

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian [1] membahas desain antenna reflektor parabola dengan teknologi *feed horn* untuk aplikasi radar laut. Pada penelitian ini, batang logam persegi panjang ditambahkan ke *feed horn* piramid antenna reflektor parabola untuk meningkatkan efisiensi *gain*, *beamwidth*, dan tingkat *sidelobe*. Kebutuhan utama antenna radar laut adalah memiliki *gain* yang tinggi  $\geq 27$  dB, *beamwidth* kecil  $\leq 20$ , dan level *sidelobe* rendah  $\leq -30$  dB. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh menggunakan *software* CST Microwave Studio secara keseluruhan memenuhi kebutuhan radar laut dengan menambahkan batang logam persegi yang dapat meningkatkan *gain* antenna reflektor parabola menjadi 36,9 dB, memperkecil *beamwidth* menjadi  $1,9^\circ$  dan menekan *sidelobe* level menjadi -31,4 dB. Nilai *return loss* yang didapatkan pada frekuensi tengah 3 GHz bernilai -20,71 dB dengan *bandwidth* sebesar 156,6 MHz dan VSWR 1,2.

Pada penelitian [2] membahas pola radiasi antenna *horn* piramid. Antenna *horn* piramid adalah antenna gelombang mikro yang sederhana dan banyak digunakan dalam radar dan sistem komunikasi untuk aplikasi broadband. Antenna *horn* digunakan sebagai antenna pengirim atau penerima dengan standar *gain* 9,5-22 dBi. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan PCCAD 5.0 dengan dimensi *Aperture E-plane*  $a_1=16.370$ cm dan dimensi *Aperture H-plane*  $b_1=12.859$  cm, *E-plane* panjang tanduk aksial  $p_e=p_h=27.286$  cm. Hasil simulasi dilakukan untuk mencapai *bandwidth* lebar dengan level *sidelobe* dan *crosspolarization* yang rendah. Hasil simulasi menghasilkan nilai *gain* sebesar 20,8 dB, Pola radiasi *E-plane* 3dB *beamwidth* sebesar  $12,6^\circ$  dengan arah pancaran  $90^\circ$ . Pola radiasi *H-plane* 3dB *beamwidth* sebesar  $15,36^\circ$  dengan arah pancaran  $90^\circ$ .

Pada penelitian [3] membahas antenna mikrostrip *circular array* empat elemen untuk meningkatkan *gain* dan menghasilkan pola radiasi yang baik. Perancangan dan pembuatan antenna mikrostrip akan menggunakan substrat FR4 dengan elemen peradiasi berbentuk lingkaran (*circular*) dengan jumlah elemen peradiasi 4 elemen. Hasil perancangan antenna mikrostrip *circular array* memiliki dimensi panjang 123,17 mm, lebar 103,6 mm, dan ketebalan 1,8 mm, antenna mikrostrip yang

dirancang pada frekuensi kerja 2,4 GHz. Hasil perancangan menunjukkan bentuk pola radiasi mikrostrip *circular array* empat elemen adalah *bidirectional* pada frekuensi 2,4 GHz. Nilai VSWR sebesar 1,29; *return loss* sebesar - 17.949 dB; nilai *gain* sebesar 6.21 dBi nilai *directivity* sebesar 8.76 dB. Hasil pengukuran polarisasi menunjukkan bahwa antenna mikrostrip *circular array* memiliki polarisasi *ellips*.

Pada penelitian [4] membahas desain antenna *cassegrain high-gain* dan *low-profile* berdasarkan studi parameter untuk aplikasi MS dalam gelombang mikro. Antena yang dirancang dengan struktur reflektor ganda dan fase teknologi kompensasi yang dicapai oleh MS. Antena yang dirancang akan memiliki keuntungan *gain* yang tinggi dan profil rendah. Antena yang dirancang tidak hanya memiliki *gain* tinggi pada frekuensi kerja 5,8 GHz, tetapi juga memiliki kinerja yang baik. Hasil perancangan ini memperoleh nilai *bandwidth* sebesar 165 GHz pada rentang frekuensi 5,71-5,88 GHz, *beamwidth* yang kecil, dan *directivity* yang dihasilkan oleh antenna memiliki arah yang kuat. *Sidelobe* yang dihasilkan pada *E-plane* -19 dB dan *H-plane* -21 dB. Hasil *gain* yang dihitung sebesar 13,45 dBi, sedangkan hasil *gain* yang simulasi antenna *Cassegrain* yang dirancang mendekati hasil perhitungan sebesar 13,5 dBi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna yang diusulkan mencapai *gain* 9,1-13,5 dBi. Disimpulkan bahwa antenna yang dirancang mencapai *gain* yang tinggi, memungkinkan untuk digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel.

Pada penelitian [5] membahas desain antenna *Cassegrain* pada frekuensi 35 GHz dan 94 GHz. Desain antenna *Cassegrain* menggunakan perangkat lunak HFSS dengan reflektor utama  $d=800\text{ mm}$   $f/D=0,3$ , subreflektor, dan *feed horn* berbentuk kerucut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *gain* antenna yang diukur sebesar 43,6 dBi pada frekuensi 35 GHz dan 51,3 dBi pada frekuensi 94 GHz. Level *sidelobe* -27,5 dB pada frekuensi 35 GHz dan -26,5 pada frekuensi 94 GHz. Hasil VSWR 1,5 pada frekuensi 34,2-35,3 GHz dengan *bandwidth* lebih sempit. Pola radiasi yang dihasilkan dengan lebar berkas -3dB sebesar  $0,85^\circ$  dengan arah radiasi maksimum antenna pada sudut  $0^\circ$ . Saat antenna bekerja di 35 GHz. Saat antenna bekerja di 94 GHz lebar berkas sebesar  $0,45^\circ$  dengan arah radiasi antenna pada sudut  $0^\circ$ . Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna ini dapat digunakan dalam dual *band* 35/94

GHz dalam radar milimeter *wave*. Antena *Cassegrain* dipilih untuk mencapai *gain* yang tinggi, *sidelobe* rendah dan polarisasi silang yang rendah.

Pada penelitian [6] membahas antena mikrostrip dual *band single layer* untuk komunikasi satelit pada spektrum frekuensi S-band dan Ku-band. Antena mikrostrip memiliki massa yang ringan, bentuk yang kompak, dan mudah difabrikasi. Antena mikrostrip sangat cocok dengan kebutuhan saat ini dan diintegrasikan ke dalam peralatan telekomunikasi. Antena mikrostrip *single layer* untuk komunikasi satelit beroperasi pada S-band dan Ku-band dengan Frekuensi operasi 2,4 GHz dan 17,1 GHz. Dari hasil penelitian menggunakan *software* CST Microwave Studio menunjukkan nilai *return loss* di bawah -10 dB diperoleh dual *band* frekuensi. Nilai VSWR diperoleh hasil simulasi terendah adalah 1.11 dan dicapai pada frekuensi 2,23 GHz dan 17,15 GHz. Pola radiasi yang dihasilkan adalah linier. *Gain* yang dicapai 7,2 dBi pada frekuensi S-band, dan 14,5 dBi pada frekuensi Ku-band. *Gain* dari antena mikrostrip dapat diperbesar dengan menambahkan *patch* secara *array*, sehingga membentuk antena mikrostrip *array*.

