



**PENERAPAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* UNTUK *TRANSMISI DATA*
MONITORING KETINGGIAN AIR PADA FREKUENSI 2.4 GHz**

SKRIPSI

Oleh

Irfan Kurnianto

NIM 141910201007

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**PENERAPAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* UNTUK *TRANSMISI DATA*
MONITORING KETINGGIAN AIR PADA FREKUENSI 2.4 GHz**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Irfan Kurnianto
NIM 141910201007

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas kasih setia-Nya yang telah melimpahkan segala rahmat yang tak ternilai, sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini.

Taklupa terimakasih saya ucapkan kepada baginda Rasullullah SAW, yang telah membawa dunia ini dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang dan benderang. Sehingga saya mampu merasakan, mencintai dan melakukan syariat islam.

Akhirnya, saya persembahkan skripsi ini kepada.

1. Ibu saya Murtiningsih dan ayah saya Ismianto.
2. Saudara – saudara saya Diah, Hakim, Cindy, Ilham dan Naya.
3. Guru-guru SD, SMP, SMA dan para Dosen.
4. Sahabat dan teman-teman.
5. Kalian semua yang sedang membaca ini.

MOTTO

Sebaik-baiknya Agama Adalah ISLAM

(QS. Al-Imron, 19)

Teman adalah Tempat Pulang.

(Irfan Kurnianto)

Percayalah..! Balas dendam takkan menghasilkan apapun. Karena aku telah
merasakannya.

(Ichigo/Bleach)

Jangan Melempar kesalahan pada orang lain, itu bukan laki-laki namanya.

(Misae /Crayon Shinchan)

Gula itu manis dan garam itu asin. Jangan dirubah, kasihan.

(Irfan Kurnianto)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Irfan Kurnianto

NIM : 141910201007

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ” Penerapan Antena *Double Biquad* untuk *Transmisi Data Monitoring* Ketinggian Air pada Frekuensi 2.4 GHz” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 01 Nopember 2018

Yang menyatakan

Irfan Kurnianto
NIM 1419102007

SKRIPSI

**PENERAPAN ANTENA *DOUBLE BIQUAD* UNTUK *TRANSMISI DATA*
*MONITORING KETINGGIAN AIR PADA FREKUENSI 2.4 GHz***

Oleh

Irfan Kurnianto
NIM 141910201007

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Catur Suko Sarwono.,ST.

Dosen Pembimbing Anggota : Widya Cahyadi, ST.,MT

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Penerapan Antena *Double Biquad* untuk *Transmisi Data Monitoring* Ketinggian Air pada Frekuensi 2.4 GHz" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 01 Nopember 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Sekretaris,

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

NIP 196801191997021001

Anggota I,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.

NIP 198511102014041001

Anggota II,

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

NIP 198405312008121004

Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T.

NRP 760014640

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP 196612151995032001

Penerapan Antena *Double Biquad* untuk *Transmisi Data Monitoring* Ketinggian Air pada Frekuensi 2.4 GHz

Irfan Kurnianto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Kebutuhan air sangatlah penting, sehingga ketersediaan air harus selalu terjaga dengan demikian pengawasan ketinggian air sangat diperlukan. Penelitian ini telah terealisasi hasil perancangan antena *double biquad* untuk optimasi jarak *transmisi data monitoring* ketinggian air dengan modul nRF24L01. Antena *double biquad* merupakan jenis antena *dipole loop* tertutup yang memiliki bentuk *quad-double*. Penelitian ini menguraikan tentang tahapan menentukan spesifikasi dan merancang desain antena menggunakan simulator Ansoft HFSS v13. Antena *double biquad* difungsikan untuk komunikasi sistem *monitoring* berbasis modul nRF24L01 yang bekerja pada frekuensi 2.4 sampai 2.5 GHz. Pada penelitian ini frekuensi kerja antena yang diperoleh adalah 2.464 GHz. Karakteristik antena dikatakan *match* atau berhasil jika nilai *return loss* ≤ -10 dB dan *VSWR* ≤ 2 . Telah diperoleh hasil dari simulasi antena *double biquad*, dengan nilai *return loss* sebesar -16,0883 dB, nilai *VSWR* sebesar 1,3741, nilai *bandwidth* sebesar 244 MHz dan nilai *gain* yang diperoleh sebesar 13,33 dBi. Adapun setelah dilakukan *fabrikasi* antena *double biquad* diperoleh nilai *return loss* sebesar -14,6 dB, nilai *VSWR* sebesar 1,32, nilai *bandwidth* sebesar 118,24 MHz dan nilai *gain* sebesar 10,35 dB dengan pengukuran secara laboratorium. Perolehan hasil dari penerapan antena *double biquad* secara pengukuran *transmisi data monitoring*, antena *double biquad* mampu diintegrasikan dengan baik pada modul nRF24L01, terbukti saat kondisi LOS dengan antena *monopole* memiliki jarak komunikasi efektif mencapai 440 meter saat ketinggian 2 meter dan antena *double biquad* memiliki jarak komunikasi efektif mencapai 580 meter saat ketinggian 2 meter adapun pada kondisi NLOS baik dengan antena *monopole* maupun antena *double biquad* memiliki jarak efektif mencapai 260 meter dengan ketinggian masing-masing 2 meter pada antena *monopole* dan 1 meter pada antena *double biquad*.

Kata kunci : Antena *Biquad*, *Double Biquad*, *Return Loss*, *VSWR*, *Bandwidth*, *Gain*, LOS, NLOS.

RINGKASAN

Penerapan Antena *Double Biquad* untuk *Transmisi Data Monitoring Ketinggian Air* pada Frekuensi 2.4 GHz; Irfan Kurnianto, 141910201007; 2018; 63 halaman; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Air adalah kebutuhan yang amat penting, sehingga ketersediaan air tetap harus selalu ada. Sehingga peran penampungan air menjadi penting dan diperlukan suatu mekanisme pengukuran untuk mengetahui ketersediaan air pada penampungan. Seringkali mekanisme yang digunakan berupa cara manual, yaitu mendatangi, melihat dan melakukan pengukuran secara langsung. Namun pada kondisi tertentu cara ini tidak bisa, jika tempat penampungan yang dimaksud jauh dan sulit untuk dijangkau, seperti di atas gedung atau di bawah tebing.

Dalam proses pengiriman data pada jarak yang jauh, sistem monitoring memerlukan komponen tambahan yang dapat mengkonversi dari energi listrik menuju energi elektromagnetik yang dinamakan dengan antena. Antena merupakan perangkat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik lalu memancarkannya ke ruang bebas. Setiap antena memiliki karakteristik dan kemampuan pancaran yang berbeda-beda.

Antena *double biquad* merupakan antena yang terbuat dari kawat *dipole loop* tertutup dengan bentuk persegi ganda dan terdapat *ground plane* yang memiliki bentuk yang berbeda-beda, sesuai kebutuhan. *Ground plane* terletak tidak jauh dari rangkaian antena, ini bertujuan untuk mengurangi radiasi dari arah luar. Semakin dekat jarak devain antena dengan *ground plane* maka akan semakin kuat radiasi antena *biquad*, karena nilai *gain* yang diperoleh akan semakin besar namun lebar pita (*bandwidth*) akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya (Fadila, 2010).

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi Pengujian antena *double biquad* secara simulasi yang dilakukan dengan bantuan *software* HFSS v13.0 dengan parameter yang diinginkan dan telah memenuhi syarat yaitu frekuensi tengah 2,4 GHz, nilai *return loss* < -10 dB, dan nilai *VSWR* < 2 . Pengujian selanjutnya yaitu secara pengukuran yang dilakukan di Laboratorium uji antena di POLINEMA Malang, dengan menggunakan *spektrum analyzer*, *osciloscop* dan

frekuensi generator. Pada percobaan tersebut parameter yang diinginkan telah memenuhi syarat untuk digunakan pada modul *transmisi* nRF24L01 yaitu dengan frekuensi tengah 2,464 GHz, nilai *return loss* < -10 dB, dan nilai VSWR < 2 .

Pengujian selanjutnya yaitu melakukan penerapan antenna *double biquad* pada modul nRF24L01 pada kondisi LOS (tanpa penghalang) dan NLOS (berpenghalang) yang dilakukan di Jembatan Curah Malang, Jalan Rambipuji, Jember. Pengukuran jarak pada kondisi LOS menggunakan antenna *monopole* dengan tinggi antenna 1 meter sejauh 420 meter dan pada saat tinggi antenna 2 meter sejauh 440 meter. Pengukuran jarak pada kondisi LOS menggunakan antenna *double biquad* dengan tinggi antenna 1 meter sejauh 540 meter dan pada saat tinggi antenna 2 meter sejauh 580 meter. Sedangkan Pengukuran jarak pada kondisi NLOS menggunakan antenna *monopole* dengan tinggi antenna 1 meter sejauh 240 meter dan pada saat tinggi antenna 2 meter sejauh 260 meter. Pengukuran jarak pada kondisi NLOS menggunakan antenna *double biquad* dengan tinggi antenna 1 meter sejauh 260 meter dan pada saat tinggi antenna 2 meter sejauh 230 meter.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa penelitian antenna *double biquad* pada frekuensi 2,4 GHz telah memenuhi standar kelayakan antenna yang nanti akan digunakan pada modul nRF24L01 pada rentang frekuensi 2,4 GHz dengan parameter uji nilai *return loss* < -10 dB, dan uji nilai VSWR < 2 . Hasil pengukuran modul nRF24L01 menggunakan antenna *monopole* sebagai *transmitter*, pada kondisi LOS mampu mengirimkan data terjauh yaitu 440 meter pada ketinggian 2 meter. Pengukuran antenna *double biquad* sebagai *transmitter* mampu mengirimkan data terjauh yaitu 580 meter pada ketinggian 2 meter. Pada kondisi NLOS antenna *monopole* sebagai *transmitter* mampu mengirimkan data terjauh yaitu 260 meter pada ketinggian 2 meter. Sedangkan dengan antenna *double biquad* sebagai *transmitter* pada kondisi NLOS mampu mengirimkan data terjauh sejauh 260 meter pada ketinggian 1 meter.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini. untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T. dan Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Alfredo, S.T., M.T., Bapak Andrita Ceriana, S.T., M.T. dan Bapak Dodi Setia Budi S.T., M.T., selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk menyempurnakan hasil dari tugas akhir ini.
3. Kedua Orang tua Ibuku Murtiningsih dan Ayahku Ismianto, yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis serta pengorbanannya selama ini.
4. Saudara perempuan ku Diah Siti Puspita Sari yang senantiasa menjadi inspirasi dan semangat.
5. Sahabat sekaligus saudara ku Rizqia N., Ahmad Nuralim, Desi yuliana, Hadi Purnomo, Kahfi Rizki, Angga Kresnawan Soleh, dan Dwi Ahmad Fauzi.
6. Keluarga besar KETEK UJ, Keluarga Jambu, Keluarga 9-7 dan Ganasbung Jember yang telah memberi banyak pengalaman, pelajaran hidup, cinta dan pengorbanan sehingga menjadi pribadi yang sekarang.
7. Saudara - saudaraku, orang - orang yang telah menjadi kisah asmara dalam hidup, dan orang – orang yang membenciku. Kalian ada untuk melengkapi cerita perjalanan hidupku.
8. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu Teknik Elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 01 Nopember 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBER JUDUL	i
LEMBER PERSEMBAHAN	ii
LEMBER MOTTO	iii
LEMBER PERNYATAAN	iv
LEMBER PENGESAHAN	vi
LEMBER PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hasil Penelitian Yang Relevan	5
2.2 Konsep Dasar Antena	7
2.3 Antena Kawat (<i>Wire Antenna</i>)	8
2.3.1 <i>Antena Biquad</i>	8
2.3.2 <i>Antena Double Biquad</i>	10
2.4 Parameter – Parameter Antena	13
2.4.1 <i>Return Loss</i>	13
2.4.2 <i>VSWR</i>	13
2.4.3 <i>Gain</i>	14
2.4.4 <i>Bandwidth</i>	14
2.4.5 <i>Pola Radiasi</i>	15
2.5 Arduino Uno	16

