RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2,4 GHZ DENGAN MENGGUNAKAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED

SKRIPSI

Disusun Oleh :

Budi Irawan
NIM :13.12.702

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2017

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2,4 GHZ DENGAN MENGGUNAKAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED

SKRIPSI

Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :
BUDI IRAWAN
NIM. 1312702

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Sotyohadi,ST MT	**Ir.Kartiko Ardi Widodo, MT**
NIP.Y.1039700309	**NIP.P. 1039700310**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Dr.Irrine Budi Sulistiawati, ST MT
NIP. 197706152005012002

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2017

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2,4 GHZ DENGAN MENGGUNAKAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED

Budi Irawan, NIM 1312702
Dosen Pembimbing : Sotyohadi, ST MT dan
Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT

Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang
E-mail : budiirawan.official@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan, simulasi dan realisasi antena mikrostrip patch Biquad dengan pencatuan Proximity Coupled untuk diaplikasikan pada WLAN 2,4 GHz. Penentuan nilai dimensi antena dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus antena mikrostrip. Nilai-nilai dimensi yang diperoleh kemudian disimulasikan dengan software Ansoft HFSS v13 untuk memperoleh performansi yang dihasilkan. Selain itu, proses simulasi juga digunakan untuk mengoptimasi desain antena. Antena yang dirancang mampu bekerja pada frekuensi 2,4 GHz , dengan Return Loss kurang dari -10 dB, dan VSWR lebih kecil dari 2. Substrat yang digunakan FR4 Evoxy yang memiliki Konstanta dielektrik relative 4,4 dan ketebalan 1,6 mm. Antena yang terealisasi bekerja pada frekuensi tengah 2,49 Ghz yang menghasilkan Return Loss -29,5583, VSWR 1,0684 , Bandwidth 100 MHz dan Pola radiasi directional.

Kata kunci : *Proximity coupled, Biquad, FR4 Evoxy,Mikrostrip,Bandwidth.*

DESIGN OF ANTENNA MICROSTRIP PATCH BIQUAD FOR 2,4 GHZ WLAN USING PROXIMITY COUPLED FEEDING

Budi Irawan
Telecommunication Engineering; Department of Electrical Engineering S-1
Faculty of Industrial Technology, National Institute of Technology Malang
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang
Email: budiirawan.official@gmail.com

ABSTRACT

In this research has been done design, simulation and realization of Biquad microstrip patch antenna with Proximity Coupled Feeding to be applied to WLAN 2.4 GHz. Determination of dimension value of antenna is done by using microstrip antenna formula. The dimensional values obtained are then simulated with Ansoft HFSS v13 software to obtain the resulting performance. In addition, the simulation process is also used to optimize the antenna design. The designed antenna is capable of working at a frequency of 2.4 GHz, with a Return Loss smaller than -10 dB, and VSWR smaller than 2. Substrate used FR4 Evoxy which has a relative 4.4 and dielectric Constant thickness of 1.6 mm. Realized antennas work at 2.49 Ghz middle frequency resulting in Return Loss -29,5583, VSWR 1.0684, 100 MHz Bandwidth and Directional radiation pattern.

Keyword : *Proximity coupled, Biquad, FR4 Evoxy,Microstrip,Bandwidth.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul "**RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2,4 GHZ DENGAN MENGGUNAKAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED"** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Telekomunikasi ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak,maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu , penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis.
2. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
3. Dr.F.Yudi Limprapto, ST MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dr.Irrine Budi Sulistiawati, ST MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
5. Sotyohadi, ST MT dan Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT sebagai dosen pembimbing Skripsi.
6. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu baik dari segi teknis maupun dukungan moral dalam terselesaikanya skripsi ini.

Usaha telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Begitu juga sangat kami perlukan untuk menambah kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Juli 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN i
ABSTRAK ii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR TABEL x
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 RUMUSAN MASALAH 2
1.3 TUJUAN 2
1.4 BATASAN MASALAH 2
1.5 METODOLOGI PEMECAHAN MASALAH 2
1.6 Sistematika Penulisan 3
BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Antena Mikrostrip 5
2.2 Antena Biquad 6
2.3 Teknik Pencatuan 7
2.3.1 Mikrostrip feed line 7
2.3.2 Coaxial Feeding 9
2.3.3 Proximity Coupled Feeding 10
2.3.4 Aperture Coupled Feeding 10
2.4 Model Cavity 11
2.5 Parameter Dasar Antena Mikrostrip 12
2.5.1 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) 12
2.5.2 Return Loss 13
2.5.3 Gain 13
2.5.4 Directivity 14

2.5.5 Bandwidth 15
2.5.6 Impedansi Masukan 16
2.5.7 Pola radiasi 17
2.5.8 Impedansi Matching 18
2.6 Frekuensi Kerja WLAN 19
BAB III 20
PERANCANGAN ANTENA DAN SIMULASI 20
3.1 UMUM 20
3.2 PERLENGKAPAN YANG DIGUNAKAN 20
3.3 PERANCANGAN ANTENA BIQUAD 21
3.3.1 Diagram alir Perancangan. 21
3.3.2 Jenis Substrat yang digunakan 22
3.3.3 Perancangan Dimensi Antena mikrostrip Patch Biquad 23
3.3.4 Perancangan pencatuan Proximity Coupled 24
3.4 Hasil Desain Antena 26
3.4.1 Hasil akhir perancangan antena mikrostri Patch Biquad 26
3.4.2 Hasil Akhir perancangan saluran pencatu 27
3.4.3 Karakterisasi Antena 28
3.5 Optimasi Simulasi Antena 29
3.6 Hasil setelah Optimasi 29
BAB IV 32
PENGUKURAN DAN ANALISA 32
4.1 PENDAHULUAN 32
4.2 HASIL SIMULASI DAN ANALISA SEBELUM OPTIMASI 33
4.2.1 Return Loss 33
4.2.2 VSWR 34
4.3 HASIL SIMULASI DAN ANALISA SETELAH OPTIMASI. 35
4.3.1 Return Loss 35
4.3.2 VSWR 36
4.3.3 Pola radiasi 36
4.4 Perbandingan hasil simulasi sebelum optimasi dan sesudah optimasi 37
4.5 Pengukuran dan Analisa Antena 37

..... 39
4.6 Pengukuran Parameter Antena 39
4.5.1 Hasil Pengukuran Menggunakan Vector Network Analyzer(VNA) 41
4.5.2 Hasil Pengukuran Menggunakan Spectrum Analyzer 43
4.6 ANALISA HASIL SIMULASI DAN HASIL PENGUKURAN 47
4.6.1 Analisa Hasil Fabrikasi dan Penelitian Sebelumnya 48
4.7 Analisa Kesalahan Umum 48
BAB V 50
PENUTUP 50
5.1 KESIMPULAN 50
5.2 Saran 50
DAFTAR PUSTAKA 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan elemen antena Mikrostrip[3] 5
Gambar 2.2 Geometri dari antena Biquad[6] 6
Gambar 2.3 Mikrostrip Feed Line..... 8
Gambar 2.4 Coaxial Feeding 9
Gambar 2.5 Proximity Coupled Feeding 10
Gambar 2.6 Aperture Coupled Feeding 11
Gambar 2.7 Model Cavity untuk Pencatuan *Proximity Coupled*[5]..... 12
Gambar 2.8 rentang frekuensi bandwidth dengan standart RL <-dB[8] 15
Gambar 2.9 Pola Radiasi[7]..... 17
Gambar 2.10 Pembagian Channel WLAN..... 19
Gambar 2.11 Channel WLAN 5 GHz 19
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena Mikrostrip Biquad..... 20
Gambar 3.2 Geometri rancangan antena Biquad 22
Gambar 3.3 Feed line pada Proximity Coupled 23
Gambar 3.4 Tampilan Program TXLine 2003 untuk mencari lebar saluran pencatu agar mempunyai impedansi 50 ohm 25
Gambar 3.5 Desain antena mikrostrip patch biquad dengan Ansoft HFSS 25
Gambar 3.6 Desain feed line Antena Mikrostrip dengan Ansoft HFSS 26
Gambar 3.7 Return Loss Hasil Simulasi 27
Gambar 3.8 Hasil Return Loss setelah Optimasi 29
Gambar 3.9 Hasil simulasi untuk VSWR < 2 30
Gambar 3.10 Hasil simulasi untuk Pola radiasi 30
Gambar 4.1 (a) Patch Biquad Antena mikrostrip Hasil Fabrikasi 32
Gambar 4.1 (b) Feedline(saluran pencatu) Antena mikrostrip hasil Fabrikasi 32
Gambar 4.1 (c) Ground Antena..... 32
Gambar 4.2 Grafik nilai Return Loss 32
Gambar 4.3 Grafik nilai VSWR..... 33
Gambar 4.4 Grafik return Loss setelah optimasi 34

Gambar 4.5 Grafik VSWR setelah optimasi 35
Gambar 4.6 Pola Radiasi 35
Gambar 4.7 (a) VNA Pocket 38
Gambar 4.7 (b) Spectrum Analyzer 38
Gambar 4.7 (c) Kabel Coaxial 38
Gambar 4.7 (d) Antena Mikrostrip 38
Gambar 4.7 (e) Router WLAN 38
Gambar 4.7 (f) Alat pemgukur sudut Pola radiasi 38
Gambar 4.8 Konfigurasi antara Antena dan VNA 39
Gambar 4.9 Konfigurasi antara VNA dan Laptop(PC) 39
Gambar 4.10 Display Pocket Antena 39
Gambar 4.11 Open Calibration File 40
Gambar 4.12 Pengukuran Antena pada *port* 1 VNA 41
Gambar 4.13 Hasil prngukuran dengan VNA 41
Gambar 4.14 Smith Chart hasil pengukuran antena 42
Gambar 4.15 Batas atas dan bawah rentang Bandwidth 42
Gambar 4.16 (a) E Field Antena Mikrostrip 43
Gambar 4.16 (b) H Field antena Mikrostrip 43
Gambar 4.17 Konfigurasi pengukuran pola radiasi 43
Gambar 4.18 Grafik Pola radiasi E-Filed 44
Gambar 4.19 Grafik pola radiasi H – Field 44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Substrat yang digunakan.....21
Tabel 3.2 Nilai dimensi antena mikrostrip patch Biquad.....26
Tabel 3.3 Nilai dimensi antena setelah optimasi.....28
Tabel 4.1 Nilai return loss antena mikrostrip Biquad 34
Tabel 4.2 Perbandingan hasil simulasi sebelum dan sesudah optimasi 36
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil simulasi dan pengukuran 46
Tabel 4.4 Perbandingan antena hasil fabrikasi dengan referensi 47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem komunikasi tanpa kabel membutuhkan suatu alat yang berguna sebagai pemancar dan penerima (transmitter dan receiver), untuk menunjang kebutuhan tersebut diperlukan suatu antena yang dapat mendukung komunikasi tanpa kabel. Menurut Mudrik A (2011) Antena adalah suatu komponen yang bisa memancarkan dan menerima gelombang dengan baik untuk suatu arah tertentu. Untuk mendukung perkembangan komunikasi bergerak yang memiliki dimensi perangkat yang semakin kecil serta kompak maka dibutuhkan antena yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan perkembangan perangakat komunikasi bergerak. Salah satu antena yang sesuai dengan kriteria tersebut adalah antena mikrostrip, karena antena mikrostrip memiliki kelebihan diantaranya bentuk yang kecil, kompak, sederhana, serta mudah untuk difabrikasikan. Akan tetapi diantara kelebihan-kelebihan tersebut antena mikrostrip memiliki kekurangan yakni *bandwidth* dan Gain yang kecil.[3] Dalam penelitian ini akan digunakan salah satu teknik pencatuan yang mana menurut teorinya mampu untuk memperlebar *bandwidth* dan memiliki radiasi tambahan (*spourious radiation)* yang kecil, teknik pencatuan tersebut adalah *Proximity Coupled*.[6]

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Taufik Rahmat (2008) dihasilkan antena mikrostrip patch biquad dengan pencatuan *Aperture Coupled* . Dari penelitian tersebut dihasilkan suatu antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 2.3-2.4 Ghz , dengan *bandwidth* 113 Mhz (4.84%), VSWR 1,4 , *Return Loss* -15.545. Berdasarkan hasil penelitian tersebut akan diajukan penelitian yang berjudul “ RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2.4 GHZ DENGAN MENGGUNAKAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED, dalam penelitian ini digunakan pencatuan *Proximity Coupled* yang diharapkan mampu untuk mengoptimalkan kerja dari antena mikrostrip patch biquad tersebut.

1.2 RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana merancang dan mengevaluasi parameter antena mikrostrip patch biquad dengan pencatuan proximity coupled menggunakan software simulasi Ansoft HFSS v13.
2. Bagaimana merancang dan fabrikasi antena mikrostrip patch biquad dengan pencatuan proximity coupled.
3. Bagaimana melakukan pengukuran terhadap parameter antena mikrostrip patch biquad yang telah dirancang.
4. Bagaimana mengevaluasi kinerja antena yang dirancang dengan membandingkan antara hasil simulasi dan hasil fabrikasi.

1.3 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah Merancang dan membuat antena mikrostrip patch biquad dengan pencatuan proximity coupled yang bekerja pada frekuensi 2.4 Ghz, untuk mendukung teknologi WLAN.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar permasalahan yang di bahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi yang digunakan 2.4 GHz
2. Pencatuan Proximity Coupled.
3. Jenis Substrat : Epoxy- FR 4 dengan ketebalan 1.6 mm
4. Parameter yang diukur adalah Return Loss. VSWR, Gain, Bandwidth dan pola radiasi.
5. Simulasi dilakukan menggunakan Ansoft HFSS v13
6. Pengukuran menggunakan Spectrum Analizer dan VNA

1.5 METODOLOGI PEMECAHAN MASALAH

Metode yang di gunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

1. Studi Pustaka

Tahap ini dilakukan dengan cara mengumpulkan teori dan informasi yang berkaitan dengan tugas akhir, baik dari tugas akhir sebelumnya, buku, jurnal dan *browsing* internet.

2. Desain dan Simulasi Antena

   Setelah didesain sesuai spesifikasi yang diinginkan kemudian dilakukan simulasi dengan simulator yang digunakan ialah Ansoft HFSS v13, dengan bantuan simulator ini akan didesain sebuah antena Biquad Ganda dengan pencatuan Proximity Coupled yang bekerja pada Frekuensi 2400-2484 Mhz

3. Realisasi

   Pada tahap ini dilakukan proses ealisasi antena yang sebelumnya telah disimulasikan.

4. Pengukuran.

   Pada tahap ini , dilakukan proses pengukuran antena yang telah direalisasikan dan membandingkan hasil pengukuran dengan hasil simulasi.

5. Penyusunan Laporan

   Tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan Skripsi dan dilanjutkan Sidang Skripsi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian, dan Sistematika Penulisan

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan landasan teori mengenai teori dasar antena mikrostrip, antena biquad, system pencatuan dan teori penunjang lainnya yang dibutuhkan untuk laporan ini.

BAB III : PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA

Pada bab ini diuraikan tahap-tahap simulasi serta perancangan antena, mulai dari bentuk, serta ukuran antena untuk mendapatkan antena yang diinginkan.

BAB IV :PENGUKURAN UNJUK KERJA DAN ANALISA

Pada bab ini diuraikan tentang hasil pengujian, pengukuran dan analisa antena serta kendala-kendala yang dihadapi.

