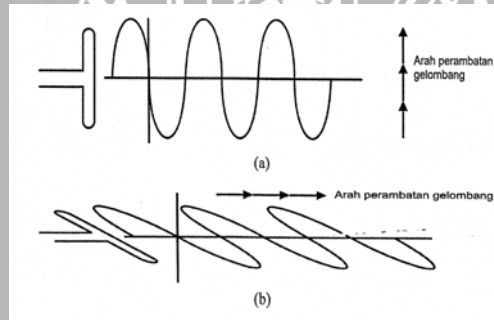
Kedua antena, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antena yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan (*mismatch*) polarisasi.



Gambar 2.3. bentuk umum polarisasi

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 21

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 2.4

- (a) Arah perambatan gelombang radio untuk polarisasi antenna vertikal
- (b) Arah perambatan gelombang radio untuk polarisasi antenna horizontal

Sumber: Balanis, 1982: 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 :

$$a = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)} \tag{2.12}$$

Dengan :

- a = polarisasi isolasi (dB)
- P_1 = daya mula-mula (watt)
- P_2 = daya yang diperlukan jika polarisasi diubah (watt)

2.2.4 Bandwidth Antena

Bandwidth antena merupakan jangkauan frekuensi, yang didalam jangkauan frekuensi ini unjuk kerja antena berkenaan dengan beberapa karakteristiknya memenuhi standar 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* frekuensi 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_l ($f_l < f_c$) sampai pada f_u ($f_c < f_u$), maka lebar *bandwidth* dari antena tersebut adalah $(f_u - f_l)$. Tetapi apabila dinyatakan dengan persen, *bandwidth* antena tersebut adalah:

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2.13)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2} \quad (2.14)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2.15)$$

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.

$$BW = \frac{f_u}{f_l} \quad (2.16)$$

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)

2.2.5 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR suatu antenna merupakan perbandingan antara jumlah tegangan datang dan tegangan pantul dengan selisih antara tegangan datang dan tegangan pantul, yang didefinisikan dengan (Kraus,1988 : 833) :

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.17)$$

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan:

$$P_r = \Gamma^2 \cdot P_{out} \quad (2.18)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

VSWR sering ditunjukkan dalam istilah desibel, yang berhubungan dengan VSWR dalam hubungan:

$$VSWR \text{ (dB)} = 20 \log VSWR \quad (2.19)$$

VSWR dapat memiliki nilai dari satu sampai tak hingga, jadi:

$$1 \leq VSWR \leq \infty \quad (2.20)$$

VSWR yang ideal adalah satu, yang berarti menyatakan suatu keadaan yang sesuai (*matched*).

2.2.6 Impedansi Masukan

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang ditunjukkan oleh antenna pada terminal-terminalnya atau perbandingan tegangan terhadap arus pada terminalnya (Balanis, 1982 :53). Perbandingan tegangan dan arus pada terminal-terminal tanpa beban, memberikan impedansi masukan antenna sebesar (Balanis, 1982: 54) :

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2.21)$$

Dengan :

$$Z_A = \text{Impedansi antenna } (\Omega)$$

$$R_A = \text{Resistansi antenna } (\Omega)$$

$$X_A = \text{Reaktansi antenna } (\Omega)$$

Impedansi antenna juga dapat diketahui dengan mengetahui koefisien pantul dengan persamaan (Balanis, 1982: 726) :

$$\Gamma = \frac{Z_A - Z_0}{Z_A + Z_0} \quad (2.22)$$

dengan:

$$Z_A = \text{Impedansi antenna } (\Omega)$$

$$Z_0 = \text{Impedansi karakteristik}$$

$$\Gamma = \text{Koefisien pantul}$$

2.2.7 Return Loss dan Koefisien Pantul

Return loss adalah salah suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. *Return loss* adalah parameter seperti VSWR yang menentukan *matching* antara antenna dan *transmitter*.

Koefisien pantul (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantulan dengan tegangan maju (*forward voltage*). Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* di bawah -10 dB. Koefisien Pantul didefinisikan sebagai (Punit,2004 :19) :

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \quad (2-23)$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \quad (dB) \quad (2-24)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

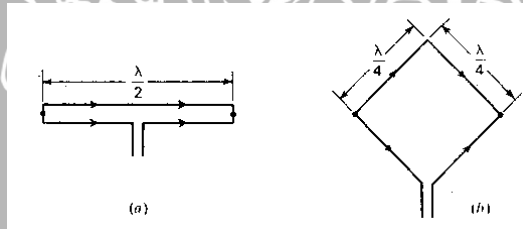
V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*) (volt)

V_i = tegangan gelombang datang (*incident wave*) (volt)

RL = *return loss* (dB)

2.3 Antena Double Biquad

Antena *double biquad* merupakan salah satu jenis antena kawat dengan *dipole loop* berbentuk empat kubus dimana panjang sisi-sisinya didapat dari modifikasi antena *dipole* lipat $\frac{1}{2}\lambda$ yang bagian tengahnya ditarik menjauh sehingga diperoleh panjang masing-masing sisi adalah setengah dari panjang *dipole* lipat $\frac{1}{2}\lambda$ atau sama dengan $\frac{1}{4}\lambda$, reflektornya berbentuk sebuah *flat panel* (*large flat sheet*) dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian *dipolenya* yang bertujuan untuk mengurangi radiasi ke arah belakang. Dengan jarak yang kecil antara antena dengan reflektornya, maka susunan ini juga menghasilkan *gain* yang lebih besar pada radiasinya ke arah depan.



Gambar 2.10 tahap modifikasi antena *dipole* menjadi *dipole* lipat
(a) dipole lipat 2 kawat (b) modifikasi dipole lipat 2 kawat

Sumber: Kraus, 1988: 515

2.3.1 Lebar Reflektor dan Jarak *Dipole* Antena *Double Biquad*

Reflektor yang digunakan pada antena *double biquad* ini dapat digolongkan ke dalam *large flat sheet reflector*. Jika batas dari sisi sebuah *large flat sheet reflector* diperluas beberapa jauh melampaui susunan *dipolenya*, maka *large flat sheet reflector* itu telah bisa dianggap memiliki luas permukaan yang tak berhingga.

Gain yang dihasilkan oleh antena $\frac{1}{2}\lambda$ dengan *large flat sheet reflector* relatif tergantung dari jarak *dipolenya*. Semakin jauh jarak *dipolenya*, *gain* yang diperoleh akan semakin kecil.

2.3.2 Pola Radiasi Antena *Double Biquad*

Suatu sumber yang memancarkan energi secara merata ke segala arah disebut sebagai sumber *isotropic*. Besaran yang menunjukkan besarnya daya untuk tiap satuan luas disebut dengan rapat daya. Sumber *isotropic* sebenarnya hanya ada dalam teori saja, sebab suatu antena termasuk antena *double biquad* akan selalu memberikan rapat daya yang besarnya berbeda-beda pada arah berbeda.

2.3.3 Dimensi Antena *Double Biquad*

Dengan menggunakan batasan-batasan dan rumusan yang dipaparkan sebelumnya, maka akan dibuat antena *double biquad* dengan spesifikasi dimensi sebagai berikut:

1. Untuk frekuensi kerja 2,4 Ghz, didapat panjang gelombang (λ) dengan menggunakan persamaan:

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

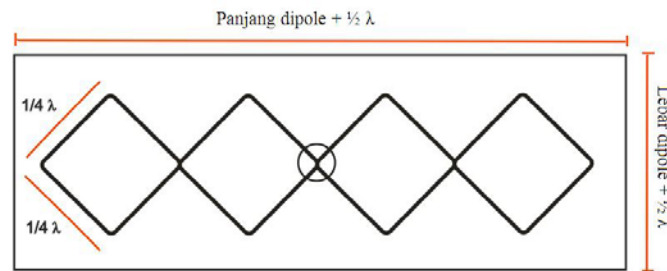
Dengan:

c = Kecepatan gelombang cahaya (3×10^8)

f = frekuensi kerja antena (Hz)

2. Untuk rancangan *dipole* antena *double biquad* didapat dari panjang gelombang $1/2\lambda$ yang dibentuk menjadi *dipole* lipat sehingga panjang masing-masing sisinya menjadi $1/4\lambda$.
3. Jarak *dipole double biquad* yang digunakan sejauh $1/8\lambda$ dari reflektornya.
4. Reflektor antena *double biquad* berbentuk bujur sangkar dengan lebar sisi yang lebih panjang daripada rangkaian *dipolenya* sehingga bertindak seolah-olah sebagai bidang yang tak berhingga luasnya. Pembuatan reflektor antena ini direncanakan menggunakan papan PCB polos dengan ukuran dapat dirumuskan sebagai berikut:
5. Panjang Reflektor = Lebar *dipole* + $\frac{1}{2}\lambda$ (2.25)

Perencanaan ukuran desain antena *double biquad* dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.5 Rancangan ukuran desain antena *double biquad*

Sumber : Perencanaan

Untuk hasil yang optimal, perhitungan dimensi antena *double biquad* juga dapat dicari dengan terlebih dahulu mengetahui standar gain dari WLAN 802.11/b. Lalu dicari dimensinya dengan menggunakan persamaan :

$$G = 10 \log \left[\frac{4\pi.L.W}{\lambda_o^2} \right] - \alpha \left[\frac{L+W}{2} \right] \quad (2.26)$$

Dengan :

G = Standar nilai gain WLAN 802.11/b (dB)

L = Panjang dipole (cm)

W = Lebar dipole (cm)

λ_o = Panjang gelombang di ruang bebas

α = Konstanta pelemahan (dB/cm)

2.4 Antena Array

Desain antena dengan penguatan yang tinggi sangat diperlukan untuk komunikasi jarak jauh. Salah satu cara yang lebih praktis adalah dengan membuat antena yang terdiri dari beberapa elemen peradiasi (*array*). Dengan kata lain *array* adalah beberapa elemen antena yang disusun dan saling berhubungan untuk menghasilkan pola radiasi tertentu (Stutzman, 1981: 108).

Konfigurasi geometris antena array terdiri atas linier dan planar. Disebut *array* linier bila pusat pusat elemen *array* terletak pada sepanjang garis lurus. Sedangkan apabila pusat-pusat elemen terletak pada sebuah bidang disebut planar *array*.

Pada antena *array* selain mempunyai keuntungan, juga mempunyai kerugian. Kerugiannya yaitu adanya kopel bersama (*mutual coupling*) yang terjadi antara elemen peradiasi dengan elemen peradiasi yang lain, antara elemen peradiasi dengan saluran

transmisi maupun saluran transmisi dengan saluran transmisi yang lain. Tetapi kerugian ini dapat dikurangi dengan mengatur jarak antar elemen peradiasi.

Penguatan antena *array* adalah merupakan penjumlahan dari daya yang dipancarkan dari daya yang dipancarkan dari setiap elemen radiasi pada arah tertentu, sehingga semakin banyak elemen *array* penguatan akan semakin besar.

2.5 Wi-Fi dan Wireless LAN

Wi-Fi adalah nama dagang (*certification*) yang diberikan produsen telekomunikasi kepada perangkat telekomunikasi (Internet) yang bekerja di jaringan WLAN dan sudah memenuhi kualitas yang dipersyaratkan. WiFi dapat difungsikan untuk mengganti jaringan kabel data (UTP) yang biasa digunakan untuk menghubungkan terminal LAN.

Wireless LAN merupakan salah satu aplikasi pengembangan wireless untuk komunikasi data. Sesuai dengan namanya *wireless*, yang berarti tanpa kabel. WLAN menggunakan frekuensi radio (RF) atau *infrared* (IR) sebagai media transmisi. Kecepatan transmisi pada WLAN antara 11-54 Mbps dan memiliki jarak jangkauan hingga 50 meter. Standar untuk WLAN ditentukan oleh IEEE dengan standar 802.11 dengan merek dagang Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

2.6 Arsitektur Wireless LAN

Menurut standar IEEE untuk *wireless* LAN, ada 2 model konfigurasi utama untuk jaringan ini. Yaitu : ad hoc dan infrastruktur.

2.6.1 Ad hoc wireless LAN

Contoh dari jaringan ad hoc, adalah jaringan yang memiliki konfigurasi *peer to peer*. Untuk sebuah kantor yang tidak terlalu besar dan hanya terdiri atas satu lantai, maka konfigurasi *peer to peer wireless* akan cukup memadai. *Peer to peer wireless* LAN hanya mensyaratkan *wireless* di dalam setiap *device* yang terhubung ke jaringan. Di sini, *access point* tidak diperlukan.



Gambar 2.6 Jaringan ad hoc
 Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:92

2.6.2 Infrastruktur wireless LAN

Infrastruktur *wireless* LAN adalah sebuah konfigurasi jaringan dimana jaringan *wireless* tidak hanya berhubungan dengan sesama jaringan *wireless* saja. Akan tetapi, terhubung juga dengan jaringan *wired*. Agar jaringan *wireless* dapat terhubung dengan jaringan *wired*, maka di sini digunakan *access point*.



Gambar 2.7 Jaringan Infrastruktur
 Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:93



2.7 Komponen Wireless LAN

Komponen *wireless* LAN terdiri atas perangkat berikut ini:

2.7.1 Access point

Pada *wireless* LAN, *device transceiver* disebut sebagai *access point*, dan terhubung pada jaringan kabel pada suatu lokasi yang tetap.

Tugas dari *access point* adalah mengirim dan menerima data. Satu *access point* dapat melayani sejumlah *user*. Umumnya antena *access point* ditempatkan pada tempat yang mampu mencakup area yang diinginkan.



Gambar 2.8 *client* dan *access point*

Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:94

2.7.2 Extension point

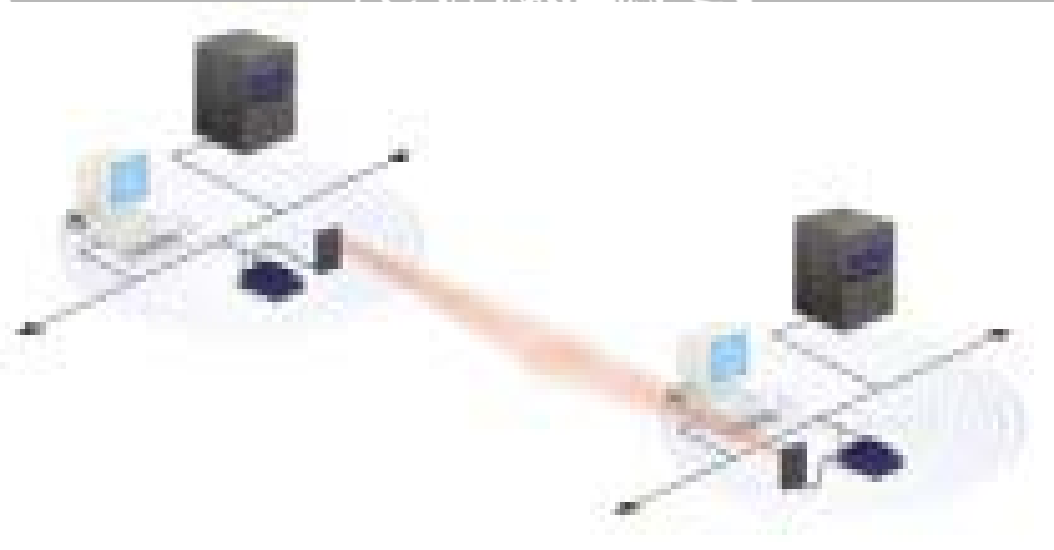
Extension point berfungsi layaknya *repeater* untuk *mengcover* area yang lebih jauh.



Gambar 2.9 penggunaan *extension point*
Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:95

2.7.3 Directional antena

Directional antena digunakan jika diinginkan jaringan antar-2 gedung yang bersebelahan.



Gambar 2.10 penggunaan *directional* antena
Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:95



2.7.4 LAN Adapter

User mengakses *wireless* LAN melewati *wireless LAN Adapter*, yang diimplementasikan sebagai card PC pada *notebook* (PCMCIA card) atau sebagai *card* pada PC. *Wireless LAN adapter* berfungsi sebagai *interface* antara sistem operasi jaringan *client* dengan format *interface* udara yang digunakan.

2.7.5 Pigtail

Pigtail merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghubungkan antara antenna dan PCMCIA *card* sehingga fungsi pigtail seperti adaptor. Pigtail berupa kabel koaksial dengan konektor tipe N pada salah satu ujungnya dan konektor SMA pada ujung yang lainnya. Pada frekuensi 2,4 GHz biasanya digunakan konektor tipe N pada antenna atau kabel *coax*. Pada umumnya *card* Wi-Fi menggunakan konektor SMA.

2.8 IEEE 802.11

Standar 802.11 adalah standar pertama yang menerangkan tentang pengoperasian wireless LAN. Ada 3 standar yang biasa digunakan, yaitu :

- 802.11a

Bekerja pada frekuensi 5Ghz dan menyediakan kecepatan sampai 54 Mbps. Pada standar ini digunakan modulasi OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*). Pada teknik OFDM, gelombang pembawa sebenarnya merupakan kumpulan dari banyak gelombang pembawa (total 52 sinyal carrier) yang dipancarkan secara paralel sekaligus. Setiap kanal OFDM menggunakan frekuensi dengan lebar 300 KHz. Pada kecepatan paling rendah, digunakan teknik modulasi BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) yang dapat mengirim data pada kecepatan 125 Kbps per kanal.

- 802.11b

Digunakan pada frekuensi 2,4 GHz menggunakan dua metode encoding yang berbeda yaitu FHSS dan DSSS. Kecepatan transmisi datanya mencapai 11 Mbps. Komunikasi disebarkan FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) melewati 75 MHz *subchannel* secara terus menerus, sedangkan DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) memecah pita menjadi 14 *overlap* 22 MHz saluran dan menggunakannya satu demi satu.

- 802.11g

Sama seperti standar 802.11 b, pada standar 802.11 g beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz tetapi 802.11 g ini memiliki kecepatan transmisi data sampai 54 Mbps dan menggunakan teknologi OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*).

Pada skripsi ini akan menggunakan standar 802.11b sebagai implementasinya.

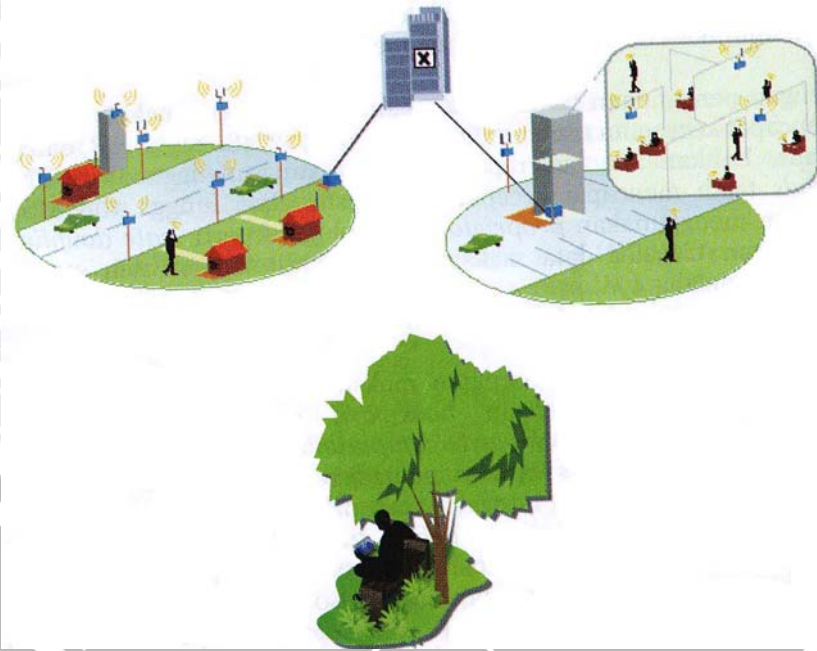
Tabel 2.1 Spesifikasi *Wireless LAN*

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
Dikeluarkan	Juli 1997	September 1999	September 1999	2002
Bandwidth	83.5 MHz	300 MHz	83.5 MHz	83.5 MHz
Frekuensi	2.4 – 2.4835 GHz	5.15-5.35 GHz 5.725-5.825 GHz	2.4-2.4835 GHz	2.4-2.4835 GHz
Data rate	2 Mbps	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps
Tipe modulasi	DSSS, FHSS	OFDM	DSSS	DSSS, OFDM
Coverage area		12 meter	45 meter	18 meter

Sumber : www.wlana.org

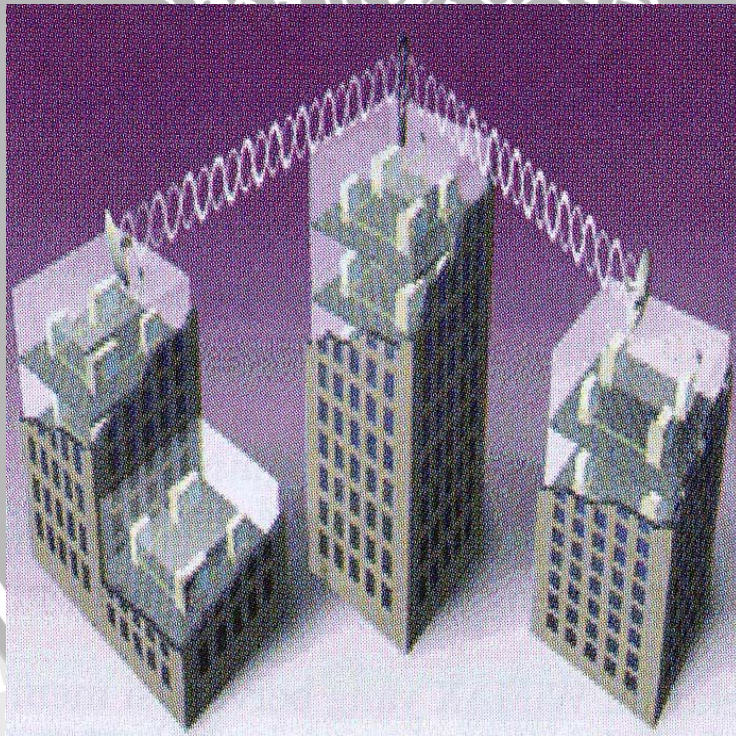
2.9 Aplikasi *Wireless LAN*

Aplikasi *Wireless LAN* dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu *indoor* dan *outdoor*. Di area *indoor wireless LAN* banyak digunakan di area perkantoran (ruang rapat, ruang kerja), kampus (perpustakaan, ruang dosen, ruang seminar). Sedangkan di area *outdoor wireless LAN* banyak dipakai untuk menghubungkan antar gedung, menyediakan area hotspot di taman atau gazebo dan sebagainya.



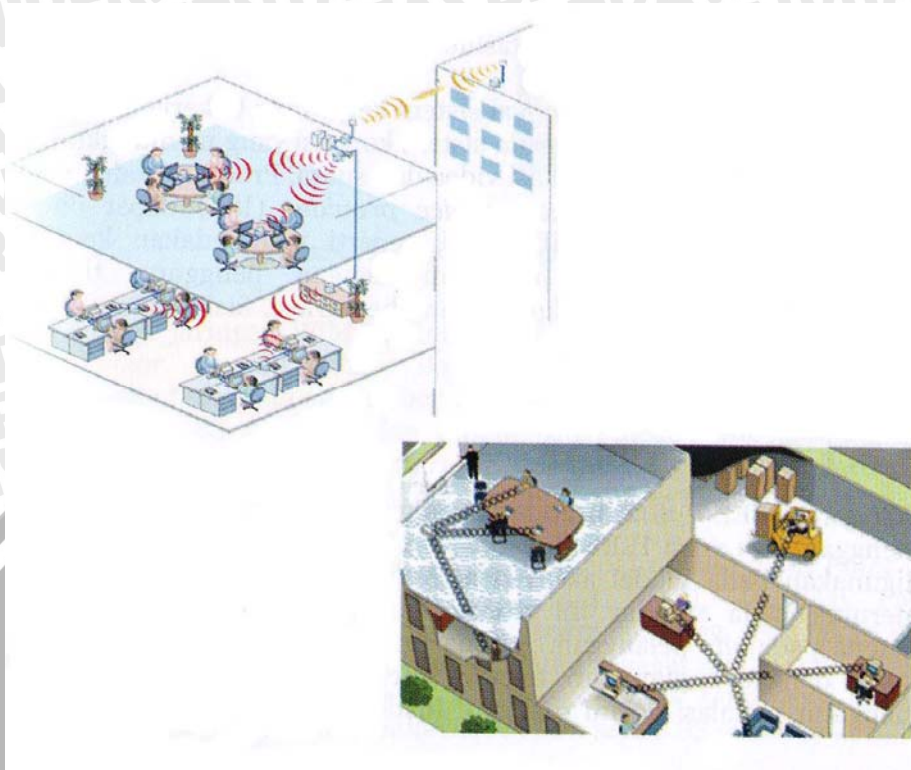
Gambar 2.11 aplikasi *outdoor* wireless LAN

Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:100



Gambar 2.12 *Wireless* LAN untuk menghubungkan antar gedung

Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:101



Gambar 2.13 aplikasi *indoor wireless LAN*
Sumber : Wibisono, Gunawan, 2008:101



BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur

Dalam melakukan studi literatur, kegiatan yang dilakukan adalah :

1. Melakukan kajian pustaka untuk memahami parameter-parameter dalam perencanaan antenna *double biquad*.
2. Perencanaan bentuk fisik antenna, serta pemahaman mengenai antenna *double biquad* itu sendiri.

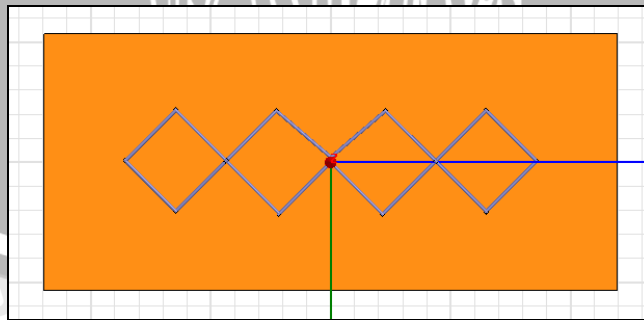
3.2 Perencanaan dan Pembuatan Antena *Double Biquad*

Dalam perencanaan sebuah antenna *double biquad*, kegiatan yang dilakukan adalah:

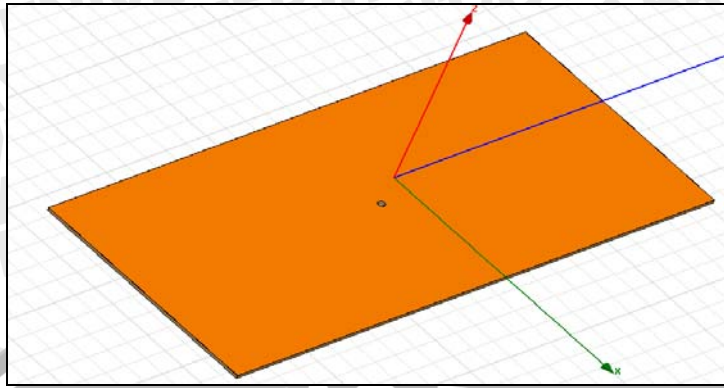
1. Menentukan substrat yang digunakan
2. Penghitungan dimensi antenna. Kemudian hasilnya akan disimulasikan menggunakan *software ansoft*.
3. Jika simulasi sudah mendekati parameter yang diharapkan, maka dilanjutkan dengan pembuatan antenna *double biquad*.