2.6 Modul nRF24L01	16
2.7 Telekomunikasi	17
2.7.1 Komunikasi Data	17
2.2.2 Parameter QOS	18
2.8 Gelombang Radio	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Tahap Penelitian	21
3.4 Perancangan Alat	22
3.4.1 Rancang Antena <i>Double Biquad</i>	22
3.4.2 Rancang Sistem <i>Monitoring</i> Dengan Modul nRF24L01	23
3.5 Blok Sistem	23
3.6 Diagram Alir (Flowchart)	24
3.6.1 Diagram Alir Perancangan Antena <i>Double Biquad</i>	24
3.6.2 Diagram Perancangan Sistem <i>Monitoring</i>	26
3.7 Perancangan Desain Antena <i>Double Biquad</i>	27
3.7.1 Menentukan Frekuensi Kerja	27
3.7.2 Perancangan Dimensi Antena <i>Double Biquad</i>	28
3.7.3 Hasil Desain Simulasi Antena <i>Double Biquad</i>	30
3.7.4 Metode Pengukuran Antena <i>Double Biquad</i>	33
3.8 Perancangan dan Parameter Sistem <i>Monitoring</i> nRF24L01	33
3.8.1 Pengukuran Pada Kondisi LOS	34
3.8.2 Pengukuran Pada Kondisi NLOS	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Uji Antena Simulasi	37
4.1.1 Uji Parameter VSWR	37
4.1.2 Uji Parameter <i>Return Loss</i>	38
4.1.3 Uji Parameter <i>Gain</i>	38
4.1.4 Uji Parameter <i>Bandwidth</i>	39
4.1.5 Uji Parameter Pola Radiasi	40

4.2 Fabrikasi Antena Double Biquad	41
4.3 Uji Antena Double Biquad dan Antena Monopole	41
4.3.1 Uji Parameter <i>Return Loss</i> antena <i>Double Biquad</i>	42
4.3.2 Uji Parameter VSWR antenna <i>Double Biquad</i>	45
4.3.3 Uji Parameter <i>Gain</i> Antena <i>Double Biquad</i> dan <i>Monopole</i>	47
4.3.4 Uji Parameter <i>Bandwidth</i> Antena <i>Double Biquad</i>	49
4.3.5 Uji Parameter Pola Radiasi Antena <i>Double Biquad</i>	50
4.4 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran	53
4.4.1 Analisa Hasil Simulasi dan Pengukuran	53
4.4.2 Analisa Hasil Simulasi dan Pengukuran Pola Radiasi	54
4.5 Penerapan Antena Double Biquad Pada Modul nRF24L01	55
4.5.1 Pengukuran Pada Kondisi LOS	57
4.5.2 Pengukuran Pada Kondisi NLOS	59
BAB 5 PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	xviii
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Antena Dalam Satu Sambungan (Kiri) Dan Sistem Komunikasi Radio (Kanan)	7
Gambar 2.2 Konfigurasi Antena Kawat	8
Gambar 2.3 Antena <i>Biquad</i>	9
Gambar 2.4 Dimensi Antena <i>Double Biquad</i>	10
Gambar 2.5 <i>Groundplane Truncated Cone</i>	12
Gambar 2.6 Set Kordinasi Sistem Analisi Antena	15
Gambar 2.7 Arduino UNO	16
Gambar 2.8 Modul nRF24L01	17
Gambar 2.9 Blok Diagram Komunikasi Data	18
Gambar 3.1 Diagram Blok Tahap Penelitian	21
Gambar 3.2 Diagram <i>Integrasi Sistem Monitoring Dengan Antena Transmitter</i>	23
Gambar 3.3 Diagram Alir Antena (<i>flowchart</i>)	25
Gambar 3.4 Diagram Alir Sistem <i>Monitoring</i>	26
Gambar 3.5 Bentuk 2D Antena <i>Double Biquad</i>	28
Gambar 3.6 Simulasi Antenna <i>Double Biquad</i> Dengan <i>Software HFSS</i>	30
Gambar 3.7 Grafik Frekuensi Kerja Dan <i>Return Loss</i>	30
Gambar 3.8 Grafik Frekuensi Kerja Dan <i>VSWR</i>	31
Gambar 3.9 Sistem <i>Monitoring</i> Dengan Modul nRF24L01 Sebagai <i>Transmitter</i>	34
Gambar 3.10 <i>Monitoring</i> Ketinggian Air Berbasis Modul nRF24L01 Sebagai <i>Receiver</i>	34
Gambar 4.1 Grafik <i>Plot Rectangular VSWR</i>	37
Gambar 4.2 Grafik <i>Plot Rectangular Return Loss</i>	38
Gambar 4.3 3D Gain Antena <i>Doble Biquad</i> Satuan dBi	38
Gambar 4.4 Grafik Nilai <i>Bandwidth</i>	39
Gambar 4.5 3D Pola Radiasi Antena <i>Double Biquad</i>	40
Gambar 4.6 2D Pola Radiasi Antena <i>Double Biquad</i>	40
Gambar 4.7 Antena <i>Double Biquad</i> Dengan <i>Ground plane</i> Setengah Corong	41
Gambar 4.8 Tampilan <i>Spectrum Analyzer</i>	42

Gambar 4.9 Rangkaian Pengukuran <i>Return Loss</i>	42
Gambar 4.10 Tampilan Layar <i>Spectrum Analyzer</i>	43
Gambar 4.11 Grafik <i>Return Loss</i>	45
Gambar 4.12 Grafik Nilai VSWR Antenna <i>Double Biquad</i>	46
Gambar 4.13 Grafik Nilai <i>Gain</i> Antenna <i>Double Biquad</i>	48
Gambar 4.14 Grafik Nilai <i>Gain</i> Antenna <i>Monopole</i>	49
Gambar 4.15 Grafik Nilai <i>Bandwidth</i>	49
Gambar 4.16 Pengukuran Pola Radiasi	50
Gambar 4.17 Pola Radiasi Antena <i>Double Biquad</i>	52
Gambar 4.18 2D Pola Radiasi Hasil Simulasi	54
Gambar 4.19 2D Pola Hasil Pengukuran	54
Gambar 4.20 Perancangan Alat Sistem <i>Monitoring</i> Ketinggian Air	55
Gambar 4.21 Penerapan Antena <i>Double Biquad</i> Sebagai <i>Transmitter</i>	56
Gambar 4.22 Tampilan Data <i>Logger</i> Sebagai <i>Receiver</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matrix permasalahan.....	5
Tabel 2.2 <i>Packet Loss</i> ,	18
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	19
Tabel 3.2 Dimensi Antena <i>Double Biquad</i> Dengan Perhitungan Matematis.....	29
Tabel 3.3 Dimensi <i>Iterasi</i> Antena <i>Double Biquad</i> Dengan <i>Ground Plane</i> Berbentuk Setengah Corong	32
Table 3.4 Dimensi Hasil <i>Iterasi</i> Simulasi Antena <i>Double Biquad</i>	32
Tabel 3.5 Parameter Antena <i>Double Biquad</i>	33
Tabel 3.6 Pengukuran Kondisi LOS Menggunakan Antena <i>Monopole</i>	35
Table 3.7 Pengukuran Kondisi LOS Menggunakan Antena <i>Double Biquad</i>	35
Table 3.8 Pengukuran Kondisi NLOS Menggunakan Antena <i>Monopole</i>	36
Table 3.9 Pengukuran Kondisi NLOS Menggunakan Antena <i>Double Biquad</i>	36
Tabel 4.1 Data Terbaca Pada <i>Spectrum Analyzer</i>	43
Tabel 4.2 Nilai <i>Return Loss</i> Hasil Pengukuran <i>Spectrum Analyzer</i>	44
Tabel 4.3 Tabel Nilai VSWR Antena <i>Double Biquad</i>	46
Tabel 4.4 Nilai <i>Gain</i> Antena <i>Double Biquad</i>	47
Tabel 4.6 Nilai <i>Gain</i> Antena <i>Monopole</i>	48
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Pola Radiasi	51
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengukuran Dengan Hasil Simulasi	53
Tabel 4.9 Pengukuran Kondisi LOS Menggunakan Antena <i>Monopole</i>	57
Tabel 4.10 Pengukuran Kondisi LOS Menggunakan Antena <i>Double Biquad</i>	58
Tabel 4.11 Pengukuran Kondisi NLOS Menggunakan Antena <i>Monopole</i>	60
Tabel 4.12 Pengukuran Kondisi NLOS Menggunakan Antena <i>Double Biquad</i>	61

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah kebutuhan yang amat penting, sehingga ketersediaan air tetap harus selalu ada. Sehingga peran penampung air menjadi penting dan diperlukan suatu mekanisme pengukuran untuk mengetahui ketersediaan air pada penampungan. Seringkali mekanisme yang digunakan berupa cara manual, yaitu mendatangi, melihat dan melakukan pengukuran secara langsung. Namun pada kondisi tertentu cara ini tidak bisa, jika tempat penampungan yang dimaksud jauh dan sulit untuk dijangkau, seperti di atas gedung atau di bawah tebing.

Menurut peraturan pemerintah nomor 39 Tahun 2006, disebutkan bahwa *monitoring* merupakan suatu kegiatan mengamati secara seksama suatu keadaan atau kondisi, termasuk juga perilaku atau kegiatan tertentu, dengan tujuan agar semua data masukan atau informasi yang diperoleh dari hasil pengamatan dapat menjadi landasan dalam mengambil keputusan tindakan selanjutnya yang diperlukan. Pada proses pentransmisi data pada jarak yang jauh, sistem *monitoring* memerlukan komponen tambahan yang dapat mengkonversi dari energi listrik menuju energi elektromagnetik yang dinamakan dengan antena.