Pada penelitian [7] membahas antena mikrostrip persegi panjang *patch* empat elemen yang dirancang untuk komunikasi satelit pada frekuensi Ka-band. Antena dirancang menggunakan teknik *line feed* dan beroperasi pada frekuensi 29,25 GHz. Frekuensi Ka-band saat ini menjadi fokus industri telekomunikasi karena *bandwidth* nya cukup besar untuk melayani kapasitas layanan yang lebih banyak. Kekurangan dari frekuensi Ka-band adalah sensitivitasnya terhadap cuaca buruk, terutama hujan yang dapat mengakibatkan pelemahan sinyal. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh dengan *software* CST Microwave Studio menunjukkan nilai *return loss* sebesar -43,05 dB, VSWR sebesar 1,01, dan *bandwidth* sebesar 2,728 GHz. Nilai *gain* yang dihasilkan sebesar 5,59 dBi untuk antena satu elemen dan nilai *gain* meningkat menjadi 7,823 dBi untuk antena empat elemen. Pola radiasi yang dihasilkan bersifat searah dan terpolarisasi *elips* pada frekuensi 29,25 GHz.

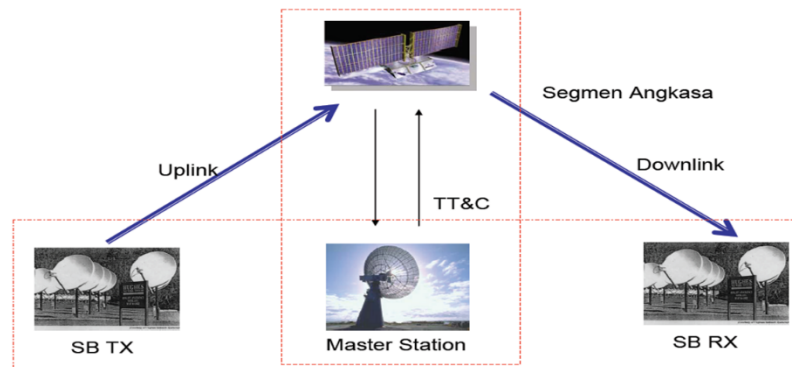
## 2.2 Dasar Teori

Sistem komunikasi satelit umumnya digunakan di daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan terestrial. Hal inilah yang menjadi kelebihan sistem komunikasi satelit dibandingkan dengan sistem teknologi komunikasi yang lainnya. Sistem

komunikasi satelit dapat menjangkau daerah-daerah terpencil dan jauh dikarenakan cakupan wilayahnya yang luas, sehingga sangat sesuai dengan letak geografis Indonesia [10]. Dalam sistem komunikasi satelit, letak geografis suatu wilayah tidak terlalu berpengaruh terhadap perambatan sinyal dari pengirim (Tx) dan penerima (Rx), karena arah transmisi ruang tersebut melewati tanpa hambatan yang berlebihan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas kinerja satelit meliputi efek propagasi pada ruang atmosfer, efek redaman hujan, antena dan perangkat stasiun bumi [31].

### 2.2.1 Sistem komunikasi satelit

Satelit komunikasi adalah pesawat ruang angkasa yang ditempatkan pada orbit di sekeliling bumi yang didalamnya membawa peralatan penerima dan pemancar gelombang mikro yang dapat mengirimkan sinyal dari satu lokasi ke lokasi lain di bumi menggunakan frekuensi gelombang mikro [8]. Secara umum sistem komunikasi satelit dapat dibedakan menjadi 2 (dua) komponen, yaitu ruas angkasa (*space segment*) yang terdiri dari satelit dan ruas bumi (*ground segment*) yang terdiri dari terminal pengguna, stasiun bumi dan jaringan [10]. Arsitektur sistem komunikasi satelit dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Arsitektur sistem komunikasi satelit [8]**

*Space segment* (satelit dan *master control*) adalah satu kesatuan yang tidak terpisahkan, dimana *master station* adalah stasiun pengendali utama satelit yang menjaga satelit dalam kondisi baik dan berada pada orbit yang telah ditentukan. *Ground segment* berperan sebagai pengendali utama satelit untuk mentransmisikan sinyal pada frekuensi *up-link* dan sebagai *repeater* atau penguat tunggal untuk mentransmisikan informasi ke tujuan menggunakan frekuensi *down-link* dan

*ground segment* [8]. Berikut proses yang dilakukan stasiun bumi untuk menjaga agar satelit dalam kondisi baik:

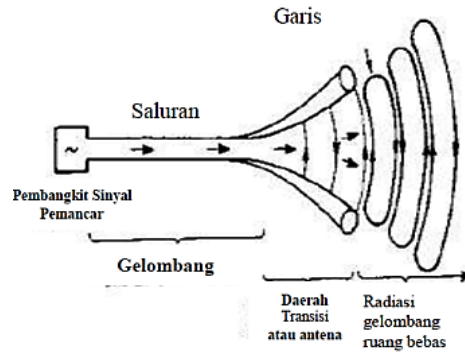
- a. *Telemetry*, memiliki fungsi mengirimkan informasi tentang kondisi satelit ke stasiun pengendali utama yang akan dianalisis untuk menjaga kesehatan satelit dalam bentuk siaran.
- b. *Tracking* adalah fungsi yang mengarahkan antena ke satelit. Hal ini dilakukan untuk mencegah interferensi dan untuk mengecek posisi satelit.
- c. *Command* untuk menanggapi kondisi satelit, sedangkan *manuever* untuk menjaga satelit tetap pada orbitnya.
- d. *Ranging* untuk mengukur jarak satelit dari stasiun pengendali utama dan mengetahui posisi dari satelit [31].

### **2.2.2 Antena**

Berdasarkan definisi standar IEEE tentang antena, antena adalah perangkat yang dapat mengirim dan menerima gelombang radio. Antena dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dan mengirimkannya secara bebas ke udara atau sebaliknya [26]. Antena terdiri dari batang logam atau kabel yang dapat mengirim dan menerima gelombang. Berdasarkan definisi tersebut maka antena memiliki 3 fungsi utama yaitu:

- a. Antena berfungsi sebagai konverter. Dikatakan sebagai konverter karena antena mengubah bentuk sinyal yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, atau sebaliknya.
- b. Antena berfungsi sebagai radiator. Dikatakan sebagai radiator karena antena memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara bebas di sekitarnya.
- c. Antena berfungsi sebagai *impedance matching* (penyesuaian impedansi). Dikatakan sebagai *impedance matching* karena antena akan selalu menyesuaikan impedansi sistem. Sistem yang dimaksud adalah saluran transmisi dan udara bebas [17].