BAB V : PENUTUP

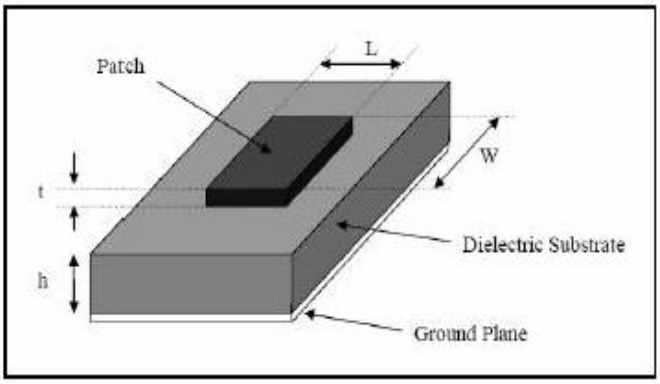
Pada bab ini diuraikan tentang hasil akhir analisa yang didapat dalam bentuk kesimpulan serta dilengkapi dengan saran untuk mengembangkan skripsi ke penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antena Mikrostrip

Berdasarkan asal katanya, mikrostrip terdiri atas dua kata, yaitu mikro (sangat kecil/kecil) dan strip (bilah/potongan). Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antena yang berbentuk seperti bilah/potongan yang mempunyai ukuran yang sangat tipis.



Gambar 2.1 Susunan elemen antena Mikrostrip[3]

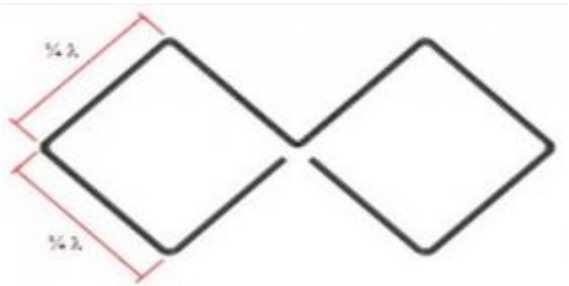
Gambar 2.1 menunjukkan struktur dari sebuah antena mikrostrip. Secara umum antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian, yaitu *patch*, *Dielectric Substrate,* dan *Ground plane. Patch* terletak diatas substrat, sementara *ground plane* terletak dibagian paling bawah. *Patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik, sedangkan *ground plane* berfungsi sebagai reflector yang terbuat dari tembaga atau perak. Pada lapisan *Patch,* akan dibuat suatu bentuk tertentu misalkan lingkaran, persegi panjang, segitiga, atau bentuk lain untuk mendapatkan suatu pola radiasi seperti yang diinginkan.

Antena Mikrostrip memiliki beberapa keuntungan dibandingkan antena lainnya, seperti secara fisik antena mikrostrip lebih tipis, lebih kecil dan lebih ringan, biaya fabrikasi yang murah, dapat dilakukan *polarisasi linear* dan lingkaran dengan pencatuan yang sederhana, dan sebagainya. Tetapi, antena mikrostrip juga memiliki keterbatasan dibandingkan dengan antena lainnya, diantaranya memiliki bandwidth yang sempit, gain yang rendah, dan memiliki efek gelombang permukaan (*Surface wave*).

Karena memiliki bentuk dan ukuran yang ringkas, antena mikrostrip sangat berpotensi untuk digunakan pada berbagai macam aplikasi yang membutuhkan spesifikasi antena yang berdimensi kecil, dapat mudah dibawa (*portable*) dan dapat diintregasikan dengan rangkaian elektronik yang lainnya (seperti IC , rangkaian aktif dan rangkaian pasif). Antena mikrostrip telah banyak mengalami pengembangan sehingga mampu diaplikasikan pada berbagai kegunaan seperti komunikasi satelit, militer, aplikasi bergerak (*mobile*), Kesehatan dan komunikasi radar.[10]

2.2 Antena Biquad

Antena *Biquad* merupakan salah satu jenis antena berbentuk gabungan kubus (dua *quad).* Antena Quad adalah antena yang berbentuk segi empat dengan panjang sisi-sisinya sama. Panjang sisi dari antena *quad* adalah ¼ λ (λ adalah panjang gelombang) dari frekuensi antena yang diinginkan. Panjang sisi ¼ λ dimaksudkan agar kondisi matching terpenuhi.



Gambar 2.2 Geometri dari antena Biquad[6]

Panjang elemen *driven* antena *biquad* adalah λ yang mana nilai panjang gelombangnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Untuk rancangan dipol antena biquad didapat dari panjang gelombang ½ λ yang dibentuk menjadi dipol lipat sehingga panjang masing-masing sisinya dapat dirumuskan menjadi ¼ λ.

$$\text{panjang sisi} = \frac{1}{4}\lambda \qquad (2.2)$$

2.3 Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan pada antena mikrostrip dapat di bagi menjadi 2 jenis yaitu :

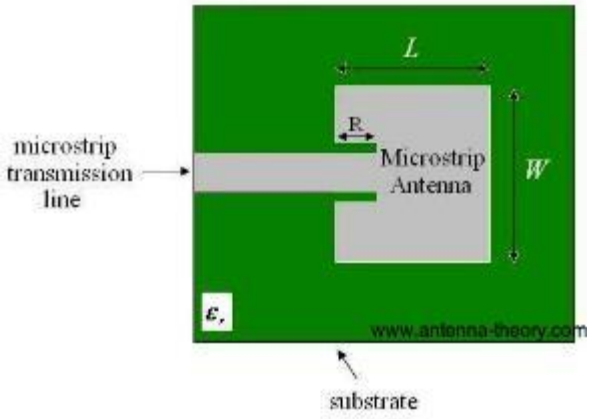
a. Teknik pencatuan yang terhubung secara langsung adalah dimana daya dari RF di catu secara langsung pada elemen peradiasi menggunakan saluran mikrostrip.
b. Teknik pencatuan secara tidak langsung, adalah teknik pencatuan yang tidak ada kontak langsung antara antena dan saluran pencatu sehingga proses matching antara mikrostrip dengan saluran pencatu dapat di lakukan secara terpisah sehingga dapat meningkatkan bandwidth dan mengurangi penyolderan.

(sumber: D.M Pozar :2004)

Macam-macam teknik pencatuan antara lain adalah pencatuan *coaxial feed, proximity coupled mikrostrip feed, aperture coupled mikrostrip feed, dan microstrip feed* (sumber: D.M Pozar :2004). *Coaxial feed* dan mikrostrip *(coplanar) feed* merupakan contoh dari teknik pencatuan terhubung secara langsung, sedangkan *aperture-coupled,* mikrostrip *feed dan coplanar waveguide feed* termasuk pada teknik pencatuan tidak langsung.

2.3.1 Mikrostrip feed line

Pada pencatuan jenis *mikrostrip feed line*, patch dari mikrostrip di catu dengan jalur konduktor yang di alakukan di sisi yang sama pada elemen patch, atau biasa di sebut dengan mikrostrip line. *Mikrostrip line feed* sangat mudah di disain, di hubungkan, dan di fabrikasikan. Pencatuan jenis ini adalah pilihan yang baik jika di gunakan untuk mencatu antena array. Bagaimanapun juga, pencatuan jenis ini juga memiliki kelemahan, yaitu menghasilkan *bandwidth* yang sempit.



Gambar 2.3 Mikrostrip feed line

Lebar saluran mikrostrip (W) tergantung dari *impedansi* (Zo) karakteristik yang di inginkan. Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip yaitu sebagai berikut

$$W=\frac{2h}{\pi}\left\{B-1-\ln(2B-1)+\frac{\varepsilon_r-1}{2\varepsilon_r}\left[\ln(B-1)+0{,}39-\frac{0{,}61}{\varepsilon_r}\right]\right\} \quad (2.3)$$

$$B=\frac{60\,\pi^2}{Z_o\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2.4)$$

a. karakteristik saluran mikrostrip (*mikrostrip line*) untuk W/h<1

konstanta dielektrik efektif ε_{reff}

$$\varepsilon_{reff}=\frac{(\varepsilon_r+1)}{2}+\frac{(\varepsilon_{r-1})}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}}+0{,}04\left(1-\frac{W}{h}\right)2\right] \quad (2.5)$$

$$Zo=\frac{60}{\sqrt{\varepsilon eff}}\,ln\left[\frac{8h}{W}+\frac{W}{4h}\right] \quad (2.6)$$

b. karakteristik saluran mikrostrip *(mikrostrip line*) untuk W/h >1

konstanta dielektrik efektif ε_{reff}

$$\varepsilon_{reff} = \frac{(\varepsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\varepsilon_{r-1})}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12\frac{h}{W}}}\right] \quad (2.7)$$

$$Zo = \frac{120\,\pi/\sqrt{\varepsilon eff}}{\frac{w}{h} + 1{,}393 + 2/3\ln(\frac{W}{h} + 1{,}44)} \quad (2.8)$$

Berikutnya adalah persamaan yang di gunakan untuk mencari nilai panjang (l) dari saluran pencatu :

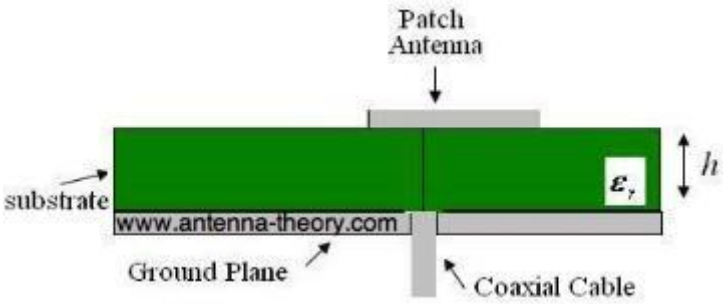
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \quad (2.9)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (2.10)$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.11)$$

2.3.2 Coaxial Feeding

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

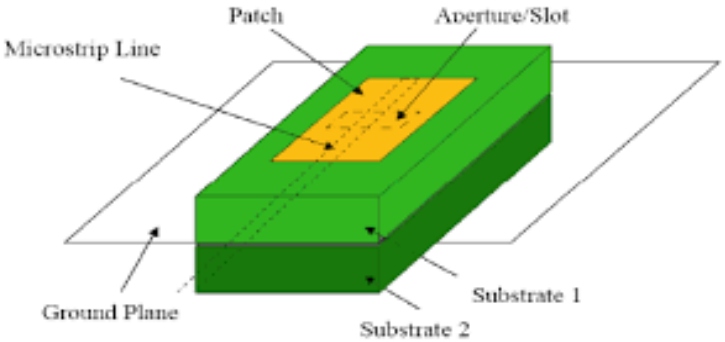


Gambar 2.4 Coaxial Feeding

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

2.3.3 Proximity Coupled Feeding

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

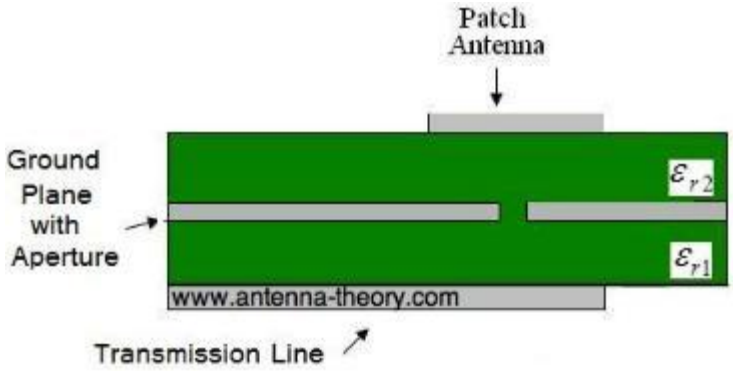


Gambar 2.5 Proximity Coupled Feeding

2.3.4 Aperture Coupled Feeding

Pencatuan jenis ini hampir sama dengan teknik pencatuan *proximity coupled feeding*, yaitu terdiri dari 2 layer substrat dengan bagian *ground* yang terlak bagian tengah diantara kedua substrat tersebut. patch dari mikrostip terlak di bagian atas dari layer teratas *subtrat*, dan *jalur feeding* terlak di bagian bawah dari layer terbawah substrat, dimana pada bagian

ground diberikan slot yang sama dengan ukuran *feed line* agar energi dapat terkopel kebagian patch. Keuntungan dari teknik pencatuan ini adalah akan memperluas *bandwidth* dari antena dan meningkatkan kecepatan polarisasi yang diinginkan dan mengurangi polarisasi yang menyilang. Tapi memiliki tingkat kesulitan yang sama dengan *proximity coupled feeding* dimana *fabrikasinya* membutuhkan 2 layer substrat.

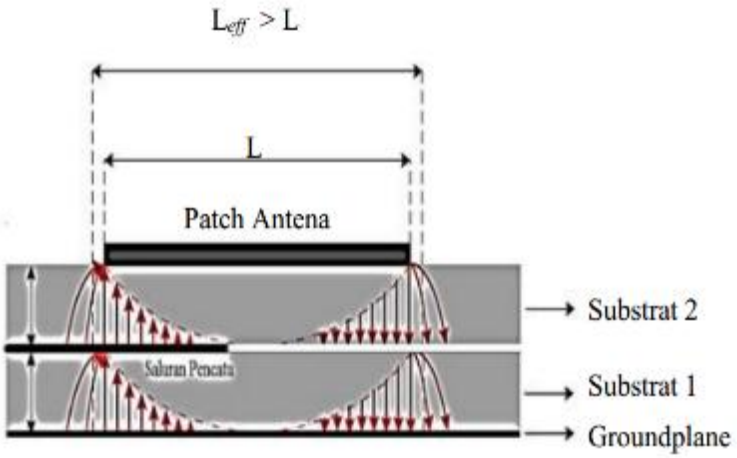


Gambar 2.6 Aperture Coupled Feeding

2.4 Model Cavity

Dalam menganalisis sebuah antena mikrostrip, maka diperlukan sebuah pemodelan yang dapat menggambarkan kondisi antena ke dalam sebuah kondisi persamaan yang dapat dianalisis secara akurat. Berbagai pemodelan untuk antena mikrostrip telah banyak dikembangkan dan satu diantaranya yang popular adalah *model cavity.*

Pada *model cavity*, daerah interior yaitu ruang antara patch dan bidang pentanahan diasumsikan sebagai sebuah ruang (*cavity*) yang dilingkari oleh suatu dinding magnetic sepanjang tepinya, dan diapit oleh dinding elektrik dari atas dan bawah. Model cavity dari sebuah antena mikrostrip seperti gambar dibawah ini



Gambar 2.7 Model Cavity untuk Pencatuan *Proximity Coupled*[5]

Beberapa asumsi model *cavity* berdasarkan observasi dari substrat tipis (h << λ_o):

a. Medan elektrik *E* hanya terdiri atas komponen *z*, dan medan magnetic *H* terdiri atas komponen *tranverse* (komponen *x* dan *y*) didalam daerah yang dibatasi oleh patch dan bidang pentanahan (groundplane).
b. Medan-medan dalam daerah ini tidak berubah-ubah (bebas) terhadap kordinat *z* untuk semua frekuensi yang digunakan.
c. Komponen *tangensial H* sepanjang tepi diabaikan
d. Memasukkan medan tepi (*fringing field*) dalam perhitungan dengan sedikit memperlebar tepi-tepi.

2.5 Parameter Dasar Antena Mikrostrip

2.5.1 Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Bila impedansi saluran transmisi tidak sesuai dengan transceiver maka akan timbul daya *refleksi (reflected power)* pada saluran yang berinterferensi dengan daya maju *(forward power).* Interferensi ini menghasilkan gelombang berdiri *(standing wave)* yang besarnya bergantung pada daya refleksi. *VSWR* adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri *(standing wave)* maksimum |V|max dengan minimum |V|min. Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan V0 + dan

tegangan yang Direfleksikan V0-. Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan tersebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) (Devandra K. Misra: 2004):

$$\Gamma = \frac{V0-}{V0+} = \frac{Z_1 - Zo}{Z_1 + Zo} \tag{2.12}$$

Dimana Z1 adalah impedansi beban *(load)* dan Z0 adalah impedansi saluran *(lossless). Koefisien refleksi* tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya magnetitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, jika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka:

Γ = -1 : refleksi negatif maksimum, jika saluran terhubung singkat.

Γ = 0 : tidak ada refleksi, jika saluran dalam keadaan matched sempurna.

Γ = +1 : refleksi positif maksimum, jika saluran dalam rangkaian terbuka.

Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah:

$$S = \frac{|V|max}{|V|min} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \tag{2.13}$$

2.5.2 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang *direfleksikan* (V0-) dibandingkan dengan gelombang yang dikirim (V0+). *Return loss* dapat terjadi akibat adanya *diskontinuitas* diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas *(mismatched),* besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi (Sumber: Fawwaz T.Ulaby 2001).

$$\Gamma = \frac{Vo^-}{VO^+} = \frac{Z_{1-Z_0}}{Z_{1+Z_0}} = \frac{VSWR-1}{VSWR+1} \tag{2.14}$$

2.5.3 Gain

Gain adalah perbandingan antara rapat daya persatuan unit antena terhadap rapat daya antena referensi dalam arah dan daya masukan yang

sama. Gain suatu antena berlainan dengan gain kutub empat, gain diperhatikan daya masukan ke terminal antena. Gain didapat dengan menggunakan persamaan:

$$G = \eta \times D \tag{2.15}$$

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

$$\text{Gain} = 4\pi\frac{U(\theta,\emptyset)}{P_{in}} \tag{2.16}$$

Selain absolute gain juga ada relative gain. *Relative gain* didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antena referensi pada arah yang direferensikan juga. (sumber: Contantie A, Balanis 1982) Daya masukan harus sama diantara kedua antena itu. Akan tapi, antena referensi merupakan *sumber isotropik yang lossless (Pin lossless)* . Secara rumus dapat dihubungkan sebagai berikut:

$$\text{Gain} = 4\pi\frac{U(\theta,\emptyset)}{P_{in(losless)}} \tag{2.17}$$

2.5.4 Directivity

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

$$D = \frac{U_{max}}{U_0} \tag{2.18}$$

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

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{prad} \tag{2.19}$$

Dimana:

D = Kerarahan (*Directivity)*

D0 = Kerarahan maksimum

U = Intensitas radiasi

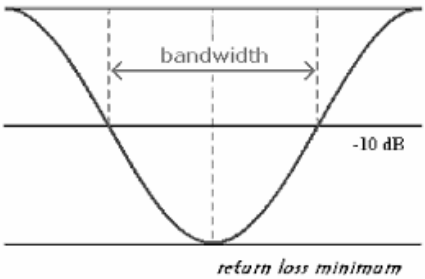
Umax = Intensitas radiasi maksimum

U0 = Intensitas radiasi pada sumber isotropik

Prad = Daya total radiasi

2.5.5 Bandwidth

Bandwidth suatu antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kerja yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (*seperti impedansi masukan, pola radiasi, beamwidth axial ratio*) memenuhi spesifikasi standard. Gambar 2.8



Gambar 2.8 rentang frekuensi bandwidth dengan standart RL <-10 Db[8]

Dalam menentukan *bandwidth* antena penting untuk menspesifikasikan kriteria apa saja yang digunakan karena tidak terdapat definisi yang baku dari *bandwidth*. Jadi *bandwidth* suatu antena ditentukan oleh parameter apa yang digunakan. Beberapa definisi dari *bandwidth* yang berhubungan dengan antena mikrostrip adalah (D.M Pozar:2004):

a. I*mpedance Bandwidth* adalah rentang frekuensi tertentu dimana patch antenna matching dengan saluran catunya. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antena (patch dan saluran catu) bevariasi nilainya menurut frekuensi. Kondisi matching dari suatu elemen antena dapat dilihat dari return loss atau VSWR. Pada umumnya nilai return loss yang diminta < -9.54 dB atau VSWR< 2, namun pada beberapa sistem ada yang meminta return loss < -15 dB atau VSWR<1,5.
b. *Pattern bandwidth* adalah rentang frekuensi dengan *beamwidths, sidelobe,* atau gain memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus kita tentukan sehingga besarnya *bandwidth* dapat ditentukan. Seperti properti antena lainnya, beamwidths, sidelobe, dan gain juga bervariasi menurut frekuensi.
c. *Axial ratio bandwidth (ARBW)* adalah rentang frekuensi dimana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Dengan menentukan nilai maksimum dari *cross-polarization* atau *axial ratio,* maka bandwidth antena dengan polarisasi linier atau melingkar dapat ditentukan. Pada umumnya nilai batas frekuensi ARBW < 3. Nilai ARBW yang semakin mendekati 1 menunjukkan polarisasi antena yang semakin melingkar. *Bandwidth* (BW) antena biasanya ditulisdalam bentuk persentase bandwidth karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi dan dirumuskan sebagai:

$$BW\frac{f_h - f_l}{f_c}x100\% \qquad (2.20)$$

$$f_c\frac{f_{h-f_l}}{2} \qquad (2.21)$$

dengan:

fh = frekuensi tertinggi dalam band (GHz)

fl = frekuensi terendah dalam band (GHz)

fc = frekuensi tengah dalam band (GHz)

2.5.6 Impedansi Masukan

Impedansi masukan adalah *impedansi* pada antena yang terukur pada titik-titik terminal masukan antena atau perbandingan antara tegangan dan arus pada sepasang terminal masukan antena. Dengan kata lain, *impedansi*

masukan merupakan total impedansi dari *impedansi* karakteristik (saluran transmisi) Zo, dan impedansi beban (antena) ZL, yang dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 tan\beta 1}{Z_0 + jZ_{Ltan\,\beta 1}} \tag{2.22}$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g} \tag{2.23}$$

Dimana:

Z0 = saluran transmisi

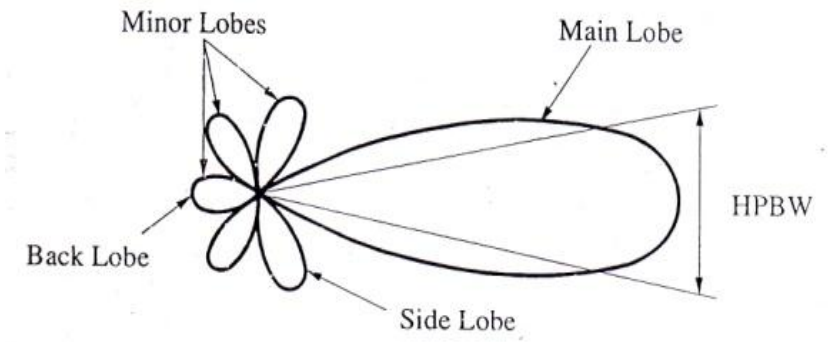
ZL = impedansi beban

β = konstanta propagasi

2.5.7 Pola radiasi

Pola radiasi antena di definisikan sebagai fungsi matematis atau representasi grafis dari sifat-sifat radiasi antena sebagai fungsi dari koordinat ruang. Sifat-sifat radiasi meliputi rapat *fluks daya, intensitas radiasi, kuat medan, directifity fasa atau polarisasi.*

Pola radiasi terdiri dari bagian-bagian yang di sebut dengan *lobes,* yang di kelompokan ke dalam major dan minor (*lide dan back lobe).* Adapun untuk pembagian *lobe* selanjutnya dapat di lihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 pola radiasi[7]

HBW (*half power bandwidth*) dapat didefinisikan sebagai sudut yang terbentuk oleh titik tengah daya dari main lobe.

- Main lobe : Bagian dari daerah radiasi dimana arah radiasi antena maksimun.
- Minor lobe : Bagian ini menyatakan daerah radiasi yang tidak di inginkan. Level dari minnor lobe ini menyatakan besarnya rasio densitas daya atau side lobe level.
- Baek lobe : Bagian dari minor lobe yang berlawanan dengan main lobe
- Side lobe : Bagian dari minor lobe yang bersebelahan dengan main lob.

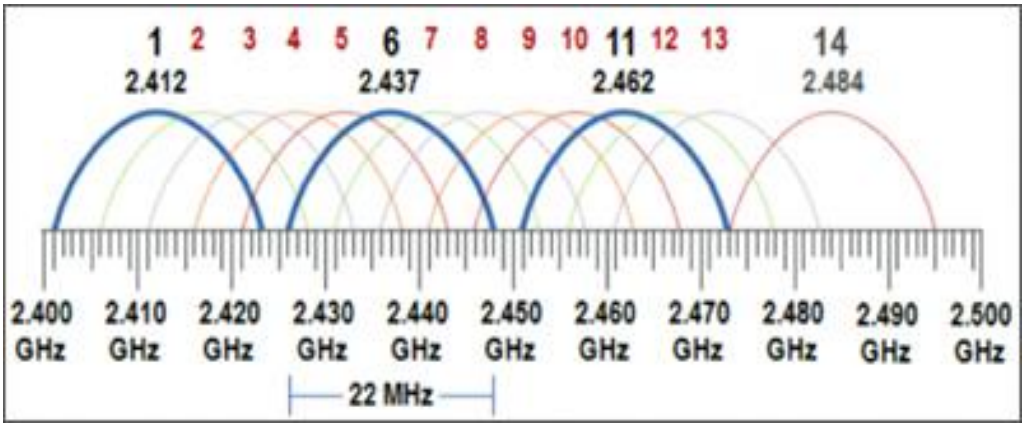
2.5.8 Impedansi Matching

Perancangan suatu antena tidak terlepas dari penyesuaian *impedansi*. Suatu jalur transmisi dikatakan *matched* apabila karakteristik impedansi Zo = ZL atau dengan kata lain tidak ada *refleksi* yang terjadi pada ujung saluran beban. Zo merupakan karakteristik impedansi suatu saluran transmisi dan biasanya bernilai 50 ohm. ZL merupakan impedansi beban. Beban dapat berupa antena atau rangkaian lain yang mempunyai impedansi ekivalen ZL. Karena kegunaan utama saluran transmisi adalah untuk mentransfer daya secara sempurna, maka beban yang matched sangat diperlukan. Mode pencatuan secara langsung sulit untuk mencapai kondisi *matching*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk mendapatkan kondisi yang matching, yaitu dengan cara menambahkan *transformator* $\lambda/4$, pemberian single stub, dan double stub (sumber : Farid saleh:2015)

2.6 Frekuensi Kerja WLAN

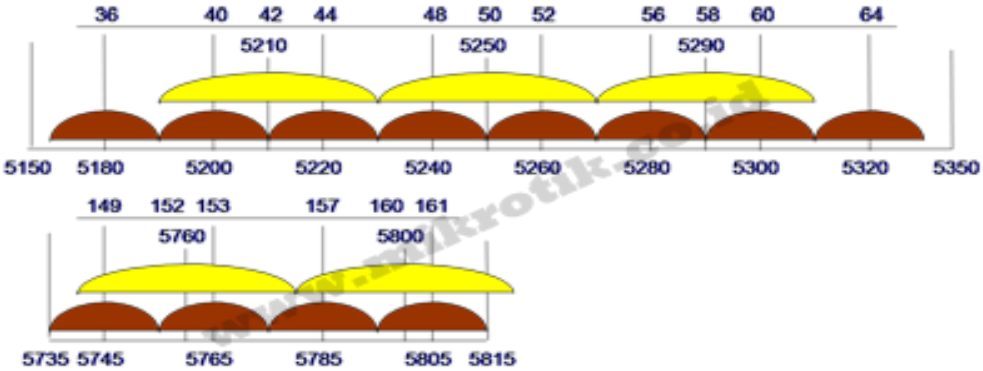
Wireless LAN adalah teknologi LAN dengan udara sebagai media transmisinya sehingga memberikan layanan fleksibellitas dan relibilitas untuk para pengguna computer dalam bisnis maupun non bisnis.

Alokasi Frekuensi sudah diatur dalam regulasi di setiap wilayah dan Negara. Di Indonesia, untuk keperluan Wireless LAN sudah dialokasikan dalam ISM (industrial, scientific, medical) band pada frekuensi 2,4 GHz dan 5,8 GHz. Lebih detailnya untuk 2,4 GHz dibagi dalam beberapa channel dengan lebar channel masing-masing 22 MHz



Gambar 2.10 Pembagian channel WLAN

Begitu juga dengan frekuensi 5 GHz yang dibagi menjadi beberapa channel



Gambar 2.11 Channel WLAN 5 GHz

BAB III

PERANCANGAN ANTENA DAN SIMULASI

3.1 UMUM

Antena yang akan dibuat pada penelitian ini adalah antena *Biquad* dengan pencatuan *Proximity Coupled*. Ada beberapa tahapan dalam perancangan dan simulasi antena ini, diantaranya adalah penentuan spesifikasi substrat yang akan digunakan, penentuan dimensi antena *Biquad* serta penentuan dimensi saluran pencatu.

3.2 PERLENGKAPAN YANG DIGUNAKAN

Peralatan yang digunakan dalam perancangan ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Peralatan tersebut digunakan untuk berbagai keperluan selama proses simulasi, perhitungan dan merancang gambar antena. Adapun perangkat keras yang digunakan adalah Laptop untuk melakukan simulasi perancangan antena . Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah :

a. HFSS Ansoft v13

   Digunakan untuk mendesain dan simulator antena

b. Microsoft Excel 2010

   Digunakan untuk mengolah data hasil simulasi dan pengukuran

c. Microsoft Word 2010

   Digunakan untuk penulisan Skripsi.

d. Microsoft Visio

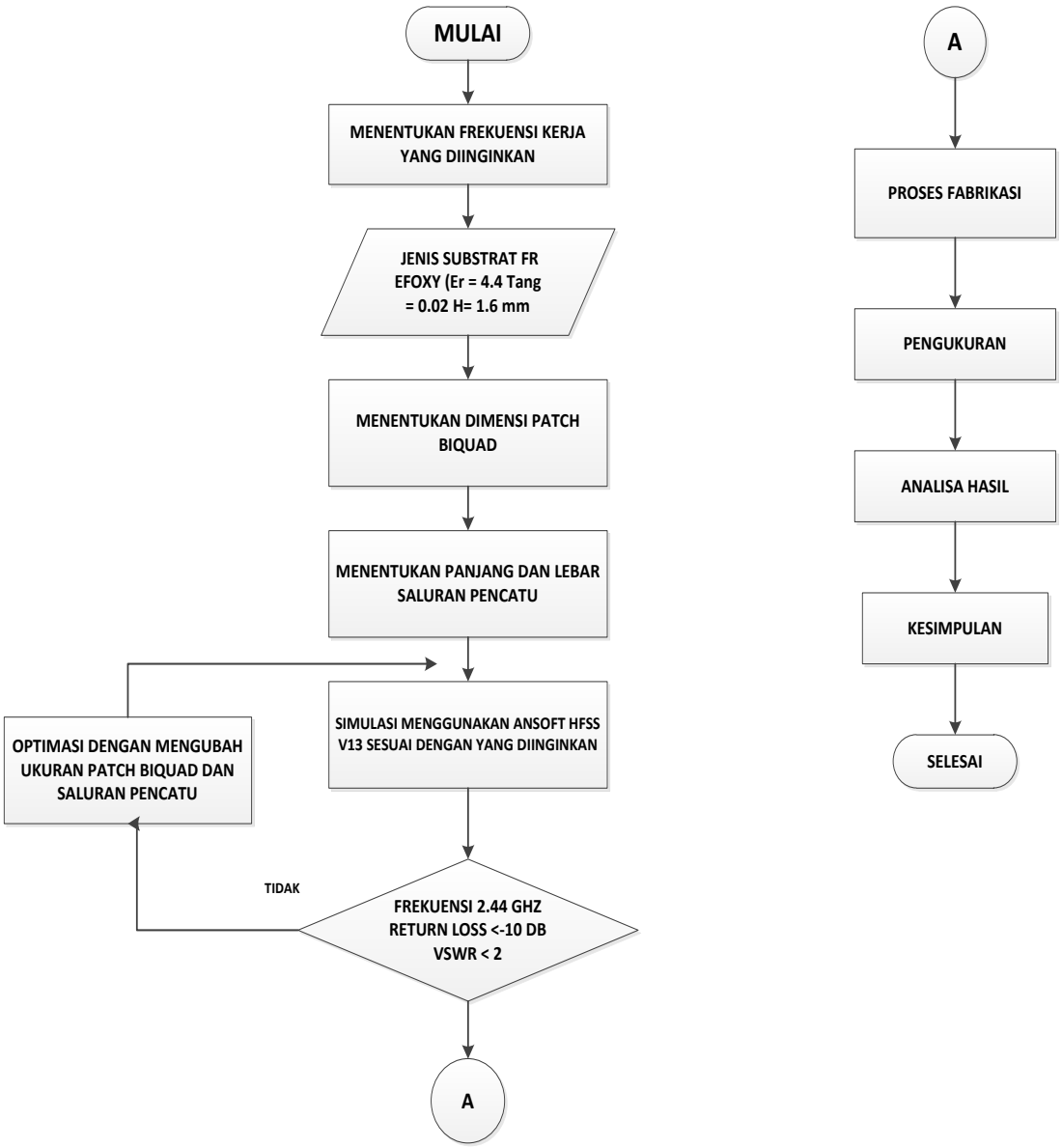
   Digunakan untuk membuat diagram alir atau flowchart

e. Snipping Tool

   Digunakan untuk mengambil gambar (screenshoot) data yang diperlukan, seperti gambar atau grafik hasil simulasi ansoft.