Antena merupakan perangkat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik lalu memancarkannya ke ruang bebas. Setiap antena memiliki karakteristik dan kemampuan pancaran yang berbeda-beda. Daya pancar antena dipengaruhi oleh pola radiasi dan *gain* (Fahmi, 2017). Untuk dapat memperoleh cakupan radiasi yang luas, dibutuhkan antena yang memiliki *gain* yang besar agar daya pancar antena dapat maksimal.

Antena *biquad* merupakan antena yang terbuat dari kawat *dipole loop* tertutup dengan bentuk persegi ganda dan terdapat *ground plane* yang memiliki bentuk yang berbeda-beda, sesuai kebutuhan. *Ground plane* terletak tidak jauh dari rangkaian antena, ini bertujuan untuk mengurangi radiasi dari arah luar. Semakin dekat jarak *devain* antena dengan *groundplane* maka akan semakin kuat radiasi antena *biquad*, karena nilai *gain* yang diperoleh akan semakin besar namun lebar pita (*bandwidth*) akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya (Fadila, 2010).

Pada penelitian yang dilakukan, Yuzria, Adni Pesma, Dahlan, Harmadi, Shadri dan Wildian, (2017), yang berjudul Rancang bangun sistem peringatan dini banjir menggunakan *telemetry nirkabel* dengan *transceiver* nRF24L01+. Pada penelitian ini *transceiver* nRF24L01+ dipilih karena sistem peringatan dini banjir dengan metode *telemetry nirkabel* memerlukan respon yang cepat dan jarak jangkauan yang jauh. Pada penelitian Geetha dan Sundara Pandian (2015), yang berjudul *A novel cost effective directional wi-fi booster* antenna. Pada penelitian ini untuk meningkatkan nilai *gain* antenna dengan penambahan *booster* pada jaringan WLAN WiFi. Selanjutnya pada penelitian, Saindra S., Sutaya, I gede dan Ariawan (2017), yang berjudul Rancang Antena *telemetry biquad 5.800 MHz wahana terbang Fotogrametri*. Pada penelitian ini diambil dari permasalahan ketika wahana terbang fotogrametri melemah karena object pengamatan yang akan diambil terlalu luas. Lalu di rancang sebuah antenna *biquad* sebagai *transmitter* dengan frekuensi kerja 5.800 MHz. Selanjutnya Pada penelitian Irawan, Hadi, dan Widodo, (2017), yang berjudul Rancang bangun antenna *microstrip patch double biquad array* untuk WLAN 2.4 GHz dengan pencatuan *Proximity Couple*. Pada penelitian ini nilai *gain* yang diperoleh pada antenna *microstrip double biquad* sebesar 2.4 dBi dan nilai *bandwidth* sebesar 88,2 MHz.

Dari latar belakang permasalahan tersebut telah memberikan ide dan gagasan kepada penulis untuk menawarkan solusi dengan membuat judul penerapan antenna *double biquad* untuk transmisi data monitoring ketinggian air pada frekuensi 2.4 GHz. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat sebuah antenna *double biquad* yang mampu mengirimkan data hasil *monitoring* ketinggian air dengan *gain* yang besar dan *bandwidth* yang lebar dibandingkan antenna bawaan dari modul (*monopole*). Sehingga antenna *double biquad* mampu mengirimkan data *monitoring* pada jarak jauh pada saat kondisi LOS (tanpa penghalang) maupun pada kondisi NLOS (berpenghalang).

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang digunakan untuk peneliti, yaitu:

1. Bagaimana cara meningkatkan parameter *gain* yang baik pada antena *double biquad* pada frekuensi 2.4 GHz
2. Bagaimana hasil dari *monitoring* ketinggian air dengan nRF24L01 dengan penambahan antena *double biquad* sebagai *Transmitter*.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah penelitian diatas, agar pembahasan tidak melebar maka diperlukan batasan masalah, yaitu :

1. Menggunakan pipa tembaga diameter 0.6 cm bagian dalam, 0.8 cm bagian luar dengan panjang 5 cm sebagai penyambung pigtail.
2. Antena didesain menggunakan *software* HFSS v.13.
3. Tidak membahas detail mengenai modulasi.
4. Hanya membahas antena sebagai *Transmitter*.
5. Modul yang digunakan adalah Modul NRF24L01.
6. Tidak membahas detail sistem alat elektronika.
7. Tidak melakukan kalibrasi pada pengukuran.
8. *Reflector* menggunakan bahan aluminium berbentuk potongan corong.

1.4 Tujuan Penelitian

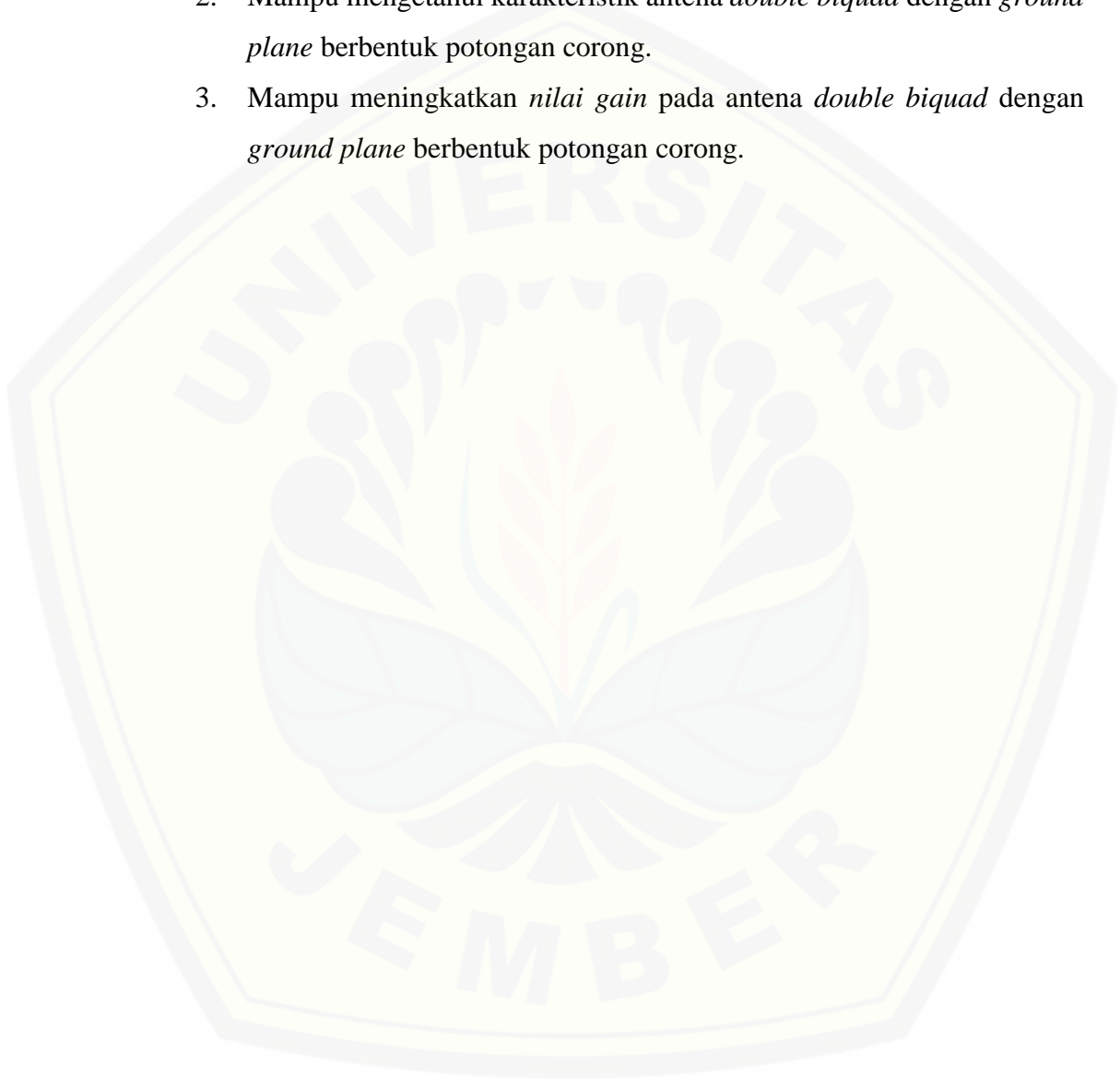
Penelitian yang diusulkan dalam laporan skripsi ini memiliki beberapa tujuan, yaitu :

1. Mampu merancang dan menganalisa antena *double biquad* pada frekuensi 2.4 GHz.
2. Mampu mentransmisikan data *monitoring* ketinggian air dengan antena *double biquad* dengan bantuan modul nRF24L01.
3. Mampu meningkatkan *gain* antena *double biquad* dengan *ground plane* berbentuk potongan corong.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memeberikan manfaat, yaitu :

1. Mampu mengirimkan data hasil *monitoring* ketinggian air pada jarak jauh.
2. Mampu mengetahui karakteristik antena *double biquad* dengan *ground plane* berbentuk potongan corong.
3. Mampu meningkatkan *nilai gain* pada antena *double biquad* dengan *ground plane* berbentuk potongan corong.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini, dibuat sebagai bahan dasar acuan penulis untuk melakukan sebuah penelitian tugas akhir. Selain tinjauan pustaka juga sebagai tambahan wawasan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang telah ada sehingga bidang yang akan diteliti akan mengalami perkembangan.

2.1 Hasil Penelitian Yang Relevan

Pada bagian ini berisi tentang tinjauan pustaka yang digunakan oleh peneliti sebagai bahan untuk pembelajaran dan sebagai perbandingan penulis.

Tabel 2.1 Matrix Permasalahan

Masalah	Solusi	Judul	Nama
Dibutuhkan alat <i>monitoring</i> ketinggian air untuk peringatan dini banjir dengan respon cepat.	nRF24L01+ dipilih karena sistem peringatan dini banjir memerlukan respon yang cepat dan jarak jangkauan yang jauh	Rancang bangun sistem peringatan dini banjir menggunakan telemetri nirkabel dengan <i>transceiver</i> nRF24L01+	Yuzria, Adni Pesma, Dahlan, Harmadi, Shadri Dan Wildian (2012)
Untuk meningkatkan <i>gain</i> pada <i>WiFi</i> jaringan WLAN	Antena <i>double biquad</i> dengan penambahan <i>booster</i> pada WiFi	<i>A Novel Cost Effective Directional Wi-Fi Booster</i> Antena	A. Geetha and S. Siva Sundara Pandian,(2015)
Terdapat permasalahan ketika wahana terbang fotogrametri melemah karena <i>object</i> pengamatan yang terlalu luas.	Dibuatlah rancangan antena <i>biquad</i> untuk wahana terbang pada proses fotogrametri dengan frekuensi kerja 5.800 MHz	Rancang Antena telemetri <i>biquad</i> 5.800 MHz wahana terbang Fotogrametri	Gede saindra S., Wayan sutaya, I gede M.D., Ketut Udy Ariawan (2017)

Masalah	Solusi	Judul	Nama
Ingin memperoleh cakupan yang besar dari sistem <i>Wireless Local Area Network</i>	Uji coba <i>Biquad</i> menggunakan reflektor berbentuk <i>parabolic</i> agar cakupan dan <i>gain</i> besar dan melebar	<i>Fabrication And Optimisation Of Biquad Antenna For Wireless Local Area Network</i>	Issac Kuma, Torkodzor Mosses (2014).
Untuk memperoleh <i>gain</i> yang besar dengan merubah <i>ground plan</i>	Dibuatlah perbandingan <i>ground plan</i> untuk memperoleh <i>gain</i> besar	<i>Optimization Of Helical Antennas</i>	Antonije R. D., Dragan I. Olćan, Alenka G. Zajić, dan M. M. Ilić.