3.3 Bentuk Desain Antena

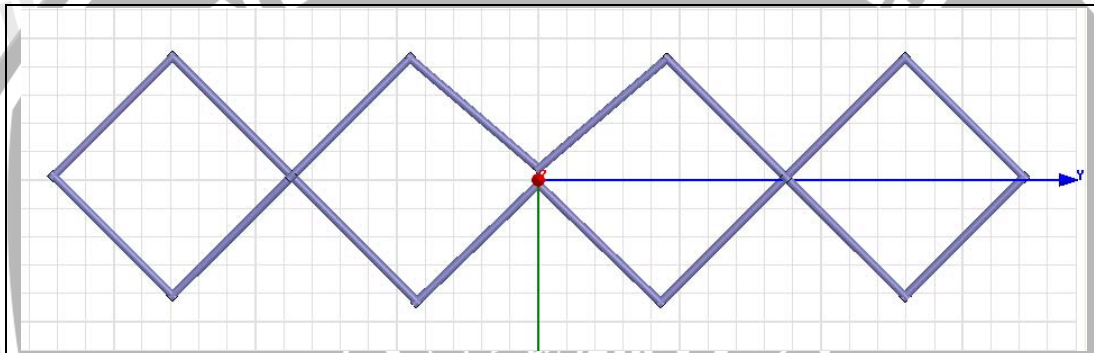
Dalam skripsi ini, bentuk fisik dari desain antenna *double biquad* direncanakan sebagai berikut:



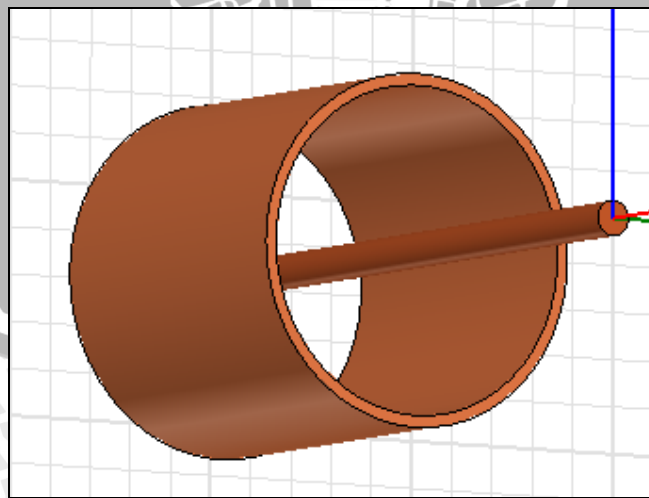
Gambar 3.1 Tampak atas antenna *double biquad*
Sumber: Perencanaan



Gambar 3.2 Bentuk reflektor antenna *double biquad*.
 Sumber: Perencanaan



Gambar 3.3 Bentuk *dipole* antenna *double biquad*.
 Sumber: Perencanaan



Gambar 3.4 Bentuk pipa penyangga antenna *double biquad*.
 Sumber: Perencanaan

3.4 Analisis Hasil Pengukuran Antena *Double Biquad* Hasil Pembuatan

Untuk dapat mengetahui karakteristik dan unjuk kerja dari antena maka dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter antena pada frekuensi kerjanya. Pengukuran ini meliputi:

3.4.1 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul, Impedansi dan VSWR

Alat yang digunakan untuk pengukuran parameter ini adalah *spectrum analyzer* yang dioperasikan pada jangkauan frekuensi tertentu. Standar nilai yang digunakan *return loss* adalah sebesar < -10 dBi dan nilai VSWR sebesar < 2 .

3.4.2 Pengukuran *Gain* Antena

Alat yang digunakan adalah *Sweep Oscillator*, *Spectrum Analyzer* dan 2 buah antena dipole $\lambda/2$ (sebagai antena referensi). Antena ini digunakan sebagai antena standar dengan nilai penguatan sudah diketahui sebelumnya. Penguatan antena ini kemudian dibandingkan dengan penguatan antena yang diukur (antena *double biquad*).

3.4.3 Pengukuran Pola Radiasi

Peralatan yang digunakan adalah *Sweep Oscillator*, *Spectrum Analyzer* dan antena *dipole* $\lambda/2$ sebagai antena referensi. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola radiasi antena pada bidang vertikal maupun horizontal.

3.4.4 Pengukuran Polarisasi

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola perambatan medan listrik dari antena yang dibuat. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antena penerima (antena yang diuji) dengan interfal sudut tertentu (5°) terhadap bidang vertikal sampai 360° .

3.4.5 Penghitungan *Directivity*

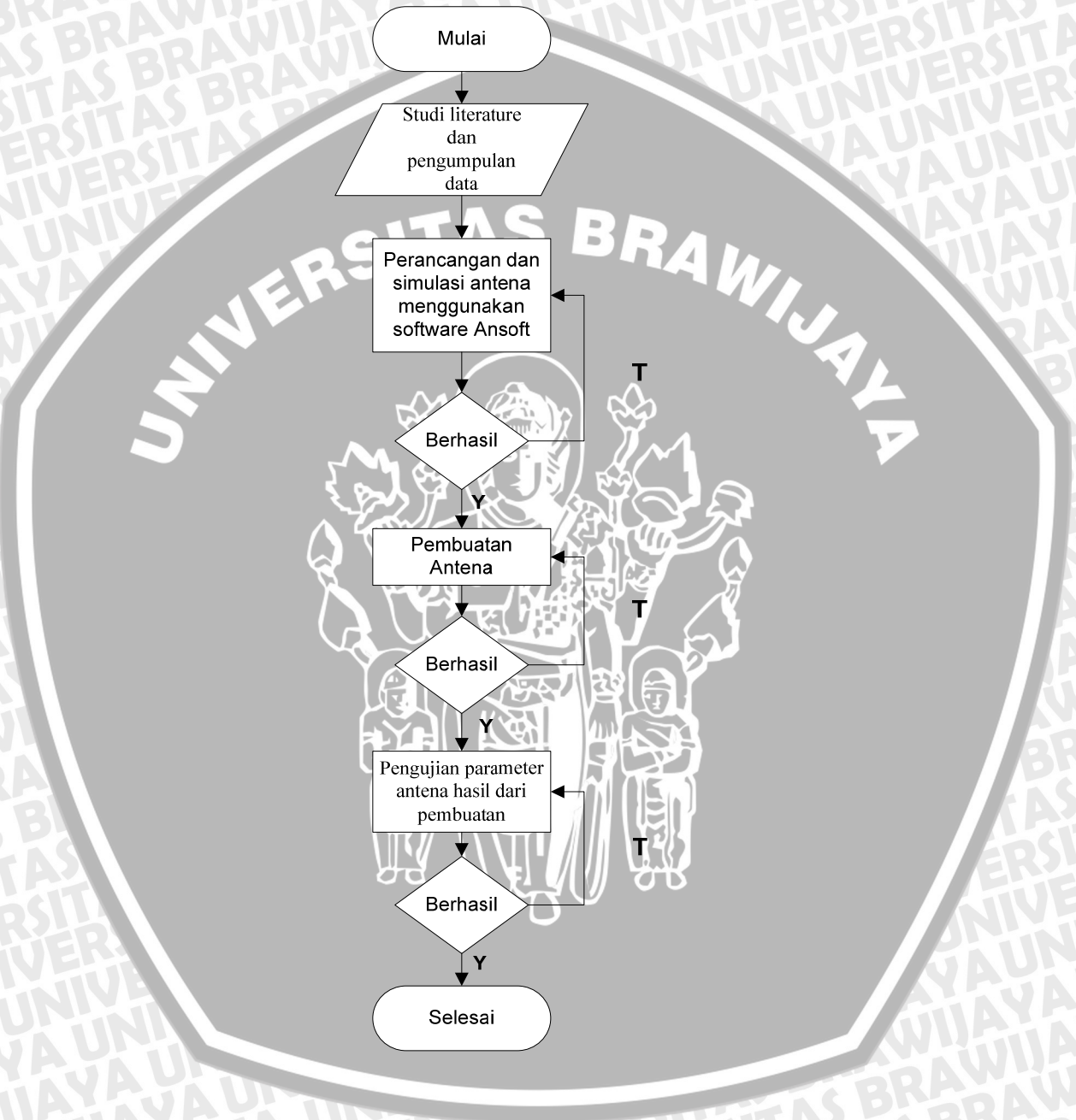
Penghitungan *directivity* ini bertujuan untuk menghitung besarnya nilai keterarahan antena.

3.4.6 Penghitungan *Bandwidth*

Penghitungan ini dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dan frekuensi bawah pada pengukuran nilai VSWR ≤ 2 atau RL < -10 dB.

3.5 Diagram Alir

Secara sistematis prosedur perencanaan antenna dapat dilihat pada diagram alir berikut ini:



3.6 Kalender Rencana Kegiatan

Kegiatan penyusunan skripsi ini direncanakan dikerjakan dalam waktu enam bulan dengan kegiatan setiap bulannya sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan

No.	Kegiatan	Bulan Ke-					
		I	II	III	IV	V	VI
1.	Seminar Proposal						
2.	Studi Literatur						
3.	Pembuatan						
4.	Pengujian						
5.	Penyusunan Laporan						
6.	Seminar Hasil						

Sumber :Perencanaan

3.7 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, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Dasar Teori

Pada bagian ini menjelaskan mengenai teori – teori yang mendasari dan menunjang dalam perencanaan dan pembuatan antena *double biquad* untuk komunikasi WLAN 2,4 GHz.

BAB III Metodologi

Bagian ini menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam penulisan skripsi.

BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Sistem

Bagian ini menjelaskan tentang perencanaan dan pembuatan antena *double biquad* yang digunakan untuk komunikasi WLAN 2,4 GHz.

BAB V Pengujian dan Analisis Sistem

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian dan hasil analisa antena yang direncanakan

BAB VI Penutup

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD*

4.1 Tinjauan Umum

Antena *double biquad* merupakan salah satu jenis antena kawat dengan *dipole loop* berbentuk kubus dimana panjang sisi-sisinya didapat dengan memodifikasi antena *dipole* lipat $\frac{1}{2}\lambda$ yang bagian tengahnya ditarik menjauh sehingga diperoleh panjang masing-masing sisi adalah setengah dari panjang *dipole* lipat $\frac{1}{2}\lambda$ atau sama dengan $\frac{1}{4}\lambda$. Antena *double biquad* memiliki *reflector* dengan permukaan yang lebar dan datar yang letaknya tidak jauh dari *dipolennya* yang bertujuan untuk mengurangi radiasi ke arah belakang.

4.2 Perencanaan Antena *Double Biquad*

Antena *double biquad* ini adalah antena yang terdiri dari sebuah *dipole* dan sebuah reflektor yang dirangkai sedemikian rupa. *Dipole* dari antena *double biquad* ini menggunakan bahan kawat tembaga dengan bentuk empat buah bujur sangkar yang sudutnya berhimpitan. Sedangkan untuk reflektor dari antena ini adalah menggunakan bahan papan PCB polos yang didesain berbentuk segi empat dan lebih lebar dari panjang *dipole* antena.

Langkah-langkah sebelum pembuatan antena *double biquad* ini, terlebih dahulu harus dirancang mengenai dimensi dari antena *double biquad* itu sendiri, sehingga mampu menghasilkan gain yang sesuai dengan spesifikasi standar WLAN 802.11b.

4.2.1 Perhitungan Rugi-rugi Konduktor *Dipole* Antena *Double Biquad*

Rugi-rugi pelemahan sinyal pada konduktor dipengaruhi oleh resistensi pada permukaan konduktor elemen antena (R_s) yang diakibatkan oleh konduktivitas bahan yang digunakan. Karena permukaan konduktor adalah tembaga maka konduktivitas bahan adalah konduktivitas tembaga, sehingga diperoleh :

$$R_s = \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu}{\sigma_c}} \Omega \quad ; \mu = \mu_r \cdot \mu_o$$

Dengan $f=2,4 \cdot 10^9$ Hz; μ_r tembaga = 0,9999981 ; σ tembaga = $6,17 \cdot 10^7$ mho/m;

$Z_o=50 \Omega$; dan $\mu = 0,9999981 \cdot 4 \pi \times 10^{-7} = 1,255999761 \cdot 10^{-6}$ H/m, sehingga didapatkan :

$$R_s = \sqrt{\frac{2,4\pi \cdot 10^9 \times 1,255999761 \cdot 10^{-6}}{6,17 \times 10^7}}$$

$$= 0,006565 \Omega$$

Jika diameter kawat tembaga $w=0,15\text{cm}$ dan Impedansi karakteristik saluran transmisi $Z_0=50 \Omega$, maka dapat diketahui konstanta pelemahan sinyal pada antena *double biquad*, yaitu:

$$\alpha = \frac{8,686}{0,15 \times 50} \times 0,006565 \text{ dB/cm}$$

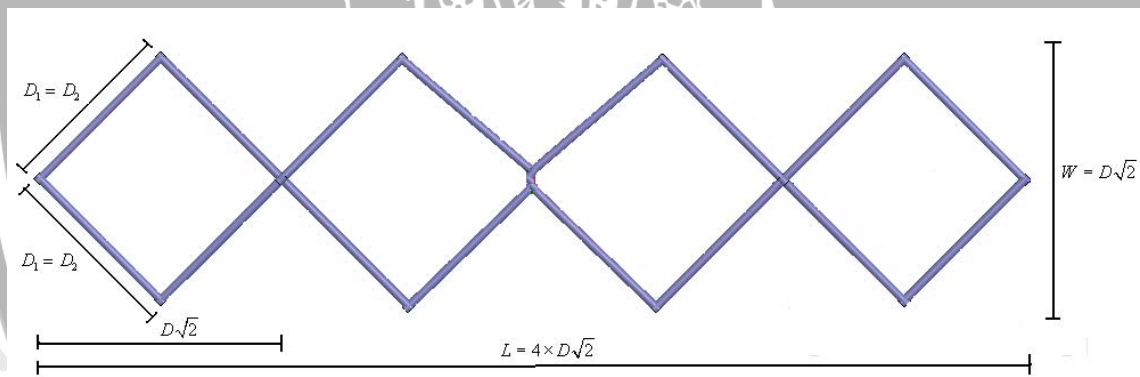
$$\alpha = 4,250 \times 10^{-3} \text{ dB/cm}$$

Sehingga besarnya konstanta pelemahan (α) pada antena *double biquad* adalah:

$$\alpha = 4,250 \times 10^{-3} \text{ dB/cm}$$

4.2.2 Perhitungan Dimensi Antena

4.2.2.1 Perhitungan Dipole Antena



Gambar 4.1 Bentuk dipole antena *double biquad*
 Sumber : perencanaan

Dengan melihat gambar 4.1 kita dapat mengetahui bahwa panjang $D_1=D_2$ hal ini dikarenakan *dipole* antena *double biquad* merupakan susunan empat *dipole* antena *quad* (persegi). antena maka penghitungan dimensi dipole antena *double biquad* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$G = 10 \log \left[\frac{4\pi \cdot L \cdot W}{\lambda_0^2} \right] - \alpha \left[\frac{L+W}{2} \right]$$

Dengan $\lambda_0=12,5\text{cm}$, $\alpha = 4,250 \times 10^{-3} \text{ dB/cm}$ dan gain sesuai spesifikasi standar WLAN 802.11/b=17dB.

Maka dimensi dipole antenna *double biquad* dapat diketahui dengan

$$17 = 10 \log \left[\frac{4.3, 14.LW}{1981, 175708} \right] - (4, 250 \times 10^{-3}) \left[\frac{L+W}{2} \right]$$

Sehingga didapat nilai

$$L \times W = 85, 7629696; L+W=22, 7552$$

Melalui perhitungan substitusi dan persamaan kuadrat maka di dapat nilai

$$L = 17, 9872 \text{ cm dan } W = 4, 7968 \text{ cm}$$

Maka dapat dituliskan

$$L = 4 \times D \sqrt{2}$$

$$179, 872 = 4 \times D \sqrt{2}$$

$$D \sqrt{2} = 4, 4968 \text{ cm}$$

Selanjutnya dapat dicari nilai $D_1 = D_2 = 3, 179717774 \text{ cm}$

4.2.3 Perhitungan Rugi-rugi Konduktor Reflektor Antena *Double Biquad*

Rugi-rugi pelemahan sinyal pada konduktor dipengaruhi oleh resistensi pada permukaan konduktor elemen antena (R_s) yang diakibatkan oleh konduktivitas bahan yang digunakan. Karena permukaan konduktor adalah tembaga maka konduktivitas bahan adalah konduktivitas tembaga, sehingga diperoleh :

$$R_s = \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu}{\sigma_c}} \Omega \quad ; \mu = \mu_r \cdot \mu_o$$

Dengan $f=2,4 \cdot 10^9$ Hz; μ_r tembaga = 0,99999981 ; σ tembaga = $6,17 \cdot 10^7$ mho/m; $Z_o=50 \Omega$; dan $\mu = 0,99999981 \cdot 4 \pi \times 10^{-7} = 1,255999761 \cdot 10^{-6}$ H/m, sehingga didapatkan :

$$R_s = \sqrt{\frac{2, 4 \pi \cdot 10^9 \times 1, 255999761 \cdot 10^{-6}}{6, 17 \times 10^7}}$$

$$= 0, 006565 \Omega$$

Jika ketebalan tembaga $w=0,01 \text{ cm}$ dan Impedansi karakteristik saluran transmisi $Z_o=50 \Omega$, maka dapat diketahui konstanta pelemahan sinyal pada antena *double biquad*, yaitu:

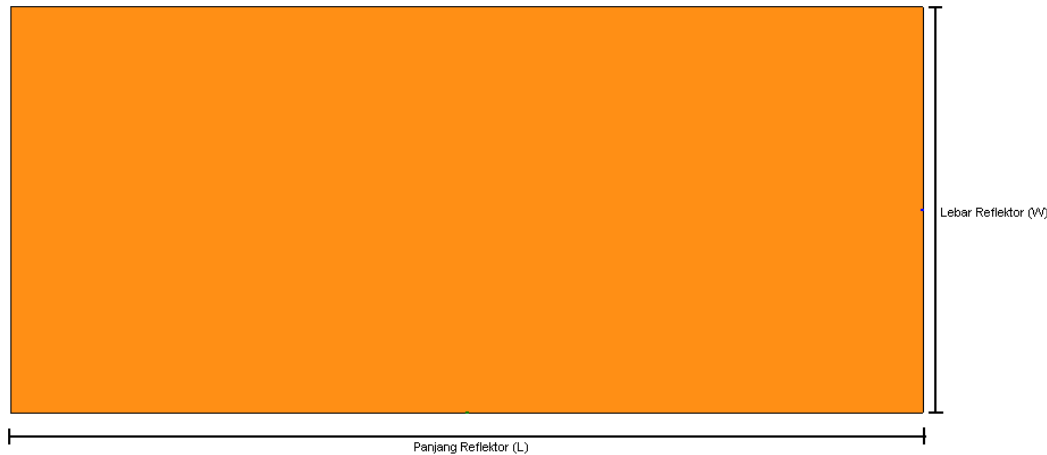
$$\alpha = \frac{8, 686}{0, 01 \times 50} \times 0, 006565 \text{ dB / cm}$$

$$\alpha = 6, 720418 \times 10^{-3} \text{ dB / cm}$$

Sehingga besarnya konstanta pelemahan (α) pada reflektor antenna *double biquad* adalah:

$$\alpha = 6,720418 \times 10^{-3} \text{ dB/cm}$$

4.2.3.1 Perhitungan Reflektor Antena



Gambar 4.2 bentuk reflektor antenna *double biquad*

Sumber : perencanaan

Dengan melihat gambar 4.2 maka penghitungan dimensi reflektor antenna *double biquad* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$G = 10 \log \left[\frac{4\pi \cdot L \cdot W}{\lambda_o^2} \right] - \alpha \left[\frac{L+W}{2} \right]$$

Dengan $\lambda_o = 12,5 \text{ cm}$, $\alpha = 1,1404718 \times 10^{-3} \text{ dB/cm}$ dan gain sesuai spesifikasi standar WLAN 802.11b = 17dB.

Maka dimensi reflektor antenna *double biquad* dapat diketahui dengan

$$17 = 10 \log \left[\frac{4,3,14 \cdot L \cdot W}{1981,175708} \right] - (6,720418 \times 10^{-3}) \left[\frac{L+W}{2} \right]$$

Sehingga didapat nilai

Panjang reflektor = $L = 19,6548 \text{ cm}$

Lebar reflektor = $W = 4,9137 \text{ cm}$

4.2.4 Perhitungan Celah Antara Dipole Dengan Reflektor

Untuk menentukan lebar celah antara reflektor dengan dipole, terlebih dahulu kita harus mengetahui nilai impedansi karakteristik saluran (Z_o), Karena menggunakan kabel koaksial 50Ω , maka nilai $Z_o=50\Omega$

Maka lebar celah (s) reflektor dengan dipole dapat diperoleh dengan:

$$S = d_n \cos\left(\frac{Z_o}{120}\right)$$

Dengan :

S = lebar celah reflektor dengan dipole

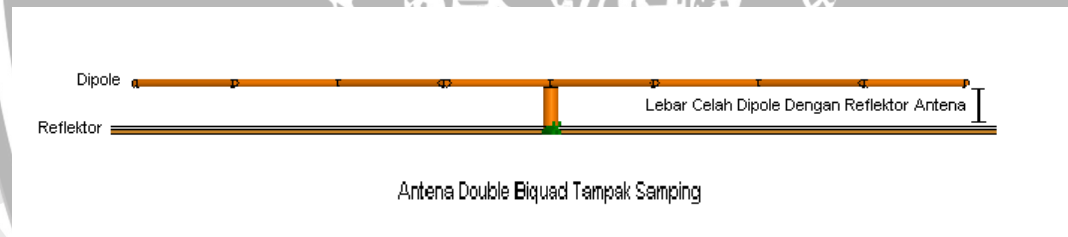
d_n = diameter penampang elemen (15mm)

Z_o = nilai impedansi karakteristik saluran

$$S = d_n \cos\left(\frac{Z_o}{120}\right)$$

$$= 15 \cos\left(\frac{50}{120}\right)$$

$$= 14,99960336 \text{ mm}$$



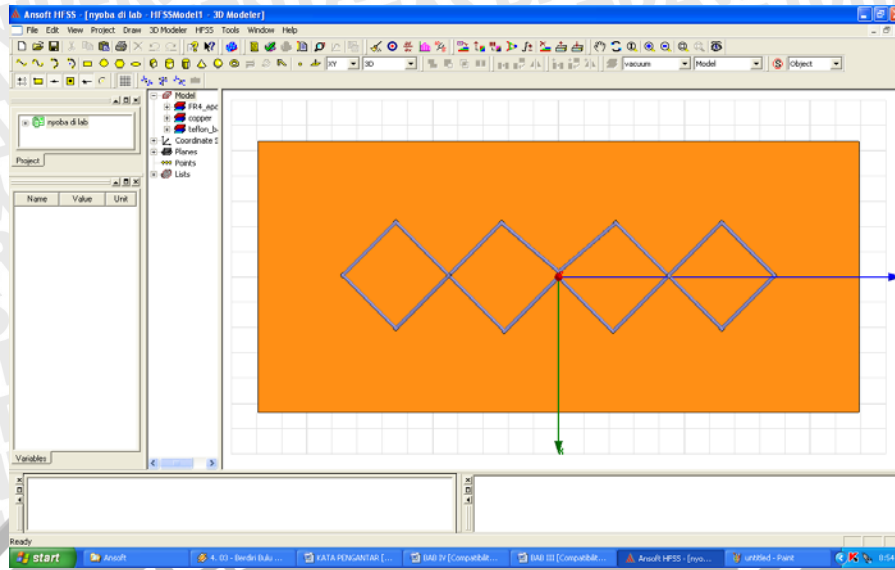
Gambar 4.3 tampak samping antena *double biquad*

Sumber : perencanaan

4.3 Perencanaan Antena *Double Biquad* dengan Simulator

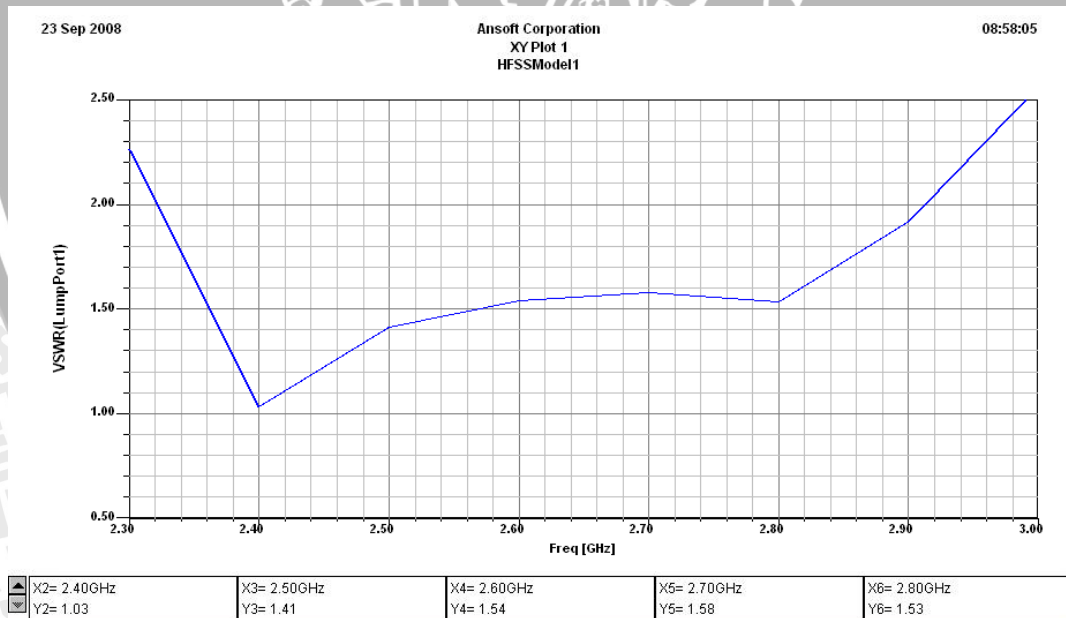
Pada perencanaan antena ini, setelah menghitung beberapa dimensi antena yang diperlukan selanjutnya dilakukan pensimulasian terhadap antena hasil perencanaan dengan menggunakan simulator Ansoft yang nantinya diharapkan mendapat hasil yang mendekati dengan yang diinginkan.

