

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

Teori gelombang elektromagnetik pertama kali dikemukakan oleh James Clerk Maxwell (1831–1879). Hipotesis yang dikemukakan oleh Maxwell, mengacu pada tiga aturan dasar listrik-magnet berikut ini.

1. Muatan medan listrik dapat menghasilkan medan listrik disekitarnya, yang besarnya diperlihatkan oleh hukum Coulumb.
2. Arus listrik atau muatan yang mengalir dapat menghasilkan medan magnet disekitarnya yang besar dan arahnya ditunjukkan oleh hukum Bio-Savart atau hukum Ampere.
3. Perubahan medan magnetik dapat menimbulkan GGL induksi yang dapat menghasilkan medan listrik dengan aturan yang diberikan oleh hukum induksi Faraday.

Berdasarkan aturan tersebut, Maxwell mengemukakan sebuah hipotesis sebagai berikut: *“Karena perubahan medan magnet dapat menimbulkan medan listrik, maka perubahan medan listrik pun akan dapat menimbulkan perubahan medan magnet”*. Hipotesis tersebut digunakan untuk menerangkan terjadinya gelombang elektromagnet.

Menurut Maxwell, ketika terdapat perubahan medan listrik (E), akan terjadi perubahan medan magnetik (B). Perubahan medan magnetik ini akan menimbulkan kembali perubahan medan listrik dan seterusnya. Maxwell menemukan bahwa perubahan medan listrik dan perubahan medan magnetik ini menghasilkan gelombang medan listrik dan gelombang medan magnetik yang dapat merambat di ruang hampa. Gelombang medan listrik (E) dan medan magnetik (B) inilah yang kemudian dikenal dengan nama **gelombang elektromagnetik**.

Gelombang electromagnet adalah gelombang yang mempunyai sifat listrik dan sifat magnet secara bersamaan. Gelombang radio merupakan

bagian dari gelombang elektromagnetik pada spektrum frekuensi radio. Gelombang dikarakteristikan oleh panjang gelombang dan frekuensi. Panjang gelombang (λ) memiliki hubungan dengan frekuensi (f) dan kecepatan (v) yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

dimana kecepatan (v) bergantung pada medium. Ketika medium rambat adalah hampa udara (free space) maka:

$$v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

2.2 Antena

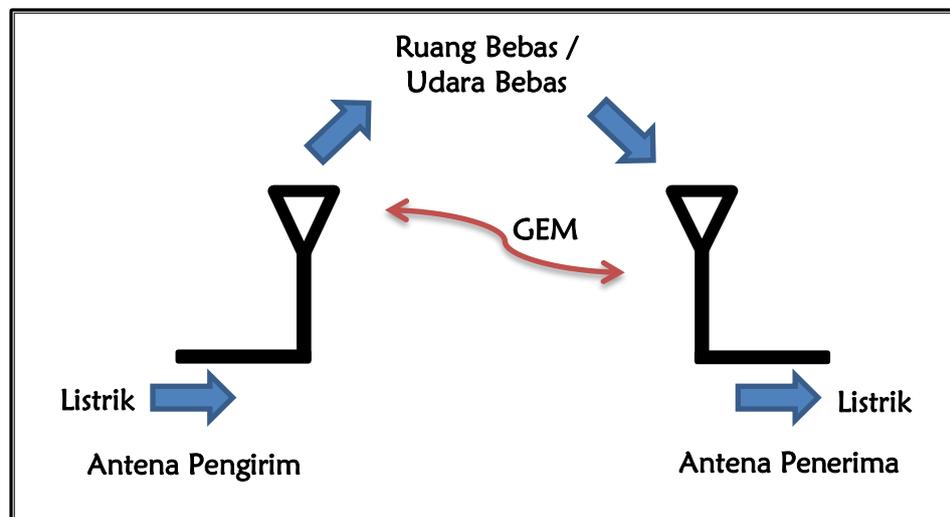
2.2.1. Pengertian Antena

Dalam sejarah komunikasi, perkembangan teknik informasi tanpa menggunakan kabel ditetapkan dengan nama antena. Antena berasal dari bahasa latin "antena" yang berarti tiang kapal layar. Dalam pengertian sederhana kata latin ini berarti juga "penyentuh atau peraba" sehingga kalau dihubungkan dengan teknik komunikasi berarti bahwa antena mempunyai tugas menyelusuri jejak gelombang elektromagnetik, hal ini jika antena berfungsi sebagai penerima. Sedangkan jika sebagai pemancar maka tugas antena tersebut adalah menghasilkan sinyal gelombang elektromagnetik.

