

**DESAIN ANTENA MIKROSTRIP REKONFIGURASI *DUAL*
BAND MENGGUNAKAN TEKNIK SWITCH**





**FAIZ LESTARI
5215131516**




**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN
PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Nama Dosen	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Dr. Efri Sandi, M.T.</u> NIP.197502022008121002 (Dosen Pembimbing I)		21 - 8 - 2017
<u>Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd.</u> NIP.195680161988031001 (Dosen Pembimbing II)		18 - 8 - 2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Nama Dosen	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Dr. Moch Sukardjo, M.Pd.</u> NIP. 195807201985031003 (Ketua Penguji)		18 - 8 - 2017
<u>Dr. Muhamad Yusro, M.T.</u> NIP. 197609212001121002 (Sekretaris)		18-8-2017
<u>Dr. Baso Maruddani, M.T.</u> NIP. 198305022008011006 (Dosen Ahli)		18/8-17

Tanggal Lulus : 16 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Faiz Lestari

Nomor Registrasi : 5215131516

Judul Skripsi : Desain Antena Mikrostrip Rekonfigurasi *Dual Band*
Menggunakan Teknik *Switch*.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penulisan skripsi ini adalah hasil dari penelitian, pemikiran dan pengkajian asli dari penulis pribadi pada semua bagian skripsi. Jika ada hasil karya orang lain penulis akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini penulis buat dengan keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun. Dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran terhadap pernyataan yang dibuat ini, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Demikian pernyataan ini penulis paparkan dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 16 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan,



Faiz Lestari

5215131516

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahuwata'ala karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul **“Desain Antena Mikrostrip Rekonfigurasi *Dual Band* Menggunakan Teknik *Switch*”**. Dalam kesempatan ini tidak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Drs. Pitoyo Yuliatmojo, M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
2. Bapak Dr. Efri Sandi, M.T. dan Bapak Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Skripsi I dan II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.
3. Kedua orang tua saya, Bapak Subur dan Ibu Dorlantina, juga adik tercinta M. Lutfi Fuady yang menjadi motivasi terbesar dan senantiasa selalu mendo'akan, memberikan semangat serta dukungan baik secara moril dan materiil.
4. Muhsin, S.T., M.T. dari Universitas Telkom, Bandung selaku rekan diskusi yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penyusunan.
5. Rekan-rekan mahasiswa/i Pendidikan Teknik Elektronika 2013 yang telah memberikan semangat untuk selalu berjuang bersama.

Adapun skripsi ini disusun untuk memenuhi tugas akhir dalam memperoleh gelar Sarjana Pendidikan. Semoga skripsi ini membawa manfaat yang besar bagi penulis, pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam penyusunan skripsi ini penulis sadar masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis meminta maaf apabila terdapat kesalahan dalam penyusunan skripsi ini.

Jakarta, 16 Agustus 2017

Penulis,

Faiz Lestari

ABSTRAK

Faiz Lestari, Desain Antena Mikrostrip Rekonfigurasi *Dual Band* Menggunakan Teknik *Switch*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing: Dr. Efri Sandi, MT. dan Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengembangan teknologi *smart antenna* dengan membuat desain antena mikrostrip rekonfigurasi *dual band* frekuensi berbentuk persegi empat yang bekerja pada frekuensi LTE 2,3 GHz dan Wimax 3,6 GHz dengan menggunakan teknik *switch* yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS)* 2011 dan desain antena yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio* 2014.

Penelitian ini menggunakan Metode *Research and Development (R&D)* yang meliputi pengumpulan data, desain antena, validasi desain antena, uji coba, dan iterasi hingga didapatkan hasil yang optimal. Penggunaan *switch* untuk merekonfigurasi frekuensi antena, dilakukan untuk mendapatkan dua frekuensi kerja pada satu antena tunggal. Pada penelitian ini, disimulasikan antena rekonfigurasi mikrostrip *single patch* menggunakan pin dioda sebagai teknik *switch*. Konfigurasi yang digunakan adalah *Single Pole Double Throw (SPDT)* dengan mengalihkan sinyal dari satu masukan ke dua jalur *output* agar didapatkan respon kerja bergantian pada dua frekuensi yang berbeda.

Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa desain antena mikrostrip *single patch* dengan simulasi *switch* dapat bekerja pada dua frekuensi secara bergantian dengan *range* frekuensi yang telah ditetapkan sebelumnya. Beberapa parameter antena mikrostrip yang juga dilakukan penelitian yakni frekuensi, return loss, *bandwidth* dan *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*.

Kata-kata kunci: Rekonfigurasi Antena, Mikrostrip, Frekuensi, *Switch*.

ABSTRACT

Faiz Lestari, Design of Reconfigurable Antenna Microstrip Dual Band Using Switch Technique. Mini Thesis. Jakarta, Electronic Engineering Education Program, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Supervisor: Dr. Efri Sandi, MT. and Drs. Mufti Ma'sum, M.Pd.

The purpose of this research is to develop smart antenna technology by designing rectangular dual band frequency reconfiguration microstrip antenna that operates at 2.3 GHz and Wimax 3.6 GHz LTE frequencies using switch technique which is simulated by Advanced Design System software (ADS) 2011 and the antenna design is simulated by Computer Simulation Technology (CST) software Microwave Studio 2014.

This research is Research and Development (R & D) type which includes data collection, antenna design, antenna design validation, test, and iteration to get optimal result. The switches is used to reconfigure antenna frequencies to obtain two working frequencies on a single antenna. In this research, single patch microstrip reconfigurable antenna is simulated by pin diode as a switch. The configuration used is single pole double throw (SPDT) by switching the signal from one input to the two output lines to get the response work alternately on two different frequencies.

The results of this research indicates that the design of single patch microstrip antennas with switch simulation is capable to work on two predefined range frequencies alternately. Conducted parameters of microstrip antenna of this research are frequency, return loss, bandwidth and voltage standing wave ratio (VSWR).

Keywords: Reconfigurable Antenna, Microstrip, Frequency, Switch.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Pembatasan Masalah.....	6
1.4. Perumusan Masalah.....	6
1.5. Tujuan Penelitian.....	7
1.6. Manfaat Penelitian.....	7
1.7. Metode Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Kerangka Teoritik.....	9
2.1.1. Metode Perancangan dan Hakikat Desain	10
2.1.2. Antena	10
2.1.2.1. Antena Mikrostrip.....	12
2.1.2.2. Karakteristik Antena Mikrostrip.....	14
2.1.2.3. Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip.....	15
2.1.2.4. Jenis-jenis Antena Mikrostrip	16
2.1.2.5. Saluran Antena Mikrostrip Segiempat.....	18

2.1.3. Parameter Umum Antena Mikrostrip	21
2.1.3.1. <i>Bandwidth</i>	22
2.1.3.2. <i>Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)</i>	23
2.1.3.3. <i>Return loss</i>	24
2.1.3.4. <i>Gain</i>	25
2.1.3.5. Impedansi Masukan	26
2.1.3.6. Keterarahan (<i>Directivity</i>)	27
2.1.3.7. Pola Radiasi.....	28
2.1.3.8. Polarisasi	30
2.1.4. Pencatuan Antena Mikrostrip Segiempat	33
2.1.5. Karakteristik Saluran Mikrostrip	37
2.1.6. Dimensi Antena Mikrostrip	39
2.1.7. Teknik Menghasilkan Multi Frekuensi Antena Mikrostrip.....	42
2.2. Teknik Rekonfigurasi Antena	44
2.2.1. Rekonfigurasi Antena Secara <i>Electrical</i>	47
2.2.2. Klasifikasi Antena Rekonfigurasi	50
2.2.3. Kelebihan dan Kekurangan Rekonfigurasi Antena.....	52
2.3. Dioda-pin	53
2.4. Kerangka Berpikir	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	56
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	56
3.2. Metode Pengembangan Produk.....	56
3.2.1. Tujuan Pengembangan	56
3.2.2. Metode Pengembangan	56
3.2.3. Sasaran Produk.....	59
3.2.4. Instrumen.....	59
3.3. Prosedur Pengembangan.....	60
3.3.1. Tahap Penelitian dan Pengumpulan Informasi	60

3.3.2. Perencanaan Desain Produk Penelitian dan Pengembangan	61
3.3.3. Tahap Desain Produk	70
3.3.3.1. Desain Antena Single Patch Menggunakan CST <i>Microwave Studio 2014</i>	70
3.3.3.2. Desain Simulasi <i>Switch</i> Menggunakan <i>Advanced Design System (ADS)</i>	70
3.3.3.3. Uji Coba Produk	71
3.4. Teknik Pengumpulan Data.....	75
3.5. Teknik Analisis Data	76
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	79
4.1. Hasil Pengembangan Produk	79
4.1.1. Hasil Perencanaan	79
4.1.2. Hasil Perencanaan Desain dan Perhitungan	79
4.1.2.1. Pemilihan Bahan <i>Substrat</i> dan Karakteristik Antena	79
4.1.2.2. Hasil Perhitungan Dimensi Elemen Peradiasi.....	80
4.1.2.3. Perhitungan Dimensi Lebar <i>Patch</i>	81
4.1.2.4. Perhitungan Dimensi Panjang <i>Patch</i>	81
4.1.2.5. Perhitungan Dimensi Saluran Pencatu.....	84
4.1.2.6. Perhitungan Dimensi Substrat dan <i>Groundplane</i>	85
4.1.2.7. Perhitungan Dimensi Inset	85
4.2. Kelayakan Produk (Teoritik dan Empiris)	86
4.2.1. Hasil Desain.....	86
4.2.1.1. Hasil Desain Dimensi Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i>	86
4.2.2. Hasil Simulasi	91
4.2.2.1. Return Loss dan Bandwidth	91
4.2.2.2. VSWR.....	92
4.3 Efektifitas Produk (Melalui Uji Coba)	93
4.3.1. Hasil Fabrikasi Antena	93
4.3.2 Hasil Pengukuran dengan <i>Spectrum Analyzer</i>	95

4.3.2.1. Pengukuran Return <i>Loss</i> dan <i>Bandwidth</i>	95
4.3.2.2. Pengukuran VSWR.....	97
4.3.3. Hasil Simulasi dengan <i>Software Advanced Design System (ADS) 2011</i>	99
4.3.3.1. Rangkaian Switch Frekuensi 2,3 dan 3,6 GHz.....	99
4.4 Pembahasan.....	102
4.4.1. Perbandingan Desain Antena Mikrostrip Simulasi dengan Hasil Perhitungan.....	102
4.4.2. Perbandingan Hasil Desain Antena Mikrostrip Simulasi dengan Hasil Fabrikasi.....	104
4.4.3. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	109
5.1. Kesimpulan	109
5.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Antena Sebagai Alat Transmisi	11
Gambar 2.2. Struktur Antena Mikrostrip	13
Gambar 2.3. Struktur <i>Patch</i> Antena Mikrostrip	14
Gambar 2.4. Jenis-jenis <i>Patch</i> Antena Mikrostrip.....	17
Gambar 2.5. Bentuk Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip	18
Gambar 2.6. Saluran Mikrostrip dan Saluran Medan Elektrik.....	19
Gambar 2.7. Antena Mikrostrip Tampak Atas	20
Gambar 2.8. (a) Grafik <i>Bandwidth</i> , f_r , dan <i>Return loss</i> (b) Grafik VSWR	25
Gambar 2.9. <i>Lobe</i> Radiasi Antena	28
Gambar 2.10. Pola Radiasi Antena Umum	29
Gambar 2.11. Pola Radiasi Antena Mikrostrip	30
Gambar 2.12. Polarisasi Linier	31
Gambar 2.13. Polarisasi Melingkar	32
Gambar 2.14. Polarisasi Elips	33
Gambar 2.15. Teknik Pencatuan Langsung Koaksial.....	34
Gambar 2.16. Teknik Pencatuan Langsung Saluran Transmisi	34
Gambar 2.17. Teknik Pencatuan Tidak Langsung <i>Proximity Coupling</i>	36
Gambar 2.18. Teknik Pencatuan Tidak Langsung <i>Aperture Coupling</i>	36
Gambar 2.19. Teknik Orthogonal Mode Multi-Frekuensi	42
Gambar 2.20. Teknik <i>Multi-patch</i> Multi-frekuensi	43
Gambar 2.21. Teknik <i>Reactively-loaded</i> Multi-frekuensi	43
Gambar 2.22. Teknik Rekonfigurasi Antena.....	45
Gambar 2.23. (a) Pola Radiasi Antena Rekonfigurasi. (b) Fabrikasi Prototipe dengan Garis Bias.....	48
Gambar 2.24. (a) Tampilan Antena Tampak Atas(b) Variasi Konfigurasi yang dapat Dikontrol (c) Penyetelan Operasi Kerja Frekuensi Antena ...	49
Gambar 2.25. Saklar Frekuensi Radio dengan Menggunakan diode PIN	50

Gambar 2.26. <i>Flowchart</i> Perancangan Antena Mikrostrip Rekonfigurasi	55
Gambar 3.1. Langkah-langkah Penggunaan Metode <i>Research and Development</i> (R&D).....	57
Gambar 3.2. Dimensi Single Patch.....	66
Gambar 3.3. Menghitung Impedansi Transmisi Line Frekuensi 2,3 GHz.....	67
Gambar 3.4. Menghitung Impedansi Transmisi Line Frekuensi 3,6 GHz.....	67
Gambar 3.5. Dimensi <i>Inset</i>	68
Gambar 3.6. <i>OSL Calibration</i>	73
Gambar 3.7. Kalibrasi <i>Network Analyzer</i>	74
Gambar 3.8. Konfigurasi Pengukuran	75
Gambar 4.1. Dimensi Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i> (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang.....	87
Gambar 4.2. Letak <i>Switch</i> Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i>	87
Gambar 4.3. Letak Koordinat Desain Rekayasa <i>Switch</i> 2,3 GHz	88
Gambar 4.4. Letak Koordinat Desain Rekayasa <i>Switch</i> 3,6 GHz	89
Gambar 4.5. Letak <i>Feeding</i> Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i>	90
Gambar 4.6. Ukuran <i>Inset</i> Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i>	91
Gambar 4.7. Grafik Simulasi <i>Return Loss</i> Frekuensi 2,3 GHz	91
Gambar 4.8. Grafik Simulasi <i>Return Loss</i> Frekuensi 3,6 GHz	92
Gambar 4.9. Grafik VSWR pada Frekuensi 2,3 GHz.....	92
Gambar 4.10. Grafik VSWR pada Frekuensi 3,6 GHz.....	93
Gambar 4.11. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> dan <i>Bandwidth</i> pada Frekuensi 2,3 GHz.....	96
Gambar 4.12. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> dan <i>Bandwidth</i> pada Frekuensi 3,6 GHz.....	97
Gambar 4.13. Hasil Pengukuran VSWR pada Antena Frekuensi 2,3 GHz	98
Gambar 4.14. Hasil Pengukuran VSWR pada Antena Frekuensi 3,6 GHz	98
Gambar 4.15. Rangkaian <i>switch</i> pin dioda menggunakan metode Single Pole Double Throw (SPDT) pada Frekuensi 2,3 GHz	99

Gambar 4.16. Rangkaian <i>switch</i> pin dioda menggunakan metode Single Pole Double Throw (SPDT) pada Frekuensi 3,6 GHz	99
Gambar 4.17. Hasil Simulasi <i>SoftwareAdvanced Design System</i> (ADS) (S_{11}) Return Loss dan (S_{21}) Insertion Loss Frekuensi 2,3 GHz	101
Gambar 4.18. Hasil Simulasi <i>SoftwareAdvanced Design System</i> (ADS) (S_{11}) Return Loss dan (S_{21}) Insertion Loss Frekuensi 3,6 GHz	101
Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada <i>Bandwidth</i> Frekuensi 2,3 GHz	105
Gambar 4.20. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada VSWR Frekuensi 2,3 GHz.....	106
Gambar 4.21. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada <i>Bandwidth</i> Frekuensi 3,6 GHz	106
Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada <i>Bandwidth</i> Frekuensi 3,6 GHz	107

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Frekuensi 2,3 GHz.....	63
Tabel 3.2. Spesifikasi Frekuensi 3,6 GHz.....	63
Tabel 3.3. Spesifikasi Dioda yang Digunakan Pada Simulasi	63
Tabel 3.4. Tabel Jenis-jenis <i>Substrat</i>	64
Tabel 3.5. Spesifikasi <i>Substrat</i> yang digunakan.....	64
Tabel 3.6. Spesifikasi Bahan Pada Jalur Mikrostrip dan <i>Groundplane</i>	65
Tabel 3.7. Spesifikasi <i>Forward Bias</i> Dioda (<i>ON state</i>).....	68
Tabel 3.8. Spesifikasi <i>Reverse Bias</i> Dioda (<i>OFF state</i>).....	69
Tabel 3.9. Dimensi Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i> (Konvensional) 2,3 GHz....	77
Tabel 3.10. Dimensi Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i> (Konvensional) 3,6 GHz..	77
Tabel 3.11. Perbandingan Dimensi Antena Mikrostrip dengan <i>Error Rate (%)</i> ...	78
Tabel 4.1. Hasil Perbandingan Tampilan Antena Mikrostrip	94
Tabel 4.2. Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Hasil Simulasi Desain Antena Frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz.....	103
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Desain Antena Mikrostrip <i>Single Patch</i>	104
Tabel 4.4 Tabel Perbandingan Dimensi Antena dengan Fabrikasi	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Teknologi komunikasi kini mempunyai peranan yang sangat penting dalam masyarakat. Banyak perangkat teknologi yang digunakan dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Dalam peranannya, teknologi yang sering digunakan yaitu perangkat telekomunikasi. Tuntutan masyarakat menyebabkan perkembangan telekomunikasi berkembang dengan cepat. Perangkat lain yang digunakan dalam sistem telekomunikasi juga berperan sebagai penunjang keberhasilan komunikasi berjalan dengan cepat, dan lebih baik dalam segi akses, biaya, dan jaringan. Oleh sebab itu, diperlukannya inovasi dan modifikasi yang turut serta dilakukan guna memaksimalkan perkembangan yang diharapkan dalam bidang telekomunikasi secara global.

Salah satu perangkat penunjang sistem telekomunikasi yakni Antena. Antena adalah suatu bagian yang tidak terpisahkan dari sistem telekomunikasi nirkabel saat ini. Kebutuhan akan antena semakin lama semakin berkembang sehingga menyebabkan teknologi perancangan antena juga harus semakin meningkat. (Indra Surjati, 2010:4). Antena juga merupakan perangkat yang dapat dilakukan pemodifikasian dan pengembangan dalam meningkatkan kualitas sistem komunikasi.

Salah satu tantangan untuk melakukan pengembangan antena yang menjadi permasalahan yang saat ini masih dilakukan pengembangan dan dicari jalan keluarnya adalah kebutuhan akan perangkat antena yang memiliki *bandwidth* yang lebar, mengembangkan antena tunggal yang dapat melakukan pembagian

frekuensi dengan melakukan teknik *switch* pada antena tersebut. Jenis antena yang dapat memenuhi tuntutan tersebut adalah antena mikrostrip.

Dalam perkembangannya, penggunaan antena mikrostrip tidak hanya terbatas pada penggunaan satu frekuensi saja melainkan dapat bekerja lebih dari satu frekuensi dan dapat juga di *array* untuk menghasilkan parameter antena yang lebih baik (Indra Surjati, 2010:5).

Pemilihan jenis antena mikrostrip didasarkan pada beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan antena jenis lainnya, yaitu bentuk yang tipis dan kecil, memiliki bobot yang ringan, mudah di fabrikasi, membangkitkan polarisasi linier dan polarisasi melingkar hanya dengan pencatutan sederhana.

Elemen peradiasi pada antena mikrostrip memiliki berbagai macam bentuk, yaitu segiempat, segitiga, lingkaran dan cincin. Bentuk yang paling digemari untuk digunakan adalah segi empat, karena bentuknya sederhana dan mudah di fabrikasi.

Selain itu antena mikrostrip memiliki lebar *bandwidth* yang dapat diatur besarnya sesuai dengan rentang frekuensi yang ingin di desain, *gain* yang dapat dihitung dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) yang juga dapat dicari nilai maksimum nya. Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR sama dengan 1, yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna (Indra Surjati, 2010:17) dan direktifitas antena yang tinggi.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, antena mikrostrip multifrekuensi biasa digunakan pada aplikasi *Radio Frequency Indentify* (RFID) dan multifrekuensi untuk perangkat *repeater* didalam gedung.

Pada penelitian ini peneliti tertarik mendesain perangkat antenna mikrostrip *dual band* frekuensi, yang diharapkan dapat digunakan dalam pengaplikasian sistem telekomunikasi misalnya wifi pada *personal computer*. Frekuensi yang diterima pada setiap perangkat yang ingin terhubung ke internet berbeda-beda.

Untuk itu, digunakan metode antenna rekonfigurasi, yakni merekonfigurasi parameter antenna mikrostrip guna meningkatkan efisiensi sistem kerja antenna mikrostrip dengan cara mengubah karakteristik suatu antenna yang *fix*. Pada konteks *antenna*, merupakan cara mengubah karakteristik operasi fundamental radiator melalui listrik, mekanik dan lainnya. Karakteristik operasi dasar antenna tetap tidak berubah dalam sistem ini, antenarekonfigurasi dapat mengubah frekuensi kerja, *bandwidth* impedansi, polarisasi dan polaradiasi.

Ada beberapa teknik yang ada untuk mengimplementasikan antenna rekonfigurasi. Diantaranya, pada teknik elektrikal jenis *switch* yang digunakan yakni dengan *field effect transistor* (FET), pin dioda, *Varactor*. Pada teknik *optical* digunakan *photoconductive*, pada teknik *physical* dilakukan perubahan struktur, dan dengan teknik mengubah material dapat digunakan cairan kristal dan lainnya. Dari berbagai teknik rekonfigurasi antenna, teknik yang tepat untuk dapat digunakan dalam melakukan rekonfigurasi frekuensi yakni dengan teknik elektrikal.

Dalam merancang antenna rekonfigurasi dan menetapkan teknik yang digunakan dalam memodifikasi antenna, perlu dilakukan analisa tujuan melakukan modifikasi. Ada beberapa klasifikasi yang dapat dicapai dengan sistem rekonfigurasi ini, diantaranya, merekonfigurasi frekuensi antenna, rekonfigurasi

pola radiasi antena, rekonfigurasi polarisasi antena dan rekonfigurasi komponen antena.

Penggunaan *switch* untuk merekonfigurasi frekuensi antena, dilakukan untuk mendapatkandua frekuensi kerja pada satu antena tunggal. Merekonfigurasi frekuensi antena dilakukan dengan perubahan struktur, namun pola radiasi dan polarisasi tetap tidak berubah. Jenis *switch* pin dioda yang memungkinkan antena bekerja secara bergantian. Ketika satu frekuensi bekerja, maka frekuensi kerja yang lainnya menjadi tidak aktif. Kondisi ini dapat mengurangi interferensi yang muncul pada frekuensi-frekuensi yang tidak sedang aktif. Untuk menilai unjuk kerja keberhasilan perancangan suatu antena, perlu ditinjau beberapa parameter penting yang merepresentasikan unjuk kerja antena yang dirancang.

Filter yang digunakan pada sistem pun dapat menjadi lebih sederhana karena antenanya sendiri telah menjadi *filter* yang baik terhadap interferensi dan noise pada frekuensi yang sedang tidak digunakan. Sehingga, implementasi antena rekonfigurasi pada teknologi *multiradio wireless* dapat mengurangi kompleksitas dan meningkatkan kapabilitas dari sistem antena yang digunakan secara keseluruhan. Dari parameter-parameter penting antena, beberapa parameter yang akan disimulasikan antara lain *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) koefisien refleksi, frekuensi, *bandwidth*, *gain*, dan *return loss*.

Sistem rekonfigurasi ini masih menimbulkan tantangan yang signifikan bagi perancangan dan sistem. Tantangan ini tidak hanya terletak pada tingkat perancangan, tetapi juga dalam mengintegrasikan dan merealisasikan komponen aktif yang dapat bekerja pada antena mikrostrip yang lebih efisien dan hemat biaya. Untuk itu peneliti membatasi proses perancangan *switch* menggunakan

perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011 yang terintegrasi dalam melihat hasil parameter yang ingin di capai. Antena yang telah dilakukan modifikasi diharapkan dapat menangani permasalahan sistem yang rumit, didapatkan efisiensi dan optimasi kerja antena yang baik serta dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan.

Simulasi perancangan antena mikrostrip dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology* (CST) *Microwave Studio* 2014 dengan metode *dual band* frekuensi. Untuk mendesain antena agar dapat membagi frekuensi kerjanya, diperlukan teknik *switch* yang akan disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011 dan diterapkan pada penelitian ini.

Selain itu, agar didapat hasil pengembangan yang baik dilakukan proses pengukuran dan pengujian parameter dengan menguji parameter antena mikrostrip yang utama yaitu frekuensi, *bandwidth*, *return loss* dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR).

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai frekuensi kerja yang digunakan pada antena mikrostrip tersebut?
2. Bagaimana menentukan posisi dan *switch* frekuensi pada antena mikrostrip tersebut?
3. Bagaimana cara merancang antena mikrostrip yang bekerja pada dua frekuensi?

4. Bagaimana cara mendesain dan mensimulasikan suatu bentuk *antenna* mikrostrip dengan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio 2014*?
5. Bagaimana cara mensimulasikan teknik *switch* dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS) 2011*?
6. Bagaimana cara mengukur dan menguji parameter antenna mikrostrip?

1.3. Pembatasan Masalah

Pada skripsi ini dibatasi fokus perancangannya pada antenna mikrostrip berbentuk segiempat dengan dua frekuensi yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz dengan menggunakan metode teknik *switch* yang hanya disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS) 2011* dan perancangan desain antenna mikrostrip dengan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio 2014* dan proses pengukuran dan pengujian antenna mikrostrip menggunakan alat ukur *Network Analyzer* dengan parameter yang diuji yaitu frekuensi, *bandwidth*, *return loss* dan VSWR.

1.4. Perumusan Masalah

Bagaimana mendesain, mensimulasikan dan menguji antenna mikrostrip *dual band* frekuensi berbentuk persegi empat yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz dengan menggunakan teknik *switch* pin dioda yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS) 2011* agar dapat mengaktifkan antenna secara bergantian untuk digunakan pada teknologi komunikasi nirkabel dengan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio 2014*?

1.5. Tujuan Penelitian

Sesuai masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah peneliti berharap mampu membuat desain antenna mikrostrip *dual band* frekuensi berbentuk persegi empat yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz dengan menggunakan teknik *switch* yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011 dan desain antenna yang disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology* (CST) *Microwave Studio* 2014.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi kerja antenna mikrostrip dalam bidang telekomunikasi dengan membuat inovasi rekonfigurasi antenna dan menempatkan lebih dari satu frekuensi kerja yakni frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz dengan menggunakan teknik *switch* pin dioda yang dapat digunakan pada perangkat telekomunikasi nirkabel yang dapat membaca kedua frekuensi tersebut.

1.7. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini penelitian pengembangan *Research and Development* (R&D). Tahapan-tahapan kerja yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Melakukan studi literatur berupa membaca buku-buku referensi, artikel-artikel, jurnal-jurnal yang terkait dan mendukung dalam penyusunan teori dasar dan penjelasan tentang antenna mikrostrip yang akan dibuat.

2. Simulasi

Proses perancangan antenna mikrostrip dilakukan menggunakan perangkat lunak *Computer Simulation Technology(CST) Microwave Studio 2014* dan teknik *switch* di simulasikan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS) 2011*.

3. Perancangan dan Realisasi

Setelah studi literatur dan simulasi dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan proses perancangan dan perealisasi desain antenna mikrostrip dan melakukan simulasi *switch* menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS) 2011*.

4. Pengukuran

Setelah realisasi dilakukan, berikutnya akan dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter yang ada pada antenna dan spesifikasi yang telah ditentukan sesuai hasil simulasi.

5. Analisis

Dari hasil pengukuran yang diperoleh, maka akan dilakukan validasi hasil simulasi dengan hasil pengukuran untuk menilai keberhasilan perancangan antenna rekonfigurasi. Validasi dilakukan pada beberapa parameter penting yang menentukan keberhasilan atau performansi yang baik dari sebuah antenna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kerangka Teoritik

2.1.1. Metode Perancangan dan Hakikat Desain

Metode perancangan atau proses mendesain merupakan tahap awal yang dilakukan dalam merealisasikan sebuah hasil. Untuk menentukan berbagai kegiatan yang akan dilakukan dibentuklah sebuah metode-metode yang menjadi acuan dalam merealisasikan sebuah produk.

Desain dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah kerangka bentuk, rancangan. Desain adalah kerangka bentuk, rancangan (KBBI, 2012:319). Realisasi dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah proses menjadikan nyata, perwujudan. Merealisasi adalah melakukan (mengusahakan, melaksanakan) perwujudan (KBBI, 2012:729).

Dalam menentukan metode yang baik dan efisien dalam merealisasikan produk, diperlukan pemahaman yang baik dari sebuah masalah yang akan dikaji dari sebuah produk dan solusi yang inovatif. Dengan melihat beberapa tahapan yang akan dilaksanakan dan tujuan dari penelitian ini, maka pada penelitian ini digunakan metode penelitian pengembangan *Research and Development (R&D)*.

Menurut Asep Saepul Hamdi dan E. Bahruddin (2015: 15-16) dalam buku Metode Penelitian Kuantitatif Aplikasi dalam Pendidikan menjelaskan penelitian dan pengembangan merupakan metode untuk mengembangkan dan menguji suatu produk (Borg, W.R & Gall, M.D. 2001). Metode ini banyak digunakan di dunia industri. Dalam bidang pendidikan, penelitian dan pengembangan dapat digunakan untuk mengembangkan buku, modul, media pembelajaran, instrumen

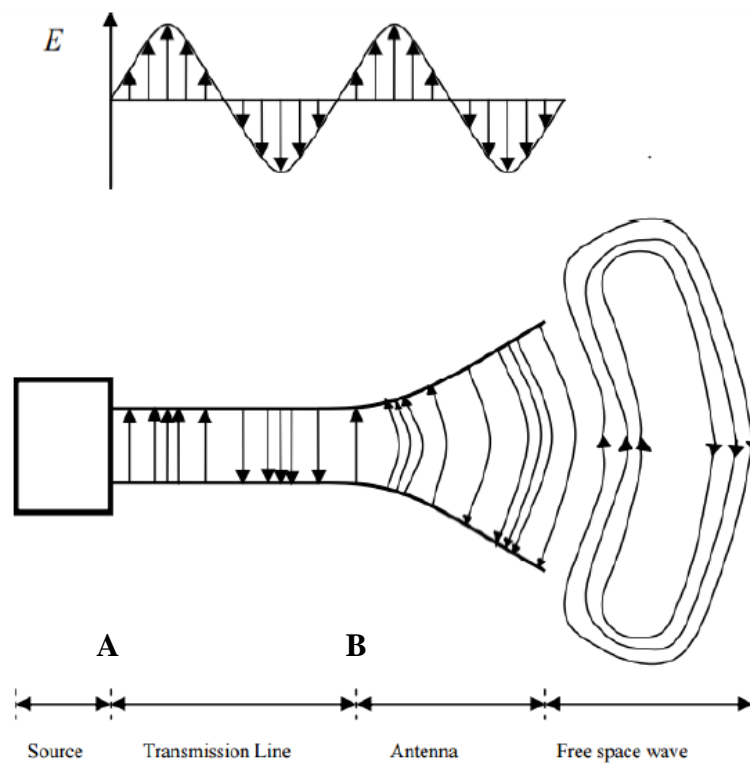
evaluasi, model kurikulum, pembelajaran, evaluasi, bimbingan, manajemen, pengawasan, pembinaan staf, dll.

Secara garis besar ada tiga langkah penelitian dan pengembangan. Pertama, studi pendahuluan, mengkaji teori dan mengamati produk atau kegiatan yang ada. Kedua, melakukan pengembangan produk atau program kegiatan baru. Ketiga, menguji dan memvalidasi produk atau program kegiatan yang baru.

2.1.2. Antena

Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas diudara, dan sebaliknya. Saluran transmisi adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar atau penyalur energi gelombang elektromagnetik (Gambar 2.1) (Balanis, 2005:1-2)

Berdasarkan IEEE *Standard Definitions of Term for Antennas* (IEEEStd 145-1983), antena didefinisikan sebagai sesuatu untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio. Pada sistem komunikasi nirkabel, antena merupakan terminal akhir pada sisi *transmitter* (pengirim) sebagai perangkat yang berfungsi meradiasikan sinyal informasi dari *transmitter* dalam bentuk gelombang RF (*Radio Frequency*) dan merupakan terminal pertama pada sisi penerima (*receiver*) yang menerima gelombang RF yang membawa sinyal informasi.



Gambar 2.1. Antena Sebagai Alat Transmisi (Nakar, 2004:10)

Suatu sumber yang dihubungkan dengan saluran transmisi yang tak berhingga panjangnya menimbulkan gelombang berjalan yang uniform sepanjang saluran itu. Jika saluran ini dihubungkan singkat maka akan muncul gelombang berdiri yang disebabkan oleh interferensi gelombang datang dengan gelombang yang dipantulkan. Jika gelombang datang sama besar dengan gelombang yang dipantulkan akan dihasilkan gelombang berdiri murni. Konsentrasi-konsentrasi energi pada gelombang berdiri ini beresilasi dari energi listrik seluruhnya ke energi magnetik total dua kali setiap periode gelombang itu.

Gambar 2.1 memperlihatkan sumber atau pemancar yang dihubungkan dengan saluran transmisi AB ke antena. Jika saluran transmisi disesuaikan dengan impedansi antena, maka hanya ada gelombang berjalan ke arah B saja. Pada A ada saluran transmisi yang dihubungkan singkat dan merupakan resonator. Di daerah

antena energi diteruskan ke ruang bebas sehingga daerah ini merupakan transisi antara gelombang terbimbing dengan gelombang bebas.

2.1.2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, mudah untuk difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antena jenis lain.

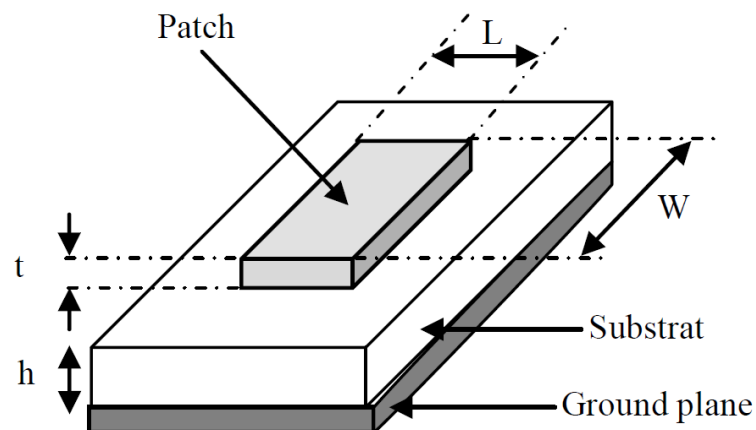
Konsep dari antena mikrostrip sendiri diperkenalkan pada tahun 1953 oleh Deschamps yang kemudian disempurnakan menjadi *low-profile antenna* pada tahun 1970an yang digunakan untuk rudal (James, J. R and Hall, P. S.1989, diacu dalam Nascimento and Lacava 2011:1) Terus berkembang dan digunakan untuk *low-loss* radio frekuensi pada fabrikasinya.

Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat di-integrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi *antenna* mikrostrip juga memiliki beberapa kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi rendah.

Pada bentuk yang paling sederhana, antena mikrostrip memiliki 3 bagian utama, yaitu *elemen peradiasi (radiating patch)*, *substrat* berbahan dielektrik, dan elemen pentanahan (*ground*). Elemen peradiasi (bahan konduktor) dicetak pada salah satu sisi *substrat* dan elemen pentanahan dicetak pada sisi lainnya. Radiasi pada antena mikrostrip terjadi oleh karena adanya *fringing*

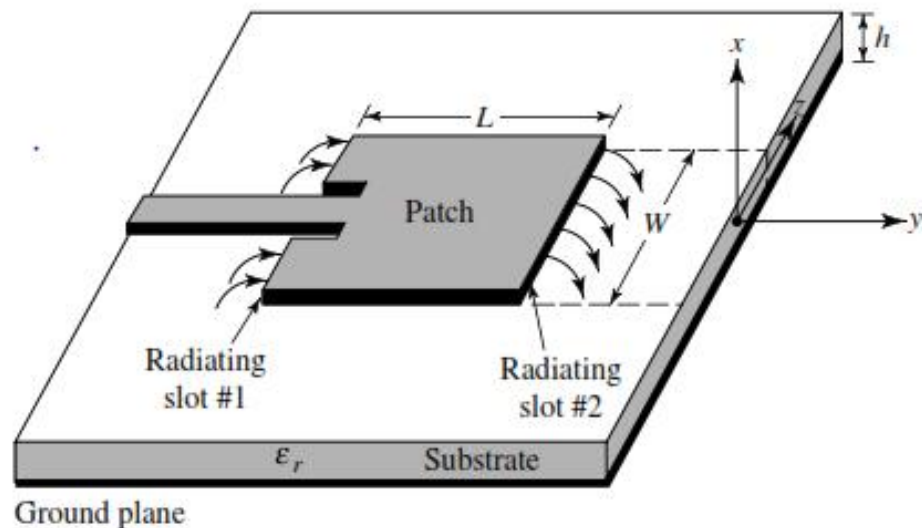
field antara tepi elemen peradiasi dengan elemen pentanahan. (Kumar, G. & Ray, K. P. 2003:1).

Antena mikrostrip merupakan evolusi dari saluran transmisi mikrostrip, dimana saluran ini berfungsi untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik terutama yang bekerja pada frekuensi tinggi (gelombang mikro). Impedansi gelombang yang mengalir pada saluran transmisi dipengaruhi oleh nilai ketebalan, permitivitas relatif *substrat* (ϵ_{reff}), lebar, dan panjang saluran transmisi. Permitivitas relatif *substrat* berfungsi untuk mengetahui garis pancar dan berkas hamburan gelombang elektromagnetik yang mengalir pada saluran transmisi.



Gambar 2.2. Struktur Antena Mikrostrip

2.1.2.2. Karakteristik Antena Mikrostrip



Gambar 2.3. Struktur Patch Antena Mikrostrip

Pada gambar 2.3, elemen peradiasi (*radiator*) atau biasa disebut sebagai *patch*, berfungsi untuk meradiasi gelombang elektromagnetik dan terbuat dari lapisan logam (*metal*) yang memiliki ketebalan tertentu. Jenis logam yang biasanya digunakan adalah (*copper*).

Elemen *substrat* (*substrat*) memiliki fungsi sebagai bahan dielektrik dari antena mikrostrip yang menjadi batas antara *patch* dan *ground plane*. Elemen memiliki jenis yang bermacam-macam yang dapat dikelompokkan berdasarkan konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalan (h).

Pada elemen pertanahan (*ground plane*) memiliki fungsi sebagai pembumian dalam sistem antena mikrostrip. Elemen tersebut umumnya memiliki jenis bahan yang sama dengan bahan peradiasi yang berupa logam tembaga (*copper*).

Pada bagian lapisan konduktor bawah bertindak sebagai bidang *ground* pemantulan sempurna, mengembalikan energi kembali melalui *substrat* menuju udara bebas.

2.1.2.3.Kelebihan dan Kekurangan Antena Mikrostrip

Bentuk antena mikrostrip sangat sederhana, memiliki massa yang ringan, ketebalan yang tipis, harga pembuatan yang murah, mudah difabrikasi, polarisasi yang dihasilkan dapat berbentuk lurus dan melingkar, serta dapat menghasilkan beberapa frekuensi, dan polarisasi. Namun, antena mikrostrip juga memiliki kelemahan seperti *bandwidth* yang sempit, nilai penguatan yang kecil, daya yang kecil, dan pola radiasi yang kurang baik. Oleh sebab itu, dalam perancangannya antena mikrostrip dapat disusun secara *array* atau penambahan celah untuk mengatasi kekurangan tersebut.

Antena mikrostrip memiliki bentuk yang sederhana, seperti terlihat pada gambar 2.1, memiliki tiga bagian utama, yaitu : elemen peradiasi (*patch*), saluran transmisi, dan bidang pertanahan (*ground*). Ketiga elemen tersebut melekat pada *substrat* dielektrik yang memiliki konstanta dielektrik berkisar $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$ (Balanis, 2005:769).

Semakin tebal lapisan *substrat* dielektrik, maka nilai konstanta dielektrik semakin besar, dan kinerja antena semakin baik, dimana *bandwidth* yang dihasilkan lebih lebar, dan memperkecil kemunculan pola radiasi disisi yang lain. Tapi, berbanding terbalik dengan ukuran antena mikrostrip yang semakin kecil.

Menurut Kumar (2003:3) antena mikrostrip memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan antena *microwave* konvensional, yakni diantaranya:

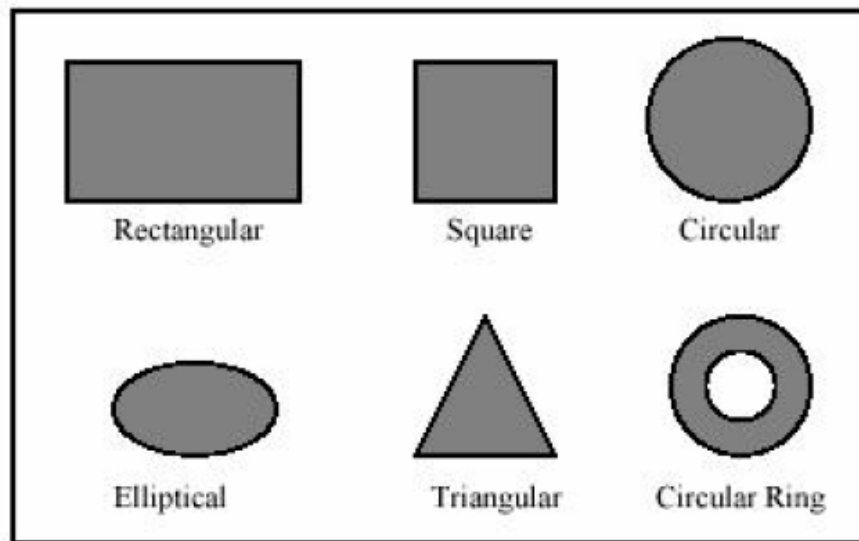
- a. Antena ringan dan memiliki volume kecil dan *low profile* konfigurasi planar.
- b. Antena dapat dibuat sesuai dengan permukaan *patch*.
- c. Kemudahan produksi massal antena menggunakan teknologi sirkuit cetak biaya fabrikasi yang rendah.
- d. Lebih mudah untuk mengintegrasikan dengan *Microwave Integrated Circuit* (MIC) lain pada *substrat* yang sama.
- e. Antena membiarkan kedua polarisasi linier dan *coplanar*.
- f. Antena dapat dibuat kompak untuk digunakan dalam *mobile* komunikasi.
- g. Antena mengizinkan pengoperasian dua atau tiga frekuensi.

2.1.2.4. Jenis-jenis Antena Mikrostrip

Berdasarkan bentuk *patch*-nya antena mikrostrip terbagi menjadi :

- a. Antena mikrostrip *patch* persegi panjang (*rectangular*)
- b. Antena mikrostrip *patch* persegi (*square*)
- c. Antena mikrostrip *patch* lingkaran (*circular*)
- d. Antena mikrostrip *patch* elips (*elliptical*)
- e. Antena mikrostrip *patch* segitiga (*triangular*)
- f. Antena mikrostrip *patch circular ring*

Berikut merupakan gambar berbagai bentuk antena mikrostrip:

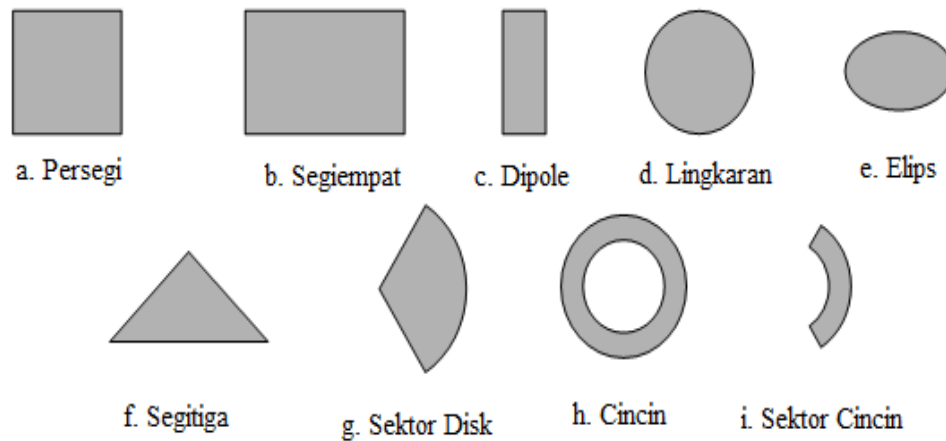


Gambar 2.4. Jenis-jenis *Patch* Antena Mikrostrip

Elemen peradiasi dan saluran transmisi mikrostrip juga berpengaruh terhadap kerja antena. Bentuk elemen peradiasi dapat mempengaruhi polarisasi yang akan dihasilkan oleh antena. Bentuk *patch* dan teknik pencatutan memiliki pengaruh terhadap pola radiasi, polarisasi, dan impedansi antena mikrostrip (Balanis, (2005:813)).

Bentuk elemen peradiasi terlihat pada gambar 2.3. Bentuk persegi, persegi panjang, dipole, dan melingkar adalah bentuk yang paling sering digunakan karena mudah dianalisis dan difabrikasi (Balanis, (2005:813)).

Satu *substrat* dielektrik dapat terdiri dari satu atau lebih elemen peradiasi. Apabila elemen disusun secara *array*, dapat menghasilkan *bandwidth* yang lebar. Selain itu, apabila elemen disusun dengan cara menumpuk dengan ukuran yang berbeda, dapat menghasilkan beberapa frekuensi.



Gambar 2.5. Bentuk Elemen Peradiasi Antena Mikrostrip

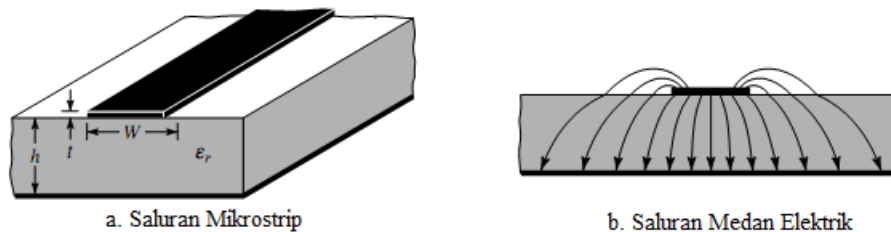
2.1.2.5. Saluran Antena Mikrostrip Segiempat

Saluran mikrostrip merupakan bagian penting dari antena mikrostrip. Pemilihan saluran pencatu dengan saluran mikrostrip adalah karena kemudahan dalam hal fabrikasi dan penentuan *matching* dari saluran mikrostrip dapat dengan mudah dilakukan. Saluran mikrostrip dapat mempengaruhi *matching* pada antena mikrostrip (Indra Surjati, 2010:43). Untuk mengatur letak *matching* antena, hal yang perlu dilakukan cukup dengan mengubah-ubah panjang dari elemen pencatu atau dengan memberikan *stub* dan mengubah-ubah posisinya terhadap *patch*.

Antena mikrostrip dalam perancangan ini menggunakan *patch* yang berbentuk segiempat. *Patch* segiempat lebih banyak digunakan karena kemudahan dalam analisis dan proses fabrikasi. Antena mikrostrip memiliki bentuk dasar yang terdiri dari elemen konduktor peradiasi (*patch*) segiempat yang dicetak pada salah satu sisi *substrat* dan bagian pentanahan pada bagian lainnya.

Antena mikrostrip segiempat memiliki dimensi yang terdiri dari panjang dan lebar yang dapat mempengaruhi kinerja suatu antena mikrostrip.

Akibat dimensi tersebut, antenna dipengaruhi oleh faktor tepi pada *substrat* (*Fringing Effect*)(Balanis, 2005:812). Seperti terlihat pada gambar 2.4.

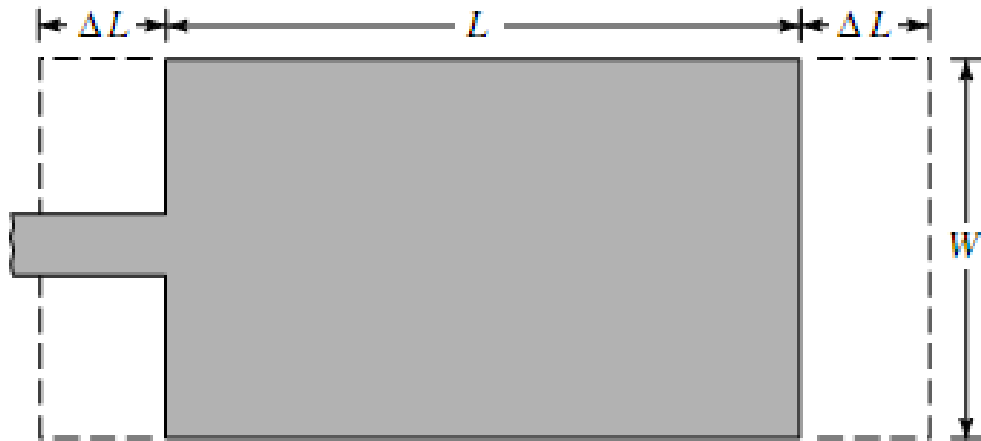


Gambar 2.6. Saluran Mikrostrip dan Saluran Medan Elektrik

Jumlah *fringing effect* pada *substrat* bergantung pada rasio dimensi elemen peradiasi dan tinggi *substrat* dielektrik. Rasio antara panjang elemen peradiasi dengan tinggi *substrat* (L/H) menghasilkan medan elektrik (E). Sedangkan rasio antara lebar elemen peradiasi dengan tinggi *substrat* (W/H) menghasilkan medan magnet (H). Nilai rasio antara dimensi elemen peradiasi dengan tinggi *substrat* harus lebih besar dari 1. Hal ini menyebabkan elemen peradiasi akan terlihat lebih besar dibandingkan wujud antenna sebenarnya.

Konstanta dielektrik *substrat* (ϵ_r) ikut berpengaruh terhadap dimensi antenna mikrostrip. Diperlukan konstanta dielektrik *substrat* yang efektif (ϵ_{reff}) untuk menghasilkan ukuran antenna yang tepat. Nilai konstanta dielektrik efektif berkisar antara 1 sampai ϵ_r , sehingga nilai ϵ_r harus lebih dari 1 (Wang dan Lee, 2002:265).

Akibat *fringing effect*, medan elektrik pada elemen peradiasi terlihat lebih besar dibandingkan dimensi fisik antenna, dimana sebelumnya panjang antenna sebelumnya (L) ditambahkan dengan panjang permukaan yang lain sebesar L .



Gambar 2.7. Antena Mikrostrip Tampak Atas

Berdasarkan gambar 2.7, dapat dirumuskan beberapa rumus mencari

parameter :

$$L_{eff} = L + 2\Delta \dots\dots\dots \text{(Pers 2.1)}$$

$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \dots\dots\dots \text{(Pers 2.2)}$$

Maka,

$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.3)}$$

Dengan :

L_{eff} : Panjang efektif (m)

c : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s²)

ϵ_{reff} : Konstanta dielektrik *substrat* efektif

Berdasarkan penjelasan diatas, langkah-langkah untuk merancang antena mikrostrip segiempat sebagai berikut :

1. Penentuan frekuensi kerja, dan tinggi serta koefisien dielektrik *substrat*
(sesuai dengan jenis *substrat* yang digunakan)

2. Menghitung lebar antena mikrostrip segiempat

$$W = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.4})$$

Dengan :

- W : Lebar Antena (m)
 c : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s²)
 fr : Frekuensi Resonansi (Hz)
 ϵ_r : Konstanta dielektrik *substrat*

3. Menghitung konstanta dielektrik *substrat* efektif

$$4. \epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \left[\frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W_P}}} \right) \right] \dots\dots\dots(\text{Pers 2.5})$$

Dengan :

- ϵ_{reff} : Konstanta dielektrik *substrat* efektif
 ϵ_r : Konstanta dielektrik *substrat*
 h : Tinggi *substrat* (m)
 W : Lebar *substrat* (m)

4. Menghitung nilai panjang efektif (L_{eff}) antena sesuai dengan persamaan 2.3

2.1.3. Parameter Umum Antena Mikrostrip

Ada beberapa parameter penting sebagai karakteristik antena yang biasanya ditentukan pada pengamatan medan jauh (*far field*). Parameter tersebut menjadi dasar untuk mengetahui performa dari perancangan sebuah antena. Pada

antena mikrostrip, beberapa parameternya adalah *bandwidth*, *return loss*, VSWR, impedansi masukan, frekuensi resonansi, polarisasi, pola radiasi dan *gain*.

2.1.3.1. *Bandwidth*

Bandwidth sebuah antenna dapat didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana performa antenna sesuai dengan standar yang ditetapkan (Balanis, 2005: 852). Besarnya *bandwidth* ini ditentukan oleh parameter kerja antenna lainnya, seperti impedansi masukan, VSWR, *return loss*, pola radiasi, *beamwidth*, *gain* dan polarisasi. Biasanya nilai tengah *bandwidth* merupakan frekuensi resonansi antenna. *Bandwidth* memiliki batas frekuensi bawah (frekuensi mula-mula) dan frekuensi atas (frekuensi akhir). Berikut ini rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai *bandwidth*:

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Pers 2.6)}$$

Dimana:

BW : *Bandwidth*

f_1 : Frekuensi bawah (Hz)

f_2 : Frekuensi atas (Hz)

f_c : Frekuensi tengah (Hz)

Oleh karena itu, terdapat dua jenis *bandwidth* yang dibedakan berdasarkan parameter standar penentunya, yaitu *pattern bandwidth* dan *impedance bandwidth*. Pada antenna mikrostrip, terdapat tiga macam *bandwidth* yang digunakan pada perancangan dan pengukuran, yaitu:

a. *Impedance Bandwidth*

Impedance Bandwidth adalah rentang frekuensi dimana *patch* antenna *matching* dengan saluran catunnya. Hal ini terjadi karena impedansi

dari elemen antena (*patch* dan saluran catu) bervariasi bilainya menurut frekuensi. Parameter untuk mengetahui kondisi *matching* tersebut dapat dilihat dari nilai *return loss* saat < -9.54 dB, dan VSWR kurang dari atau sama dengan 2.

b. Pattern Bandwidth

Pattern Bandwidth adalah rentang frekuensi dengan *beamwidth*, *sidelobe*, atau *gain* memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus kita tentukan sehingga besarnya *bandwidth* dapat ditentukan. Kondisi saat rentang frekuensi pada *beamwidth*, *sidelobe*, atau *gain* yang bervariasi menurut frekuensi.

c. Polarization atau Axial Ratio Bandwidth

Axial Ratio Bandwidth adalah kondisi saat rentang frekuensi pada polarisasi linier atau melingkar masih terjadi. Pada umumnya nilai batas ARBW < 3 . Nilai ARBW yang semakin mendekati 1 menunjukkan polarisasi antena yang semakin melingkar.

2.1.3.2. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Nilai tegangan gelombang berdiri (VSWR) merupakan perbandingan antara nilai amplitudo maksimum dengan nilai amplitudo minimum. Untuk mencari nilai VSWR menggunakan persamaan berikut :

$$S = \frac{|\bar{V}|_{max}}{|\bar{V}|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.7)}$$

Terdapat tiga kondisi yang dapat terjadi, yaitu :

- a. = -1 : refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat.
- b. = 0 : tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.

c. = +1 : refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

2.1.3.3. *Return loss*

Return loss merupakan nilai perbandingan antara amplitudo yang dipancarkan dengan amplitudo yang dipantulkan kembali. *Return loss* bisa terjadi karena adanya ketidaksinambungan antara saluran transmisi dengan impedansi masukan, gelombang yang dipancarkan tidak semuanya diterima, tetapi ada yang dipantulkan kembali. Nilai *return loss* dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{ReturnLoss} = 20 \log_{10} |\Gamma| \dots\dots\dots(\text{Pers 2.8})$$

Nilai dari *return loss* yang baik adalah di bawah -9,54 dB (RL ≤ -9,54 dB) nilai ini diperoleh untuk nilai VSWR ≤ 2 sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Pada perhitungan *return loss* dapat diketahui kesesuaian kerja antena dengan frekuensi yang diharapkan.

Perbandingan antara gelombang yang dipantulkan dengan yang diterima disebut faktor refleksi. Faktor refleksi dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

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

Dimana:

Γ : koefisien refleksi tegangan

V_0^- : tegangan yang dipantulkan (V)

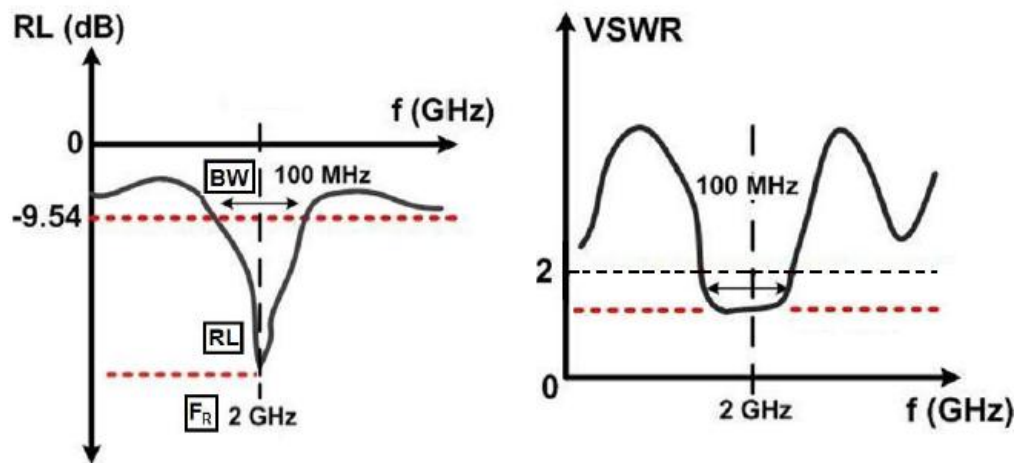
V_0^+ : tegangan yang dikirimkan (V)

Z_L : impedansi beban (Ω)

Z_L : impedansi saluran *loss less* (Ω)

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka :

- $\Gamma=-1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat.
- $\Gamma=0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.
- $\Gamma=+1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka.



Gambar 2.8. (a) Grafik *Bandwidth*, f_r , dan *Return loss*

(b) Grafik VSWR

2.1.3.4. Gain

Gain (penguatan) merupakan nilai perbandingan antara intensitas radiasi pada arah utama dengan intensitas radiasi saat daya yang dipancarkan secara isotropik (arah pancar merata kesemua arah) sama dengan daya yang diterima oleh antenna, kemudian nilai perbandingan dikalikan dengan 4π .

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \dots\dots\dots(\text{Pers2.10})$$

Dimana;

P_{rad} : Daya total radiasi (yang diterima secara isotropik)

U : Intensitas radiasi

Gain antena merupakan besaran yang memperhitungkan efisiensi antena (η) dan kemampuan direksionalnya (D). Dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$G = D \times \eta \dots\dots\dots(\text{Pers2.11})$$

Gain merupakan faktor perbandingan antara daya *output* (P_r) atau *effective isotropic radiated power* (EIRP) dengan daya *input* (P_{in}) yang diberikan kepada suatu antena.

$$\eta = \frac{P_r}{P_{in}} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.12})$$

2.1.3.5. Impedansi Masukan

Impedansi masukan didefinisikan sebagai impedansi yang diberikan oleh antena kepada rangkaian di luar, pada suatu titik acuan tertentu. Impedansi masukan berfungsi untuk mengetahui apakah antena dalam kondisi *matchings* saat terhubung dengan tegangan, sehingga sinyal yang dikirimkan ke antena akan terpancarkan.

Impedansi masukan dari sebuah antena dapat dilihat sebagai impedansi dari antena tersebut pada terminalnya. Impedansi masukan, Z_{in} terdiri dari bagian real (R_{in}) dan Imajiner (X_{in}).

$$Z_{in} = (R_{in} + jX_{in})\Omega \dots\dots\dots(\text{Pers 2.13})$$

Dimana :

Z_{in} : Impedansi Generator (Ω)

R_{in} : Resistansi Generator (Ω)

X_{in} : Reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena(Ω)

Nilai R_{in} merupakan penjumlahan antara tahanan radiasi pada antena (R_r) dengan tahanan rugi-rugi antena (R_L), dengan rumus:

$$R_g = R_r + R_L \dots\dots\dots(\text{Pers 2.14})$$

Resistansi masukan (R_{in}) mewakili disipasi yang terjadi karena dua hal. Pertama karena daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali lagi (radiasi), yang kedua karena rugi-rugi ohmic yang terkait dengan panas dan struktur antena. Namun pada banyak antena, rugi-rugi ohmic sangat kecil bila dibandingkan dengan rugi-rugi akibat radiasi.

Komponen imajiner (X_{in}) mewakili reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena. Kondisi *matching* harus dibuat sedemikian rupa sehingga mendekati $50+j0 \Omega$.

2.1.3.6. Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan (*directivity*) adalah nilai perbandingan antara intensitas radiasi suatu antena pada arah tertentu dengan rata-rata intensitas radiasi dari semua arah suatu *antenna* (Balanis, 2005: 840). Penentuan arah antena dapat menggunakan intensitas radiasi dalam keadaan maksimum. Untuk mencari nilai keterarahannya dapat menggunakan rumus

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{P_{rad}} \dots\dots\dots(\text{Pers.2.15})$$

Dimana :

D : Keterarahan

U : Intensitas Radiasi

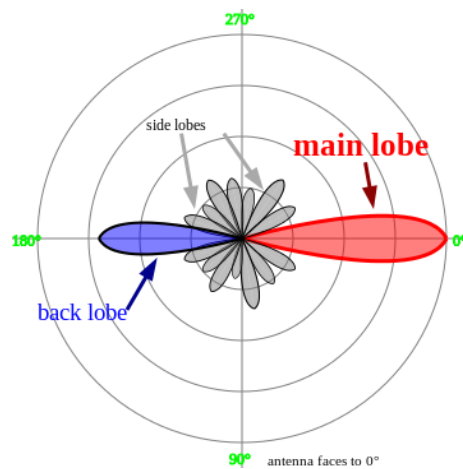
U_0 : Intensitas Radiasi Secara Isotropik

P_{rad} : Daya total radiasi

2.1.3.7. Pola Radiasi

Pola radiasi sebuah antenna didefinisikan sebagai representasi grafis dan pola antenna yang menggambarkan kekuatan relatif medan yang dipancarkan diberbagai arah dari antenna pada jarak yang konstan.

Menurut Balanis (2005: 27) Pola radiasi juga dapat diartikan sebagai distribusi atau pola yang dipancarkan oleh sebuah antenna dari sifat radiasi antenna yang meliputi intensitas radiasi, kerapatan fluks, kuat medan, atau polarisasi. Ada tiga macam pola radiasi diantaranya adalah:



Gambar 2.9. Lobe Radiasi Antena

1. Pola Isotropik

Antena isotropik didefinisikan sebagai sebuah antenna tanpa rugi-rugi secara hipotesis yang mempunyai radiasi sama besar ke setiap arah

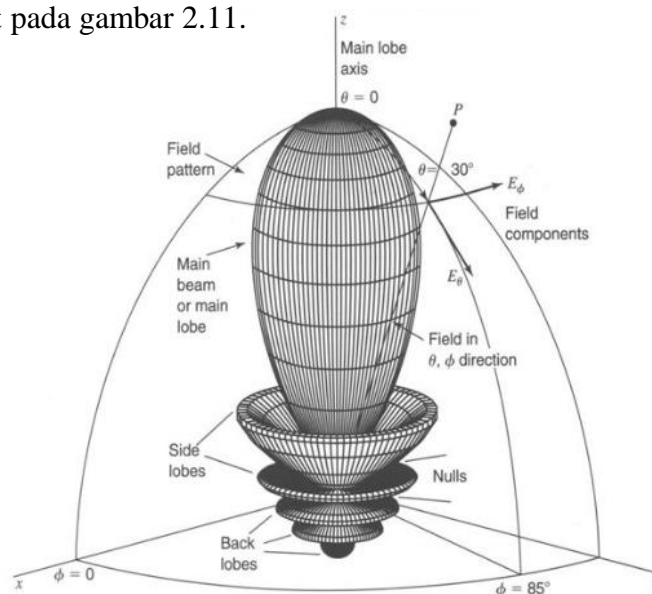
2. Pola Direksional

Antena yang mempunyai pola radiasi atau pola menerima gelombang elektromagnetik yang lebih efektif pada arah-arah tertentu saja. Salah satu contoh antena direksional adalah dengan pola omnidireksional.

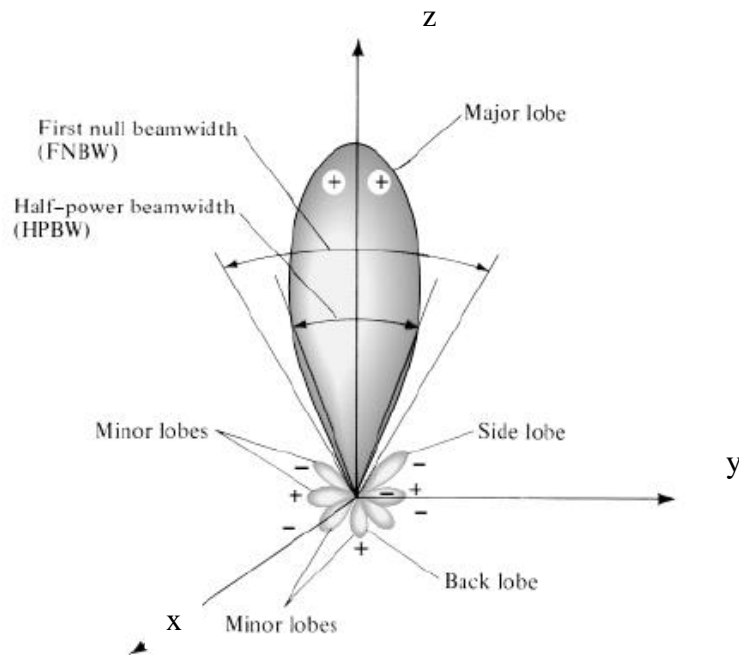
3. Pola radiasi *lobe*

Bagian-bagian dari pola radiasi ditunjukkan sebagai cuping-cuping yang bisa diklasifikasikan menjadi *main* (utama), *side* (samping) dan *back* (belakang).

Main lobe adalah *lobe*/cuping radiasi yang memiliki arah radiasi maksimum. *Side lobe* adalah *lobe*/cuping selain *main lobe* sedangkan *back lobe* adalah *lobe* yang arahnya berlawanan 180° dengan *main lobe*. *Side lobe* dan *back lobe* merupakan *minor lobe* yang keberadaanya tidak diharapkan (Balanis, 2005:31). Dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.10. Pola Radiasi Antena Umum



Gambar 2.11. Pola Radiasi Antena Mikrostrip

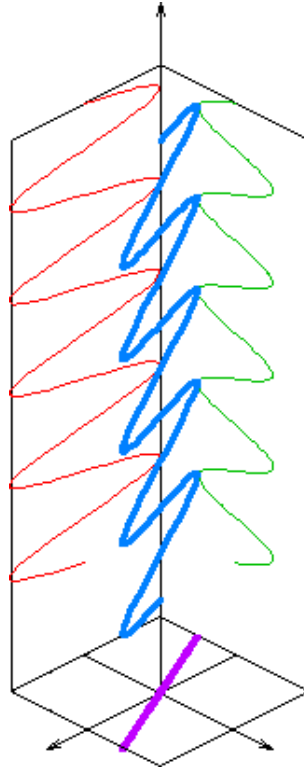
2.1.3.8. Polarisasi

Energi yang diradiasikan oleh antena merupakan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik dan magnet yang saling tegak lurus dan masing-masing juga tegak lurus dengan arah propagasi. Medan listrik dari gelombang elektromagnetik ini digunakan untuk menggambarkan polarisasi dari antena yang dipancarkan berdasarkan satuan waktu.

Polarisasi pada antena mikrostrip dibagi menjadi 3 macar yakni linear (linier), sirkular (melingkar), atau *elliptical* (elips).

1. Polarisasi Linier

Polarisasi linier merupakan polarisasi gelombang saat perubahan fasanya berdasarkan satu garis lurus per satuan waktu. Hal ini dapat terjadi jika vektor (elektroik maupun magnet) hanya memiliki satu komponen atau 2 komponen yang saling tegak lurus secara linie yang berada pada perbedaan fasa waktu atau 180° atau kelipatannya.



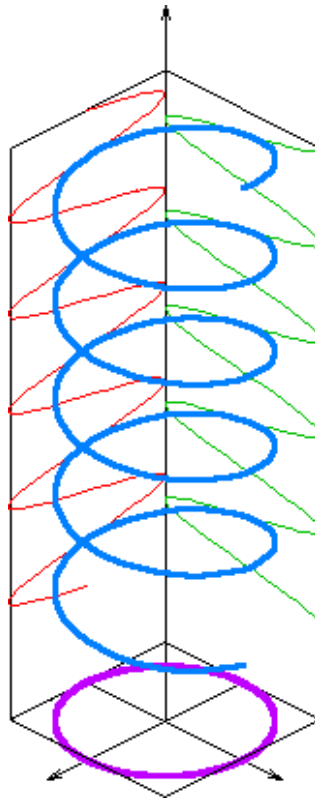
Gambar 2.12. Polarisasi Linier

2. Polarisasi Melingkar

Polarisasi melingkar terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (atau magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu.

Hal ini dapat terjadi jika medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier, komponen memiliki magnitudo yang sama, dan komponen harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil 90° .

Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization* (LHCP) dan *Right Hand Circular Polarization* (RHCP). LHCP terjadi ketika $\delta = +\pi/2$, sebaliknya RHCP terjadi ketika $\delta = -\pi/2$.