Dengan memasukkan dimensi antena hasil perhitungan ke dalam simulator, menghasilkan keluaran gambar sebagai berikut :



Gambar 4.1 Antena *double biquad* hasil perencanaan (sumber : Simulasi)

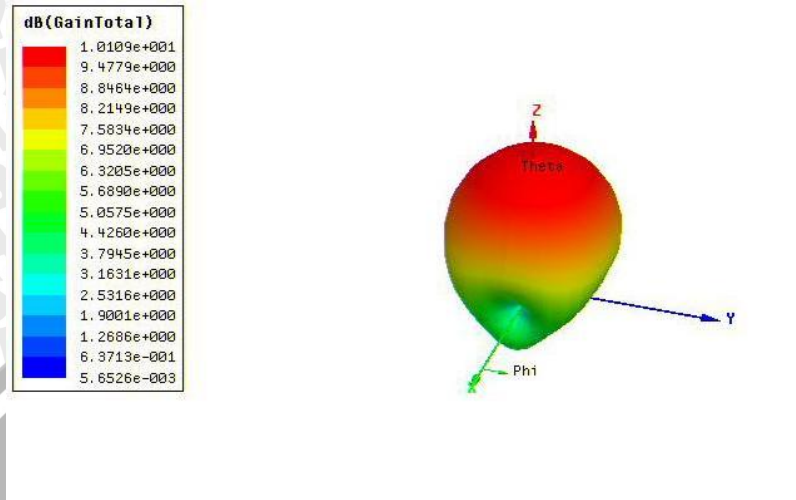
Kemudian dilakukan simulasi terhadap antena *double biquad* untuk dapat mengetahui besarnya nilai VSWR yang dihasilkan oleh antena hasil perencanaan. Adapun hasil simulasi tersebut sebagai berikut :



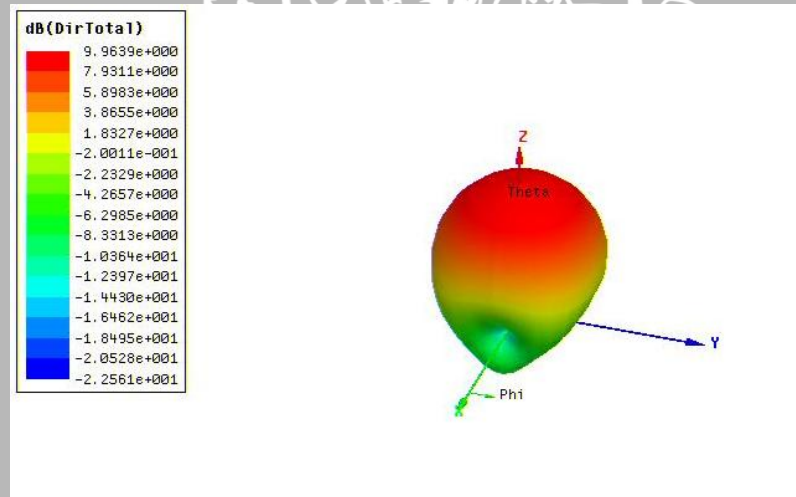
Gambar 4.2 Hasil simulasi VSWR antena *double biquad* hasil perencanaan (Sumber : Simulasi)

Simulasi pada Gambar 4.2 menunjukkan nilai VSWR antena *double biquad* hasil perencanaan. Untuk nilai VSWR sebuah antena dapat bekerja jika nilai VSWR < 2. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa antena *double biquad* hasil perencanaan sudah

memiliki VSWR < 2 sehingga diharapkan antenna dapat bekerja pada frekuensi kerja 2,4 GHz.



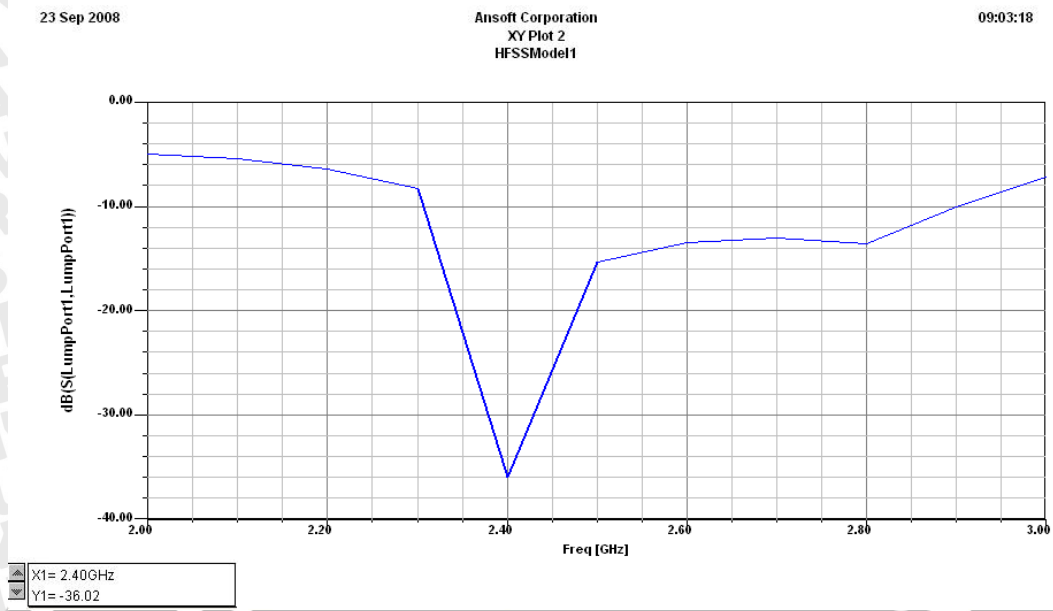
Gambar 4.3 Gain antenna double biquad hasil perencanaan (Sumber : simulasi)



Gambar 4.4 Directivity antenna double biquad hasil perencanaan (Sumber : simulasi)

Pada Gambar 4.3 ditunjukkan hasil simulasi dari nilai Gain antenna double biquad hasil perencanaan secara 3 dimensi dan untuk nilai Direktivinya ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Dari gambar hasil simulasi, dapat diketahui besarnya nilai gain dari antenna double biquad adalah 10.109 dB, sedangkan untuk besarnya nilai Directivity dari hasil simulasi dapat diketahui sebesar 9,963 dB



Gambar 4.5 Hasil simulasi S11
(Sumber : Simulasi)

Simulasi pada Gambar 4.5 menunjukkan nilai S11. Untuk nilai S11 sebuah antenna dapat bekerja jika nilai S11 < -10 dB. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa antenna sudah memiliki nilai S11 < -10, sehingga diharapkan antenna dapat bekerja.

4.4 Pembuatan Antena *Double Biquad*

4.4.1 Alat-Alat dan Bahan Yang Digunakan

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

1. Papan PCB polos
2. Kawat tembaga
3. Konektor antenna N-Female (merek KINGS)
4. Mur-Baut
5. Tang potong
6. Solder 200W
7. Bor tangan
8. Timah solder
9. Pemotong mika
10. Pensil
11. Penggaris
12. Pena marker

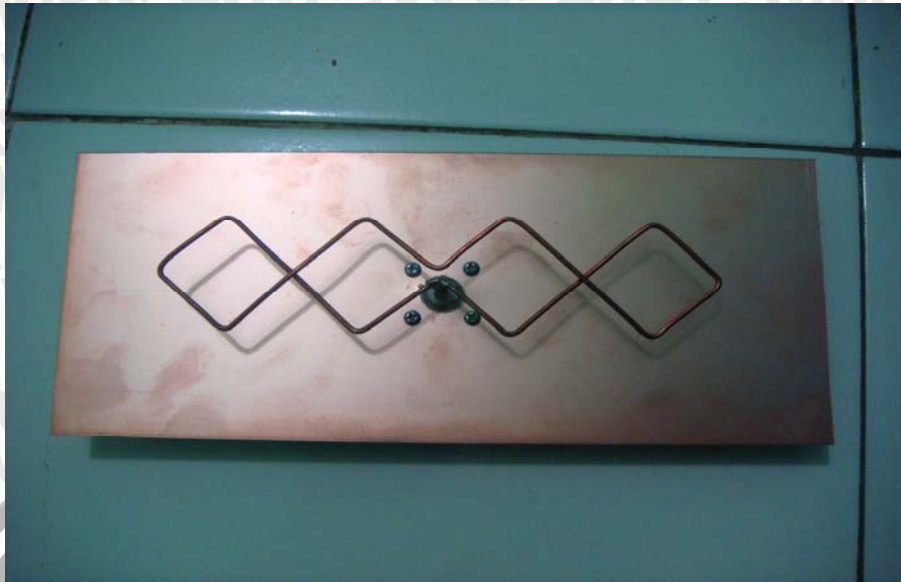
4.4.2 Proses Pembuatan Fisik Antena *Double Biquad*

Setelah semua dimensi antena diketahui, selanjutnya akan dibuat bentuk fisik antena sesuai dengan dimensi hasil perhitungan tersebut. Pembuatan antena dimulai dengan pembuatan reflektor dengan menggunakan papan PCB polos yang dipotong dengan panjang 238,5 mm dan lebar 106,5 mm. Selanjutnya pada bagian tengah papan PCB dibuatkan lubang sehingga konektor *N-female* yang sudah kita siapkan sebelumnya bisa masuk ke lubang tersebut. Kemudian satukan papan PCB dengan konektor *N-female* dengan menggunakan mur-baut.

Langkah selanjutnya adalah pembuatan elemen *dipolenya*. Elemen *dipole* pada antena ini merupakan *dipole* lipat dengan bentuk empat buah bujur sangkar. Panjang sisi dari *dipole* ini sebesar 31,25 mm sesuai dengan hasil perhitungan. Pasangkan *dipole* tersebut dengan kawat tembaga yang telah disolderkan pada konektor *N-female*.



Gambar 4.6 Peralatan dan bahan yang digunakan
(Sumber: Pembuatan)



Gambar 4.7 Bentuk fisik antena *double biquad* hasil pembuatan tampak atas
(Sumber: Pembuatan)



Gambar 4.8 Bentuk fisik antena *double biquad* hasil pembuatan tampak samping
(Sumber: Pembuatan)

BAB V

ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* HASIL PEMBUATAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan menguraikan prosedur dalam pengukuran parameter-parameter antena, hasil pengukuran yang diperoleh, serta analisisnya. Tujuan dari pengukuran antena guna mengetahui bagaimana karakteristik dan unjuk kerja dari antena hasil pembuatan. Karakteristik dari antena hasil pembuatan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran terhadap parameter-parameter antena tersebut pada frekuensi kerjanya. Adapun parameter-parameter antena yang diukur dalam skripsi ini meliputi :

- Pengukuran *Return Loss*
- Pengukuran VSWR
- Pengukuran Koefisien Pantul
- Pengukuran Impedansi
- Pengukuran *Gain*
- Pengukuran Pola Radiasi
- Pengukuran Polarisasi
- Penghitungan *Bandwidth*
- Penghitungan *Directivity*

Pengukuran parameter-parameter antena tersebut dilaksanakan di laboratorium *microwave* Institut Teknologi TELKOM Bandung.

5.2 Pengukuran *Return Loss* Antena

5.2.1 Tujuan

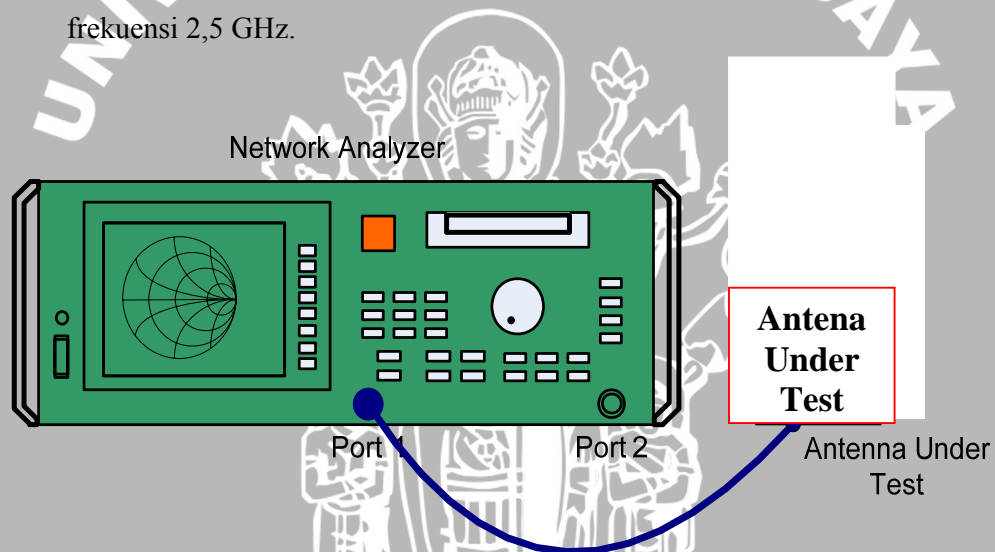
Adapun tujuan dari pengukuran ini adalah untuk dapat mengetahui nilai *return loss* antena hasil pembuatan.

5.2.2 Alat-alat yang digunakan

1. *Network analyzer* Agilent 8714ES 300KHz-3GHz
2. Antena uji (antena *double biquad*)
3. Kabel koaksial
4. N-Connector

5.2.3 Prosedur Pengukuran

1. Pertama kita hidupkan alat ukur *network analyzer* dan tunggu ± 15 menit untuk persiapan pengukuran.
2. Hubungkan kabel koaksial dengan alat ukur *network analyzer*.
3. Kalibrasi alat ukur *spectrum analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-8.
4. Hubungkan *network analyzer* dengan antena uji (*antena double biquad*).
5. Atur alat ukur *network analyzer* pada frekuensi 2,3 GHz.
6. Untuk mencari menu yang kita inginkan cari menu format pada *network analyzer* lalu pilih menu Log Mag untuk mengetahui nilai *return loss*.
7. Catat nilai *return loss* yang ditunjukkan oleh alat ukur *network analyzer*.
8. Ulangi langkah 5 dan 6 untuk setiap kenaikan frekuensi 25 MHz sampai frekuensi 2,5 GHz.



Gambar 5.1 Konfigurasi pengukuran *return loss*, VSWR, Impedansi, dan koefisien pantul antena (Sumber : Pengukuran)

5.2.4 Hasil pengukuran

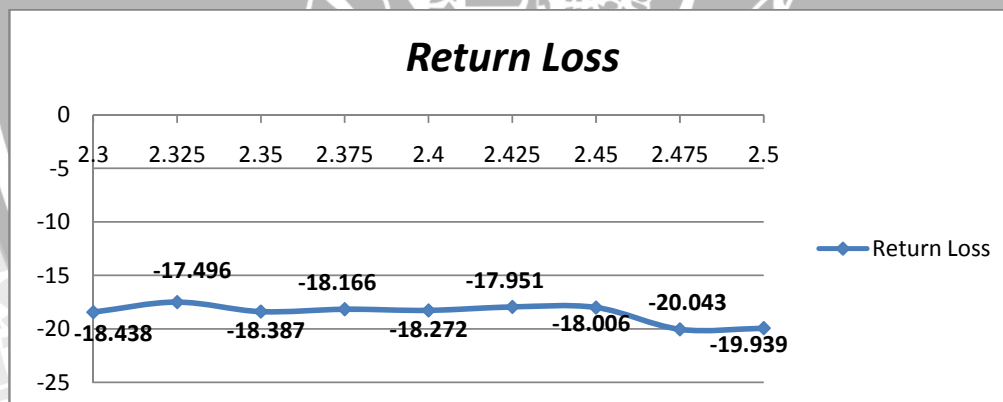
Dari hasil pengukuran *return loss* pada *network analyzer*, selanjutnya dapat dibuat tabel nilai *return loss* untuk antena *double biquad* hasil pembuatan sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil pengukuran *return loss* antenna uji

No.	Frekuensi (GHz)	<i>Return Loss</i> (RL)
1.	2,3	-18,438
2.	2,325	-17,496
3.	2,35	-18,387
4.	2,375	-18,166
5.	2,4	-18,272
6.	2,425	-17,951
7.	2,45	-18,006
8.	2,475	-20,043
9.	2,5	-19,939

Sumber : Pengukuran

Setelah didapatkan data tersebut, selanjutnya dapat dibuat grafik fungsi *return loss* terhadap frekuensi yang ditunjukkan oleh gambar berikut :

Gambar 5.2 Fungsi *return loss* terhadap frekuensi

(Sumber : Pengukuran)

5.2.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diketahui antenna *double biquad* ini memiliki nilai *return loss* yang berbeda-beda pada setiap perubahan frekuensinya. Pada frekuensi kerja 2,4 GHz, antenna memiliki nilai *return loss* sebesar -13,994dB. Hal ini

berarti antenna dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas yang diijinkan yakni $< -10\text{dB}$.

5.3 Pengukuran VSWR Antena

5.3.1 Tujuan

Adapun tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui nilai VSWR dari antena *double biquad* hasil pembuatan.

5.3.2 Alat-alat yang digunakan

1. *Network analyzer* Agilent 8714ES 300KHz-3GHz
2. Antena uji (antena *double biquad*)
3. Kabel koaksial
4. N-Connector

5.3.3 Prosedur Pengukuran

1. Pertama kita hidupkan alat ukur *network analyzer* dan tunggu ± 15 menit untuk persiapan pengukuran.
2. Hubungkan kabel koaksial dengan alat ukur *network analyzer*.
3. Kalibrasi alat ukur *spectrum analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-8.
4. Hubungkan *network analyzer* dengan antena uji (antena *double biquad*).
5. Atur alat ukur *network analyzer* pada frekuensi 2,3 GHz.
6. Untuk mencari menu yang kita inginkan cari menu format pada *network analyzer* lalu pilih menu VSWR.
7. Catat nilai VSWR yang ditunjukkan oleh alat ukur *network analyzer*.
8. Ulangi langkah 5 dan 6 untuk setiap kenaikan frekuensi 25 MHz sampai frekuensi 2,5 GHz.

5.3.4 Hasil Pengukuran

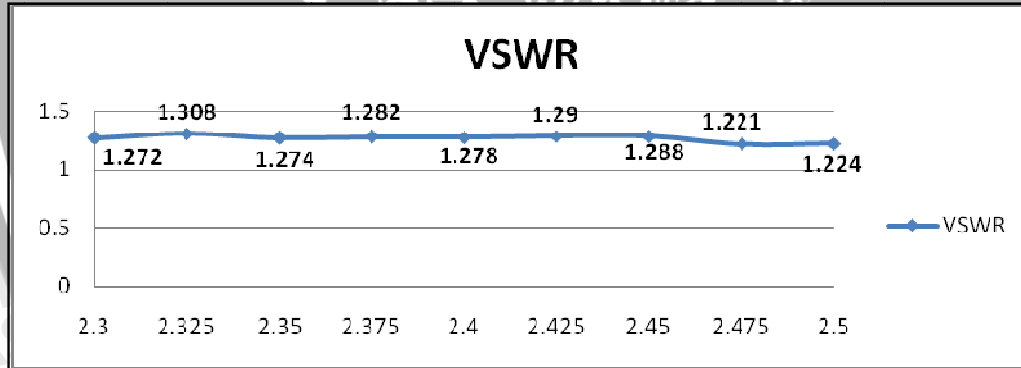
Dari hasil pengukuran VSWR pada *network analyzer*, selanjutnya dapat dibuat tabel nilai VSWR untuk antena *double biquad* hasil pembuatan sebagai berikut :

Tabel 5.2 Hasil pengukuran VSWR antena *double biquad* hasil pembuatan

No.	Frekuensi (GHz)	VSWR
1.	2,3	1,272
2.	2,325	1,308
3.	2,35	1,274
4.	2,375	1,282
5.	2,4	1,278
6.	2,425	1,290
7.	2,45	1,288
8.	2,475	1,221
9.	2,5	1,224

Sumber : Pengukuran

Berdasarkan hasil perhitungan nilai VSWR antena *double biquad* di atas, maka dapat dibuat grafik fungsi nilai VSWR terhadap frekuensi sebagai berikut :



Gambar 5.3 Fungsi VSWR terhadap frekuensi

(Sumber : Pengukuran)

5.3.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, antena *double biquad* ini memiliki nilai VSWR yang berbeda-beda pada setiap perubahan frekuensinya. Pada frekuensi kerja 2,4 GHz antena memiliki nilai VSWR sebesar 1,278. Hal ini berarti antena ini dapat bekerja pada frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 \leq \text{VSWR} < 2$.

5.4 Pengukuran Koefisien Pantul Antena

5.4.1 Tujuan

Adapun tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui nilai koefisien pantul dari antena *double biquad* hasil pembuatan.

5.4.2 Alat-alat yang digunakan

1. *Network analyzer* Agilent 8714ES 300KHz-3GHz
2. Antena uji (antena *double biquad*)
3. Kabel koaksial
4. N-Connector

5.4.3 Prosedur Pengukuran

1. Pertama kita hidupkan alat ukur *network analyzer* dan tunggu ± 15 menit untuk persiapan pengukuran.
2. Hubungkan kabel koaksial dengan alat ukur *network analyzer*.
3. Kalibrasi alat ukur *spectrum analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-8.
4. Hubungkan *network analyzer* dengan antena uji (antena *double biquad*).
5. Atur alat ukur *network analyzer* pada frekuensi 2,3 GHz.
6. Untuk mencari menu yang kita inginkan cari menu format pada *network analyzer* lalu pilih menu Lin Mag untuk mengetahui nilai dari Koefisien Pantul.
7. Catat nilai koefisien pantul yang ditunjukkan oleh alat ukur *network analyzer*.
8. Ulangi langkah 5 dan 6 untuk setiap kenaikan frekuensi 25 MHz sampai frekuensi 2,5 GHz.

5.4.4 Hasil Pengukuran

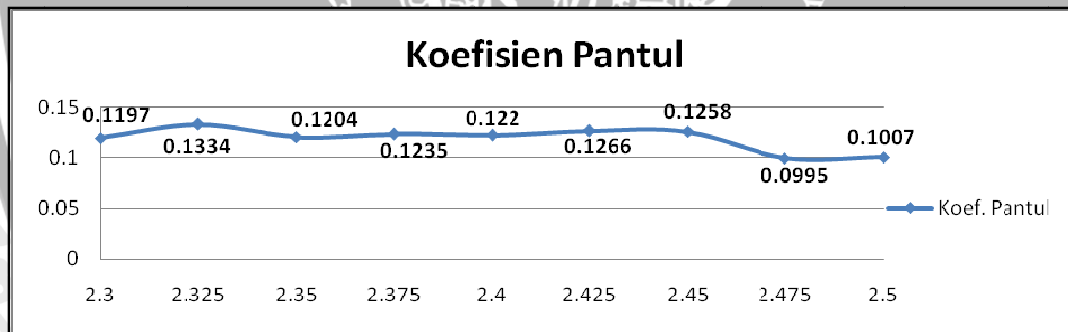
Dari hasil pengukuran Koefisien Pantul pada *network analyzer*, selanjutnya dapat dibuat tabel nilai Koefisien Pantul untuk antena *double biquad* hasil pembuatan sebagai berikut :

Tabel 5.3 Hasil pengukuran koefisien pantul antenna *double biquad* hasil pembuatan

No.	Frekuensi (GHz)	Koefisien pantul $ \Gamma $
1.	2,3	0,1197
2.	2,325	0,1134
3.	2,35	0,1204
4.	2,375	0,1235
5.	2,4	0,122
6.	2,425	0,1266
7.	2,45	0,1258
8.	2,475	0,0995
9.	2,5	0,1007

Sumber : Pengukuran

Berdasarkan tabel nilai koefisien pantul antenna *double biquad* di atas, maka dapat dibuat grafik fungsi nilai koefisien pantul terhadap frekuensi sebagai berikut:



Gambar 5.4 Fungsi koefisien pantul terhadap frekuensi

(Sumber : Pengukuran)

5.4.5 Analisis Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran yang dilakukan, dapat diketahui Untuk frekuensi kerja 2,4 GHz, antenna *double biquad* memiliki nilai koefisien pantul sebesar 0,122.

5.5 Pengukuran Impedansi Antena

5.5.1 Tujuan

Adapun tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui nilai impedansi dari antena hasil pembuatan (antena *double biquad*).

5.5.2 Alat-alat yang digunakan

1. *Network analyzer* agilent 8714ES 300KHz-3GHz
2. Antena uji (antena *double biquad*)
3. Kabel koaksial
4. N-Connector

5.5.3 Prosedur Pengukuran

1. Pertama kita hidupkan alat ukur *network analyzer* dan tunggu ± 15 menit untuk persiapan pengukuran.
2. Hubungkan kabel koaksial dengan alat ukur *network analyzer*.
3. Kalibrasi alat ukur *spectrum analyzer* yang telah dihubungkan kabel koaksial RG-8.
4. Hubungkan *network analyzer* dengan antena uji (antena *double biquad*).
5. Atur alat ukur *network analyzer* pada frekuensi 2,3 GHz.
6. Untuk mencari menu yang kita inginkan cari menu format pada *network analyzer* lalu pilih menu Lin Mag untuk mengetahui nilai dari impedansi antena.
7. Catat nilai impedansi yang ditunjukkan oleh alat ukur *network analyzer*.
8. Ulangi langkah 5 dan 6 untuk setiap kenaikan frekuensi 25 MHz sampai frekuensi 2,5 GHz.

5.5.4 Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran impedansi kemudian dapat dibuat tabel nilai impedansi antena sebagai berikut:

Tabel 5.4 Hasil pengukuran impedansi antena *double biquad* hasil pembuatan

No.	Frekuensi (GHz)	Impedansi ZA (Ω)
1.	2,3	63,50 + j2,604
2.	2,325	65,39 + j4,342
3.	2,35	63,68 + j5,396
4.	2,375	64,09 + j1,002
5.	2,4	63,89 + j5,445
6.	2,425	64,49 + j2,314
7.	2,45	64,39 + j1,068
8.	2,475	61,04 - j1,204
9.	2,5	61,19 - j3,155

Sumber : Pengukuran

5.5.5 Analisis Hasil Pengukuran

Pada tabel hasil pengukuran, terlihat bahwa nilai impedansi antena pada frekuensi kerja 2,4 GHz adalah $63,89 + j5,445 \Omega$.

5.6 Pengukuran Gain Antena

5.6.1 Tujuan

Adapun tujuan dari pengukuran *gain* antena adalah untuk mengetahui besar penguatan antena uji dibandingkan dengan penguatan antena referensi yang digunakan.