3.3 PERANCANGAN ANTENA BIQUAD

3.3.1 Diagram alir Perancangan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Antena mikrostrip Biquad

Gambar diagram alir dari proses perancangan antena mikrostrip Biquad ini dapat dilihat pada gambar 3.1. Pada perancangan *Patch* biquad ini terdapat bebrapa tahapan yang diawali dengan menentukan frekuensi kerja yang diinginkan beserta spesifikasi yang akan dicapai. Selanjutnya menentukan jenis substrat yang akan digunakan. Dalam pemilihan jenis substrat haruslah

mempertimbangkan kesesuaian antara karakteristik substrat dengan spesifikasi antena yang akan dirancang, hal ini bertujuan untuk mendukung di dalam mendapatkan hasil yang diinginkan. Sebelum proses simulasi dilaksanakan, terlebih dahulu menentukan parameter-parameter dari antena dengan menggunakan peralatan bantu ataupun persamaan yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Dan pada proses simulasi, dimungkinkan untuk memodifikasi dari beberapa parameter yang telah ditentukan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, diantaranya adalah dengan mengatur dimensi dan diagonal *patch biquad* atau dimensi dari *Feed Line* dari pencatuan *Proximity Coupled,* yang umumnya dapat mengatur frekuensi resonansi menjadi lebih tinggi atau lebih rendah. Sedangkan pengaturan Panjang atau lebar saluran pencatu, umunya dilakukan untuk mendapatkan nilai VSWR atau *return loss* yang diinginkan.

Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mendapatkan sebuah antena mikrostrip *Patch biquad,* Pencatuan *Proximity Coupled* yang mampu memberikan nilai VSWR ≤ 2 atau return loss ≤ - 10 dB pada frekuensi 2.44 GHz.

3.3.2 Jenis Substrat yang digunakan

Dalam pemilihan jenis substrat sangat dibutuhkan pengetahuan tentang spesifikasi umum dari substrat tersebut, kualitasnya, ketersediannya, dan yang tidak kalah penting adalah harga atau biaya yang harus dikeluarkan untuk mendapatkannya.

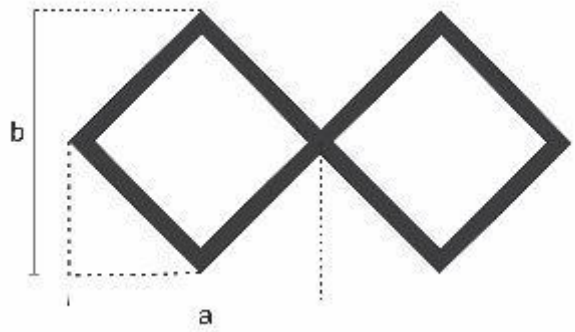
Jenis substrat yang digunakan pada perancangan antena ini adalah 2 (dua) buah substrat jenis FR4 Evoxy dengan parameter substrat yang dapat dilihat pada table sebagai berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Substrat yang digunakan

Jenis substrat	FR4
Konstanta dielektrik relative (εr)	4,4
Dielectric loss tangent	0,02
Ketebalan substrat (h)	1,6 mm

3.3.3 Perancangan Dimensi Antena mikrostrip Patch Biquad

Antena yang akan dirancang pada penelitian ini adalah antena mikrostrip dengan frekuensi kerja 2.44 GHz (2400-2480 MHz). Untuk perancangan awal dari dimensi antena digunakan perhitungan pada antena mikrostrip dengan *Patch Biquad* dengan ukuran sesuai teori yang tertera pada Bab 2. Gambar 3.2 adalah geometri rancangan antena yang akan dibuat.



Gambar 3.2 Geometri rancangan antena Biquad

Parameter yang akan dikarakterisasi pada elemen biquad meliputi :

a = long diagonal (panjang diagonal biquad)

b = Short diagonal (lebar diagonal biquad)

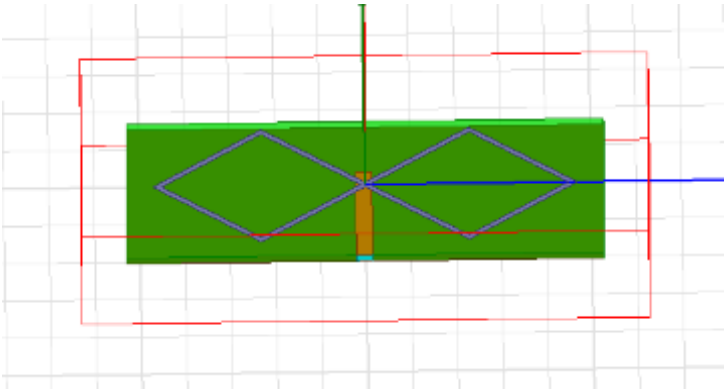
Panjang sisi – sisi biquad berukuran sama yaitu $\frac{1}{4}$ λ . Dari perhitungan diperoleh :

$$\lambda = \frac{3\ x\ 10^8}{2{,}44\ x\ 10^9} = 0{,}1229\ m \approx 123\ mm$$

Panjang untuk setiap sisi pada dimensi Biquad adalah $\frac{1}{4}\lambda$, sehingga panjang setiap sisinya adalah $\frac{1}{4}\ x\ 123\ mm = 30{,}75\ mm \approx 31\ mm.$ Dari kemungkinan kombinasi ukuran biquad untuk panjang sisi biquad = 31 mm.

3.3.4 Perancangan pencatuan Proximity Coupled

Pada teknik Pencatuan *Proximity Coupled* saluran transmisi (*Feed line*) terletak dibawah patch



Gambar 3.3 Feed line pada Proximity Coupled

Saluran pencatu yang digunakan pada perancangan ini diharapkan mempunyai atau paling tidak mendekati 50 Ω. Untuk mendapatkan impedansi tersebut dilakukan pengaturan lebar dari saluran pencatu. Untuk nilai z0 = 50 Ω, εr = 4,4 dan h = 1,6 mm, maka lebar saluran pencatu 50 Ω adalah :

$$B = \frac{60\,(3.14)^2}{50\,\sqrt{4{,}4}} = 5.64$$

$$W = \frac{2\,(1{,}6)}{3{,}14}\left\{5{,}64 - 1 - \ln(2x5{,}64 - 1 + \frac{4{,}4-1}{2\,x\,4.4}\left[\ln(5{,}64 - 1\,) + 0{,}39 - \frac{0{,}61}{4{,}4}\right]\right\} = 3\,mm$$

Maka didapatkan lebar pencatu = 3 mm, tahapan berikutnya adalah mencari panjang saluran pencatu mikrostrip 50 Ω. Sebelumnya periksa terlebih dahulu perbandingan lebar saluran pencatu mikrostrip 50 Ω dengan tebal substrat (W/h)

$$\frac{W}{h} = \frac{3}{1{,}6} = 1{,}875 > 1$$

Karena W/h > 1, maka nilai konstanta dielektrik (εeff) menggunakan persamaan (2.7) sebagai berikut

$$\varepsilon_{reff} = \frac{(\varepsilon_r + 1)}{2} + \frac{(\varepsilon_{r-1})}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12\frac{h}{w}}}\right]$$

$$\varepsilon_{reff} = \frac{(4{,}4+1)}{2} + \frac{(4{,}4-1)}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{1{,}6}{3}}}\right]$$

$$= 2{,}7 + 1{,}7\left(\frac{1}{2{,}624}\right)$$

$$= 4{,}4 + 0{,}381$$

$$= 4{,}781$$

Dari persamaan tersebut di peroleh :

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8 m/s}{2{,}4\ GHz} = \frac{300}{2{,}4}\text{mm} = 125\text{ mm}$$

$$\lambda_g = \frac{125}{\sqrt{4{,}781}} = 57{,}18\text{ mm}$$

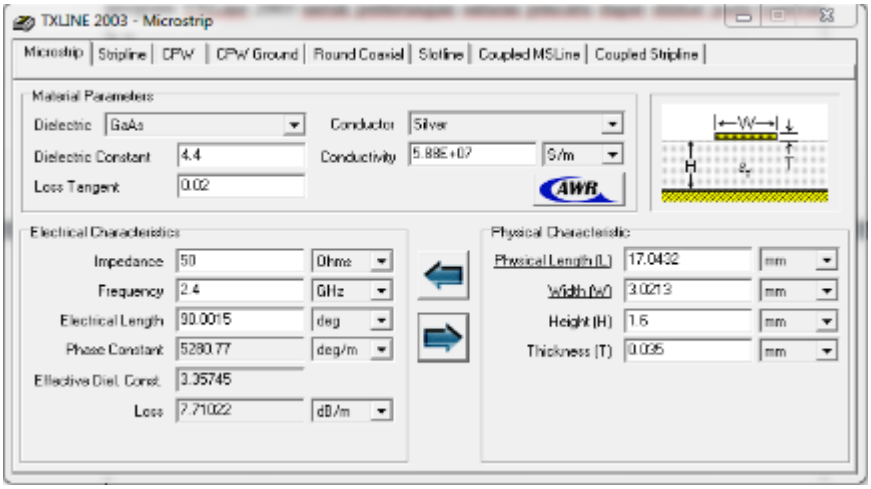
Maka panjang saluran pencatu mikrostrip 50 Ω adalah :

$$l = \frac{\lambda g}{4}$$

$$= \frac{57{,}18}{4} = 14{,}295\text{ mm}$$

Cara lain mendapatkan lebar saluran pencatu mikrostrip 50 Ω yang lebih efektif dan akurat dapat menggunakan perangkat lunak TXLine 2003.

Dalam pengerjaannya untuk menentukan lebar dan panjang dari saluran pencatu antena mikrostrip array dengan frekuensi kerja 2,4 GHz digunakan perangkat lunak TXLine 2003, agar nilai yang didapatkan lebih efektif dan akurat. Untuk mendapatkan lebar dan panjang dari saluran pencatu yang menghasilkan nilai impedansi 50 Ω dapat dicari dengan menggunakan *software* tersebut. Tampilan dari program TXLine 2003 untuk perhitungan saluran pencatu dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini :



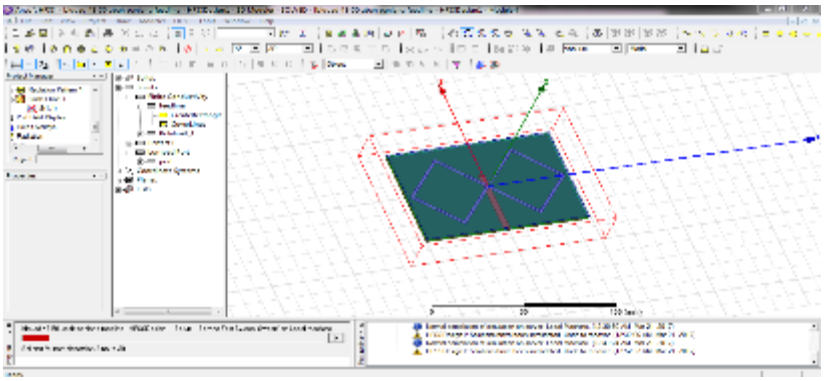
Gambar 3.4 Tampilan program TXLine 2003 untuk mencari lebar saluran pencatu agar mempunyai impedansi 50 ohm.

Dengan memberi inputan karakteristik impedansi masukan 50 Ω, loss tangent 0,02 konstanta dielektrik 4,4 dengan frekuensi kerja 2,4 GHz maka program ini akan secara otomatis menampilkan lebar dan panjang dari saluran pencatu yang di butuhkan. Dapatkan lebar saluran pencatu (w) sebesar 3,0213 mm dan panjang (l) selebar 17,0432 mm.

3.4 Hasil Desain Antena

Setelah menentukan karakteristik kerja yang di inginkan, jenis dan dimensi substrat serta impedansi saluran pencatu mikrostrip, tahap selanjutnya adalah penulis mensimulasikan hasil perancangan yang sudah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan software Ansoft HFSS v13. Sehingga hasil simulasi seperti return loss, VSWR, dan pola radiasi yang di inginkan dapat tercapai.

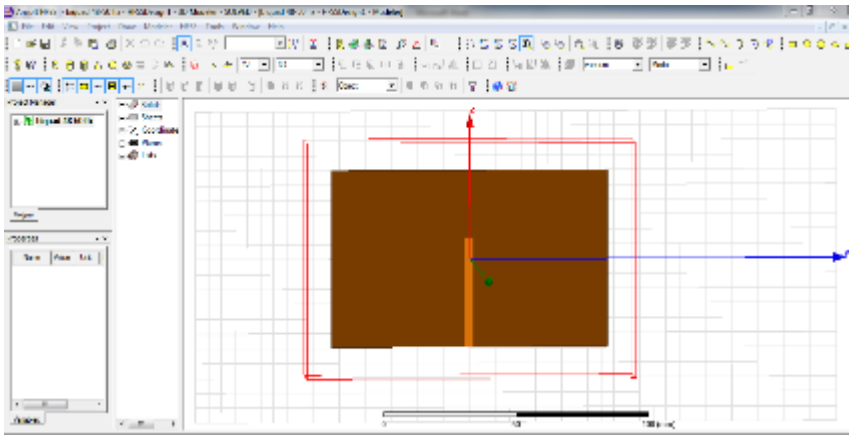
3.4.1 Hasil akhir perancangan antena mikrostri Patch Biquad



Gambar 3.5 Desain antena mikrostrip patch biquad dengan Ansoft HFSS

Gambar 3.5 adalah hasil dari perancangan dan perhitungan antena mikrostrip dengan patch Biquad yang di simulasikan menggunakan Software Ansoft HFSS v13, yang mana dimensi-dimensi yang sebelumnya dirancang melalui perhitungan menggunakan rumus-rumus yang ada pada bab II, disimulasikan agar dapat mendapatkan hasil, seperti frekuensi resonansi, Return Loss , VSWR, ataupun Pola radiasi yang mana simulasi ini dilakukan agar memudahkan untuk mendapatkan hasil parameter antena yang diinginkan sebelum melakukan fabrikasi sesuai dengan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan software Ansoft HFSS.

3.4.2 Hasil Akhir perancangan saluran pencatu



Gambar 3.6 desain feed line Antena Mikrostrip dengan Ansoft HFSS

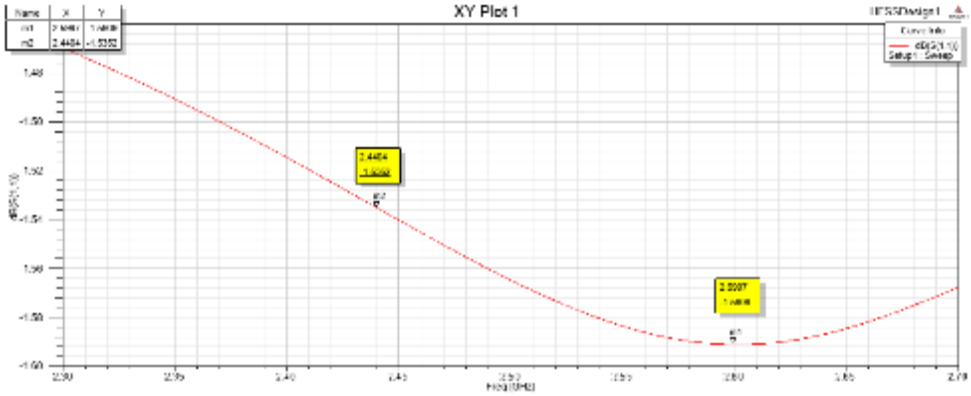
Gambar 3.6 merupakan desain menggunakan Software Ansoft HFSS v13 untuk menghasilkan saluran pencatu (*Feed line*) yang memiliki impedansi sebesar 50 Ω sesuai dengan perhitungan dengan panjang saluran pencatu = 17,0432 mm dan lebar = 3,0213 mm.