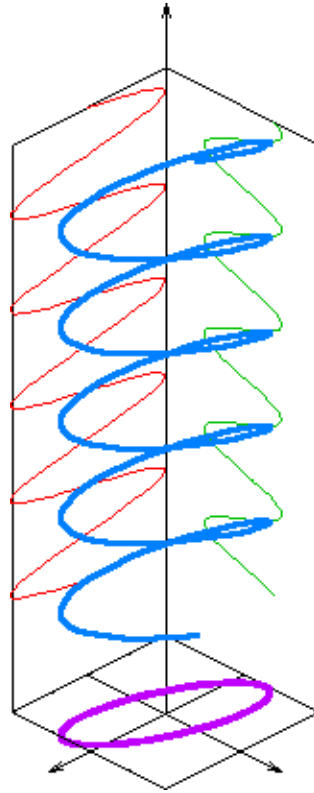
Gambar 2.13. Polarisasi Melingkar

3. Polarisasi Elips

Polarisasi elips terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang.

Hal ini dapat terjadi pada keadaan medan harus mempunyai dua komponen linier orthogonal, komponen tersebut harus berada pada magnitudo yang sama atau berbeda, lalu jika komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama, perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai 0° atau kelipatan 180° (karena akan menjadi linier). Jika kedua komponen berada pada magnitudo yang

sama maka perbedaan fasa diantara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil 90° (karena akan menjadi lingkaran).



Gambar 2.14. Polarisasi Elips

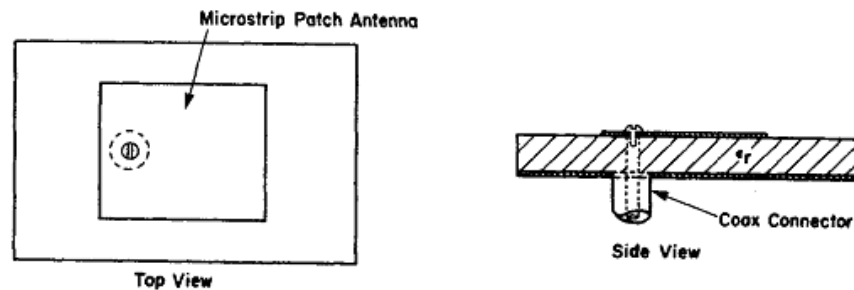
2.1.4. Pencatuan Antena Mikrostrip Segiempat

Teknik pencatuan juga merupakan hal menentukan dalam proses perancangan. digunakan untuk menentukan cara pengiriman energi dari sumber ke antena mikrostrip. Saluran pencatu dibagi menjadi dua macam, yaitu pencatuan secara langsung (*direct coupling*), dan pencatuan secara tidak langsung (*electromagnetic coupling*).

a. Pencatuan secara langsung (*direct coupling*)

Pencatuan secara langsung dimana elemen peradiasi antenna dan konektor dihubungkan secara langsung dengan melakukan penyolderan pada bagian pentanahan. Pencatuan secara langsung terbagi menjadi dua macam yaitu dengan menggunakan saluran koaksial dan saluran transmisi.

Pencatuan dengan menggunakan koaksial adalah teknik dimana bagian inti konduktor dari koaksial terhubung langsung dengan elemen radiasi, dan bagian luar konduktornya terhubung dengan bidang pentanahan.



Gambar 2.15. Teknik Pencatuan Langsung Koaksial

Teknik pencatuan langsung selanjutnya yakni dengan teknik saluran transmisi. Teknik saluran transmisi adalah sebuah teknik dimana sebuah strip yang terhubung langsung dengan elemen peradiasi dan bagian pentanahan.



Gambar 2.16. Teknik Pencatuan Langsung Saluran Transmisi

Dari kedua teknik pencatuan langsung tersebut, dapat diketahui kelebihan dari keduanya, yakni desain yang sederhana dan dapat dengan mudah mengatur

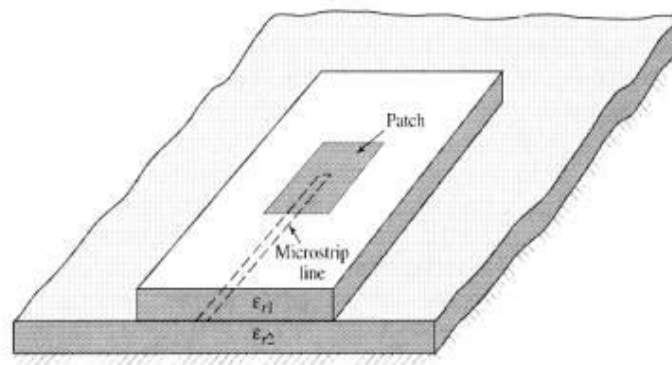
nilai impedansi masukan yang akan digunakan. Tetapi kelemahan dari teknik ini adalah memiliki *bandwidth* yang sempit dan sulit untuk difabrikasi pada *substrat* yang tebal.

b. Pencatuan secara tidak langsung (*electromagnetic coupling*)

Salah satu kelemahan antenna mikrostrip adalah *bandwidth* yang sempit. Akan tetapi ada berbagai cara untuk mengatasi kelemahan ini, antara lain dengan menggunakan *substrat* yang tebal, dengan menambahkan elemen parasitic agar mendapat tanggapan resonansi ganda. Untuk mendapatkan kondisi tersebut digunakan beberapa teknik pencatuan tidak langsung.

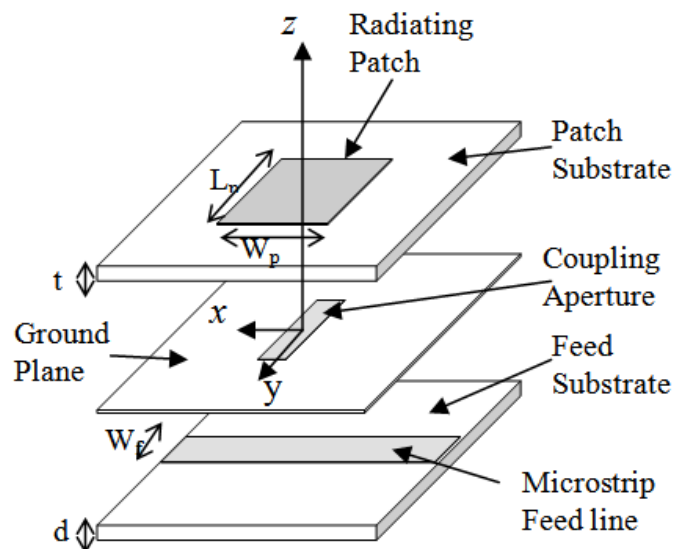
Pada teknik pencatuan secara tidak langsung, terbagi menjadi dua yaitu *proximity coupling* dan *aperture coupling*. Cara kerja teknik *proximity coupling* dengan menggunakan dua buah *substrat*, dimana elemen peradiasi berada pada *substrat* bagian atas, saluran transmisi mikrostrip antara *substrat* atas dengan bawah dan bidang pentanahan pada bagian bawah.

Kemudian dengan menggunakan saluran mikrostrip yang dikopel secara *proximity* pada *patch* yang terletak pada lapisan diatas saluran. Dengan posisi saluran catu diatas *patch*, maka saluran tersebut dapat dibawa ke bagian bawah antenna, sehingga ada dua *substrat* yang digunakan pada teknik ini yang berada diatas bidang pentanahan, dengan menghilangkan bidang pentanahan pada *substrat* yang berada diatas.



Gambar 2.17. Teknik Pencatuan Tidak Langsung *Proximity Coupling*

Teknik pencatuan tidak langsung berikutnya dengan cara penggandengan celah antara saluran transmisi dan antena mikrostrip yang biasa disebut *aperture coupling*. Teknik ini menggunakan dua buah atau lebih dimana permukaan pada *substrat* bagian atas terdapat elemen peradiasi antena, kemudian saluran transmisi berada pada permukaan *substrat* bagian bawah, dan elemen peradiasi dengan saluran transmisi terdapat bidang pentanahan yang digendeng dengan sebuah celah.



Gambar 2.18. Teknik Pencatuan Tidak Langsung *Aperture Coupling*

Substrat bagian atas (*upper substrat*) yaitu *substrat* dimana tingkat ketebalan yang dibutuhkan lebih tebal dengan konstanta dielektrik yang relatif kecil. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan *bandwidth* dan performa radiasi dari antena. *Substrat* bagian bawah yaitu *substrat* dengan saluran pencatu membutuhkan *substrat* yang tipis dengan konstanta dielektrik yang relatif lebih tinggi dari *substrat* bagian atas. Keuntungan dari kedua teknik pencatutan secara tidak langsung adalah memiliki *bandwidth* yang lebar dan tingkat isolasi saluran transmisi yang baik.

2.1.5. Karakteristik Saluran Mikrostrip

Panjang dari saluran mikrostrip (L_F) tidak mempengaruhi kinerja saluran transmisi, melainkan hanya lebar (W_F) dan tebal dari *substrat* (h), dimana keduanya mempengaruhi parameter utama dari saluran transmisi yaitu impedansi karakteristik (Z_0).

1. Menentukan lebar saluran mikrostrip (W_F)

Nilai Z_0 dan ϵ_r harus ditetapkan sebelumnya, dan lebar saluran mikrostrip dapat dicari setelah menentukan rumus yang sesuai dengan syarat $u = \frac{W_F}{h}$. Hammerstad dan Jensen memberikan cara perhitungan sebagai berikut (Alaydrus, 2011: 191):

- Untuk $u = \frac{W_F}{h} \leq 2d$

$$\frac{W_F}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A}-2} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.16})$$

dengan

$$A = \frac{Z_0}{60} \left[\frac{\epsilon_r+1}{2} \right]^{0,5} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1} \left[0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right] \dots\dots\dots(\text{Pers 2.17})$$

- Untuk $u = \frac{W_F}{h} \geq 2$

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

(Pers 2.18)

dengan

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.19)}$$

2. Menentukan konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff})

Nilai W_F dan h harus ditetapkan sebelumnya, dan konstanta dielektrik efektif dapat dicari setelah menentukan rumus yang sesuai dengan syarat kurang atau lebih dari 1:

- untuk $\frac{W_F}{h} < 1$

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W_F}}} + 0,04 \left(1 - \frac{W_F}{h} \right)^2 \right] \dots \dots \text{(Pers 2.20)}$$

Dan bisa dibuktikan nilai dari impedansi karakteristiknya (Z_0) nya,

$$Z_0 = \left[\frac{60}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \ln \left(\frac{8h}{W_F} \right) \right] + \frac{W_F}{4h} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.21)}$$

Dimana:

Z_0 : Impedansi karakteristiknya (Ω)

h : Tinggi *substrat* (mm)

w : Lebar saluran transmisi (mm)

- untuk $\frac{W_F}{h} > 1$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \left[\frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W_F}}} \right) \right] \dots \dots \dots \text{(Pers 2.22)}$$

Dan bisa dibuktikan nilai dari impedansi karakteristiknya (Z_0) nya,

$$Z_0 = \frac{120\pi / \sqrt{\epsilon_{eff}}}{\frac{W_F}{h} + 1.393 + \left[\frac{2}{3} \ln \left(\frac{W_F}{h} + 1.44 \right) \right]} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.23)}$$

Dimana:

Z_0 : Impedansi karakteristiknya (Ω)

ϵ_{eff} : Konstanta dielektrik efektif

h : Tinggi *substrat* (mm)

w : Lebar saluran transmisi (mm)

2.1.6. Dimensi Antena Mikrostrip

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

Pendekatan yang digunakan untuk mencari panjang dan lebar antena mikrostrip dapat menggunakan persamaan berikut:

1. Menentukan Lebar dari elemen peradiasi (W_p)

$$W_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.24)}$$

Dimana :

W : Lebar konduktor

ϵ_r : Permittivitas *relative* dari *substrat*

c : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

f_r : Frekuensi kerja antena (Hz)

2. Menentukan Panjang dari Elemen Peradiasi (L_p)

Untuk menentukan panjang peradiasi atau *patch*, terlebih dahulu diperlukan parameter ΔL yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat *fringing effect*. Menghitung nilai panjang *patch* efektif (L_{eff}) dan perubahan panjang yang disebabkan *fringing effect* atau efek medan tepi pada elemen peradiasi (ΔL) tersebut dirumuskan:

$$\Delta L = 0,412 \times h \times \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) + \left(\frac{W_p}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) + \left(\frac{W_p}{h} + 0,8\right)} \right] \dots \dots \dots \text{(Pers 2.25)}$$

Sehingga didapatkan total panjang (L) peradiasi (*patch*) sebagai berikut:

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \dots \dots \dots \text{(Pers 2.26)}$$

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif yang dirumuskan:

$$L_{eff} = \frac{c}{2 \times f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.27)}$$

Dimana :

- L_{eff} : Panjang efektif *patch*
- c : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
- f_r : Frekuensi kerja (Hz)
- h : Ketebalan *substrat* dielektrik (mm)

3. Menentukan Dimensi *Substrat* dan *Ground Plane*

Secara ideal *Ground Plane* diasumsikan memiliki dimensi yang tak terhingga (*infinite*), namun jika hal tersebut diaplikasikan maka tidaklah efektif dan efisien sehingga ukurannya menjadi disesuaikan dengan nilai minimum.

$$W_S = 6h + W_P \dots\dots\dots \text{(Pers 2.28)}$$

$$L_S = 6h + L_P \dots\dots\dots \text{(Pers 2.29)}$$

4. Menentukan Bahan

Konstanta dielektrik relatif ϵ_r , sebagian besar akan mempengaruhi *bandwidth*, toleransi fabrikasi, impedansi informasi dan saluran transmisi. Ukuran setiap jalur juga dipengaruhi oleh konstanta dielektrik. Untuk jalur yang beroperasi pada frekuensi (f), ketebalan (h), maka *substrat* harus memenuhi :

$$h \leq \frac{0,3 c}{2 \pi f \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.30)}$$

Dimana :

- c : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
- f_r : Frekuensi kerja (Hz)
- h : Ketebalan *substrat* dielektrik (mm)

5. Frekuensi Resonansi

Resonansi pada rangkaian merupakan keadaan dimana reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif memiliki nilai yang sama ($X_L = X_C$). Sehingga didapatkan pengaruh L dan C terhadap frekuensi resonansi seperti pada persamaan 2.31.

$$\begin{aligned}
 X_L &= X_C \\
 \omega L &= \frac{1}{\omega C} \\
 \omega^2 &= \frac{1}{LC} \\
 \omega &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\
 2\pi f_r &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\
 f_r &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{2.31}
 \end{aligned}$$

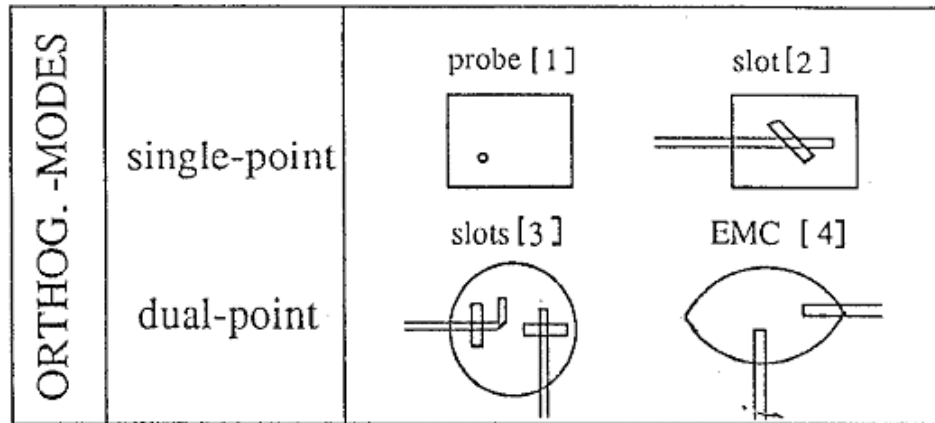
2.1.7. Teknik Menghasilkan Multi Frekuensi Antena Mikrostrip

Menurut Maci. S (1997: 13-14) Ada berbagai metode yang digunakan untuk menghasilkan antena mikrostrip yang bekerja pada beberapa frekuensi menggunakan 3 teknik, yaitu:

1. *Orthogonal mode* multi-frekuensi antena

Teknik ini biasa digunakan untuk mendapatkan dua buah frekuensi kerja yang memiliki polarisasi *orthogonal*. Cara yang digunakan teknik ini adalah dengan menempatkan pencatu pada sebuah elemen peradiasi dengan posisi sedemikian rupa sehingga menghasilkan kondisi *matching*.

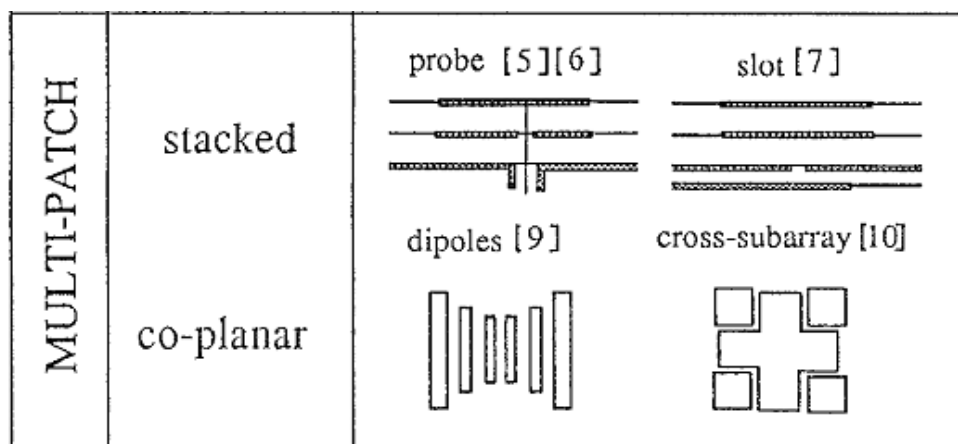
Teknik ini dapat menggunakan satu atau dua buah pencatu, dimana terdapat slot yang arahnya condong ke pencatu. Seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.19. Teknik Orthogonal Mode Multi-Frekuensi

2. *Multi-patch* multi-frekuensi antena

Cara untuk menghasilkan lebih dari satu frekuensi dengan menggunakan *patch* lebih dari satu yang disusun secara berderet atau menumpuk, sehingga frekuensi resonansi yang dihasilkan pun berbeda-beda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.8.

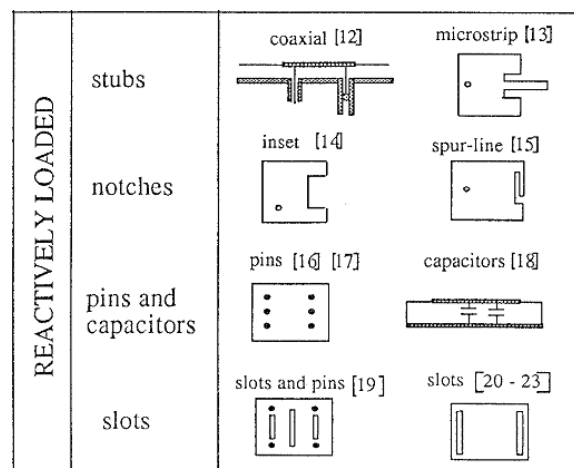


Gambar 2.20. Teknik *Multi-patch* Multi-frekuensi

3. *Reactively-loaded* multi-frekuensi antenna

Reactively-loaded atau yang juga bisa disebut *Miscellaneous-loaded* merupakan teknik yang paling populer untuk menghasilkan lebih dari satu frekuensi atau frekuensi ganda.

Cara kerja teknik ini adalah dengan pemberian beban reaktif pada antenna. Beban tersebut dapat berupa *stub* (*microstrip line*), *notch*, pin, kapasitor, slot atau gabungan. Biasanya penambahan beban reaktif secara khusus ditempatkan pada tepi peradiasi untuk menghasilkan panjang resonansi yang lebih jauh. Dimana panjang resonansi ini berkaitan dengan pembangkitan frekuensi resonansi kedua.



Gambar 2.21. Teknik Reactively-loaded Multi-frekuensi

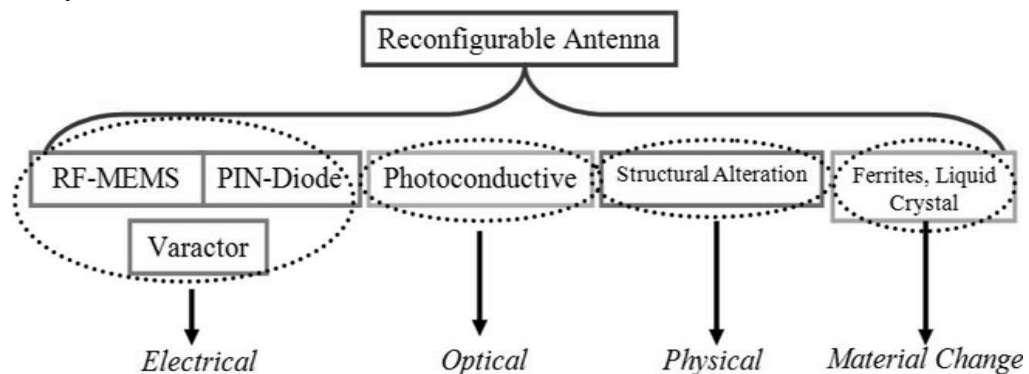
2.2. Teknik Rekonfigurasi Antena

Antena rekonfigurasi memiliki lebih banyak keuntungan dan prospek yang baik. Pada fisiknya, antenna ini lebih ringan dan memiliki dimensi yang kecil. Selain itu, antenna jenis ini dapat diimplementasikan dalam berbagai kebutuhan, misalnya merekonfigurasi frekuensi, polarisasi dan pola radiasi.

Untuk dapat menghasilkan *dual band* frekuensi antenna mikrostrip, teknik yang dilakukan pada antenna yakni rekonfigurasi *frequency antenna*. Cara kerja

sistem rekonfigurasi ini, merekonfigurasi resonansi oleh perubahan struktur, sementara pola radiasi dan polarisasi tetap tidak berubah. Sehingga rekonfigurasi frekuensi antena dapat diterapkan diantara susunan lebar frekuensi atau diantara beberapa frekuensi yang diuji. Cara yang digunakan untuk merekonfigurasi frekuensi suatu antena dengan mengubah panjang dimensi antena.

Ada beberapa teknik yang ada untuk mengimplementasikan antena rekonfigurasi. Diantaranya, pada teknik elektrikal jenis *switch* yang digunakan yakni dengan *field effect transistor* (FET), pin dioda, *Varactor*. Pada teknik *optical* digunakan *photoconductive*, pada teknik *physical* dilakukan perubahan struktur, dan dengan teknik mengubah material dapat digunakan cairan kristal dan lainnya.



Gambar 2.22. Teknik Rekonfigurasi Antena

Merekonfigurasi antena merupakan cara mengubah karakteristik operasi fundamental radiator melalui listrik, mekanik dan lainnya. Karakteristik operasi dasar antena tetap tidak berubah dalam sistem ini, antenarekonfigurasi dapat mengubah frekuensi kerja, *bandwidth* impedansi, polarisasi dan polaradiasi.

Antena yang telah dilakukan modifikasi diharapkan dapat menangani permasalahan sistem yang rumit serta dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Ada beberapa klasifikasi yang dapat dicapai dengan sistem

rekonfigurasi ini, diantaranya, merekonfigurasi frekuensi antena, rekonfigurasi pola radiasi antena, rekonfigurasi polarisasi antena dan rekonfigurasi komponen antena.

Rekonfigurasi antena dengan merubah struktur antena, tetapi tidak merubah pola radiasi dan polarisasi. Terlepas dari jenis *switch* yang digunakan, ada beberapa karakteristik penting yang harus dievaluasi oleh semua aplikasi RF *switch* dan desain antena rekonfigurasi. Mirip dengan sakelar listrik, sakelar RF dan *microwave* berbeda.

Konfigurasi memberikan fleksibilitas untuk membuat matriks kompleks dan sistem uji otomatis untuk berbagai aplikasi. Berikut adalah daftar konfigurasi *switch* yang khas dan penggunaan:

- Saklar ***Single-pole-double-throw*** (SPDT atau 1: 2) mengalihkan sinyal rute dari satu masukan ke dua jalur *output*.
- Saklar ***Single-pole-multiple-throw*** (SPnT) memungkinkan satu *input* tunggal beberapa jalur *output* (tiga atau lebih).
- Saklar ***Double-pole-double-throw*** (DPDT) dapat digunakan untuk berpindah antara dua *input* dan dua *output*, sebagai *drop-out switch*, untuk sinyal pembalikan, atau untuk memotong komponen uji.

Dalam buku Rekonfigurasi *Microstrip Antennas Chapter-2*, Antena rekonfigurasi dikelompokkan menjadi dua kategori, yakni :

a. *Continuous and Switched* (Secara terus-menerus dan peralihan yang tetap)

Antena jenis ini memungkinkan transisi halus didalam rangkaian nya dan antar kedua *band* frekuensi tanpa adanya *jumper*.

b. *Switched Tunable Antennas (Antena yang dapat di setel dengan switch)*

Antena jenis ini menggunakan beberapa jenis *switching*. Mekanisme kerja antena ini beroperasi pada pita frekuensi yang berbeda dan terpisah.

Dari kedua jenis antena rekonfigurasi tersebut, perbedaan utama berada pada tingkat panjang efektif. Namun kedua jenis antena pada umumnya memiliki sistem kerja yang sama.

2.2.1. Rekonfigurasi Antena Secara *Electrical*

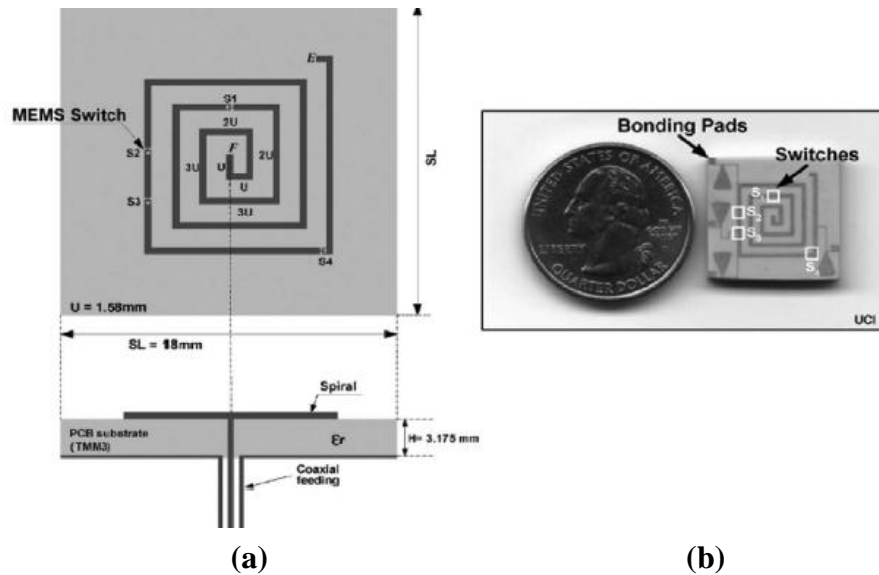
Pada antena rekonfigurasi elektrik semua komponen bergantung pada komponen elektrik *switching* (RF-MEMs, dioda PIN, atau varaktor). Untuk mendistribusikan arus dan mengubah struktur radiasi pemancar. Integrasi *switch* ke struktur antena memudahkan perancangan antena rekonfigurasi.

Ada beberapa jenis teknik *switch* yang dapat digunakan dalam melakukan perekonfigurasi antena, jenis *switch* yang digunakan disesuaikan dengan hasil yang ingin dicapai. Beberapa diantaranya, yakni: (Christos G. Christodoulou, 2012: 2251)

a. Rekonfigurasi *Antennas* dengan menggunakan RF-MEMS

Seperti yang terlihat pada gambar 2.23 adalah bentuk antena dengan satu set saklar *switch radio frequency micro electromechanical system* (RF-MEMs) yang terintegrasi secara monolitik dan dikemas dalam *substrat* dan dicetak pada *printed circuit board* (PCB). *Substrat* dengan konstanta dielektrik 3,27 dan diberi masukan melalui kabel koaksial pada titik pusatnya. Struktur terdiri dari lima bagian yang terhubung dengan empat *switch* RF-MEMS.

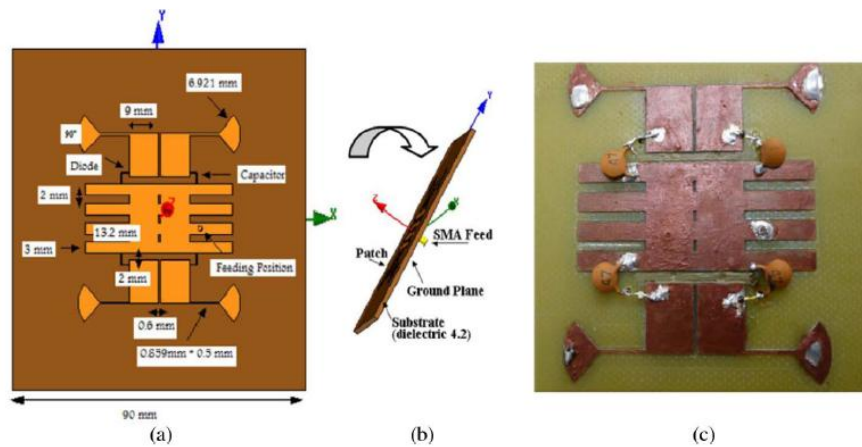
Saklar ditentukan sedemikian rupa sehingga rasio aksial dan *gain* antena optimal pada frekuensi yang ditentukan. Berdasarkan status RF-MEMS yang terintegrasi, antena dapat mengubah arah sinar radiasi.



Gambar 2.23. (a) Pola Radiasi Antena Rekonfigurasi. (b) Fabrikasi Prototipe dengan Garis Bias.

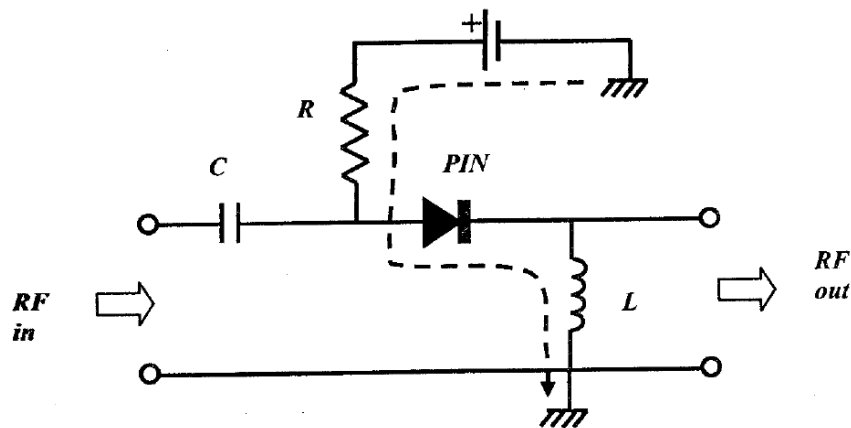
b. Rekonfigurasi Antena dengan menggunakan Pin Dioda

Sebuah antena berbasis teknik rekonfigurasi frekuensi dengan menggunakan pin dioda sebagai *switch* terdiri dari tiga lapisan, lapisan bawah adalah bidang tanah (*ground*) yang mencakup seluruh *substrat*, *substrat* tengah memiliki konstanta dielektrik 4,2 dan ketebalan 0,235 cm, dan lapisan atas adalah *patch* logam yang tersusun dari bagian tengah utama dan empat bagian sekelilingnya yang lebih kecil. (seperti yang terlihat pada gambar 2.24)



**Gambar 2.24.(a) Tampilan Antena Tampak Atas.
 (b) Variasi Konfigurasi yang dapat Dikontrol Secara Manual, Masing-masing Diimplementasikan dengan Pin dioda.
 (c) Penyetelan Operasi Kerja Frekuensi Antena Menurut Keempat Saklar Kombinasi.**

Realisasi saklar untuk rekonfigurasi antena menggunakan teknik *switch* Pin dioda ditunjukkan pada gambar 2.26. yakni jika sumber DC memiliki nilai positif, maka Pin dioda akan dibias secara maju, sehingga saklar tertutup. Sedangkan untuk polaritas negatif, Pin dioda akan dibias terbalik, sehingga saklar tertutup. Resistor R dipakai sebagai pembatas arus DC, L sebagai penghalang sinyal RF dan C sebagai penghalang sinyal DC. Aliran sinyal DC ditunjukkan pada gambar dengan bantuan garis putus-putus. Sedangkan sinyal RF bergerak dari kiri ke kanan. (Alaydrus, 2011: 258-259).



Gambar 2.25. Saklar Frekuensi Radio dengan Menggunakan diode PIN

Menurut Alaydrus (2011: 259) penggunaan Pin dioda diprioritaskan dibandingkan dioda biasa karena dioda PIN memiliki linieritas yang lebih baik, sehingga tidak menghasilkan efek-efek asing yang muncul. Memiliki isolasi yang lebih baik pada saat saklar terbuka, dan memiliki kecepatan yang tinggi pada proses penyaklaran (*on* dan *off*).

2.2.2. Klasifikasi Antena Rekonfigurasi

Menurut Christos G. Christodoulou (2012: 2251) ada 6 teknik rekonfigurasi utama yang digunakan untuk menerapkan antena rekonfigurasi, (seperti terlihat pada gambar 2.23)

Teknik *switching* antena untuk mengarahkan arus permukaannya disebut elektrik rekonfigurasi, diantaranya yakni antena berdasarkan frekuensi radio mikroelektrik sistem (RF-MEMS), dioda-PIN dan varaktor. Antena yang mengandalkan elemen *switching* fotokonduktif disebut optikal anten arekonfigurasi, antena yang dapat dikonfigurasi secara fisik dapat dicapai dengan mengubah struktur antena, dan yang terakhir antenna rekonfigurasi dapat

diimplementasikan dengan penggunaan bahan cerdas seperti *ferrites* dan *liquid crystal*. Antena rekonfigurasi dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori, diantaranya: (Christos G. Christodoulou, 2012: 2251)

Kategori 1: Struktur pemancar yang mampu mengubah frekuensi operasinya agar antara pita frekuensi berbeda dicapai dengan menghasilkan beberapa band frekuensi di antena koefisien refleksi.

Kategori 2: Struktur pemancar yang dapat disesuaikan pola radiasinya. Perbedaan dalam pola radiasi yang dihasilkan dalam hal bentuk, arah atau *gain*.

Kategori 3: Struktur pemancar yang dapat mengubah polarisasi (horizontal, vertikal, melingkar dan lainnya).

Kategori 4: Kategori ini merupakan gabungan dari 3 kategori sebelumnya. Perubahan yang dihasilkan yakni antena rekonfigurasi frekuensi dengan keragaman polarisasi dan pola radiasi pada saat bersamaan.

Dari kategori-kategori tersebut dapat dihasilkan dengan adanya perubahan fisik antena, arus permukaan antena dan daya yang diterima. Hal ini penting diperhatikan bahwa perubahan pada satu karakteristik parameter pada antena, dapat mempengaruhi parameter lainnya. Untuk itu proses desain dan menganalisa harus dilakukan secara simultan agar dapat dihasilkan antena rekonfigurasi yang sesuai.