5.6.2 Alat-alat yang digunakan

1. Sweep oscilator 8350 B Hawlett Packard
2. Spectrum analyzer 8563E Hawlett Packard 30Hz – 26,5 GHz
3. Antena referensi
4. Antena uji (antena *double biquad*)
5. Kabel koaksial
6. N – conecctor
7. Tiang penyangga antena

5.6.3 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai peralatan yang digunakan seperti pada gambar 5.5.
2. Antena referensi *dipole* $0,5 \lambda$ dipasang sebagai antena pemancar dan yang kedua dipasang sebagai antena referensi pada penerima.
3. *Sweep oscillator* diatur pada frekuensi 2,4 GHz dan catat daya antena *dipole* $0,5 \lambda$ yang terukur pada *spectrum analyzer*.
4. Antena *dipole* $0,5 \lambda$ pada penerima (referensi) diganti dengan antena uji (antena *double biquad*) hasil pembuatan.
5. Bandingkanlah kedua hasil, kemudian *gain* antena hasil pengukuran dihitung dengan persamaan 4-3 :

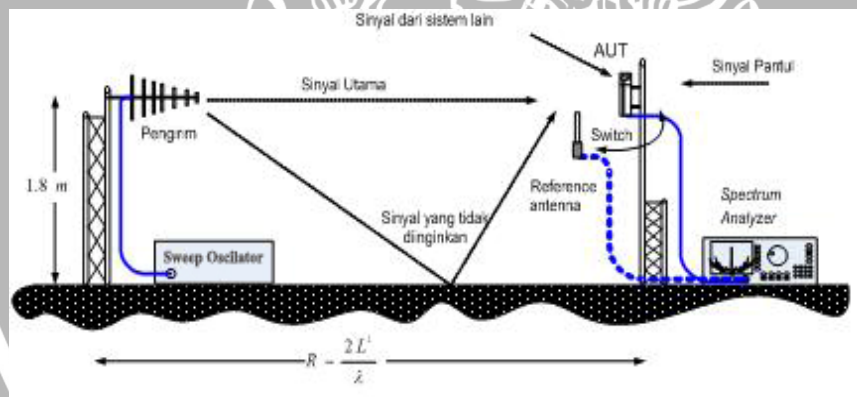
$$G_{AUT(dBi)} = P_{RX(dBm)} - P_{ref(dBm)} + 2.14 \text{ dBi}$$

dimana :

$G_{AUT(dBi)}$ = *gain* antena yang diukur

$P_{RX(dBm)}$ = level daya terima antena yang diukur

$P_{REF(dBm)}$ = level daya terima antena referensi



Gambar 5.5 Rangkaian Pengukuran *Gain* Antena

(Sumber : Pengukuran)

5.6.4 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran *gain* antena ini, akan diperoleh parameter-parameter yaitu daya antena referensi (P_{ref}), daya antena yang diuji (P_{RX}), dan penguatan antena yang diuji (G) pada frekuensi 2,4,GHz. Pada proses pengukuran, pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali karena adanya fluktuasi di level daya penerimaan yang

kemudian nantinya diambil rata-rata. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Gain

No.	$P_{ref} (dBm)$	$P_{RX} (dBm)$
1.	-43,67	-33,17
2.	-42,33	-33,50
3.	-43,50	-33,00
4.	-44,00	-33,33
5.	-43,17	-33,57
6.	-44,83	-32,83
7.	-44,17	-32,00
8.	-42,57	-33,67
9.	-43,13	-32,17
10.	-42,50	-32,83

Sumber : Pengukuran

Dengan merata-ratakan hasil pengukuran gain di atas, maka didapatkan nilai $P_{RX} = -33,007 \text{ dBm}$ dan nilai $P_{ref} = -43,387 \text{ dBm}$

Nilai penguatan antenna (G) yang diuji dapat diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan:

$$G_{AUT(dBi)} = P_{RX(dBm)} - P_{ref(dBm)} + 2.14 \text{ dBi}$$

dimana :

$G_{AUT(dBi)}$ = gain antenna yang diukur

$P_{RX(dBm)}$ = level daya terima antenna yang diukur

$P_{REF(dBm)}$ = level daya terima antenna referensi

Maka dengan menggunakan persamaan di atas didapatkan nilai Gain :

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= -33,007 \text{ dBm} - (-43,387 \text{ dBm}) + 2,14 \text{ dBi} \\ &= -33,007 + 43,387 + 2,14 \\ &= 12,520 \text{ dBi} \end{aligned}$$



5.6.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang dilakukan, pada frekuensi kerja antenna yaitu 2,4 GHz memiliki nilai *gain* sebesar 12,520 dBi.

5.7 Pengukuran Pola Radiasi

5.7.1 Tujuan

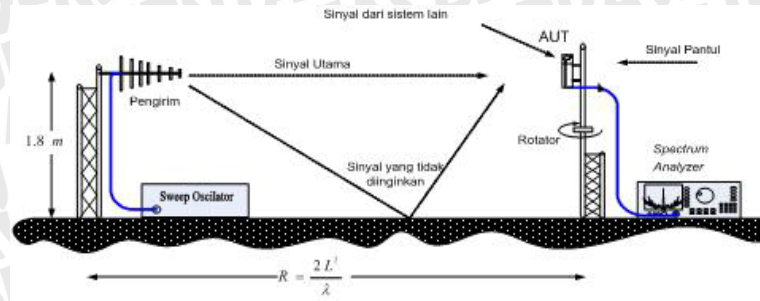
Adapun tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui bentuk pola radiasi antenna *double biquad* hasil pembuatan.

5.7.2 Alat-alat yang digunakan

1. *Spectrum analyzer 8563E Hewlett Packard* 30Hz – 26,5 GHz
2. *Sweep oscilator 8350 B Hewlett Packard*
2. Antena referensi
3. Antena uji (antena *double biquad*)
4. Kabel koaksial
5. N – *conecctor*
6. Tiang penyangga antenna

5.7.3 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai antenna pemancar dengan menghubungkan *sweep oscilator* menggunakan kabel koaksial RG-8 seperti ditunjukkan dalam gambar 5.6.
2. Merangkai antenna uji (antena *double biquad*) sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer* menggunakan kabel koaksial RG-8.
3. Mengatur *sweep oscilator* pada frekuensi 2,4 GHz.
4. Putar antenna uji (antena *double biquad*) secara horizontal, dari 0° sampai 360° dengan interval 5° dan catat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.
6. Putar antenna pemancar dan antenna uji (antena *double biquad*) pada sumbunya sejauh 90°, untuk mendapatkan nilai pola radiasi vertikal.
7. Ulangi langkah 3 sampai 5.



Gambar 5.6 Rangkaian pengukuran pola radiasi antenna
(Sumber : Pengukuran)

5.7.4 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antenna uji (antenna *double biquad*). Adapun pola radiasi yang diperoleh adalah pola radiasi bidang horizontal dan vertikal. Hasil dari pengukuran tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Pola Radiasi Bidang Horizontal

Tabel 5.6 Hasil pengukuran pola radiasi bidang horizontal antenna *double biquad* hasil pembuatan

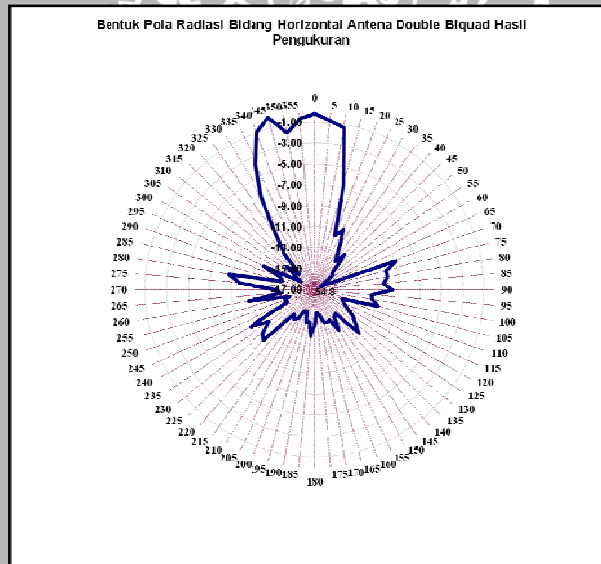
Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-33.83	-34.17	-34.00	-0.25
5	-34.50	-34.67	-34.58	-0.83
10	-35.00	-35.17	-35.08	-1.33
15	-40.33	-40.50	-40.41	-6.66
20	-45.33	-45.17	-45.25	-11.50
25	-44.50	-44.37	-44.43	-10.69
30	-46.17	-46.50	-46.33	-12.58
35	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
40	-46.17	-46.67	-46.41	-12.66
45	-48.17	-48.83	-48.49	-14.74
50	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
55	-49.83	-49.67	-49.75	-16.00
60	-49.83	-50.50	-50.15	-16.40
65	-49.67	-49.83	-49.75	-16.00
70	-42.67	-42.50	-42.58	-8.83
75	-43.87	-43.87	-43.87	-10.12
80	-43.67	-44.00	-43.83	-10.08
85	-44.17	-44.50	-44.33	-10.58
90	-43.33	-43.67	-43.50	-9.75
95	-45.17	-45.67	-45.41	-11.66

Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
100	-45.17	-45.50	-45.33	-11.58
105	-44.34	-44.87	-44.60	-10.85
110	-48.17	-48.00	-48.08	-14.33
115	-48.00	-47.67	-47.83	-14.08
120	-47.00	-47.50	-47.24	-13.49
125	-46.50	-46.33	-46.41	-12.66
130	-46.00	-45.83	-45.91	-12.16
135	-45.00	-44.83	-44.91	-11.16
140	-47.50	-48.00	-47.74	-13.99
145	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
150	-46.50	-46.17	-46.33	-12.58
155	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
160	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
165	-47.17	-47.87	-47.51	-13.76
170	-48.50	-48.17	-48.33	-14.58
175	-48.67	-48.33	-48.50	-14.75
180	-47.87	-47.00	-47.41	-13.66
185	-46.00	-46.67	-46.32	-12.57
190	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
195	-47.87	-47.17	-47.51	-13.76
200	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
205	-48.50	-48.67	-48.58	-14.83
210	-47.50	-47.67	-47.58	-13.83
215	-47.00	-47.67	-47.32	-13.57
220	-47.83	-47.50	-47.66	-13.91
225	-44.00	-43.83	-43.91	-10.16
230	-44.67	-43.89	-44.26	-10.51
235	-45.33	-45.67	-45.50	-11.75
240	-43.33	-44.00	-43.65	-9.90
245	-48.00	-47.87	-47.93	-14.19
250	-47.87	-47.67	-47.77	-14.02
255	-48.17	-48.33	-48.25	-14.50
260	-44.33	-44.17	-44.25	-10.50
265	-47.17	-47.83	-47.49	-13.74
270	-47.33	-46.83	-47.07	-13.32
275	-43.33	-43.67	-43.50	-9.75
280	-42.33	-42.50	-42.41	-8.66
285	-47.50	-47.67	-47.58	-13.83



Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
290	-47.00	-47.57	-47.28	-13.53
295	-45.17	-45.67	-45.41	-11.66
300	-49.17	-49.33	-49.25	-15.50
305	-48.83	-48.17	-48.49	-14.74
310	-47.17	-47.50	-47.33	-13.58
315	-48.67	-48.63	-48.65	-14.90
320	-46.17	-46.33	-46.25	-12.50
325	-44.67	-44.00	-44.32	-10.57
330	-40.50	-40.67	-40.58	-6.83
335	-37.67	-37.50	-37.58	-3.83
340	-34.83	-34.67	-34.75	-1.00
345	-33.67	-33.83	-33.75	0.00
350	-35.67	-35.50	-35.58	-1.83
355	-34.33	-34.50	-34.41	-0.66

Sumber : Pengukuran



Gambar 5.7 Bentuk pola radiasi bidang horizontal antena *double biquad*

(Sumber : Pengukuran)

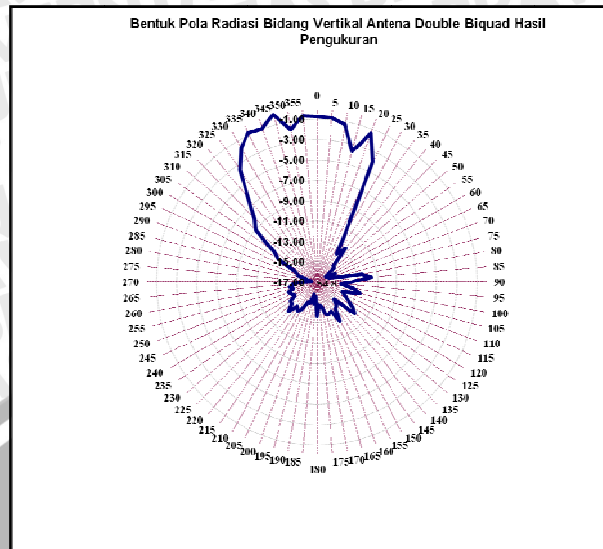
Pola Radiasi Bidang Vertikal

Tabel 5.7 Hasil pengukuran pola radiasi bidang vertikal antenna *double biquad* hasil pembuatan

Sudut	Level Terima (dBm)	Level Terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-34.83	-34.17	-34.49	-0.74
5	-34.50	-34.67	-34.58	-0.83
10	-35.00	-35.17	-35.08	-1.33
15	-37.33	-37.50	-37.41	-3.66
20	-35.33	-35.17	-35.25	-1.50
25	-37.50	-38.00	-37.74	-3.99
30	-45.17	-45.50	-45.33	-11.58
35	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
40	-46.17	-46.67	-46.41	-12.66
45	-48.17	-48.83	-48.49	-14.74
50	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
55	-49.83	-49.67	-49.75	-16.00
60	-49.83	-49.50	-49.66	-15.91
65	-48.67	-48.83	-48.75	-15.00
70	-49.67	-49.50	-49.58	-15.83
75	-48.87	-48.67	-48.77	-15.02
80	-46.67	-46.00	-46.32	-12.57
85	-45.17	-45.50	-45.33	-11.58
90	-47.33	-47.67	-47.50	-13.75
95	-48.17	-48.67	-48.41	-14.66
100	-47.17	-47.00	-47.08	-13.33
105	-46.00	-46.87	-46.41	-12.66
110	-48.17	-48.00	-48.08	-14.33
115	-48.00	-47.67	-47.83	-14.08
120	-47.00	-47.50	-47.24	-13.49
125	-46.50	-46.33	-46.41	-12.66
130	-46.00	-45.83	-45.91	-12.16
135	-48.00	-48.83	-48.40	-14.65
140	-47.50	-48.00	-47.74	-13.99
145	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
150	-46.50	-46.17	-46.33	-12.58
155	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
160	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
165	-47.17	-47.87	-47.51	-13.76
170	-48.50	-48.17	-48.33	-14.58
175	-48.67	-48.33	-48.50	-14.75

Sudut	Level Terima (dBm)	Level Terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
180	-47.87	-47.00	-47.41	-13.66
185	-49.00	-49.67	-49.32	-15.57
190	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
195	-49.87	-49.17	-49.51	-15.76
200	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
205	-48.50	-48.67	-48.58	-14.83
210	-47.50	-47.67	-47.58	-13.83
215	-47.00	-47.67	-47.32	-13.57
220	-47.83	-47.50	-47.66	-13.91
225	-46.67	-46.83	-46.75	-13.00
230	-47.17	-47.83	-47.49	-13.74
235	-47.33	-47.67	-47.50	-13.75
240	-48.33	-48.00	-48.16	-14.41
245	-48.00	-47.87	-47.93	-14.19
250	-47.87	-47.67	-47.77	-14.02
255	-48.17	-48.33	-48.25	-14.50
260	-47.93	-48.03	-47.98	-14.23
265	-48.17	-48.53	-48.35	-14.60
270	-49.33	-49.00	-49.16	-15.41
275	-50.33	-50.07	-50.20	-16.45
280	-50.33	-49.50	-49.90	-16.15
285	-49.50	-49.67	-49.58	-15.83
290	-48.93	-48.57	-48.75	-15.00
295	-48.17	-48.67	-48.41	-14.66
300	-46.17	-46.33	-46.25	-12.50
305	-45.83	-45.17	-45.49	-11.74
310	-43.17	-42.50	-42.82	-9.07
315	-41.67	-42.23	-41.94	-8.19
320	-40.17	-40.33	-40.25	-6.50
325	-37.67	-37.00	-37.32	-3.57
330	-35.50	-35.67	-35.58	-1.83
335	-34.67	-34.50	-34.58	-0.83
340	-34.83	-34.67	-34.75	-1.00
345	-33.67	-33.83	-33.75	0.00
350	-35.67	-35.50	-35.58	-1.83
355	-34.33	-34.50	-34.41	-0.66

Sumber : Pengukuran



Gambar 5.8 Bentuk pola radiasi bidang vertikal antena *double biquad*
(Sumber : Pengukuran)

5.7.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran pola radiasi bidang horizontal dan vertikal di atas, dapat digambarkan bentuk pola radiasi antena hasil pengukuran pada diagram *polar* sebagaimana tampak dalam gambar. Berdasarkan gambar, dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antena hasil pembuatan (antena *double biquad*) adalah *unidirectional*.

5.8 Pengukuran Polarisasi

5.8.1 Tujuan

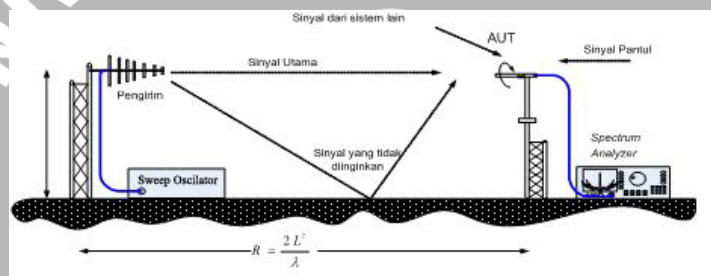
Pengukuran polarisasi antena dilakukan untuk mengetahui vektor medan listrik antena hasil pembuatan (antena *double biquad*).

5.8.2 Alat-alat yang digunakan

- 1 Spectrum Analyzer 8563E Hewlett Packard 30Hz – 26,5 GHz
- 2 Sweep Oscillator 8350 B Hewlett Packard
- 3 Antena referensi
- 4 Antena uji (antena *double biquad*)
- 5 Kabel koaksial
- 6 N – connector
- 7 Tiang penyangga antena

5.8.3 Prosedur Pengukuran

1. Merangkai antenna pemancar dengan menghubungkan *sweep oscillator* menggunakan kabel koaksial RG-8 seperti ditunjukkan dalam gambar 5.9.
2. Merangkai antenna uji (antenna *double biquad*) sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *spectrum analyzer*.
3. Posisikan antenna pemancar sejajar dengan antenna uji, kemudian atur *sweep oscillator* pada frekuensi 2,4 GHz.
4. Putar antenna uji (*double biquad*) pada sumbu horizontal antenna dari 0° sampai 360° dengan interval 10° dan catat nilai daya yang ditunjukkan oleh *spectrum analyzer* pada tiap-tiap interval putaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.



Gambar 5.9 Rangkaian pengukuran polarisasi antenna
(Sumber : Pengukuran)

5.8.4 Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, diperoleh nilai daya seperti yang terdapat pada tabel berikut ini:

Polarisasi

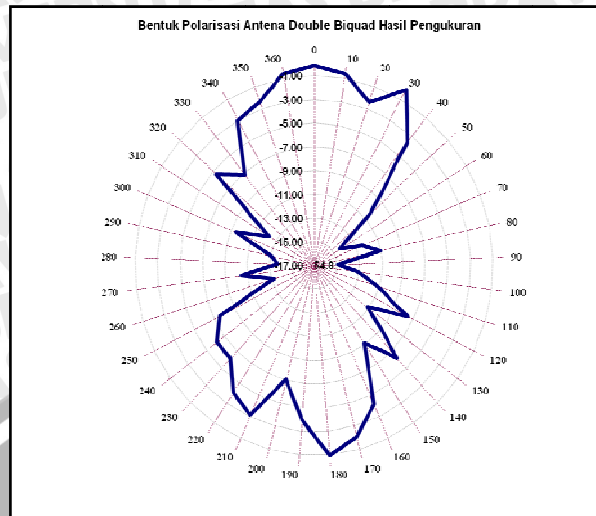
Tabel 5.8 Hasil pengukuran polarisasi antenna *double biquad* hasil pembuatan

Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-33.97	-33.00	-33.46	-0.14
10	-33.83	-34.00	-33.91	-0.59
20	-35.50	-35.87	-35.68	-2.36
30	-33.67	-33.00	-33.32	0.00
40	-37.00	-36.87	-36.93	-3.61
50	-43.83	-43.50	-43.66	-10.34
60	-47.50	-47.83	-47.66	-14.34
70	-45.67	-45.83	-45.75	-12.43
80	-44.50	-44.17	-44.33	-11.01

Sudut	Level Terima (dBm)	Level Terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
90	-48.33	-48.17	-48.25	-14.93
100	-46.67	-46.17	-46.41	-13.09
110	-44.67	-44.50	-44.58	-11.26
120	-41.00	-40.67	-40.83	-7.51
130	-44.67	-44.33	-44.50	-11.17
140	-39.67	-39.33	-39.50	-6.17
150	-42.17	-42.67	-42.41	-9.09
160	-37.67	-37.33	-37.50	-4.17
170	-35.87	-35.00	-35.41	-2.09
180	-34.17	-34.33	-34.25	-0.93
190	-37.17	-37.33	-37.25	-3.93
200	-40.87	-40.00	-40.41	-7.09
210	-36.67	-36.33	-36.50	-3.17
220	-37.17	-37.67	-37.41	-4.09
230	-39.67	-39.33	-39.50	-6.17
240	-39.67	-39.33	-39.50	-6.17
250	-41.00	-40.83	-40.91	-7.59
260	-46.67	-46.50	-46.58	-13.26
270	-43.67	-43.83	-43.75	-10.43
280	-47.00	-47.17	-47.08	-13.76
290	-46.50	-46.17	-46.33	-13.01
300	-42.67	-42.83	-42.75	-9.43
310	-45.50	-45.83	-45.66	-12.34
320	-38.83	-38.50	-38.66	-5.34
330	-40.17	-40.87	-40.51	-7.18
340	-36.67	-36.00	-36.32	-3.00
350	-35.50	-35.87	-35.68	-2.36
360	-33.83	-34.00	-33.91	-0.59

Sumber : Pengukuran





Gambar 5.10 Bentuk polarisasi antena *double biquad*

(Sumber : Pengukuran)

5.8.5 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi, dengan mengubah data nilai daya yang telah dinormalisasi ke dalam bentuk diagram *polar* maka dapat diketahui bentuk polarisasi antena yang diuji (antena *double biquad*) tersebut. Bentuk polarisasi antena yang diuji pada frekuensi 2,4 GHz dapat dilihat dalam gambar. Berdasarkan gambar tampak bahwa bentuk polarisasi antena *double biquad* hasil pembuatan adalah menyerupai bentuk linier. Oleh sebab itu, maka antena ini dapat digolongkan sebagai antena berpolarisasi linier.

5.9 Perhitungan *Bandwidth* Antena

5.9.1 Tujuan

Perhitungan *bandwidth* bertujuan untuk mengetahui besar nilai lebar bidang frekuensi kerja antena.

5.9.2 Cara Perhitungan

Perhitungan *bandwidth* antena yang diuji dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dengan frekuensi bawah antena uji. Penentuan frekuensi atas dan frekuensi bawah antena dilakukan dengan cara menentukan frekuensi tertinggi dan terendah antena dimana masih memiliki $VSWR \leq 2$.

Berdasarkan data hasil pengukuran VSWR, antenna ini memiliki frekuensi terendah pada frekuensi 2,32 GHz, dan frekuensi tertinggi antenna ini adalah pada frekuensi 2,91 GHz. Sehingga *bandwidth* antenna ini adalah :

$$B = f_u - f_l$$

$$B = 2,91\text{GHz} - 2,32\text{GHz}$$

$$B = 590\text{MHz}$$

Bandwidth dalam persen:

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% = \frac{2,91 - 2,32}{2,615} \times 100\% = 22,56\%$$

5.9.3 Analisis Hasil Perhitungan

Jadi dapat diketahui besarnya *bandwidth* antenna *double biquad* hasil pembuatan sebesar 590 MHz. Sedangkan untuk aplikasi WLAN hanya membutuhkan *bandwidth* sebesar 83,5 MHz.

5.10 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

5.10.1 Tujuan

Untuk dapat mengetahui nilai *directivity* antenna *double biquad* hasil pembuatan, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

5.10.2 Cara Perhitungan

Perhitungan *directivity* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

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

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

Sehingga didapat :

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

Dengan :

D = *directivity*

θ = *beamwidth* pola radiasi vertikal (rad)

Φ = *beamwidth* pola radiasi horizontal (rad)

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

Φ_{HP}° = *beamwidth* pola radiasi horizontal (derajat)

Berdasarkan pada data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai -3 dB *beamwidth* pola radiasi bidang horizontal adalah 45° ($\phi_{HP}^\circ = 45^\circ$), dan nilai -3dB *beamwidth* pola radiasi bidang vertikal adalah $72,5^\circ$ ($\theta_{HP}^\circ = 72,5^\circ$). Jadi nilai *directivity* antena *double biquad* hasil pembuatan adalah :

$$\begin{aligned} D &= \frac{41000}{45^\circ \cdot 72,5^\circ} \\ &= 12,56 \\ D_{(dB)} &= 10 \log 12,56 \\ &= 10,98 \text{ dB} \end{aligned}$$

5.10.3 Analisis Hasil Perhitungan

Jadi dapat diketahui keterarahan (*directivity*) antena *double biquad* hasil pembuatan adalah sebesar 10,98 dB

5.11 Analisis Parameter-parameter Antena

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada parameter-parameter antena yang meliputi pengukuran *Return Loss*, VSWR, Koefisien Pantul, Impedansi, *Gain*, Pola Radiasi, Polarisasi, *Bandwidth*, dan *Directivity* antena *double biquad* yang akhirnya dapat diketahui karakteristik antena sebagai berikut :

Tabel 5.9 Karakteristik antena *double biquad* hasil pembuatan

Frekuensi kerja	2,4 GHz
<i>Return Loss</i>	-18,272 dB
VSWR	1,278
Koefisien Pantul	0,122
Impedansi	63,89 + j5,445 Ω
<i>Gain</i>	12,520 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	Linier
<i>Bandwidth</i>	590 MHz
<i>Directivity</i>	10,98 dB

Sumber: Pengukuran

Berdasarkan tabel 5.9 di atas dapat kita lihat beberapa parameter antena *double biquad* hasil pembuatan yang meliputi *return loss* sebesar -18,272 dB yang sesuai dengan perencanaan *Return Loss* yang diijinkan yakni $RL \leq -10$ dB. VSWR antena sebesar 1,278 yang berarti sesuai dengan perencanaan bahwa nilai $VSWR < 2$. Koefisien pantul sebesar 0,122 yang menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal dari antena dapat tersalurkan. Impedansi antena sebesar $63,89 + j5,445 \Omega$, dan penguatan (*gain*) antena *double biquad* hasil pembuatan sebesar 12,520 dBi. Pola radiasi antena adalah *unidirectional* dengan polarisasinya yang berbentuk linier. *Bandwidth* antena sebesar 590 MHz dengan *directivity* antena sebesar 10,98 dB.