Pada gambar 2.2 menunjukkan konsep dasar antena, dimana gelombang elektromagnetik memancarkan sepanjang jalur dan merambat melalui udara. Saluran transmisi berfungsi sebagai penghantar energi gelombang elektromagnetik. Saluran transmisi dapat berupa kabel koaksial atau gelombang terpandu (*waveguide*) [11].

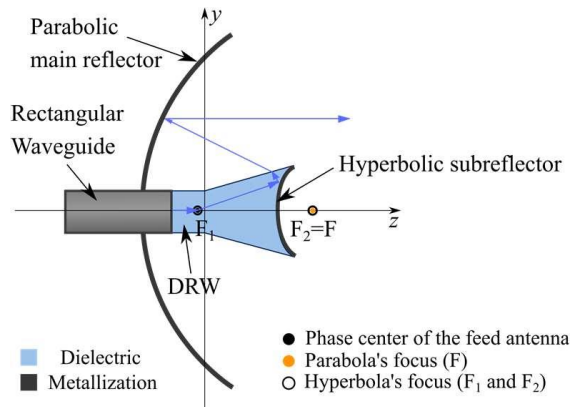


**Gambar 2.2 Konsep dasar antenna [11]**

Dalam sistem komunikasi satelit, antenna memainkan peran penting dalam menerima, mentransmisikan dan memfokuskan sinyal. Dengan menggunakan antenna yang tepat dan efisien, sistem komunikasi satelit dapat mencapai kualitas sinyal yang baik, komunikasi yang panjang, dan keandalan yang tinggi [31]. Salah satu antenna yang berperan penting dalam komunikasi satelit khususnya pada stasiun satelit bumi adalah antenna *Cassegrain*. Antenna *Cassegrain* digunakan untuk menerima sinyal yang dikirimkan oleh satelit. Antenna *Cassegrain* juga digunakan untuk mengirimkan sinyal dari stasiun bumi ke satelit. Antenna *Cassegrain* mirip dengan antenna *Gregorian* tetapi strukturnya berbeda. Antenna *Cassegrain* memiliki bentuk subreflektor hiperbola, sedangkan antenna *Gregorian* memiliki bentuk *elips*. Antenna *Gregorian* juga digunakan dalam sistem komunikasi satelit, seperti observasi satelit, radar pengamatan bumi atau sistem penginderaan jauh [32].

### **2.2.3 Antenna Cassegrain**

Antenna *Cassegrain* adalah antenna reflektor ganda yang terdiri dari permukaan parabola sebagai reflektor utama dan sebuah hiperboloid sebagai subreflektor. Antenna *Cassegrain* digunakan untuk menerima sinyal yang dikirim oleh satelit. Dalam hal ini, reflektor utama antenna mengumpulkan sinyal yang masuk dan mengarahkannya ke subreflektor, setelah itu subreflektor memantulkan sinyal ke *feed horn*. Antenna *Cassegrain* menggunakan dua reflektor untuk memfokuskan sinyal yang dikirim atau diterima. Fokus ini membantu meningkatkan penerimaan sinyal dan meningkatkan transmisi sinyal yang dikirim. Antenna *Cassegrain* juga digunakan untuk mengirimkan sinyal komunikasi dari *ground station* ke satelit, sinyal yang dihasilkan oleh transmitter diarahkan ke subreflektor yang kemudian dipantulkan ke reflektor utama [12].



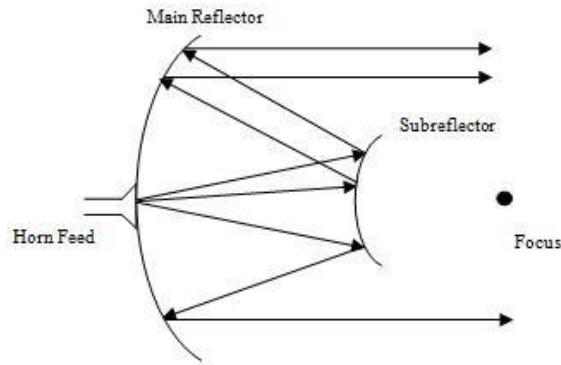
**Gambar 2.3 Antena *Cassegrain* [11]**

Pada Gambar 2.3 menunjukkan struktur antena *Cassegrain*. antena *Cassegrain* memiliki keunggulan dalam hal kualitas sinyal karena *gain* yang tinggi. *Gain* yang tinggi memungkinkan antena menghasilkan sinyal yang kuat dan sensitivitas tinggi. Antena *Cassegrain* juga memiliki fokus yang baik. Fokus sekunder pada subreflektor memungkinkan arah sinyal yang tepat untuk menerima atau mengirimkan sinyal. Selain itu, tingkat kebisingan (*noise*) antena *Cassegrain* tergolong rendah. Namun penggunaan antena *Cassegrain* memiliki beberapa kelemahan yaitu terjadi *signal loss* yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis antena parabola lain. Antena *Cassegrain* memiliki struktur kompleks yang dapat menyebabkan pelemahan sinyal (*delay*) pada komunikasi satelit. Antena *Cassegrain* memiliki penyebaran sinyal (*scattering*) yang lebih besar, sehingga terjadi pelemahan sinyal, distorsi, atau interferensi yang dapat mempengaruhi kualitas komunikasi satelit [31]. Struktur antena *Cassegrain* terdiri dari:

### 2.2.3.1 Reflektor

Reflektor adalah bagian utama dari antena *Cassegrain*. Antena *Cassegrain* memiliki dua reflektor, yaitu reflektor utama yang berbentuk parabola dan subreflektor berbentuk hiperbola yang terbuat dari bahan yang memantulkan gelombang elektromagnetik, seperti logam atau bahan dielektrik. Permukaan reflektor yang melengkung dapat memantulkan gelombang elektromagnetik [15]. Fungsi reflektor antena *Cassegrain* adalah untuk mengarahkan gelombang elektromagnetik ke arah yang diinginkan untuk menerima dan mengirimkan sinyal. Ketika sinyal datang dari arah tertentu, reflektor akan mengarahkan sinyal ke titik fokus yang berada di dekat permukaan reflektor. Reflektor banyak digunakan dalam

komunikasi satelit, radar dan astronomi karena daya nya yang rendah, dan *sidelobe* yang rendah [14].