Tabel 3.2 Nilai dimensi antena mikrostrip Patch

Dimensi	Ukuran
Panjang sisi biquad	31 mm
Lebar substrat (w)	59,6 mm

Panjang substrat (l)	105,6 mm
Tebal substrat (h)	1,6 mm
Lebar patch (w)	50 mm
Panjang patch (l)	96 mm
Lebar feed (w)	3 mm
Panjang feed (l)	14 mm

Setelah proses perhitungan dan desain di lakukan , tahap selanjutnya adalah proses running simulasi untuk melihat nilai parameter antena yang di hasilkan. Hasil awal running simulasi tanpa merubah dimensi antena (Nilai dimensi sesuai dengan perhitungan)



Gambar 3.7 Return loss hasil simulasi

Dari gambar 3.7 dapat dilihat bahwa, pada frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 2,44 GHz, nilai *return loss* yang diperoleh hanya sebesar -1,5352 dB. Sedangkan pada resonansi terendah terjadi pada frekuensi 2,60 GHz dengan nilai return loss sebesar -1,5909 dB. Dengan hasil ini maka harus dilakukan karakterisasi.

3.4.3 Karakterisasi Antena

Secara teori umum, untuk menggeser frekuensi kerja dari 2,60 GHz menjadi 2,44 GHz adalah dengan memperbesar dimensi *elemen* antena, karena

dimensi antena berbanding terbalik dengan frekuensi kerjanya. Karena pada rancangan ini, digunakan teknik pencatuan *Proximity Coupled* yang memiliki berbagai parameter yang dapat dimodifikasi untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan, maka disamping karakterisasi pada dimensi elemen biquad, juga dilakukan pada parameter saluran pencatuan. Parameter yang memungkinkan untuk digunakan untuk pengkarakterisasian ini adalah panjang saluran pencatu, maupun lebar saluran pencatu .

3.5 Optimasi Simulasi Antena

Pada awal simulasi dilakukan dengan menggunakan hasil nilai dimensi antena sesuai perhitungan ternyata antena yang telah disimulasikan tidak bekerja pada frekuensi yang telah di tentukan. Nilai-nilai parameter yang di gunakan juga belum mencapai spesifikasi yang di tentukan. Perubahan dimensi antena akan mempengaruhi nilai parameter yang di amati. Pada penelitian ini perubahan dimensi antena dimulai dari perubahan dimensi untuk W,L,D hingga diperoleh nilai parameter VSWR yang sempurna.

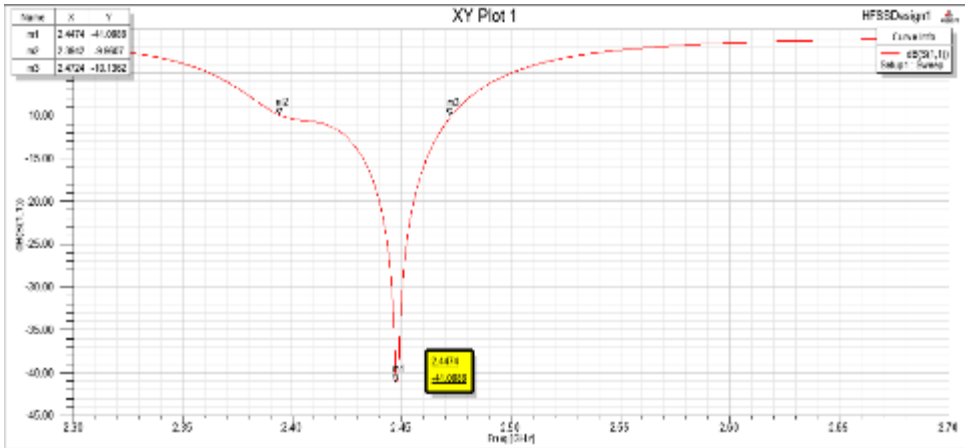
3.6 Hasil setelah Optimasi

Tabel 3.3 Nilai dimensi antena setelah optimasi

Dimensi	Ukuran
Panjang sisi biquad	35 mm
Lebar substrat (w)	59,6 mm
Panjang substrat (l)	105,6 mm
Tebal substrat (h)	1,6 mm
Lebar patch (w)	50 mm
Panjang patch (l)	96 mm
Lebar feed (w)	3.5361 mm
Panjang feed (l)	37.2137 mm

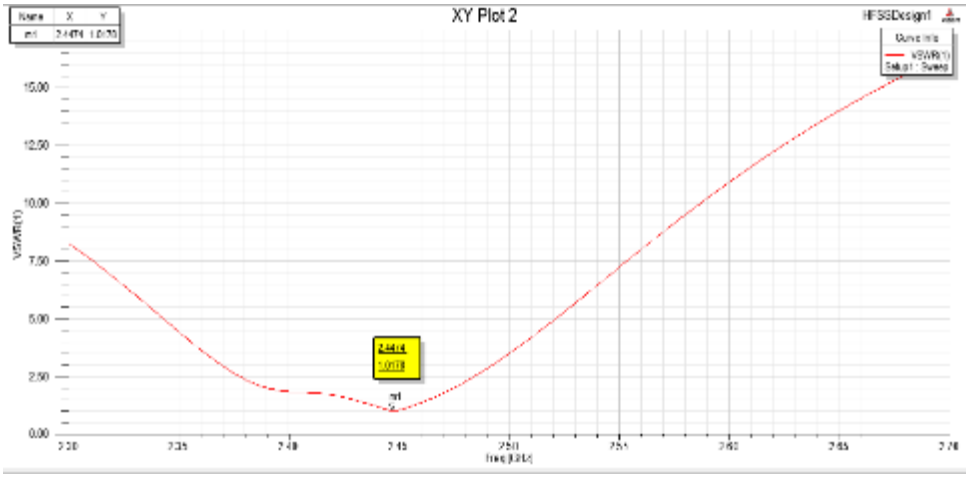
Setelah proses optimasi dilakukan pada dimensi antena maka, akan di dapatkan hasil berupa nilai-nilai parameter yang berbeda dari hasil simulasi menggunakan nilai dimensi hasil perhitungan. Hasil simulasi dari optimasi antena merupakan hasil kinerja antena yang di harapkan dan cukup ideal.

Dari hasil desain antena mikrostrip patch biquad, dengan perhitungan menggunakan perumusan-perumusan yang ada dan telah mengalami hasil optimasi yang sesuai dengan hasil yang di harapkan dalam mencari dimensi-dimensi antena yang telah di hasilkan, kemudian disimulasikan menggunakan Software Ansoft HFSS dan akan di lihat nilai parameter-parameter antena mulai dari nilai Return loss, nilai VSWR, pola radiasi , bandwith hingga Gain dari antena mikrostrip patch biquad yang bekerja pada frekuensi 2.4 GHz.

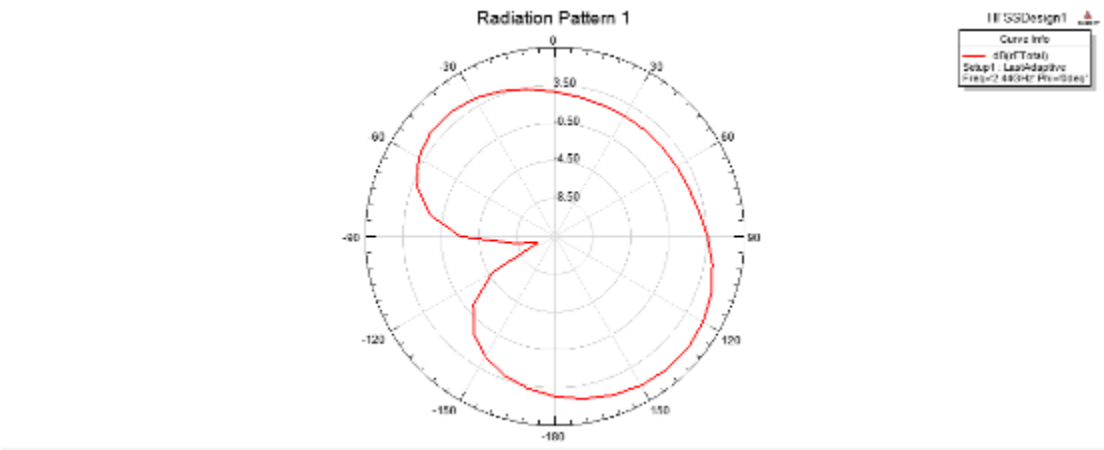


Gambar 3.8 Hasil Return Loss setelah optimasi

Dari gambar 3.8 dapat dilihat bahwa, Hasil dari pengoptimasian menghasilkan karakter yang diinginkan. Pada frekuensi kerja yang diinginkan yaitu 2,44 GHz, nilai *return loss* yang diperoleh sebesar -41,0888 dB yang terletak pada resonansi terendah Dengan hasil ini maka parameter yang diinginkan seperti VSWR < 2 sudah memenuhi. Dibawah ini adalah hasil simulasi untuk VSWR



Gambar 3.9 Hasil Simulasi untuk VSWR < 2



Gambar 3.10 Hasil Simulasi untuk pola radiasi

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan software Ansoft HFSS didapatkan hasil dari perancangan Antena Mikrostrip Patch Biquad dengan pencatuan *Proximity Coupled* yang bekerja pada Frekuensi 2.4474 GHz dengan Return Loss -41, 0888 dB, VSWR 1.0178. Hasil simulasi antena biquad mikrostrip tersebut memenuhi spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya. Sehingga dapat dilakukan fabrikasi yang kemudian akan dilakukan pengukuran pada antena tersebut.

BAB IV

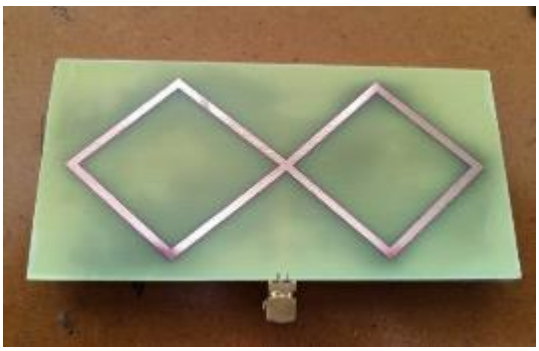
PENGUKURAN DAN ANALISA

4.1 PENDAHULUAN

Metode Teori dan simulasi merupakan penyederhanaan dari kenyataan yang sebenarnya, karena merupakan suatu hal yang tidak mungkin untuk dapat menjelaskan secara tepat mengingat sangat banyaknya factor yang berpengaruh didalamnya. Untuk mengetahui kehandalan atau kedekatan teori dan simulasi tersebut maka harus dibandingkan dengan kenyataan yang sebenarnya, atau melalui proses pengukuran pada kondisi sebenarnya.

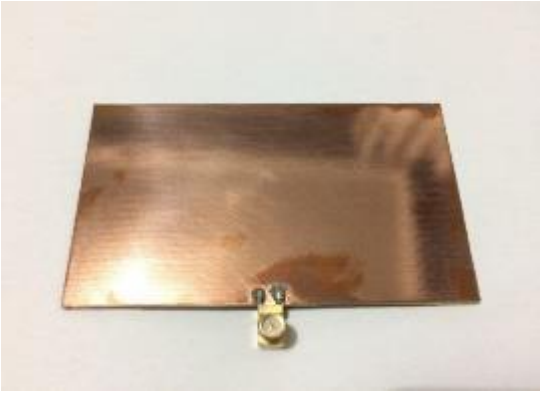
Setelah menjalani proses perancangan, simulasi dengan software Ansoft HFSS v13, pembuatan (fabrikasi antena) dan pengukuran parameter-parameter antena mikrostrip, maka proses selanjutnya yaitu mengetahui hasil pengukuran parameter-parameter antena, analisa data hasil pengukuran, perbandingan parameter-parameter antena antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran, dan pengujian apakah antena yang dibuat sesuai dengan harapan dan dapat diimplentasikan pada jaringan *wireless* LAN 2,4 GHz. Tahapan ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja antena yang telah dibuat.

Proses pengukuran parameter-parameter antena dilakukan di Laboraturium Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Nasional Malang. Antena yang diukur tentunya telah difabrikasi terlebih dahulu untuk dilihat parameter-parameter yang dimiliki oleh antena hasil desain dan simulasi. Berikut adalah antena hasil fabrikasi:



(a)

(b)



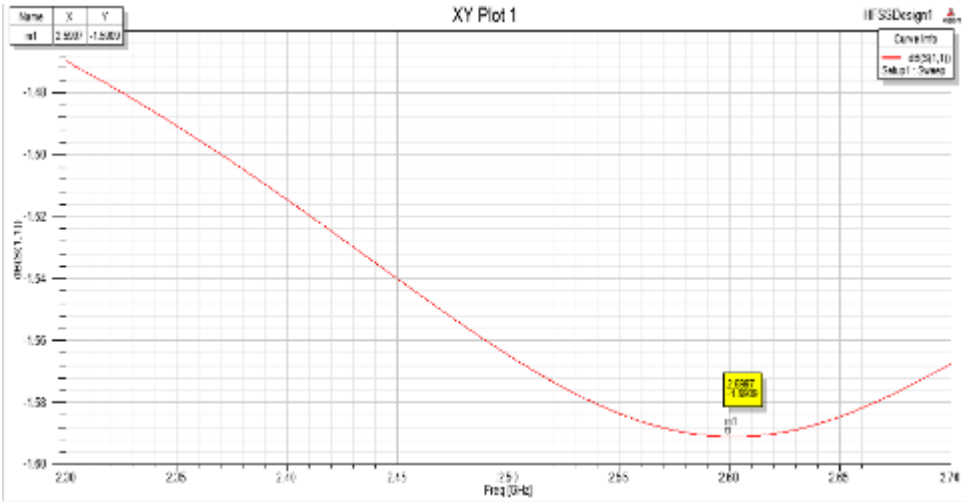
(c)

Gambar 4.1 (a) Patch Biquad antena Mikrostrip Hasil Fabrikasi (b) Feedline (Saluran Pencatu) Antena Mikrostrip Hasil Fabrikasi (c) Ground Antena.

Gambar 4.1 Merupakan Antena Hasil dari fabrikasi yang sudah di lakukan optimasi menggunakan Software Ansoft HFSS v13, Pada Ansoft HFSS terlebih dahulu kita simulasikan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan parameter-parameter antena yang sesuai dengan yang diharapkan. Setelah mendapatkan hasil yang terbaik dan memenuhi spesifikasi antena yang diharapkan, lalu dilanjutkan dengan proses fabrikasi untuk dapat dilakukan pengukuran terhadap antena mikrostrip yang telah dibuat, setelah itu bisa dibandingkan dan dianalisa hasil dari pengukuran tersebut.