2.2.3. Kelebihan dan Kekurangan Rekonfigurasi Antena

Kelebihan dalam menggunakan antenarekonfigurasi diantaranya, yakni :
(Christos G. Christodoulou, 2012: 2251)

1. Kemampuan untuk mendukung lebih dari satu *wireless standard*. Dalam hal ini antena dapat meminimalkan biaya antena, meminimalkan kebutuhan volume, menyederhanakan integrasi, dan didapatkan isolasi yang baik antara *wireless standard* yang berbeda.
2. Proses *front-end* yang lebih rendah. Dalam hal ini antena tidak memerlukan penyaringan ujung depan dan penolakan frekuensi sinyal berbeda yang bagus.
3. Dapat digunakan dalam perangkat lunak penerima sistem radio. Dalam hal ini antena dapat bekerja secara otomatis atau *field programmable gate array* (FPGA).
4. Antena bekerja secara multifungsi. Dalam hal ini antena mampu mengubah fungsionalitas sesuai dengan fungsi yang ditentukan, antena bertindak sebagai elemen tunggal atau sebagai *array*, dan menyediakan pita atau wideband yang sempit.

Penggunaan antenna rekonfigurasi yang didesain memiliki potensi untuk radio *frequency*, *wireless* dan satelit, ada beberapa biaya tambahan untum menambahkan proses modifikasi.

Terkait dengan parameter yang berbeda, beberapa kekurangan seperti yang dirangkum, diantaranya:

1. Desain antena dengan *switch*, penambahan elemen *switching* yang juga menambahkan tingkat kompleksitas pada struktur antena.

2. Peningkatan konsumsi daya yang dibutuhkan untuk penggabungan komponen aktif yang digunakan dan menambah biaya sistem.
3. Kebutuhan proses *tuning* yang cepat dalam karakteristik antena radiasi untuk memastikan fungsi sistem bekerja dengan benar.

2.3. Dioda-pin

Menurut *The Pin Diode Circuit Designer Handbook* Microsemi-Watertown (1998: 3) Penggunaan dioda PIN sebagai elemen *switching* pada rangkaian gelombang mikro didasarkan pada perbedaan antara PIN. Karakteristik bias dioda terbalik dan maju. Pada frekuensi gelombang mikro yang lebih rendah ($f < 2$ GHz), PIN Dioda (termasuk paket *parasitics*) merupakan impedansi yang sangat kecil di bawah bias maju dan sangat besar impedansi di bawah bias balik. Ini adalah perbedaan kinerja antara keadaan bias maju dan sebaliknya yang beralih bergantung pada operasi.

Sebagian besar desain saklar untuk dipertimbangkan menggunakan perbedaan dalam refleksi, bukan disipasi, untuk mendapatkan kinerja saklar. Daya yang sangat kecil dihamburkan oleh dioda itu sendiri, sehingga memungkinkan perangkat kecil untuk mengendalikannya secara relatif dengan jumlah besar tenaga *microwave*.

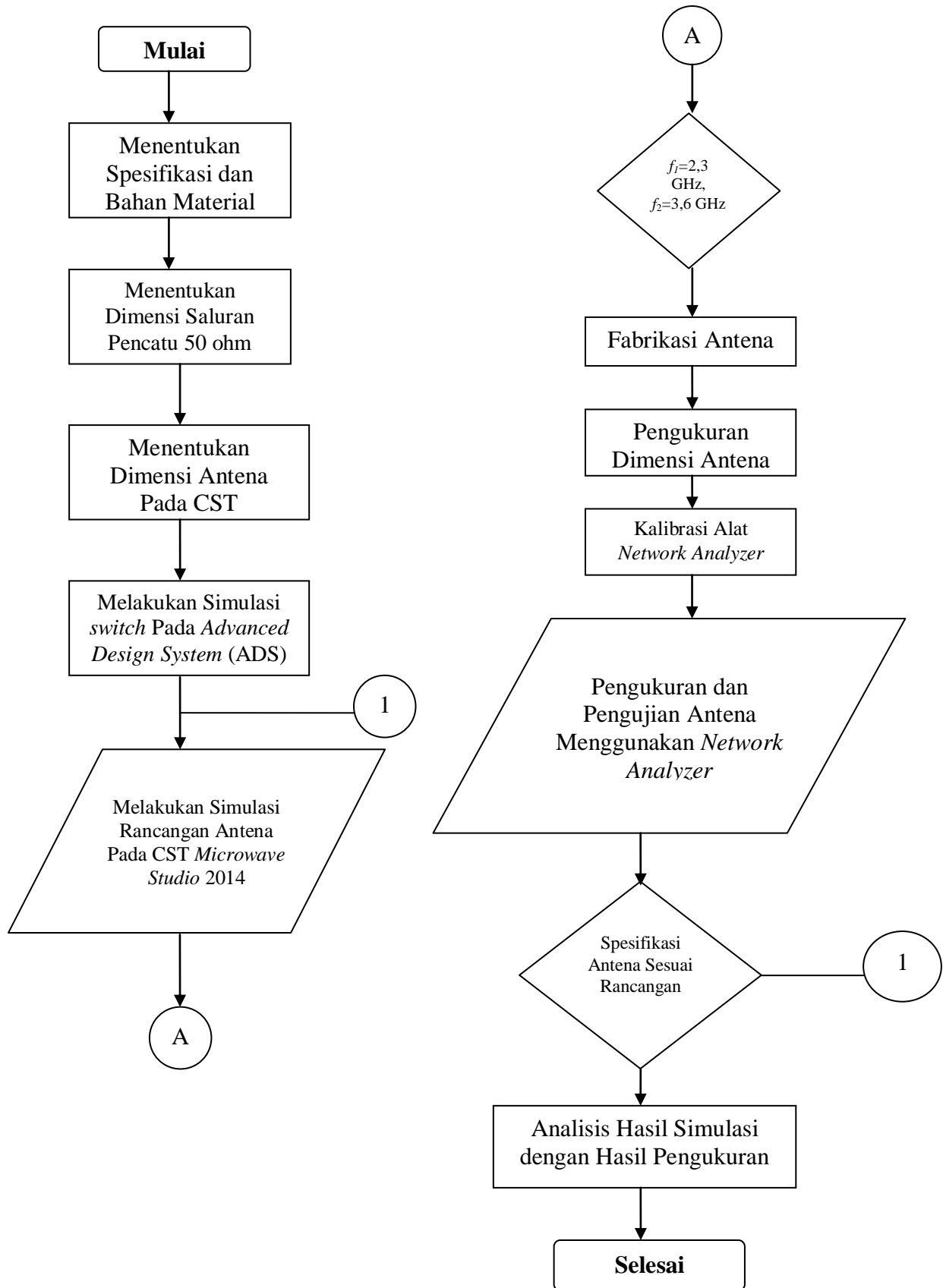
Dengan demikian, *switch* PIN dioda adalah jaringan reaktif, dimana kerugiannya adalah sedikit efek kiriman. Dioda pin merupakan sebuah komponen semikonduktor yang beroperasi sebagai variabel resistor pada rangkaian radio frekuensi dan *microwave*.

Pada antenna rekonfigurasi, dioda-pin biasanya digunakan sebagai *switch*/saklar yang berfungsi untuk meneruskan atau memutuskan arus sehingga

beberapa parameter kerja antenna dapat diatur dengan mengkombinasikan *switch* yang *On* dan *Off*. Prinsip kerja pin dioda sebagai *switch* adalah pengaturan besarnya arus yang mengalir di katoda ataupun di anoda sehingga terjadi perubahan fungsi dari pin dioda itu sendiri. Nilai resistansi dioda pada diode pin hanya dipengaruhi oleh pategangan DC.

2.4. Kerangka Berpikir

Dengan adanya teori yang telah dijelaskan sebelumnya, maka teori tersebut menjadi dasar penelitian dan pengembangan untuk mendesain antenna rekonfigurasi mikrostrip *dual band* frekuensi menggunakan teknik *switch* yang akan di simulasikan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011. Untuk mengetahui lebih lanjut, maka diperlukan studi literatur yang komperhensif, melakukan simulasi antenna mikrostrip dengan menggunakan perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014 yang akan menguji performa antenna rekonfigurasi menggunakan alat ukur *Network Analyzer*. Tahap dari perancangan antenna rekonfigurasi pada penelitian ini dijelaskan dengan *flowchart* yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.26. Flowchart Perancangan Antena Mikrostrip Rekonfigurasi

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta, Pada bulan Juni sampai Juli 2017.

3.2 Metode Pengembangan Produk

3.2.1. Tujuan Pengembangan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain dan mengembangkan perangkat antena mikrostrip *patch* persegi dengan melakukan teknik *switch* agar didapatkan *gain* antena yang baik dan mengetahui tingkat efisiensi antena konfigurasi yang bekerja pada *dual band* frekuensi yakni 2,3 GHz dan 3,6 GHz.

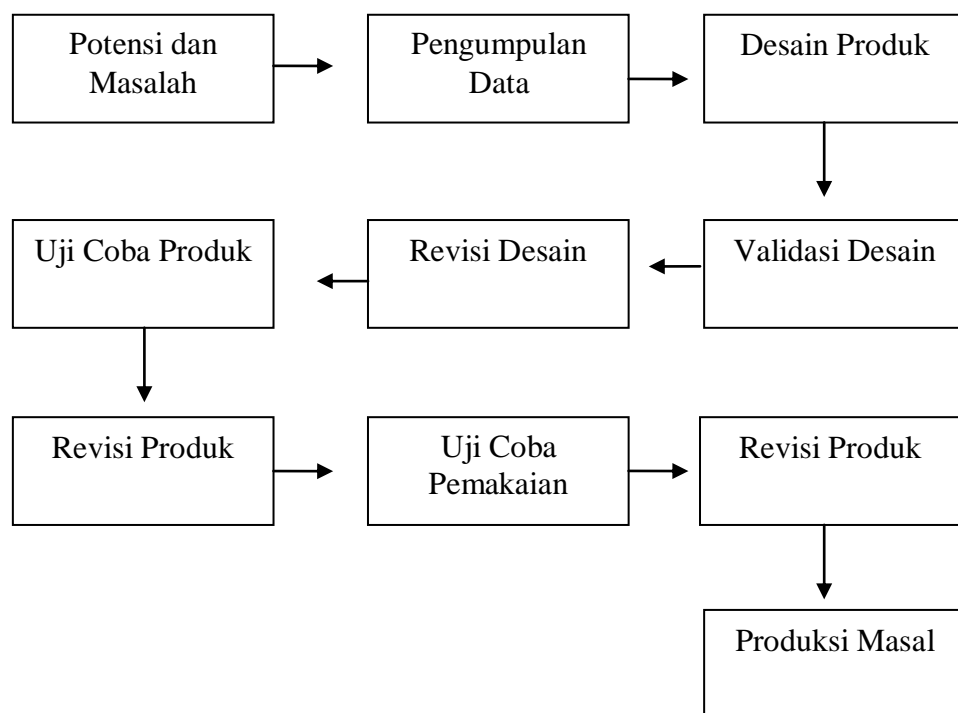
3.2.2. Metode Pengembangan

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode *Research and Development* (R&D). Menurut Sugiyono (2006: 333) mengatakan bahwa metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa Inggrisnya *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut.

Penelitian yang dilakukan dapat diangkat dari potensi adanya suatu masalah. Potensi adalah segala sesuatu yang bila didayagunakan akan memiliki nilai tambah. Sedangkan masalah adalah penyimpangan antara yang diharapkan dengan yang terjadi. (Sugiyono, 2006: 334)

Dari masalah yang timbul dalam suatu fenomena, dapat diatasi dengan cara diteliti sehingga dapat ditemukan suatu model, pola, atau sistem penanganan yang terpadu yang efektif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut.

Peneliti mengambil beberapa langkah penelitian pengembangan, yaitu potensi dan masalah, pengumpulan informasi, desain produk, validasi desain dan uji coba produk. (Sugiono, 2009: 408)



Gambar 3.1. Langkah-langkah Penggunaan Metode *Research and Development* (R&D)

Penjabaran tiap tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Potensi dan Masalah

Penelitian bermula dari perlunya pengembangan teknologi pada perangkat antena mikrostrip tunggal pembagi *band* frekuensi dengan melakukan teknik *switching* rekonfigurasi antena mikrostrip.

2. Pengumpulan Data

Berdasarkan pengumpulan data yang diperoleh dari berbagai informasi yang digunakan sebagai bahan untuk perencanaan dan pengembangan model desain dan penanganan yang efektif. (Sugiyono, 2006: 336).

Pengumpulan data dari berbagai jurnal, buku dan referensi lainnya mengenai antena mikrostrip rekonfigurasi dengan menggunakan teknik *switch*.

3. Desain Produk

Produk yang dihasilkan dalam penelitian *Research and Development* (R&D) bermacam-macam. Dalam bidang teknologi, orientasi produk teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan manusia adalah produk yang berkualitas, hemat energi, menarik, bobot ringan, ergonomis dan bermanfaat ganda (Sugiyono, 2006: 337).

Antena mikrostrip yang di desain pada penelitian, di rancang dengan menggunakan perangkat lunak simulasi yakni menggunakan CST *Microwave Studio* 2014. Teknik *switch* yang digunakan di simulasikan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS)* 2011 dan telah dikaji sebelumnya untuk menyesuaikan tuntutan desain produk dengan teknik yang sesuai untuk mendapatkan hasil antena rekonfigurasi *dual band* frekuensi.

4. Validasi Desain

Validasi desain merupakan proses kegiatan untuk menilai apakah rancangan produk, dalam hal ini sistem kerja baru secara rasional akan lebih efektif dari yang lama atau tidak. Dikatakan rasional, karena validasi masih bersifat penilaian berdasarkan pemikiran rasional, belum berupa fakta (Sugiyono, 2006: 338).

Validasi desain merupakan hasil simulasi dari desain produk pada perangkat lunak simulasi CST *Microwave Studio* 2014 dan *Advanced Design System* (ADS) 2011, dimana pada perangkat ini digunakan untuk menilai apakah perancangan antenna dan teknik *switch* sesuai dengan yang diharapkan.

5. Uji Coba Produk

Uji coba produk meliputi fabrikasi antenna mikrostrip dan pengembangan teknik *switch* pin dioda dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011.

3.2.3. Sasaran Produk

Sasaran produk dalam penelitian ini yakni penggunaan *dual band* frekuensi pada antenna mikrostrip *patch* persegi dengan menambahkan pengembangan teknik *switch* pin dioda yang disimulasikan dengan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011 dan mengikuti parameter yang sesuai dengan karakteristik antenna pada umumnya.

3.2.4. Instrumen

Pada penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah bahan, alat ukur dan alat penunjang lainnya. Beberapa alat yang dibutuhkan dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perangkat Lunak *Computer Simulation Technology*(CST) *Microwave Studio* 2014
- b. Perangkat Lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011
- c. *Personal Computer*
- d. *Network Analyzer* Anritsu tipe S332E
- e. Bahan Material FR-4 *Epoxy* (*Lossy*) dan *Cooper* (*annealed*)

f. Konektor SMA Female 50 ohm

Namun dari semua alat dan bahan yang telah disebutkan, peneliti juga menyesuaikan dari semua aspek pendukung dalam prosedur pengembangan, pengumpulan data, dan analisis data hingga pada hasil kesimpulan dari penelitian.

3.3. Prosedur Pengembangan

3.3.1. Tahap Penelitian dan Pengumpulan Informasi

Pada penelitian ini peneliti tertarik mendesain perangkat antenna mikrostrip *dual band* frekuensi, yang diharapkan dapat digunakan dalam pengaplikasian sistem telekomunikasi misalnya *wifi* pada *personal computer*. Frekuensi yang diterima pada setiap perangkat yang ingin terhubung ke internet berbeda-beda.

Untuk itu, digunakan metode antenna rekonfigurasi, yakni merekonfigurasi parameter antenna mikrostrip guna meningkatkan efisiensi sistem kerja antenna mikrostrip dengan cara mengubah karakteristik suatu antenna yang *fix*. Pada konteks *antenna*, merupakan cara mengubah karakteristik operasi fundamental radiator melalui listrik, mekanik dan lainnya. Karakteristik operasi dasar antenna tetap tidak berubah dalam sistem ini, antenna rekonfigurasi dapat mengubah frekuensi kerja, *bandwidth* impedansi, polarisasi dan polaradiasi.

Diantaranya, pada teknik elektrikal jenis *switch* yang digunakan yakni dengan *field effect transistor* (FET), pin dioda, *Varactor*. Pada teknik *optical* digunakan *photoconductive*, pada teknik *physical* dilakukan perubahan struktur, dan dengan teknik mengubah material dapat digunakan cairan kristal dan lainnya.

Dari berbagai teknik rekonfigurasi antena, teknik yang tepat untuk dapat digunakan dalam melakukan rekonfigurasi frekuensi yakni dengan teknik elektrikal.

Salah satu tantangan untuk melakukan pengembangan antena yang menjadi permasalahan yang saat ini masih dilakukan pengembangan dan dicari jalan keluarnya adalah kebutuhan akan perangkat antena yang memiliki *bandwidth* yang lebar, mengembangkan antena tunggal yang dapat melakukan pembagian frekuensi dengan melakukan teknik *switch* pada antena tersebut. Jenis antena yang dapat memenuhi tuntutan tersebut adalah antena mikrostrip.

Penggunaan *switch* untuk merekonfigurasi frekuensi antena, dilakukan untuk mendapatkan dua frekuensi kerja pada satu antena tunggal. Merekonfigurasi frekuensi antena dilakukan dengan perubahan struktur, namun pola radiasi dan polarisasi tetap tidak berubah. Jenis *switch* pin dioda yang memungkinkan antena bekerja secara bergantian. Ketika satu frekuensi bekerja, maka frekuensi kerja yang lainnya menjadi tidak aktif. Kondisi ini dapat mengurangi interferensi yang muncul pada frekuensi-frekuensi yang tidak sedang aktif. Untuk menilai unjuk kerja keberhasilan perancangan suatu antena, perlu ditinjau beberapa parameter penting yang merepresentasikan unjuk kerja antena yang dirancang.

3.3.2. Perencanaan Desain Produk Penelitian dan Pengembangan

1. Penentuan Karakteristik Frekuensi Antena

Spesifikasi antena menjadi bagian yang penting dalam proses perancangan desain antena rekonfigurasi mikrostrip. Bentuk antena yang dipilih adalah *patch* persegi yang akan bekerja pada *dual band* frekuensi, yakni di 2,3 GHz dan 3,6 GHz.

Dimana pada frekuensi kerja 2,3 GHz merupakan frekuensi yang digunakan pada perangkat wireless. Bekerja dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Karena akan digunakan oleh pengguna secara luas, maka frekuensi yang dipilih adalah rentang frekuensi yang telah dibebaskan, yakni pada 2,3 GHz dan 3,6 GHz.

Beberapa tujuan yang paling sesuai untuk 2,3 GHz adalah untuk akses internet sederhana seperti pencarian data, dan penggunaan email saja karena beberapa aplikasi ini memang tidak banyak mengambil *bandwidth* dan bisa bekerja dengan baik meskipun memiliki daya jangkauan jarak yang lebih luas. Namun karena antena mikrostrip ini didesain untuk pemakaian yang lebih khusus dan membutuhkan tingkat keamanan khusus maka dipilihlah band kedua yang bekerja pada frekuensi 3,6 GHz yang memiliki daya jangkauan jarak yang lebih pendek.

Penggunaan frekuensi 2,3 GHz merupakan frekuensi yang biasa digunakan pada perangkat *wireless broadband* yang juga sering digunakan untuk penggunaan Wifi (*wireless fidelity*) pada laptop.

Berdasarkan hal tersebut peneliti menentukan frekuensi kerja dan spesifikasi kinerja tiap frekuensi yang memungkinkan antena dapat bekerja pada *dual band*. Untuk itu beberapa aspek yang akan digunakan datanya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Spesifikasi Frekuensi 2,3 GHz

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	2200 – 2400 MHz
<i>Bandwidth</i>	≥ 80 MHz
<i>Return loss</i>	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2

Tabel 3.2. Spesifikasi Frekuensi 3,6 GHz

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	3500 – 3700 MHz
<i>Bandwidth</i>	≥ 80 MHz
<i>Return loss</i>	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2

Tabel 3.3. Spesifikasi Dioda yang Digunakan Pada Simulasi

Parameter	Spesifikasi
Jenis Dioda	MA4AGBLP912
<i>Forward DC Current</i>	Maksimal 40 mA
<i>Reverse Voltage</i>	Maksimal - 50 V

2. Penentuan Jenis Bahan

Setiap bahan yang digunakan pada *substrat* memiliki nilai konstanta dielektrik relatif (ϵ_r), dan ketebalan yang berbeda-beda. Semakin tebal bahan yang digunakan maka semakin kecil dimensi antena yang digunakan. Tetapi, untuk mempermudah proses fabrikasi, digunakan bahan yang telah ada.

Bahan yang digunakan dalam perancangan dipilih jenis substrat Epoxy/Glass (FR4) dengan pertimbangan ketersediaan bahan di pasaran, harga yang relatif murah, dan memenuhi *bandwidth* yang diinginkan.

Tabel 3.4. Tabel Jenis-jenis Substrat

Bahan	ϵ_r	Tebal Bahan (mm)
Alumnia	3,2	3,08
Arlon AD320	9,4	0,639
FR-4	4,3	1,576
Roger 5880	2,2	0,787
Taconis TLY-5	2,2	1,52
Teflon (PTFE)	2,1	0,5

Pemilihan bahan yang digunakan dalam perancangan dipilih berdasarkan persamaan (Pers 2.30)

$$h \leq \frac{0,3 c}{2 \pi f \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0,3 (3 \times 10^8)}{2 \pi (2,5 \times 10^9) \sqrt{4,3}}$$

Sehingga dipilihlah bahan *substrat* FR-4 Epoxy (*Lossy*) dan Cooper (*annealed*) dengan spesifikasi bahan sebagai berikut:

Tabel 3.5. Spesifikasi Substrat yang digunakan

Jenis Substrat	FR-4 Epoxy (<i>Lossy</i>)
Dielectric Loss Tangent ($\tan \delta$)	0,0265
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4,3
Ketebalan Substrat	1,6 mm

Adapun untuk jalur mikrostrip dan *groundplane* menggunakan bahan tembaga. Berikut adalah karakteristik bahan yang digunakan dalam perancangan rekonfigurasi antena.

Tabel 3.6. Spesifikasi Bahan Pada Jalur Mikrostrip dan *Groundplane*

Jalur mikrostrip & <i>Groundplane</i>	Tembaga
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	1
Dielectric Loss Tangent ($\tan \delta$)	0,99991
Ketebalan Mikrostrip	0,035 mm

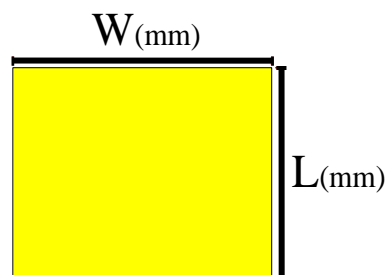
3. Penentuan Dimensi Elemen Peradiasi *Rectangular*

Dalam menentukan elemen peradiasi, haruslah menentukan frekuensi radiasi (f_0) kemudian tentukan terlebih dahulu nilai panjang gelombang di ruang bebas dengan berdasarkan acuan dari kecepatan cahaya (c) dengan frekuensi radiasi tersebut maka dapat ditentukan menggunakan persamaan

Dalam melakukan penelitian cara kerja antena, dimensi antena yang digunakan berpengaruh terhadap frekuensi kerja antena tersebut. Semakin tinggi frekuensi kerja antena yang digunakan, maka dimensi antena semakin kecil. Penentuan dimensi antena berdasarkan rumus menghitung panjang dan lebar antena mikrostrip berbentuk segiempat maka dapat ditentukan menggunakan persamaan (2.24).

4. Penentuan Dimensi *Patch*

Dimensi antena yang digunakan berpengaruh terhadap frekuensi kerja antena tersebut. Semakin tinggi frekuensi kerja yang digunakan maka dimensi antena semakin kecil. Oleh sebab itu, penggunaan antena mikrostrip pada frekuensi tinggi memiliki elemen peradiasi yang kecil. Penentuan dimensi antena berdasarkan rumus menghitung panjang dan lebar antena mikrostrip berbentuk segiempat. Adapun perhitungannya dalam rumus yang telah dijelaskan pada bab 2 dalam persamaan 2.24 – 2.27.



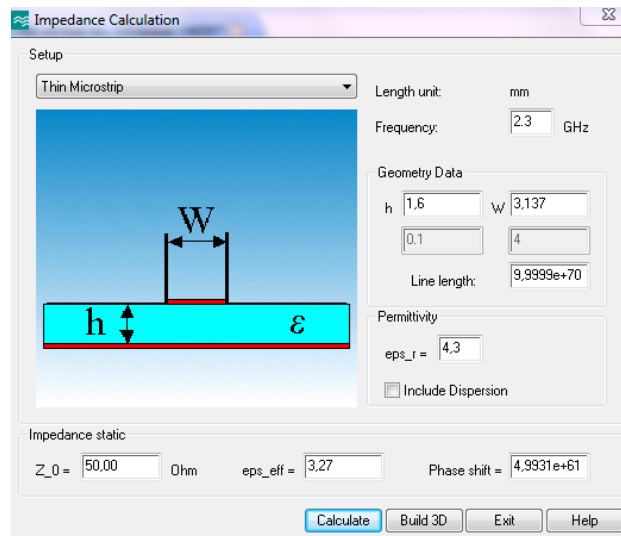
Gambar 3.2. Dimensi Single Patch

5. Penentuan Dimensi Saluran Transmisi

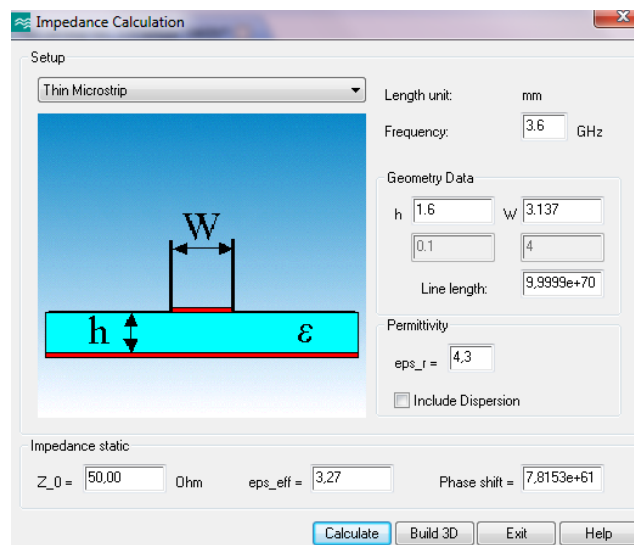
Dimensi saluran transmisi berpengaruh terhadap impedansi masukan pada antena mikrostrip. Agar antena mikrostrip mampu meradiasikan gelombang dengan baik, maka dibutuhkan jenis pencatuan (*feeding line*) dengan impedansi yang sesuai (*matching*).

Dengan menggunakan perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014 dapat secara langsung dihitung lebar transmisi *line* untuk mendapatkan impedansi ideal 50 ohm dengan karakteristik material bahan yang digunakan. Berikut langkah-langkahnya: Pilih menu **Home**, lalu pilih submenu **Macros**, pilih **Calculate**, lalu

klik *Calculate Analytical Line Impedance*, pilih *Thin Microstrip*. Seperti terlihat pada gambar 3.3.dan 3.4.



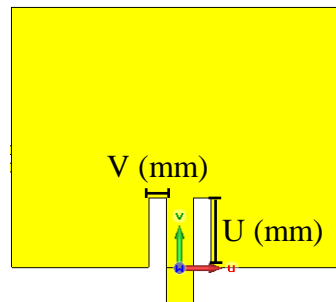
Gambar 3.3. Menghitung Impedansi Transmisi Line Frekuensi 2,3 GHz



Gambar 3.4. Menghitung Impedansi Transmisi Line Frekuensi 3,6 GHz

6. Penentuan *Inset*

Dalam menentukan ukuran panjang dan lebar *inset* dilakukan iterasi saat simulasi. *Inset* digunakan untuk menghasilkan jenis radiasi yang lebih bagus dengan *directivity* yang tepat mendekati frekuensi kerja yang diinginkan.



Gambar 3.5. Dimensi *Inset*

7. Penentuan Teknik *Switching*

Sebuah antena berbasis teknik rekonfigurasi frekuensi dengan menggunakan pin dioda sebagai *switch* terdiri dari tiga lapisan, lapisan bawah adalah bidang tanah (*ground*) yang mencakup seluruh *substrat*, *substrat* tengah memiliki konstanta dielektrik 4,2, dan lapisan atas adalah *patch* logam yang tersusun.

Spesifikasi *switch* antena yang digunakan menjadi bagian yang penting dalam proses perancangan. Teknik *switch* yang akan digunakan dalam antena rekonfigurasi *dual band* frekuensi adalah *switch* pin dioda dengan spesifikasi:

Tabel 3.7. Spesifikasi *Forward Bias* Dioda (*ON state*)

<i>Forward Bias</i>	Spesifikasi
Lebar Jarak	
Arus	
τ (<i>Lifetime</i>)	

Tabel 3.8. Spesifikasi *Reverse Bias* Dioda (*OFF state*)

<i>Reverse Bias</i>	Spesifikasi
Kapasitansi Dioda (C_t)	
Konstanta dielektrik (ϵ)	
Ketebalan daerah instrinsik (W)	
Luas daerah <i>junction</i> (A)	

a. Teknik *Multi-Patch Multi-Frequency*

Pada teknik ini peneliti menggunakan beberapa *patch* sesuai dengan frekuensi yang digunakan. *Patch* dapat disusun secara sejajar, berbaris, atau menumpuk. Penyusunan *patch* tidak harus sesuai ukuran antenna, yang penting hasil desain sesuai dengan karakteristik antenna yang akan dibuat.

b. Teknik *Reactively-loaded Multi-Frequency*

Pada teknik ini peneliti akan memberikan slot pada setiap *patch* sesuai dengan dimensi *bandwidth* pada setiap frekuensi. Oleh sebab itu, dimensi slot sebanding dengan dimensi *patch* antenna, semakin besar frekuensi yang digunakan semakin kecil dimensi antenna dan slot yang digunakan.

Selain pemberian slot, peneliti memungkinkan untuk memberikan slot pada beberapa *patch* antenna agar hasil yang didapat sesuai dengan karakteristik antenna mikrostrip yang diinginkan.

3.3.3. Tahap Desain Produk

3.3.3.1. Desain Antena Single Patch Menggunakan CST *Microwave Studio* 2014

Sebelum melakukan perhitungan beberapa parameter untuk merancang rekonfigurasi antena, langkah yang dilakukan adalah melakukan desain dan simulasi antena mikrostrip menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio* 2014. Pada perancangan akan didesain antena mikrostrip *single patch* dengan dual frekuensi yakni 2,3 GHz dan 3,6 GHz.

Setelah itu dilakukan validasi desain antena dan iterasi hingga didapatkan hasil yang optimal. Optimalisasi dan iterasi dilakukan dengan mengubah ukuran patch dan substrat dari ukuran awal perhitungan hingga sesuai dengan spesifikasi parameter yang dibutuhkan. Lalu tahap selanjutnya membuat jalur letak switch pin dioda pada antena mikrostrip dengan menggunakan teknik *feeding*. Tujuannya agar dapat mengetahui pengaruh dan perbedaan pemberian respon *switch* tersebut.

3.3.3.2. Desain Simulasi *Switch* Menggunakan *Advanced Design System* (ADS)

Selanjutnya merancang *switch* yang disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) 2011. Tujuannya agar dapat mengetahui respon dan keefektifan kerja *switch* tersebut pada rekonfigurasi antena. Konfigurasi yang digunakan agar memberikan fleksibilitas, matriks kompleks dan sistem uji otomatis untuk berbagai aplikasi adalah *Single-Pole-Double-Throw* (SPDT atau 1: 2) mengalihkan sinyal rute dari satu masukan ke dua jalur *output*.

3.3.3.3. Uji Coba Produk

1. Pabrikasi Antena

Pabrikasi antena mikrostrip dilakukan dengan menggunakan jasa pihak ketiga yakni PT. Spectra yang berlokasi di Jl. Jenderal Ahmad Yani No. 34 Bandung. Bentuk yang dikirim ke PT. Spectra dalam bentuk *.vsd* dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Visio 2007. Hasil desain antena mikrostrip pada CST *Microwave Studio* 2014 dikonversi dalam bentuk *.dxf*. Berikut langkah-langkah menkonversi bentuk *.vsd* menjadi bentuk *.dxf* yaitu :

1. Pindahkan WCS ke bagian *patch* dari antena mikrostrip
2. **Export file** CST yang akan dikonversi ke Microsoft Visio dengan cara :
 - Pilih menu Modeling lalu *Export/Import* pilih *Export 2D File* dan pilih *dxf*, beri nama *file* yang akan di-*export*.
3. Buka Microsoft Visio 2007 lalu klik **New**
4. Pilih **Page Setup** lalu *Drawing Scale* pilih *Custom Scale* dan ubah menjadi 1mm = 1mm
5. Pilih Tools lalu Option pilih Units lalu *Current Page* dan ubah menjadi Milimeter
6. Pilih **Insert** lalu *CAD Drawing* pilih nama *file* yang akan dikonversi lalu tekan *Enter* pilih *Custom Scale* (1mm =1mm). Pada menu *CAD Drawing Protection, Lock Size and Position* tetap sama dan abaikan *Lock Againsts Deletion*
7. Setelah muncul gambarnya, lalu *Control A, Cut* dan *Paste* ditempat yang sama
8. Klik kanan pilih *CAD Drawing Object, Convert, Select All*, lalu **OK**

9. Untuk mewarnai bagian yang akan di-*etching* maka langkah selanjutnya yaitu klik kanan pilih *Format, Fill*, lalu pilih warna, klik OK. Setelah itu klik kanan kembali pilih *Format, Layer, Select All*, lalu OK.
10. Setelah semua telah diwarnai, lalu Control A, klik kanan lalu pilih *Shaped*, dan pilih Group. Hal ini dilakukan agar gambar tidak bergeser sehingga tidak mengubah ukuran aslinya.
11. Lalu *Save As*, dan beri nama *file. File* siap untuk di kirim.

Setelah *file* berhasil diubah, selanjutnya pengiriman desain ke pihak ketiga yaitu PT. Spectra. Langkah selanjutnya ketika antenna telah selesai di pabrikan yaitu membandingkan desain antenna mikrostrip pada perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014 dengan hasil pabrikan.

Mengukur dimensi antenna yang telah dipabrikan dengan menggunakan penggaris untuk ukuran antenna, dan mikrometer sekrup untuk pengukuran ketebalan substrat. Hasil pengukuran dimensi antenna yang telah dipabrikan dibandingkan dengan dimensi antenna pada CST *Microwave Studio* 2014, kemudian peneliti menghitung persentase kesalahan setiap dimensi antenna mikrostrip dengan menggunakan persamaan 3.1.

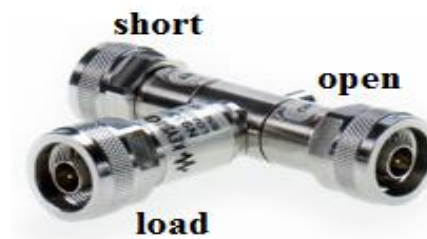
$$Error\ rate = \frac{selisih\ dimensi\ antenna}{dimensi\ desain\ antenna} \times 100\% \dots \dots \dots (Pers\ 3.1)$$

2. Pengukuran Antena Menggunakan *Network Analyzer*

Pengukuran antenna dilakukan di Lab Telekomunikasi Universitas Negeri Jakarta. Alat yang terdapat di lab telah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan, yakni pengukuran dengan *port* tunggal. Pengukuran *port* tunggal adalah pengukuran tanpa melibatkan antenna yang lain. Pada pengukuran *port* tunggal,

antena yang telah di pabrikan diukur dengan menggunakan *Network Analyzer*. Parameter yang dapat diketahui dari hasil pengukuran *port* tunggal adalah *return loss* untuk mencari frekuensi kerja, *bandwidth*, dan VSWR pada antena mikrostrip.

