

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN *PLANAR INVERTED F ANTENNA*  
UNTUK JARINGAN *WIRELESS 5G* DAN GENERASI LANJUT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANDI INSANA KHAERUNNISA**

**D041181308**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN *PLANAR INVERTED F ANTENNA*  
UNTUK JARINGAN *WIRELESS 5G* DAN GENERASI LANJUT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANDI INSANA KHAERUNNISA**

**D041181308**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****RANCANG BANGUN *PLANAR INVERTED F ANTENNA*  
UNTUK JARINGAN *WIRELESS 5G* DAN GENERASI LANJUT**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI INSANA KHAERUNNISA**

**D041 18 1308**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian

Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada Tanggal 3 Januari 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

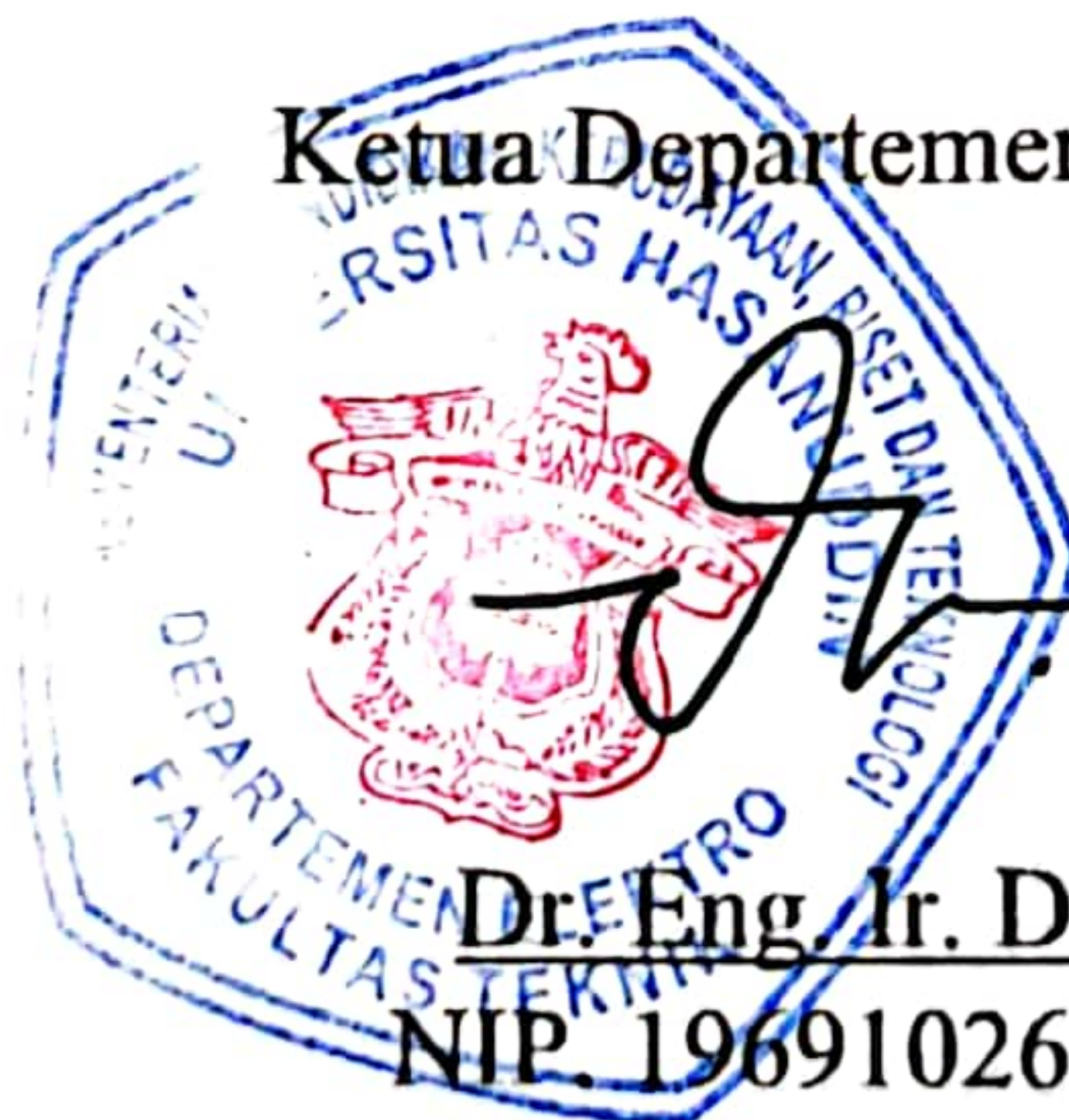
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.  
NIP. 19691026 199412 2 001

Elyas Palantei, S.T., M.Eng. Ph.D.  
NIP. 19690201 199412 1 001

Ketua Departemen Teknik Elektro,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.  
NIP. 19691026 199412 2 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Andi Insana Khaerunnisa  
NIM : D041181308  
Program Studi : Teknik Elektro  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

### RANCANG BANGUN *PLANAR INVERTED F ANTENNA* UNTUK JARINGAN *WIRELESS 5G* DAN GENERASI LANJUT

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 11 Januari 2023

Yang Menyatakan



METERAI  
TEMPEL  
B2FAKX253968248

(Andi Insana Khaerunnisa)



## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warohmatullah Wabarokatuh.

Puji syukur kehadiran Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya dan tak lupa pula peneliti kirimkan salawat dan salam kepada junjungan Rasulullah SAW yang telah menunjukkan jalan kebenaran sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan mengambil tema perancangan antena sesuai dengan konsentrasi yang diambil oleh peneliti dengan mengambil judul **“Rancang Bangun Planar Inverted F Antenna untuk Jaringan Wireless 5G dan Generasi Lanjut”**.

Penulisan skripsi ini bertujuan dalam rangka memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana (S1), program studi teknik elektro, fakultas teknik, universitas hasanuddin. Selama melakukan pengerjaan skripsi, peneliti mendapat banyak bantuan berupa bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti secara khusus berterima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua peneliti yang telah memberikan dukungan baik materil, moril serta doa.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. dan Bapak Dr. Elyas Palentei, S.T., M.Eng. selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasihat serta saran yang membangun bagi kepenulisan skripsi ini.
3. Ibu Merna Baharuddin S.T., M.Tel. Eng.,Ph.D., dan Ibu Andini Achmad, S.T., M.T juga selaku dosen laboratorium antena dan propagasi yang juga mendukung kepenulisan skripsi.
4. Saudari Ainun Sakhrind dan Andi Nur Annisa Alif Panawan yang senantiasa menjadi tempat berbagi waktu, ilmu, serta motivasi.
5. Saudari-saudari Together to Heaven yang setia menemani perjalanan hidup peneliti baik suka maupun duka.
6. Kak Ahmad Khatami dari Angkatan 2015 yang bersedia memberikan nasihat terkait penelitian.
7. Kak Nita Amelia L dari Angkatan 2016 yang senantiasa meluangkan waktu dalam membagikan ilmunya.



8. Kak Daffa dan Kak Khofid dari Angkatan 2017 yang senantiasa meluangkan waktunya dalam membimbing peneliti terkait pengukuran antena.
9. Teman-teman angkatan 2018 yang juga mengambil Laboratorium Antena.
10. Adinda Jasmarani dan Fajar dari Angkatan 2020 yang membantu peneliti dalam melakukan fabrikasi antena.
11. Saudara-saudari CAL18RATOR yang menjadi teman perjalanan peneliti sejak dimulai perkuliahan hingga saat ini.

Akhir kata, peneliti mengucapkan terima kasih banyak kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan. Peneliti harap skripsi ini dapat menjadi sumber referensi yang dapat membangun penelitian yang akan datang.

Makassar, 11 Januari 2023

Andi Insana Khaerunnisa



## ABSTRAK

**ANDI INSANA KHAERUNNISA.** *Rancang Bangun Planar Inverted F Antenna untuk Jaringan Wireless 5G dan Generasi Lanjut* (dibimbing oleh Dewiani dan Elyas Palantei)

Antena PIFA adalah antena F terbalik linier (IFA) dengan elemen radiator kawat diganti dengan pelat untuk memperluas *bandwidth*. Keuntungan dari PIFA adalah dapat ditempatkan dalam *mobile phone*, mengurangi radiasi menuju kepala pengguna, meminimalkan penyerapan daya gelombang elektromagnetik, meningkatkan kinerja antena, dan menunjukkan gain sedang hingga tinggi dalam keadaan polarisasi vertikal maupun horizontal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang antena *planar inverted f antenna* dengan frekuensi 1,8 dan 2,3 GHz. Antena ini dirancang untuk frekuensi *dual band* 1,8 dan 2,3 GHz menggunakan metode penambahan slot. Aplikasi yang digunakan untuk merancang antena PIFA adalah CST Studio 2019. Hasil simulasi *return loss* untuk frekuensi 1,8 GHz sebesar -45,959 dB dan frekuensi 2,3 GHz sebesar -13,682 dB sedangkan nilai VSWR untuk frekuensi 1,8 GHz sebesar 1,0101 dan frekuensi 2,3 GHz sebesar 1,5219, gain frekuensi 1,8 GHz yaitu 3,966 dBi dan 3,284 dBi untuk frekuensi 2,3 GHz, dan *bandwidth* untuk 1,8 GHz sebesar 56,21 MHz dan 38,6 MHz untuk frekuensi 2,3 GHz. Hasil pengukuran dibagi atas pengukuran *groundplane* bahan pcb, *groundplane* bahan tembaga, dan penggunaan *casing*. Untuk hasil pengukuran *groundplane* bahan pcb nilai *return loss* untuk frekuensi 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar -20,177 dB dan -17,338 dB, nilai VSWR 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 1,339 dan 1,659, gain 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 3,324 dBi dan 3,217 dBi, *bandwidth* 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 36,7 MHz dan 123,9 MHz. Hasil pengukuran *groundplane* bahan tembaga memiliki nilai *return loss* untuk frekuensi 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar -32,784 dB dan -22,453 dB, nilai VSWR 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 1,1035 dan 1,621, gain 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 4,829 dBi dan 7,325 dBi, *bandwidth* 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 35,2 MHz dan 172,9 MHz. Hasil pengukuran dengan menggunakan *casing* memiliki nilai *return loss* untuk frekuensi 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar -24,971 dB dan -17,812 dB, nilai VSWR 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 1,1593 dan 1,753, gain 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 4,324 dBi dan 6,508 dBi, *bandwidth* 1,8 GHz dan 2,3 GHz sebesar 39,7 MHz dan 54,3 MHz. Perhitungan prediksi *pathloss* menggunakan model ABG dan CI dengan dengan frekuensi kerja antena hasil fabrikasi dan menghasilkan nilai *losses* yang cukup besar pada model CI dibandingkan model ABG sehingga menjelaskan kekuatan antena yang dipancarkan lebih besar saat menggunakan model prediksi *pathloss* ABG.