Dengan memperhatikan karakteristik antena hasil pembuatan, dapat dinyatakan bahwa antena ini bisa digunakan untuk aplikasi WLAN 2,4 GHz karena nilai VSWR yang sesuai dengan batas yang diijinkan yaitu $VSWR < 2$, nilai *gain* yang sesuai dengan perencanaan yang lebih besar dari nilai *gain* antena *biquad* milik Agus Putu yakni > 11 dBi, dan polarisasi yang berbentuk linier. Kemudian nilai *bandwidth* sebesar 590 MHz yang ternyata lebih besar dari kapasitas *bandwidth* antena untuk aplikasi *wireless* LAN 2,4 GHz yang hanya sebesar 83,5 MHz. Dengan melihat parameter-parameter tersebut dapat dikatakan bahwa antena *double biquad* hasil pembuatan ini dapat digunakan untuk aplikasi *wireless* LAN 2,4 GHz.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

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

1. Adapun karakteristik antenna yang dihasilkan oleh antenna *double biquad* hasil pembuatan adalah :
 - Pada frekuensi kerja 2,4 GHz, antenna memiliki nilai *return loss* sebesar -18,272 dB. Hal ini berarti antenna dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas yang diizinkan yakni $< -10\text{dB}$, sehingga masih memenuhi standar yang ada.
 - Pada frekuensi kerja 2,4 GHz antenna memiliki nilai VSWR sebesar 1,278. Hal ini berarti antenna ini dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan sesuai dengan batas $1 \leq \text{VSWR} < 2$.
 - Dari hasil pengukuran yang dilakukan, diketahui besarnya nilai koefisien pantul antenna *double biquad* hasil pembuatan berbeda-beda pada setiap perubahan frekuensinya. Untuk frekuensi kerja 2,4 GHz, antenna *double biquad* memiliki nilai koefisien pantul sebesar 0,122. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar sinyal dari antenna dapat tersalurkan.
 - Nilai impedansi antenna *double biquad* pada frekuensi kerja 2,4 GHz adalah $63,89 + j5,445 \Omega$ sedangkan impedansi yang direncanakan adalah 50Ω . Adanya perbedaan ini disebabkan oleh bermacam-macam faktor diantaranya pengaruh lingkungan saat pengukuran, rugi-rugi pada saluran kabel koaksial, serta konektor yang digunakan.
 - Antenna *double biquad* hasil pembuatan memiliki nilai *gain* sebesar 12,520 dBi. Hal ini sesuai dengan perencanaan yaitu nilai *gain* lebih besar dari antenna *biquad* milik Agus Putu P sebesar 11,506 dBi.
 - Besarnya *bandwidth* antenna *double biquad* hasil pembuatan adalah 590 MHz. Sedangkan untuk aplikasi WLAN hanya membutuhkan *bandwidth* sebesar 83,5 MHz.

- Hasil perhitungan *directivity* menunjukkan antenna *double biquad* hasil pembuatan ini memiliki nilai *directivity* sebesar 10,98 dB

Dari seluruh karakteristik yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa antenna *double biquad* hasil pembuatan ini dapat digunakan untuk aplikasi *wireless LAN*. Namun jika diperhatikan masih terdapat beberapa parameter antenna yang tidak sama antara hasil perencanaan dengan hasil pembuatan. Hal ini disebabkan antara lain karena adanya perbedaan kondisi antara kondisi ideal (simulasi) dan tidak ideal (pengujian lapangan).

2. Pada pengukuran pola radiasi, untuk bidang horizontal maupun vertikal yang digambarkan pada diagram *polar* menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi antenna *double biquad* hasil pembuatan adalah *unidirectional*. Sedangkan untuk pengukuran polarisasi yang digambarkan pada diagram *polar* menunjukkan bahwa antenna *double biquad* hasil pembuatan memiliki bentuk polarisasi linier.

6.2 Saran

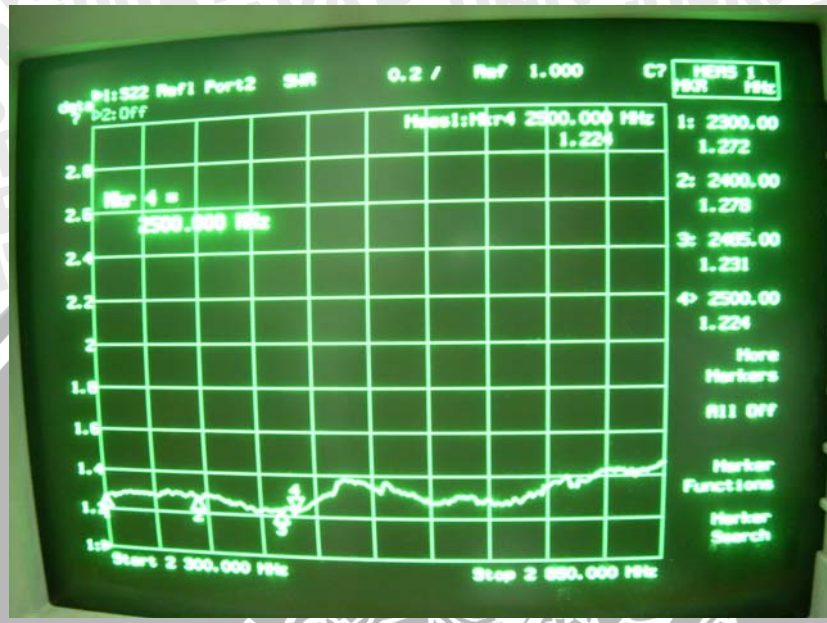
Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk pembuatan antenna *double biquad* ini di kemudian hari, yakni :

- Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik hendaknya pengukuran dilakukan pada tempat yang memiliki variasi medan yang kecil.
- Ketelitian dalam proses pembuatan dan pengukuran antenna tersebut, sehingga ketepatan hasil pengukuran antenna dapat diperoleh sesuai dengan perencanaan. Oleh sebab itu diperlukan adanya alat ukur yang lebih teliti agar dimensi yang diinginkan dapat terpenuhi dan antenna yang dihasilkan dapat bekerja secara maksimal.

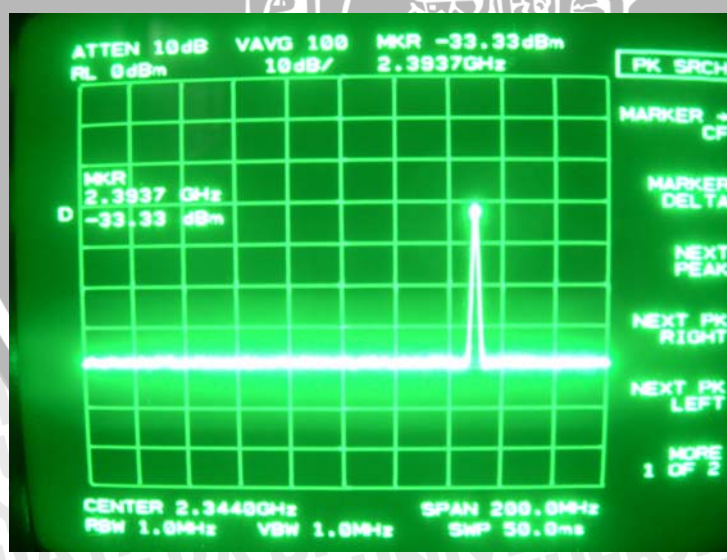
DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design. 2nd Edition*. John Wiley and sons.Inc.
- Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. New York: McGraw-Hill International.
- Putu Agus P. 2008. *Skripsi Perancangan Antena Biquad Untuk Komunikasi WLAN 2,4 GHz*. Malang: Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Punit, Naskar S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*. Florida: The Florida State University.
- Stutzman, Warren L. And G.A.Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. New York: Jhon Willey and son.
- Prasetia Andang. 2007. *Skripsi Perancangan dan Pembuatan Antena Microstrip Rectangular Patch Untuk Aplikasi Wireless LAN (WLAN) Pada Frekuensi 2,4 GHz*. Malang: Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- E. Collin, Robert. 1985. *Antennas and Radio Wave Propagation*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Elliott, Robert S. 1981. *Antenna Theory and Design*. New Delhi.
- Brown, Robert Grover. 1973. *Lines, waves, and antennas. 2nd Edition*. USA.
- Wibisono, Gunawan. Gunadi Dwi Hantoro. 2008. *Mobile Broadband Tren Teknologi Saat Ini dan Masa Datang*, Informatika, Jakarta.

Lampiran 1. Dokumentasi Pengukuran



Hasil pengukuran VSWR dengan menggunakan *network analyzer* agilent 8714ES 300KHz-3GHz



Hasil pengukuran daya yang diterima oleh antenna *double biquad* hasil pembuatan dengan menggunakan spectrum analyzer 8563E Hewlett Packard



Hasil pengukuran Impedansi masukan dengan menggunakan *network analyzer* agilent 8714ES 300KHz-3GHz



Situasi di lapangan saat proses pengukuran parameter antenna *double biquad* hasil pembuatan yang dilakukan pada malam hari



Lampiran 2. Jarak maksimum WLAN

Jarak WLAN dipengaruhi beberapa hal

1. Terbatasny Spesifikasi alat yang digunakan:

Antara 30mW(15dBm) seperti yang digunakan TP-Link card hingga 100mW(20dBm) seperti yang digunakan Proxim. Dengan kondisi daya terbatas (15-20dBm), maka jarak jangkau peralatan WLAN menjadi terbatas. Jarak jangkau maksimum yang dapat dicapai adalah pada saat sinyal mencapai batas sensitifitas penerima di ujung sebelah antenna penerima (far end).

Parameter-parameter yang mempengaruhi jarak WLAN:

- a) Free space Loss (redaman ruang bebas)

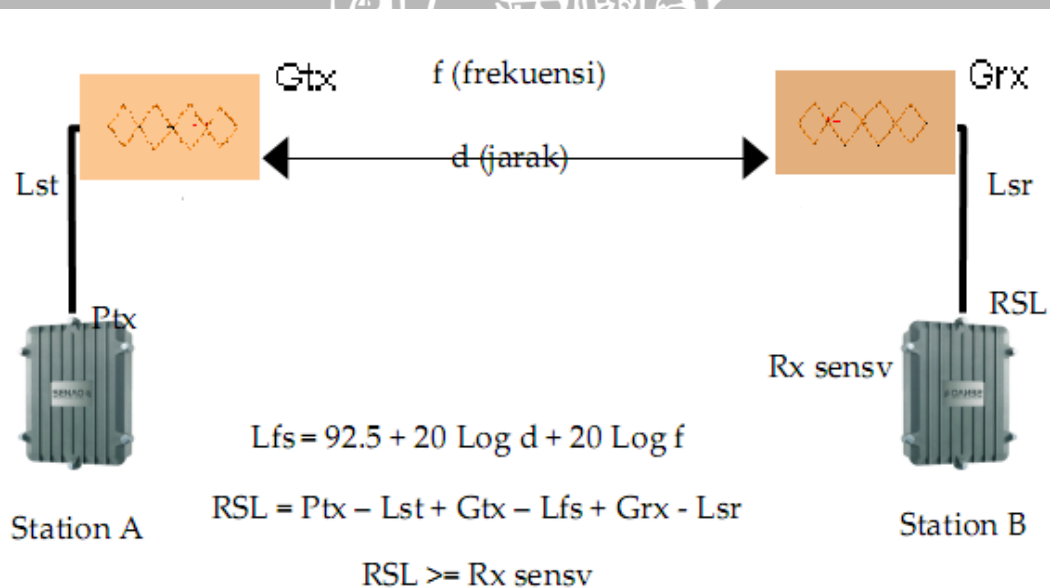
$$FSPL \text{ (dB)} = 20 \log(d) + 20 \log(f) + 92.5$$

D=jarak antara antenna (km)

F=frekuensi kerja (GHz)

- b) Link Budget

Perhitungan link radio untuk menentukan apakah RF power yang dipancarkan station A memenuhi syarat minimum level yang diperlukan setelah diterima di station B, sehingga kedua station dapat berkomunikasi.



Free Space Loss (dB)	RSL (dBm)	Jarak Antara Antena (m)
80,10422483	-61,7042283	100
86,12482475	-67,72482475	200
89,64664993	-71,24664993	300
92,14542466	-73,74542466	400
94,08362492	-75,68362492	500
95,66724984	-77,26724984	600
97,00618563	-78,60618563	700
98,16602457	-79,76602457	800
99,18907502	-80,78907502	900
100,1042248	-81,7042248	1000
100,9320785	-82,5320785	1100

c) Sensitifitas penerima (Rx Sens)

Pada skripsi ini menggunakan card TP-Link dengan Sensitivitas penerima sebagai berikut:

- TP-Link cards PCMCIA: 11Mbps => -82 dBm ; 5.5Mbps => -87 dBm; 2Mbps=> -91 dBm; 1Mbps=> -94 dBm.

Sesuai dengan standar 802.11b dengan bit rate 11 Mbps maka dapat disimpulkan bahwa antena *double biquad* memiliki jarak jangkauan maksimum ~1000meter.

2. Link Budget Transmisi Digital

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{P_t.L_l.G_t.L_s.L_a.G_r}{k.T.s.R}$$

E_b = energy per bit

N_o = noise power spectral density

P_t = transmitter power

L_l = transmitter " to " antenna line loss

G_r = transmit antenna gain

$L_s = \text{space loss}$

$L_a = \text{transmission path loss}$

$G_r = \text{receive antenna gain}$

$k = \text{Boltzmann's constant}$

$T_s = \text{system noise temperature (usually assumed 290K)}$

$R = \text{data bit rate}$

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{20dBm.3,3dB.12,5dBi.100,1042248dB.58,10791639dB.12,5dBi}{1,3806504.10^{23} J.K^{-1}.290K.11Mbps}$$

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{0,09998W.1,99526W.0,00999W.10e9W.630957,34448W.1,99526W}{1,3806504.10^{23}.290.11000}$$

$$\frac{E_b}{N_o} = 7.943282347242818e-12W$$

$$\frac{E_b}{N_o} = 9,579dB$$

Jadi didapatkan nilai S =

$$\frac{E_b}{N_o} = S - 10 \log R + 228,6dBW - 10 \log T$$

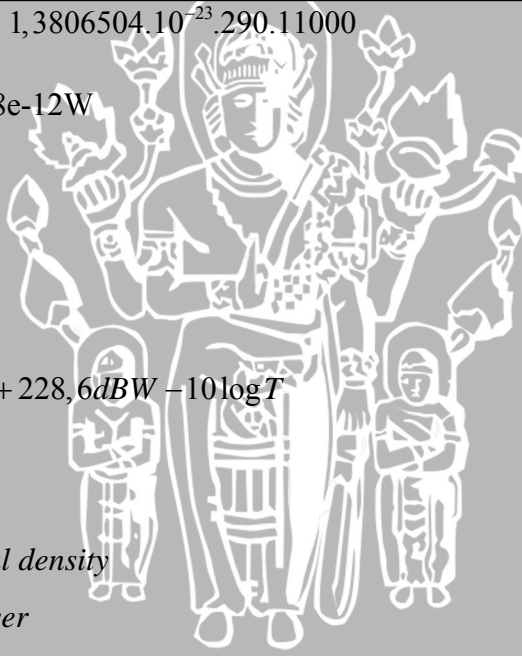
$E_b = \text{energy per bit}$

$N_o = \text{noise power spectral density}$

$S = \text{received signal power}$

$R = \text{data bit rate}$

$T = \text{system noise temperature (usually assumed 290K)}$



$$\frac{E_b}{N_0} = S - 10 \log R + 67,6 \text{ dB} - 10 \log T$$

$$9,579 \text{ dB} = S - 10 \log 11000 + 67,6 \text{ dB} - 10 \log 290$$

$$9,579 \text{ dB} = S - 40,41392 + 67,6 \text{ dB} - (24,62398)$$

$$9,579 \text{ dB} = S + 2,5893$$

$$S = 6,9897 \text{ dB}$$

$$S = 5,011877336e - 12 \text{ W}$$

Jika dalam kondisi normal dan tanpa ada WLAN lain pada frekuensi yang sama dan tanpa ada pengaruh noise dari lingkungan sekitar, maka nilai noise level sebesar $\sim -100 \text{ dBm}$. Jadi dapat dituliskan nilai S/N :

$$(S/N) = \frac{5,011877336e - 12 \text{ W}}{9,99999999999999962e - 14 \text{ W}}$$

$$(S/N) = 50,11872336272724 \text{ W}$$

$$(S/N) = 17,059 \text{ dB}$$

S = received signal power

N = received noise power

Untuk TP-Link card standar nilai S/N 11Mbps $\geq 16 \text{ dB}$; 5,5Mbps $\geq 11 \text{ dB}$; 2Mbps $\geq 7 \text{ dB}$; 1Mbps $\geq 4 \text{ dB}$.

Standar 802.11/b 11Mbps, receiver sensitivity = -82 dBm ; S/N $\geq 16 \text{ dB}$, dengan menggunakan antena *double biquad* 12,5 dBi dengan jarak pengukuran 1000m didapat receiver sensitivity = $-81,7042$ dan didapat S/N sebesar 17,059dB sehingga antena *double biquad* memenuhi standar.

Lampiran 3. Aplikasi Antena Double Biquad Pada WLAN 2,4 GHz (802.11/b)

Berdasarkan hasil uji laboratorium di Institute Teknologi Telkom Bandung , antena *double biquad* cukup layak diaplikasikan sebagai antena pada jaringan WLAN 802.11/b yang mempunyai range frekuensi 2,4-2,4835 GHz karena memiliki karakteristik sebagai berikut :

<i>Return Loss</i>	-18,272 dB
VSWR	1,278
Koefisien Pantul	0,122
Impedansi	$63,89 + j5,445 \Omega$
<i>Gain</i>	12,520 dBi
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
Polarisasi	Linier
<i>Bandwidth</i>	590 MHz
<i>Directivity</i>	10,98 dB

Untuk mengaplikasikan antena *double biquad* sebagai antena WLAN 802.11/b maka dibutuhkan peralatan sebagai berikut :

1. Seperangkat Desktop Computer (PC).
2. 1 buah PCI WLANcard merk TP-LINK TL-WN610G dengan daya 20 dBm.
3. Kabel RG-8 sepanjang 5 meter.
4. Kabel RG-58 sepanjang 1 meter.
5. 1 buah konektor N-Male
6. 1 buah konektor SMA Female



PCI WiFi card 802.11/b



Kabel RG-8



Kabel RG-58



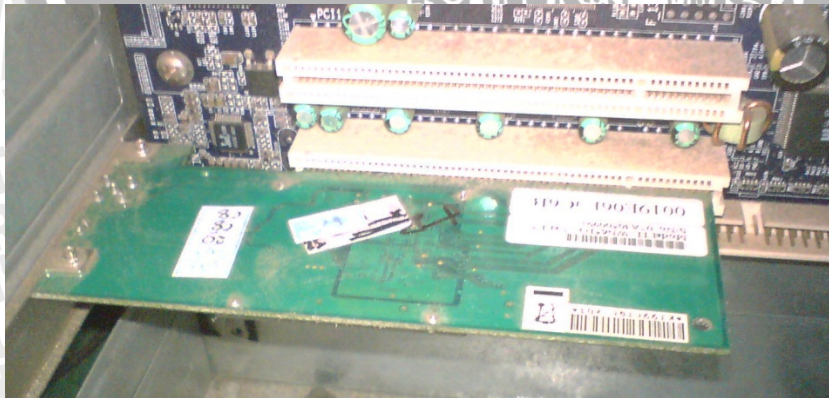
Konektor N-Male



Konektor SMA Female

Langkah-langkah instalasi antenna double biquad sebagai antenna WLAN 802.11b :

1. Memasang PCI WLAN card pada slot PCI computer.



2. Memasang konektor SMA pada kabel RG-58.



3. Memasang Konektor N-Male pada kabel RG-8



4. Menyambung kabel RG-8 dan RG-58.



- Menyambung konektor N-Male Pada antenna dan konektor SMA pada PCI WLAN card 802.11b.



Pengujian Alat Tahap I

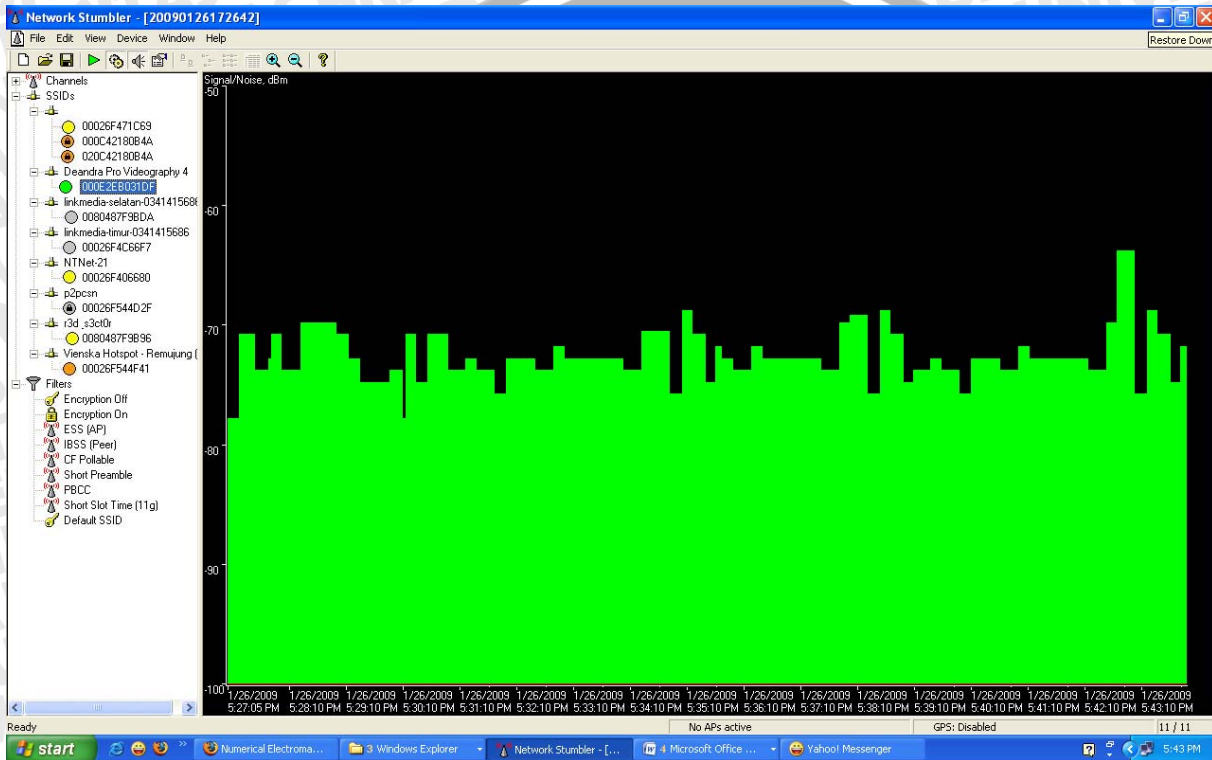
(Melakukan pencarian hotspot di sekitar lokasi pengujian)

Langkah-langkah :

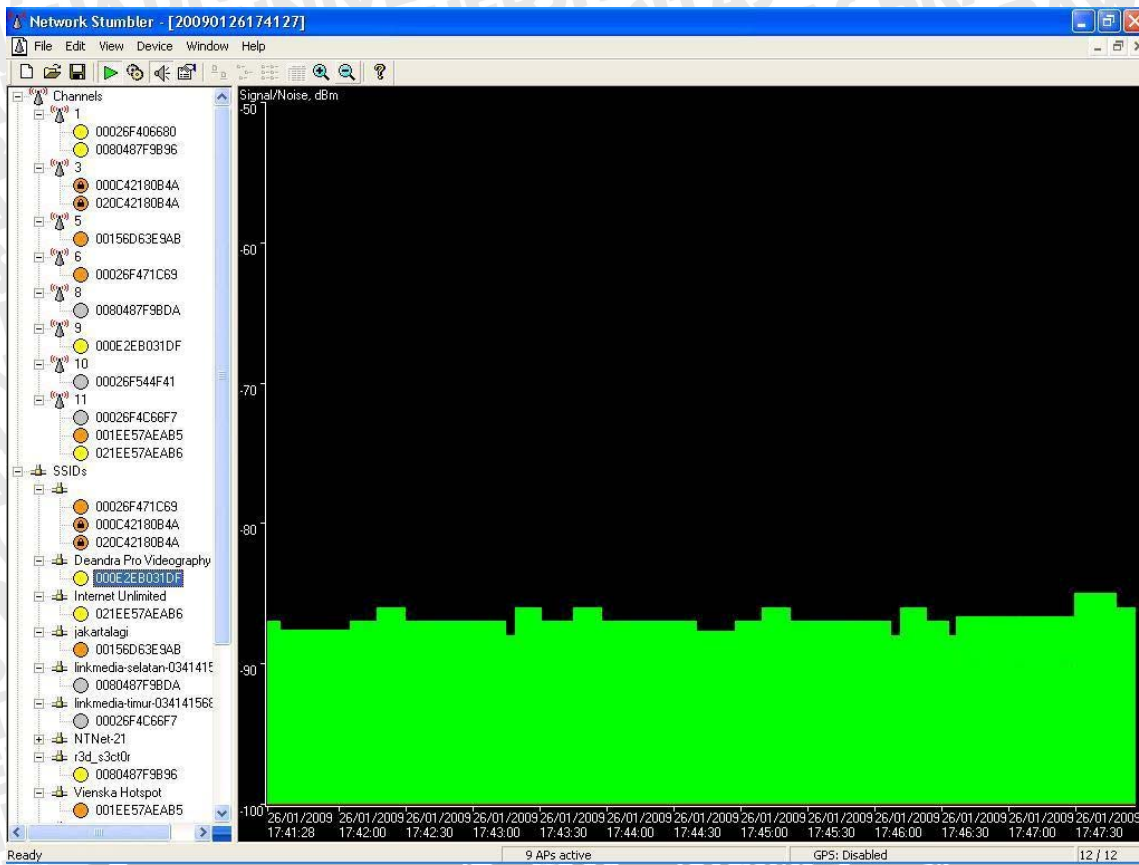
- Antena *double biquad* ditempatkan di ruang terbuka.
- Mengaktifkan WLAN card .
- Melakukan pencarian jaringan menggunakan *software* Network Stumbler. Setelah melakukan pencarian didapatkan 11 hotspot di sekitar lokasi pengujian.