Sebelum melakukan pengukuran, hal pertama yang harus dilakukan adalah melakukan kalibrasi. Teknik kalibrasi yang digunakan adalah OSL (*Open Short Load*) kalibrasi. Alat OSL terlihat pada gambar 3.6.

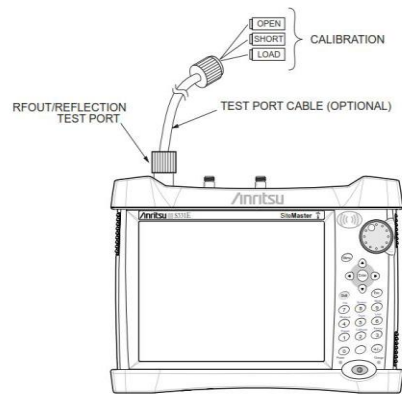


Gambar 3.6. OSL Calibration

Adapun tahapan kalibrasi *Network Analyzer* adalah sebagai berikut:

1. Hidupkan *Network Analyzer* dengan menekan tombol **On/Off**
2. Tekan **Freq/Dist** pada tombol menu dan masukan *range* frekuensi antena yang akan diukur
3. Tekan **Start Call** dan ikuti petunjuk yang muncul pada layar
4. Sambungkan 'Open' ke RF *Out* dan tekan tombol **Enter**
5. Sambungkan 'Short' ke RF *Out* dan tekan tombol **Enter**
6. Sambungkan 'Load' ke RF *Out* dan tekan tombol **Enter**

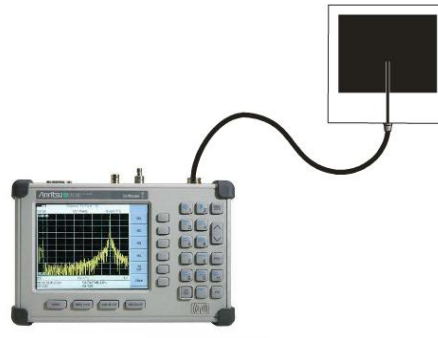
- Setelah mengikuti semua petunjuk, maka akan muncul tampilan di layar yang menunjukkan *Network Analyzer* telah di kalibrasi dan siap digunakan untuk mengukur antenna.



Gambar 3.7. Kalibrasi *Network Analyzer*

Adapun prosedur pengukuran antenna dengan *Network Analyzer* adalah:

- Terlebih dahulu mengkalibrasi *Network Analyzer* dengan OSL (*Open Short Load*) kalibrasi. Langkah kalibrasi ini sangat penting untuk mendapatkan nilai validitas pengukuran sebaik mungkin
- Menghubungkan antenna AUT (*Antenna Under Test*) ke *portNetwork Analyzer*. Gambar 3.8 memperlihatkan konfigurasi pengukuran antenna yang akan diukur AUT terhubung melalui kabel konektor 50 Ω pada *portNetwork Analyzer*



Gambar 3.8. Konfigurasi Pengukuran

3. Tekan tombol *measurements* untuk melihat parameter yang ingin dilihat
4. Lalu pilih parameter satu persatu, tekan tombol *return loss* untuk menampilkan grafik *return loss* untuk mencari frekuensi kerja serta *bandwidth*, dan tombol VSWR untuk menampilkan grafik VSWR
5. Tekan tombol *marker* untuk melihat frekuensi tengah dan *bandwidth*, pada grafik *Return Loss*. Gunakan 3 buah *marker* untuk melihat *bandwidth*, yaitu pada frekuensi atas, tengah dan bawah dari antenna yang diukur
6. Catat serta simpan nilai yang tertera pada masing-masing *marker* pada hasil grafik pengukuran

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Berdasarkan kajian pustaka, literatur dan buku yang menjadi sumber acuan peneliti, untuk menghasilkan antenna rekonfigurasi dengan *dual band* frekuensi dengan simulasi teknik *switch* dapat dilakukan dengan meliputi pencarian sumber literatur dan perancangan serta mensimulasikan antenna dan *switch* kemudian melakukan pengumpulan dan mengolah data dari hasil pengujian

Adapun data – data yang digunakan dalam menyusun skripsi ini, yaitu berupa data primer dan sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dan dikumpulkan secara langsung, atau dengan kata lain data primer adalah data yang didapatkan dari hasil simulasi switch menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS)* 2011 dan desain pengukuran antenna menggunakan perangkat lunak *CST Microwave Studio* 2014 di Laboratorium Telekomunikasi Universitas Negeri Jakarta. Data tersebut adalah hasil dari *S-Parameter* antenna mikrostrip *single patch* yang meliputi *return loss*, *VSWR* dan *bandwidth* serta menggunakan simulasi untuk mendapatkan respon *switch* yang bekerja pada antenna rekonfigurasi tersebut.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dan dikumpulkan tidak secara langsung. Peneliti menggunakan berbagai sumber literatur yang sudah ada seperti buku, jurnal, dan sebagainya. Data tersebut meliputi teknik perancangan antenna, parameter-parameter antenna beserta data pendukung dalam penelitian.

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data adalah kegiatan mengubah hasil penelitian menjadi informasi yang dapat digunakan untuk mengambil sebuah kesimpulan dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini, data yang diperoleh pada data primer diantaranya penentuan nilai dimensi antenna *single patch*, dua frekuensi kerja dan desain *switch* pada antenna rekonfigurasi.

Dalam menentukan dimensi antenna dengan desain *switch* pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz dilakukan perhitungan dan simulasi. Adapun perbandingan nilai optimasi sesuai perhitungan dengan hasil simulasi adalah sebagai berikut:

Tabel 3.9. Dimensi Antena Mikrostrip *Single Patch* (Konvensional) 2,3 GHz

Parameter	Nilai	
	Perhitungan	Simulasi
Lebar <i>Ground</i> (W_g)		
Panjang <i>Ground</i> (L_g)		
Lebar <i>Patch</i> (W_p)		
Panjang <i>Patch</i> (L_p)		

Tabel 3.10. Dimensi Antena Mikrostrip *Single Patch* (Konvensional) 3,6 GHz

Parameter	Nilai	
	Perhitungan	Simulasi
Lebar <i>Ground</i> (W_g)		
Panjang <i>Ground</i> (L_g)		
Lebar <i>Patch</i> (W_p)		
Panjang <i>Patch</i> (L_p)		

Selanjutnya hasil nilai optimasi simulasi desain antenna mikrostrip *single patch* (konvensional) yang diinginkan maka fabrikasi antenna rekonfigurasi mikrostrip *dual band* frekuensi dapat di fabrikasi dengan ukuran dan dimensi antenna yang paling optimal. Hasil pengukuran dimensi antenasimulasi dan hasil fabrikasi serta perhitungan *error rate* akan dituliskan pada tabel 3.12.

Tabel 3.11. Perbandingan Dimensi Antena Mikrostrip dengan *Error Rate* (%)

Parameter	Hasil Ukuran Desain		<i>Error Rate</i> (%)
	Simulasi	Pabrikasi	
Lebar <i>Ground</i> (W_g)			
Panjang <i>Ground</i> (L_g)			
Lebar <i>Patch</i> (W_p)			
Panjang <i>Patch</i> (L_p)			
Lebar <i>Inset</i> (X_0)			
Panjang <i>Inset</i> (Y_0)			
Lebar Saluran <i>Feed Line</i> (W_f)			

Kemudian setelah didapatkan hasil fabrikasi rekonfigurasi antena, dilakukan proses pengukuran dengan *Network Analyzer*. Data diolah dan menjadi acuan dasar untuk pengujian hasil S-Parameter yang meliputi frekuensi, *bandwidth*, *return loss* dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR).

Dengan kata lain, peneliti menguji antena rekonfigurasi *dual band* frekuensi dengan simulasi teknik *switch* untuk menghasilkan S-Parameters yang sesuai dengan perumusan masalah penelitian. Langkah terakhir adalah menganalisis sebab akibat adanya perbedaan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengembangan Produk

4.1.1. Hasil Perencanaan

Pada bab ini akan dibahas proses perancangan, perhitungan dan realisasi antenna mikrostrip rekonfigurasi dengan menggunakan simulasi *switch* pin dioda. Perencanaan dimulai dari perhitungan matematis secara manual, perancangan ukuran, membuat simulasi *switch* dengan menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS) 2011* dan mendesain antenna sesuai dengan spesifikasi yang telah dibahas pada bab 3.

Dari teori tersebut akan didapatkan sebuah rancangan dan dimensi dari antenna yang akan dibuat, kemudian desain tersebut disimulasikan menggunakan perangkat lunak *CST Microwave 2014* untuk mendapatkan gambaran letak *patch* setiap frekuensi dan letak *switch* pada antenna mikrostrip tersebut. Selanjutnya pada tahap akhir akan dilakukan pabrikasi rancangan antenna mikrostrip dan melakukan pengukuran.

4.1.2. Hasil Perencanaan Desain dan Perhitungan

4.1.2.1. Pemilihan Bahan *Substrat* dan Karakteristik Antena

Dimensi *Single Patch* Rectangular Dual Frekuensi dengan nilai frekuensi kerja yaitu 2,3 GHz dan 3,6 GHz ($2,3 \times 10^9$ Hz dan $3,6 \times 10^9$ Hz)

- Jenis material :
 - a. *Substrat* : FR4 – Epoxy (*Lossy*)
 - b. *Patch* dan *Ground* : Cooper (*annealed*)
- Nilai-nilai karakteristik antena :

a. *Substrat*

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4,3
- Ketebalan *substrat* (h) = 1,6 mm

b. *Patch*

- Ketebalan *patch* = 0.035 mm

4.1.2.2. Hasil Perhitungan Dimensi Elemen Peradiasi

Untuk menentukan jarak elemen peradiasi terlebih dahulu menentukan frekuensi kerja radiasi antena mikrostrip tersebut.

a. Jarak Antar Elemen Peradiasi Frekuensi 2,3 GHz

$$\lambda_0 (mm) = \frac{c}{f(Hz)} = \frac{3 \times 10^8}{2,3 \times 10^9} = 0,1304 m = 130 mm$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{130}{\sqrt{4,3}} = 62,711$$

$$d = \frac{1}{2} \lambda_g = 31,355 mm$$

b. Jarak Antar Elemen Peradiasi Frekuensi 3,6 GHz

$$\lambda_0 (mm) = \frac{c}{f(Hz)} = \frac{3 \times 10^8}{3,6 \times 10^9} = 0,083 m = 83 mm$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{83}{\sqrt{4,3}} = 40,038$$

$$d = \frac{1}{2} \lambda_g = 20,019 mm$$

4.1.2.3. Perhitungan Dimensi Lebar *Patch*

Untuk menentukan lebar elemen peradiasi antenna mikrostrip pada tiap frekuensi dapat menggunakan persamaan 2.24. Perhitungan lebar elemen peradiasi antenna mikrostrip adalah sebagai berikut:

a. Dimensi Lebar *Patch* Frekuensi 2,3 GHz

$$\bullet W_P = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,3 \times 10^9 \sqrt{\frac{4,3 + 1}{2}}} = 0.04025 \text{ m} = 40,25 \text{ mm}$$

b. Dimensi Lebar *Patch* Frekuensi 3,6 GHz

$$\bullet W_P = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3,6 \times 10^9 \sqrt{\frac{4,3 + 1}{2}}} = 0.02572 \text{ m} = 25,72 \text{ mm}$$

4.1.2.4. Perhitungan Dimensi Panjang *Patch*

Untuk menentukan dimensi panjang patch antenna mikrostrip digunakan persamaan 2.5. Dengan menentukan frekuensi kerja tiap *patch* maka diperoleh nilai dimensi panjang yang berbeda untuk frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz. Dengan perhitungan sebagai berikut:

a. Dimensi Panjang *Patch* Frekuensi 2,3 GHz

$$\begin{aligned} \epsilon_{eff} &= \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \left[\frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W_P}}} \right) \right] \\ &= \frac{4,3 + 1}{2} + \left[\frac{4,3 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{1,6}{40,25}}} \right) \right] \\ &= 2,65 + \left[1,65 \times \frac{1}{1,477} \right] = 4,007 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang efektif elemen peradiasi antenna mikrostrip dapat menggunakan persamaan 2.27.

$$L_{eff} = \frac{c}{2 \times f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,3 \times 10^9 \sqrt{4,007}} = 0,003259 \text{ m} = 32,59 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai perubahan panjang yang disebabkan oleh efek medan tepi dapat digunakan persamaan 2.25. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta L &= 0,412 \times h \times \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) + \left(\frac{W_P}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) + \left(\frac{W_P}{h} + 0,8\right)} \right] \\ &= 0,412 \times 1,6 \times \left[\frac{(4,007 + 0,3) + \left(\frac{40,25}{1,6} + 0,264\right)}{(4,007 - 0,258) + \left(\frac{40,25}{1,6} + 0,8\right)} \right] \\ &= 0,659 \times \left[\frac{(4,307) + (25,156 + 0,264)}{(3,749) + (25,156 + 0,8)} \right] \\ &= 0,659 \times \left(\frac{29,727}{29,705} \right) = 0,659 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan total panjang (L) peradiasi (*patch*) frekuensi 2,3 GHz dari persamaan 2.26 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_P &= L_{eff} - 2\Delta L \\ &= 32,59 - (2 \times 0,659) = 31,272 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Dimensi Panjang Patch Frekuensi 3,6 GHz

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \left[\frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W_P}}} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{4,3 + 1}{2} + \left[\frac{4,3 - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{1,6}{25,72}}} \right) \right] \\
&= 2,65 + \left[1,65 \times \frac{1}{1,321} \right] = 3,899
\end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang efektif elemen peradiasi antenna mikrostrip dapat menggunakan persamaan 2.27.

$$L_{eff} = \frac{c}{2 \times f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 3,6 \times 10^9 \sqrt{3,899}} = 0,02110\text{m} = 21,10 \text{ mm}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai perubahan panjang yang disebabkan oleh efek medan tepi dapat digunakan persamaan 2.25. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\Delta L &= 0,412 \times h \times \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) + \left(\frac{W_P}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) + \left(\frac{W_P}{h} + 0,8\right)} \right] \\
&= 0,412 \times 1,6 \times \left[\frac{(3,899 + 0,3) + \left(\frac{25,72}{1,6} + 0,264\right)}{(3,899 - 0,258) + \left(\frac{25,72}{1,6} + 0,8\right)} \right] \\
&= 0,659 \times \left[\frac{(4,199) + (16,075 + 0,264)}{(3,641) + (16,075 + 0,8)} \right] \\
&= 0,659 \times \left(\frac{20,838}{20,258} \right) = 0,659
\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan total panjang (L) peradiasi (*patch*) frekuensi 3,6 dari persamaan 2.26 sebagai berikut:

- $L_p = L_{eff} - 2\Delta L$

$$= 21,10 - (2 \times 0,659) = 19,782 \text{ mm}$$

4.1.2.5. Perhitungan Dimensi Saluran Pencatu

Saluran pencatu yang digunakan memiliki impedansi (Z_0) sebesar 50 ohm. Ketentuan nilai u yang sesuai adalah $u = \frac{W_F}{h} \leq 2$, maka perhitungan yang digunakan untuk menentukan dimensi saluran pencatu digunakan persamaan 2.17 dan 2.16.

$$\begin{aligned} A &= \frac{Z_0}{60} \left[\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right]^{0,5} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left[0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right] \\ &= \frac{50}{60} \left[\frac{4,3 + 1}{2} \right]^{0,5} + \frac{4,3 - 1}{4,3 + 1} \left[0,23 + \frac{0,11}{4,3} \right] \\ &= (0,833 \times 1,627) + (0,622 \times 0,255) = 1,513 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{W_F}{h} &= \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \\ &= \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} = \frac{8e^{1,513}}{e^{2(1,513)} - 2} \\ &= \frac{36,322}{18,614} = 1,951 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_F &= 1,951 \times h \\ &= 1,951 \times 1,6 = 3,121 \text{ mm} \end{aligned}$$

. Perhitungan lebar saluran pencatu yang digunakan adalah 3,137 mm didapat dengan menggunakan **Impedance Calculation** pada perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014.

4.1.2.6. Perhitungan Dimensi Substrat dan *Groundplane*

Dikarenakan bahan yang digunakan adalah epoxy FR4, dimana substrat terintegrasi dengan *patch* dan *groundplane* maka dimensi dari substrat mengikuti nilai dari dimensi *groundplane*. Untuk menghitung dimensi substrat dan *groundplane* dapat menggunakan persamaan 2.28 dan persamaan 2.29 dengan perhitungan yang berbeda tiap frekuensi kerja antenna.

Sehingga dapat diperoleh nilai dimensi substrat dan *groundplane* sebagai berikut :

a. Dimensi Substrat dan *Groundplane* Frekuensi 2,3 GHz

- $W_S = 6h + W_p = 6(1,6) + 40,25 = 49,85 \text{ mm}$
- $L_S = 6h + L_p = 6(1,6) + 0,468 = 10,068 \text{ mm}$

b. Dimensi Substrat dan *Groundplane* Frekuensi 3,6 GHz

- $W_S = 6h + W_p = 6(1,6) + 25,72 = 35,32 \text{ mm}$
- $L_S = 6h + L_p = 6(1,6) + 19,782 = 29,382 \text{ mm}$

4.1.2.7. Perhitungan Dimensi Inset

Saat melakukan simulasi dimensi antenna, untuk menentukan panjang dan lebar *inset* yang optimal dilakukan iterasi pada saat simulasi. Dimana ukuran panjang inset optimal yang didapatkan adalah sebesar 2 mm dan lebar inset 8 mm.

4.2. Kelayakan Produk (Teoritik dan Empiris)

4.2.1. Hasil Desain

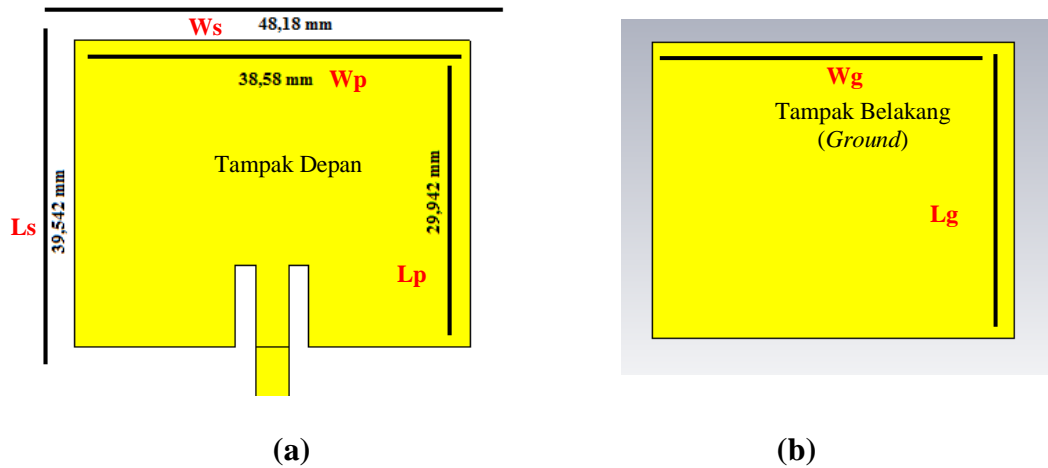
Hasil desain dalam penelitian dilakukan dengan rekayasa penempatan *switch* antena mikrostrip *single patch* (konvensional) dual frekuensi dengan simulasi *switch* menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System (ADS)* 2011.

4.2.1.1. Hasil Desain Dimensi Antena Mikrostrip *Single Patch*

Pada tahap mendesain antena mikrostrip *single patch* dual frekuensi, peneliti menggunakan perangkat lunak *CST Microwave 2014*. Tahap awal menggunakan data hasil perhitungan pada simulasi pada tiap frekuensi, dimana masih belum sesuai dari spesifikasi yang diinginkan sehingga dilakukan modifikasi dan optimasi pada dimensi *substrat* dan *patch* pada antena sehingga didapat hasil ukuran yang sama untuk 2 frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi dan optimal.

a. Dimensi Antena

Simulasi menggunakan *single patch* dengan susunan *patch* berada pada atas substrat, dan bagian bawah merupakan bidang pertanahan. Simulasi yang digunakan untuk penentuan dimensi antena mikrostrip dilakukan pada dua frekuensi. Untuk mendapatkan dua frekuensi dalam satu *patch*, peneliti melakukan iterasi pada simulasi yang cukup signifikan. Hasil dimensi yang optimal untuk kedua frekuensi seperti terlihat pada gambar 4.1.

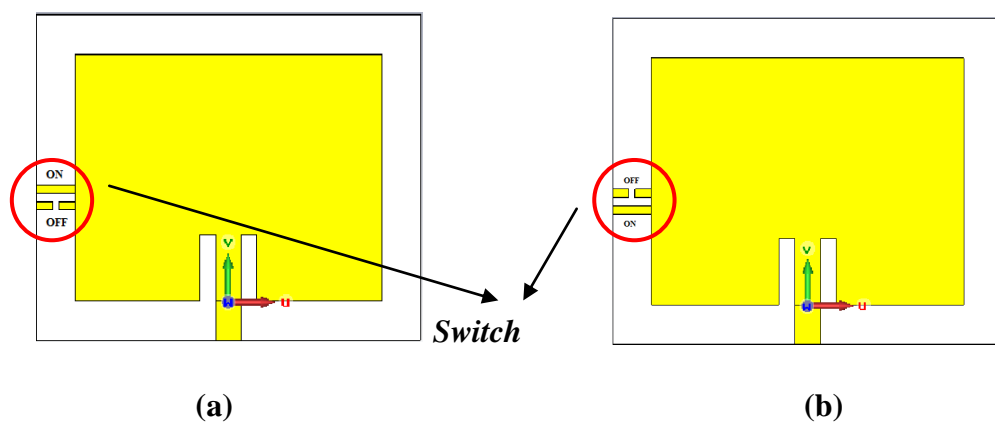


Gambar 4.1. Dimensi Antena Mikrostrip *Single Patch*
(a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

Setelah melakukan iterasi dengan dimensi awal berdasarkan hasil perhitungan, selanjutnya ditentukan dimensi dari antena mikrostrip pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz dengan satu ukuran yang sama, seperti dituliskan pada tabel 4.2.

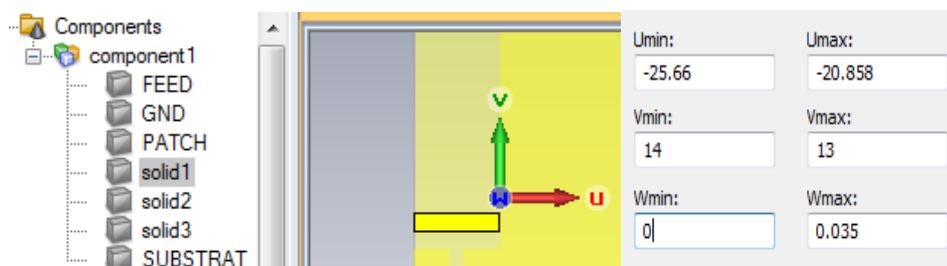
b. Desain Letak *Switch* Pada Antena Mikrostrip dengan Penambahan Letak *Switch* Antena Mikrostrip *Single Patch* Dual Frekuensi

Perancangan antena selanjutnya dengan menggunakan dimensi antena mikrostrip konvensional ditambahkan dengan rekayasa penempatan *switch* yang dilakukan dengan penambahan tiga buah feeding yang disusun seperti gambar 4.2.

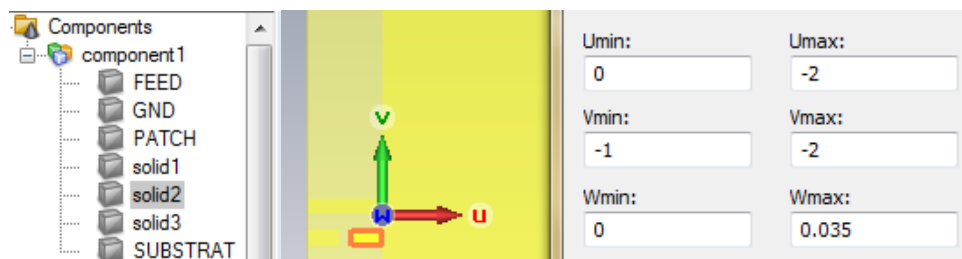


Gambar 4.2. Letak *Switch* Antena Mikrostrip *Single Patch*

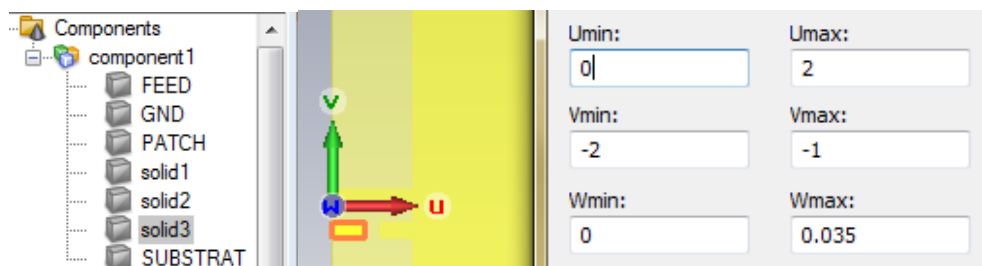
Dalam melakukan simulasi dan iterasi antenna, penempatan letak koordinat dari penambahan feeding pada bidang *substrat* antenna berpengaruh terhadap hasil parameter yang dihasilkan. Hasil terbaik penambahan feeding sebelah kanan untuk frekuensi 2,3 GHz diletakkan pada koordinat seperti terlihat pada gambar 4.3. dan penambahan feeding sebelah kanan untuk frekuensi 2,3 GHz diletakkan pada koordinat seperti terlihat pada gambar 4.4.



(a)



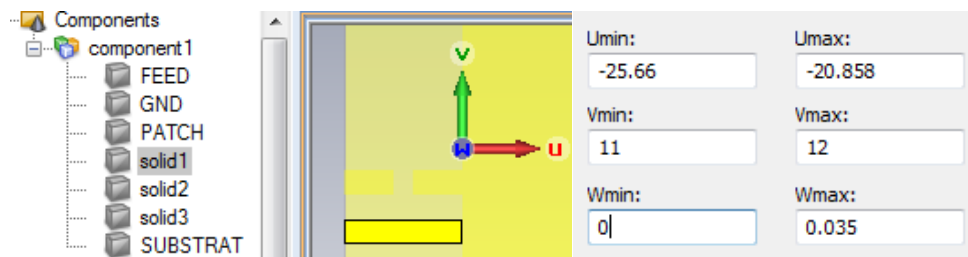
(b)



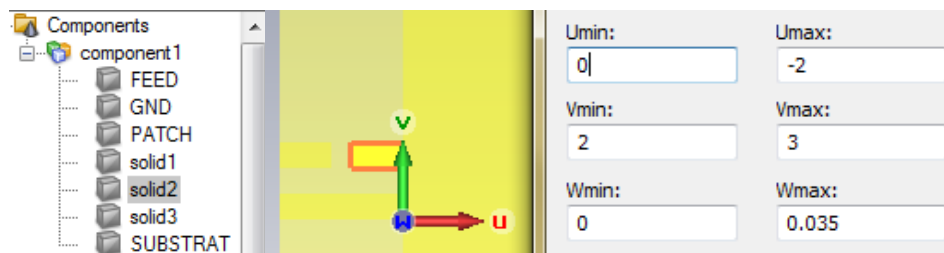
(c)

Gambar 4.3. Letak Koordinat Desain Rekayasa Switch 2,3 GHz

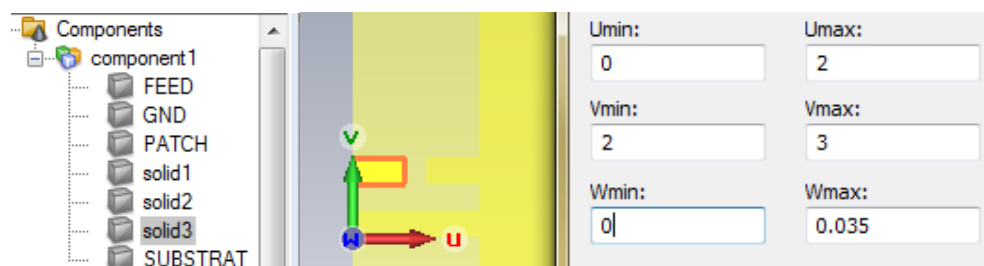
Penempatan metode feeding untuk antenna mendapatkan rekayasa respon *switch* terletak di sebelah kanan dengan bentuk horizontal. Dari hasil simulasi antenna mikrostrip *single patch* feeding tersebut tidak mengubah S-parameter yang telah dihasilkan sebelumnya karena sifat yang dihasilkan sama dengan feed (peradiasi biasa).



(a)



(b)

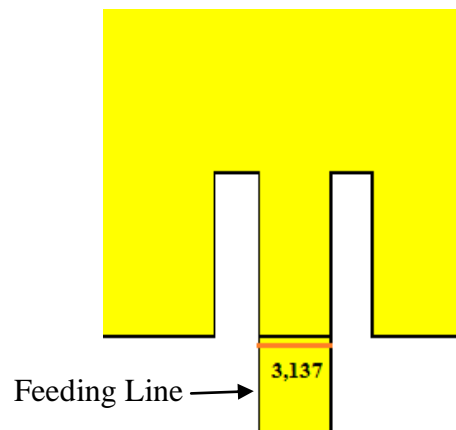


(c)

Gambar 4.4. Letak Koordinat Desain Rekayasa *Switch* 3,6 GHz

c. Posisi Saluran Transmisi

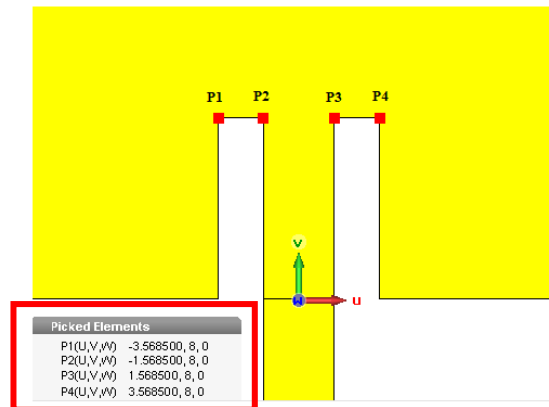
Saluran pencatu terletak pada bagian depan, hal ini dikarenakan posisi bidang pertanahan berada pada bagian depan. Impedansi yang digunakan adalah 50Ω , dengan lebar berdasarkan hasil kalkulasi antena mikrostrip pada CST *Microwave Studio 2014* yaitu sebesar 3,137 mm. Hasil desain antena diperlihatkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Letak *Feeding* Antena Mikrostrip *Single Patch*

d. Hasil Desain Dimensi Penambahan *Inset* Antena Mikrostrip *Single Patch*

Pada hasil desain yang optimal dilakukan penambahan inset dengan ukuran sebagai berikut : P1 (U, V, W) -3.5 mm, 8 mm, 0 mm dan P2 (U, V, W) -1.5 mm, 8 mm, 0 mm untuk letak kanan terhadap sumbu pada titik tengah *feeding* dan P3 (U, V, W) 1.5 mm, 8 mm, 0 mm dan P4 (U, V, W) 3.5 mm, 8 mm, 0 mm untuk letak kanan terhadap sumbu pada titik tengah *feeding*. Seperti terlihat pada gambar 4.6.

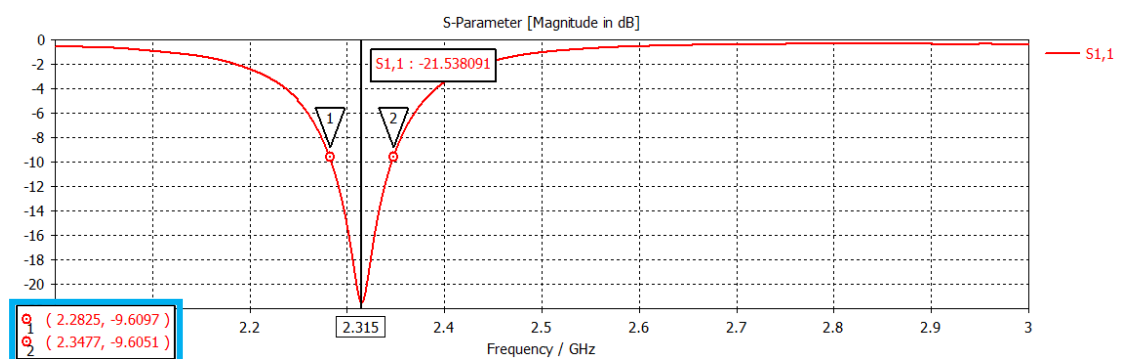


Gambar 4.6. Ukuran *Inset* Antena Mikrostrip *Single Patch*

4.2.2. Hasil Simulasi

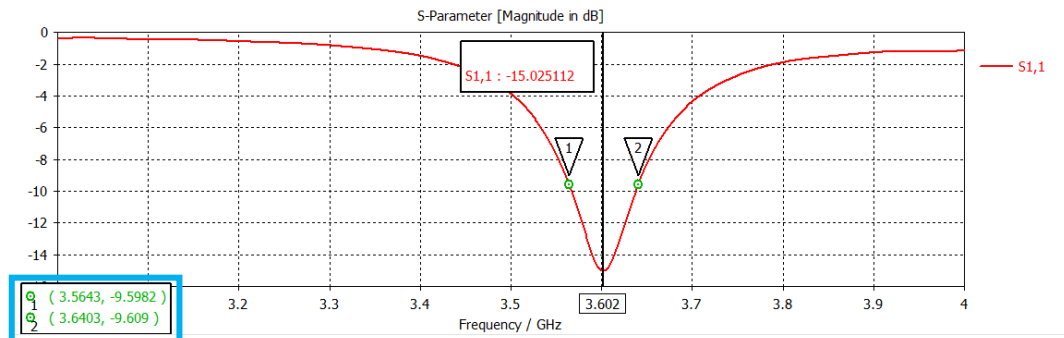
Dalam perancangan antenna mikrostrip dengan menggunakan CST *Microwave Studio 2014* sebagai *software* simulator, hal terpenting adalah mencari ukuran yang tepat agar antenna yang dirancang memiliki spesifikasi dari parameter yang diinginkan. Untuk memperoleh syarat pada spesifikasi parameter tersebut, maka dilakukan simulasi percobaan hingga memperoleh hasil yang tepat. Berikut hasil simulasi dari S-Parameter untuk antenna desain mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch*.