**Gambar 2.4 Reflektor antena Cassegrain [14]**

Reflektor antena *cassegrain* ditunjukkan pada gambar 2.4 merupakan subreflektor yang berfungsi untuk mengarahkan energi ke reflektor antena, yang ditempatkan jauh dari titik inti. Antena *cassegrain* memiliki subreflektor yang memungkinkan elemen penerima ditempatkan di belakang reflektor utama [15]. Untuk menentukan luas efektif antena *Cassegrain* ( $A_{eff}$ ) diperlukan parameter ( $A_p$ ) yang merupakan luas reflektor utama dan ( $A_e$ ) merupakan luas subreflektor. Luas efektif antena *Cassegrain* ( $A_{eff}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 sampai 2.2. Untuk menghitung jarak titik fokus *main* reflektor ( $L_{f1}$ ) dan sub reflektor ( $L_{f2}$ ) menggunakan nilai indeks bias ( $n=1,3,5$ ) dan panjang gelombang ( $\lambda$ ) menggunakan persamaan 2.4 sampai 2.6 [32].

$$A_p = \pi \left(\frac{D_p}{2}\right)^2 \quad (2.1)$$

$$A_e = \pi \left(\frac{D_e}{2}\right)^2 \quad (2.2)$$

$$A_{eff} = A_p \times A_e \quad (2.3)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.4)$$

$$L_{f1} = \frac{n\lambda}{4} \quad (2.5)$$

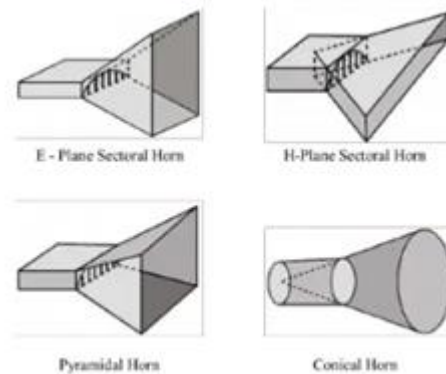
$$L_{f2} = \frac{n\lambda}{4} \quad (2.6)$$

### 2.2.3.2 Horn Antena

*Horn* antena adalah komponen penting dari sistem antena yang berfungsi sebagai penghubung ke struktur reflektor. *Horn* antena mendukung transmisi dan penerimaan sinyal elektromagnetik dengan efisiensi tinggi dan pola radiasi yang



diinginkan. *Horn* antenna dapat diimplementasikan sebagai pemandu gelombang terbuka yang dapat mengirimkan radiasi ke ruang bebas. Dalam pemandu gelombang, sebagian kecil dari gelombang datang ditransmisikan dan sebagian besar dipantulkan kembali [29]. *Horn* antenna banyak digunakan sebagai umpan reflektor, lensa, dan antenna majemuk. *Horn* antenna diperlukan dalam komunikasi satelit karena dapat bekerja dengan baik dalam hal *gain*, *directivity* dan meminimalkan interferensi [32]. *Horn* antenna di klasifikasikan sebagai berikut:



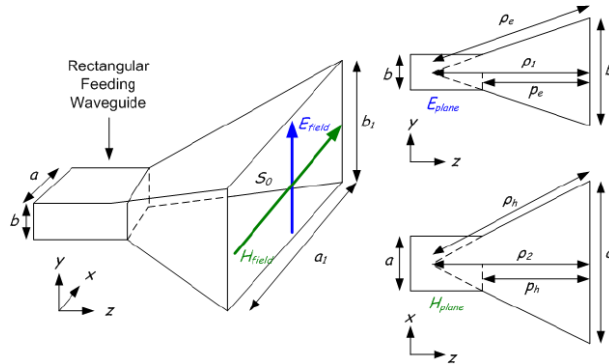
**Gambar 2.5 Klasifikasi antenna *horn* [29]**

Klasifikasi *horn* antenna ditunjukkan pada gambar 2.5, *horn* antenna dibagi menjadi dua jenis, yaitu *horn* persegi panjang dan antenna *horn* melingkar. Mekanisme pengumpanan untuk *horn* persegi panjang adalah pemandu gelombang berbentuk persegi panjang, sedangkan untuk antenna *horn* sirkular pemandu gelombangnya berbentuk melingkar. *Horn* persegi panjang diklasifikasikan berdasarkan arah perambatannya (*flaring*) seperti *horn* sektoral dan *horn* piramid. *Horn* sektoral terbentuk jika *flaring* hanya satu arah. Jika *flaring* ini searah vektor listrik maka disebut antenna *horn* bidang-E sektoral dan jika *flaring* searah vektor magnet maka disebut antenna *horn* bidang-H sektoral. Jika *flaring* dilakukan oleh vektor elektrik atau magnet dari pemandu gelombang persegi panjang, maka disebut antenna *horn* piramid. Antenna *horn* berbentuk kerucut terdiri dari pemandu gelombang melingkar sehingga disebut *conical horn* [32]. Pada penelitian ini menggunakan *horn* piramid dan *conical horn*.

**a) *Horn* Piramid**

*Horn* piramid atau dikenal juga sebagai *feed horn* piramid adalah antenna yang digunakan untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik. *Horn*

piramid pada antenna *Cassegrain* berfungsi untuk mengarahkan dan mengumpulkan energi gelombang elektromagnetik ke reflektor utama. Bentuk antenna *horn* piramid memungkinkan untuk mengarahkan pola radiasi yang terfokus dan terarah, mengarahkan energi gelombang elektromagnetik ke arah yang diinginkan. *Horn* piramid efisien dalam mengirim dan menerima sinyal, sehingga banyak digunakan dalam sistem komunikasi nirkabel, radar, dan lain sebagainya. Secara umum, *horn* piramid memiliki *gain* atau direktivitas yang relatif tinggi dan pola radiasi yang terarah [2]. Pada gambar 2.6 menunjukkan struktur geometris piramid *horn*.



**Gambar 2.6 Sketsa Geometri antenna *horn* piramid [2]**

Untuk membentuk geometri *horn* piramid medan listrik ( $P_e$ ) dan medan magnet ( $P_h$ ) diperlukan parameter pembentuk *waveguide* yang memiliki dimensi a dan b dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7 sampai 2.10 [32].

$$a = 0,5 \lambda \quad (2.7)$$

$$a_1 = 5.5 \lambda \quad (2.8)$$

$$b = 0.25 \lambda \quad (2.8)$$

$$b_1 = 2.75 \lambda \quad (2.10)$$

Untuk mendapatkan dimensi medan listrik ( $P_e$ ) dan medan magnet ( $P_h$ ) digunakan persamaan 2.11 dan 2.12 [32].