MAC	SSID	Name	Chan	Speed	Vendor	Type	Enc...	SNR	Signal+	Noise-	St
020C42180B4A			3	48 Mbps	(User-d...	AP	WEP	7	-89	-100	11
000C42180B4A			3	48 Mbps		AP	WEP	5	-85	-100	15
00026F544D2F	p2pcsn		1	54 Mbps	Senao Intl	AP	WEP		-91	-100	9
0080487F9BDA	linkmedia-selatan-0341415686		8	54 Mbps	Compex	AP			-95	-100	5
00026F406680	NTNet-21		1	11 Mbps	Senao Intl	AP		11	-84	-100	16
00156D63E9AB	jakartalagi		5	11 Mbps	(Fake)	AP		5	-84	-100	16
00026F4C66F7	linkmedia-timur-0341415686		11	11 Mbps	Senao Intl	AP			-92	-100	8
00026F471C69			6	11 Mbps	Senao Intl	AP		14	-80	-100	20
0080487F9B96	r3d_s3ct0r		1	11 Mbps	Compex	AP		14	-82	-100	18
00026F544F41	Vienska Hotspot - Remujung (1)		10	54 Mbps	Senao Intl	AP		5	-91	-100	9
000E2EB031DF	Deandra Pro Videography 4		9	54 Mbps		AP		8	-79	-100	21

- Untuk mengetahui kualitas sinyal dari antenna *double biquad*, hasil penerimaan sinyal antenna *double biquad* akan dibandingkan dengan antenna referensi (antenna bawaan pabrik) dengan menggunakan *software* Network Stumbler. Kedua antenna akan dibandingkan penerimaannya dari salah satu hotspot yang bernama Deandra Pro Videography 4.



Gambar hasil *capture* antenna *double biquad*



Gambar hasil *capture* antenna referensi

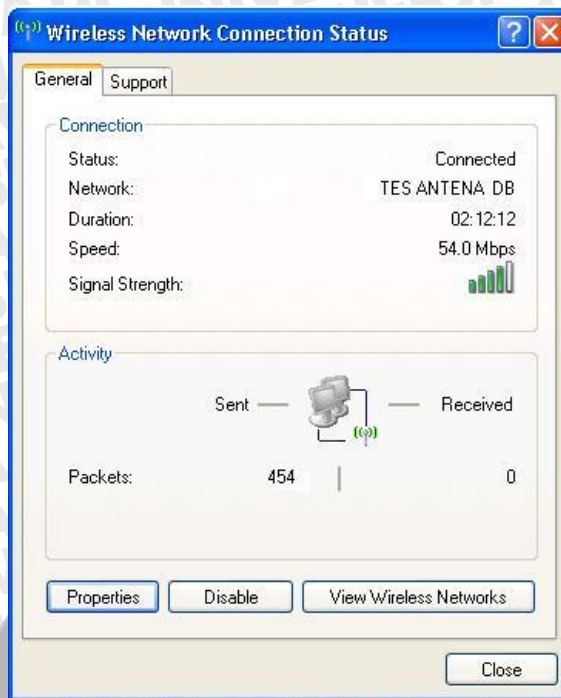
5. Terlihat dari gambar diatas antenna *double biquad* mampu menerima sinyal lebih baik daripada antenna referensi, namun antenna referensi mampu memberikan penerimaan sinyal yang lebih stabil.

Pengujian Alat Tahap II

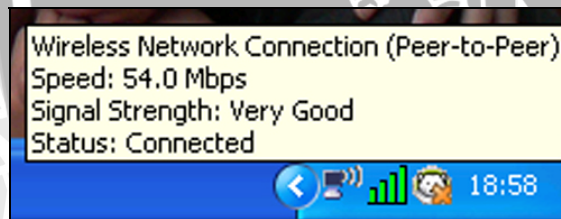
(Melakukan koneksi Peer to Peer/AdHoc dari PC ke laptop)

Langkah-langkah :

1. Membuat koneksi AdHoc pada PC dengan nama “TES ANTENA DB”.
2. Menyambungkan laptop pada PC melalui jaringan “TES ANTENA DB”.
3. Koneksi dapat dilakukan antara 2 perangkat.



4. Signal status menunjukkan kekuatan sinyal sangat bagus.



Kesimpulan :

1. Antena *double biquad* dapat digunakan sebagai antena WLAN dengan frekuensi 2,4 GHz.
2. Daya sinyal yang diterima antena *double biquad* lebih baik daripada antena referensi.
3. Penerimaan sinyal antena *double biquad* cenderung kurang stabil.
4. Antena *double biquad* dapat melakukan koneksi dan transfer data melalui jaringan *AdHoc (Peer to Peer)*.

Lampiran 4. Modul Percobaan Desain Antena Double Biquad Menggunakan Software

Ansoft

Tujuan Percobaan

Tujuan percobaan desain antena double biquad menggunakan software ansoft adalah mengetahui langkah-langkah pembuatan antena double biquad, sehingga kita dapat menggunakan software ansoft di dalam mendesain suatu antena.

Peralatan Percobaan

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. 1 buah computer dengan spesifikasi minimal :

Intel Pentium IV 1,8GHz

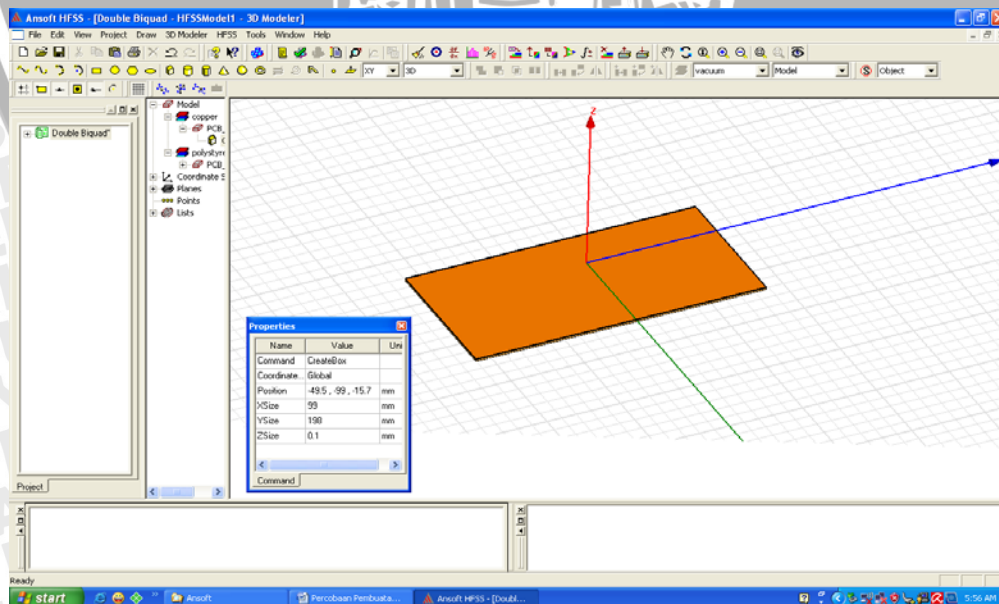
Windows XP SP2

Ram 512

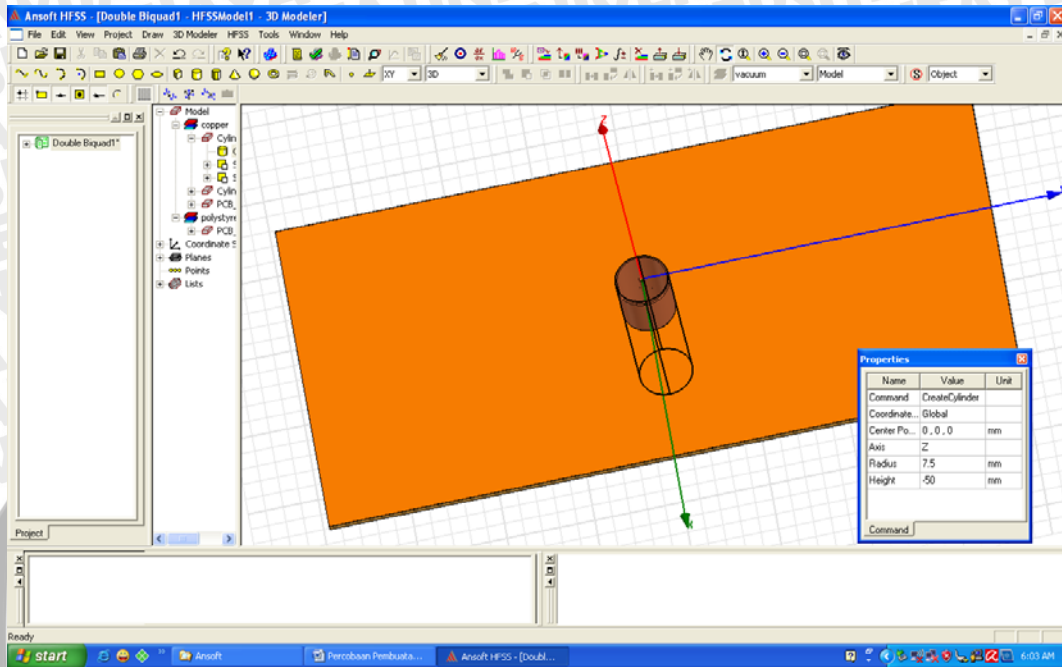
Hard disk Free space 1 GHz

Prosedur Percobaan

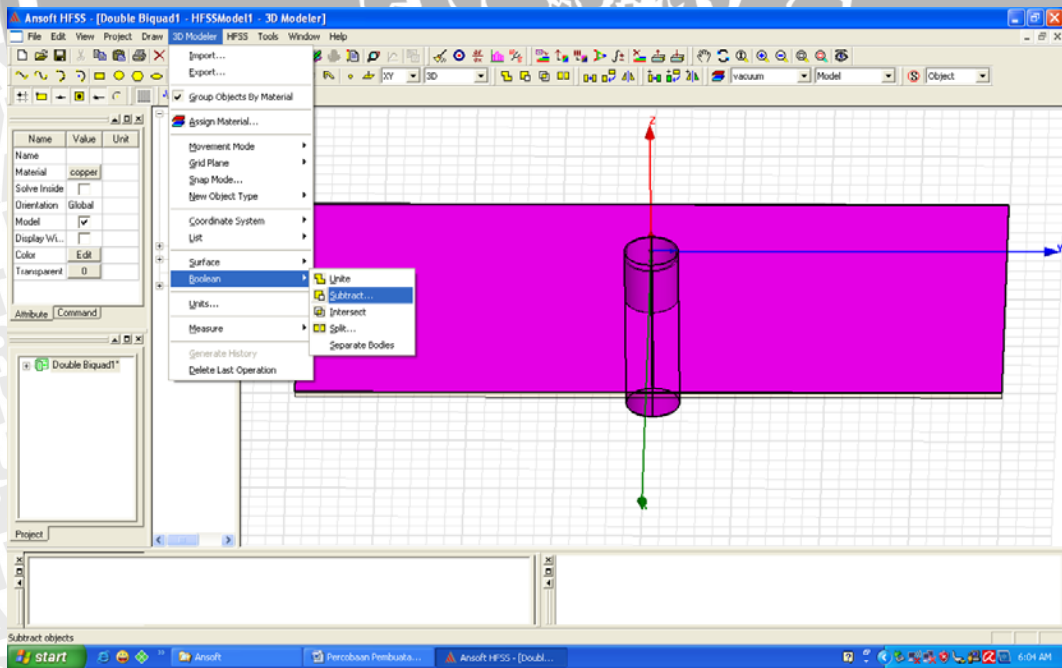
1. Buatlah reflektor menggunakan sebuah balok, definisikan bahan sebagai copper/tembaga seperti tampak pada gambar



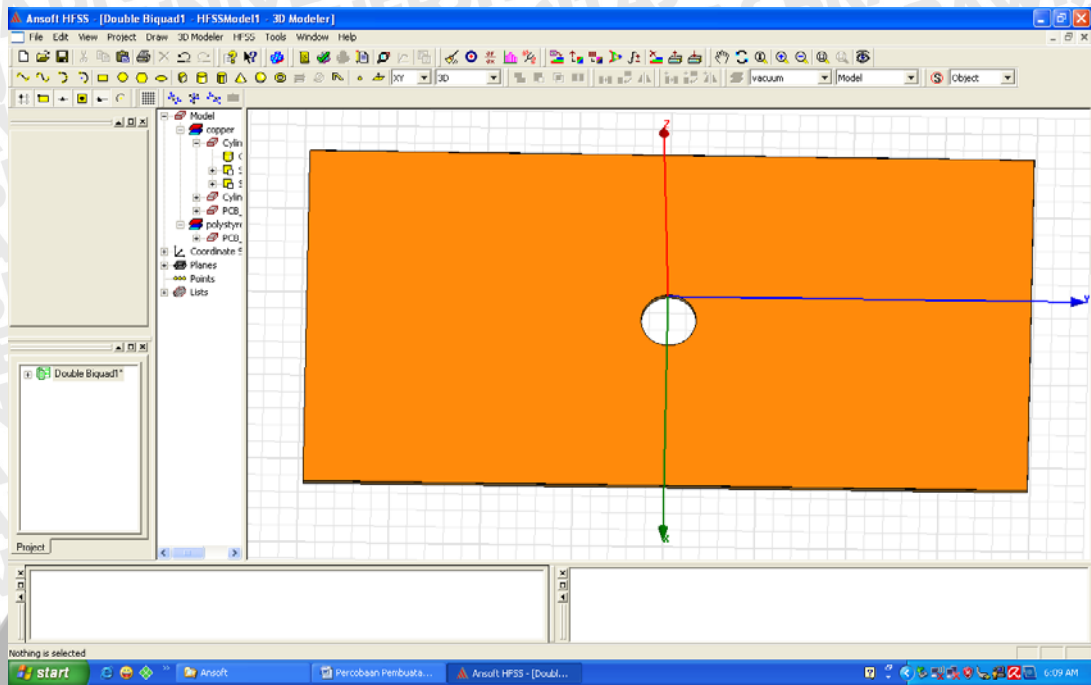
2. Kemudian buatlah sebuah tabung, taruh di pusat koordinat buatlah sebuah rongga di tengahreflektor.



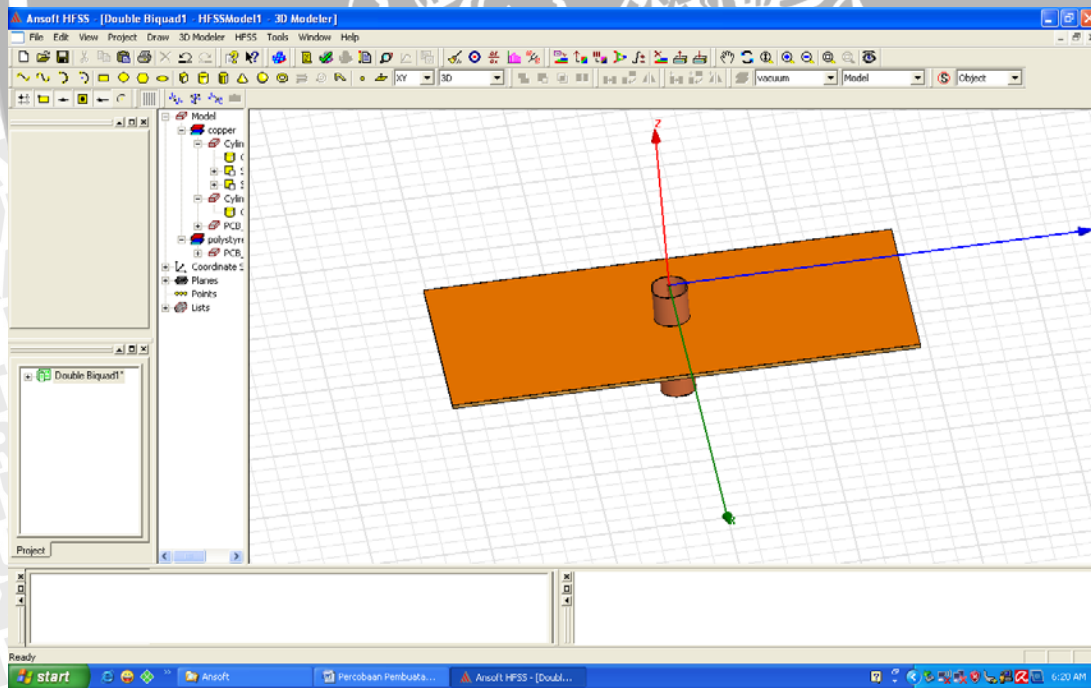
Setelah tabung sudah dibuat, tekan ctrl pada keyboard, klik obyek tabung dan reflektor lalu 3D modeler, boolean, subtract.




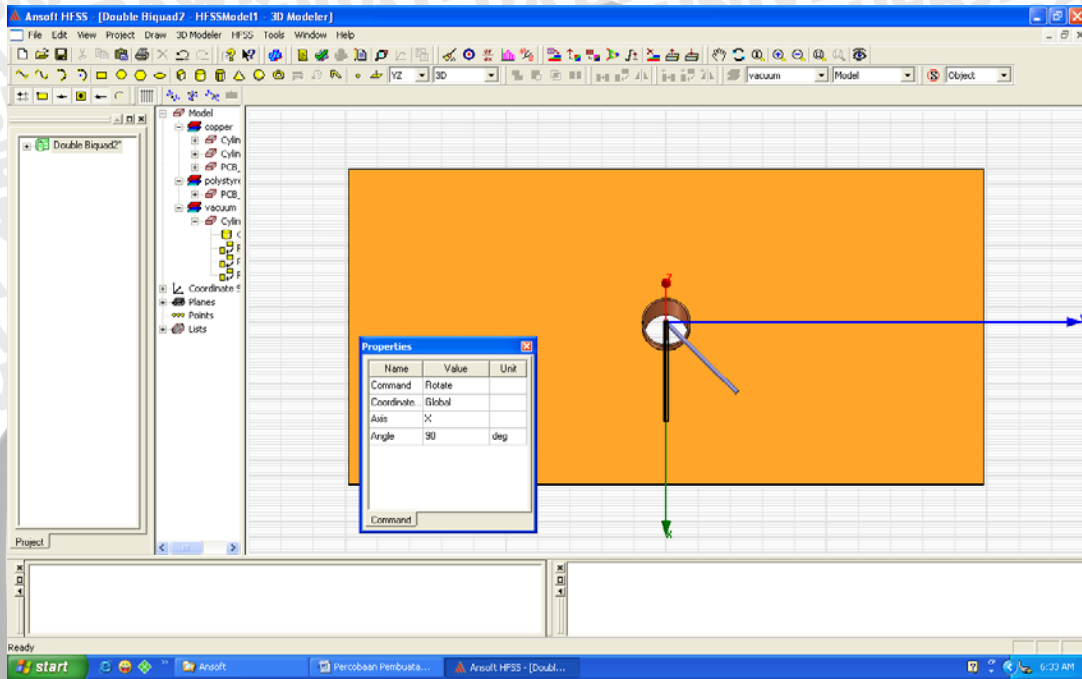
Maka di tengah reflektor akan lubang di tengah.




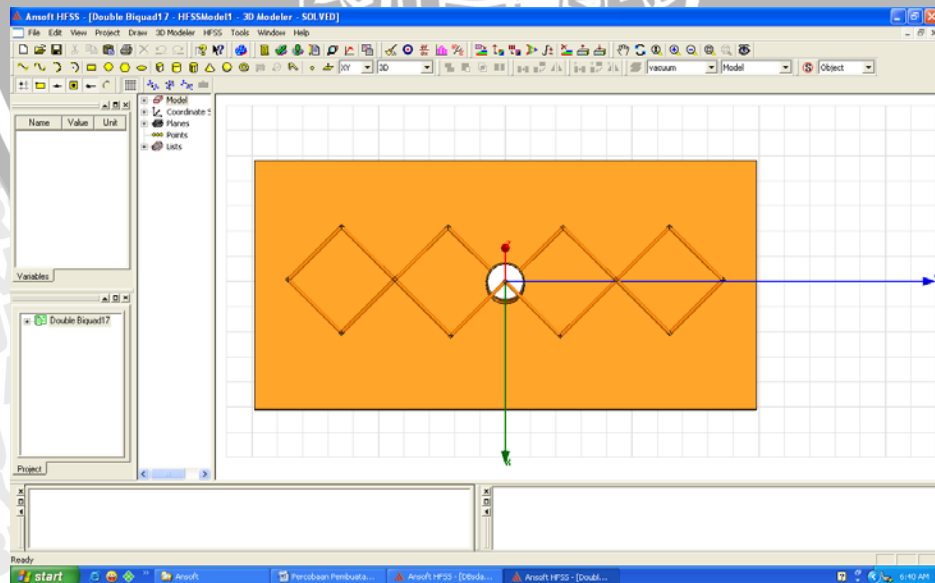
3. Kemudian buat tabung penyangga dipole, dengan innernya memiliki diameter 1,5 mm dan outernya berdiameter 15 mm, dengan ketebalan 1mm.



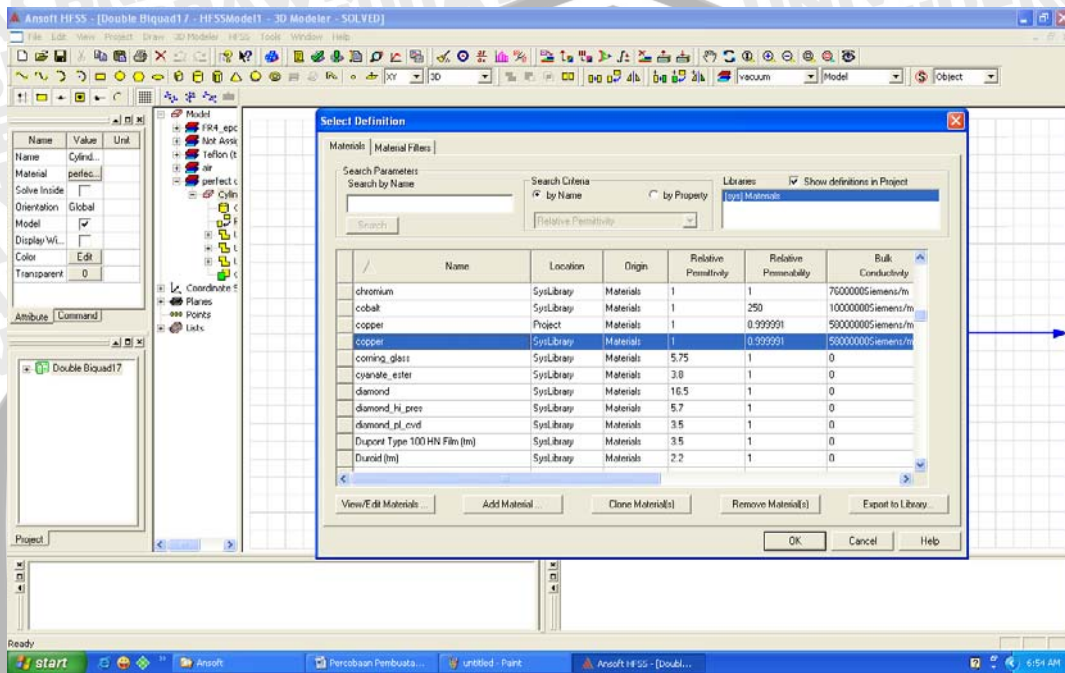
- Selanjutnya kita membuat dipole antenna yang masing-masing sisinya memiliki panjang 31,25mm dan diameter 1,5mm. gunakan tools rotate  untuk membuat dipole tampak seperti gambar di bawah.