4.2.2.1. Return Loss dan Bandwidth



Gambar 4.7. Grafik Simulasi *Return Loss* Frekuensi 2,3 GHz

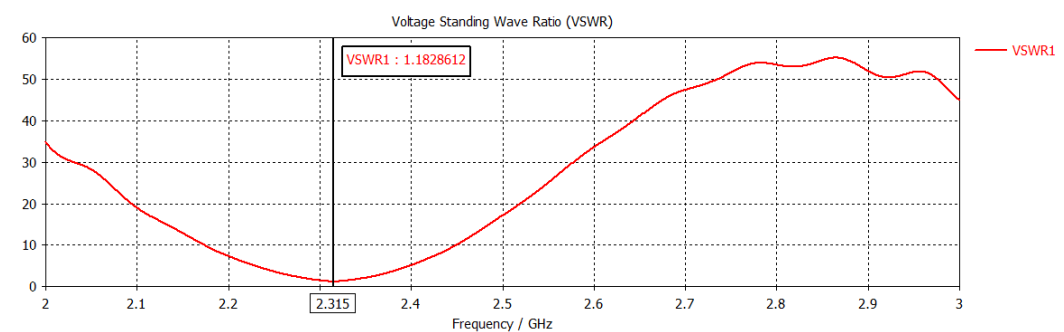
Hasil simulasi pada gambar 4.7. menunjukkan bahwa *bandwidth* yang dicapai pada antenna mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* adalah sebesar 65,2 MHz pada frekuensi 2282,5 – 2347,7MHz, dengan nilai *return loss* sebesar -21.53 dB.



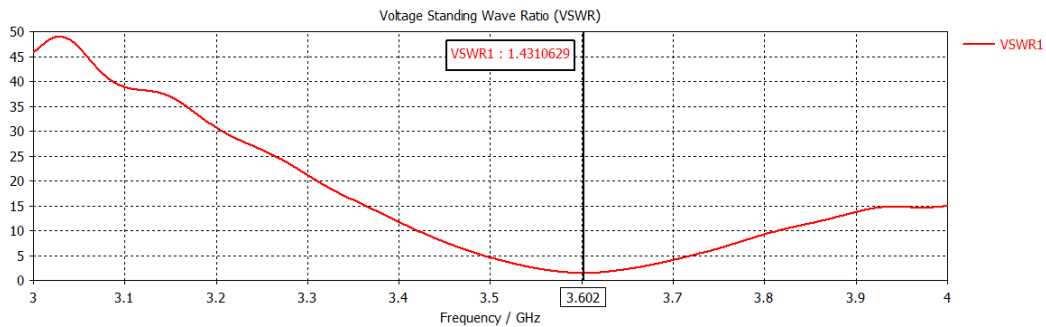
Gambar 4.8. Grafik Simulasi Return Loss Frekuensi 3,6 GHz

Hasil simulasi pada gambar 4.8. menunjukkan bahwa *bandwidth* yang dicapai pada antenna mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* adalah sebesar 76 MHz pada frekuensi 3564,3 – 3640,3MHz, dengan nilai *return loss* sebesar -15.02 dB.

4.2.2.2. VSWR



Gambar 4.9. Grafik VSWR pada Frekuensi 2,3 GHz



Gambar 4.10. Grafik VSWR pada Frekuensi 3,6 GHz

Hasil simulasi pada gambar 4.9. dan 4.10. menunjukkan bahwa VSWR pada antenna mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* adalah pada frekuensi tengah 2315 MHz adalah 1,18.

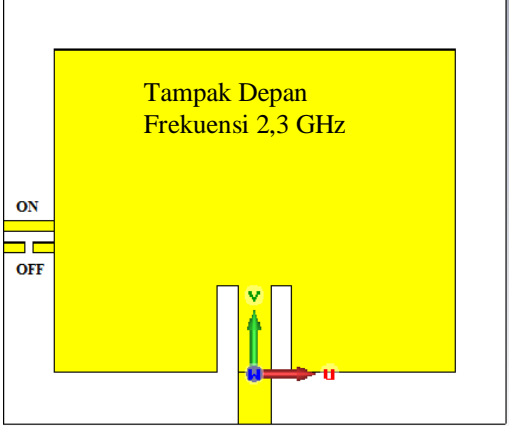

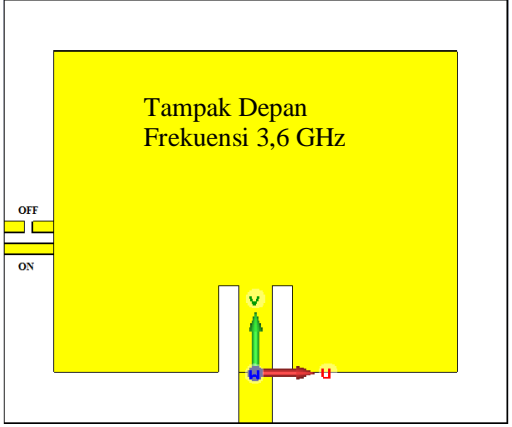
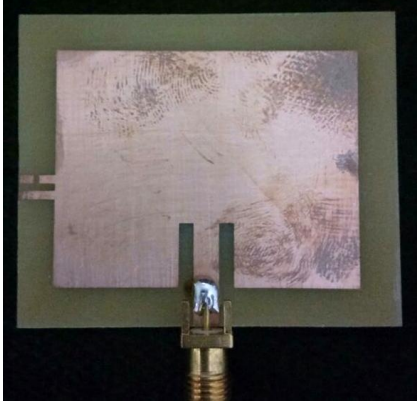


Sedangkan besaran VSWR pada antenna mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* adalah pada frekuensi tengah 3602 MHz adalah 1,43. Berdasarkan spesifikasi VSWR yang diharapkan adalah ≤ 2 pada simulasi kedua frekuensi kerja tersebut didapatkan hasil telah memenuhi spesifikasi.

4.3. Efektifitas Produk (Melalui Uji Coba)

4.3.1. Hasil Fabrikasi Antena

Setelah dilakukan simulasi untuk mendapatkan hasil frekuensi tengah pada kedua frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi, maka fabrikasi antenna mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* dapat di realisasikan. Berikut adalah hasil perbandingan gambar fabrikasi antenna yang direalisasikan sesuai dengan perancangan :

Tabel 4.1. Hasil Perbandingan Tampilan Antena Mikrostrip

Hasil Desain CST <i>Microwave Studio</i> 2014	Hasil Desain Fabrikasi
<p>Tampak Depan Frekuensi 2,3 GHz</p> 	
<p>Tampak Depan Frekuensi 3,6 GHz</p> 	
<p>Tampak Belakang (<i>Ground</i>)</p>  <p>Keterangan: Tampak Belakang Pada Kedua Antena Mikrostrip Sama.</p>	

Selanjutnya pada tahap kedua dengan membandingkan dimensi antenna mikrostrip hasil simulasi dengan perangkat lunak CST *Microwave Studio* 2014 dengan hasil fabrikasi. yang dapat dilihat pada tabel 4.4.

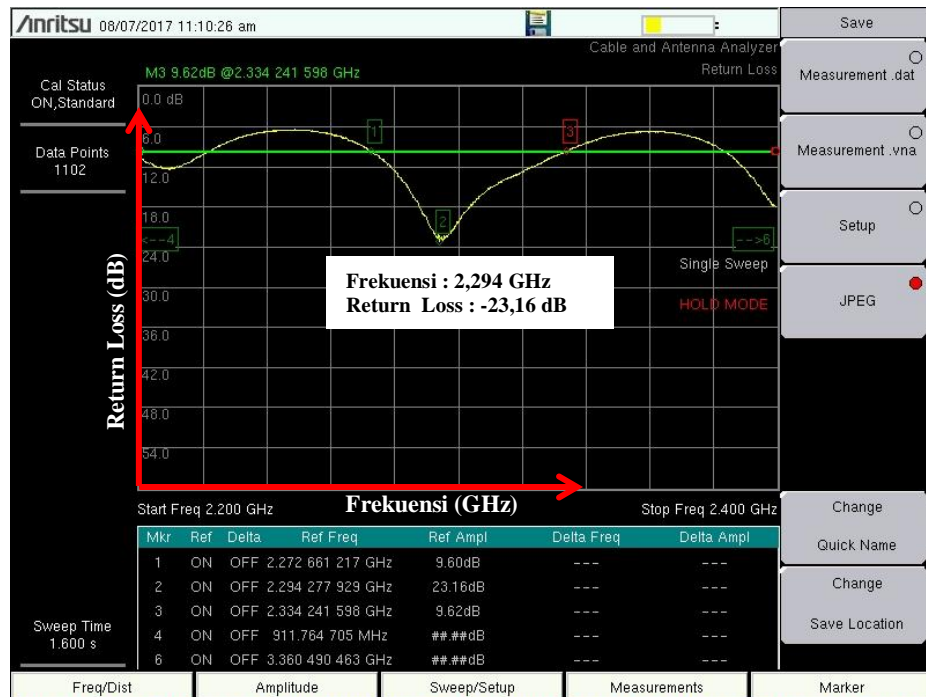
4.3.2. Hasil Pengukuran dengan *Network Analyzer*

Pengukuran terhadap antenna dilakukan setelah antenna dirancang melalui simulasi CST *Microwave Studio* 2014 dan dipabrikasi secara fisik dengan bantuan pihak ketiga yaitu PT. Spectra yang berlokasi di Bandung. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui karakteristik antenna yang telah di realisasikan, sehingga dapat diketahui parameter- parameter antenna tersebut untuk kemudian dijadikan tolak ukur kelayakan serta bahan perbandingan dengan hasil perhitungan secara teori dan hasil simulasi *software*. Pengukuran pada *Network Analyzer* dilakukan pada rentang frekuensi 2- 4 GHz.

4.3.2.1. Pengukuran *Return Loss* dan *Bandwidth*

1. Frekuensi 2,3 GHz

Pada gambar 4.11. ditunjukkan hasil pengukuran *return loss* untuk antenna mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* pada frekuensi 2,3 GHz menunjukkan sebesar -23,16 dB. Berikut gambar hasil pengukuran *return loss*:



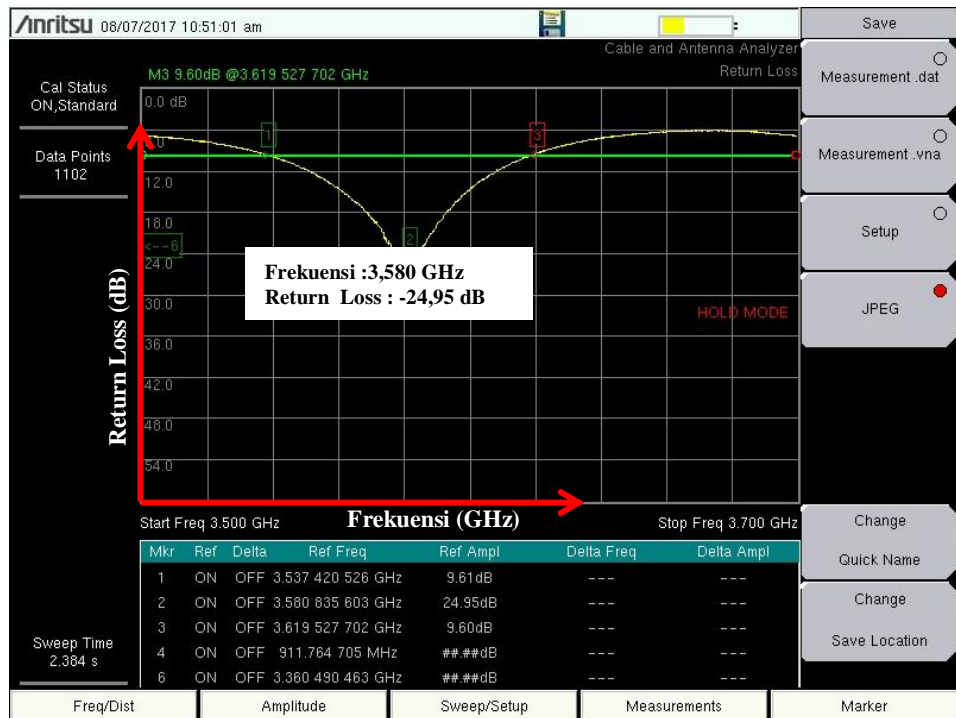
Gambar 4.11. Hasil Pengukuran *Return Loss* dan *Bandwidth* pada Frekuensi 2,3 GHz

Berdasarkan gambar 4.11, pada frekuensi tengah 2,294 GHz besarnya nilai *bandwidth* yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 BW &= f_a - f_b \\
 &= 2.334 \text{ MHz} - 2.272 \text{ MHz} = 62 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

2. Frekuensi 3,6 GHz

Pada gambar 4.12. ditunjukkan hasil pengukuran *return loss* untuk antenna mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* pada frekuensi 3,6 GHz menunjukkan sebesar -24,95 dB. Berikut gambar hasil pengukuran *return loss*:



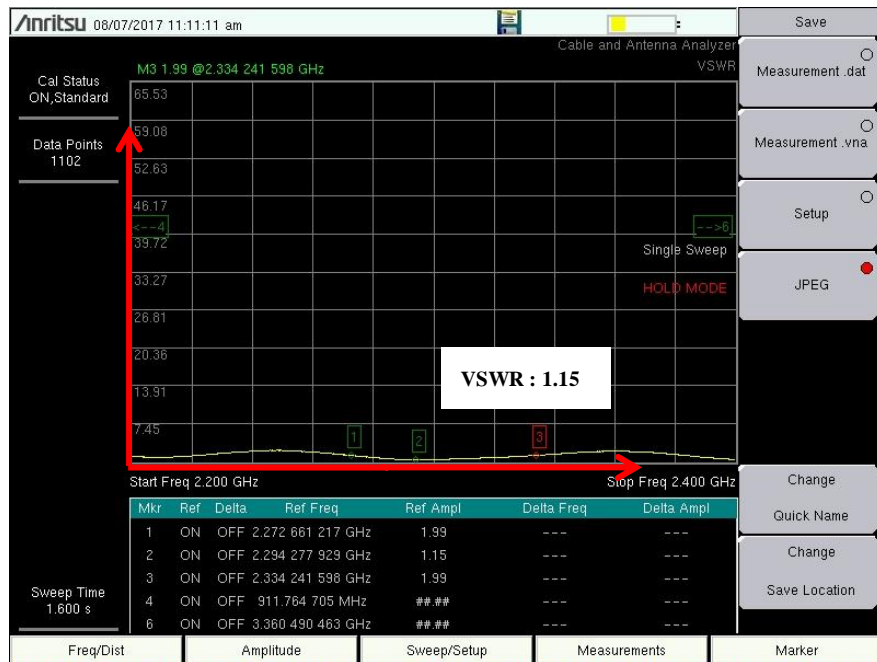
Gambar 4.12. Hasil Pengukuran *Return Loss* dan *Bandwidth* pada Frekuensi 3,6 GHz

Berdasarkan gambar 4.12, pada frekuensi tengah 3,580 GHz besarnya nilai *bandwidth* yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 BW &= f_a - f_b \\
 &= 3.619 \text{ MHz} - 3.537 \text{ MHz} = 33 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

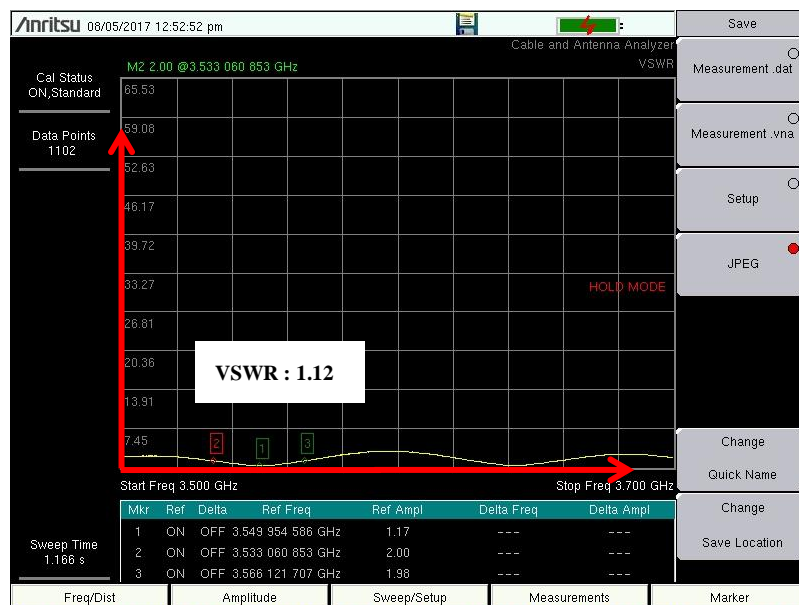
4.3.3.2. Pengukuran VSWR

Pada kondisi ideal, pengukuran VSWR dilakukan di dalam ruangan tanpa pantul sehingga daya pancar yang dikirim dari *port* pada *Network Analyzer* tidak dipantulkan kembali ke antenna. Pada gambar 4.13. ditunjukkan hasil pengukuran VSWR sebesar 1.15 pada antenna dengan rekayasa kondisi *switch* frekuensi 2,3 GHz.



Gambar 4.13. Hasil Pengukuran VSWR pada Antena Frekuensi 2,3 GHz

Selanjutnya dilakukan pengukuran seperti terlihat pada gambar 4.14. ditunjukkan hasil pengukuran VSWR sebesar 1.12 pada antenna dengan rekayasa kondisi *switch* frekuensi 3,6 GHz.

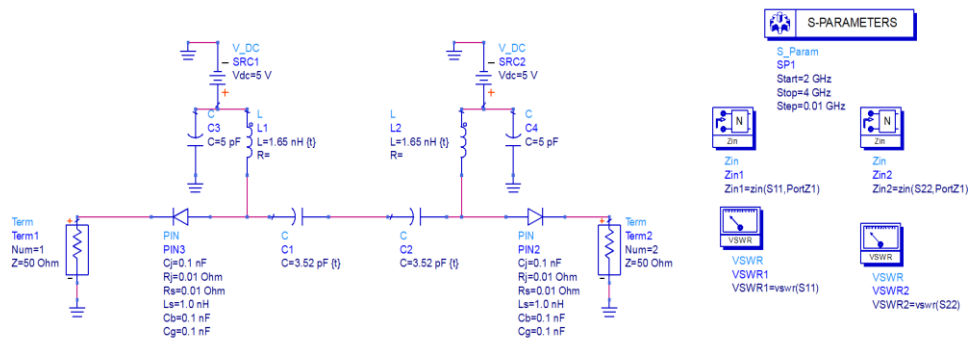


Gambar 4.14. Hasil Pengukuran VSWR pada Antena Frekuensi 3,6 GHz

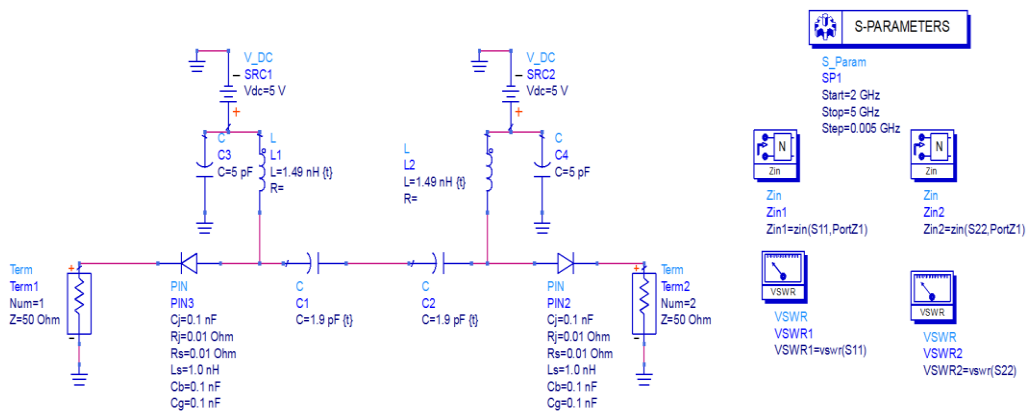
4.3.3. Hasil Simulasi dengan *Software Advanced Design System (ADS) 2011*

Penggunaan respon teknik *switch* pin dioda sebagai metode rekonfigurasi antenna dalam penelitian ini hanya di simulasikan dengan menggunakan *software Advanced Design System (ADS) 2011*. Simulasi dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan respon yang dihasilkan oleh pin dioda, sehingga di dapatkan hasil yang sesuai dengan parameter-parameter antenna mikrostrip rekonfigurasi yang telah di fabrikasi. Simulasi dilakukan pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz.

4.3.3.1. Rangkaian Switch Frekuensi 2,3 dan 3,6 GHz



Gambar 4.15. Rangkaian *switch* pin dioda menggunakan metode Single Pole Double Throw (SPDT) pada Frekuensi 2,3 GHz



Gambar 4.16. Rangkaian *switch* pin dioda menggunakan metode Single Pole Double Throw (SPDT) pada Frekuensi 3,6 GHz

Penggunaan respon teknik *switch* pin dioda sebagai metode rekonfigurasi antena dalam penelitian ini digunakan rangkaian *Single Pole Double Throw* (SPDT) yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

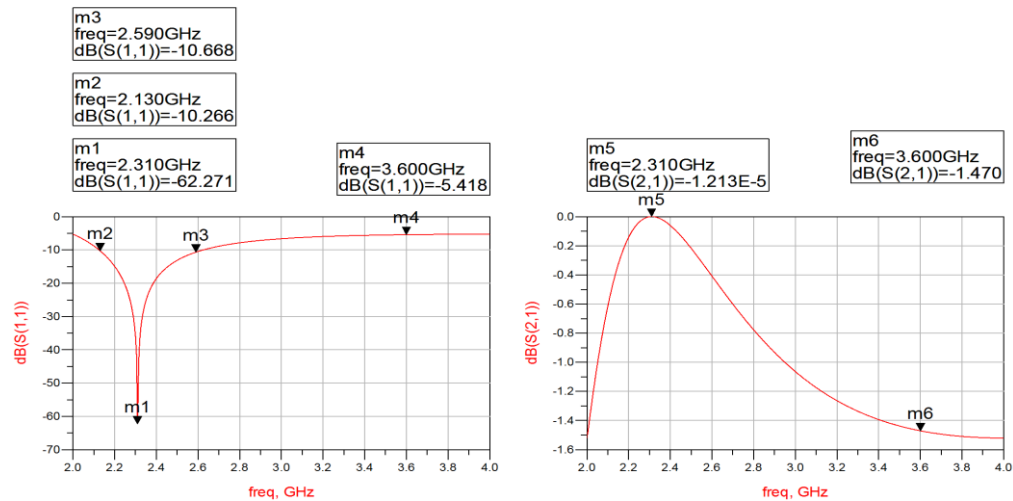
Ada satu jalur input dan dua jalur output yang berfungsi mengaktifkan salah satu pin dioda agar bekerja sebagai *switch*. Fungsi dari VDC dalam rangkaian tersebut adalah untuk mengaktifkan pin dioda, lalu arus AC yang masuk akan di loloskan oleh kapasitor. Kapasitor (C) juga bertindak untuk memblok arus DC yang masuk. Selanjutnya induktor dalam rangkaian tersebut untuk meloloskan arus DC dan memblok arus AC. Dalam rangkaian bias, kapasitor berfungsi untuk mengalirkan arus AC yang tersisa ke *ground*.

Selanjutnya penentuan nilai komponen Kapasitor (C) dan Induktor (L) dalam rangkaian juga berfungsi untuk menentukan frekuensi kerja yang diinginkan. Seperti persamaan (2.31):

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

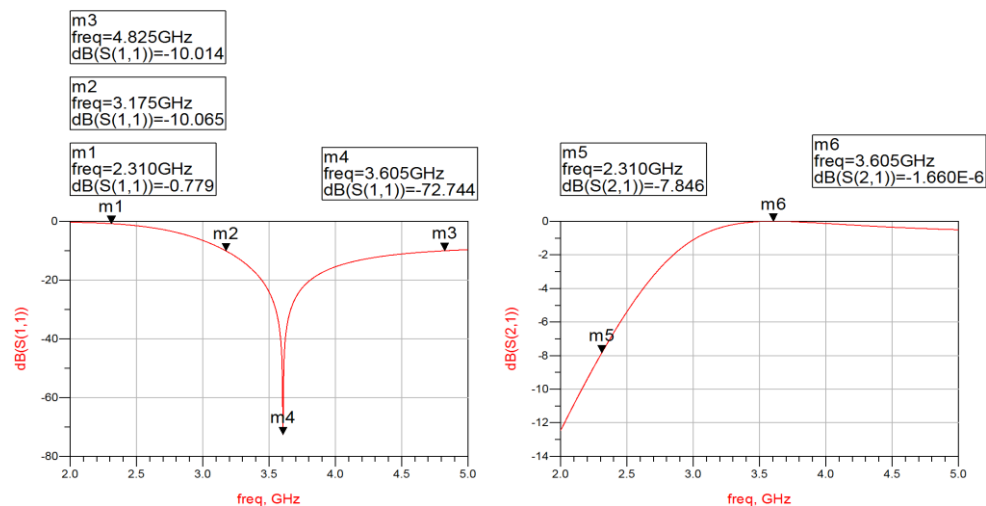
Maka saat nilai L dan C diperbesar, maka nilai frekuensi kerja akan menurun, sebaliknya saat nilai L dan C diperkecil, maka nilai frekuensi yang bekerja akan naik. Pembahasan dalam penelitian antena mikrostrip, induktor pada rangkaian tersebut dapat di representasikan sebagai *patch* dan kapasitor sebagai substrat karena substrat memiliki kemampuan untuk menyimpan muatan listrik.

Dalam rangkaian SPDT dengan menggunakan simulasi pada gambar 4.16 dan 4.18 penentuan nilai Kapasitor (C) dan Induktor (L) sendiri tidak memiliki perhitungan secara khusus, nilai yang didapatkan berdasarkan simulasi. Selanjutnya penentuan nilai L dan C yang digunakan adalah nilai yang menghasilkan parameter yang paling optimal.



Gambar 4.17. Hasil Simulasi *Software Advanced Design System (ADS)* (S_{11}) Return Loss dan (S_{21}) Insertion Loss Frekuensi 2,3 GHz

Pada gambar 4.17. ditunjukkan hasil simulasi *switch* dengan parameter *return loss* dan *insertion loss* pada frekuensi 2,3 GHz diperoleh hasil -62.271 dB dan hasil *insertion loss* sebesar -1.2 dB. Saat rangkaian *switch* bekerja pada frekuensi 2,3 GHz, maka respon yang diperoleh pada frekuensi 3,6 GHz adalah *off*. Seperti di tunjukkan pada marker (M_4) pada gambar 4.17.



Gambar 4.18. Hasil Simulasi *Software Advanced Design System (ADS)* (S_{11}) Return Loss dan (S_{21}) Insertion Loss Frekuensi 3,6 GHz

Pada gambar 4.18.ditunjukkan hasil simulasi *switch* dengan parameter *return loss* dan *insertion loss* pada frekuensi 3,6 GHz diperoleh hasil -72,74 dB dan hasil *insertion loss* sebesar -1.66 dB. Saat rangkaian *switch* bekerja pada frekuensi 3,6 GHz, maka respon yang diperoleh pada frekuensi 2,3 GHz adalah *off*. Seperti di tunjukkan pada marker (M_1) pada gambar 4.18.

4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil yang telah didapat, peneliti akan menganalisis perbandingan hasil desain antena mikrostrip *single patch* dengan penambahan rekayasa letak *switch* pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz hasil dimensi desain antena dengan hasil pabrikan, hasil simulasi dengan hasil pengujian.

4.4.1. Perbandingan Desain Antena Mikrostrip Simulasi dengan Hasil

Perhitungan

Berdasarkan hasil penelitian seperti yang telah dijelaskan, digunakan ukuran yang sama untuk dua buah frekuensi yang berbeda dan terdapat perbedaan antara ukuran secara perhitungan dengan ukuran secara simulasi, hal ini dikarenakan ukuran secara perhitungan masih bersifat aproksimasi. Oleh sebab itu pada saat melakukan simulasi perlu dilakukan perubahan-perubahan ukuran (proses iterasi) baik panjang dan lebar elemen agar frekuensi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan penelitian.

Adapun perbandingan nilai dimensi sesuai perhitungan dengan hasil simulasi sebagai berikut:

Tabel 4.2. Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Hasil Simulasi Desain Antena Frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz

Hasil Perhitungan					Hasil Simulasi			
Frekuensi (GHz)	Lebar (mm)		Panjang (mm)		Lebar (mm)		Panjang (mm)	
	Patch	Substrat	Patch	Substrat	Patch	Substrat	Patch	Substrat
2,3 GHz	40,25	49,85	31,272	40,872	29,942	39,542	38,58	48,18
	3,6 GHz	25,72	35,32	19,782				

Berdasarkan tabel 4.2, hasil yang didapat dari perhitungan dengan desain pada CST *Microwave Studio* 2014 mengalami perbedaan. Hal ini dikarenakan pendekatan rumus yang digunakan oleh CST *Microwave Studio* 2014. Selain itu peneliti melakukan iterasi yang cukup signifikan sehingga di dapatkan hasil dua frekuensi dengan simulasi yang paling optimal.

Tahap selanjutnya, dengan menggunakan nilai dimensi antena mikrostrip *single patch* yang sama, didesain antena mikrostrip yang telah dilakukan rekayasa *switch* (3 buah *solid feed*) dengan dimensi yang telah dijelaskan pada gambar 4.3. dan 4.4.

Adapun hasil parameter dari desain simulasi mikrostrip *single patch* dua frekuensi dituliskan sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Desain Antena Mikrostrip *Single Patch*

Parameter	2,3 GHz	3,6 GHz
Frekuensi Tengah	2,315 GHz	3,602 GHz
Rentang Frekuensi	2282,5 – 2347,7 MHz	3564,3 – 3640,3 MHz
<i>Return Loss</i>	-21.53 dB.	-15.02 dB.
VSWR	1,18	1,43
<i>Bandwidth</i>	65,2 MHz	76 MHz

Dari tabel 4.3 nilai parameter desain antena mikrostrip *single patch* sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Namun dalam penelitian, realisasi desain antena mikrostrip dengan menggunakan teknik *switch* belum dapat dilakukan. Hal ini disebabkan karena adanya keterbatasan dalam peneliti. Untuk itu digunakan rekayasa respon *switch* yang telah dijelaskan sebelumnya.

4.4.2. Perbandingan Hasil Desain Antena Mikrostrip Simulasi dengan Hasil Fabrikasi

Pada hasil dimensi antena, terdapat perbedaan pada beberapa dimensi antena yang digunakan. Hasil tersebut dapat disebabkan keterbatasan dalam hal pabrikan antena, atau keterbatasan skala alat ukur yang digunakan oleh peneliti.

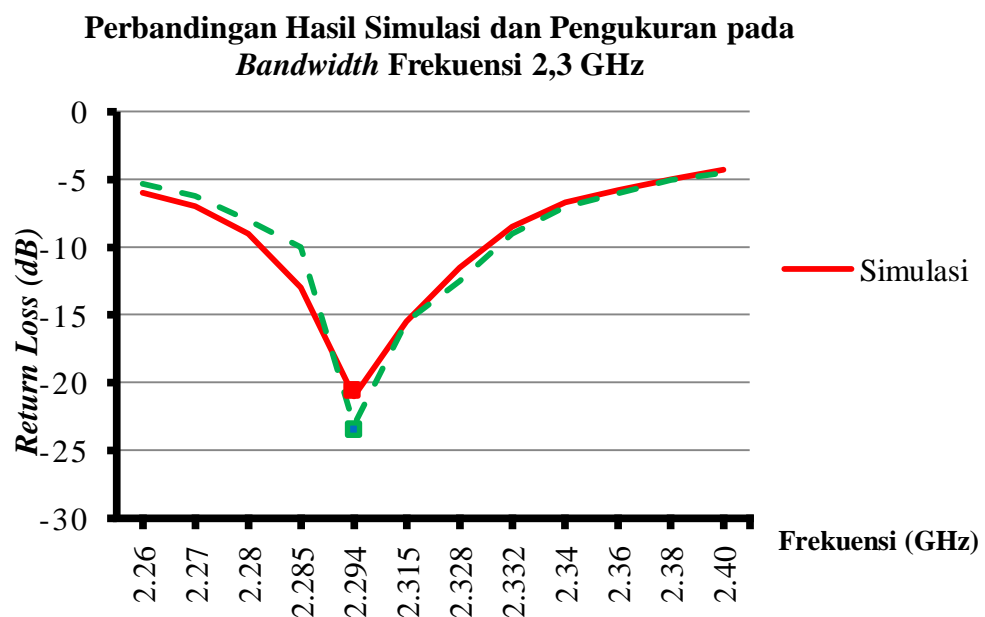
Dari antena yang telah direalisasikan, ternyata saat proses pencetakan tidak tepat dengan angka yang telah dirancang sebelumnya. Ada pergeseran sedikit pada dimensi antena jika diukur dengan penggaris. Hasil pengukuran dimensi antena dan perhitungan *error rate* akan dituliskan pada tabel 4.4 menggunakan persamaan 3.1.

Tabel 4.4 Tabel Perbandingan Dimensi Antena dengan Fabrikasi

Parameter	Hasil Ukuran Desain		<i>Error Rate</i> (%) Terhadap Simulasi
	Simulasi	Pabrikasi	
Lebar <i>Ground</i> (W_g)	3,9 cm	4,8 cm	23 %
Panjang <i>Ground</i> (L_g)	4,8 cm	3,9 cm	23 %
Lebar <i>Patch</i> (W_p)	2,9 cm	3,85 cm	24,6 %
Panjang <i>Patch</i> (L_p)	3,8 cm	3 cm	21 %
Lebar <i>Substrat</i> (W_s)	3,9 cm	4,8 cm	23 %
Panjang <i>Substrat</i> (L_s)	4,8 cm	3,9 cm	23 %
Lebar Inset (X_0)	0,2 cm	0,3 cm	33,3 %
Panjang Inset (Y_0)	0,8 cm	0,8 cm	0 %

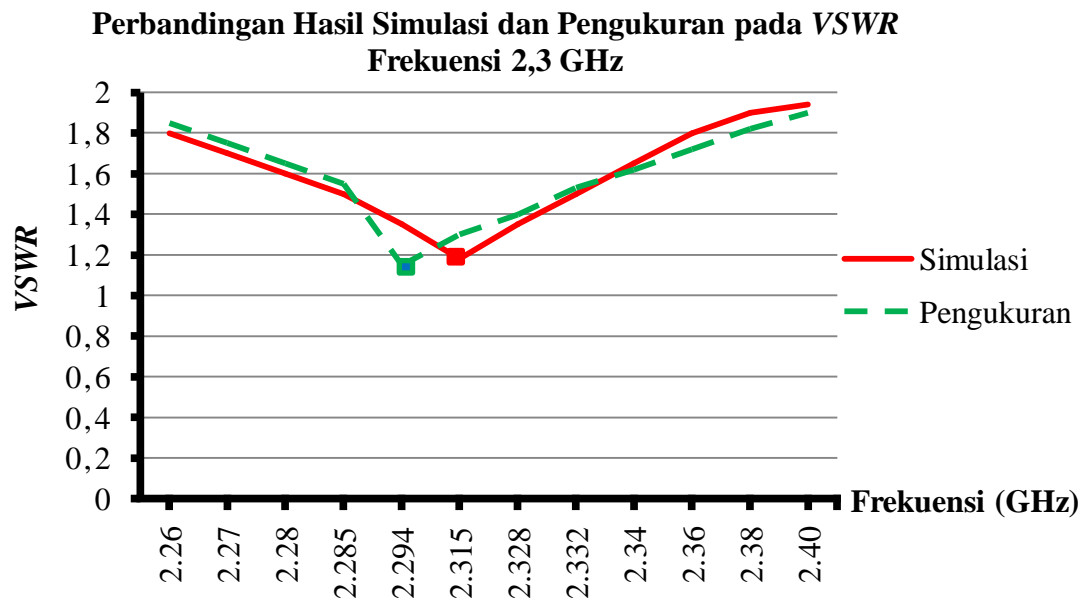
4.4.3. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Dalam penelitian terjadi perbandingan antara hasil simulasi dan pengukuran. Parameter yang dapat dibandingkan adalah frekuensi kerja, *bandwidth*, *return loss* dan VSWR. Pada gambar berikut ditunjukkan perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran yang disajikan dalam bentuk grafik.