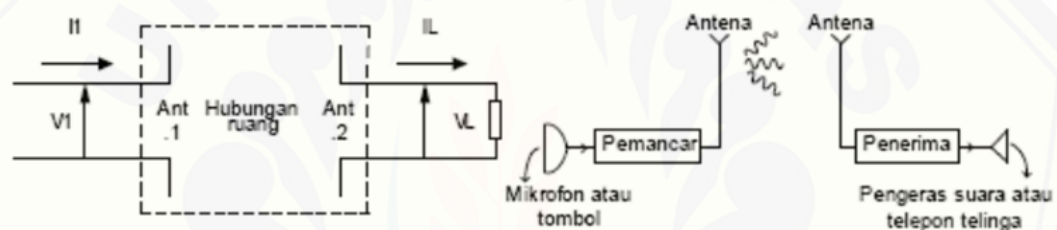
Pada hasil penelitian pada Tabel 1 Matrix Permasalahan, Yuzria, Dkk (2017), Peneliti memilih modul nRF24L01+ karena sistem peringatan dini banjir memerlukan respon yang cepat dan memerlukan jarak jangkauan yang jauh pada kondisi apapun. Pada penelitian Geetha dan Sundara (2015). Pada penelitian ini antenna bawaan *router* memiliki *gain* kecil sehingga dibuatlan antenna *double biquad* dengan penambahan *booster* pada WiFi dengan perolehan *gain* sebesar 10 dB. Selanjutnya pada penelitian Gede saina S., dkk (2017), pada penelitian ini wahana terbang mampu bekerja pada jarak jangkauan hingga 1 kilo meter dengan nilai *gain* yang didapat sebesar 9,92 dB. Pada penelitian Issac Kuma, Torkodzor Mosses (2014), peneliti menggunakan reflektor berbentuk *parabolic* pada antenna *biquad* yang nanti digunakan pada sistem *wireless local area network* yang diharapkan akan memperoleh daya pancaran yang besar. Pada penelitian Antonije R. D. dkk. Peneliti ingin melakukan peningkatan *gain* pada antenna helix dengan merubah-rubah bentuk dari *ground plan* agar mengetahui spesifikasi dari macam-macam bentuk tersebut.

Berdasarkan penjelasan beberapa jurnal diatas dapat diambil beberapa poin penting yaitu membuat antenna yang memiliki *gain* besar dapat memancarkan coverage yang luas dan jauh. Maka dari itu, penulis akan melakukan penelitian tentang analisis perancangan antenna *double biquad* dengan reflektor setengah corong yang diharapkan dapat meningkatkan *gain* sebesar 1-2 dBi.

2.2 Konsep Dasar Antena

Antena dapat didefinisikan sebagai sebuah atau sekelompok konduktor yang digunakan untuk memancarkan atau meneruskan gelombang elektromagnetik menuju ruang bebas atau menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas. Antena mempunyai tugas menyelusuri jejak gelombang elektromagnetik, hal ini jika antena berfungsi sebagai penerima. Sedangkan jika sebagai pemancar maka tugas antena tersebut adalah menghasilkan sinyal gelombang elektromagnetik.

Antena adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memperkuat sinyal dari sisi pengirim sinyal, maksudnya yaitu dari sebuah *server* mengirimkan sinyal melalui *transmitter* kemudian diterima oleh sisi penerima melalui *receiver*. Secara garis besar antena dapat dibedakan menjadi antena *transmitter* dan antena *receiver*.



Gambar 2.1 Sistem antena dalam satu sambungan (kiri) dan sistem komunikasi radio (kanan). (Balanis C.A., 2005).

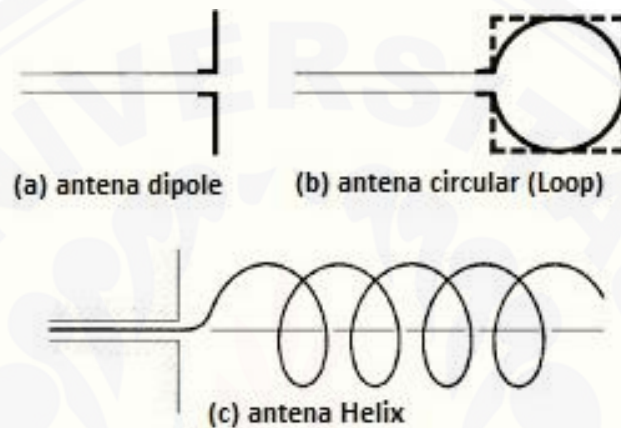
Pada konsep dasar suatu antena biasanya mengambil konsep radiator isotropis sebagai referensi atau pembanding. Radiator isotropis bisa memancarkan radiasinya ke segala arah dengan sama rata. Sistem sambungan antena dapat dinyatakan seperti pada Gambar 2.1 (kiri).

Pada Gambar 2.1 (kanan) menunjukkan bahwa antena pemancar disambungkan ke antena penerima melalui gelombang elektromagnetik dan akan terjadi pemindahan energi dari sistem transmisi gelombang mikro ke dan dari ruang bebas.

2.3 Antena Kawat (*Wire Antena*)

Antena Kawat biasanya digunakan di mobil, gedung, perkapalan, penerbangan, dll. Ada beberapa macam bentuk dari antena kawat, seperti antena kawat lurus (dipol), *loop*, dan helix, seperti pada gambar 2.2.

Antena *loop* tidak hanya berbentuk lingkaran, tapi juga dapat berbentuk persegi panjang, kotak, elips, ada juga yang menggabungkan 2 antena persegi yang biasa dikenal dengan antena *biquad*.

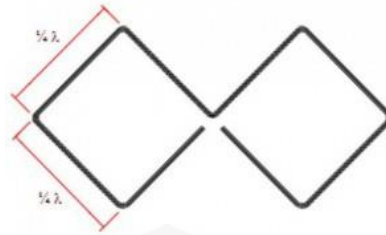


Gambar 2.2 Konfigurasi Antena Kawat

Antena *biquad* prinsip kerjanya sama dengan antena *loop* persegi, namun antena *biquad* dibentuk dari 2 antena *loop* persegi yang digabungkan. Antena *circular loop* yang paling banyak digunakan karena bentuknya yang lebih sederhana.

2.3.1 Antena *Biquad*

Antena *biquad* merupakan antena yang terbuat dari kawat *dipole loop* berbentuk persegi ganda dan terdapat *ground plane* yang berbentuk *flat panel* (*large flat panel*) dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang dari pada rangkaian *dipol*nya. *Ground plane* terletak tidak jauh dari rangkaian *dipole*, ini bertujuan untuk mengurangi radiasi dari arah belakang. Pada jarak yang kecil antara rangkaian antena dengan *ground plane*, akan semakin kuat radiasi antena, karena nilai *gain* akan semakin besar namun lebar pita (*bandwidth*) akan semakin kecil. Antena *biquad* merupakan perpaduan dua buah elemen antena *quad* yang dirangkai menjadi sebuah elemen antena.



Gambar 2.3 Antena *biquad*

Gain yang dihasilkan oleh antena dengan *large flat sheet ground plane* relatif tergantung dari jarak *dipol*nya. Semakin jauh jarak *dipol*nya, *gain* yang diperoleh akan semakin kecil namun *bandwidth* akan semakin besar. *Gain* juga dapat diperoleh dari bentuk *ground plane* antena, tergantung dari karakteristik bentuk *ground plan*.

Kelebihan Antena *Biquad* :

Antena *biquad* memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu:

- Dapat menghemat ruang karena desain nya yang kecil dibandingkan antena kawat panjang.
- Memiliki nilai *gain* yang lebih besar kearah depan.
- Pola radiasi antena *directional*
- Dapat meningkatkan kinerja sistem *transmitter* yang sederhana.
- Memiliki *ground plane* yang berfungsi untuk mengurangi interferensi dari arah belakang.

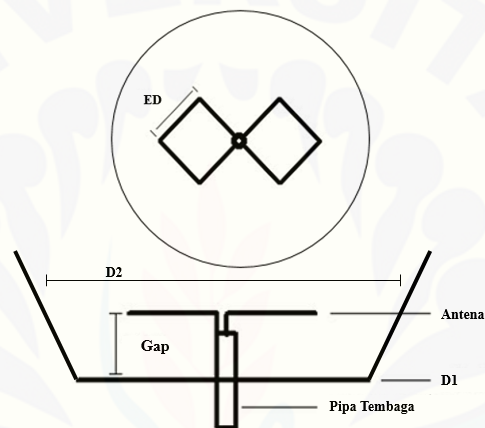
Berdasarkan karakteristik dari antena *biquad* yang di jelaskan maka penulis memilih Antena *biquad* untuk dijadikan bahan penelitian dalam penulisan tugas akhir ini. Dengan menambahkan *devain* antena dengan metode *array* diharapkan akan memberikan peningkatan pada *gain* antena *double biquad* sebesar 3 dBi.

2.3.2 Antena *Double biquad*

Antena *double biquad* merupakan antena *biquad* yang melakukan penambahan pada rangkaian *divain* antena *biquad*, sehingga bentuknya seperti memiliki dia empat bentuk *quad* dengan tiap sisi memiliki dua bentuk *quad* atau *double biquad*.

2.3.2.1. Dimensi Antena *Double biquad*

Dimensi antena *biquad* adalah perpaduan empat buah element driven antena *quad* yang dirangkai menjadi sebuah element antena dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Dimensi Antena *Double biquad*

Panjang elemen tiap driven antena *double biquad array* adalah 1λ yang mana nilai panjang gelombangnya (λ). (ARRL (*American Radio Relay League*), 2007) persamaan (2.1) :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

Keterangan :

c = kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s)

f = frekuensi center (Hz)

λ = panjang gelombang antena (m)

Untuk rancangan elemen *dipole* antena *double biquad array* didapat dari panjang gelombang $\frac{1}{2} \lambda$ yang dibentuk menjadi *dipole* lipat sehingga panjang masing-masing sisinya menjadi $\frac{1}{4} \lambda$ agar kondisi *matching* terpenuhi.