*Kata kunci* : PIFA, frekuensi, gain, return loss, bandwidth, VSWR, pathloss.



## ABSTRACT

**ANDI INSANA KHAERUNNISA.** *Design of a Planar Inverted F Antenna for 5G Wireless Networks and Advanced Generation* (supervised by Dewiani and Elyas Palantei)

PIFA antenna is a linear inverted F antenna (IFA) with the wire radiator element replaced by a plate to expand the bandwidth. The advantages of PIFA are that it can be placed in a mobile phone, reduces radiation to the user's head, minimizes electromagnetic wave power absorption, improves antenna performance, and exhibits moderate to high gain in both vertical and horizontal polarization. This study aims to design planar inverted f antenna operating in 1,8 and 2,3 GHz frequency. The antenna is designed for dual band frequency 1,8 and 2,3 GHz use the slot addition method. The application that used to design the PIFA antenna is CST Studio 2019. The simulation results for the return loss for the 1,8 GHz frequency are -45,959 dB and the 2,3 GHz frequency are -13,682 dB while the VSWR value for the 1,8 GHz frequency is 1,0101 and the 2,3 GHz frequency is 1,5219, gain the frequency of 1,8 GHz is 3,966 dBi and 3,284 dBi for the 2,3 GHz frequency, and the bandwidth for 1,8 GHz is 56,21 MHz and 38,6 MHz for the 2,3 GHz frequency. The measurement results are divided into the measurement of groundplane with pcb and measurement of groundplane with copper material. Measurement results of groundplane with pcb materials are the return loss for the 1,8 GHz and 2,3 GHz frequencies are -20,177 dB and -17,338 dB, the VSWR values of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 1,339 and 1,659, gain of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 3,324 dBi and 3,217 dBi, bandwidth of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 36,7 MHz and 123,9 MHz. The measurement results of groundplane with copper are return loss for the 1,8 GHz and 2,3 GHz frequencies are -32,784 dB and -22,453 dB, the VSWR values of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 1.1035 and 1.621 , gain of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 4,829 dBi and 7,325 dBi, bandwidth of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 35,2 MHz and 172,9 MHz. The Measurement results using casing are return loss for the 1,8 GHz and 2,3 GHz frequencies are -24,971 dB and -17,812 dB, the VSWR values of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 1,1593 and 1,753 , the gain of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 4,324 dBi and 6,508 dBi, bandwidth of 1,8 GHz and 2,3 GHz are 39,7 MHz and 54,3 MHz. The prediction of pathloss using the ABG and CI models according to the working frequency of the fabricated antenna and produce a value losses which is quite large in the CI model compared to the ABG model so that it explains the greater power of the emitted antenna when using the prediction model pathloss ABG.

*Keywords: PIFA, frequency, gain, return loss, bandwidth, VSWR, pathloss.*



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	xii
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Antena.....	7
2.1.1 S-Parameter ( <i>Scattering Parameter</i> ) .....	7
2.1.2 VSWR ( <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> ) dan <i>Return Loss</i> .....	8
2.1.3 Pola Radiasi .....	10
2.1.4 Polarisasi.....	11
2.1.5 Direktivitas dan Gain .....	13
2.1.6 <i>Bandwidth</i> dan <i>Beamwidth</i> .....	14
2.1.7 PIFA ( <i>Planar Inverted F Antenna</i> ).....	17
2.2 <i>Path Loss</i> .....	18
2.2.1 Model Prediksi ABG .....	18
2.2.2 Model Prediksi CI ( <i>Close In</i> ).....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Spesifikasi Antena.....	21



3.2 Perangkat yang digunakan.....	21
3.2.1 Perangkat Keras .....	21
3.2.2 Perangkat Lunak .....	22
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.4 Penjelasan Diagram Alir Penelitian.....	24
3.5 Desain Awal Antena.....	25
3.5.1 S-Parameter.....	27
3.5.2 VSWR.....	27
3.5.3 Pola Radiasi dan Gain.....	29
3.5.4 Bandwidth.....	31
3.6 Rancangan Pengujian Fabrikasi Antena .....	32
3.6.1 Blok Diagram Perancangan Hubungan Wireless.....	32
3.6.2 Pemrograman Modul nrf24l01.....	33
3.6.3 Peta Wilayah Cakupan 3G 4G 5G .....	35
<b>BAB IV HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS .....</b>	<b>36</b>
4.1 Optimasi Rancangan Antena .....	36
4.1.1 Optimasi I .....	36
4.1.2 Optimasi II.....	37
4.1.3 Optimasi III.....	39
4.1.4 Desain Akhir Antena .....	40
4.2 Fabrikasi Antena.....	43
4.2.1 Konfigurasi Pengujian Antena Fabrikasi .....	44
4.3 Hasil Pengukuran.....	44
4.3.1 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> dan VSWR pada Antena PIFA dengan Groundplane Bahan PCB.....	44
4.3.2 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> dan VSWR pada Antena PIFA dengan Groundplane Bahan Tembaga .....	47
4.3.3 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> dan VSWR pada Antena PIFA dengan Groundplane Bahan Tembaga menggunakan <i>Casing</i> .....	49
4.3.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi dan Gain .....	52
4.4 Analisis Hasil Pengukuran .....	57
4.4.1 Analisis <i>Return Loss</i> .....	57
4.4.2 Analisis Pola Radiasi dan <i>Gain</i> .....	58



4.5 Analisis Prediksi <i>Pathloss</i> .....	59
4.5.1 Model Prediksi ABG .....	59
4.5.2 Model Prediksi CI ( <i>Close In</i> ).....	59
4.5.3 Perbandingan Model Prediksi ABG dan CI ( <i>Close In</i> ).....	61
4.6 Implementasi Antena Hasil Fabrikasi .....	62
4.6.1 Antena Frekuensi 2.3 GHz.....	62
4.6.2 Antena Frekuensi 1.8 GHz.....	64
BAB V PENUTUP .....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....	67



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Hubungan <i>Port 1</i> dan <i>Port 2</i> .....	8
Gambar 2 Grafik VSWR.....	9
Gambar 3 Grafik <i>Return Loss</i> .....	10
Gambar 4 Jenis-jenis Pola Radiasi.....	11
Gambar 5 Polarisasi Linier.....	12
Gambar 6 Polarisasi Melingkar.....	13
Gambar 7 Polarisasi Elips .....	13
Gambar 8 <i>Bandwidth</i> .....	15
Gambar 9 <i>Beamwidth</i> H Plane dan E Plane .....	16
Gambar 10 <i>Planar Inverted F Antenna</i> .....	17
Gambar 11 Model U-Slot.....	18
Gambar 12 Desain Awal Planar Inverted F Antenna pada aplikasi CST .....	26
Studio Suite 2019 (a) Tampak atas (b) Tampak Samping (c) Tampak Bawah	
Gambar 13 Grafik S-Parameter Hasil Simulasi Antena.....	27
Gambar 14 Grafik VSWR Hasil Simulasi Antena.....	27
Gambar 15 Animasi E-Field pada antena .....	28
Gambar 16 Animasi H-Field pada antena.....	28
Gambar 17 Pola Radiasi Antena dalam bentuk polar (a)Phi 0 (b)Phi 90.....	30
(c)Theta 90	
Gambar 18 Pola Radiasi Antena dalam bentuk 3D.....	31
Gambar 19 Blok Diagram Pengujian Prototipe .....	32
Gambar 20 Telkomsel 3G / 4G / 5G dalam peta cakupan Makassar, Indonesia ...	35
Gambar 21 Grafik S-Parameter Optimasi Pertama Nomor 7.....	36
Gambar 22 Grafik VSWR Optimasi Pertama Nomor 7.....	37
Gambar 23 Patch setelah Optimasi kedua.....	38
Gambar 24 Grafik S-Parameter Optimasi Kedua.....	38
Gambar 25 Grafik VSWR Optimasi Kedua.....	39
Gambar 26 Grafik S-Parameter Optimasi Ketiga .....	40
Gambar 27 Grafik VSWR Optimasi Ketiga.....	40
Gambar 28 Desain Akhir Antena (a)Tampak atas (b)Tampak samping.....	41
Gambar 29 Grafik S-Parameter Desain Akhir Antena.....	41
Gambar 30 Grafik VSWR Desain Akhir Antena.....	42
Gambar 31 Antena yang telah difabrikasi (a)Antena dengan <i>groundplane</i> .....	43