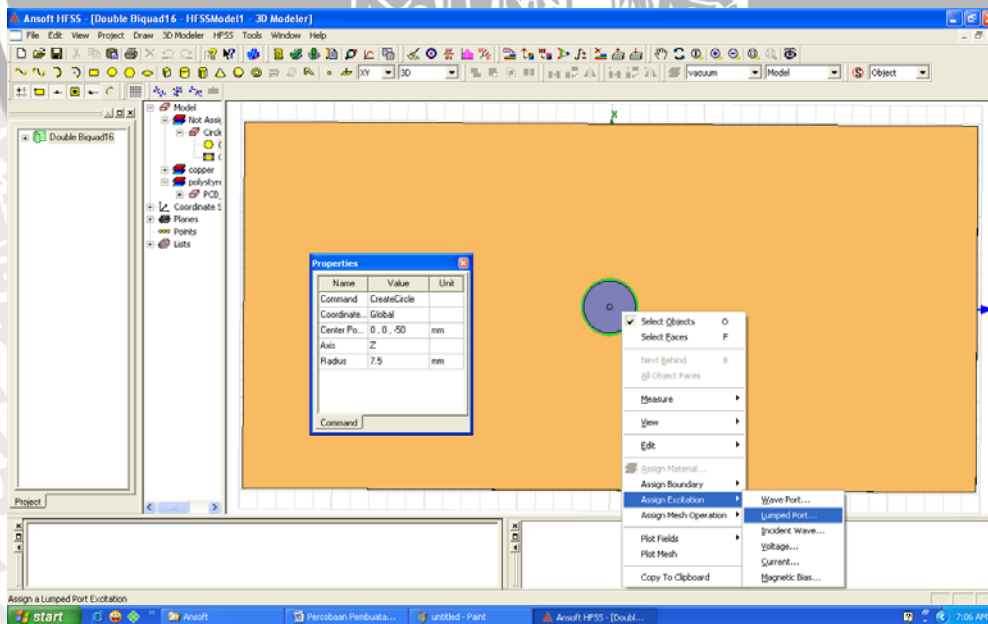
- Lanjutkan proses pembuatan hingga tampak seperti gambar di bawah. Setelah dipole selesai dibuat, satukan masing-masing sisi dipole, tabung dan reflektor menggunakan tools unite 



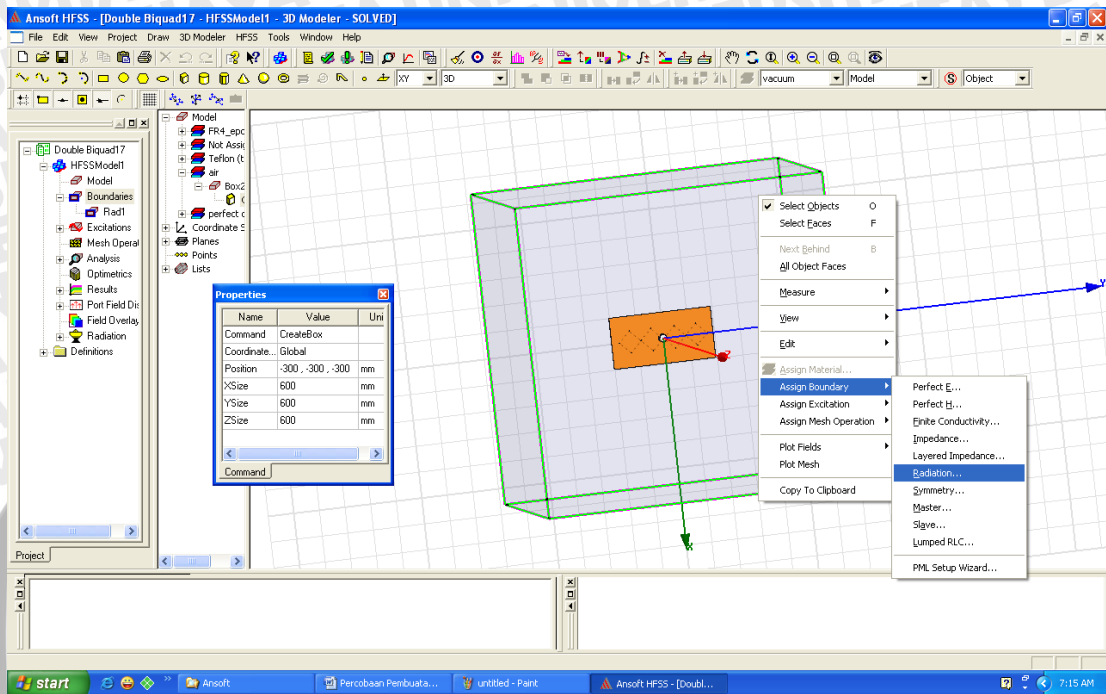
6. Setelah semua bagian disatukan jangan lupa untuk mendefinisikan bahan dengan
 - a. Dipole dimasuki bahan tembaga/copper.
 - b. Tabung dimasuki bahan tembaga/copper
 - c. Reflektor dimasuki bahan tembaga dan polysterene



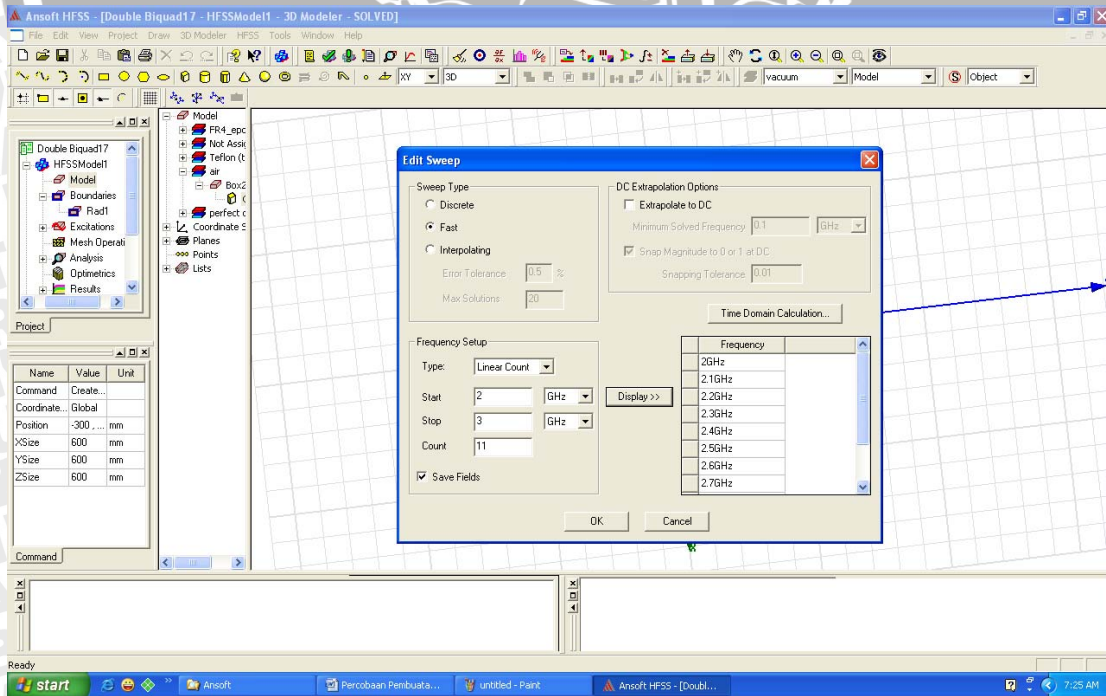
7. Selanjutnya kita membuat port pada tabung, definisikan dengan menggunakan lumped port




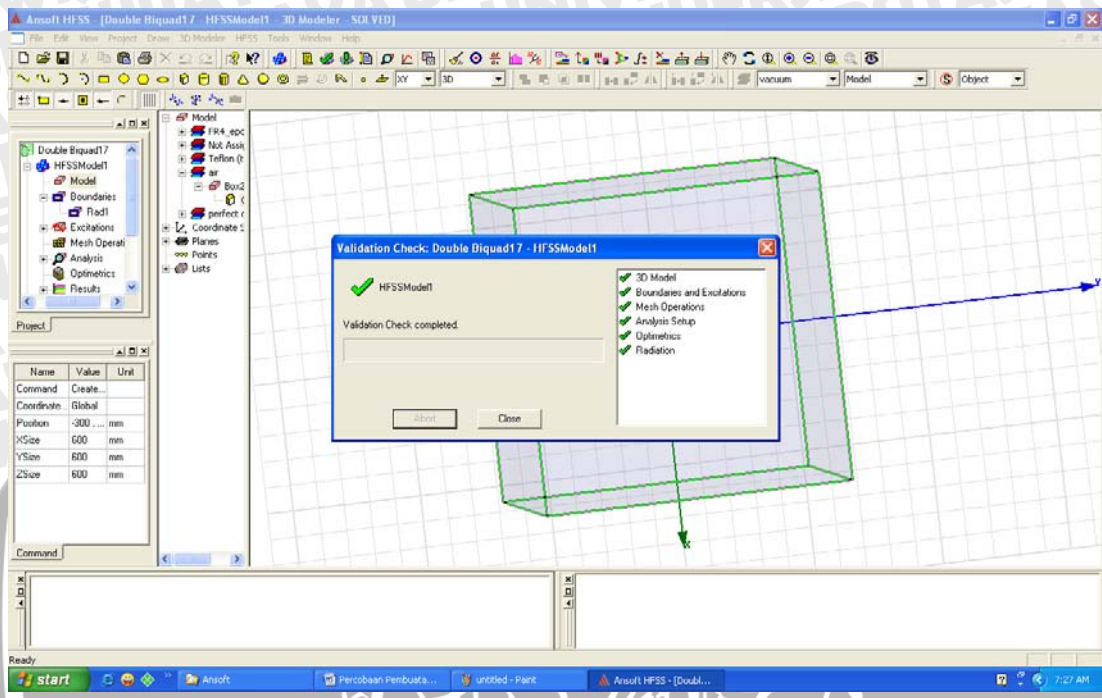
8. Setelah semua bagian antenna selesai dibuat, kita akan membuat udara yang terbuat dari kubus yang dimasuki bahan air.



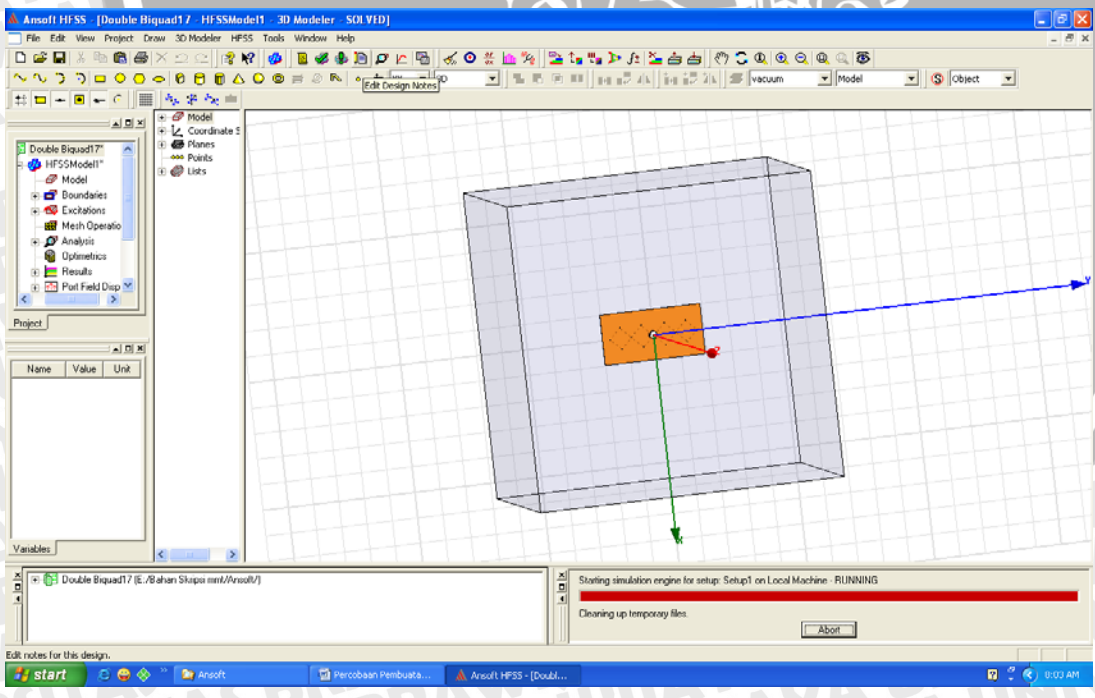
9. Setelah semua proses pembuatan antenna selesai, bualah analysis setup untuk proses running dengan mendefinisikan frekuensi kerja dan yang lainnya.



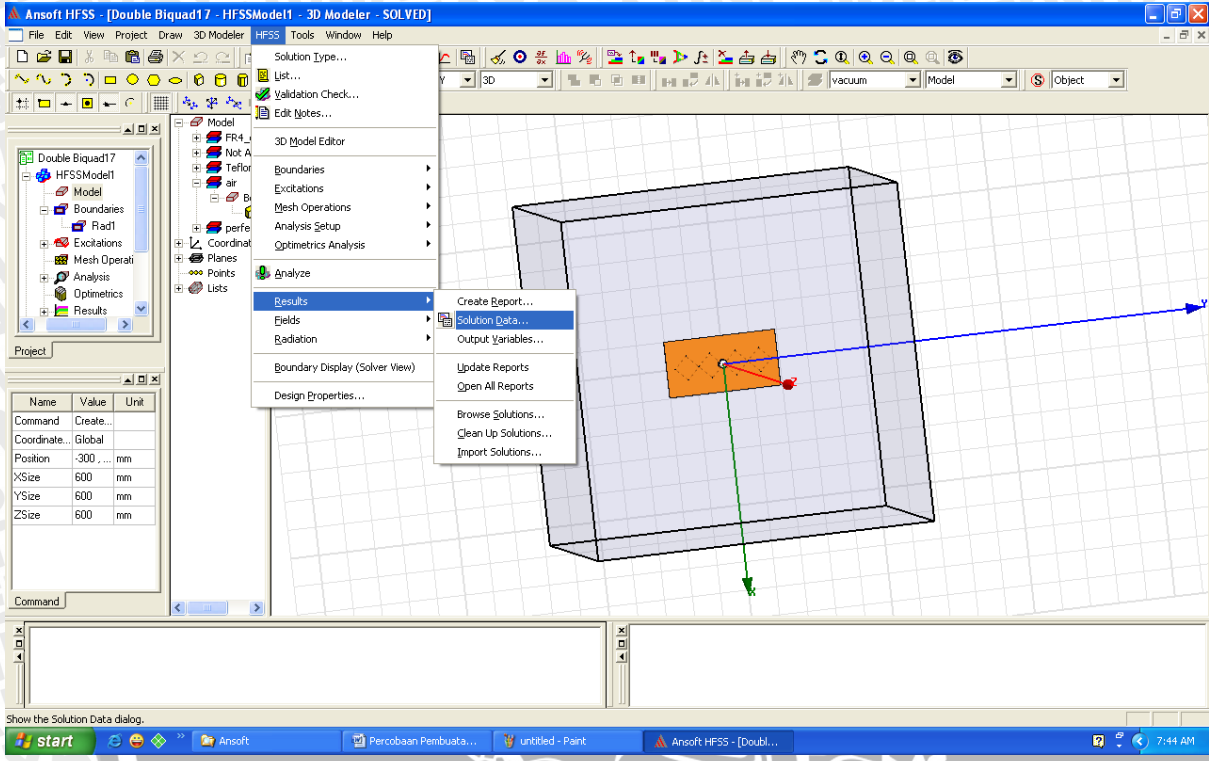
10. Klik icon , bila semua proses sudah benar maka akan tampak seperti gambar di bawah ini



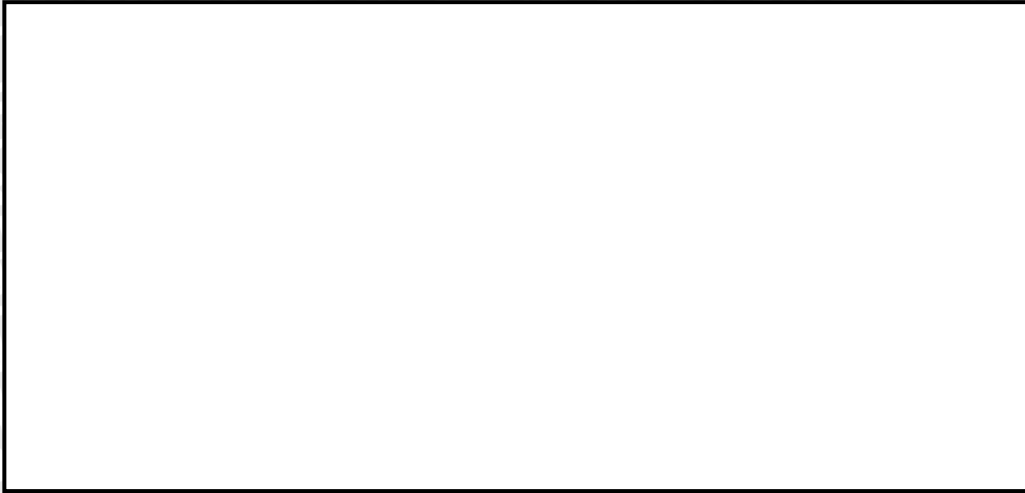
11. Lanjutkan dengan melakukan proses running program, dengan klik icon . Tunggu hingga proses running selesai.



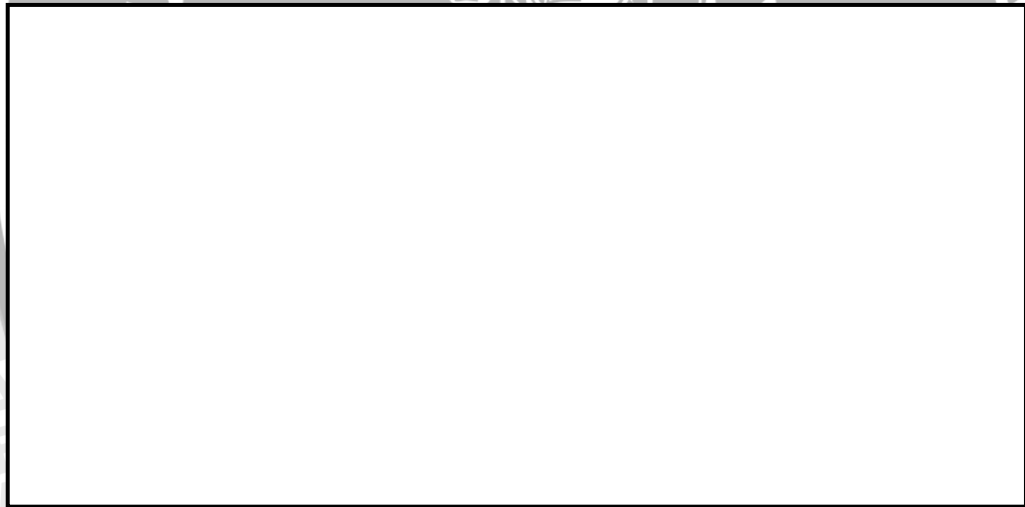
12. Setelah proses running selesai, ambil data hasil percobaan yang meliputi VSWR, Return Loss, Impedansi dan Gain.



Data Hasil Percobaan

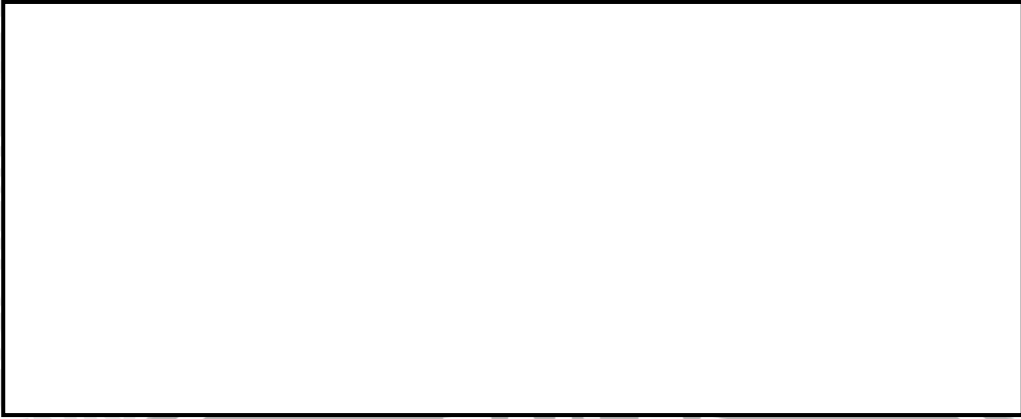


Gambar hasil percobaan VSWR

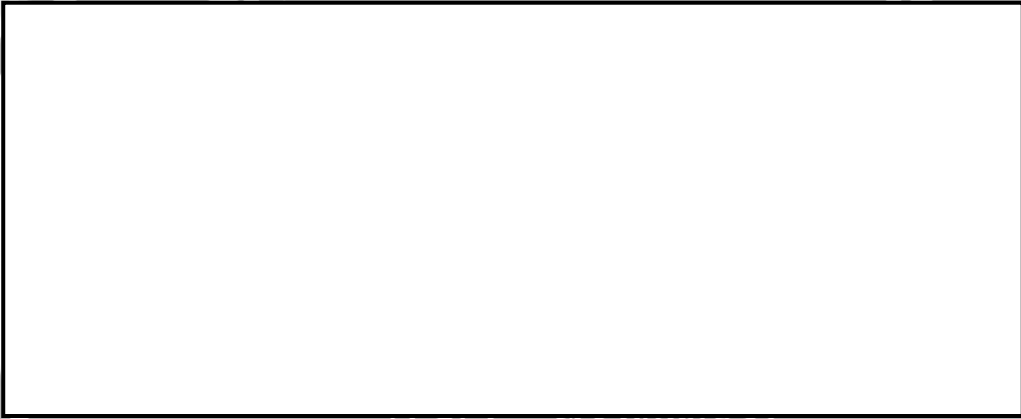


Gambar hasil percobaan Return loss





Gambar hasil percobaan impedansi



Gambar hasil percobaan Gain



Kesimpulan



I. Percobaan Pembuatan Antena *Double Biquad*

Tujuan Percobaan

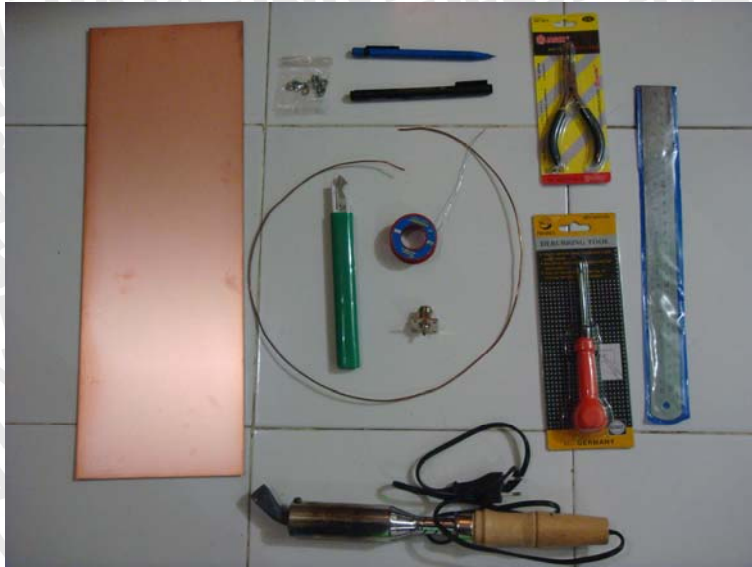
Tujuan Percobaan Percobaan Pembuatan Antena *double biquad* adalah mengetahui langkah-langkah pembuatan antena *double biquad*, sehingga dapat menjadi alternatif lain penggunaan antena untuk komunikasi WLAN 2,4 GHz.

Peralatan Percobaan

Bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan antena *double biquad* ini adalah sebagai berikut :

1. Papan PCB polos
2. 2 meter Kawat tembaga 1,5 mm
3. 1 buah Konektor antena N-Female (merek KINGS)
4. 4 buah Mur-Baut
5. Tang potong
6. Solder 200W
7. Bor tangan
8. Timah solder
9. Pemotong mika
10. Pensil
11. Penggaris
12. Pena *marker*

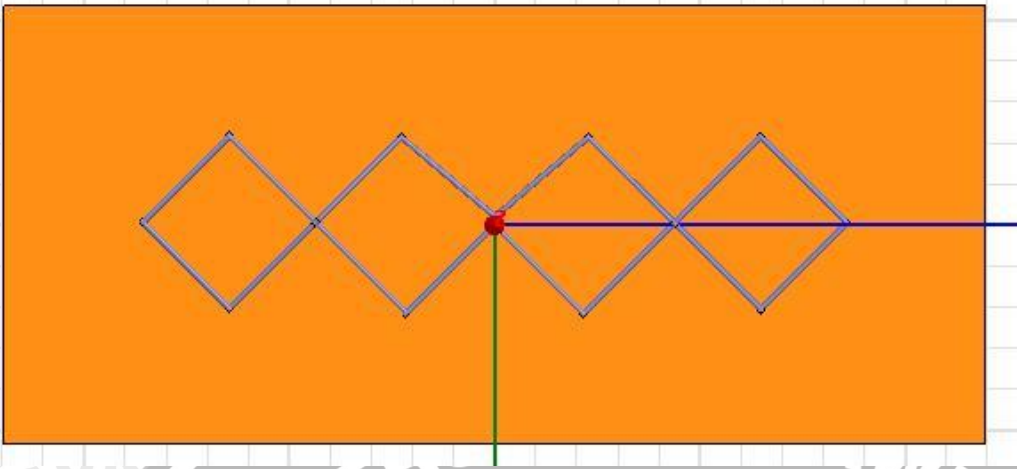




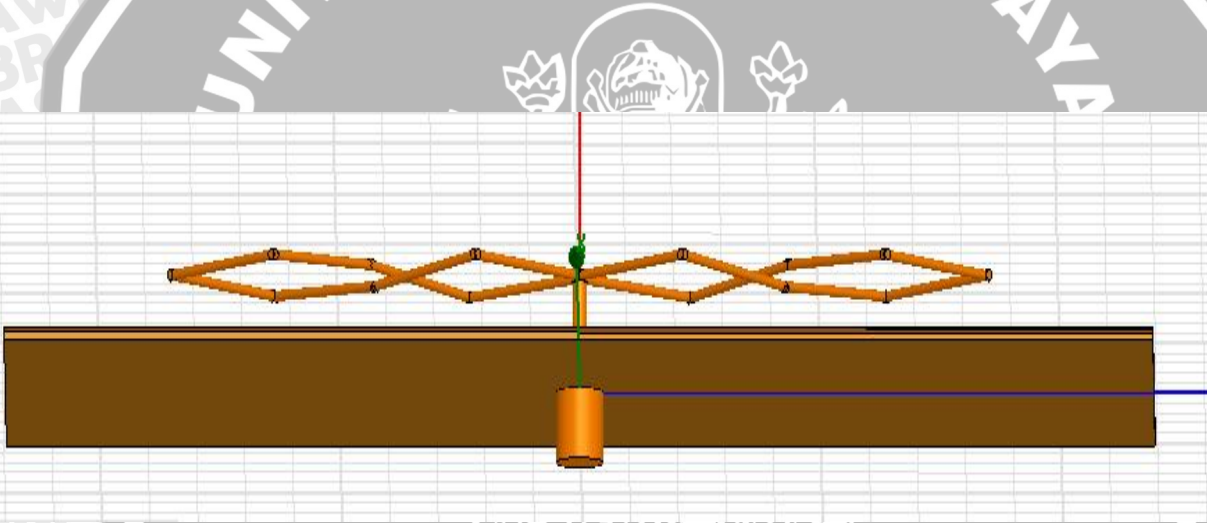
Gambar Peralatan dan bahan yang digunakan

Prosedur percobaan

1. Buatlah reflektor dengan menggunakan papan PCB polos yang dipotong dengan panjang 238,5 mm dan lebar 106,5 mm.
2. Buatlah lubang pada bagian tengah papan PCB, sehingga konektor N-*female* yang sudah kita siapkan sebelumnya bisa masuk ke lubang tersebut.
3. Satukan reflektor dengan konektor dengan menggunakan mur-baut.
4. Potong kawat tembaga dan bentuk menjadi *dipole* sesuai gambar 1.2, atur panjang masing-masing sisi dipole 31,25 mm.
5. Satukan kawat tembaga dengan reflektor menggunakan solder sesuai gambar 1.3, atur jarak kawat tembaga dengan reflektor 15,625 mm.



Gambar Bentuk perencanaan antenna *double biquad* tampak atas



Gambar Bentuk perencanaan antenna *double biquad* tampak samping

Data Hasil Percobaan



Gambar Bentuk fisik antenna *double biquad* hasil percobaan

Kesimpulan



II. Percobaan Pengujian Antena *Double Biquad* Pada WLAN 2,4 GHz

Tujuan Percobaan

Tujuan percobaan pengujian antena *double biquad* pada WLAN 2,4 GHz adalah untuk mengetahui unjuk kerja antena saat diimplementasikan.

Peralatan Percobaan

1. 1 unit desktop komputer (PC)
2. 1 buah PCI WiFi card merk TP-LINK TL-WN610G
3. 5 meter Kabel RG-8
4. 1 meter Kabel RG-58
5. 1 buah Konektor N-*male*
6. 1 buah Konektor SMA
7. Antena *double biquad*

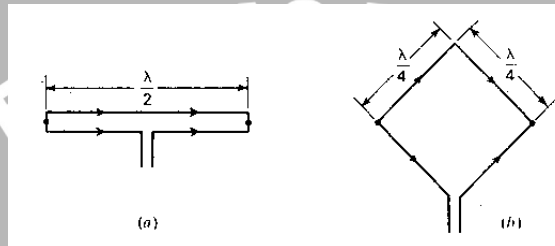
Prosedur percobaan

1. Pasang konektor SMA pada kabel RG-58.
2. Pasang konektor N-*male* pada kabel RG-8.
3. Sambunglah kabel RG-58 dengan kabel RG-8.
4. Hubungkan konektor N-*male* pada konektor N-*female* di antena.
5. Hubungkan konektor SMA pada konektor di PCI WiFi card.
6. Pasang PCI WiFi card pada slot PCI komputer.
7. Hidupkan komputer, jalankan program “Network Stumbler”.
8. Jalankan program “Wireless Network Connection”.
9. *Capture* jaringan yang terdeteksi.