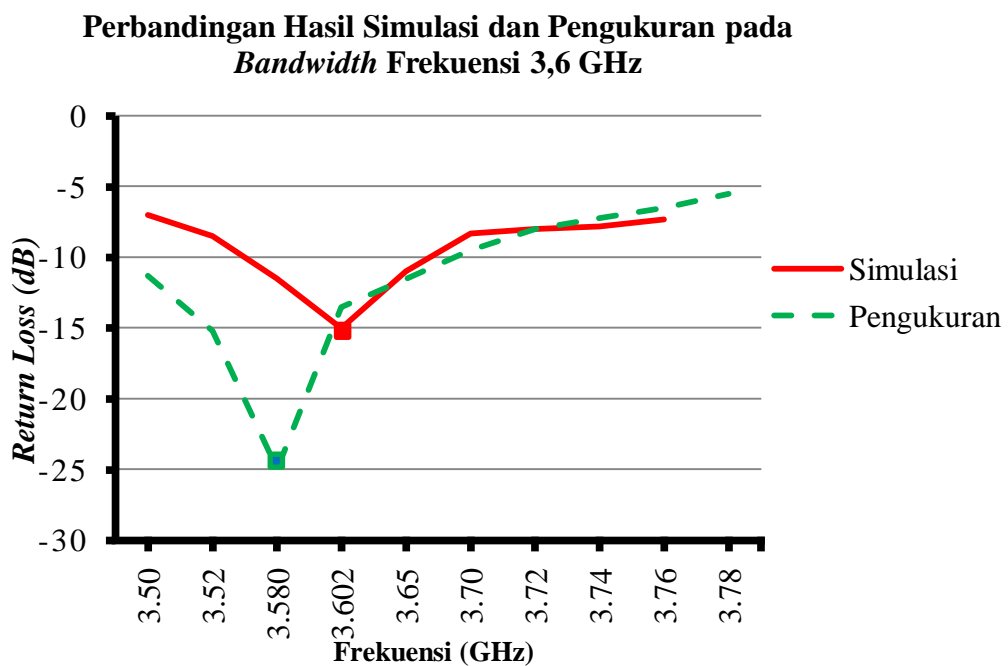


Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada *Bandwidth* Frekuensi 2,3 GHz

Perbandingan nilai hasil VSWR simulasi dan hasil pengukuran ditunjukkan pada gambar 4.20.

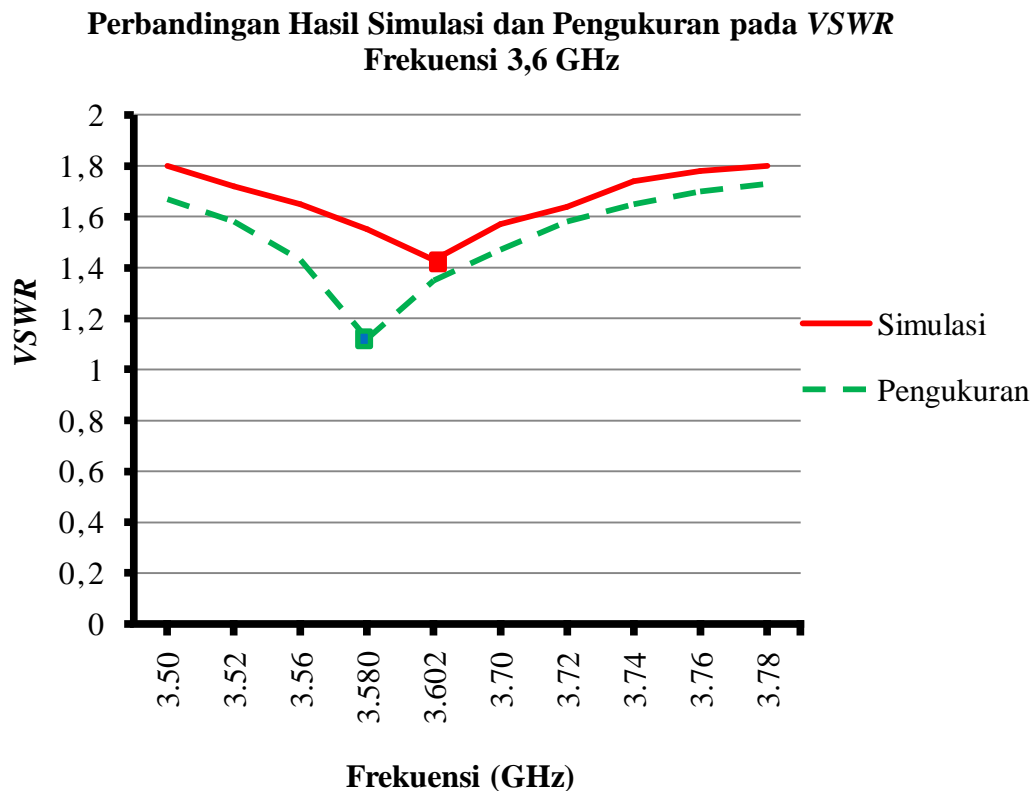


Gambar 4.20. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada VSWR Frekuensi 2,3 GHz



Gambar 4.21. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada Bandwidth Frekuensi 3,6 GHz

Perbandingan nilai VSWR simulasi dan pengukuran ditunjukkan pada gambar 4.15



Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran pada Bandwidth Frekuensi 3,6 GHz

Perbedaan hasil simulasi antenna mikrostrip dengan hasil pengukuran menggunakan *Network Analyzer* disebabkan oleh beberapa faktor yakni:

1. Perbedaan dimensi antenna antara hasil desain dengan pabrikan pada CST *Microwave Studio* 2014. Meskipun perbedaan sangat kecil berkisar 0,2 sampai 1 mm, tetapi berpengaruh terhadap frekuensi kerja yang digunakan.
2. Kemungkinan perbedaan nilai konstanta dielektrik substrat (ϵ_r) yang ditentukan oleh peneliti saat mendesain antenna mikrostrip dengan bahan substrat yang digunakan oleh PT. Spectra.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, FR4 memiliki beberapa nilai konstanta dielektrik substrat yaitu 4,3; 4,4; dan 4,5. Karena banyak penelitian menggunakan 4,3, maka pada penelitian kali ini, peneliti juga menggunakan 4,3. Sedangkan nilai konstanta dielektrik substrat (ϵ_r) yang digunakan oleh PT. Spectra sebesar 4,6 untuk memproduksi antena mikrostrip.

3. Terdapat rugi-rugi kabel koaksial yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip dengan *Network Analyzer*. Karena, pada saat peneliti merubah posisi kabel saat proses pengujian antena mikrostrip, terjadi perubahan frekuensi kerja, *return loss*, dan pergeseran *bandwidth* pada layar *Network Analyzer*. Meskipun perubahan tersebut tidak terlalu signifikan pada posisi antena sebelumnya.
4. Proses pengukuran pabrikan antena banyak terjadi gangguan oleh lingkungan sekitar lokasi pengukuran. Lokasi pengukuran diharapkan tidak berisi objek pemantulan, seperti dilapangan atau diruangan yang luas. Pada parakteknya pengukuran dilakukan dilabotarium dimana banyak terdapat lemari-lemari peralatan elektronik dan pembatas ruangan yang merupakan objek pemantulan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada skripsi ini, didesain sebuah antena mikrostrip rekonfigurasi *rectangular single patch* dengan menggunakan teknik *switch* pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz untuk aplikasi wifi dan wimax. Pembuatan desain antena mikrostrip konvensional menggunakan *software CST Microwave Studio 2014*, dan simulasi respon *switch* menggunakan *software Advanced Design System (ADS) 2011*. Fabrikasi antena dibuat dengan menggunakan jasa pihak ketiga oleh pihak PT. Spectra di Bandung, pengukuran menggunakan *Network Analyzer Anritsu tipe S332E*, sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada simulasi dan pengukuran didapatkan nilai $VSWR < 2$ antena mikrostrip *single patch* dual frekuensi yang bekerja pada frekuensi 2,3 dan 3,6 GHz.
2. Respon *switch* pin dioda yang telah disimulasikan memiliki performa yang baik pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,6 GHz sesuai dengan tiap parameter, sehingga dapat mengaktifkan dua frekuensi kerja secara bergantian.
3. Penambahan komponen aktif pin dioda sebagai *switch* pada antena mikrostrip memiliki pengaruh yang positif. Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa respon *switch* pin dioda dapat digunakan pada jenis antena mikrostrip *dual band* frekuensi.

5.2. Saran

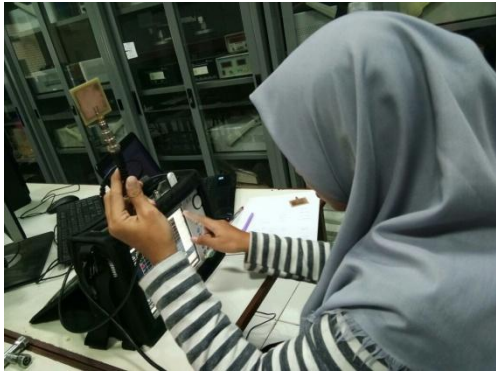
Dalam perancangan desain antenna rekonfigurasi, terjadi penyimpangan karakteristik dari perancangan yang diinginkan sehingga untuk mendapatkan performansi antenna yang lebih baik, maka ada beberapa saran antara lain:

1. Dapat dianalisa bentuk penempatan respon *switch* yang lain dalam mempengaruhi parameter dan jenis rekonfigurasi lain yang lebih signifikan.
2. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam perancangan dan realisasi antenna mikrostrip rekonfigurasi, sebaiknya dilakukan fabrikasi menggunakan komponen aktif pada pemberian teknik *switch*. Dalam penelitian ini disarankan menggunakan pin dioda sebagai komponen aktif respon *switch*.
3. Untuk mendapatkan respon *switch* yang ideal sebaiknya menggunakan perangkat lunak *Advanced Design System* (ADS) untuk mendesain antenna mikrostrip sekaligus mendesain teknik *switch*.
4. Apabila menggunakan pihak ketiga dalam proses fabrikasi, peneliti terlebih dahulu mencari tahu nilai konstanta dielektrik substrat (ϵ_r), dan ketebalan substrat yang digunakan tempat fabrikasi antenna, kemudian merancang antenna mikrostrip sesuai spesifikasi bahan yang ada.
5. Untuk mendapatkan hasil simulasi dan pengukuran mendekati sama maka harus diperhatikan kabel penghubung antara alat ukur dan antenna yang akan diukur serta ketelitian dalam proses fabrikasi.
6. Proses pengukuran sebaiknya dilakukan pada ruang yang mendekati ideal dan bebas pantulan, atau dapat dilakukan di *anechoic chamber*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, M. (2011). *Antena Prinsip & Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Balanis, C. A. (2005). *Antenna Theory Analysis And Design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Forster, J., Weinschel, B. O., & Sherr, S. I. (1973). IEEE Standard Definitions Of Terms for *Antennas*. *IEEE Std 145-1973*, 2-6.
- Kumar, G., & Ray, K. (2003). *Broadband Microstrip Antennas*. Boston: Artech House, Inc.
- Maci, S., & Gentili, G. B. (1997). Dual-Frequency *PatchAntennas*. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 39, 13-14.
- Microsemi-Watertown. (1998). *The PIN Diode Circuit Designers Handbook*. California: Microsemi Corp.
- Nakar, P. S. (2004). Design of a Compact Microstrip *PatchAntenna* for Use in Wireless/Cellular Device.
- Nascimento, D. C., & Lacava, J. C. (2011). Design of Low-cost Microstrip *Antennas*. Dalam *Microstrip Antennas* (Vol. 4, hal. 1-28). Brazil: InTech. Rekonfigurasi Microstrip *Antennas*.
- Sugiyono. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Surjati, I. (2010). *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. Jakarta: Penerbit Universitas Trisakti.

LAMPIRAN



Gambar Proses Pengukuran Antena Mikrostrip

M/A-COM AlGaAs Beam Lead PIN Diode

V 1.00

MA4AGBLP912

Features

- Ultra Low Capacitance < 22 fF
- Excellent RC Product < 0.10 pS
- High Switching Cutoff Frequency > 110 GHz
- 5 Nanosecond Switching Speed
- Driven by Standard +5 V TTL PIN Diode Driver
- Silicon Nitride Passivation
- Polyamide Scratch Protection

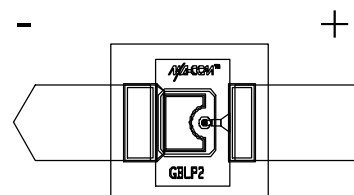
Description

M/A-COM's MA4AGBLP912 is an Aluminum-Gallium-Arsenide Anode Enhanced, Beam Lead PIN Diode. AlGaAs anodes, which utilize M/A-COM's patent pending hetero-junction technology, produce less diode "On" resistance than conventional GaAs devices. These devices are fabricated on a OMCVD epitaxial wafer using a process designed for high device uniformity and extremely low parasitics. The diodes themselves exhibit low series resistance (4 Ω), low capacitance (20 fF), and extremely fast switching speed, (5 nS). They are fully passivated with silicon nitride and have an additional layer of a polymer for scratch protection. The protective coating prevents damage to the junction and the anode air bridges during handling.

Applications

The ultra low capacitance of the MA4AGBLP912 device allows use through W-band (110 GHz) applications. The low RC product and low profile of the PIN diodes makes it ideal for use in microwave and millimeter wave switch designs, where lower insertion loss and higher isolation are required. The + 10 mA (low loss state) and the 0v (isolation state) bias of the diodes allows the use a simple + 5 V TTL gate driver. These AlGaAs diodes are used as switching arrays on radar systems, high-speed ECM circuits, optical switching networks, instrumentation, and other wideband multi-throw switch assemblies.

Outline (Topview)



Absolute Maximum Ratings

@ +25 °C¹

Parameter	Maximum Rating
Operating Temperature	-65 °C to +125 °C
Storage Temperature	-65 °C to +150 °C
Mounting Temperature	+235 °C for 10 sec.
C.W. Incident RF Power	+ 23 dBm C. W.
Forward D.C. Current	40 mA
Reverse D.C. Voltage @ -10 μ A	-50 V

1. Exceeding any of these values may result in permanent damage

Electrical Specifications @ $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$

Parameters and Test Conditions	Symbol and Unit		Units		
			Min.	Typ.	Max.
Total Capacitance at -5 V at 10 GHz ¹	Ct	fF	-	20	22
Forward Resistance at +20 mA at 10 GHz ²	Rs	Ohms	-	4.0	4.9
Forward Voltage at +10 mA	Vf	Volts	-	1.36	1.50
Leakage Current at -40 V	Ir	nA	-	-50	-300
Minority Carrier Lifetime	TL	nS	-	5	10

NOTES:

1. Reverse Bias Capacitance is measured as a Single Series diode at -5 V in a 50 Ω test fixture at 10 GHz.
2. Forward Series Resistance is measured as a Single Series diode at 20 mA in a 50 Ω test fixture at 10 GHz.

Assembly Considerations

The following precautions should be observed to avoid damaging these chips.

Cleanliness

These devices should be handled in a clean environment. Do not attempt to clean die after installation.

Static Sensitivity

Aluminum Gallium Arsenide PIN diodes are Class 1 ESD sensitive and can be damaged by static electricity. Proper ESD techniques should be used when handling these devices.

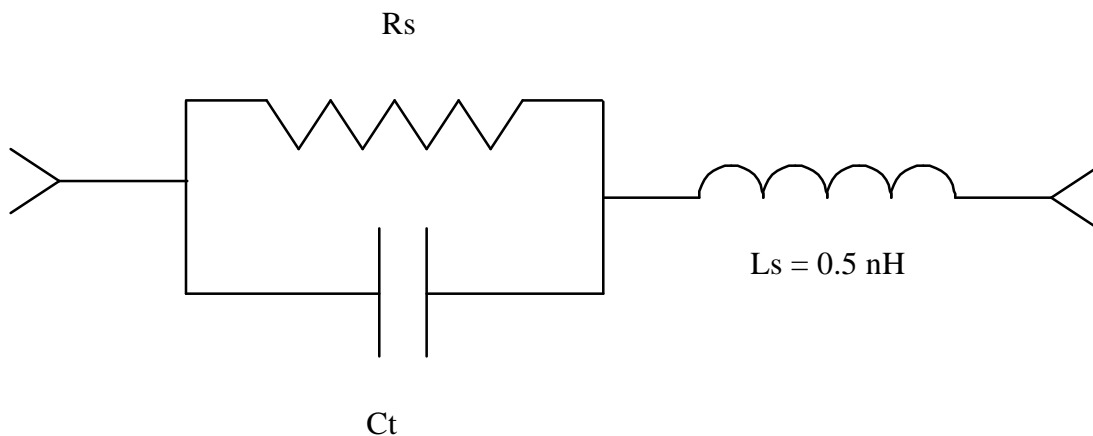
General Handling

These devices have a polymer layer which provides scratch protection for the junction area and the anode air bridge. Beam lead devices must, however, be handled with extreme care since the leads may easily be distorted or broken by the normal pressures exerted when handled with tweezers. A vacuum pencil with a #27 tip is recommended for picking and placing.

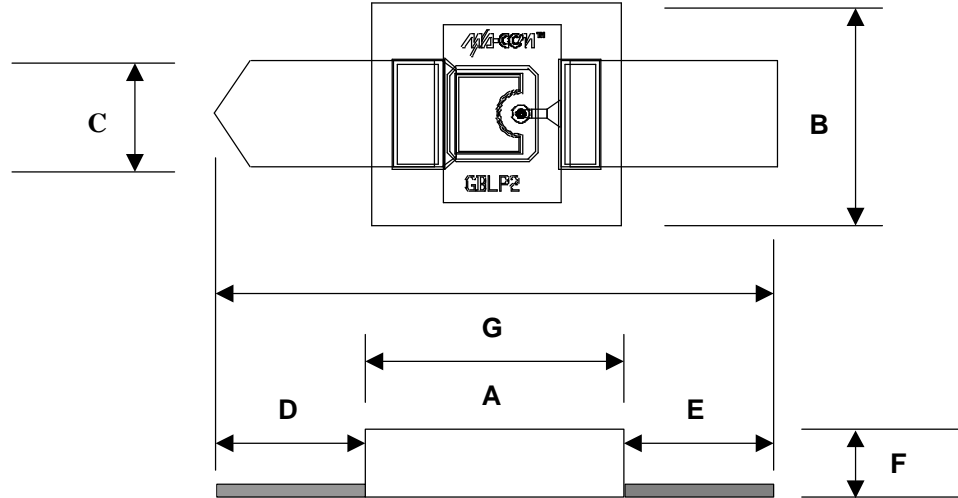
These devices were designed to be inserted onto hard or soft substrates. Recommended methods of attachment include thermocompression bonding, parallel-gap welding, solder reflow, and electrically conductive silver epoxy.

See Application Note M541, "Bonding and Handling Procedures for Chip Diode Devices" for More Detailed Assembly Instructions.

Diode Model

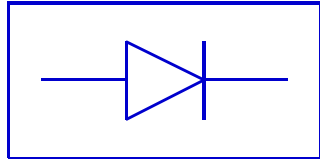


Outline Dimensions — Topview and Sideview



Dim	Mils	mm
A	11.0 +/- 2.0	0.28 +/- 0.05
B	6.9 +/- 2.0	0.18 +/- 0.05
C	4.7 +/- 1.0	0.12 +/- 0.025
D	6.9 +/- 2.0	0.18 +/- 0.05
E	6.9 +/- 2.0	0.18 +/- 0.05
F	4.0 +/- 2.0	0.10 +/- 0.05
G	24.8 +/- 3.0	0.63 +/- 0.75

Diode SPICE Values



MA4AGBPL912 SPICE Model

PinDiodeModel

 $I_s = 1.0E-14 \text{ A}$
 $V_i = 0.0 \text{ V}$
 $wBv = 50 \text{ V}$
 $\mu_e = 8600 \text{ cm}^2/\text{V-sec}$
 $wPmax = 100 \text{ mW}$
 $W_i = 3.0 \text{ um}$
 $Ffe = 1.0$
 $R_r = 10 \text{ K Ohms}$
 $C_{jmin} = 0.020 \text{ pF}$
 $\tau = 10 \text{ nsec}$
 $R_s(I) = R_c + R_j(I) = 0.10 \text{ Ohm} + R_j(I)$
 $C_{j0} = 0.022 \text{ pF}$
 $V_j = 1.35 \text{ V}$
 $M = 0.5$
 $F_c = 0.5$
 $I_{max} = 0.04 \text{ A}$
 $K_f = 0.0$
 $A_f = 1.0$

Features

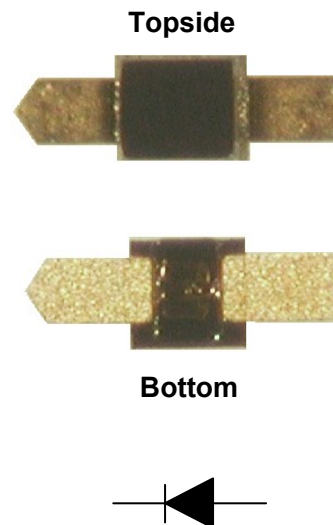
- ◆ Low Series Resistance
- ◆ Low Capacitance
- ◆ 5 Nanosecond Switching Speed
- ◆ Can be Driven by a Buffered +5V TTL
- ◆ Silicon Nitride Passivation
- ◆ Polyimide Scratch Protection
- ◆ RoHS Compliant

Description

M/A-COM Technology Solutions MA4AGBL912 is an Aluminum-Gallium-Arsenide anode enhanced, beam lead PIN diode. AlGaAs anodes, which utilize M/A-COM Tech's patented hetero-junction technology, produce less diode "On" resistance than conventional GaAs or silicon devices. This device is fabricated in a OMCVD system using a process optimized for high device uniformity and extremely low parasitics. The result is a diode with low series resistance, 4Ω, low capacitance, 28fF, and an extremely fast switching speed of 5nS. It is fully passivated with silicon nitride and has an additional polymer coating for scratch protection. The protective coating prevents damage to the junction and the anode air bridges during handling and assembly.

Applications

The ultra low capacitance of the MA4AGBL912 device makes it ideally suited for use up to 40GHz when used in a shunt configuration. The low RC product and low profile of the beamlead PIN diode allows for use in microwave switch designs, where low insertion loss and high isolation are required. The operating bias conditions of +10mA for the low loss state, and 0V, for the isolation state permits the use of a simple +5V TTL gate driver. AlGaAs, beamlead diodes, can be used in switching arrays on radar systems, high speed ECM circuits, optical switching networks, instrumentation, and other wideband multi-throw switch assemblies.

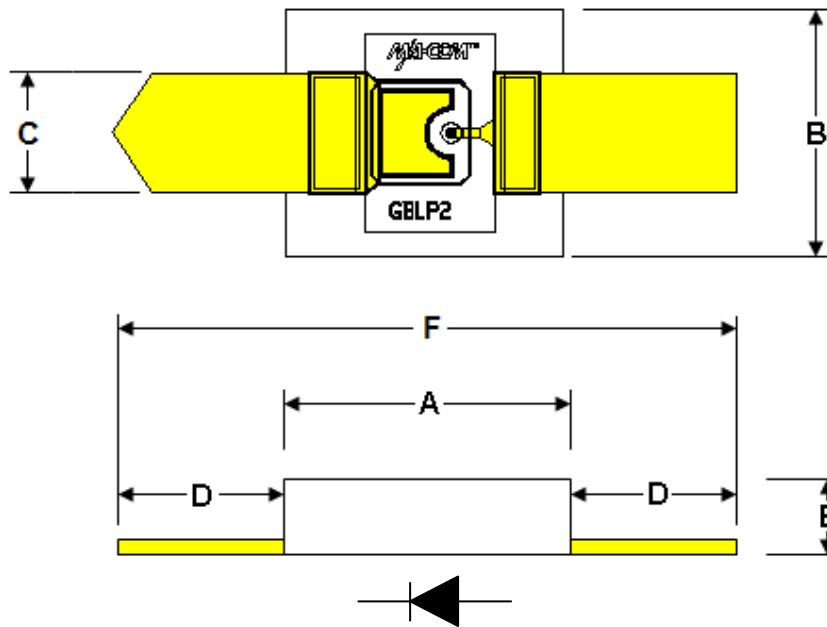


Absolute Maximum Ratings @ T_{AMB} = 25°C (unless otherwise specified)

Parameter	Absolute Maximum
Reverse Voltage	-50V
Operating Temperature	-65°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Junction Temperature	+175°C
Forward DC Current	40mA
C.W. Incident Power	+23dBm
Mounting Temperature	+235°C for 10 seconds

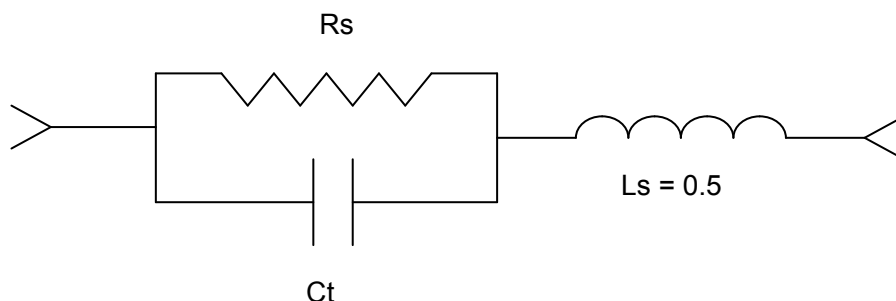
Electrical Specifications at $T_{AMB} = 25^{\circ}C$

Test Conditions	Parameters	Units	Min	Typical	Max.
Total Capacitance @ -5V/1 MHz	Ct	fF	-	26	30
Forward Resistance @ +20mA/1 GHz	Rs	Ohms	-	4	4.9
Forward Voltage at +10mA	Vf	Volts	1.2	1.36	1.5
Leakage Current at -40 V	Ir	nA	-	50	300
Minority Carrier Lifetime	TL	nS	-	5	10



DIM	INCHES		MM	
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
A	0.009	0.013	0.2286	0.3302
B	0.0049	0.0089	0.1245	0.2261
C	0.0037	0.0057	0.0940	0.1448
D	0.0049	0.0089	0.1245	0.2261
E	0.002	0.006	0.0508	0.1524
F	0.0218	0.0278	0.5537	0.70612

Diode Model



MA4AGBLP912 SPICE Model

$I_s = 1.0E-14$ A
 $V_i = 0.0$ V $wBv = 50$ V
 $\mu_e = 8600$ cm²/V-sec $wPmax = 100$ mW
 $W_i = 3.0$ μ m $Ffe = 1.0$
 $R_r = 10$ K Ohms
 $C_{jmin} = 0.020$ pF
 $\tau = 10$ nsec
 $R_s(I) = R_c + R_j(I) = 0.10$ Ohm + $R_j(I)$
 $C_{j0} = 0.022$ pF
 $V_j = 1.35$ V
 $M = 0.5$
 $F_c = 0.5$
 $I_{max} = 0.04$ A
 $K_f = 0.0$
 $A_f = 1.0$

Handling and Assembly Procedures

The following precautions should be observed to avoid damaging these devices.

Cleanliness

These devices should be handled in a clean environment.

Static Sensitivity

Aluminum Gallium Arsenide PIN diodes are Class 0, HBM, ESD sensitive and can be damaged by static electricity. Proper ESD techniques should be used when handling these devices.

General Handling

These devices have a polymer layer which provides scratch protection for the junction area and the anode air bridge. Beam lead devices must, however, be handled with extreme care since the leads may easily be distorted or broken by the normal pressures exerted when handled with tweezers. A vacuum pencil with a #27 tip is recommended for picking and placing.

Attachment

These devices were designed to be inserted onto hard or soft substrates. Recommended methods of attachment include thermo-compression bonding, parallel-gap welding and electrically conductive silver epoxy.

Ordering Information

Part Number	Packaging
MA4AGBLP912	Gel Pak

M/A-COM Technology Solutions Inc. All rights reserved.

Information in this document is provided in connection with M/A-COM Technology Solutions Inc ("MACOM") products. These materials are provided by MACOM as a service to its customers and may be used for informational purposes only. Except as provided in MACOM's Terms and Conditions of Sale for such products or in any separate agreement related to this document, MACOM assumes no liability whatsoever. MACOM assumes no responsibility for errors or omissions in these materials. MACOM may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. MACOM makes no commitment to update the information and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to its specifications and product descriptions. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document.

THESE MATERIALS ARE PROVIDED "AS IS" WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, RELATING TO SALE AND/OR USE OF MACOM PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT. MACOM FURTHER DOES NOT WARRANT THE ACCURACY OR COMPLETENESS OF THE INFORMATION, TEXT, GRAPHICS OR OTHER ITEMS CONTAINED WITHIN THESE MATERIALS. MACOM SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, LOST REVENUES OR LOST PROFITS, WHICH MAY RESULT FROM THE USE OF THESE MATERIALS.

MACOM products are not intended for use in medical, lifesaving or life sustaining applications. MACOM customers using or selling MACOM products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify MACOM for any damages resulting from such improper use or sale.

Mouser Electronics

Authorized Distributor

Click to View Pricing, Inventory, Delivery & Lifecycle Information:

[MACOM:](#)

[MA4AGBLP912](#) [MA47872](#)



MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA
REPUBLIK INDONESIA

PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA

NOMOR : 07 /PER/M.KOMINFO/ 01/2009

TENTANG

**PENATAAN PITA FREKUENSI RADIO UNTUK KEPERLUAN LAYANAN
PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS BROADBAND*)**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA,

- Menimbang :
- a. bahwa perencanaan penggunaan spektrum frekuensi radio ditujukan untuk meningkatkan penggunaan spektrum frekuensi radio yang efisien dan optimal, mencegah terjadinya penggunaan yang saling mengganggu, serta memperhatikan perkembangan teknologi dan kebutuhan spektrum frekuensi radio di masa depan;
 - b. bahwa saat ini penggunaan pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) belum dilakukan secara optimal;
 - c. bahwa saat ini sistem pengkalanalan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) masih beragam;
 - d. bahwa penggunaan bersama (*sharing*) pita frekuensi radio 3.4 – 3.7 GHz untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) dan penerimaan stasiun bumi sistem satelit extended C-Band menimbulkan interferensi dalam implementasinya;
 - e. bahwa ketentuan *Radio Regulation* 2008 dari *International Telecommunication Union* telah menetapkan bahwa penggunaan pita frekuensi 2.3 – 2.4 GHz adalah untuk keperluan *International Mobile Telecommunication* (IMT);
 - f. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a sampai dengan huruf e, perlu dilakukan penataan pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang ditetapkan dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika;

- Mengingat :
1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor : 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2000 Nomor : 107, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor : 3980);
 2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 52 Tahun 2000 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2000 Nomor : 107, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor : 3980);
 3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 53 Tahun 2000 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit (Lembaran Negara Tahun 2000 Nomor : 108, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor : 3981);
 4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 28 Tahun 2005 tentang Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Departemen Komunikasi dan Informatika (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor : 57, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor : 4511);
 5. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor : 9 Tahun 2005 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Negara Republik Indonesia sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor : 20 Tahun 2008;
 6. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor : 10 Tahun 2005 tentang Unit Organisasi dan Tugas Eselon I Kementerian Negara Republik Indonesia sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor : 21 Tahun 2008;
 7. Keputusan Menteri Perhubungan Nomor : KM.5 Tahun 2001 tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia;
 8. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 03/P/M.KOMINFO/5/2005 tentang Penyesuaian Kata Sebutan pada Beberapa Keputusan/Peraturan Menteri Perhubungan yang Mengatur Materi Muatan Khusus di Bidang Pos dan Telekomunikasi;
 9. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 17/PER/M.KOMINFO/10/2005 tentang Tata Cara Perizinan dan Ketentuan Operasional Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio;
 10. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 19/PER.KOMINFO/10/2005 tentang Petunjuk Pelaksanaan Tarif Atas Penerimaan Negara Bukan Pajak dari Biaya Hak Penggunaan Frekuensi Radio;

11. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 25/P/M.KOMINFO/7/2008 tentang Susunan Organisasi dan Tata Kerja Departemen Komunikasi dan Informatika;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : **PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA TENTANG PENATAAN PITA FREKUENSI RADIO UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS BROADBAND*).**

BAB I

KETENTUAN UMUM

Pasal 1

Dalam Peraturan ini yang dimaksud dengan :

1. Telekomunikasi adalah setiap pemancaran, pengiriman atau penerimaan tiap jenis tanda, gambar, suara dan informasi dalam bentuk apapun melalui sistem kawat, optik, radio, atau sistem elektromagnetik lainnya.
2. Spektrum frekuensi radio adalah kumpulan pita frekuensi radio.
3. Pita frekuensi radio adalah bagian dari spektrum frekuensi radio yang mempunyai lebar tertentu.
4. Kanal frekuensi radio adalah bagian dari pita frekuensi radio yang ditetapkan untuk suatu stasiun radio.
5. Blok frekuensi radio adalah bagian dari pita frekuensi radio yang berisi satu kanal frekuensi radio atau lebih yang disusun untuk ditetapkan alokasi penggunaannya kepada suatu pengguna frekuensi radio.
6. Alokasi frekuensi radio adalah pencantuman pita frekuensi radio tertentu dalam tabel alokasi frekuensi radio untuk penggunaan oleh satu atau lebih dinas komunikasi radio terrestrial atau dinas komunikasi radio ruang angkasa atau dinas radio astronomi berdasarkan persyaratan tertentu.
7. Penetapan pita frekuensi radio atau kanal frekuensi radio adalah otorisasi yang diberikan oleh suatu administrasi, dalam hal ini oleh Menteri, kepada suatu stasiun radio untuk menggunakan frekuensi radio atau kanal frekuensi radio berdasarkan persyaratan tertentu.
8. Layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) adalah layanan telekomunikasi nirkabel yang kecepatan transmisi datanya sekurang-kurangnya 256 kbps.

9. Pengguna frekuensi radio eksisting untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) adalah pemegang surat alokasi frekuensi radio dan/atau izin stasiun radio yang menggunakan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*).
10. Pengguna frekuensi radio eksisting bukan untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) adalah pemegang izin stasiun radio yang menggunakan frekuensi radio tidak untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*).
11. Surat alokasi frekuensi adalah surat yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi yang memberikan persetujuan secara prinsip penggunaan suatu alokasi pita frekuensi tertentu kepada suatu penyelenggara telekomunikasi.
12. Zona layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) adalah wilayah geografis tertentu terkait dengan perizinan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*).
13. *Frequency Division Duplexing (FDD)* adalah moda penggunaan frekuensi radio berpasangan pada dimensi frekuensi radio.
14. *Time Division Duplexing (TDD)* adalah moda penggunaan frekuensi radio berpasangan pada dimensi waktu.
15. Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) adalah besarnya komponen dalam negeri pada barang, jasa dan gabungan barang dan jasa.
16. Menteri adalah Menteri yang ruang lingkup tugas dan bertanggung jawabnya di bidang telekomunikasi.
17. Direktur Jenderal adalah Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi.