PCB (b)Antena dengan *groundplane* tembaga

Gambar 32 Pengukuran Antena Hasil Fabrikasi di dalam ruang <i>chamber</i> .....	44
Gambar 33 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> bahan PCB .....	45
Gambar 34 Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran bahan PCB dengan..... Simulasi	45
Gambar 35 VSWR Pengukuran bahan PCB .....	46
Gambar 36 Perbandingan VSWR Pengukuran bahan PCB dengan Simulasi .....	46
Gambar 37 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> bahan Tembaga.....	47
Gambar 38 Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran bahan Tembaga .....	48
dengan Simulasi	
Gambar 39 VSWR Pengukuran bahan Tembaga.....	48
Gambar 40 Perbandingan VSWR Pengukuran bahan Tembaga dengan .....	49
Simulasi	
Gambar 41 Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i> Antena menggunakan <i>Casing</i> .....	50
Gambar 42 Perbandingan <i>Return Loss</i> Pengukuran Antena dengan <i>Casing</i> .....	50
dan Tanpa <i>Casing</i>	
Gambar 43 VSWR Pengukuran menggunakan <i>Casing</i> .....	51
Gambar 44 Perbandingan VSWR Pengukuran tanpa <i>casing</i> dan .....	51
menggunakan <i>casing</i>	
Gambar 45 Pola Radiasi dengan <i>groundplane</i> bahan PCB (a)Phi 0/Theta.....	54
1,8 GHz (b)Phi 0/Theta 2,3 GHz (c)Phi 90/Theta 1,8 GHz	
(d)Phi 90/Theta 2,3 GHz	
Gambar 46 Pola Radiasi dengan <i>groundplane</i> bahan Tembaga .....	56
(a)Phi 0/Theta 1,8 GHz (b)Phi 0/Theta 2,3GHz (c)Phi 90/Theta	
1,8GHz (d)Phi 90/Theta 2,3GHz	
Gambar 47 Nilai Gain dari Simulasi dan Pengukuran .....	57
Gambar 48 Perbandingan Model Prediksi ABG dan CI pada Kondisi .....	61
Urban Macro LOS	
Gambar 49 Perbandingan Model Prediksi ABG dan CI pada Kondisi .....	61
Urban Macro NLOS	
Gambar 50 Data yang dikirim dan diterima oleh antena tanpa <i>casing</i> .....	62
Gambar 51 Pengujian Hubungan Wireless Antena Hasil Fabrikasi .....	63
dengan antena 2,4 GHz tanpa <i>casing</i>	
Gambar 52 Data yang dikirim dan diterima oleh antena dengan <i>casing</i> .....	63
Gambar 53 Pengujian Hubungan Wireless Antena Hasil Fabrikasi .....	63
dengan antena 2,4 GHz dengan <i>casing</i>	
Gambar 54 Pengujian Hubungan <i>Wireless</i> Antena Hasil Fabrikasi.....	64
dengan antena <i>mobile phone</i>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Parameter pada Model Prediksi ABG dan CI.....	20
Tabel 2 Dimensi Antena.....	26
Tabel 3 Perhitungan Dimensi Slot .....	27
Tabel 4 Hasil Optimasi Pertama .....	36
Tabel 5 Hasil Optimasi Kedua.....	37
Tabel 6 Hasil Optimasi Ketiga.....	39
Tabel 7 Dimensi Desain Akhir Antena .....	40
Tabel 8 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran bahan PCB .....	47
Tabel 9 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran bahan Tembaga.....	49
Tabel 10 Perbandingan Pengukuran tanpa <i>Casing</i> dan Menggunakan <i>Casing</i> .....	52
Tabel 11 Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran Gain .....	57
Tabel 12 Skenario Prediksi <i>Pathloss</i> ABG .....	59
Tabel 13 Skenario Prediksi <i>Pathloss</i> CI.....	60



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Komunikasi Nirkabel di Indonesia telah sangat berkembang dibuktikan dengan adanya teknologi 5G yang sudah ada di beberapa daerah di Indonesia. Berdasarkan penelitian, sinyal nirkabel 5G ditransmisikan melalui sejumlah besar stasiun seluler kecil yang terletak di tempat-tempat seperti tiang lampu atau atap gedung. Penggunaan beberapa sel kecil diperlukan karena spektrum gelombang milimeter (gelombang MM) - pita spektrum antara 30 dan 300 gigahertz (GHz) yang diandalkan 5G untuk menghasilkan kecepatan tinggi - hanya dapat berjalan dalam jarak pendek dan tunduk pada gangguan dari cuaca dan rintangan fisik, seperti bangunan atau pohon (Dewi, 2021). Kementerian Komunikasi dan Informatika membagi alokasi frekuensi untuk jaringan telekomunikasi seluler 5G ke dalam tiga lapisan (*layer*) telekomunikasi, yaitu *Low Band*, *Middle Band*, dan *High Band*. Pembagian itu dilakukan untuk pemerataan dan efisiensi layanan. Saat ini telekomunikasi seluler 5G yang ada di Indonesia sekarang telah dimanfaatkan oleh beberapa provider yaitu Telkomsel yang sudah komersial dengan menggunakan frekuensi kisaran 2,3 Ghz sedangkan Indosat dan XL menggunakan frekuensi kisaran 1,8 GHz.

PIFA atau *Planar Inverted F Antenna* dianggap sebagai sejenis antena F terbalik linier (IFA) dengan elemen radiator kawat diganti dengan pelat untuk memperluas *bandwidth*. Salah satu keuntungan dari PIFA adalah dapat ditempatkan dalam *mobile phone* bila dibandingkan dengan whip/rod/helix *antennas*. Keuntungan kedua dari PIFA adalah mengurangi radiasi ke belakang menuju kepala pengguna, meminimalkan penyerapan daya gelombang elektromagnetik dan meningkatkan kinerja antena. Keuntungan ketiga adalah PIFA menunjukkan *gain* sedang hingga tinggi baik dalam keadaan polarisasi vertikal maupun horizontal. Fitur ini sangat berguna dalam komunikasi nirkabel tertentu dimana orientasi antena tidak tetap dan pantulan muncul dari berbagai sudut lingkungan (Neha Pande et al., 2016).



Adapun beberapa penelitian yang telah dibuat menggunakan jenis PIFA yaitu pertama dua sistem *Planar Inverted-F Antenna* (PIFA) yang efisien untuk fungsionalitas pita ganda pada pita generasi keempat (4G) (2,5-2,7 GHz) dan pita generasi kelima (5G) mendatang (3,4-3,8 GHz). *Prototipe* dengan bidang tanah  $140 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$  disimulasikan, dibuat dan diukur. Tingkat isolasi yang tinggi antara dua *port* elemen PIFA, lebih baik dari 35 dB di pita 5G dan 20 dB di pita 4G dalam simulasi dan pengukuran yang dilakukan di ruang bebas (Fakih et al., 2019). Kedua, Antena PIFA *dual band* menunjukkan *bandwidth* 3,34 GHz dan 1,395 GHz dan *gain* masing-masing 3,75 dBi dan 5,06 dBi pada 28 dan 38 GHz. Antena ini memiliki faktor bentuk ultra-kecil  $1,3 \text{ mm} \times 1,2 \text{ mm}$  (Ahmad, 2017). Ketiga, antena PIFA dengan *bandwidth* yang mencapai 433 MHz. Slot dalam *patch* PIFA memungkinkan pita operasi 2,4 GHz. *Bandwidth* yang diukur masing-masing adalah 35 MHz dan 309 MHz di pita bawah dan atas. Efisiensi radiasi yang sesuai adalah 48% dan 64% (Yan et al., 2017).

Perencanaan jaringan seluler untuk memodelkan cakupan suatu *base station* perlu diketahui nilai redaman lintasan sehingga pemilihan jenis perangkat yang diperlukan dapat menjadi optimal. Terdapat sejumlah model prediksi *path loss* yang dapat digunakan untuk perencanaan jaringan yang mendukung implementasi teknologi seluler 5G. Penggunaan beberapa model prediksi *path loss* diperlukan untuk mencari nilai optimal redaman lintasan untuk mengurangi faktor kesalahan perencanaan. Model ABG, CI, dan SUI adalah model yang menggunakan persamaan untuk menghitung prediksi *path loss* (Aryanta, 2021). Suatu penelitian dilakukan untuk membandingkan dua kandidat model prediksi *path loss* propagasi *large scale fading*, model *Alpha-Beta-Gamma* (ABG) dan model jarak referensi ruang bebas *Close-In* (CI), untuk desain komunikasi nirkabel generasi kelima (5G). Sistem menerapkan skenario mikro dan makro seluler di wilayah perkotaan. Perbandingan dibuat menggunakan data yang diperoleh dari 20 hasil pengukuran propagasi atau studi *ray-tracing* pada frekuensi 2 GHz hingga 73,5 GHz dengan jarak mulai dari 5 m hingga 1429 m. Hasilnya menunjukkan bahwa model CI memiliki satu nilai parameter yang sesuai pada lingkungan *line-of-sight* (LOS) maupun *non-line-of-sight* (NLOS). Model CI



lebih baik dibandingkan model ABG dalam hal jumlah parameter yang lebih sederhana dan lebih stabil pada variasi frekuensi dan jarak (Sun et al., 2016).

Penelitian-penelitian yang telah disebutkan menjadi landasan peneliti untuk merancang antena jenis PIFA yang kemudian memiliki frekuensi kerja sesuai dengan yang telah digunakan provider-provider saat ini pada jaringan 5G. Dengan analisis prediksi *path loss* yang digunakan yaitu model ABG dan model CI (*Close In*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang *Planar Inverted F Antenna* menggunakan aplikasi CST *Studio Suite 2019*?
2. Bagaimana hasil simulasi *Planar Inverted F Antenna* dengan menggunakan aplikasi CST *Studio Suite 2019*?
3. Bagaimana hasil pengukuran *Planar Inverted F Antenna* setelah difabrikasi?
4. Bagaimana hasil perhitungan prediksi *path loss Planar Inverted F Antenna*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang antena, mensimulasikannya pada aplikasi dan melakukan pengukuran setelah difabrikasi, serta menghitung prediksi *path loss* dengan beberapa pemodelan.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang *Planar Inverter F Antenna* menggunakan aplikasi CST *Studio Suite 2019*.
2. Mendapatkan hasil simulasi *Planar Inverted F Antenna* dengan menggunakan aplikasi CST *Studio Suite 2019*.
3. Memperoleh hasil pengukuran *Planar Inverted F Antenna* setelah difabrikasi.
4. Mendapatkan hasil perhitungan prediksi *path loss Planar Inverted F Antenna*.



## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi penerapan ilmu teoritis yang dimiliki peneliti untuk diimplementasikan secara nyata.
2. Penelitian ini dapat menjadi solusi bagi *provider-provider* untuk meningkatkan kualitas antena yang dimiliki.
3. Bagi Institusi Pendidikan Departemen Teknik Elektro dan pada bidang Teknologi Telekomunikasi dan Informasi, penelitian ini dapat digunakan sebagai pendukung terlaksananya praktikum terkhusus pada mata kuliah Antena dan Propagasi, Teknologi Nirkabel maupun Komunikasi Seluler serta sebagai sumber referensi dalam mengembangkan penelitian yang berkelanjutan.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Antena yang dirancang yaitu *Planar Inverted F Antenna*.
2. Frekuensi kerja antenanya sebesar 1,8 GHz dan 2,3 GHz.
3. Spesifikasi antena yang diinginkan *Return Loss* sebesar  $\leq -10$  dB, *VSWR*  $\leq 2$  dB, serta *gain*  $\geq 2,5$  dBi.
4. Perancangan dan simulasinya dilakukan menggunakan aplikasi *CST Studio Suite 2019*.
5. Pengukuran antena dilakukan di ruang *Anechoic Chamber* kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.
6. Model Prediksi *Path Loss* yang digunakan yaitu Model ABG dan Model CI (*Close In*).



## 1.6 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penulisan ini guna menyelesaikan masalah, antara lain :

1. Studi Literatur

Tahap pertama adalah pengumpulan literatur-literatur berupa konsep dan teori, baik berupa artikel, buku referensi, internet, dan sumber-sumber lainnya.

2. Perancangan dan Simulasi

Tahap kedua ini dengan merancang antena sesuai teori yang dikaji kemudian mensimulasikan dengan *software*.

3. Optimalisasi

Tahap ini salah satu pilihan apabila hasil simulasi antena belum memenuhi spesifikasi antena yang diinginkan.

4. Realisasi dan Pengukuran

Tahap ini yaitu dengan melakukan pengukuran di lokasi penelitian maupun dengan menggunakan aplikasi.

5. Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran

Tahap ini bertujuan membandingkan hasil yang telah disimulasi menggunakan *software* dan setelah antena difabrikasi. Kemudian melakukan perhitungan dengan berbagai model prediksi *path loss*.

6. Penarikan simpulan

Tahap akhir dari penelitian ini yaitu menarik simpulan dari analisis data guna menjawab semua poin pada rumusan masalah.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Agar pembahasan yang disajikan lebih sistematis, maka skripsi ini akan dibagi ke dalam lima bab. Isi masing-masing dari bab diuraikan secara singkat dibawah ini:

BAB I PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi tentang teori dasar yang menunjang dan berhubungan dalam penulisan laporan ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, berisi tentang spesifikasi antena, perangkat yang digunakan, diagram alir penelitian dan penjelasannya serta desain awal antena.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS, berisi hasil dan analisis simulasi dari aplikasi dan pengukuran secara langsung di lapangan, meliputi parameter-parameter yang telah dijelaskan di batasan masalah.

BAB V PENUTUP, berisi simpulan dan saran-saran dari peneliti yang bertujuan dalam peningkatan penelitian selanjutnya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Antena

Antena (*antenna* atau *areal*) adalah perangkat yang berfungsi untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel (Wulandari et al., 2017). Sebagai perantara antara kabel dan udara, antena harus memiliki karakteristik yang sesuai dengan kabel feeder. Prinsip ini telah dijelaskan dalam transmisi. Berikut adalah definisi lain dari antena:

1. Definisi antena menurut *Webster's Dictionary*, antena adalah perangkat yang umumnya terbuat dari logam berbentuk batang atau kawat untuk memancarkan dan menerima gelombang radio.
2. Definisi standar antena menurut IEEE (IEEE Std 145-1973) adalah suatu perangkat yang dapat memancarkan dan menerima gelombang.

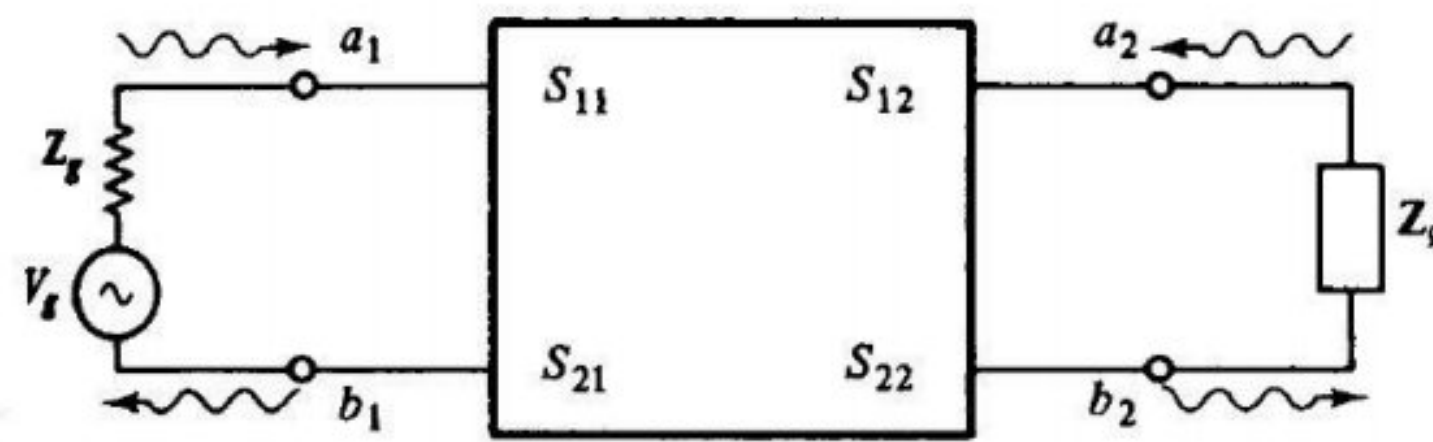
Dalam perancangan suatu antena, beberapa hal yang harus diperhatikan adalah

- a. bentuk dan arah radiasi yang diinginkan
- b. frekuensi kerja,
- c. lebar *band* (bandwidth), VSWR, dan *return loss*

#### 2.1.1 S-Parameter (*Scattering Parameter*)

S-parameter adalah hubungan *input-output* antar *port* atau terminal dalam sistem elektrikal (Nurrokhman, 2019). Misalkan, jika ada 2 *port* (*port* 1 dan *port* 2), maka  $S_{12}$  merupakan *power* yang dikirim dari *port* 2 menuju *port* 1, dan  $S_{21}$  merupakan *power* yang dikirim dari *port* 1 menuju *port* 2. S-Parameter menggambarkan perilaku elektris pada linear *electrical network*. S-Parameter dapat digunakan untuk menyatakan VSWR, *gain*, *return loss*, *transmission coefisien*, *reflection coefisien*. Untuk lebih jelasnya berikut pembahasan dengan *two port network*.





Gambar 1 Hubungan *Port 1* dan *Port 2*  
(sumber: <https://dhidik.wordpress.com/>)

Pada gambar 1 terlihat bahwa untuk menggambarkan perilaku jaringan digunakan *travelling wave* yaitu gelombang yang datang menuju dan meninggalkan *port 1* dan *port 2*. Pada gambar tersebut a adalah *amplitude* tegangan dari gelombang yang menuju ke *port*, sedangkan b adalah *amplitude* tegangan gelombang yang meninggalkan *port*.

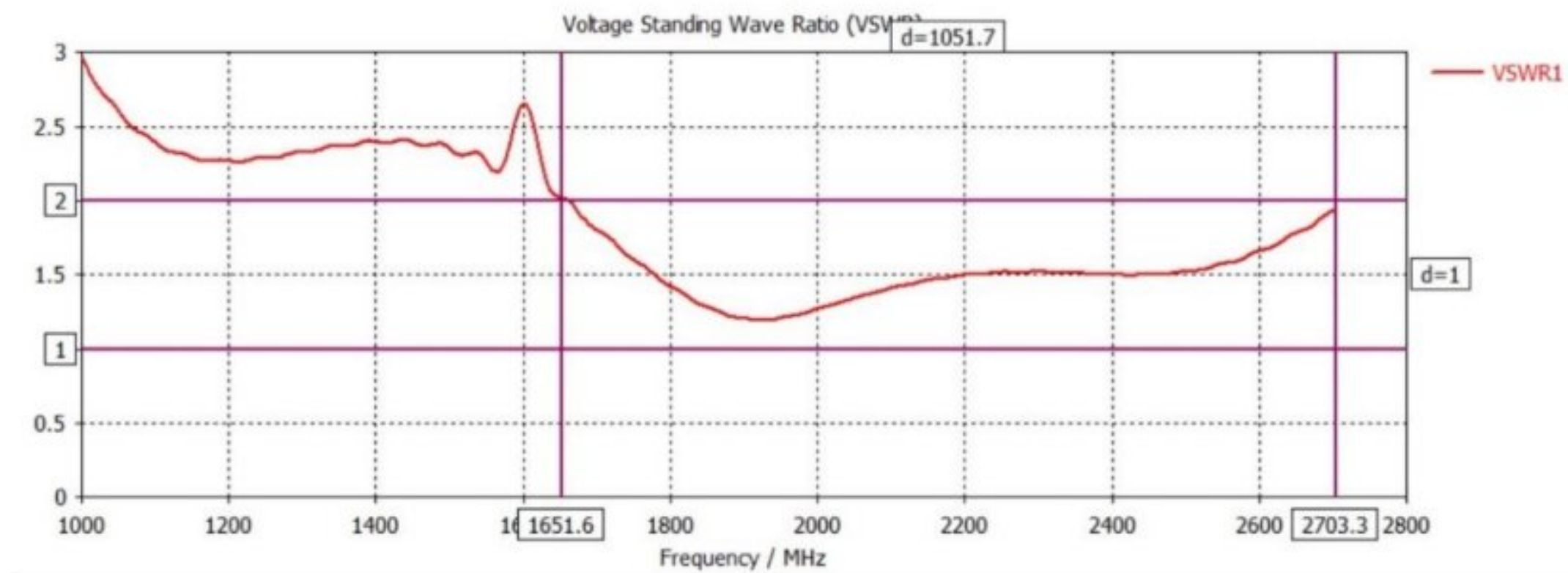
### 2.1.2 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) dan *Return Loss*

VSWR adalah rasio perbandingan antara gelombang datang dan gelombang pantul dimana kedua gelombang tersebut membentuk gelombang berdiri. Gelombang berdiri (*Standing Wave*) merupakan gabungan antara refleksi dan interferensi yaitu gelombang pantul menginterferensi gelombang datang sehingga fasa gelombang datang terganggu oleh gelombang pantul yang mengakibatkan gelombang datang mengalami kerusakan. Semakin tinggi nilai VSWR berarti performansi dari antenna tersebut semakin tidak baik atau gelombang yang terinterferensi semakin besar.