Selanjutnya mencari nilai panjang kawat keseluruhan (L) yang dibutuhkan untuk membentuk element antena *double biquad*, sehingga akan mempermudah

dalam pembentukan dan pengukuran pada element *devain*, dilihat pada persamaan 2, (Hanudry, 2016). Kemudian untuk menghitung diameter element *devain* (ED) dari antena *double biquad* menggunakan persamaan 2.2, (Dwi Fadila K, 2010).

$$L(\text{cm}) = \lambda \times 2$$

Sehingga diameter element *devain* (ED);

$$\text{ED (cm)} = \frac{1}{4}\lambda \quad (2.2)$$

Untuk mencari nilai jarak ketinggian antara element antena dengan gap *ground plane* dapat diambil dari persamaan 2.3. Perhitungan gap diperlukan agar antena *double biquad* mampu meningkatkan parameter *gain* dan *bandwidth*, karena semakin kecil nilai gap yang diperoleh maka *gain* akan semakin besar namun *bandwidth* akan semakin kecil, namun sebaliknya jika nilai gap semakin besar maka *gain* akan semakin kecil dan *bandwidth* akan semakin melebar (Rahmat, 2016).

$$\text{Gap (cm)} = \frac{1}{8}\lambda \quad (2.3)$$

2.3.2.2. Dimensi *Ground Plane* Antena *Double Biquad*

Untuk menentukan panjang dan lebar dari *ground plane* ada beberapa bentuk tergantung dari kebutuhan antena masing-masing. Ada yang berbentuk *cycle*, persegi, persegi panjang tabung dan parabola. Jarak *dipole double biquad array* dengan *ground plane* yang digunakan nilainya sejauh $\frac{1}{8}\lambda$ dari *ground planenya*. Sehingga dibutuhkan tabung tembaga dengan Panjang kurang lebih 50 mm untuk menjadi pembatas *ground* dengan antena dapat dilihat pada gambar 4.

Nilai *gain* mulai dari antena helix, yagi dan *double biquad array* secara signifikan dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran *ground plane*. Kebanyakan *ground plane* memiliki bentuk persegi panjang yang datar atau lingkaran. Namun, kebanyakan fakta ini tidak banyak dimanfaatkan dalam literatur. Sehingga peneliti ingin menggunakan hasil analisa yang dilakukan oleh Djorjevic, Dkk dengan judul *Optimization Of Helical Antenas*.

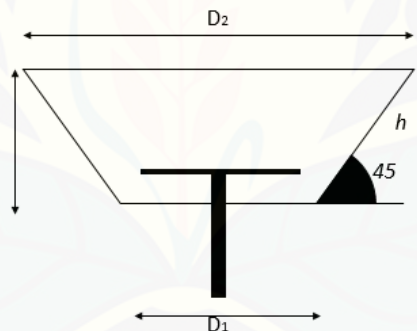
Sehingga penulis menggunakan perhitungan *truncated cone*, yang diharapkan bisa menaikkan nilai *gain* pada antenna *double biquad array*. Gambar *grond plane* berbentuk *truncated cone* dapat dilihat pada gambar 2.5. Pada umumnya *reflector* antenna *biquad* maupun antenna *double biquad* berbentuk bujur sangkar dan lingkaran dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang dari pada rangkaian *dipolanya*, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut ; (Kraus, "Antennas". 2th).

$$R = R_a + 0,1 R_a \quad (2.4)$$

Dengan : R = Panjang element *reflector* (cm)

R_a = Panjang element *dipole* (cm)

Pada *grond plane* berbentuk *truncated cone* diharapkan dapat mengurangi radiasi yang akan masuk ke antenna. Namun bentuk antenna yang digunakan adalah *double biquad*, jadi untuk memperoleh nilai diameter atas dan bawah *ground plane*, perlu di kalikan dengan 2 dapat dilihat pada persamaan (2.5, 2.6 dan 2.7).



Gambar 2.5 *Groundplane Truncated Cone*

Dimana D_1 merupakan nilai diameter lingkaran *ground plane* (bagian bawah, dapat dilihat pada gambar 2.5. Perhitungan rumus D_1 merupakan penjabaran dari rumus reflector yaitu :

$$D_1 \text{ (cm)} = \frac{3}{4} \times \lambda \quad (2.5)$$

$$D_2 \text{ (cm)} = \lambda \times 2,5 \quad (2.6)$$

Dimana D_2 merupakan diameter lingkaran *ground plane* bagian atas, dapat dilihat pada gambar 2.5. h merupakan ketinggian dari *ground plane*.

$$h \text{ (cm)} = 0,5 \times \lambda \times 2 \quad (2.7)$$

2.4 Parameter-Parameter Antena

Menurut sumber buku Balanis C.A. (2005) karakteristik dan parameter antena terbagi menjadi :

2.4.1 *Return Loss*

Return loss merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang yang direfleksikan dengan yang dikirim. Pada dasarnya *return loss* memiliki ikatan yang sama dengan VSWR yaitu disebabkan oleh pencampuran antara gelombang yang ditransmisikan dengan gelombang yang dipantulkan serta memiliki kesamaan dalam menentukan *matching* (kesesuaian impedansi) antara perangkat *transmitter* dengan antena.

Parameter antena dikatakan baik jika nilai *return loss* bernilai $\leq -10\text{dB}$ sehingga 90% sinyal diserap dan hanya 10% yang dipantulkan kembali. *Return loss* sendiri dapat dicari menggunakan persamaan (2.8):

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+}$$

$$\text{RL (dB)} = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2.8)$$

2.4.2 *VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)*

VSWR adalah perbandingan antara tegangan rms maksimum ($|V|_{\text{max}}$) dengan tegangan minimum ($|V|_{\text{min}}$) yang terjadi pada saluran yang tidak *match*. Dalam proses transmisi ada dua komponen gelombang tegangan yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan ini sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) pada persamaan (2.9).

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.9)$$

Dimana : V_0^- : Amplitudo (tegangan) yang dipantulkan (refleksikan)

V_0^+ : Amplitudo (tegangan) masuk

Z_L : Impedansi beban (*load*)

Z_0 : Impedansi saluran *lossless*

VSWR ini juga memiliki parameter sendiri, dikatakan baik jika nilai VSWR bernilai 1 ($S=1$) oleh karena itu nilai standart VSWR yang diperbolehkan untuk fabrikasi yaitu $\text{VSWR} \leq 2$.

Secara matematis VSWR dinyatakan pada persamaan (2.10):

$$S = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.10)$$

2.4.3 Gain

Gain merupakan parameter terpenting dalam menggambarkan kinerja suatu antenna. *Gain* adalah perbandingan antara intensitas radiasi suatu antenna pada suatu arah utama dengan intensitas radiasi dari antenna isotropik yang menggunakan sumber daya masukan yang sama (Balanis, 2005).

Gain ini bukanlah suatu bentuk kuantitas yang dapat diukur seperti *watt*, *ohm* atau lainnya tetapi suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan dari *gain* adalah *desibel* (dB). Sehingga perbandingan besar *gain* terhadap sumber *isotropis*. persamaan (2.11):

$$G = G_{ref} \times \frac{P_U}{P_R}$$

$$G = G_{ref} + P_U - P_R \quad (2.11)$$

Dengan: G = *Gain* antenna uji (dBi)

G_{ref} = *Gain* antenna referensi (dB)

P_U = Daya yang diterima antenna uji (-dB)

P_R = Daya yang diterima antenna referensi (-dB)

2.4.4 Bandwidth

Bandwidth dari suatu antenna mempunyai definisi yaitu sebagai rentang frekuensi dari kinerja suatu antenna serta berhubungan dengan beberapa karakteristik yang sesuai dengan standar yang ditentukan (Balanis, 2005). Dari definisi tersebut *bandwidth* sendiri merupakan rentang frekuensi dari suatu antenna yang berhubungan dengan karakteristiknya (seperti impedansi masukan, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR dan *return loss*) yang memenuhi standar. *Bandwidth* dapat dicari menggunakan persamaan (2.12) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\%$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2}$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2.12)$$

Dengan :

B_p = Bandwidth dalam persen (%)

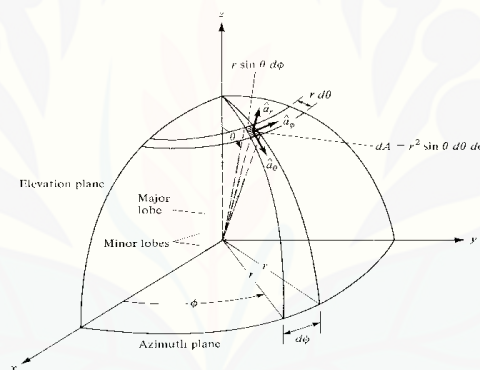
B_r = Bandwidth rasio

f_u = Jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = Jangkauan frekuensi bawah (Hz)

2.4.5 Pola Radiasi

Pola radiasi antenna merupakan fungsi matematik atau representasi grafis dari sifat-sifat radiasi dari sebuah antenna untuk fungsi koordinat ruang. Pola radiasi antenna digambarkan sebagai pola 3 dimensi yang terbentuk dari dua pola radiasi yaitu berupa pola elevasi dan pola azimuth.



Gambar 2.6 Set Koordinat Sistem Analisis Antena. Sumber : (Balanis C. A., 2005)

Pola radiasi antenna dapat dihitung dengan perbandingan daya pada sudut 0 derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka pola radiasi (P) dapat dinyatakan dalam persamaan (2.13) (Balanis C. A., 2005).

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

$$P(dB) = 10 \log P_0 - 10 \log P_T \quad (2.13)$$

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)

2.5 Arduino Uno

Arduino uno adalah microcontroller berbasis Atmega328P mempunyai 14 digital *input/output* (dimana 6 diantara bisa digunakan sebagai PWM *output*, 6 *analog input*, 16 MHz crystal, koneksi usb, *jack power*, ICSP *header* dan tombol reset. Arduino uno memuat semua yang dibutuhkan untuk mendukung microcontroller; mudah dihubungkan dengan komputer menggunakan kabel USB atau untuk menjalankan arduino menggunakan AC/DC adapter atau baterai.



Gambar 2.7 Arduino UNO

2.6 Modul nRF24L01

Module *Wireless* nRF24L01 merupakan module yang mempunyai fungsi untuk komunikasi jarak jauh atau nirkabel yang memanfaatkan gelombang RF 2.4 GHz yang biasanya diaplikasikan untuk *Scientific*, *Industrial*, maupun *Medical*.

Pada modul ini menggunakan antarmuka SPI (*Serial Parallel Interface*) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler dalam hal ini Arduino. Tegangan operasional normal untuk mengakses module ini yaitu 3.3Vdc, yang biasanya dibantu dengan regulator AMS1117.

nRF24L01 *long distance* adalah modul komunikasi serial *wireless* yang menggunakan frekuensi 2.4 GHz. Dilengkapi dengan sirkuit *Low Noise Amplifier* (LNA) dan *Power Amplifier* (PA), dapat mentransmisikan data hingga jarak 1100 meter. Kecepatan transmisi data dari modul nRF24L01 *long distance* ini dapat mencapai 2 Mbps, dengan 125 pilihan *multiple frequency* yang dimodulasi dengan algoritma GFSK.