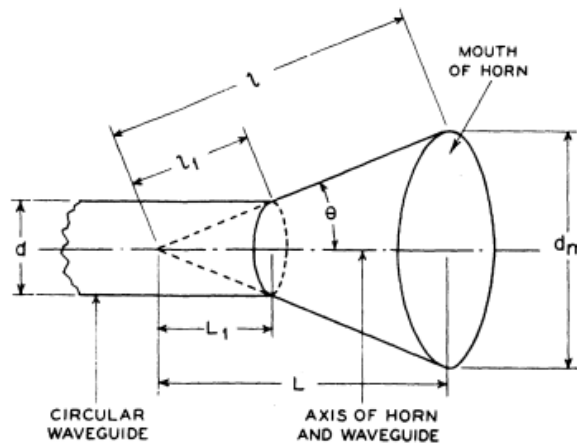
$$P_e = (b_1 - b) \sqrt{\left(\frac{ph}{b_1}\right)^2 - \frac{1}{4}} \quad (2.11)$$

$$P_h = (a_1 - a) \sqrt{\left(\frac{ph}{a_1}\right)^2 - \frac{1}{4}} \quad (2.12)$$

**b) *Cornical Horn***

*Conical horn* adalah salah satu jenis *feed horn* yang digunakan dalam antenna *Cassegrain*. *Conical horn* memiliki bentuk kerucut dengan pemandu gelombang berbentuk melingkar yang biasa digunakan dalam komunikasi satelit. Dalam antenna

*Cassegrain, conical horn* ditempatkan di dekat fokus subreflektor untuk mengarahkan dan memfokuskan energi gelombang elektromagnetik ke *main* reflektor [30]. Penggunaan *conical horn* dapat menghasilkan pola radiasi terarah yang membantu dalam mengirim dan menerima sinyal dengan presisi tinggi. *Conical horn* juga memiliki lebar pita yang baik, tingkat *directivity* yang tinggi, *noise* rendah, dan membantu mengurangi *noise* dan interferensi dari sinyal antenna yang tidak tepat [3]. Pada gambar 2.7 menunjukkan struktur geometris *conical horn*.



**Gambar 2.7 Geometri horn conical [3]**

Untuk menentukan perhitungan dimensi pada *horn conical* dengan menghitung diameter bagian kerucut ( $D_{cone}$ ), Panjang kerucut ( $L_{cone}$ ) dan diameter *horn* pada bagian *waveguide* ( $D_{flare}$ ) menggunakan persamaan 2.13 sampai 2.15 [32].

$$D_{cone} = \frac{\lambda}{(2 \times \sin\theta)} \quad (2.13)$$

$$L_{cone} = \frac{\lambda}{(4 \times \sin\theta)} \quad (2.14)$$

$$D_{flare} = D_{cone} \times \tan\theta \quad (2.15)$$

#### 2.2.4 Alokasi Band Frekuensi

Perancangan sistem komunikasi satelit tentu saja berdasarkan pada jenis frekuensi operasi yang digunakan. Perancangan sistem komunikasi satelit harus beroperasi sesuai dengan peraturan internasional dan nasional untuk menentukan pita frekuensi yang akan digunakan. Pembagian spektrum frekuensi pada tahun 1940, aplikasi radar membagi spektrum frekuensi dari 1-300 GHz

menjadi delapan *band* frekuensi, yaitu *L-band*, *C-band*, *X-band*, *Ku-band*, *K-band*, *Ka-band*, dan *Q-band* [31].

*International Telecommunication Union (ITU)* yang bertugas untuk mengontrol dan mengkoordinasikan penggunaan pita frekuensi dalam pelayanan sistem komunikasi satelit membagi wilayah perencanaan frekuensi menjadi tiga bagian, wilayah 1 meliputi wilayah amerika selatan, wilayah 2 untuk amerika utara, wilayah 3 meliputi wilayah asia dan Australia [8]. Namun, pita frekuensi di wilayah tersebut dialokasikan untuk layanan satelit, meskipun pita frekuensi yang berbeda dapat ditetapkan untuk layanan yang ditawarkan di wilayah yang berbeda [31]. Beberapa layanan yang ditawarkan oleh satelit adalah:

1. *Fixed Satellite Service (FSS)*
2. *Broadcasting Satellite Service (BSS)*
3. *Mobile Satellite Service*

**Tabel 2.1 Alokasi band frekuensi [8]**

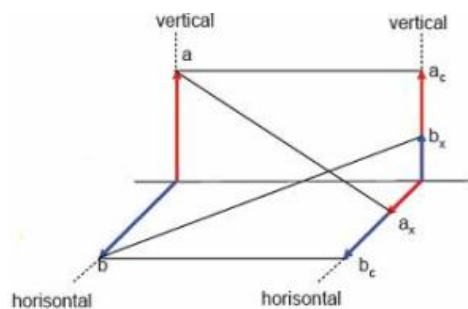
Rentang frekuensi (GHz)	<i>Band</i> frekuensi	Layanan
0.1 – 0,3	VHF	<i>Mesagging</i>
0,3 – 1.0	UHF	<i>Military, navigation mobile</i>
1.0 – 2.0	L	<i>Mobile, radio broadcast</i>
2.0 – 4.0	S	<i>Mobile navigation</i>
4.0 – 8.0	C	<i>Fixed</i>
8.0 – 12.0	X	<i>Military</i>
12.0 – 18.0	Ku	<i>Fixed, video broadcast</i>
18.0 – 27.0	K	<i>Fixed</i>
27.0 – 40.0	Ka	<i>Fixed, audio broadcast, intersatellite</i>
40.0 – 75.0	V	<i>Intersatellite</i>
75.0 – 110	W	<i>Intersatellite</i>
110 – 300	Mn	<i>Intersatellite</i>
300 -3000	Um	<i>Intersatellite</i>

Berdasarkan tabel 2.1, pita frekuensi disajikan dengan gambaran jangkauan frekuensi dan jenis layanan yang beroperasi di masing-masing pita frekuensi. Pita

frekuensi terendah atau disebut dengan VHF memiliki rentang 0,1 – 0,3 GHz, dalam jenis frekuensi ini bisa digunakan untuk layanan komunikasi terestrial seperti mengirim sms atau pesan. Pada penelitian ini digunakan jenis pita frekuensi *c-band* dengan rentang 4 – 8 GHz. Pada frekuensi ini cocok untuk digunakan dalam layanan *fixed satellite* atau layanan dengan antenna pemancar atau penerima yang berada tetap pada satu tempat [9].

### 2.2.5 Crosspolarization

*Crosspolarization* atau *crosspol* adalah gangguan gelombang pembawa (*carier*) yang disebabkan oleh ketidakakuratan polarisasi antenna dibandingkan dengan polarisasi satelit. *Crosspolarization* diperlukan untuk memaksimalkan direktivitas antenna agar dapat digunakan secara optimal dan tidak mengganggu pengguna satelit lainnya. Tujuan *crosspolarization* untuk menentukan keakuratan pancaran antenna untuk memastikan bahwa sinyal yang dikirim ke satelit sesuai dengan baik [26]. Pada sistem komunikasi satelit dikenal dengan istilah transponder horizontal dan transponder vertikal hasil dari perbedaan jenis rambatan tersebut. Misalnya, jika bidang antenna terpolarisasi horizontal maka *crosspolarization* dalam hal ini adalah polarisasi vertikal dan sebaliknya. Terjadinya dua polarisasi didasarkan pada perbedaan sudut arah rambat dengan arah rambatan yang diharapkan sebesar 90 deg [31].