VSWR juga dapat diartikan sebagai perbandingan antara gelombang maksimum dengan gelombang minimum. VSWR merupakan parameter yang juga sebagai penentu *matching* antara antenna dan *transmitter*.

Kondisi yang paling di harapkan untuk nilai VSWR terbaik yaitu bernilai 1 namun untuk nilai VSWR paling besar yang bisa ditoleransi berdasarkan teori yaitu bernilai 2 (Octaviani & Abrianto, 2018).





Gambar 2 Grafik VSWR  
(sumber: <http://antenaspropagasi.blogspot.com/>)

Rumus VSWR :

$$VSWR = \frac{V_{Max}}{V_{Min}}$$

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

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

$\Gamma$  = Koefisien Pantul

$$\Gamma = \frac{V_R}{V_T} = \frac{P_R}{P_T} = \frac{V^-}{V^+}$$

Keterangan :

$V_R$  = Tegangan Pantul

$V_T$  = Tegangan yang ditransmisikan

$P_R$  = Daya Pantul

$P_T$  = Daya yang ditransmisikan

$V_0^+$  = Tegangan Gelombang yang ditransmisikan

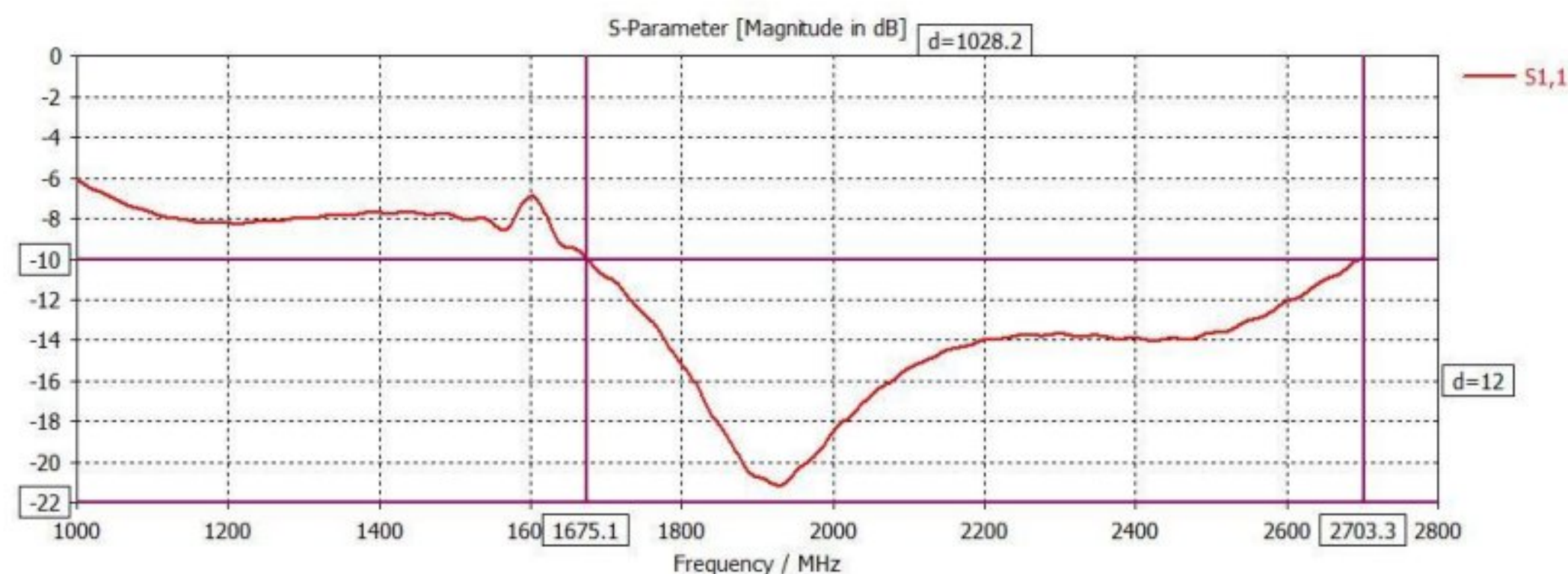
$V_0^-$  = Tegangan Gelombang yang dipantulkan

*Return loss* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. *Return loss* pada dasarnya memiliki asal yang saling bersinergi dengan VSWR yaitu terjadi disebabkan oleh pencampuran antara gelombang yang ditransmisikan dan gelombang yang dipantulkan yang sama-sama menentukan *matching* antara perangkat *transmitter* dengan antena. *Return loss* juga dapat



digunakan untuk melihat atau mengindikasikan hilangnya suatu daya yang ditransmisikan dan seberapa besar *receiver* menerima daya yang ditransmisikan. Dan juga dalam penentuan nilai performansi berbanding lurus dengan VSWR yaitu semakin kecil nilai *return loss* nya maka akan semakin baik pula performansi antenna tersebut. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit daya yang hilang pada pentransmisian antenna maka akan semakin bagus antenna tersebut (Balanis, 2007).

Kondisi yang paling diharapkan untuk nilai *return loss* terbaik yaitu kurang dari -10dB karena menyatakan nilai kehilangan suatu daya namun jika dilihat dalam pengolahan data matematis nilai dari *return loss* dinyatakan dengan nilai positif. Jadi nilai *return loss* maksimum yang diperbolehkan adalah bernilai 10dB.



Gambar 3 Grafik *Return Loss*  
(sumber: <http://antenaspropagasi.blogspot.com/>)

Rumus *Return Loss*:

$$RL (dB) = 20 \text{ Log} \Gamma \quad (2)$$

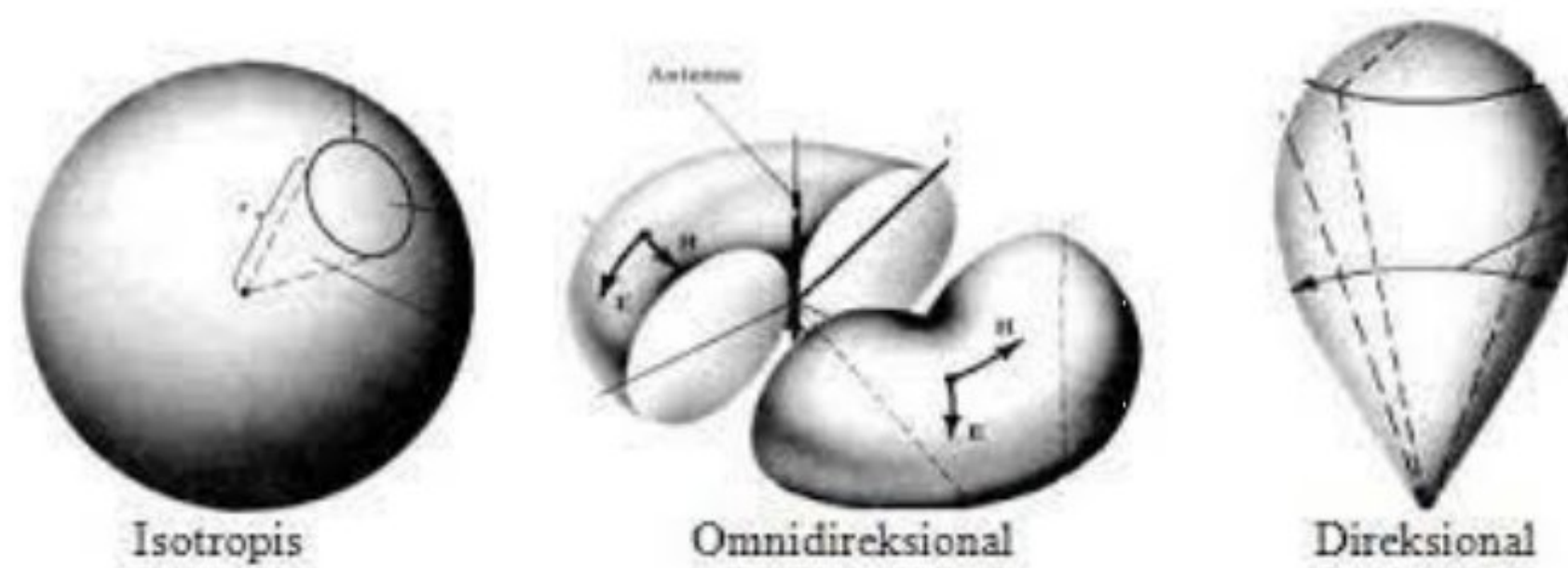
$\Gamma = \text{Koefisien Pantul}$

### 2.1.3 Pola Radiasi

Pola radiasi (*radiation pattern*) suatu antenna adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antenna pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (*field pattern*) apabila yang digambarkan adalah kuat medan dan disebut pola daya (*power pattern*) apabila yang digambarkan *pointing vector* (Riani & Rahayu, 2016).