Modul ini memiliki tegangan *input*: 1.9 sampai dengan 3.6V DC, *double header* pin 2 x 4 pin, arus yang digunakan maksimal 115 ma dan bekerja pada frekuensi 2.4 GHz. Modul ini memiliki kecepatan transmisi data maksimal 2 Mbps karena memiliki power amplifier *gain* sebesar 20 dB. *Multiple frequency* (125 *frequency*).

Selain itu, modul ini juga memiliki *fitur true ULP solution*, yang berfungsi sebagai penghemat konsumsi daya sehingga hemat energi dan bisa digunakan juga sebagai pembuatan perangkat fitnes dan olahraga, pendukung PC, mainan anak-anak, piranti perangkat untuk permainan, dan lainnya.



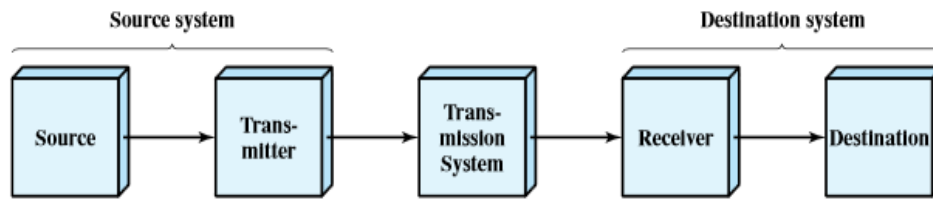
Gambar 2.8 Modul nRF24L01.

2.7 Telekomunikasi

Telekomunikasi adalah setiap pemancar, pengiriman, dan atau penerimaan dari setiap informasi dalam bentuk tanda-tanda, isyarat, tulisan, gambar, suara, dan bunyi melalui sistem kawat, optik, radio, atau sistem elektromagnetik lainnya (UU No. 36 Tahun 1999).

2.7.1 Komunikasi Data

Komunikasi data pada prinsipnya adalah proses komunikasi yaitu proses pertukaran informasi. Arti pertukaran informasi yang dimaksud adalah terjadinya transfer informasi dari pengirim ke penerima sehingga informasi dapat dimengerti oleh tujuan proses komunikasi. Dalam proses komunikasi data terdapat beberapa elemen yang saling berkaitan yaitu adanya *source* (sumber data), *transmitter*, sistem transmisi, *receiver* dan *destination* (tujuan).



Gambar 2.9 Blok Diagram Komunikasi Data. (Stallings, 2007)

2.7.2 Parameter Qos

Parameter Qos merupakan bagian dari parameter untuk menentukan kualitas dari jaringan komunikasi yang diukur atau dimonitoring (*Packet loss*). Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan. Nilai *packet loss* sesuai dengan versi TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) sebagai berikut:

Tabel 2.2 *Packet loss*, (Sumber: TIPHON)

Kategori Degradasi	<i>Packet loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Jelek	25	1

Persamaan (14) menunjukkan perhitungan *packet loss*:

$$Packet\ loss = \frac{Paket\ data\ dikirim - paket\ data\ diterima}{paket\ data\ dikirim} \quad (2.14)$$

2.8 Gelombang Radio

Gelombang adalah getaran yang merambat pada suatu medium, sebuah gelombang mempunyai kecepatan, frekuensi dan panjang gelombang. Masing-masing parameter berhubungan melalui hubungan yang sederhana, dapat dilihat pada persamaan (2.15):

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

Keterangan:

c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f = Frekuensi gelombang (Hz)

λ = Panjang gelombang (m)

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari data simulasi dan pengukuran yang telah diperoleh dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil rancangan antenna *double biquad* secara simulasi frekuensi yang didapat adalah 2.4 GHz, dengan nilai *return loss* sebesar -16,0883 dB, nilai VSWR sebesar 1,3741, nilai *bandwidth* sebesar 244 MHz dan nilai *gain* sebesar 13,330 dBi. Sedangkan hasil perancangan antenna *double biquad* secara fabrikasi didapatkan nilai frekuensi yang diperoleh adalah 2.464 GHz, dengan nilai *return loss* sebesar -14,6 dB, nilai VSWR sebesar 1,32, nilai *bandwidth* sebesar 118,24 MHz dan nilai *gain* sebesar 10,35 dBd.
2. Hasil perancangan antenna *double biquad* dengan groundplane potongan setengah corong yang telah dilakukan dikatakan telah memenuhi syarat untuk digunakan pada modul nRF24L01. Hal ini karena frekuensi yang diperoleh antenna *double biquad* masih dalam frekuensi 2.4 GHz yaitu sebesar 2.464 GHz, nilai VSWR ≤ 2 , nilai *return loss* ≤ -10 dan *gain* lebih tinggi dari target yaitu > 8 dBi.
3. Hasil pengukuran modul nRF24L01 menggunakan antenna *monopole* sebagai *transmitter*, pada kondisi LOS mampu mengirimkan data terjauh yaitu 440 meter saat antenna pada ketinggian 2 meter. Pengukuran antenna *double biquad* sebagai *transmitter* mampu mengirimkan data terjauh yaitu 580 meter saat antenna pada ketinggian 2 meter. Pada kondisi NLOS antenna *monopole* sebagai *transmitter* mampu mengirimkan data terjauh yaitu 260 meter saat antenna pada ketinggian 2 meter. Sedangkan dengan antenna *double biquad* sebagai *transmitter* pada kondisi NLOS mampu mengirimkan data terjauh sejauh 260 meter saat antenna pada ketinggian 1 meter.

5.2 Saran

Dari hasil data pengukuran dan penerapan antena *double biquad* pada modul nRF24L01. Penulis mempunyai beberapa saran yang diharapkan dapat dikembangkan lebih baik lagi.

1. Gunakan modul jenis lain atau jika menggunakan nRF24L01 harus dengan tegangan *input* dibawah 5 volt.
2. Merubah atau menambah *devain* antena *double biquad* dan menggunakan *ground plane* berbentuk lain.
3. Ketelitian dalam fabrikasi sangat mempengaruhi karakteristik antena.
4. Melakukan pengukuran antena ditempat yang lebih *sesteril* (ruang *chumber*). Sehingga data yang diharapkan tidak melenceng jauh.

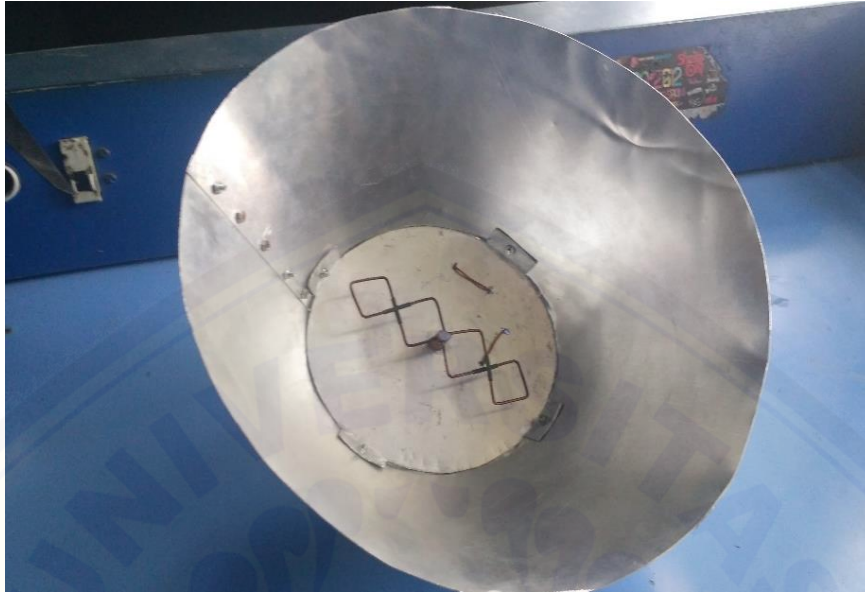
DAFTAR PUSTAKA

- Balanis , C.A. (2005). “*ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN*”. Canada : John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Dwi Fadila K., Rudy Yuwono dan Putu Agus P. (2010). “Antena *Double Biquad* Array Untuk WLAN 2,4 GHz”. Teknik elektro, Universitas Brawijaya
- Ephirahmawati. (2013). “Parameter Antena”. Diambil dari: <https://ephirahwawati.wordpress.com/2013/02/19/parameter-antena> (24 Juli 2018), [online]
- Fadila, D. K. (2010). “Antena *biquad* untuk WLAN 2,4 GHz”. Jurnal EECCIS, IV(2), 51 56.
- Fahmi dan Danang. (2017). “Prototype Dan Realisasi Antena Mikrostrip *Meander Line* Dengan Metode *Line Feeding* Untuk Optimasi Jarak Pentransmisian Data *Monitoring* Kelembaban Tanah Berbasis Modul RFAPc220”. Teknik Elektro, Universitas Jember.
- Fajriyansyah, Ichwan, Susana. (2016). “Evaluasi Karakteristik XBee Pro dan nRF24L01+ sebagai *Transceiver* Nirkabel”. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Gemilang Rahmad dan Suprianto, (2016). “Kendali Jarak Jauh UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Tipe *Quadcopter* Menggunakan Transceiver nRF24L01+ Beserta Job Sheet Uji Coba”. Vol 05, Nomer 03. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
- G.A. Theile dan W.L. Stutzman, (1981). “Antenna Theory and Design”, New York. J. Willam.
- Hanudry dan Yonard Subroto Putra. (2016). “Rancang Bangun Antena *Double Biquad Array* Frekuensi Kerja LTE (*Long Term Evolution*) 710 MHz”. Teknik elektro, universitas Muhammadiyah. ISBN : 978 602 73919 0 1.
- Ichsyah Nafik dan Yuniarto. (2012). “Rancang Bangun Antena Wajanbolic Dengan Diameter 46 Centimeter Pada Frekuensi 1900 Mhz Untuk Memperkuat Penerimaan Sinyal WCDMA”. Program D3 Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

- Irawan dan Budi. (2017). “Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch Double Biquad Array* untuk WLAN 2,4 GHz dengan Pencatuan *Proximity Couple*”. Volume 01, Nomer 01.
- Isaac Kuma dan Torkodzor Mosses. (2014). “*Fabrication and Optimisation of Biquad Antenna for Wireless Local Area Network*”. Department of Engineering, Regent University of Science and Technology.
- Kraus, J. D. “*Antennas*”. 2nd. MC, Graw Hill. New Dehli. 1998.
- Martin's Datsun 1200. (2012). http://martybugs.net/wireless/double_biquad_array/.ast : updated 24 Maret 2018. [online]
- Ola, dan Hawariyi Yuzria.(2017). “Rancang Bangun System Peringatan Dini Banjir Menggunakan Telemetri *Nirkabel* Dengan *Transceiver nRF24L01*”. Jurusan Fisika, Universitas Andalas. VOL 9 NO 1.
- Pratiwi dan Nor Kumalasari Caecar. Sumajudin, Bambang. Zulfi. 2012. “Analisis Pengaruh Reflektor Sudut Untuk Antena *Biquad* Studi Kasus Pada Frekuensi 2.4 GHz”. Bandung : Universitas Telkom
- R. Djordjevic, I. Olcan, M. Hic. “*Optimization Of Helical Antenna*”s. School Of Electrical Engineering. University of Belgrade.
- Rustanto. (2011). “*Beamwidth Antenna*”. Diambil dari: <http://learn-antena.blogspot.co.id/2010/07/beamwidth-antena.html> (24 Juli 2018, 15:39 WITA).
- Saindra dan Gede S. (2017). “Rancangan antenna telemetri *double biquad array* 5800 MHz wahana terbang fotogrametri”. Jurnal ISSN, SEMNASVOKTEK.
- Siagian. (2012). “Rancang Bangun Antena *Double Biquad Array Dipole* Untuk Aplikasi 3G”. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Virgono, sunarya, jauhariah. (2016). “Perancangan Sistem Pengendali dan Monitoring Kecelakaan Mobil Berbasis *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET) Menggunakan Sensor *Limit Switch dan Rotary Encode*”. Prodi S1 Sistem computer. Universitas Telkom.