4.2 HASIL SIMULASI DAN ANALISA SEBELUM OPTIMASI

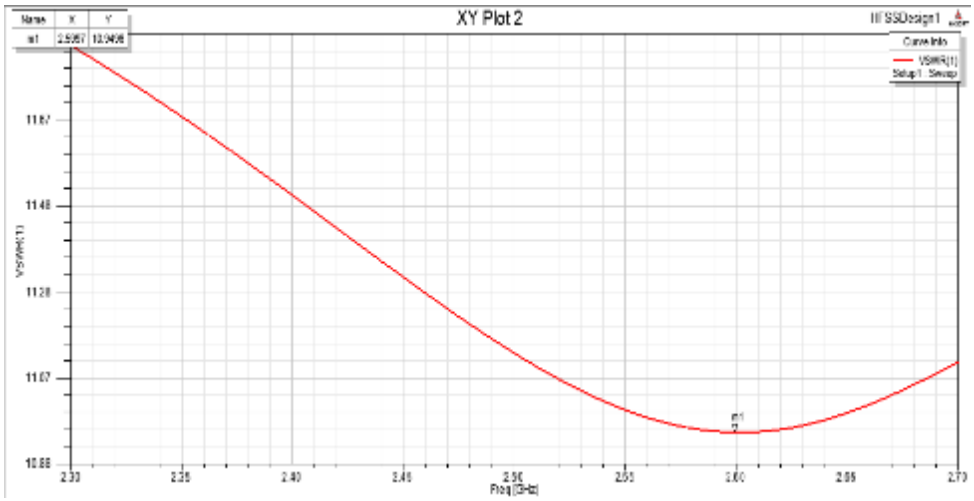
4.2.1 Return Loss



Gambar 4.2 Grafik nilai Return Loss

Gambar diatas merupakan grafik hasil dari simulasi untuk nilai Return Loss yang didapatkan hasil untuk return loss pada titik terbawah pada frekuensi 2,59 GHz dengan return loss sebesar -1,5909 dB.

4.2.2 VSWR



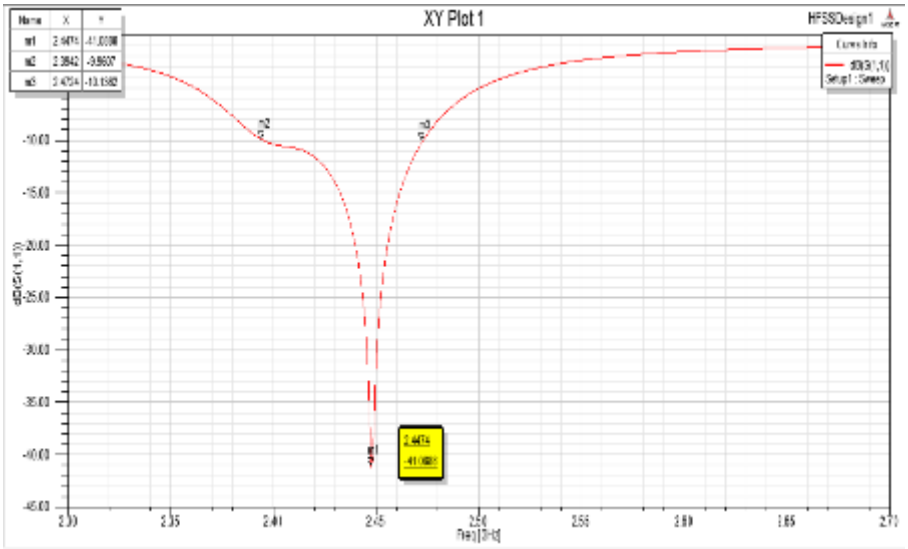
Gambar 4.3 Grafik nilai VSWR

Gambar diatas merupakan grafik hasil dari simulasi untuk nilai vswr, yang didapatkan nilai vswr pada titik terbawah di frekuensi 2,59 GHz adalah sebesar 10,9496

Dari hasil simulasi menggunakan software Ansoft HFSS dengan nilai hasil perhitungan dan perancangan sebelum optimasi, menghasilkan parameter-parameter yang belum sesuai dengan yang diharapkan. Antena Mikrostrip dengan patch Biquad dengan pencatuan proximity coupled tersebut menghasilkan frekuensi 2,59 GHz , dengan return Loss -1,5909 dB dan VSWR 10,94. Oleh karena hasil simulasi tersebut tidak sesuai dengan yang diinginkan, sehingga perlu untuk adanya perbaikan (optimasi), untuk mendapatkan hasil yang optimal.

4.3 HASIL SIMULASI DAN ANALISA SETELAH OPTIMASI.

4.3.1 Return Loss



Gambar 4.4 Grafik return Loss setelah optimasi

Pada gambar diatas merupakan grafik hasil dari nilai return loss setelah dilakukan optimasi, dengan nilai frekuensi pada 2,44 GHz dengan return loss -41,0888 dB.

Tabel 4.1 Nilai Return Loss Antena Mikrostrip Biquad

Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)
2,30	-2,3441
2,35	-4,1646
2,38	-9,9915
2,39	-14,7144
2,44	-41,088
2,47	-9,9641
2,54	-2,5379

Dari table diatas dapat kita ketahui bandwidth yang diambil dari batas atas dan bawah dari return loss -10 dB,[13] batas atas dan bawahnya terletak pada frekuensi 2,3842 GHz – 2,4724 GHz. dari data tersebut

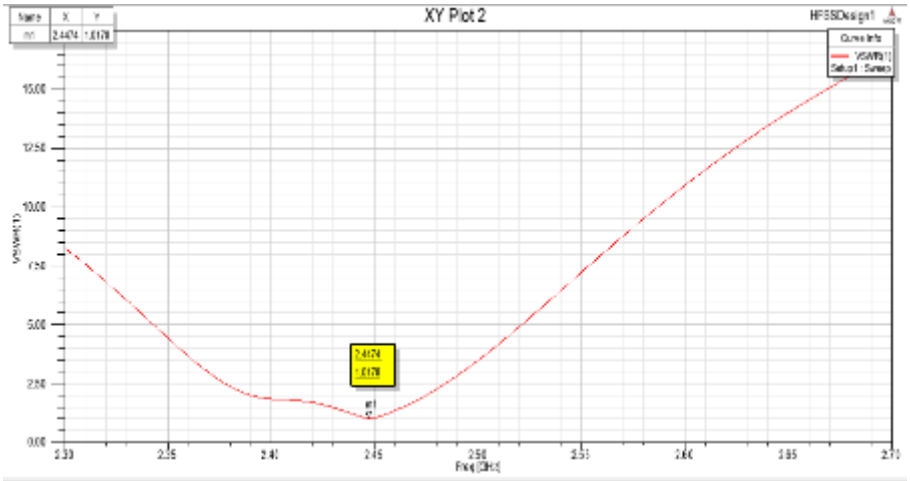
dapat dihitung besar bandwidth dengan persamaan (2.20) sebagai berikut :

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c} x100\%$$

$$BW = \frac{2,4724-2,3842}{2,4} x100\%$$

= 3,68 % (88,2 MHz)

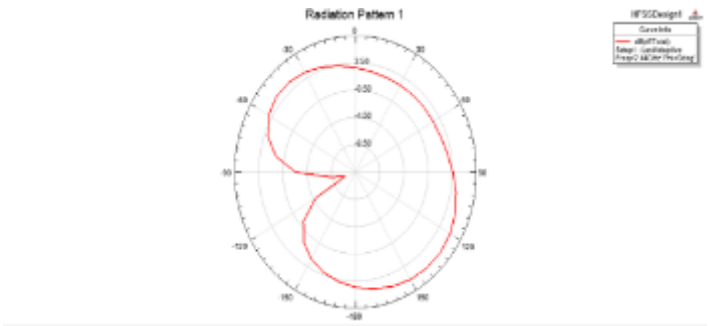
4.3.2 VSWR



Gambar 4.5 Grafik VSWR setelah optimasi

Gambar diatas merupakan grafik nilai VSWR, nilai pada titik terbawahnya yaitu pada frekuensi 2,44 GHz dengan VSWR 1,0178. Pengukuran nilai VSWR memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa besar terjadinya gelombang berdiri dari superposisi sinyal dating dan sinyal pantul.

4.3.3 Pola radiasi



Gambar 3.6 Pola Radiasi

4.4 Perbandingan hasil simulasi sebelum optimasi dan sesudah optimasi

Dibawah ini akan disajikan parameter-parameter hasil dari simulasi sebelum dan sesudah optimasi, nilai-nilainya dapat dilihat pada table dibawah ini

Tabel 4.2 Perbandingan hasil simulasi sebelum optimasi dan sesudah optimasi

No	Parameter	Sebelum optimasi	Sesudah Optimasi	Satuan
1.	Frekuensi Resonansi	2,59	2,44	GHz
2.	Return Loss	-1,5909	-41,088	dB
3.	VSWR	10,9496	1.0178	-
4.	Bandwidth	-	88.2 MHz	MHz
5.	Gain	-	3.2	dBi

Dari hasil simulasi antena menggunakan software Ansoft HFSS v13 terlihat perbedaan antara hasil simulasi sebelum optimasi dan sesudah optimasi. Ukuran dari dimensi patch antena mempengaruhi nilai dari parameter yang diinginkan, selain itu panjang dan lebar saluran pencatu juga sangat berpengaruh besar untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, yang tak kalah penting adalah ketebalan tembaga pada bahan FR4 evoxy yang cukup berpengaruh terhadap hasil dari nilai parameter yang diinginkan.

4.5 Pengukuran dan Analisa Antena

Pengukuran antena dilakukan setelah antena selesai di desain, kemudian di simulasikan dan setelah itu difabrikasikan sesuai dengan hasil desain yang telah disimulasikan dan didapatkan hasil yang terbaik sesuai yang diharapkan. Pengukuran dilakukan terhadap antena mikrostrip patch biquad dengan pencatuan proximity coupled. Tujuan dari pengukuran tersebut adalah untuk mengetahui karakteristik antena yang telah dibuat, sehingga bisa

diketahui parameter-parameter antena tersebut untuk kemudian dijadikan bahan perbandingan dengan hasil perhitungan secara teori yang telah disimulasikan dengan Ansoft HFSS v13. Hasil pengukuran antena juga akan digunakan sebagai bahan pertimbangan terhadap kelayakan antena yang dirancang terhadap spesifikasi yang telah ditentukan sebelum kemudian nantinya akan dilakukan analisa atas penyimpangan yang terjadi.

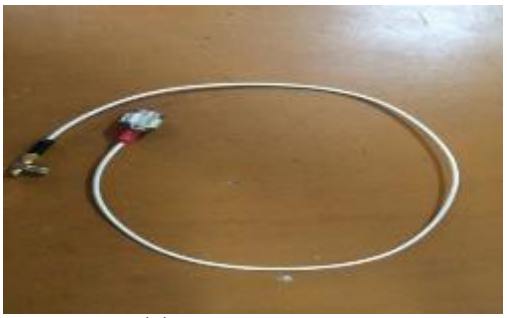
Pengukuran Antena dilakukan di laboraturium jaringan Telekomunikasi Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang, dengan peralatan sebagai berikut :

1. Vector Network Analyzer (VNA)
2. Spectrum Analyzer
3. Kabel Coaxial
4. SMA Conector 50 Ω
5. Laptop
6. Antena Mikrostrip
7. Router

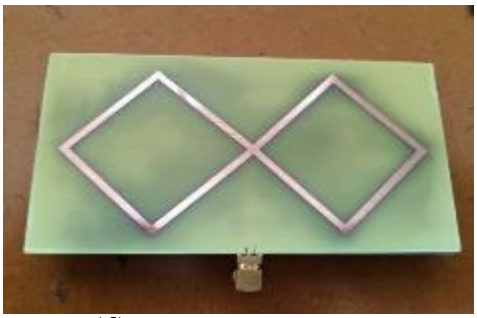
Daftar gambar sebagai berikut :

(a)

(b)

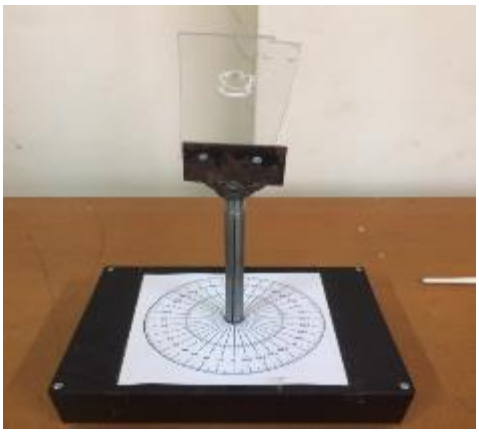


(c)



(d)

(e)



(f)

Gambar 4.7 (a) VNA Pocket, (b) Spectrum Analyzer, (c) Kabel Coaxial, (d) Antena Mikrostrip, (e) Router WLAN, (f) Alat pengukur sudut pola radiasi

4.6 Pengukuran Parameter Antena

Setelah melakukan serangkaian serangkaian simulasi menggunakan software HFSS v13 sampai mendapatkan hasil yang optimal, setelah itu dilanjutkan melakukan pengukuran dan percobaan dengan alat ukur VNA untuk mengetahui Return Loss, VSWR dan Bandwidth dan Spectrum Analyzer untuk mengetahui Gain dan Pola Radiasi.

Tahap pertama adalah pengukuran menggunakan VNA (Vector Network Analyzer) untuk mendapatkan Return Loss, VSWR dan Bandwidth. Adapun Prosedur pengukuran menggunakan VNA adalah sebagai berikut :

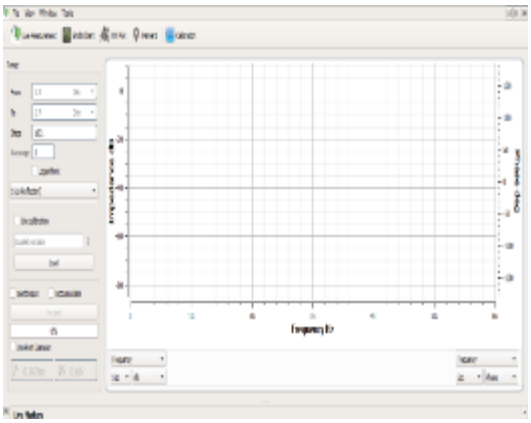
1. Memasang conector 50 Ω ke Antena Mikrostrip yang akan diukur pada probe yang telah dipasang pada VNA, Seperti gambar di bawah ini :

Gambar 4.8 Konfigurasi Antara Antena dan VNA

2. Hubungkan VNA (Vector Network Analyzer) ke laptop (PC) untuk menampilkan grafik yang diinginkan.

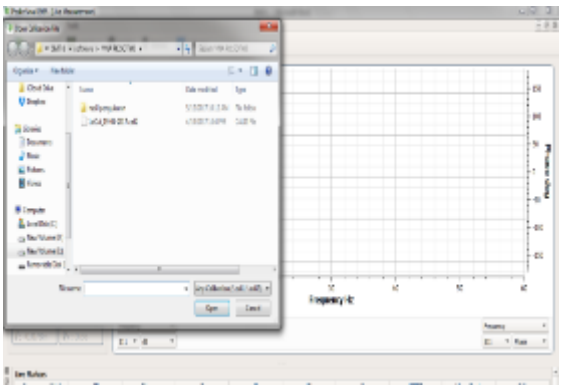
Gambar 4.9 Konfigurasi antara VNA dan Laptop (PC)

3. Pada aplikasi pocket VNA di set range frekuensi yang diperlukan pada saat pengukuran, Range di set dari Frekuensi 2,2 GHz – 2,7 GHz



Gambar 4.10 Display Pocket VNA

4. Setelah nge set range frekuensi di 2,2 GHz – 2,7 GHz , dilakukan kalibrasi dengan mencentang use calibration setelah itu akan diarahkan ke jendela open calibration file



Gambar 4.11 Open Calibration File

5. Setelah itu scan untuk melihat hasil dari pengukuran untuk Return Loss, VSWR dan Bandwidth. Untuk mengukur bandwidth dapat dilihat dari grafik return loss terhadap frekuensi kerjanya. Dalam grafik tersebut dapat dilihat frekuensi kerjanya untuk return loss = -10 dB lalu nilai-nilai frekuensi tersebut nantinya disebut frekuensi atas dan bawah. Kedua frekuensi tersebut dikurangkan hingga didapat selisih yang disebut bandwidth.
6. Catat hasil pengukuran dengan screenshoot atau foto menggunakan kamera.