1. Isotropis adalah arah pancaran antenna ke berbagai arah dengan energi sama besar pada seluruh bidang. Pola radiasi antenna isotropis dalam tiga dimensi bentuk pola radiasinya seperti bola.
2. *Directional* adalah pola radiasi yang arah pancarnya diarahkan pada satu tempat saja. Antena ini merupakan jenis antenna *narrow beamwidth*, yaitu antenna dengan sudut pemancarannya kecil namun dengan daya yang lebih terarah, jarak pancarnya jauh tetapi tidak dapat menjangkau area yang luas, contohnya antenna Yagi, Panel, Sektoral. Umumnya antenna ini digunakan sebagai penghubung antar gedung (konfigurasi point to point) yang mempunyai cakupan area yang kecil.
3. *Omnidirectional* adalah pola radiasi yang terbentuk karena antenna memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik pada satu bidang sama besar.



Gambar 4 Jenis-jenis Pola Radiasi  
(sumber: <https://media.neliti.com/>)

#### 2.1.4 Polarisasi

Polarisasi antenna adalah arah medan listrik yang diradiasikan oleh antenna. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah *gain* maksimum. Polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antenna, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda.

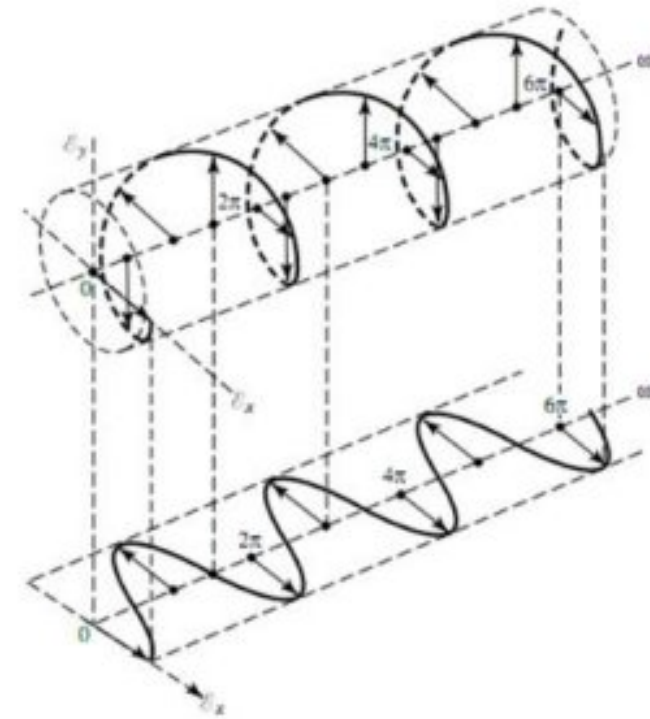
Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh



antena pada suatu arah tertentu. Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips) (Rambe, 2008).

a. Polarisasi Linier

Polarisasi linier terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan elektrik (magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu.



Gambar 5 Polarisasi Linier

(sumber: <https://teknikelektronikansp.wordpress.com/>)

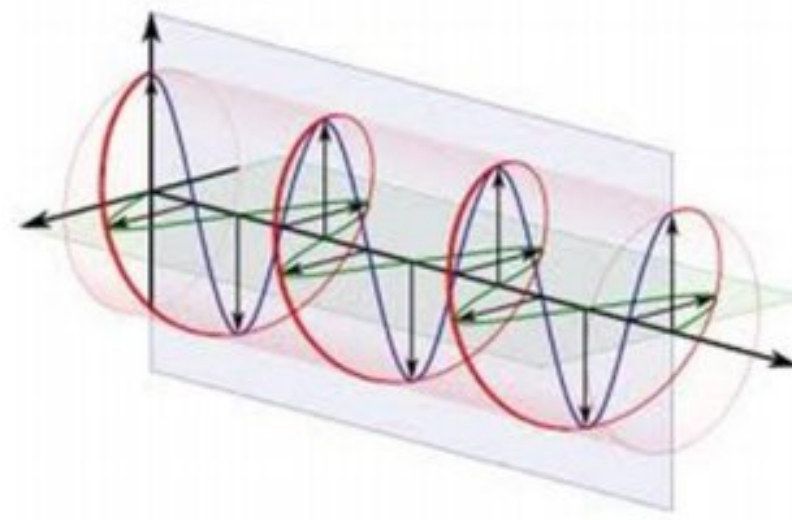
b. Polarisasi Melingkar

Polarisasi melingkar terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mencapai jenis polarisasi ini adalah :

1. medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier
2. kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama
3. kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil  $90^0$

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



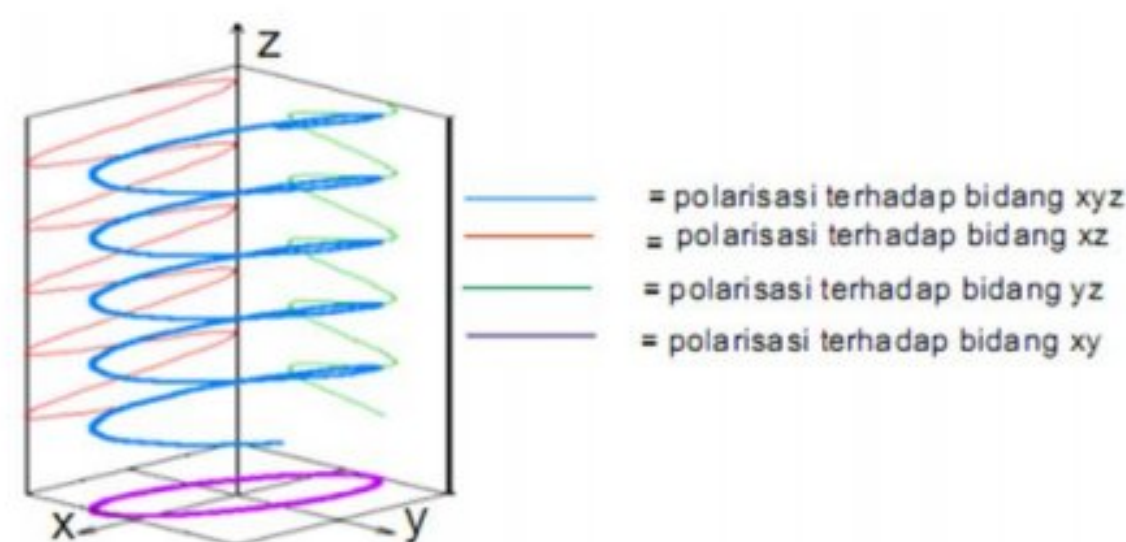


Gambar 6 Polarisasi Melingkar  
(sumber: <https://teknikelektronikansp.wordpress.com/>)

### c. Polarisasi Elips

Polarisasi elips terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah :

1. Medan harus mempunyai dua komponen linier orthogonal
2. Kedua komponen tersebut harus beda pada magnitudo yang sama atau berbeda.
3. Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai  $0^0$  atau kelipatan  $180^0$  (karena akan menjadi linier). Jika kedua komponen berada pada magnitudo yang sama maka perbedaan fasa diantara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari  $90^0$  (karena akan menjadi lingkaran).



Gambar 7 Polarisasi Elips  
(sumber: <http://oxyprimasetiya.blogspot.com/>)

## 2.1.5 Direktivitas dan Gain

Direktivitas antenna merupakan pengarahan konsentrasi energi dan besar pengarahan pola radiasi suatu antenna dimana semakin tinggi direktivitas suatu antenna maka lebar berkas (*main beam*) pola radiasi akan semakin sempit



sehingga antena semakin fokus. Direktivitas antena bergantung pada pola radiasi yang dihasilkan antena tersebut. Pola radiasi antena yang mengarah sama ke segala arah memiliki direktivitas sama dengan 0 dB.

*Gain (directive gain)* adalah karakter antena yang terkait dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Gain bukanlah kuantitas yang dapat diukur dalam satuan fisis pada umumnya seperti watt, ohm, atau lainnya, melainkan suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan yang digunakan untuk *gain* adalah decibel (Muhaiban, Yusuf, Hidayat Srihendayana, n.d.). *Gain antenna* adalah tetap, dua pengertian yang berbeda antara *gain antenna*, *transmit power* dan EIRP atau daya terpancar, dengan menurunkan *transmit power* tidak akan mengubah *gain antenna* dan pola radiasinya, hanya menurunkan EIRP atau daya terpancar ke udara, antena dengan *gain* rendah punya pola radiasi yang berbeda dengan antena sejenis yang punya *gain* besar.

Pola radiasi antena dengan *gain* rendah bersifat melebar sehingga energi yang dipancarkan terdistribusi luas secara sektoral (sudut). Sedangkan antena dengan *gain* besar memiliki pola pancar yang sempit, energi yang dipancarkan tidak melebar, tetapi pada arah pancaran utamanya, energi ini bisa menjangkau tempat yang lebih jauh. Besar *gain* dari suatu antena menentukan kemampuan antena tersebut untuk memfokuskan energi yang dipancarkannya ke suatu arah.