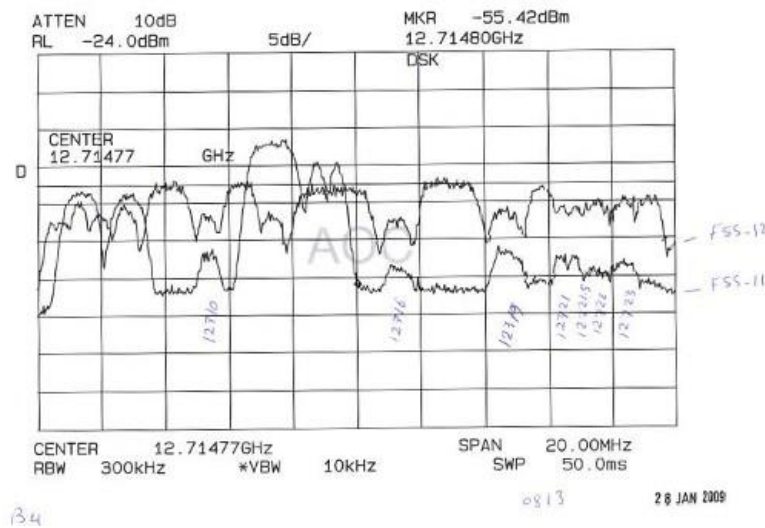


**Gambar 2.8 Arah *crosspolarization* [28]**

Pada gambar 2.8 menunjukkan jika bidang dari antenna terpolarisasi horizontal maka arah *crosspolarization* nya dalam hal ini adalah polarisasi vertikal. Jika polarisasi nya adalah *Right Hand Circularly Polarized* (RHCP) maka arah *crosspolarization* nya adalah *Left Hand Circularly Polarized* (LHCP). Pengukuran nilai *crosspol* dihasilkan dari pemanfaatan *carier* yang muncul dari perbedaan nilai *carier* yang terjadi diantara keduanya. Nilai untuk *crosspolarization* sebesar 20 dB

yang diatur pada standar ITU-T G.114 [31]. Proses pengetesan crosspol dikenal adanya beberapa istilah diantaranya sebagai berikut:

- Main carrier* adalah *carrier* pancaran utama yang nantinya sebagai *carier* operasional (*carier* yang diharapkan ada)
- Crosspol carier* adalah *carier* hasil tembusan yang timbul dari *main carrier* yang rambatan polarisasinya tidak benar (*carier* yang tidak diharapkan ada)
- Couple carier* adalah *carier* yang muncul akibat dari antenna pengukur (*carier* yang keberadaannya bisa diabaikan) [28].



**Gambar 2.9 Hasil crosspol [31]**

Pada gambar 2.9 menunjukkan hasil *crosspolarization*. nilai dari diskriminasi *crosspolarization* dapat dicari menggunakan persamaan (2.16) [31]

$$XPD \text{ (dB)} = 20 \log \frac{a_c}{a_x} \quad (2.16)$$

Keterangan:

XPD = diskriminasi *crosspolarization*

$a_c$  = nilai *crosspolarization*

$a_x$  = nilai *co-polarization*

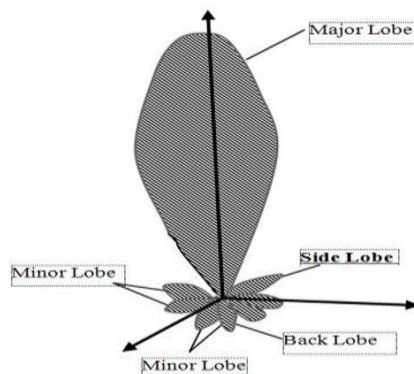
### 2.2.6 Parameter Antena

Parameter antena adalah pengukuran atau karakteristik yang digunakan untuk menentukan kinerja yang dapat dicapai oleh suatu antena. Penentuan parameter antena sangat penting dalam perancangan antena karena mempengaruhi jenis, bentuk, dan ukuran antena yang dihasilkan. Parameter antena juga digunakan sebagai kriteria evaluasi untuk pengukuran antena. Beberapa parameter antena

dapat dihubungkan satu sama lain, berikut adalah beberapa parameter antenna yang digunakan:

**a. Pola Radiasi**

Pola radiasi (*radiation pattern*) adalah representasi grafis dari sifat-sifat pancaran antenna sebagai fungsi dari koordinat ruang. Pada umumnya, pola radiasi ditentukan pada pola daerah medan jauh dan digambarkan sebagai fungsi koordinat arah sepanjang radius tetap [20]



**Gambar 2.10 pola radiasi antenna [16]**

Pada gambar 2.10 menunjukkan pola radiasi antenna mempunyai beberapa parameter yang terdiri dari:

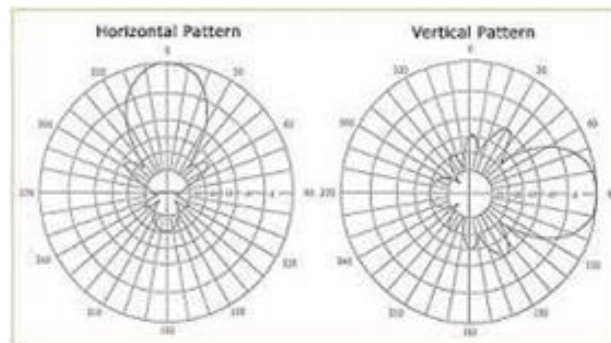
- 1) *Major lobe (main lobe)* adalah bagian dari pola radiasi pada arah tertentu dengan radiasi tertinggi.
- 2) *Minor lobe* adalah bagian dari pola radiasi yang terdiri dari *sidelobe* dan *back lobe*. *Minor lobe* biasanya merupakan bagian pola radiasi yang tidak diinginkan.
- 3) *Sidelobe* adalah bagian pola radiasi yang terletak disamping *major lobe* dan merupakan bagian *minor lobe* yang terbesar, biasanya memiliki arah yang tegak lurus dengan *main lobe*. Besarnya *level sidelobe* pada antenna tidak boleh melebihi ketentuan dari ITU-R (Rec ITU-R S 580-5). Berikut rumus untuk menghitung besar *sidelobe* menggunakan persamaan 2.17 [31].

$$SLL = 29 - 25 \log \theta \tag{2.17}$$

- 4) *Back lobe* adalah bagian pola radiasi yang membentuk sudut 180 terhadap arah radiasi antenna (arahnya bertolak belakang dengan *major lobe*).
- 5) *Half Power Beamwidth (HPBW)* lebar berkas di antara sisi-sisi *major lobe* yang nilai dayanya setengah dari nilai maksimum *major lobe*.