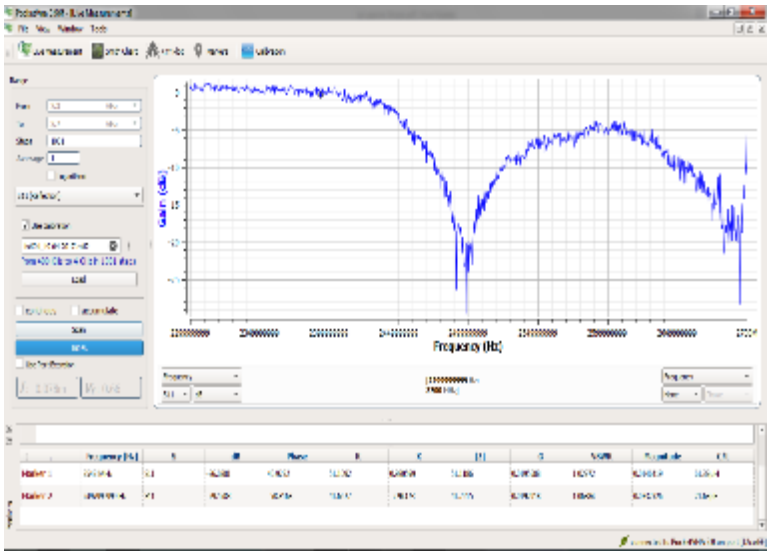
4.5.1 Hasil Pengukuran Menggunakan Vector Network Analyzer(VNA)

Pengukuran dilakukan dengan port tunggal yaitu pengukuran antena tanpa melibatkan antena lain sebagai pemancar / penerima dengan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA) . Parameter antena yang diukur pada pengukuran ini antara lain : Frekuensi resonansi, VSWR , *Return Loss*, Impedansi dan *Bandwidth* antena.

Pada penelitian ini, pengukuran dilakukan pada port 1 *Vector Networ Analyzer* (VNA) dengan format S11. Format S11 merupakan perbandingan antara tegangan yang direflesikan dengan tegangan yang dikirimkan. Antena hasil fabrikasi dihubungkan dengan *port* 1 melalui konector SMA.

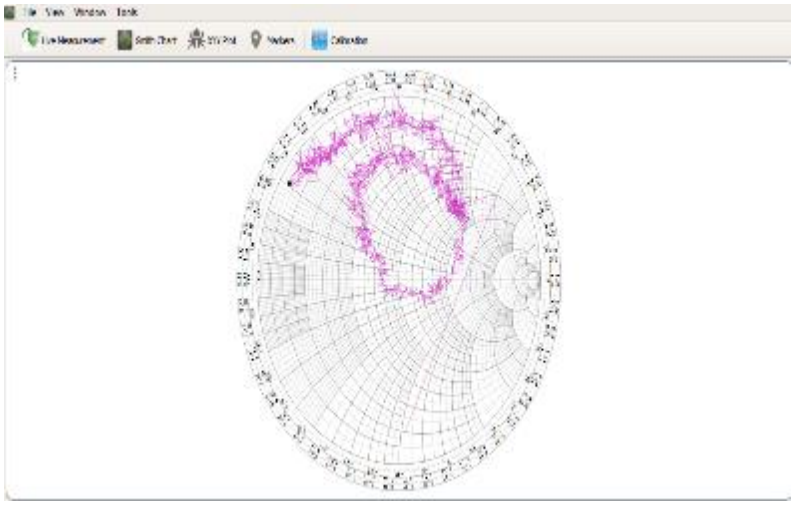
Gambar 4.12 Pengukuran antena pada *port* 1 VNA

Hasil pengukuran pada port 1 VNA dapat kita lihat grafiknya di software Pocket VNA yang terhubung ke laptop (PC) sehingga bisa kita lihat hasil pengukuran sebagai berikut :

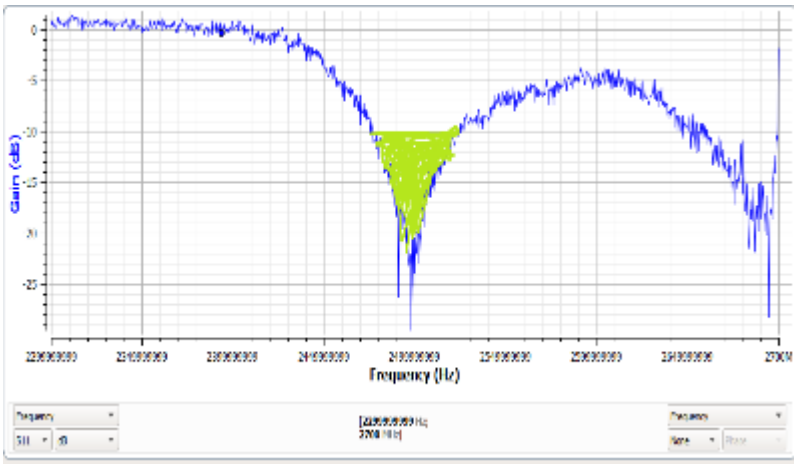


Gambar 4.13 Hasil pengukuran dengan VNA

Gambar diatas merupakan hasil pengukuran antena mikrostrip menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA), Dari grafik diatas kita daptkan nilai-nilai seperti, Frekuensi resonansi 2,49 GHz dengan Return Loss -29,5583 dB, dengan VSWR 1,0684 dan impedansi masukan 51.7515 .



Gambar 4.14 Smith Chart hasil pengukuran Antena



Gambar 4.15 Batas atas dan bawah rentang Bandwidth

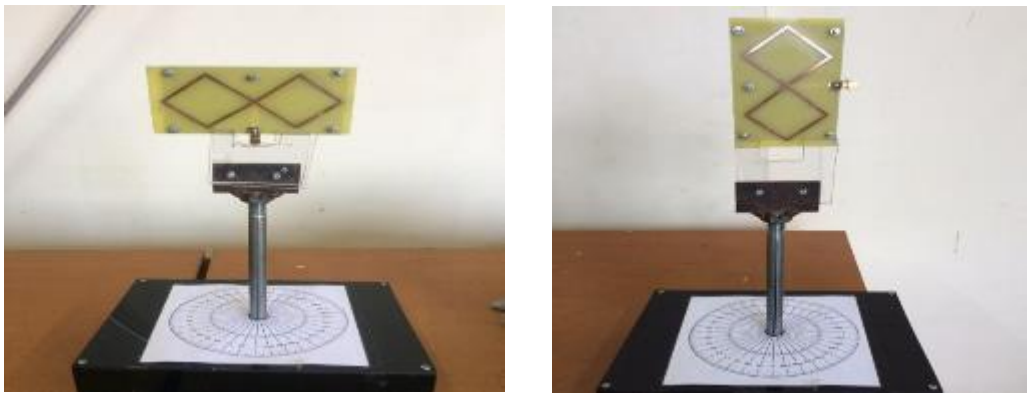
Gambar diatas adalah nilai Bandwidth yang terukur, dilihat dari batas atas dan bawah pada return loss -10 dB , rentang frekuensi 2444 – 2544 MHz sehingga didapatkan Bandwidth sebesar 100 MHz.

4.5.2 Hasil Pengukuran Menggunakan Spectrum Analyzer

Pada tahap ini pengukuran dilakukan untuk mengetahui daya terima antena yang telah dibuat, selain itu pada pengukuran ini juga kita dapat mengetahui pola radiasi serta gain antena tersebut.

Pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan Sinyal WIFI yang dipancarkan dengan jarak 2 meter dari antena yang di ukur, setelah itu

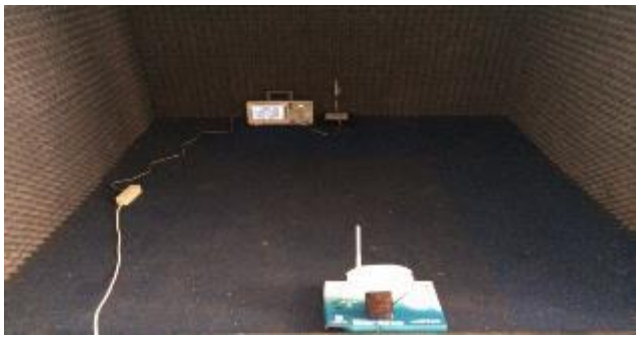
dilakukan pengukuran terhadap daya terima dimulai dari 0° – 360° daerah E Field maupun H Field.



(a) (b)

Gambar 4.16 (a) E Field Antena Mikrostrip (b) H Field Antena Mikrostrip

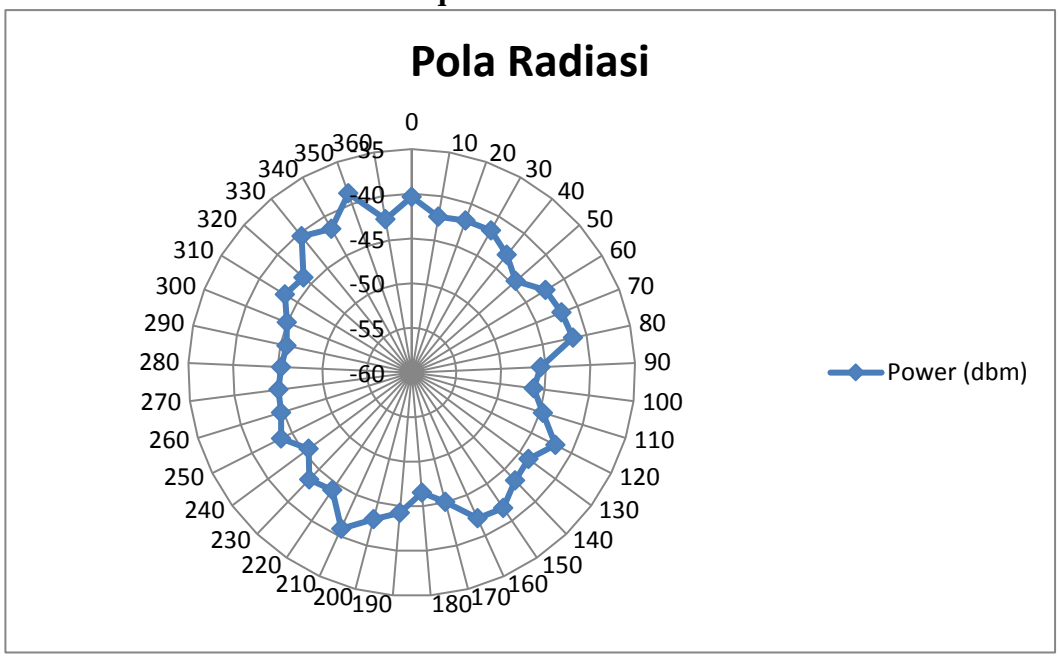
Pada pengukuran ini akan kita dapatkan pola radiasi antena, pada pengukuran pola radiasi, dibutuhkan 2 buah antena identik yaitu memiliki frekuensi kerja yang sama digunakan sebagai pemancar dan penerima. Kedua antena disusun sejajar dengan jarak 2 meter seperti gambar dibawah ini



Gambar 4.17 Konfigurasi pengukuran pola radiasi

Selanjutnya adalah antena dihubungkan ke Spectrum Analyzer dengan kabel Coaxial, yang kemudian antena penerima (antena mikrostrip yang diukur)akan diputar dari posisi sudut 0° – 360° dengan interval 10° . Hasil pengukuran Pola Radiasi Antena Mikrostrip Patch Biquad kemudian diambil datanya dan selanjutnya akan diolah dalam bentuk data grafik yang akan dilihat pada gambar dibawah ini.

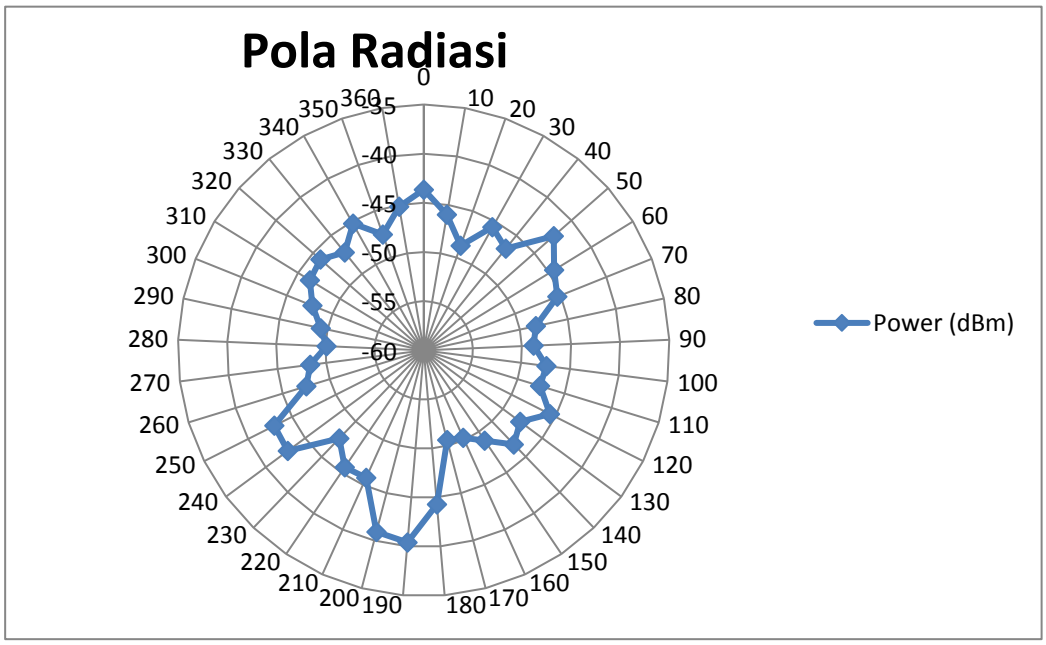
1. **Pola Radiasi Antena Biquad E – Field**



Gambar 4.18 Grafik Pola Radiasi E-Field

Pada gambar diatas dapat kita lihat hasil pengukuran terhadap pola radiasi E-Field Antena Mikrostrip Patch Biquad yang mana titik tertinggi adalah -38,75 dBm Pada sudut 350°.

2. **Pola Radiasi Antena Biquad H – Field**



Gambar 4.19 Grafik Pola Radiasi H – Field

Pada gambar diatas dapat kita lihat hasil pengukuran polaradiasi medan H-Field yang mana titik tertinggi adalah pada sudut 190° sebesar -40,40

dBm. Sehingga dapat kita ketahui kedua gambar tersebut memiliki pola radiasi yang hampir merata ke segala arah.

Dari data pola radiasi tersebut, selanjutnya bisa kita dapatkan untuk gain antena, pengukuran gain antena adalah salah satu pengukuran yang sangat penting. Dalam pencarian nilai gain dapat menggunakan persamaan berikut :

$$G_{AUT} = G_{Ref}\,(\text{dBi}) + 10 \log \left(\frac{W_{RX}}{W_{Ref}}\right) \qquad (4.1)$$

(Sumber : Windy Kumala Sari (2016)

Dimana : G_{AUT} = Gain Antena yang diukur (dBi)

G_{Ref} = Gain Antena Referensi yang sudah diketahui (dBi)

W_{RX} = Daya yang diterima antena yang diukur (dBm)

W_{Ref} = Daya yang diterima antena referensi (dBm)

1. Gain Antena Mikrostrip

$$G_{AUT} = 2 \text{ dBi} + 10 \log \left(\frac{-40,33}{-36,33} \right)$$

$$= 2 \text{ dBi} + 10 \log 1,1101$$

$$= 2 \text{ dBi} + 0,4536$$

$$= 2,45 \text{ dBi}$$

Dari hasil perhitungan Gain antena dengan persamaan (4.1) diatas didapatkan bahwa gain antena mikrostrip patch biquad yaitu 2,45 dBi.