### **2.1.6 Bandwidth dan Beamwidth**

Daerah frekuensi kerja dimana antena masih dapat bekerja dengan baik inilah yang dinamakan *bandwidth* antena. *Bandwidth* sebuah antena didefinisikan sebagai interval frekuensi, di dalamnya antena bekerja sesuai dengan yang ditetapkan oleh spesifikasi yang diberikan. Spesifikasi tersebut meliputi: diagram radiasi, tinggi dari *side lobe*, *gain*, polarisasi, impedansi masukan (Alaydrus, 2011). Apabila *bandwidth* dinyatakan dalam persentase, *bandwidth* antena dapat ditulis sebagai berikut:



$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana

$BW$  = *bandwidth*

$f_2$  = frekuensi tertinggi

$f_1$  = frekuensi terendah

$f_c$  = frekuensi tengah

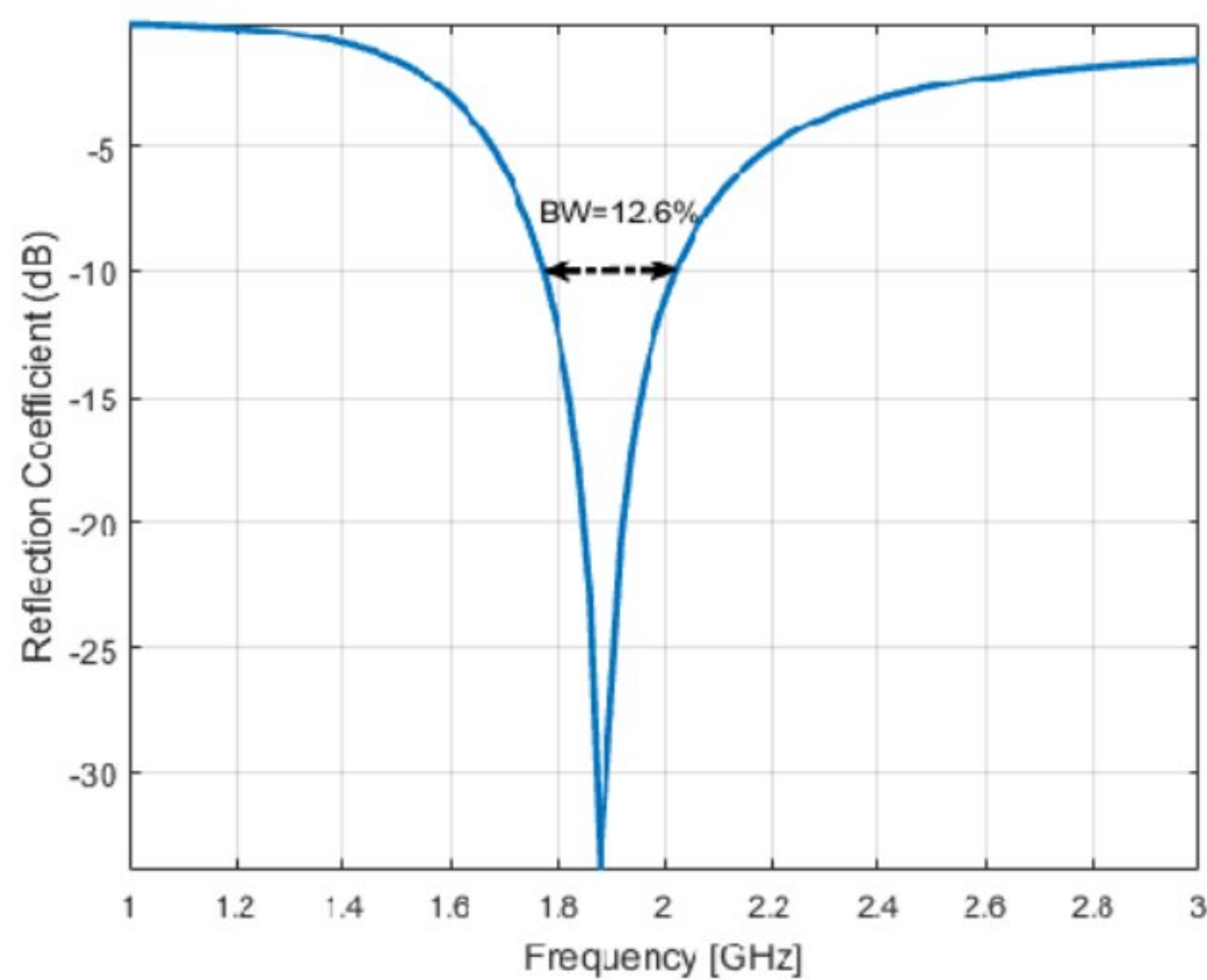
*Bandwidth* yang dinyatakan dalam persen ini biasanya digunakan untuk menyatakan *bandwidth* bidang sempit (*narrowband*), sedangkan untuk menyatakan *bandwidth* antenna bidang lebar (*broadband*) biasanya digunakan definisi rasio antenna antara batas frekuensi atas dengan frekuensi bawah yang dituliskan dengan persamaan berikut:

$$BW = \frac{f_a}{f_b} \quad (4)$$

Dimana

$f_a$  = batas frekuensi atas

$f_b$  = batas frekuensi bawah



Gambar 8 *Bandwidth*

(sumber: <https://www.semanticscholar.org/>)



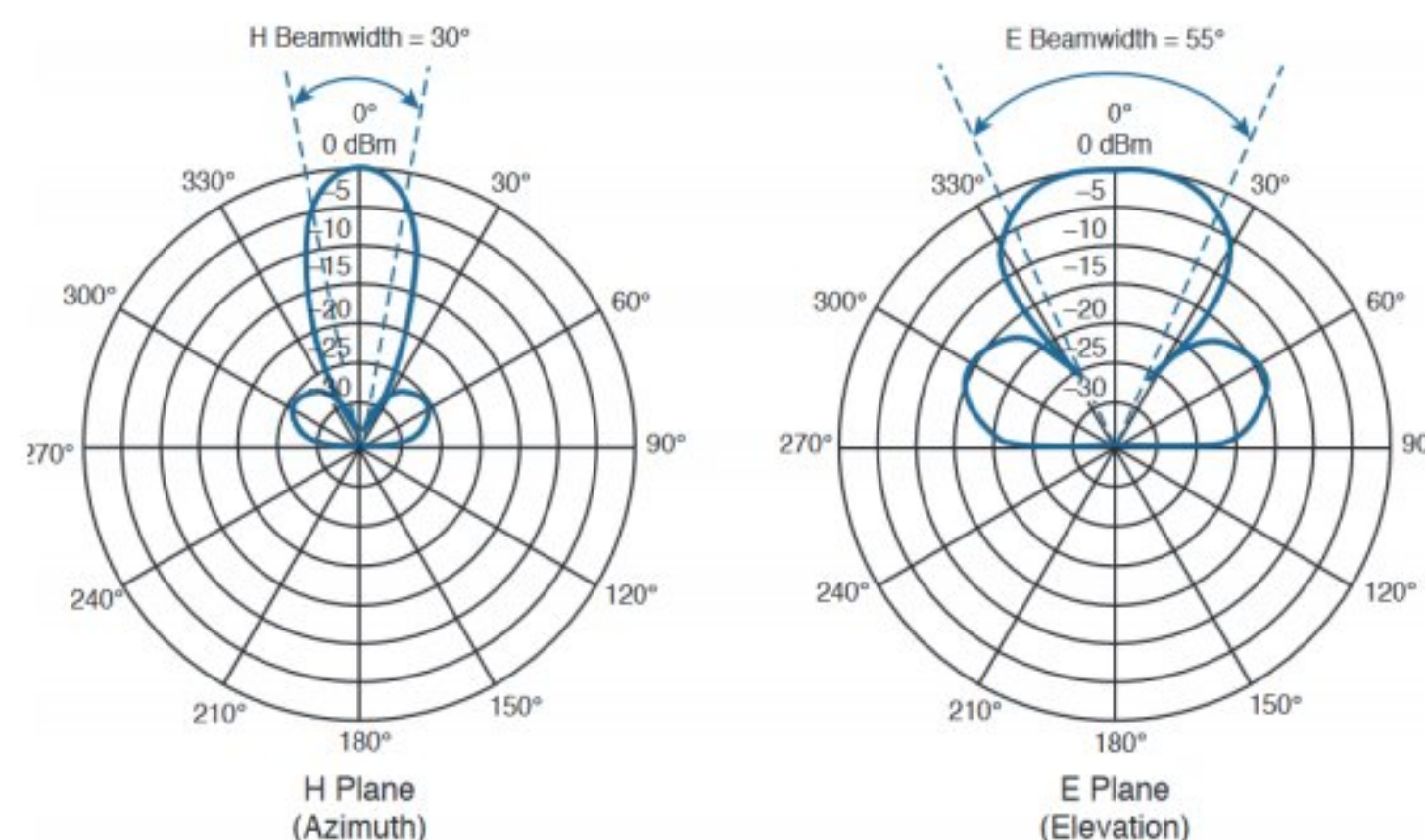
Ada beberapa jenis bandwidth di antaranya (Hermansyah, 2010):

1. *Impedance bandwidth*, yaitu rentang frekuensi dimana *patch* antena berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antena bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai *matching* ini dapat dilihat dari *return loss* dan VSWR. Nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik adalah kurang dari -9,54 dB.
2. *Pattern bandwidth*, yaitu rentang frekuensi dimana *bandwidth*, *side lobe*, atau *gain*, yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antena agar nilai *bandwidth* dapat dicari.
3. *Polarization* atau *ratio bandwidth* adalah rentang frekuensi dimana polarisasi (linier atau melingkar) masih terjadi. Nilai axial untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.

*Beamwidth* yaitu lebar dari *main beam* (*main lobe*) dari sebuah antena mengukur direktivitas sebuah antena (Asril, Aprinal Adila; Yustini; Octavia, 2019). Satuan *beamwidth* adalah derajat semakin kecil *beamwidth*, semakin fokus sebuah antena dalam memancarkan *power*-nya. Semakin besar *power* dalam *main lobe*, semakin jauh antena dapat berkomunikasi.