LAMPIRAN

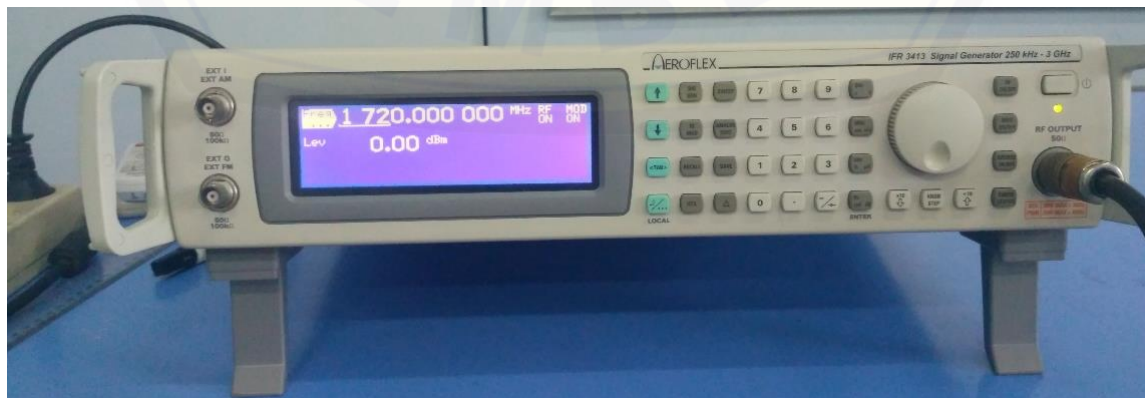
A. Dokumentasi Foto dan Alat



Gambar Antena Double Biquad



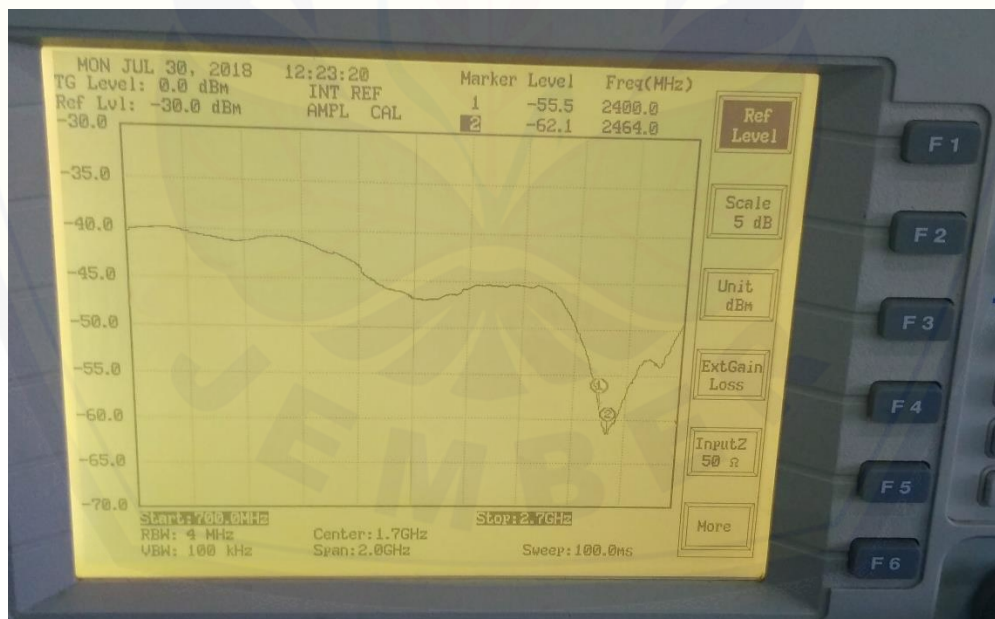
Gambar Spektrum Analyzer



Gambar Frekuensi Generator



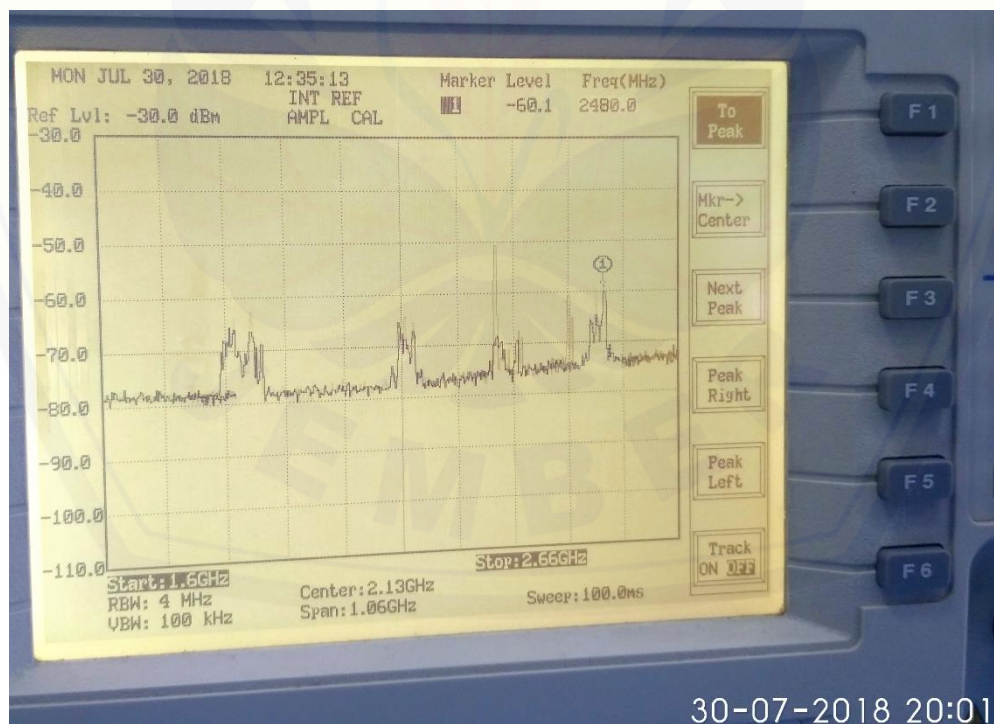
Gambar Pengukuran dengan *Spektrum Analyzer*



Gambar Grafik *Return Loss*, *Bandwidth* dan *VSWR*



Gambar Pengukuran *Gain* dan Pola Radiasi



Gambar Hasil grafik *Gain* dan Pola radiasi



Gambar Alat *Monitoring* Ketinggian Air



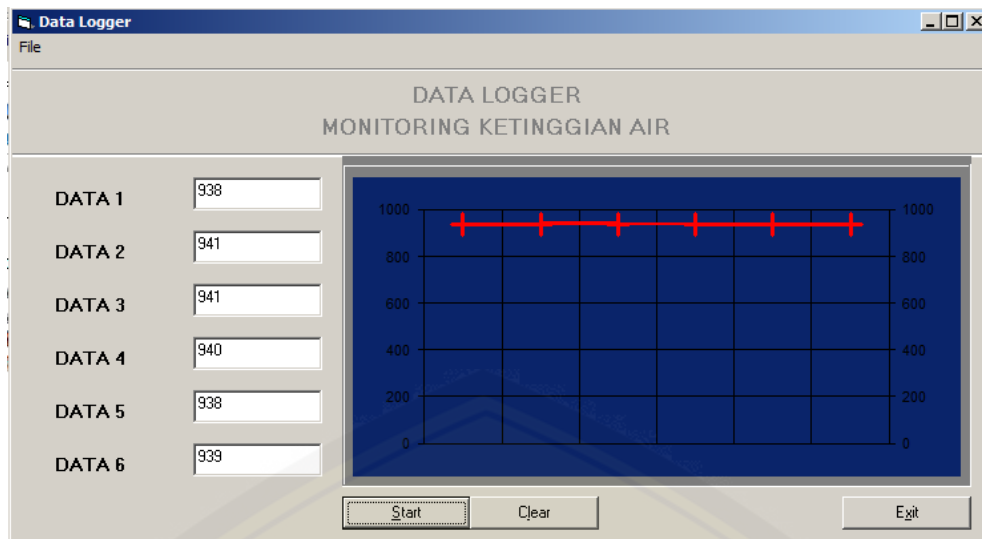
Gambar Lokasi Pengambilan Data



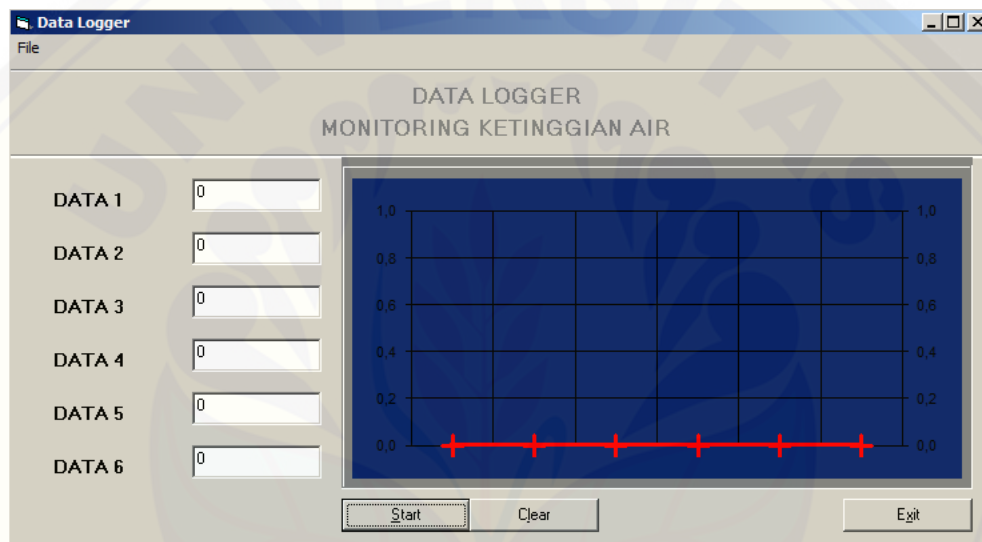
Gambar Antena Sebagai *Transmitter*



Gambar Pengambilan Data



Gambar Data Kondisi Diterima



Gambar Data Kondisi *Loss*

The screenshot shows a software window titled "BIODATA" with a menu bar containing "Edit". The main title is "Biodata Penulis". The form contains the following information:

Nama	: Ifan Kurnianto
Nim	: 141910201007
Fakultas	: Teknik
Jurusan	: Teknik Elektro
Universitas	: Universitas Jember

Gambar Tampilan Info

B. Program Yang digunakan

Arduino Transmitter

```
#include <Wire.h> // Sumber : www.ardumotive.com.
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Dikembangkan oleh : Irfan Kurnianto, dkk.
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Tanggal : 21 Juli 2018.
#define echoPin 7 // Arduino uno, LCD, Data Loger, nRF24, LED.
#define trigPin 8
#define LEDPin 13
#include <SPI.h>
#include "RF24.h"
long duration, distance,tinggi;
bool radioNumber = 0;
RF24 radio();
byte addresses[][6] = {"1Node","2Node"};
bool role = 0;
void setup()
{
  Serial.begin (115200);
  Serial.println(F("cm"));
  Serial.println(F("cm+String"));
  radio.begin();
  radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
  if(radioNumber)
  {
    radio.openWritingPipe(addresses[1]);
    radio.openReadingPipe(1,addresses[0]);
  }
  else
  {
    radio.openWritingPipe(addresses[0]);
    radio.openReadingPipe(1,addresses[1]);
  }
  radio.startListening();
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(Pin, OUTPUT);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.blink_on();
}
void loop()
{
  if (role == 1)
  {
```

```
radio.stopListening();
Serial.println(F("send"));
unsigned long start_time = micros();
if (!radio.write( &start_time, sizeof(long) ))
{
  Serial.println(F("failed"));
}
radio.startListening();
unsigned long started_waiting_at = micros();
boolean timeout = false;
while ( ! radio.available() )
{
  if (micros() - started_waiting_at > 200000 )
  {
    timeout = true;
    break;
  }
}
if ( timeout )
{
  Serial.println(F("Failed, response timed out."));
}
else
{
  unsigned long got_e;
  radio.read( &got_e, sizeof(0) );
  long end = micros();
  Serial.print(F("Sent "));
  Serial.print(start);
  Serial.print(F(",response "));
  Serial.print(got_e);
  Serial.print(F(", Round-trip"));
  Serial.print(end -start);
}
delay(1000);
}
if ( role == 0 )
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);lcd.print(bacaSensor());
lcd.setCursor(5,0);lcd.print(bacaSensor());
lcd.setCursor(10,0);lcd.print(bacaSensor());
{
  unsigned long got_time;
  if( radio.available()
  {
```

```
while (radio.available())
{
  radio.read( &got_time, sizeof(long) );
}
radio.stopListening();
radio.write( &got_time, sizeof(0) );
radio.startListening();
Serial.print(F("Sent response "));
Serial.println(got_e);
}
}
if ( Serial.available() )
{
  char c = toupper(Serial.read());
  if ( c == 'T' && role == 0 )
  {
    Serial.println(F("cm"));
    role = 1;
  }else
  if ( c == 'R' && role == 1 )
  {
    Serial.println(F(""));
    role = 0;
    radio.startListening();
  }
  lcd.setCursor(0,1);lcd.print(bacaSensor());
  lcd.setCursor(5,1);lcd.print(bacaSensor());
  lcd.setCursor(10,1);lcd.print(bacaSensor());
  delay(1500);
}
long bacaSensor()
{
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = duration/58.2;
  tinggi = 1050 - distance; //edit 100 cm
  Serial.print(String(distance)+" cm, tinggi = "+String(tinggi));
  Serial.println(" cm");
  return tinggi;}
}
```

C. Data Pengujian Antena di POLINEMA

Nilai *Return Loss* Antena *Double Biquad*

Frekuensi (GHz)	Daya Marker (dBm)	Batas Marker (dBm)	Return Loss (dB)
2,3	-50,2	27,5	-2,7
2,31	-51,4	27,5	-3,9
2,32	-52,1	27,5	-4,6
2,33	-52,9	27,5	-5,4
2,34	-53,6	27,5	-6,1
2,35	-54,5	27,5	-7
2,36	-55,2	27,5	-7,7
2,37	-56	27,5	-8,5
2,38	-56,7	27,5	-9,2
2,39	-57,1	27,5	-9,6
2,4	-57,5	27,5	-10
2,41	-58,2	27,5	-10,7
2,42	-58,8	27,5	-11,3
2,43	-59,9	27,5	-12,4
2,44	-60,9	27,5	-13,4
2,45	-61,6	27,5	-14,1
2,46	-62,1	27,5	-14,6
2,47	-61,4	27,5	-13,9
2,48	-60	27,5	-12,5
2,49	-59,3	27,5	-11,8
2,5	-57,8	27,5	-10,3
2,51	-56,1	27,5	-8,6
2,52	-55	27,5	-7,5
2,53	-54,5	27,5	-7
2,54	-54	27,5	-6,5
2,55	-53,8	27,5	-6,3
2,56	-53,6	27,5	-6,1
2,57	-53,3	27,5	-5,8
2,58	-53,2	27,5	-5,7
2,59	-53,5	27,5	-6
2,6	-53,7	27,5	-6,2
2,61	-54,2	27,5	-6,7
2,62	-54,9	27,5	-7,4
2,63	-53,9	27,5	-6,4
2,64	-53,2	27,5	-5,7
2,65	-52,8	27,5	-5,3
2,66	-52,3	27,5	-4,8
2,67	-51,9	27,5	-4,4
2,68	-51,2	27,5	-3,7
2,69	-49,6	27,5	-2,1
2,7	-48	27,5	-0,5

Nilai VSWR dan Bandwidth Antena Double Biquad

Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Gama (Γ)	VSWR
2,3	-2,7	0,87	14,35
2,31	-3,9	0,71	5,90
2,32	-4,6	0,64	4,53
2,33	-5,4	0,57	3,64
2,34	-6,1	0,52	3,13
2,35	-7	0,46	2,68
2,36	-7,7	0,41	2,42
2,37	-8,5	0,37	2,18
2,38	-9,2	0,34	2,02
2,39	-9,6	0,32	1,94
2,4	-10	0,30	1,86
2,41	-10,7	0,27	1,75
2,42	-11,3	0,25	1,66
2,43	-12,4	0,21	1,52
2,44	-13,4	0,17	1,42
2,45	-14,1	0,15	1,36
2,46	-14,6	0,14	1,32
2,47	-13,9	0,16	1,38
2,48	-12,5	0,20	1,51
2,49	-11,8	0,23	1,59
2,5	-10,3	0,29	1,81
2,51	-8,6	0,37	2,16
2,52	-7,5	0,43	2,48
2,53	-7	0,46	2,68
2,54	-6,5	0,49	2,91
2,55	-6,3	0,50	3,01
2,56	-6,1	0,52	3,13
2,57	-5,8	0,54	3,33
2,58	-5,7	0,55	3,40
2,59	-6	0,52	3,19
2,6	-6,2	0,51	3,07
2,61	-6,7	0,47	2,81
2,62	-7,4	0,43	2,52
2,63	-6,4	0,49	2,96
2,64	-5,7	0,55	3,40
2,65	-5,3	0,58	3,73
2,66	-4,8	0,62	4,26
2,67	-4,4	0,66	4,84
2,68	-3,7	0,73	6,49
2,69	-2,1	0,98	93,39
2,7	-0,5	1,60	-4,32

Nilai Gain Antena Double Biquad

Frekuensi (GHz)	Antena Referensi (dB)	Antena Uji (dB)	Gain (dBd)
2,34	58,3	52,4	8,05
2,35	61,3	53,2	10,25
2,36	57,4	51	8,55
2,37	60,1	70,1	-7,85
2,38	60,7	54,1	8,75
2,39	62	56,6	7,55
2,4	61,9	52,8	11,25
2,41	59,2	51	10,35
2,42	64,2	56,9	9,45
2,43	66,1	60,2	8,05
2,44	62,4	54,3	10,25
2,45	58,8	51,2	9,75
2,46	62	53,8	10,35
2,47	64,2	56,6	9,75
2,48	64,9	58,2	8,85
2,49	62,4	72,8	-8,25
2,5	59,2	65,5	-4,15

Nilai Gain Antena Default

Frekuensi (GHz)	Antena Referensi (dB)	Antena Uji (dB)	Gain (dBd)
2,34	58,3	56,4	4,05
2,35	61,3	58,8	4,65
2,36	57,4	53,8	5,75
2,37	60,1	58,2	4,05
2,38	57,7	56,4	3,45
2,39	58	56,3	3,85
2,4	60,9	57,5	5,55
2,41	60,1	56,4	5,85
2,42	60,2	58,9	3,45
2,43	66,1	72,8	-4,55
2,44	62,4	58,8	5,75
2,45	58,8	59,1	1,85
2,46	58,1	57,9	2,35
2,47	64,2	60,9	5,45
2,48	64,9	61,7	5,35
2,49	62,4	61,8	2,75
2,5	59,2	59,5	1,85

Nilai Pola Radiasi Antena *Double Biquad*

No	Sudut (Derajat)	Daya Radiasi (dBm)	Normalisasi
1	0	56,8	13,9
2	10	62,2	8,5
3	20	55,3	15,4
4	30	57,1	13,6
5	40	58,4	12,3
6	50	58,9	11,8
7	60	61,7	9
8	70	59,8	10,9
9	80	65,7	5
10	90	66,6	4,1
11	100	60	10,7
12	110	67,2	3,5
13	120	69,2	1,5
14	130	70,1	0,6
15	140	69,8	0,9
16	150	65,2	5,5
17	160	66,8	3,9
18	170	63,1	7,6
19	180	70,7	0
20	190	68,8	1,9
21	200	69,2	1,5
22	210	68,2	2,5
23	220	61,7	9
24	230	58,9	11,8
25	240	70	0,7
26	250	64,2	6,5
27	260	67,1	3,6
28	270	69	1,7
29	280	62,8	7,9
30	290	62,5	8,2
31	300	67,4	3,3
32	310	57,3	13,4
33	320	56,8	13,9
34	330	57,4	13,3
35	340	61	9,7
36	350	56,5	14,2
37	360	57,8	12,9