Pasal 2

Penataan pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) dilakukan dalam rangka :

- a. memberikan pedoman dalam penggunaan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*).
- b. mendorong pertumbuhan industri telekomunikasi dan informatika nasional.
- c. memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi masyarakat; dan

- d. mempercepat peningkatan teledensitas akses telekomunikasi dan informasi serta penyebaran layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) secara merata ke seluruh wilayah Indonesia.

Pasal 3

- (1) Pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang diatur dalam Peraturan Menteri ini adalah :
 - a. pita frekuensi radio yang teridentifikasi secara internasional digunakan untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*); dan/atau
 - b. pita frekuensi radio lain yang telah ditetapkan alokasinya untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) sebelum ditetapkan Peraturan Menteri ini.
- (2) Pita frekuensi radio lain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b adalah pita frekuensi radio 300 MHz, 1.5 GHz, 2 GHz, dan 3.3 GHz.
- (3) Pengoperasian layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) dilarang menimbulkan gangguan yang merugikan terhadap penggunaan frekuensi radio lainnya.

BAB II

ZONA LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (WIRELESS BROADBAND)

Pasal 4

Zona wilayah layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) terdiri dari:

- a. Zona 1, yaitu wilayah Sumatera Bagian Utara, sebagaimana tercantum dalam Lampiran I Peraturan Menteri ini;
- b. Zona 2, yaitu wilayah Sumatera Bagian Tengah, sebagaimana tercantum dalam Lampiran II Peraturan Menteri ini;
- c. Zona 3, yaitu wilayah Sumatera Bagian Selatan, sebagaimana tercantum dalam Lampiran III Peraturan Menteri ini;
- d. Zona 4, yaitu wilayah Banten, Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi, sebagaimana tercantum dalam Lampiran IV Peraturan Menteri ini;
- e. Zona 5, yaitu wilayah Jawa Bagian Barat kecuali Bogor, Depok dan Bekasi, sebagaimana tercantum dalam Lampiran V Peraturan Menteri ini;

- f. Zona 6, yaitu wilayah Jawa Bagian Tengah, sebagaimana tercantum dalam Lampiran VI Peraturan Menteri ini;
- g. Zona 7, yaitu wilayah Jawa Bagian Timur, sebagaimana tercantum dalam Lampiran VII Peraturan Menteri ini;
- h. Zona 8, yaitu wilayah Bali dan Nusa Tenggara, sebagaimana tercantum dalam Lampiran VIII Peraturan Menteri ini;
- i. Zona 9, yaitu wilayah Papua, sebagaimana tercantum dalam Lampiran IX Peraturan Menteri ini;
- j. Zona 10, yaitu wilayah Maluku dan Maluku Utara, sebagaimana tercantum dalam Lampiran X Peraturan Menteri ini;
- k. Zona 11, yaitu wilayah Sulawesi Bagian Selatan, sebagaimana tercantum dalam Lampiran XI Peraturan Menteri ini;
- l. Zona 12, yaitu wilayah Sulawesi Bagian Utara, sebagaimana tercantum dalam Lampiran XII Peraturan Menteri ini;
- m. Zona 13, yaitu wilayah Kalimantan Bagian Barat, sebagaimana tercantum dalam Lampiran XIII Peraturan Menteri ini;
- n. Zona 14, yaitu wilayah Kalimantan Bagian Timur, sebagaimana tercantum dalam Lampiran XIV Peraturan Menteri ini;
- o. Zona 15, yaitu wilayah Kepulauan Riau, sebagaimana tercantum dalam Lampiran XV Peraturan Menteri ini.

Pasal 5

- (1) Pengguna frekuensi radio untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang beroperasi pada wilayah perbatasan antar zona wilayah layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) dan/atau pada zona wilayah layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang sama wajib melakukan koordinasi dengan pengguna frekuensi radio untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) lainnya sebelum pelaksanaan pembangunan stasiun radio guna menghindari gangguan yang merugikan.
- (2) Koordinasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan untuk penggunaan blok frekuensi radio yang saling bersebelahan (*adjacent frequency*) dan/atau pada penggunaan blok frekuensi radio yang sama (*co-channel frequency*).

- (3) Setiap stasiun radio yang dioperasikan pada suatu zona wilayah layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) dilarang melakukan pemancaran sinyal dengan kuat medan yang melebihi batas ambang (*threshold*) penerimaan pada zona wilayah layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) lainnya.

Pasal 6

Frekuensi radio untuk keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) bagi kota/wilayah yang berbatasan dengan negara tetangga atau cakupannya dapat menjangkau negara lain ditetapkan setelah dilakukan koordinasi oleh Direktur Jenderal dengan Administrasi Telekomunikasi negara tetangga yang berkaitan.

BAB III

PENETAPAN BLOK FREKUENSI RADIO DAN ZONA LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (WIRELESS BROADBAND) KEPADA PENGGUNA FREKUENSI RADIO WIRELESS BROADBAND EKSISTING

Pasal 7

- (1) Penetapan blok frekuensi radio atau kanal frekuensi radio dalam suatu Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) kepada pengguna frekuensi radio *Wireless Broadband* eksisting ditentukan berdasarkan :
- a. Surat alokasi frekuensi radio yang mencantumkan :
 - i. wilayah layanan tertentu; dan/atau
 - ii. rencana bisnis (*business plan*) pengguna frekuensi radio;dan/atau;
 - b. Izin Stasiun Radio (ISR).
- (2) Izin Stasiun Radio (ISR) sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b adalah ISR di mana frekuensi radio yang ditetapkan merupakan pita frekuensi radio sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (1) dan ayat (2).
- (3) Penetapan blok frekuensi radio dalam suatu Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) kepada pengguna frekuensi radio *Wireless Broadband* eksisting berdasarkan surat alokasi frekuensi radio yang mencantumkan rencana bisnis (*business plan*) ditentukan berdasarkan :
- a. Bukti penerimaan berkas pengajuan penggunaan frekuensi radio; dan/atau

- b. Hasil pelaporan pencocokan dan penelitian data penggunaan frekuensi radio yang telah beroperasi.

Pasal 8

- (1) Pengguna frekuensi radio untuk keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) eksisting yang ditetapkan sebagai pengguna blok frekuensi radio atau kanal frekuensi radio dalam Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 wajib melakukan penyesuaian atas penggunaan frekuensi radio di setiap stasiun radio.
- (2) Ketentuan lebih lanjut tentang penyesuaian atas penggunaan frekuensi radio untuk keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) ditetapkan dengan Peraturan Menteri tersendiri.

BAB IV

PEMBERIAN IZIN PITA FREKUENSI RADIO BAGI PENYELENGGARA TELEKOMUNIKASI UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS BROADBAND*)

Pasal 9

- (1) Setiap penyelenggara telekomunikasi yang menggunakan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) pada pita frekuensi radio 300 MHz, 1.5 GHz, 2 GHz, 2.3 GHz, 3.3 GHz dan 10.5 GHz diberikan izin penggunaan frekuensi radio berdasarkan izin pita frekuensi radio.
- (2) Setiap penyelenggara telekomunikasi yang menggunakan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) pada pita frekuensi radio 2.4 GHz dan 5.8 GHz diberikan izin penggunaan frekuensi radio berdasarkan izin kelas.
- (3) Izin penggunaan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) pada pita frekuensi radio selain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) ditetapkan dengan Peraturan Menteri tersendiri.

Pasal 10

- (1) Izin pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) diterbitkan melalui mekanisme :
 - a. Penyesuaian penggunaan pita frekuensi radio oleh pengguna frekuensi radio eksisting untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*); atau

- b. Seleksi dengan memperhatikan ketersediaan spektrum frekuensi radio.
- (2) Ketentuan lebih lanjut mengenai penyesuaian atau seleksi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan dengan Peraturan Menteri tersendiri.

Pasal 11

- (1) Izin pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) dilarang dialihkan kepada pihak lain kecuali atas izin Menteri.
- (2) Dalam hal penyelenggara telekomunikasi yang diberikan izin pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) tidak melakukan pembangunan sarana dan prasarana telekomunikasi dalam jangka waktu 2 (dua) tahun, izin pita frekuensi radio tersebut dicabut.

BAB V

PENGATURAN PENGGUNAAN FREKUENSI RADIO UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR (WIRELESS BROADBAND)

Pasal 12

- (1) Pengaturan penggunaan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar (*wireless broadband*) ditetapkan dengan Peraturan Menteri tersendiri berdasarkan jenis pita frekuensi radionya.
- (2) Pengaturan penggunaan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar (*wireless broadband*) sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk pita frekuensi radio 300 MHz, 1.5 GHz, 2 GHz, 2.3 GHz, 3.3 GHz, dan 10.5 GHz meliputi pengaturan tentang :
 - a. rentang pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar (*wireless broadband*).
 - b. penetapan blok frekuensi radio atau kanal frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar (*wireless broadband*) dalam suatu Zona Wilayah Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) kepada pengguna frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) eksisting pada masing-masing pita frekuensi radio sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.
 - c. kewajiban penyesuaian penggunaan frekuensi radio di setiap stasiun radio sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8.

- d. penetapan izin pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) sebagaimana dimaksud pada Pasal 9 kepada pengguna frekuensi radio untuk layanan pita lebar (*wireless broadband*) eksisting.
- e. ketentuan seleksi di pita frekuensi radio tersebut sebagaimana dimaksud dalam Pasal 10 ayat (1) b dan ayat (2); dan
- f. ketentuan-ketentuan lain yang bersifat pengaturan khusus untuk suatu pita frekuensi radio.

Pasal 13

- (1) Pengguna frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) eksisting yang beroperasi pada pita frekuensi radio 3.4 - 3.6 GHz wajib melakukan migrasi ke pita frekuensi radio 3.3 GHz.
- (2) Ketentuan lebih lanjut tentang migrasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan dengan Peraturan Menteri tersendiri.

BAB VI

BIAYA HAK PENGGUNAAN (BHP) FREKUENSI RADIO UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (WIRELESS BROADBAND)

Pasal 14

- (1) Pengguna frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) dikenakan kewajiban membayar BHP frekuensi radio sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) BHP frekuensi radio sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. BHP untuk Izin Pita Spektrum Frekuensi Radio;
 - b. BHP untuk izin ISR; atau
 - c. BHP untuk izin kelas.

- (3) BHP frekuensi radio untuk Izin Pita Spektrum Frekuensi Radio sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a terdiri dari biaya nilai awal (*up front fee*) dan BHP spektrum frekuensi radio tahunan yang besarnya ditetapkan berdasarkan hasil seleksi dan tata cara pembayarannya ditetapkan dengan Peraturan Menteri tersendiri.

Pasal 15

Pengguna frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) eksisting yang mempunyai stasiun radio yang telah beroperasi dan tidak memiliki ISR berdasarkan hasil pencocokan dan penelitian sebagaimana dimaksud Pasal 7 wajib membayar BHP spektrum frekuensi radio sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku terhitung sejak dioperasikannya stasiun radio tersebut.

BAB VII

PENGGUNAAN ALAT/PERANGKAT TELEKOMUNIKASI

Pasal 16

Setiap alat/perangkat telekomunikasi yang digunakan untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*Wireless Broadband*) wajib memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan Direktur Jenderal.

Pasal 17

- (1) Alat/perangkat telekomunikasi yang digunakan untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*Wireless Broadband*) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 yang menggunakan pita frekuensi radio 2.3 GHz dan 3.3 GHz wajib memenuhi Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) sekurang-kurangnya 30% (tiga puluh persen) untuk *subscriber station* (SS) dan 40% (empat puluh persen) untuk *base station* (BS).
- (2) Secara bertahap, alat/perangkat telekomunikasi yang digunakan untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*Wireless Broadband*) sebagaimana dimaksud pada ayat (1) wajib memenuhi Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) sekurang - kurangnya 50% (lima puluh persen) dalam jangka waktu 5 (lima) tahun.

BAB VIII

PEMANFAATAN INFRASTRUKTUR DAN SUMBER DAYA FREKUENSI RADIO

Pasal 18

Pengguna frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar (*wireless broadband*) wajib mengutamakan pemanfaatan

infrastruktur dan sumber daya frekuensi radio secara bersama dengan pengguna frekuensi radio dan/atau penyelenggara telekomunikasi lainnya sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku.

BAB IX

KETENTUAN PERALIHAN

Pasal 19

- (1) Pengguna frekuensi radio eksisting bukan untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang menggunakan kanal frekuensi radio pada pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) tetap dapat menggunakan kanal frekuensi radio dimaksud dalam jangka waktu 2 (dua) tahun terhitung sejak ditetapkannya Peraturan Menteri ini.
- (2) Setelah jangka waktu sebagaimana dimaksud pada ayat (1), pengguna frekuensi radio eksisting bukan untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang menggunakan kanal frekuensi radio pada pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) dilarang untuk menyelenggarakan layanannya.

Pasal 20

Pengguna frekuensi radio eksisting pada pita frekuensi radio 5.8 GHz tetap dapat menggunakan pita frekuensi radio 5.8 GHz sesuai dengan ISR yang dimiliki dengan ketentuan selambat-lambatnya 2 (dua) tahun terhitung sejak ditetapkannya Peraturan Menteri ini wajib menyesuaikan dengan Peraturan Menteri ini.

BAB X

KETENTUAN LAIN-LAIN

Pasal 21

Sebagai akibat dari penataan pita frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) ini, pengguna frekuensi radio tidak diberikan kompensasi dalam bentuk apapun.

BAB XI

KETENTUAN PENUTUP


Pasal 22

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : J A K A R T A
Pada tanggal : 19 Januari 2009

MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA




MOHAMMAD NUH



SALINAN

**MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA
REPUBLIK INDONESIA**

**PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA
REPUBLIK INDONESIA**

NOMOR 29 TAHUN 2012

TENTANG

**PROSEDUR KOORDINASI PENGGUNAAN PITA FREKUENSI RADIO 2.3 GHz
UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS
BROADBAND*) BERBASIS NETRAL TEKNOLOGI**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : a. bahwa sesuai ketentuan dalam Pasal 5 ayat (1) huruf d Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 19/PER/M.KOMINFO/09/2011 tentang Penggunaan Pita Frekuensi Radio 2.3 GHz Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) Berbasis Netral Teknologi, setiap pengoperasian teknologi yang menggunakan pita frekuensi radio 2.3 GHz untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) berbasis netral teknologi wajib melakukan koordinasi antarpengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz guna menjaga kualitas layanan dan mitigasi gangguan yang merugikan (*harmful interference*);
- b. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, perlu menetapkan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika tentang Prosedur Koordinasi Penggunaan Pita Frekuensi Radio 2.3 GHz Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) Berbasis Netral Teknologi;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 154, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3881);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2000 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2000 Nomor 107, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3980);

3. Peraturan Pemerintah Nomor 53 Tahun 2000 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2000 Nomor 108, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3981);
4. Peraturan Presiden Nomor 47 Tahun 2009 tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara, sebagaimana telah diubah beberapa kali, terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor 91 Tahun 2011 tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Presiden Nomor 47 Tahun 2009 tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara;
5. Peraturan Presiden Nomor 24 Tahun 2010 tentang Kedudukan, Tugas, dan Fungsi Kementerian Negara serta Susunan Organisasi serta Tugas, dan Fungsi Eselon I Kementerian Negara, sebagaimana telah diubah beberapa kali, terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor 92 Tahun 2011 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Presiden Nomor 24 Tahun 2010 tentang Kedudukan, Tugas, dan Fungsi Kementerian Negara serta Susunan Organisasi serta Tugas, dan Fungsi Eselon I Kementerian Negara;
6. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 07/PER/M.KOMINFO/01/2009 tentang Penataan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*);
7. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 08/PER/M.KOMINFO/01/2009 tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) Pada Pita Frekuensi Radio 2.3 GHz;
8. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 17/PER/M.KOMINFO/10/2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Komunikasi dan Informatika;
9. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 19/PER/M.KOMINFO/09/2011 tentang Penggunaan Pita Frekuensi Radio 2.3 GHz Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) Berbasis Netral Teknologi;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA TENTANG PROSEDUR KOORDINASI PENGGUNAAN PITA FREKUENSI RADIO 2.3 GHz UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS BROADBAND*) BERBASIS NETRAL TEKNOLOGI.

BAB I
KETENTUAN UMUM

Pasal 1

Dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan:

1. Telekomunikasi adalah setiap pemancaran, pengiriman atau penerimaan tiap jenis tanda, gambar, suara dan informasi dalam bentuk apapun melalui sistem kawat, optik, radio, atau sistem elektromagnetik lainnya.
2. Spektrum Frekuensi Radio adalah kumpulan pita frekuensi radio.
3. Pita Frekuensi Radio adalah bagian dari spektrum frekuensi radio yang mempunyai lebar tertentu.
4. Kanal frekuensi radio adalah satuan terkecil dari spektrum frekuensi radio yang ditetapkan untuk suatu stasiun radio.
5. Guard band adalah rentang (*range*) pita frekuensi untuk keperluan mitigasi frekuensi.
6. Layanan Pita Lebar Nirkabel (*wireless broadband*) adalah layanan telekomunikasi nirkabel yang kecepatan transmisi datanya sekurang-kurangnya 256 kbps.
7. Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel adalah wilayah geografis tertentu terkait dengan perizinan frekuensi radio untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*).
8. Pengguna Pita Frekuensi Radio 2.3 GHz adalah penyelenggara jaringan tetap lokal berbasis *packet switched* pada pita frekuensi radio 2.3 GHz untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*).
9. Menteri adalah Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang komunikasi dan informatika.
10. Direktur Jenderal adalah Direktur Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika.

Pasal 2

Pengoperasian teknologi yang menggunakan pita frekuensi radio 2.3 GHz untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) wajib:

- a. memenuhi batasan emisi spektrum (*spectrum emission mask*) sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan;

- b. melakukan koordinasi dengan pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz lainnya.

Pasal 3

Koordinasi dengan pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz lainnya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 huruf b dilakukan dengan tujuan untuk:

- a. efisiensi penggunaan spektrum frekuensi radio;
- b. menjaga kualitas layanan; dan
- c. mitigasi gangguan yang merugikan (*harmful interference mitigation*).

BAB II PEMBERLAKUAN SINKRONISASI

Pasal 4

Layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) pada pita frekuensi radio 2.3 GHz diselenggarakan dengan menggunakan teknologi sesuai ketentuan teknis yang diatur dalam:

- a. Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi mengenai *Subscriber Station*, *Base Station*, dan Antena *Broadband Wireless Access (BWA) Nomadic*; atau
- b. Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi mengenai *Subscriber Station*, *Base Station*, dan Antena *Broadband Wireless Access (BWA)* lainnya.

BAB III MEKANISME KOORDINASI

Pasal 5

Mekanisme koordinasi dalam penggunaan pita frekuensi radio 2.3 GHz dilakukan untuk:

- a. kondisi 1 : pada Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel yang sama, kanal frekuensi radio yang bersebelahan (*adjacent channel*), dan menggunakan teknologi yang sama;
- b. kondisi 2 : pada Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel yang sama, kanal frekuensi radio yang bersebelahan (*adjacent channel*), dan menggunakan teknologi yang berbeda;
- c. kondisi 3 : pada Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel yang berbeda, kanal frekuensi radio yang bersebelahan (*adjacent channel*), dan menggunakan teknologi yang sama;

- d. kondisi 4 : pada Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel yang berbeda, kanal frekuensi radio yang bersebelahan (*adjacent channel*), dan menggunakan teknologi yang berbeda;
- e. kondisi 5 : pada Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel yang berbeda, kanal frekuensi radio yang sama (*co-channel*), dan menggunakan teknologi yang sama; dan/atau
- f. kondisi 6 : pada Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel yang berbeda, kanal frekuensi radio yang sama (*co-channel*), dan menggunakan teknologi yang berbeda.

Pasal 6

Mekanisme koordinasi dalam penggunaan pita frekuensi radio 2.3 GHz yang dilakukan untuk kondisi 1 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf a dan/atau untuk kondisi 3 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf c dilaksanakan melalui sinkronisasi transmisi data yaitu dalam bentuk pengaturan :

- a. jam (*clock*); dan/atau
- b. parameter rasio *downlink – uplink*; dan/atau
- c. parameter durasi frame (*frame duration*); dan/atau
- d. parameter waktu antara (*time guard*); dan/atau
- e. parameter lain yang terkait dengan sinkronisasi transmisi data pada komunikasi nirkabel moda *Time Division Duplex* (TDD).

Pasal 7

- (1) Mekanisme koordinasi dalam penggunaan pita frekuensi radio 2.3 GHz yang dilakukan untuk kondisi 2 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf b dan/atau untuk kondisi 4 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf d, dilaksanakan melalui mekanisme pengaturan frekuensi tengah (*center frequency*) dari kanal-kanal frekuensi radio yang digunakan, dalam rangka menyediakan *guard band* paling sedikit 4 MHz, dengan ketentuan:
 - a. pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang menggunakan teknologi dengan ketentuan teknis sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 huruf a harus menyediakan *guard band* paling sedikit 2 MHz; dan
 - b. pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang menggunakan teknologi dengan ketentuan teknis sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 huruf b harus menyediakan *guard band* paling sedikit 2 MHz.

- (2) Dalam hal terdapat teknologi *filter* yang memungkinkan penyediaan *guard band* lebih sedikit dari 4 MHz, maka penggunaan *guard band* dimaksud diperbolehkan sepanjang terdapat kesepakatan antara kedua pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz terkait.
- (3) Kesepakatan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) harus disampaikan kepada Direktur Jenderal untuk mendapatkan persetujuan.

Pasal 8

- (1) Mekanisme koordinasi dalam penggunaan pita frekuensi radio 2.3 GHz yang dilakukan untuk kondisi 5 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf e, dilaksanakan dengan saling melaporkan rencana pembangunan jaringan *Base Station*-nya yang berada dalam:
 - a. radius jarak 400 meter dari garis perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel, apabila wilayah perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut termasuk wilayah padat pengguna (*urban area*); atau
 - b. radius jarak 500 meter dari garis perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel, apabila wilayah perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut tidak termasuk wilayah padat pengguna (*sub-urban area*).
- (2) Setelah saling melaporkan rencana pembangunan jaringan *Base Station* sebagaimana dimaksud pada ayat (1), setiap pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang berada dalam kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut harus melakukan proses sinkronisasi transmisi data, paling sedikit dalam radius jarak sebagaimana dimaksud pada ayat (1), yang meliputi pengaturan:
 - a. Jam (*clock*); dan/atau
 - b. parameter rasio *downlink* – *uplink*; dan/atau
 - c. parameter durasi frame (*frame duration*); dan/atau
 - d. parameter waktu antara (*time guard*); dan/atau
 - e. parameter lain yang terkait dengan sinkronisasi transmisi data pada komunikasi nirkabel moda *Time Division Duplex* (TDD).
- (3) Setelah rencana pembangunan jaringan *Base Station* sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilanjutkan ke tahap implementasi, setiap pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang berada dalam kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut harus mempertahankan nilai *field strength* terukur paling besar 58 dB μ V/m pada garis perbatasan, dengan titik pengukuran setinggi 3 meter dari permukaan tanah.

- (4) Dalam hal terjadi pelanggaran atas batasan nilai *field strength* terukur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) oleh salah satu pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz, maka pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang Zona Layanan Pita Lebar Nirkabelnya berbatasan langsung dengan pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz tersebut dapat meminta dilakukannya proses koordinasi ulang.

Pasal 9

- (1) Mekanisme koordinasi dalam penggunaan pita frekuensi radio 2.3 GHz yang dilakukan untuk kondisi 6 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 huruf f, dilaksanakan dengan saling melaporkan rencana pembangunan jaringan *Base Station*-nya yang berada dalam:
 - a. radius jarak 2500 meter dari garis perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel, apabila wilayah perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut termasuk wilayah padat pengguna (*urban area*); atau
 - b. radius jarak 3000 meter dari garis perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel, apabila wilayah perbatasan kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut tidak termasuk wilayah padat pengguna (*sub-urban area*).
- (2) Setelah saling melaporkan rencana pembangunan jaringan *Base Station* sebagaimana dimaksud pada ayat (1), setiap pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang berada dalam kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut harus saling berkoordinasi untuk mencari teknik rekayasa jaringan (*network engineering*) yang dapat mengurangi potensi terjadinya gangguan yang merugikan (*harmful interference*).
- (3) Setelah rencana pembangunan jaringan *Base Station* sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilanjutkan ke tahap implementasi, setiap pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang berada dalam kedua Zona Layanan Pita Lebar Nirkabel tersebut harus mempertahankan nilai *field strength* terukur paling besar 30 dB μ V/m pada garis perbatasan, dengan titik pengukuran setinggi 3 meter dari permukaan tanah.
- (4) Dalam hal terjadi pelanggaran atas batasan nilai *field strength* terukur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) oleh salah satu pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz, maka pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang Zona Layanan Pita Lebar Nirkabelnya berbatasan langsung dengan pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz tersebut dapat meminta dilakukannya proses koordinasi ulang.

Pasal 10

Dalam rangka menyediakan *guard band* sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7, pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz yang menggunakan teknologi dengan ketentuan teknis sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 huruf a dapat menggunakan kanalisasi dengan frekuensi tengah (*center frequency*) selain yang telah dipersyaratkan dalam :

- a. Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor 94/DIRJEN/2008 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi *Subscriber Station Broadband Wireless Access* (BWA) Nomadic Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz, sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor 209/DIRJEN/2009 tentang Perubahan atas Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor 94/DIRJEN/2008 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi *Subscriber Station Broadband Wireless Access* (BWA) Nomadic Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz; dan
- b. Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor 95/DIRJEN/2008 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi *Base Station Broadband Wireless Access* (BWA) Nomadic Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz, sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor 210/DIRJEN/2009 tentang Perubahan atas Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor 95/DIRJEN/2008 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi *Base Station Broadband Wireless Access* (BWA) Nomadic Pada Pita Frekuensi 2.3 GHz.

Pasal 11

Hasil koordinasi dalam penggunaan pita frekuensi radio 2.3 GHz sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6, Pasal 7, Pasal 8, dan Pasal 9 wajib dilaporkan kepada Direktur Jenderal.

Pasal 12

Pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz dapat mengajukan permohonan mediasi kepada Direktur Jenderal apabila mekanisme koordinasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6, Pasal 7, Pasal 8 atau Pasal 9:

- a. tidak dapat dilaksanakan karena tidak tercapainya kesepakatan antara para pengguna pita frekuensi radio 2.3 GHz terkait; atau
- b. telah dilaksanakan namun masih terjadi gangguan yang merugikan (*harmful interference*).

BAB IV
PENGAWASAN DAN PENGENDALIAN

Pasal 13

Pengawasan dan pengendalian terhadap Peraturan Menteri ini dilakukan oleh Direktur Jenderal.

BAB V
KETENTUAN PENUTUP

Pasal 14

Peraturan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Menteri ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 12 September 2012

MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

TIFATUL SEMBIRING

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 17 Oktober 2012

MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI
MANUSIA REPUBLIK INDONESIA,

ttd

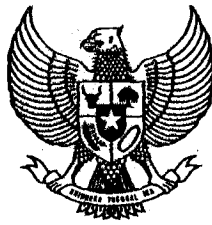
AMIR SYAMSUDIN

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2012 NOMOR 1013

Salinan sesuai dengan aslinya
Kementerian Komunikasi dan Informatika
Kepala Biro Hukum,



Susilo Hartono



**MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA
REPUBLIK INDONESIA**

PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA

NOMOR : 35/PER/M.KOMINFO/08/2009

TENTANG

**PERUBAHAN ATAS PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA
NOMOR : 09/PER/M.KOMINFO/01/2009 TENTANG PENETAPAN PITA FREKUENSI
RADIO UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS
BROADBAND*) PADA PITA FREKUENSI RADIO 3.3 GHZ DAN MIGRASI PENGGUNA
FREKUENSI RADIO EKSISTING UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR
NIRKABEL (*WIRELESS BROADBAND*) DARI PITA FREKUENSI RADIO 3.4 - 3.6 GHZ
KE PITA FREKUENSI RADIO 3.3 GHZ**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA,

- Menimbang :
- a. bahwa agar proses penyesuaian dan migrasi pengguna pita frekuensi radio 3.3 GHz eksisting untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang disesuaikan penggunaan pita frekuensi radionya dan pengguna pita frekuensi radio eksisting untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang bermigrasi dari pita frekuensi radio 3.4 - 3.6 GHz sebagaimana diatur dalam Pasal 5 ayat (1) Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 09/PER/M.KOMINFO/01/2009 tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) pada Pita Frekuensi Radio 3.3 GHz dan Migrasi Pengguna Frekuensi Radio Eksisting untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) dari Pita Frekuensi Radio 3.4 - 3.6 GHz ke Pita Frekuensi Radio 3.3 GHz dapat diimplementasikan dengan baik, dipandang perlu dilakukan perpanjangan batas waktu untuk proses penyesuaian dan migrasi dimaksud;
 - b. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, perlu dilakukan perubahan atas Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 09/PER/M.KOMINFO/01/2009 tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) pada Pita Frekuensi Radio 3.3 GHz dan Migrasi Pengguna Frekuensi Radio Eksisting untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) dari Pita Frekuensi Radio 3.4 - 3.6 GHz ke Pita Frekuensi Radio 3.3 GHz dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika.

Mengingat

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor : 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor : 154, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor : 3881);
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 52 Tahun 2000 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2000 Nomor : 107, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor : 3980);
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 53 Tahun 2000 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit (Lembaran Negara Tahun 2000 Nomor : 108, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3981);
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 7 Tahun 2009 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Departemen Komunikasi dan Informatika (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor : 20, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor : 4974);
5. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor : 9 Tahun 2005 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Negara Republik Indonesia sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor : 20 Tahun 2008;
6. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor : 10 Tahun 2005 tentang Unit Organisasi dan Tugas Eselon I Kementerian Negara Republik Indonesia sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor : 21 Tahun 2008;
7. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 03/P/M.Kominfo/5/2005 tentang Penyesuaian Kata Sebutan pada Beberapa Keputusan/Peraturan Menteri Perhubungan yang Mengatur Materi Muatan Khusus di Bidang Pos dan Telekomunikasi;
8. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 17/PER/M.KOMINFO/10/2005 tentang Tata Cara Perizinan dan Ketentuan Operasional Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio;
9. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 19/PER.KOMINFO/10/2005 tentang Petunjuk Pelaksanaan Tarif Atas Penerimaan Negara Bukan Pajak dari Biaya Hak Penggunaan Frekuensi Radio sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor: 25/PER/M.KOMINFO/6/2009;
10. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 25/P/M.KOMINFO/7/2008 tentang Organisasi dan Tata Kerja Departemen Komunikasi dan Informatika;
11. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 07/PER/M.KOMINFO/1/2009 tentang Penataan Pita Frekuensi Radio untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*);

12. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 09/PER/M.KOMINFO/01/2009 tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) pada Pita Frekuensi Radio 3.3 Ghz dan Migrasi Pengguna Frekuensi Radio Eksisting Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) dari Pita Frekuensi Radio 3.4 - 3.6 GHz ke Pita Frekuensi Radio 3.3 GHz;
13. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 29/PER/M.KOMINFO/07/2009 tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : **PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA TENTANG PERUBAHAN ATAS PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA NOMOR : 09/PER/M.KOMINFO/01/2009 TENTANG PENETAPAN PITA FREKUENSI RADIO UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS BROADBAND*) PADA PITA FREKUENSI RADIO 3.3 GHZ DAN MIGRASI PENGGUNA FREKUENSI RADIO EKSISTING UNTUK KEPERLUAN LAYANAN PITA LEBAR NIRKABEL (*WIRELESS BROADBAND*) DARI PITA FREKUENSI RADIO 3.4 - 3.6 GHZ KE PITA FREKUENSI RADIO 3.3 GHZ.**

Pasal I

Ketentuan dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 09/PER/M.KOMINFO/01/2009 tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) pada Pita Frekuensi Radio 3.3 Ghz dan Migrasi Pengguna Frekuensi Radio Eksisting untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel (*Wireless Broadband*) dari Pita Frekuensi Radio 3.4 - 3.6 GHz ke Pita Frekuensi Radio 3.3 diubah sebagai berikut :

Ketentuan Pasal 5 ayat (1) diubah sehingga Pasal 5 seluruhnya berbunyi sebagai berikut:

Pasal 5


- (1) Pengguna pita frekuensi radio 3.3 GHz eksisting untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang disesuaikan penggunaan pita frekuensi radionya dan pengguna pita frekuensi eksisting untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang bermigrasi dari pita frekuensi radio 3.4 – 3.6 GHz tetap dikenakan kewajiban membayar BHP untuk ISR sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku sampai dengan diselesaikannya proses penyesuaian dan migrasi dimaksud, yaitu 2 (dua) tahun terhitung sejak tanggal 19 Agustus 2009.

- (2) Setelah masa penyesuaian dan migrasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1), pengguna pita frekuensi radio 3.3 GHz eksisting untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang disesuaikan penggunaan pita frekuensi radionya dan pengguna pita frekuensi radio eksisting untuk layanan pita lebar nirkabel (*wireless broadband*) yang bermigrasi dari pita frekuensi radio 3.4 - 3.6 GHz wajib membayar BHP Izin Pita Spektrum Frekuensi Radio sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku.
- (3) Pengguna pita frekuensi radio 3.3 GHz untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*Wireless Broadband*) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (3) huruf c wajib membayar BHP Izin Pita Spektrum Frekuensi Radio sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku.
- (4) Kewajiban BHP untuk Izin Pita Spektrum Frekuensi Radio sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dan ayat (3) terdiri dari biaya nilai awal (*up front fee*) dan BHP spektrum frekuensi radio tahunan yang besarnya ditetapkan berdasarkan hasil seleksi dan tata cara pembayarannya ditetapkan dengan Peraturan Menteri tersendiri.

Pasal II

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal 19 Agustus 2009.

Ditetapkan di : J A K A R T A
Pada tanggal : 31 Agustus 2009

MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA,

MOHAMMAD NUH

BIODATA PENULIS



Faiz Lestari, lahir di Jakarta 28 Februari 1995. Anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Subur dan Ibu Dorlantina. Riwayat pendidikan formal yang pernah ditempuh, Pendidikan Dasar di SDN Cakung Barat 03 Pagi pada tahun 2000 dan lulus tahun 2006, Pendidikan Menengah di SMP Negeri 144 Jakarta pada tahun 2006 dan lulus tahun 2009 dan Pendidikan Menengah Atas SMA Diponegoro 2 Jakarta pada tahun 2011 dan lulus tahun 2013 dan melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi pada tahun 2013 di Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika, Konsentrasi Peminatan Telekomunikasi.

Selama Kuliah, peneliti juga aktif di Organisasi Mahasiswa tingkat Universitas yaitu Educational Radio FM (ERA FM) Universitas Negeri Jakarta Angkatan 13 sebagai pengurus di departement Public Relation tahun 2014 hingga 2015. Aktif di Paguyuban Beasiswa Karya Salemba Empat Universitas Negeri Jakarta (KSE UNJ) di department PSDM pada tahun 2015 hingga 2017.