*Beamwidth* dibagi dalam dua ukuran, yaitu:

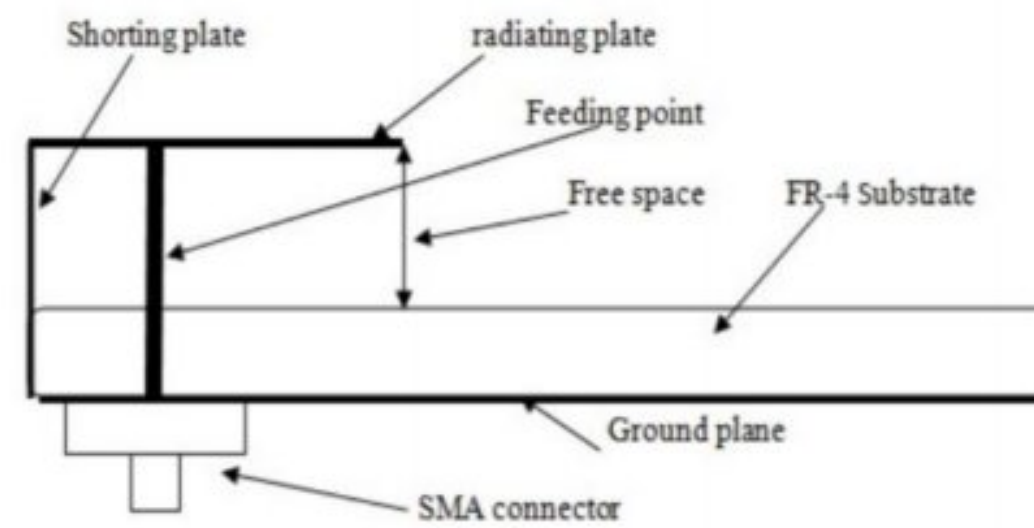
- a. Horizontal *beamwidth* sekitar antena.
- b. Vertikal *beamwidth* diatas dan bawah antena.



Gambar 9 *Beamwidth* H Plane dan E Plane  
(sumber: <https://apprize.best/>)



### 2.1.7 PIFA (Planar Inverted F Antenna)



Gambar 10 *Planar Inverted F Antenna*

PIFA atau *Planar Inverted F Antenna* adalah salah satu jenis dari *Inverted F Antenna* (IFA) linier dengan kawat radiator yang diganti dengan sebuah lempengan datar untuk meningkatkan *bandwidth*.

Ada tiga bagian utama PIFA yaitu: Elemen paradiasi, *ground plane*, dan plat hubung singkat (*shorting pin*). Biasanya lebar dari plat hubung-singkat lebih sempit daripada elemen paradiasi dengan tujuan untuk mengurangi ukuran dari antena yang disebut dengan *shortstrip* PIFA. Jika lebar dua lempengan tersebut sama, maka disebut dengan *short-wall antenna*. Jika lebarnya sangat kecil dan plat hubung-singkat menjadi kawat, maka disebut *shotwire* PIFA (Angela et al., 2016).

Untuk mencari dimensi antena, panjang dan lebarnya, harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang akan digunakan, yaitu tinggi dielektrik ( $h$ ), konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), tebal konduktor ( $t$ ) dan rugi-rugi bahan. Patch antena dapat dihitung menggunakan persamaan 5:

$$W + L = \frac{\lambda}{4} \quad (5)$$

$W$  adalah lebar patch,  $L$  adalah panjang patch, dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang dalam meter.

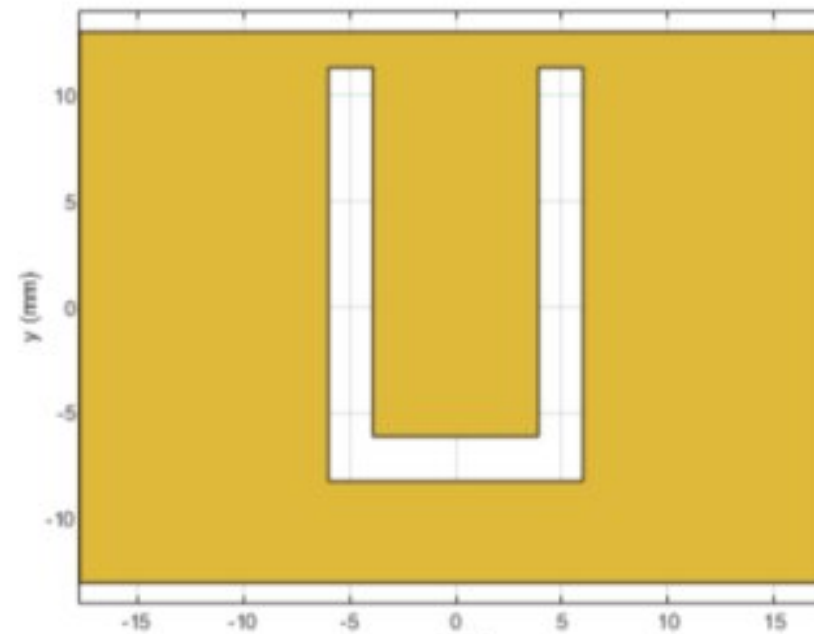
Pada antena PIFA, untuk penggunaan *dualband* maka dibutuhkan dua buah frekuensi kerja dengan menggunakan persamaan 6:

$$f_0 = \frac{c}{4(W+L)} \quad (6)$$



### 2.1.7.1 Metode Penambahan Slot

Slot merupakan bagian dari *patch* yang berfungsi untuk memunculkan frekuensi yang baru sehingga memiliki banyak frekuensi. Jenis-jenis slot yang biasa digunakan yaitu U-Slot dan L-Slot.



Gambar 11 Model U-Slot

## 2.2 Path Loss

*Path loss* merupakan redaman atau daya yang hilang ketika penransmisian sinyal dari pengirim ke penerima. Pada kondisi LOS (*Line of Sight*), parameter yang mempengaruhi besarnya *path loss* pada ruang bebas yaitu frekuensi dan jarak antara pengirim dan penerima. Untuk kondisi yang N-LOS (*Non-Line of Sight*), parameter tinggi antena pemancar, tinggi antena penerima serta karakteristik wilayah juga mempengaruhi besarnya *path loss*. Model *path loss* statistik digunakan untuk memperkirakan kehilangan daya yang hilang dalam pengiriman gelombang radio dalam satuan dB. Prediksi perhitungan pada kondisi LOS maupun medan dan lingkungan non-LOS dan pada umumnya menggunakan parameter lebih banyak dan lebih detail tergantung pada pemodelan yang digunakan (Alfaresi et al., 2020).

### 2.2.1 Model Prediksi ABG

Model prediksi *path loss* ABG dikeluarkan oleh *The Third Generation Partnership Project* (3GPP) yang merupakan suatu kelompok proyek yang mengembangkan teknologi seluler generasi ketiga. Pada model ini terdapat tiga parameter yang didefinisikan sesuai dengan karakteristik sel dan *geotype* suatu wilayah. Redaman pada kondisi *free space loss* merupakan fungsi frekuensi dan jarak yang dinyatakan melalui persamaan (7)



$$PL^{ABG}(f, d) = 10\alpha \text{Log}\left(\frac{d}{1m}\right) + \beta + 10\gamma \text{Log}\left(\frac{f}{1\text{GHz}}\right) + X_{\sigma}^{ABG} [dB] \quad (7)$$

Nilai  $\alpha$  dan  $\gamma$  menyatakan parameter *path loss* yang terkait dengan jarak dan frekuensi, sedangkan  $\beta$  menyatakan nilai *offset* yang dioptimalkan untuk *path loss* dalam dB. Nilai frekuensi pada persamaan 7 dinyatakan dalam GHz dan jarak dalam meter,  $X_{\sigma}^{ABG}$  merupakan standar deviasi nilai *shadowing fading* yang menggambarkan nilai rata-rata *path loss* sepanjang lintasan akibat fluktuasi *large scale fading* (Aryanta, 2021). Nilai parameter  $\alpha$ ,  $\gamma$ , dan  $\beta$  untuk berbagai *geotype*, ukuran sel dan karakteristik propagasi sinyal ditampilkan pada tabel 1

### 2.2.2 Model Prediksi CI (*Close In*)

Model prediksi CI mengembangkan model *path loss* pada ruang hampa dengan memperhitungkan jarak awal 1 meter. Seperti halnya model prediksi ABG, model CI juga merupakan fungsi frekuensi dan jarak yang dinyatakan dengan persamaan (8)

$$PL^{CI}(f, d) = 20\text{Log}\left(\frac{4\pi f}{c}\right) + 10\alpha \text{Log}(d) + X_{\sigma}^{CI} [dB] \quad (8)$$

dimana  $f$  menyatakan frekuensi yang digunakan pada sistem,  $d$  adalah jarak antara pemancar dengan penerima,  $\alpha$  menyatakan nilai *slope path loss* mulai jarak 1 meter dan  $X_{\sigma}^{CI}$  adalah variabel acak gaussian dengan *mean* bernilai nol dengan standar deviasi dalam dB. Nilai *Path loss Exponent* (PLE) atau  $\alpha$ , dan nilai standar deviasi pada model prediksi CI ini dapat dilihat pada pada tabel 1.



Tabel 1 Parameter pada Model Prediksi ABG dan CI

Skenario		Rentang Frekuensi (GHz)	Jarak (m)	Model	PLE/ $\alpha$	$\beta$ (dB)	$\gamma$	$\sigma$ (dB)
Urban Micro SC	LOS	2 – 73,5	5-121	ABG	2	31,4	2,1	2,9
				CI	2	-	-	2,9
	NLOS	2 – 73,5	19-272	ABG	3,5	24,4	1,9	8,1
				CI	3,1	-	-	8
Urban Micro OS	LOS	2 - 60	5-88	ABG	2,6	24	1,6	4
				CI	1,9	-	-	4,7
	NLOS	2 - 60	8-235	ABG	4,4	24	1,9	7,8
				CI	2,8	-	-	8,3
Urban Macro	LOS	2 – 73,5	58-930	ABG	2,8	11,4	2,3	4,1
				CI	2	-	-	4,6
	NLOS	2 – 73,5	45-1429	ABG	3,3	17,6	2	9,9
				CI	2,7	-	-	10