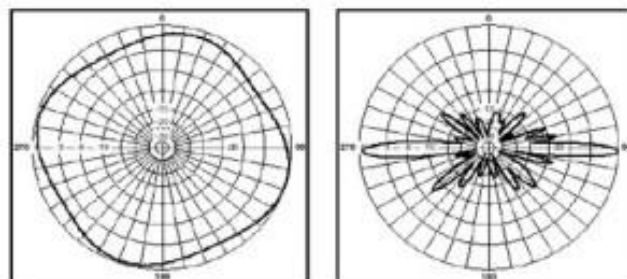
- 6) *First Null Beamwidth* (FNBW) adalah lebar berkas di antara sisi-sisi *major lobe* yang nilai dayanya nol.
- 7) *Front to Back Ratio* (FBR) adalah perbandingan antara *main lobe* terhadap *back lobe* [21].

Ada dua jenis sifat pola radiasi antenna yaitu *directional* dan *omnidirectional*. Pola radiasi *directional* yaitu pola pemancaran sinyal dalam arah tertentu. Antena ini hanya mengirim dan menerima sinyal radio satu arah. Antena *directional* memiliki sudut pemancaran yang kecil dengan daya yang lebih terarah. *Gain* antena ini relatif lebih besar daripada antena *omnidirectional* [13]. Beberapa tipe antena *directional* yaitu yagi, biquad, helical, antena *patch*, *horn*, antena parabola. Pada gambar 2.11 menunjukkan pola radiasi *directional*.



**Gambar 2.11 Pola radiasi *directional* [23]**

Pada gambar 2.12 menunjukkan pola radiasi *omnidirectional* yaitu jenis antena yang memiliki pola pemancaran sinyal ke segala arah dengan daya yang sama dengan 360°. Kelebihan antena jenis ini adalah dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak [13]. Tipe antena *omnidirectional* yang paling populer adalah *dipole* dan *ground plane*.



**Gambar 2.12 Pola radiasi *omnidirectional* [23]**



### b. Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi adalah frekuensi kerja atau frekuensi operasi di mana antenna bekerja secara optimal. Meskipun rentang frekuensi (*bandwidth*) dari antenna dapat dilihat dalam grafik VSWR dan grafik *return loss*, menunjukkan rentang frekuensi di mana antenna masih dapat bekerja dengan baik [24]. Nilai frekuensi dapat diketahui menggunakan persamaan 2.18 [32].

$$f_c = \frac{f_h - f_l}{2} \quad (2.18)$$

Keterangan :

$f_h$  = frekuensi tinggi (GHz)

$f_l$  = frekuensi rendah (GHz)

$f_c$  = frekuensi tengah (GHz)

### c. Impedansi masukan

Impedansi masukan adalah *perbandingan* impedansi pada bagian terminal antenna atau sambungan dari sumber daya menuju ke antenna. Perubahan nilai impedansi masukan tersebut menunjukkan bahwa energi yang diserap oleh antenna tidak memberikan hasil yang maksimal [21]. Impedansi masukan terdiri dari komponen riil ( $R_{in}$ ) dan komponen imajiner ( $X_{in}$ ). Nilai impedansi dapat diketahui menggunakan persamaan 2.19 [32].

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (2.19)$$

Keterangan :

$Z_{in}$  = impedansi antenna

$R_{in}$  = resistansi antenna

$X_{in}$  = reaktansi antenna

### d. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah *perbandingan* gelombang datang dengan gelombang pantul atau sering disebut sebagai *standing wave*. *Standing wave* terjadi ketika ketidaksesuaian antara impedansi *input* antenna dan saluran *feeder* menyebabkan pantulan gelombang [24]. Pada saluran transmisi elektromagnetik antenna terdapat dua jenis tegangan gelombang yaitu tegangan pancar ( $V_o^+$ ) dan tegangan pantul ( $V_o^-$ ). Perbandingan dari tegangan pantul dengan tegangan pancar disebut sebagai

koefisien tegangan refleksi [21] . Nilai VSWR dapat diketahui menggunakan persamaan 2.20 [32].

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.20)$$

Keterangan :

$\Gamma$  = koefisien refleksi tegangan

Jika gelombang dapat melewati jaringan dengan sempurna sehingga tidak ada yang dipantulkan kembali ke sumber nya, maka nilai VSWR nya adalah 1. Nilai ini merupakan nilai ideal dan tidak akan pernah terjadi pada praktek. Jika semua gelombang dipantulkan kembali maka nilai VSWR nya tak berhingga. Nilai VSWR atau standar VSWR yang masih dapat diterima adalah  $<2$ , sehingga dapat dikatakan antenna yang dibuat pada frekuensi kerja memiliki VSWR yang baik atau perbandingan *standing wave*-nya memiliki nilai yang normal [19].

**e. Return loss**

*Return loss* adalah parameter yang menentukan rasio perbandingan amplitudo gelombang pantul dengan amplitudo yang ditransmisikan. *Return loss* disebabkan oleh diskontinuitas antara saluran transmisi dan impedansi masukan antenna [18]. Nilai *return loss* digunakan sebagai patokan yang aman sehingga tidak ada kinerja antenna yang hilang selama difabrikasi. Semakin kecil nilai *return loss* maka semakin tinggi jumlah energi gelombang elektromagnetik yang diserap [19]. Nilai *return loss* dapat diketahui menggunakan persamaan 2.21 [24].

$$return\ loss = 20 \log |\Gamma| \quad (2.21)$$

Keterangan :

$\Gamma$  = koefisien refleksi tegangan

**f. Directivity**

*Directivity* adalah perbandingan rapat daya radiasi maksimum yang dimiliki oleh antenna dan rapat daya radiasi rata-rata yang dimiliki antenna tersebut, dengan kata lain dapat diartikan bahwa *directivity* adalah nilai *directive gain* pada arah maksimum [16]. Memperbesar direktivitas berarti memperkuat atau memfokuskan radiasi antenna ke arah tertentu. Secara matematis untuk nilai *directivity* sebuah antenna dapat ditentukan dengan persamaan (2.22) [31].

$$D = \frac{U}{U_0} = \frac{4\pi U}{Prad} \quad (2.22)$$

Keterangan :

$D$  = Directivity

$U$  = Intensitas Radiasi (rad)

$U_0$  = Intensitas Radiasi pada sumber isotropik (rad)

$Prad$  = Daya total radiasi (rad)

**g. Gain**

*Gain* atau penguatan antenna adalah perbandingan antara daya yang ke terminal antenna pada arah tertentu dengan daya yang dipancarkan oleh antenna pembanding dengan daya masuk yang sama [10]. *Gain* antenna berkaitan erat dengan faktor *directivity* dan efisiensi. Oleh karena itu, penguatan daya maksimum antenna ditunjukkan pada persamaan (2.23) [31].

$$G = 10 \log \left( \pi \times D \times \frac{f}{c} \right)^2 \quad (2.23)$$

Keterangan

$G$  = penguatan (*gain*)

$D$  = diameter reflektor (m)

$f$  = frekuensi kerja (Hz)

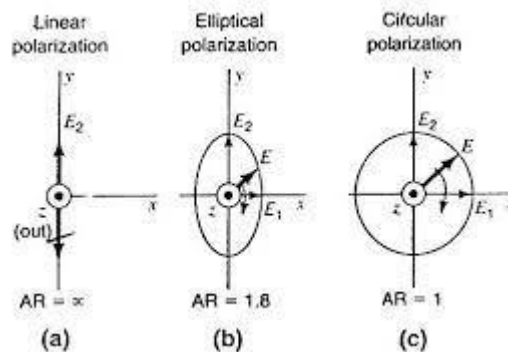
$c$  = kecepatan Cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

Nilai *gain* selalu lebih kecil dari nilai *directivity* karena adanya rugi-rugi transmisi pada antenna dan ketidaksesuaian impedansi antara saluran pencatu dan antenna [32].