4.6 ANALISA HASIL SIMULASI DAN HASIL PENGUKURAN

Pada sub bab ini membahas analisa mengenai perbedaan hasil simulasi dengan hasil pengukuran yang meliputi return loss (dB) dan VSWR . Analisa perbedaan hasil tersebut akan dilihat dibawah ini :

Table 4.3 Perbedaan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Simulasi	Pengukuran	Satuan
Frekuensi Resonansi	2,44	2,49	GHz
Return Loss	-41,088	-29,5583	dB
VSWR	1,0178	1,0684	-
Bandwidth	88,2	100	MHz
Gain	3,2	2,45	dBi

Dari table diatas kita bisa melihat perbedaan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran fabrikasi real antena, pada frekuensi resonansi terjadi pergeseran pada hasil fabrikasi dari 2,44 GHz menjadi 2,49 GHz. sementara untuk nilai return loss meningkat menjadi -29,5583 yang sebelumnya pada saat proses simulasi memiliki return loss sebesar -41,0888, nilai return loss sendiri berpengaruh terhadap VSWR yang mana semakin rendah Return Loss semakin bagus juga VSWR. Untuk Bandwith sendiri mengalami peningkatan yang sebelumnya pada saat simulasi memiliki bandwidth 88,2 MHz setelah fabrikasi mengalami peningkatan mencapai 100 MHz, Sementara untuk hasil gain, pada saat simulasi didapatkan gain sebesar 3,2 dBi, dan hasil fabrikasi sebesar 2,45 dBi.

4.6.1 Analisa Hasil Fabrikasi dan Penelitian Sebelumnya

Pada sub bab ini akan diperlihatkan perbandingan antara hasil fabrikasi antena yang telah dibuat, dengan penelitian antena terdahulu yang dirancang oleh Taufik Rahmat (2008) yang berjudul Rancang Bangun Antena Biquad Mikrostrip untuk aplikasi WiMAX.

Tabel 4.4 Perbandingan antena Hasil fabrikasi dengan Referensi

Parameter	Antena Mikrostrip Proximity Coupled	Antena Mikrostrip Apertured	Satuan
Frekuensi Resonansi	2,49	2,33	GHz
Return Loss	-29.5583	-15,545	dB
VSWR	1,0684	1,4	-
Bandwidth	100	113	MHz
Gain	2,45	-	dBi

Dari tabel diatas dapat kita lihat perbedaan antara antena mikrostrip Biquad dengan pencatuan Proximity Coupled dengan antena Mikrostrip Biquad dengan pencatuan Aperture Coupled, Dilihat dari frekuensi resonansinya Antena Hasil rancangan lebih mendekati frekuensi WLAN yang diharapkan yaitu 2,44 GHz, Sementara untuk Return Loss Antena hasil rancangan memiliki hasil yang lebih baik dari pada antena referensi, yaitu sebesar -29,5583 dB. Akan tetapi untuk Bandwidth, Antena hasil rancangan memiliki bandwidth yang sedikit lebih kecil dari antena pada penelitian sebelumnya.

4.7 Analisa Kesalahan Umum

Secara garis besar ada beberapa penyebab yang terjadi sehingga hasil pengukuran parameter-parameter antena tidak sesuai dengan hasil simulasi atau dengan kata lain mengalami pergeseran nilai. Penyebabnya antara lain sebagai berikut :

1. Tebal tembaga pada saat perancangan antena mikrostrip patch Biquad dengan menggunakan Ansoft HFSS tidak diketahui secara pasti sehingga pada saat perancangan digunakan nilai yang banyak digunakan saja, bukan nilai ketebalan yang sebenarnya.
2. Bahan substrat yang digunakan memiliki nilai toleransi konstanta dielektrik substrat yang tidak pasti. Pada simulasi nilai toleransi konstanta dielektrik substrat yang digunakan adalah sekitar $\varepsilon_r = 4{,}4 \pm 0{,}02$ sedangkan pada saat pembelian bahan tidak diketahui dengan pasti konstanta dielektrik substrat tersebut.
3. Kerapatan menempelkan antara substrat 1 dan 2 yang sangat berpengaruh, karena kuran presisi dalam penempatannya.
4. Adanya rugi-rugi pada kabel penghubung, *port* SMA, tembaga/konduktor pada substrat dan konektor yang digunakan pada Vector Network Analyzer(VNA) dan Spectrum Analyzer.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

1. Perancangan antena menggunakan software Ansoft HFSS dengan hasil simulasi Return Loss sebesar -41,088 dB pada Frekuensi 2,4 GHz , VSWR 1,0178 serta Bandwidth 88,2 MHz.

2. Pengukuran antena mikrostrip patch biquad dengan pencatuan *Proximity Coupled* menggunakan Spectrum Analizer dan VNA adalah mampu bekerja pada Frekuensi 2,49 GHz pada channel 14 WLAN dengan Return Loss -29, 5583 , VSWR 1,0684 dan Bandwidth 100 MHz.

3. Pada frekuensi 2,49 GHz Antena Mikrostrip patch Biquad ini memiliki gain sebesar 2,45 dBi.

4. Pada pengujian pola radiasi antena Mikrostrip Patch Biquad dengan pencatuan Proximity Coupled yang dibuat menghasilkan pola radiasi berbentuk omnidirectional pada medan E.

5. Antena mikrostrip dengan pencatuan Proximity Coupled memiliki keunggulan dari antena mikrostrip dengan pencatuan Coupled Apertured pada parameter Return Loss, VSWR, serta gain.

5.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya dapat ditambahkan dimensi biquad, bisa menjadi biquad ganda atau seterusnya, agar dapat mendapatkan parameter yang lebih baik dan dapat dibandingkan performansi antena yang sudah ada. Dalam pembuatan dimensi biquad lebih diperhatikan lagi dimensi secara detail karena sangat berpengaruh terhadap frekuensi kerja yang diinginkan, dan lebih diperhatikan dalam penyolderan untuk memasang konektor agar lebih teliti, begitupula dalam menempelkan kedua substrat antara elemen peradiasi dengan pencatuan , agar lebih diperhatikan kerapatannya. Untuk melakukan pengukuran disarankan dilakukan diruangan *anechoic Chamber* agar mendapatkan hasil data pengukuran yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Alaydrus, Mudrik DR-Ing. *"Antena dan Propagasi".* Mercu Buana. Jakarta,2011

[2] Huang, Yi . "*Antennas From Theory to Practice"* , John Wiley & Sons, USA 2008

[3] Balanis, Constantine A., *"Antenna Theory – Analysis and Design"*, John Wiley & Sons, USA,1982.

[4] Fadila Dwi K, dkk. 2010 "*Antena Biquad untuk WLAN 2,4 GHz".* Jurnal EECCIS *Vol. IV*, No. 2 Desember 2010

[5] Fellix Deriko, *Rancang bangun Antena Mikrostrip Array Patch Segiempat Dual-Band (2,3 GHz dan 3,3 GHz) dengan Pencatuan Proximity Coupled.* Skripsi S1. Departemen Teknik Elektro Sub Konsentrasi Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (2015).

[6] Sinaga Ramando, dkk. 2014. *Analisis perbandingan antara Saluran Pencatu Feed Line dan Proximity Coupled untuk Antena Mikrostrip Patch Segiempat.* Konsentrasi Teknik Telekomunikasi, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU).

[7] Taufik Rahmad, *Rancang Bangun antena Biquad Mikrostrip untuk Aplikasi WiMAX*. Skripsi S1. Fakultas Teknik Program Teknik Elektro. UI Library (2008)

[8] Windy Kumala Sari *Perancangan dan pembuatan Antena Mikrostrip Rectangular empat elemen dengan konfigurasi linier array pada aplikasi WLAN dengan Frekuensi Kerja 2,4 GHz*. Skripsi S1. Fakultas Teknologi Industri. ITN Malang (2016)

LAMPIRAN

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama	: Budi Irawan
NIM	: 13.12.702
Program Studi	: T.Elektro S-1
Konsentrasi	: Teknik Telekomunikasi

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri , tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sangsinya.

Malang, Agustus 2017

Yang membuat Pernyataan,

METERAI TEMPEL

2B1D1ADF374731594

6000

Budi Irawan

NIM : 1312702

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo. Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Budi Irawan

NIM : 1312702

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi S-1

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2,4 GHZ DENGAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Pada:

Hari : **Senin**

Tanggal : **7 Agustus 2017**

Dengan Nilai : **80 (A)**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji	Sekretaris Majelis Penguji
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT	**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT**
NIP. P. 197706152005012002	**NIP.Y. 1028700172**

Anggota Penguji

Penguji I	Penguji II
M. Ibrahim Ashari, ST, MT	**Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT**
NIP.P. 1030100358	**NIP.P. 1030100361**

BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi :

Tanggal :

1.	NIM	1312702
2.	Nama	Budi irawan
3.	Judul yang diajukan	Perancangan dan fabrikasi antena mikrostrip patch biquad dengan penyatuan proximity coupled pada frekuensi kerja 2.4 Ghz
4.	**Disetujui/~~Ditolak~~***	
5.	Catatan:	
6.	Pembimbing yang diusulkan: 1. Sotyohadi, ST. 2. Ir. Kartiko, MT.	

Menyetujui

1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian

18/2/2017

SOTYOHADI, ST

* : Coret yang tidak perlu

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI	T. Telekomunikasi S1

1.	Nama Mahasiswa	Budi Irawan		NIM	1312702
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu		Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	12 April 2017			
3.	Judul Skripsi	PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD DENGAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED PADA FREKUENSI 2,4 GHz			
4.	Perubahan Judul	Rancang Bangun Antena Mikrostrip patch Biquad utk ulan 2,4 GHz dgn pencatuan proximity coupled			
5.	Catatan :				
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Dosen Pembimbing			
		Pembimbing I		Pembimbing II	
	M. Ibrahim Ashari, ST, MT	Sotyohadi, ST,MT.		Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.	

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI	T. TELEKOMUNIKASI S1

1.	Nama Mahasiswa	Budi Irawan			NIM	1312702
2.	Keterangan	Tanggal		Waktu		Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	28 Februari 2017				
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang) *)					
	a.	Sistem Tenaga Elektrik	e.	Embbeded System	i.	Sistem Informasi
	b.	Konversi Energi	f.	Antar Muka	j.	Jaringan Komputer
	c.	Sistem Kendali	(g.)	Elektronika Telekomunikasi	k.	Web
	d.	Tegangan Tinggi	h.	Elektronika Instrumentasi	l.	Algoritma Cerdas
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	PERANCANGAN DAN FABRIKASI ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD DENGAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED PADA FREKUENSI 2,4 GHz				
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Rancang Bangun Antena Microstrip Patch Biquad untuk WLAN 2,4 GHz dengan Menggunakan Pencatuan Proximity Coupled.				
6.	Catatan : -• Bahan FR-4.					
7.	Catatan :					
	Persetujuan Judul Skripsi					
	Disetujui, Dosen Keahlian I Dr.Komang Somawirata,ST,MT.			Disetujui, Dosen Keahlian II Ir.M. Ibrahim Ashari,ST,MT.		
	Mengetahui, Ketua Jurusan. M. Ibrahim Ashari,ST,MT NIP. P. 1030100358		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing Pembimbing I Sotyohadi, ST,MT.		Pembimbing II Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.	

Keterangan :
*) dilingkari a, b, c, ... sesuai dengan bidang keahlian

Form S-3c

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km.2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-085/EL-FTI/2017 28 Februari 2017
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Sotyohadi, ST,MT.**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama	: Budi Irawan
Nim	: 1312702
Fakultas	: **Teknologi Industri**
Program Studi	: **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	: T. Telekomunikasi S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

"Semester Genap Tahun Akademik 2016-2017"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT.
NIP.P. 1030100358

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-085/EL-FTI/2017 28 Februari 2017
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Budi Irawan
Nim : 1312702
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : T. Telekomunikasi S1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2016-2017"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2017-2018

Nama Mahasiswa : Budi Irawan
NIM : 1312702
Nama Pembimbing : Sotyohadi, ST, MT.
Judul Skripsi : Rancang Bangun Antena Microstrip Patch Biquad untuk WLAN 2,4 GHz dengan menggunakan Pencatuan Proximity Coupled.

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Sabtu, 4 – 3 - 2017	12.00	Perhitungan Patch Biquad Antena	
2	Rabu 8 – 3 - 2017	13.00	Simulasi Antena Patch Biquad	
3	Senin 13 – 3 - 2017	11.00	Optimasi Antena dengan Simulasi	
4	Senin 20 – 3 - 2017	12.00	Hasil Simulasi dan Feedline	
5	Senin 27 – 3 - 2017	10.00	Persiapan Seminar Progres	
6	Selasa 25 – 4 - 2017	10.00	Pengukuran Return Loss	
7	Senin 22 – 5 - 2017	10.30	Pengukuran Pola Radiasi	

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2017-2018

Nama Mahasiswa : Budi Irawan
NIM : 1312702
Nama Pembimbing : Sotyohadi, ST, MT.
Judul Skripsi : Rancang Bangun Antena Microstrip Patch Biquad untuk WLAN 2,4 GHz dengan menggunakan Pencatuan Proximity Coupled.

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	Rabu 24 – 5 - 2017	09.00	Makalah Seminar Hasil	
9	Senin 12 – 6 - 2017	08.00	Rev. Kesimpulan Laporan Skripsi	
10	Rabu 13 – 6 – 2017	10.00	Laporan Skripsi	
11	Jumat 14 – 7 - 2017	08.00	Konsultasi Persiapan Komprehensip	
12				
13				
14				

Malang, 12 - 8 - 2017
Dosen Pembimbing I,

Sotyohadi, ST, MT.
NIP. Y. 1039700309

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2017-2018

Nama Mahasiswa : Budi Irawan
NIM : 1312702
Nama Pembimbing : Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT.
Judul Skripsi : Rancang Bangun Antena Microstrip Patch Biquad untuk WLAN 2,4 GHz dengan menggunakan Pencatuan Proximity Coupled.

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	6/3'17		Bab I. - Latar belakang. - Batasan masalah	
2	21/3'17.		Bab I - Rumusan masalah	
3	24/3'17		Bab II. ref. ajar dicantumkan apa	
4	03/4'17		Bab III. - Hasil perhitungan - Hasil simulasi - penjelasan.	
5	29/5'17.		Bab IV. - Faktor error antara desain & pengukuran.	
6			- Perbandingan daya antara teoi.	
7	6/7/17.		Bab IV. lengkapkan data.	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Raya Karanglo, Km. 2 MALANG

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : BUDI IRAWAN
NIM : 14.12.702
Semester : VIII
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-I
Konsentrasi : **TEKNIK ENERGI LISTRIK**
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
Alamat : Jl. Saxofone Perum Griya Saxofone 1A

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.
Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesui dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB)sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah> 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro S-I

(M. Mulyadi) 19/2 17

Malang.....201
Pemohon

(Budi Irawan)

Disetujui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-I

M.Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. P. 1030100358

Mengetahui
Dosen Wali

(SOTYOHADI) 2/2 '17

Catatan:
Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetuan dari Jurusan T. elektro S-I

1 Σ SKS = 138 / 3.70 IPK
2 .....
3 .....

Form S-1a

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 7 Agustus 2017

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Budi Irawan

NIM : 1312702

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi S-1

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2,4 GHZ DENGAN MENGGUNAKAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED.**

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	-	

Dosen Penguji I

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. P. 1030100361

Dosen Pembimbing I

Sotyohadi, ST MT
NIP.Y.1039700309

Dosen Pembimbing II

Ir. Kartiko Ardi Widodo, MT
NIP.P. 1039700310

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 7 Agustus 2017

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Budi Irawan

NIM : 1312702

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi S-1

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH BIQUAD UNTUK WLAN 2,4 GHZ DENGAN MENGGUNAKAN PENCATUAN PROXIMITY COUPLED.**

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Tambahkan teori tentang WIFI	
2	Konsultasi Pembimbing tentang Jarak Pengukuran Sebenarnya WIFI	
3	Teori Kajian tentang tugas Akhir diganti	

Dosen Penguji I

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. P. 1030100358

Dosen Pembimbing I

Sotyohadi, ST MT
NIP.Y.1039700309

Dosen Pembimbing II

Ir. Karnoko Ardi Widodo, MT
NIP.P. 1039700310