Lampiran 5. Perhitungan Antena Double Biquad

Modifikasi Antena Dipole Lipat

Dengan memodifikasi antena dipole lipat bisa diperoleh sebuah antena quad dengan cara menarik sisi-sisi antena dipole lipat seperti sebuah kubus. Panjang dari masing-masing sisinya adalah $\frac{1}{4}\lambda$. Loop ini memiliki resistansi terminal yang lebih kecil dari dipole lipat.

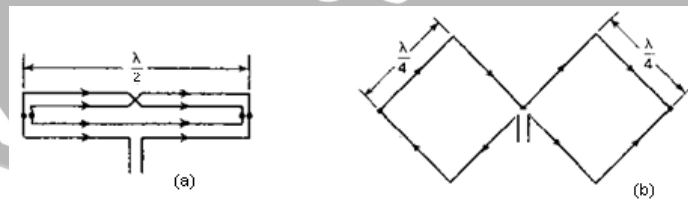


Gambar 2.10 tahap modifikasi antena *dipole* menjadi *dipole* lipat (a) dipole lipat 2 kawat (b) modifikasi dipole lipat 2 kawat

Sumber: Kraus, 1988: 515

Antena Biquad

Antena *biquad* merupakan salah satu jenis antena kawat dengan dipole loop berbentuk kubus ganda dimana panjang sisi-sisinya didapat dari modifikasi antena dipole lipat $\frac{1}{2}\lambda$ 4 kawat yang bagian tengahnya ditarik menjauh sehingga diperoleh panjang masing-masing sisi adalah setengah dari panjang dipole lipat $\frac{1}{2}\lambda$ atau sama dengan $\frac{1}{4}\lambda$.



Gambar tahap modifikasi antena *dipole* lipat 4 kawat menjadi antena *biquad* (a) dipole lipat 4 kawat, (b) modifikasi dipole lipat 4 kawat

Sumber : Kraus,1988: 515

Untuk bidang elektrik pada antena *biquad* persamaannya sebagai berikut :

$$E_{\phi} = -E_{\phi 0} e^{j\psi/2} + E_{\phi 0} e^{-j\psi/2} \quad (1)$$

Dimana $E_{\phi 0}$ adalah bagian elektrik dari dipole tunggal dan kita definisikan panjang sisi adalah d :

$$\psi = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta = d_r \sin \theta \quad (2)$$

Sehingga E_{ϕ} bisa dituliskan sebagai berikut

$$E_{\phi} = -2jE_{\phi 0} \sin\left(\frac{d_r}{2} \sin \theta\right) \quad (3)$$

Faktor j di persamaan (3) mengindikasikan bahwa total bagian E_{ϕ} adalah tingkat keempat dengan bagian $E_{\phi 0}$ dari dipole tunggal.

Sekarang jika $d \ll \lambda$, persamaan (3) dapat ditulis menjadi

$$E_{\phi} = -jE_{\phi 0} d_r \sin \theta \quad (4)$$

Untuk nilai $E_{\phi 0}$ pada dipole tunggal dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E_{\phi 0} = \frac{j60\pi[I]L}{r\lambda} \quad (5)$$

dimana $[I]$ adalah arus pada *dipole* dan r adalah jarak pada *dipole*. Substitusi persamaan (4) dan (5) diperoleh

$$E_{\phi} = \frac{60\pi[I]Ld_r \sin \theta}{r\lambda} \quad (6)$$

Bagaimanapun, panjang L pada *dipole* pendek sama dengan d , sehingga $L = d$. dan $d_r = 2\pi d / \lambda$ dan pada daerah A dari loop adalah d^2 , sehingga persamaan (6) menjadi :

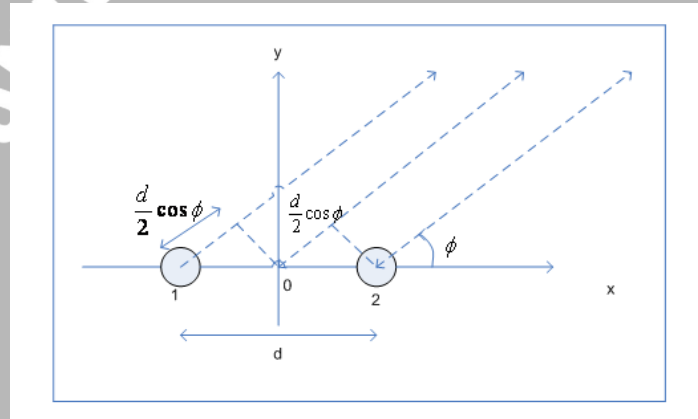
$$E_{\phi} = \frac{120\pi^2 [I] L d_r \sin \theta}{r \lambda^2} A \quad (7)$$

komponen lain pada loop adalah H_{θ} . Dan nilai H_{θ} diperoleh dari persamaan berikut :

$$H_{\theta} = \frac{E_{\phi}}{120\pi} = \frac{\pi [I] \sin \theta}{r \lambda^2} A \quad (8)$$

Antena double biquad

Untuk mendapatkan nilai E_{ϕ} pada antena *double biquad* dengan menggunakan konsep susunan antena dengan amplitudo dan fasanya sama.



Gambar Susunan antena
Sumber : Perencanaan

Titik 0 sebagai referensi (dianggap sebagai titik dengan fasa = 0), maka E_1 akan tertinggal sebesar $\frac{\varphi}{2} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{2} \cos \phi$ dan E_2 mendahului sebesar $\frac{\varphi}{2} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{2} \cos \phi$.

Sehingga medan gabungan

$$E_r = E_0 e^{j\frac{\varphi}{2}} + E_0 e^{-j\frac{\varphi}{2}} = 2E_0 \left(\frac{e^{j\frac{\varphi}{2}} + e^{-j\frac{\varphi}{2}}}{2} \right) \quad (9)$$

$$E_r = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2}, \text{ dengan } \varphi = d_r \cos \phi \Big|_{d_r = \frac{2\pi}{\lambda} d}$$

Untuk antenna *biquad* nilai, jadi nilai E_r sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_r &= 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2} \\ &= 2E_0 \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi \right) \end{aligned} \tag{10}$$

Untuk nilai $E_r(\theta)$, besarnya $E_0 = \frac{120\pi^2 [I] L d_r \sin \theta}{r \lambda^2} A$ dan $\theta = \frac{\pi}{2} - \phi$, jadi nilai $E_r(\theta)$ adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} E_r(\theta) &= 2 \left(\frac{120\pi^2 [I] \sin \theta}{r} \frac{A}{\lambda^2} \right) \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} d \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \right) \\ &= 2 \left(\frac{120\pi^2 [I] \sin \theta}{r} \frac{A}{\lambda^2} \right) \cos \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right) \end{aligned} \tag{11}$$

Untuk nilai $E_r(\phi)$, besarnya $E_0 = \frac{j60\pi [I] L}{r \lambda}$, maka besarnya $E_r(\phi)$ sebagai berikut :

$$E_r(\phi) = 2 \frac{j60\pi [I] L}{r \lambda} \cos \left(\frac{\pi d}{\lambda} \cos \phi \right) \tag{12}$$

Untuk memperoleh pola radiasi dengan memplot masing-masing nilai U_r . Dengan

$U_r = E_r^2$, sehingga diperoleh nilai U_r sebagai berikut :



$$U_i(\theta) = E^2_i(\theta) = \left[2 \left(\frac{120\pi^2 [I] \sin \theta}{r} \frac{A}{\lambda^2} \right) \cos \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta \right) \right]^2 \quad (13)$$

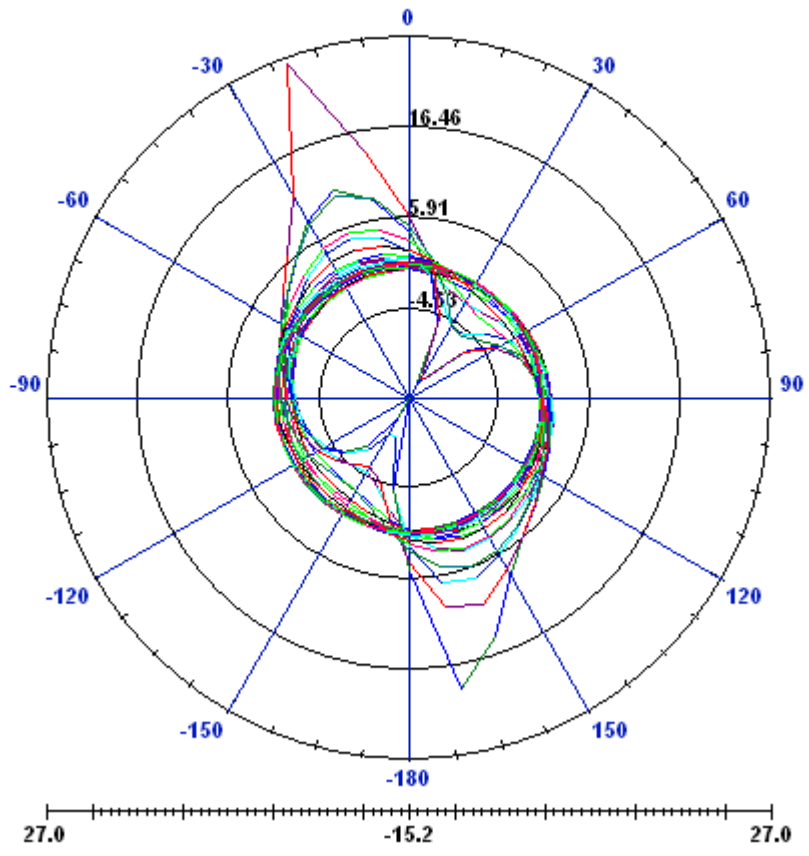
$$U_i(\phi) = E^2_i(\phi) = \left[2 \frac{j60\pi [I] L}{r\lambda} \cos \left(\frac{\pi d}{\lambda} \cos \phi \right) \right]^2 \quad (14)$$



23 Feb 2009

Ansoft Corporation
Radiation Pattern 1
Double Biquad

06:37:35



Gambar pola radiasi antenna *double biquad* menggunakan *software* ansoft.





Pola Radiasi Horizontal_Azimuth

Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-33.83	-34.17	-34.00	-0.25
5	-34.50	-34.67	-34.58	-0.83
10	-35.00	-35.17	-35.08	-1.33
15	-40.33	-40.50	-40.41	-6.66
20	-45.33	-45.17	-45.25	-11.50
25	-44.50	-44.37	-44.43	-10.69
30	-46.17	-46.50	-46.33	-12.58
35	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
40	-46.17	-46.67	-46.41	-12.66
45	-48.17	-48.83	-48.49	-14.74
50	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
55	-49.83	-49.67	-49.75	-16.00
60	-49.83	-50.50	-50.15	-16.40
65	-49.67	-49.83	-49.75	-16.00
70	-42.67	-42.50	-42.58	-8.83
75	-43.87	-43.87	-43.87	-10.12
80	-43.67	-44.00	-43.83	-10.08
85	-44.17	-44.50	-44.33	-10.58
90	-43.33	-43.67	-43.50	-9.75
95	-45.17	-45.67	-45.41	-11.66
100	-45.17	-45.50	-45.33	-11.58
105	-44.34	-44.87	-44.60	-10.85
110	-48.17	-48.00	-48.08	-14.33
115	-48.00	-47.67	-47.83	-14.08
120	-47.00	-47.50	-47.24	-13.49
125	-46.50	-46.33	-46.41	-12.66
130	-46.00	-45.83	-45.91	-12.16
135	-45.00	-44.83	-44.91	-11.16
140	-47.50	-48.00	-47.74	-13.99
145	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
150	-46.50	-46.17	-46.33	-12.58
155	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
160	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
165	-47.17	-47.87	-47.51	-13.76
170	-48.50	-48.17	-48.33	-14.58
175	-48.67	-48.33	-48.50	-14.75
180	-47.87	-47.00	-47.41	-13.66
185	-46.00	-46.67	-46.32	-12.57
190	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
195	-47.87	-47.17	-47.51	-13.76
200	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
205	-48.50	-48.67	-48.58	-14.83
210	-47.50	-47.67	-47.58	-13.83
215	-47.00	-47.67	-47.32	-13.57



220	-47.83	-47.50	-47.66	-13.91
225	-44.00	-43.83	-43.91	-10.16
230	-44.67	-43.89	-44.26	-10.51
235	-45.33	-45.67	-45.50	-11.75
240	-43.33	-44.00	-43.65	-9.90
245	-48.00	-47.87	-47.93	-14.19
250	-47.87	-47.67	-47.77	-14.02
255	-48.17	-48.33	-48.25	-14.50
260	-44.33	-44.17	-44.25	-10.50
265	-47.17	-47.83	-47.49	-13.74
270	-47.33	-46.83	-47.07	-13.32
275	-43.33	-43.67	-43.50	-9.75
280	-42.33	-42.50	-42.41	-8.66
285	-47.50	-47.67	-47.58	-13.83
290	-47.00	-47.57	-47.28	-13.53
295	-45.17	-45.67	-45.41	-11.66
300	-49.17	-49.33	-49.25	-15.50
305	-48.83	-48.17	-48.49	-14.74
310	-47.17	-47.50	-47.33	-13.58
315	-48.67	-48.63	-48.65	-14.90
320	-46.17	-46.33	-46.25	-12.50
325	-44.67	-44.00	-44.32	-10.57
330	-40.50	-40.67	-40.58	-6.83
335	-37.67	-37.50	-37.58	-3.83
340	-34.83	-34.67	-34.75	-1.00
345	-33.67	-33.83	-33.75	0.00
350	-35.67	-35.50	-35.58	-1.83
355	-34.33	-34.50	-34.41	-0.66



Pola radiasi Vertikal-Elevasi

Sudut	Level Terima (dBm)	Level Terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-34.83	-34.17	-34.49	-0.74
5	-34.50	-34.67	-34.58	-0.83
10	-35.00	-35.17	-35.08	-1.33
15	-37.33	-37.50	-37.41	-3.66
20	-35.33	-35.17	-35.25	-1.50
25	-37.50	-38.00	-37.74	-3.99
30	-45.17	-45.50	-45.33	-11.58
35	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
40	-46.17	-46.67	-46.41	-12.66
45	-48.17	-48.83	-48.49	-14.74
50	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
55	-49.83	-49.67	-49.75	-16.00
60	-49.83	-49.50	-49.66	-15.91
65	-48.67	-48.83	-48.75	-15.00
70	-49.67	-49.50	-49.58	-15.83
75	-48.87	-48.67	-48.77	-15.02
80	-46.67	-46.00	-46.32	-12.57
85	-45.17	-45.50	-45.33	-11.58
90	-47.33	-47.67	-47.50	-13.75
95	-48.17	-48.67	-48.41	-14.66
100	-47.17	-47.00	-47.08	-13.33
105	-46.00	-46.87	-46.41	-12.66
110	-48.17	-48.00	-48.08	-14.33
115	-48.00	-47.67	-47.83	-14.08
120	-47.00	-47.50	-47.24	-13.49
125	-46.50	-46.33	-46.41	-12.66
130	-46.00	-45.83	-45.91	-12.16
135	-48.00	-48.83	-48.40	-14.65
140	-47.50	-48.00	-47.74	-13.99
145	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
150	-46.50	-46.17	-46.33	-12.58
155	-47.67	-47.50	-47.58	-13.83
160	-47.00	-47.87	-47.41	-13.66
165	-47.17	-47.87	-47.51	-13.76
170	-48.50	-48.17	-48.33	-14.58
175	-48.67	-48.33	-48.50	-14.75
180	-47.87	-47.00	-47.41	-13.66
185	-49.00	-49.67	-49.32	-15.57
190	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
195	-49.87	-49.17	-49.51	-15.76
200	-48.67	-48.50	-48.58	-14.83
205	-48.50	-48.67	-48.58	-14.83
210	-47.50	-47.67	-47.58	-13.83
215	-47.00	-47.67	-47.32	-13.57
220	-47.83	-47.50	-47.66	-13.91



225	-46.67	-46.83	-46.75	-13.00
230	-47.17	-47.83	-47.49	-13.74
235	-47.33	-47.67	-47.50	-13.75
240	-48.33	-48.00	-48.16	-14.41
245	-48.00	-47.87	-47.93	-14.19
250	-47.87	-47.67	-47.77	-14.02
255	-48.17	-48.33	-48.25	-14.50
260	-47.93	-48.03	-47.98	-14.23
265	-48.17	-48.53	-48.35	-14.60
270	-49.33	-49.00	-49.16	-15.41
275	-50.33	-50.07	-50.20	-16.45
280	-50.33	-49.50	-49.90	-16.15
285	-49.50	-49.67	-49.58	-15.83
290	-48.93	-48.57	-48.75	-15.00
295	-48.17	-48.67	-48.41	-14.66
300	-46.17	-46.33	-46.25	-12.50
305	-45.83	-45.17	-45.49	-11.74
310	-43.17	-42.50	-42.82	-9.07
315	-41.67	-42.23	-41.94	-8.19
320	-40.17	-40.33	-40.25	-6.50
325	-37.67	-37.00	-37.32	-3.57
330	-35.50	-35.67	-35.58	-1.83
335	-34.67	-34.50	-34.58	-0.83
340	-34.83	-34.67	-34.75	-1.00
345	-33.67	-33.83	-33.75	0.00
350	-35.67	-35.50	-35.58	-1.83
355	-34.33	-34.50	-34.41	-0.66

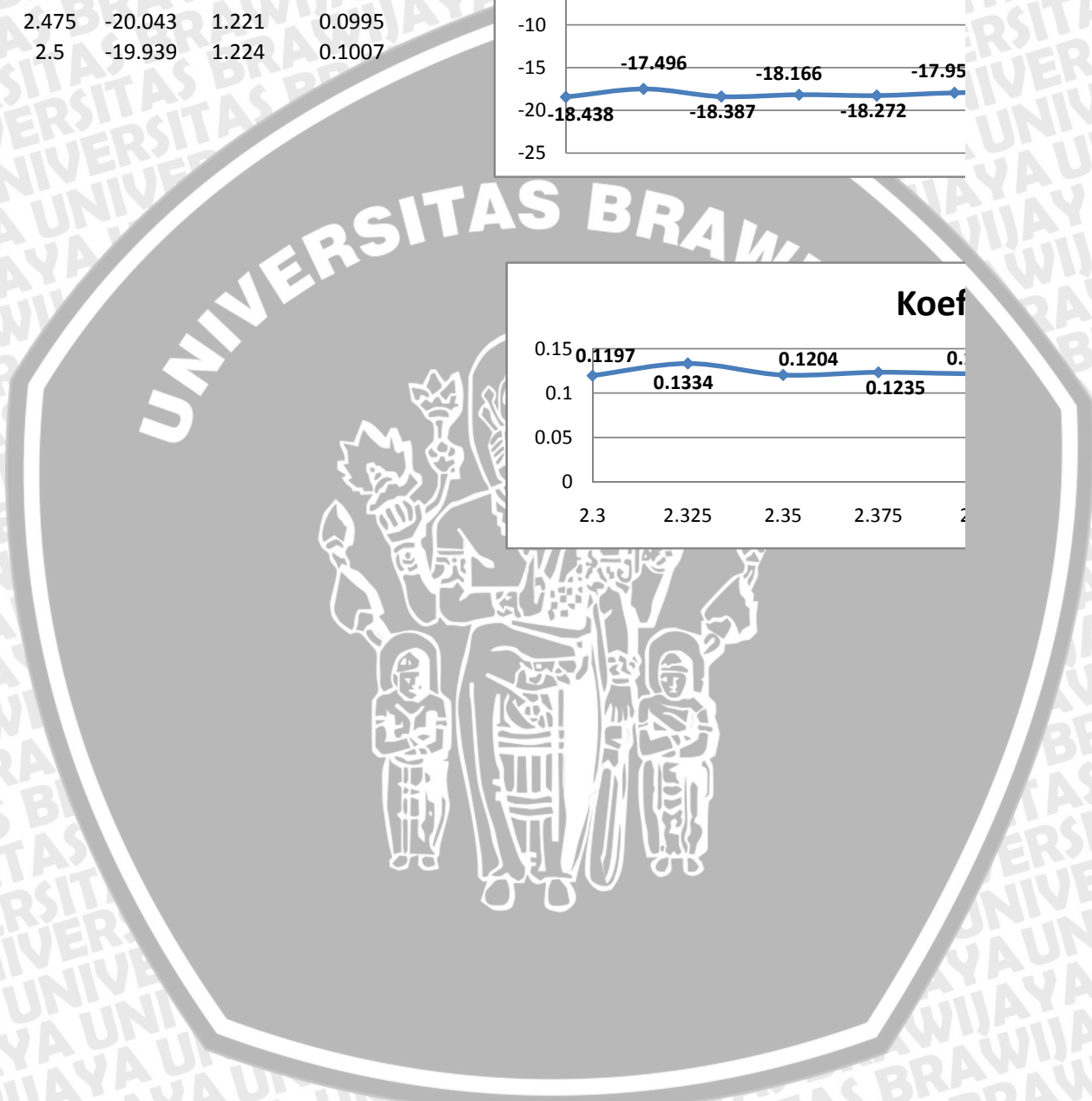
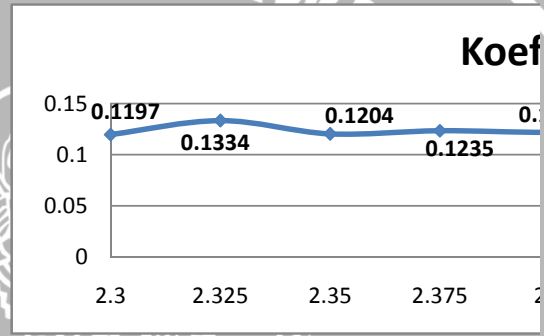
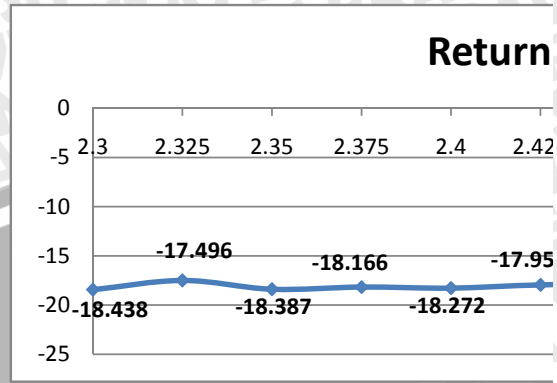


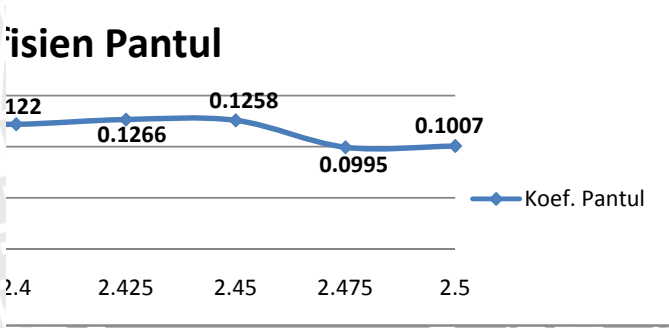
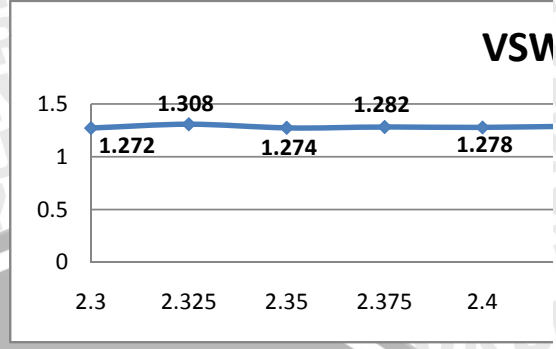
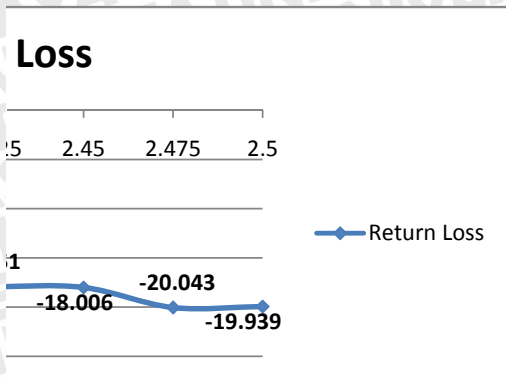
Polarisasi

Sudut	Level terima (dBm)	Level terima (dBm)	Rata-Rata	Normalisasi
0	-33.97	-33.00	-33.46	-0.14
10	-33.83	-34.00	-33.91	-0.59
20	-35.50	-35.87	-35.68	-2.36
30	-33.67	-33.00	-33.32	0.00
40	-37.00	-36.87	-36.93	-3.61
50	-43.83	-43.50	-43.66	-10.34
60	-47.50	-47.83	-47.66	-14.34
70	-45.67	-45.83	-45.75	-12.43
80	-44.50	-44.17	-44.33	-11.01
90	-48.33	-48.17	-48.25	-14.93
100	-46.67	-46.17	-46.41	-13.09
110	-44.67	-44.50	-44.58	-11.26
120	-41.00	-40.67	-40.83	-7.51
130	-44.67	-44.33	-44.50	-11.17
140	-39.67	-39.33	-39.50	-6.17
150	-42.17	-42.67	-42.41	-9.09
160	-37.67	-37.33	-37.50	-4.17
170	-35.87	-35.00	-35.41	-2.09
180	-34.17	-34.33	-34.25	-0.93
190	-37.17	-37.33	-37.25	-3.93
200	-40.87	-40.00	-40.41	-7.09
210	-36.67	-36.33	-36.50	-3.17
220	-37.17	-37.67	-37.41	-4.09
230	-39.67	-39.33	-39.50	-6.17
240	-39.67	-39.33	-39.50	-6.17
250	-41.00	-40.83	-40.91	-7.59
260	-46.67	-46.50	-46.58	-13.26
270	-43.67	-43.83	-43.75	-10.43
280	-47.00	-47.17	-47.08	-13.76
290	-46.50	-46.17	-46.33	-13.01
300	-42.67	-42.83	-42.75	-9.43
310	-45.50	-45.83	-45.66	-12.34
320	-38.83	-38.50	-38.66	-5.34
330	-40.17	-40.87	-40.51	-7.18
340	-36.67	-36.00	-36.32	-3.00
350	-35.50	-35.87	-35.68	-2.36
360	-33.83	-34.00	-33.91	-0.59



NO	FREQ	RL	VSWR	Koef. Pantul
1	2.3	-18.438	1.272	0.1197
2	2.325	-17.496	1.308	0.1334
3	2.35	-18.387	1.274	0.1204
4	2.375	-18.166	1.282	0.1235
5	2.4	-18.272	1.278	0.122
6	2.425	-17.951	1.29	0.1266
7	2.45	-18.006	1.288	0.1258
8	2.475	-20.043	1.221	0.0995
9	2.5	-19.939	1.224	0.1007





VR