**h. Polarisasi**

Polarisasi adalah arah getaran gelombang antenna. Polarisasi antenna ditentukan oleh polarisasi gelombang yang dipancarkan dari antenna atau efektivitas gelombang yang diterima antenna [20]. Jika antenna dapat menangkap polarisasi horizontal lebih efektif, maka disebut antenna horizontal. Antenna vertikal jika antenna lebih efektif dalam mendeteksi polarisasi vertikal. Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu [27]. Berdasarkan nilai *axio ratio*, polarisasi dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

- a) Polarisasi *circular*, memiliki medan listrik yang sama tetapi berjalan berputar membentuk lingkaran dan dapat terjadi secara horizontal maupun vertikal yang memiliki rentang  $0 \text{ dB} \leq |AR| < 3 \text{ dB}$ .
- b) Polarisasi *ellipse*, terjadi ketika gelombang berubah terhadap waktu memiliki medan elektrik dengan rentang  $3 \text{ dB} \leq |AR| < 40 \text{ dB}$ .
- c) Polarisasi linear, dimana antenna akan menerima sinyal sama besar dan hanya dapat secara *horizontal* atau *vertical* saja dengan rentang  $|AR| \geq 40 \text{ dB}$  [7].

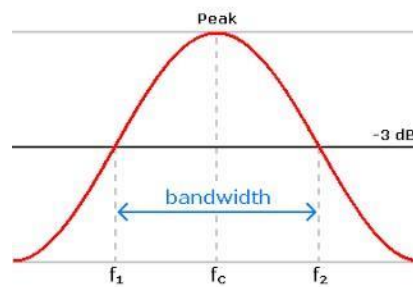


**Gambar 2.13 Bentuk polarisasi antenna [27]**

Pada gambar 2.13 menunjukkan bentuk polarisasi antenna. Adapun beberapa keuntungan dari penggunaan polarisasi antenna yang tepat, diantaranya meningkatkan redaman terhadap sinyal lain yang tidak diinginkan dan mengurangi *interference*.

**i. Bandwidth**

*Bandwidth* antenna adalah kemampuan antenna untuk beroperasi dalam rentang frekuensi kerja yang memiliki korelasi dengan standar yang ditentukan [24]. Untuk menentukan frekuensi kerja yaitu dengan impedansi *bandwidth* dimana frekuensi kerja berdasarkan karakteristik impedansi atau *return loss* sehingga rentang frekuensi kerja didapatkan ketika memiliki nilai *return loss* di bawah -10 dB. Rentang frekuensi yang menjadi *bandwidth* terlihat pada gambar 2.13



**Gambar 2.14 Rentang frekuensi *bandwidth* [24]**

Pada gambar 2.14 *Bandwidth* mempunyai tiga titik kritis frekuensi, yaitu frekuensi tengah ( $f_c$ ), frekuensi atas ( $f_1$ ), dan frekuensi bawah ( $f_2$ ). Frekuensi tengah ( $f_c$ ) merupakan pusat frekuensi yang dijadikan sebagai acuan atau biasanya memiliki karakteristik yang paling bagus dibandingkan frekuensi lainnya. Sementara frekuensi atas ( $f_1$ ) dan frekuensi bawah ( $f_2$ ) berturut-turut merupakan batas atas dan batas bawah frekuensi. Nilai *bandwidth* dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.24) [24].

$$BW = \frac{f_u - f_l}{f_c} \quad (2.24)$$

Keterangan:

$BW$  = *Bandwidth* (MHz)

$f_u$  = Frekuensi tertinggi (Hz)

$f_l$  = Frekuensi terendah (Hz)

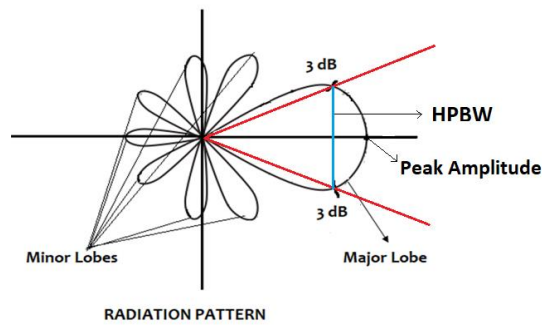
$f_c$  = Frekuensi tengah (Hz)

*Bandwidth* antenna dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- 1) Antena *broadband* (frekuensi lebar), dinyatakan sebagai rasio dari maksimal frekuensi dan juga frekuensi paling rendah yang diterima oleh antenna.
- 2) Antena *narrowband* (frekuensi sempit), dinyatakan sebagai presentasi dari perbedaan frekuensi [18]

**j. *Beamwidth***

*Beamwidth* adalah besarnya sudut *Aperture* atau lebar berkas yang merupakan hasil dari sebagian daya yang dipancarkan antenna, sehingga membentuk sudut tertentu yang dihitung pada titik 3 dB menurun dari puncak *lobe* utama [25].



**Gambar 2.15 *beamwidth* antenna [25]**

Pada gambar 2.15 menunjukkan *beamwidth* pada antenna. *Half Power Beam Width* (HPBW) adalah lebar sudut dalam derajat yang diukur pada *major lobe* dari pola radiasi antenna pada setengah titik daya, dimana daya sinyal setengah dari nilai puncaknya [25]. Dengan kata lain, *half power beam width* adalah pemisahan sudut dimana pola radiasi nya berkurang -3 dB dari puncak sinar utama. Titik 3 dB pada *major lobe* antenna adalah setengah titik daya. Ketika sebuah garis ditarik antara asal pola radiasi dan setengah titik daya mpada *major lobe* di kedua sisi, maka sudut antara kedua vektor tersebut disebut sebagai HPBW atau setengah lebar berkas daya [31]. Untuk mengetahui besaran *beamwidth* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.25 [31].

$$BWd = \frac{70 \lambda}{d} \quad (2.25)$$

Keterangan :

BWd = *beamwidth* (derajat)

d = diameter antenna (m)

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)