Antena menurut kamus Webster adalah "perangkat yang terbuat dari logam untuk memancarkan atau menerima gelombang radio. Sedangkan menurut IEEE, antena adalah "sarana untuk memancarkan atau menerima gelombang radio".

Antena (Jon Endri, 2016) merupakan perangkat radio yang bekerja mengubah sinyal listrik menjadi sinyal gelombang elektromagnetik dan memancarkannya/ meradiasikannya ke udara bebas disekeliling atau sebaliknya mengangkat radiasi sinyal gelombang elektromagnetik dari udara bebas dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

Antena dapat juga didefinisikan sebagai sebuah atau sekelompok konduktor yang digunakan untuk memancarkan atau meneruskan gelombang elektromagnetik menuju ruang bebas atau menangkap gelombang elektromagnetik dari ruang bebas. Dikatakan sebagai antena pengirim jika energi listrik dikonversi menjadi gelombang elektromagnetik kemudian dipancarkan menuju udara bebas. Sedangkan dikatakan sebagai antena penerima jika gelombang elektromagnetik ditangkap dari udara bebas kemudian dikonversi menjadi energi listrik kembali.

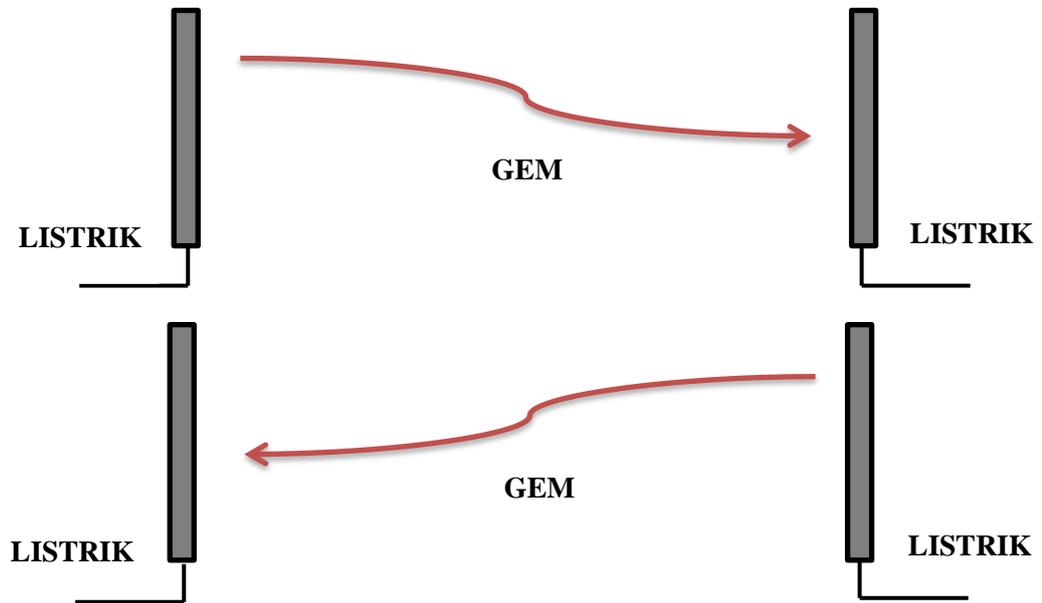


Gambar 2.1. Antena Sebagai Pengirim dan Penerima

(Sumber : Devi Rosauli, 2012:5

<http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/76/jbptppolban-gdl-devirosaul-3782-3-bab2--2.pdf>)

Antena yang bekerja mengubah sinyal listrik menjadi sinyal gelombang elektromagnetik disebut dengan antena *transmitter* sedangkan antena yang bekerja mengubah sinyal gelombang elektromagnetik menjadi sinyal listrik disebut antena receiver. Sesuai dengan definisinya, dapat dilihat bahwa antena memiliki sifat kerja bolak-balik. Sifat kerja bolak-balik ini dikatakan sifat *reciprocal* dari antena. Artinya satu buah antena dapat dioperasikan sebagai antena *transmitter* dan sekaligus antena *receiver*.



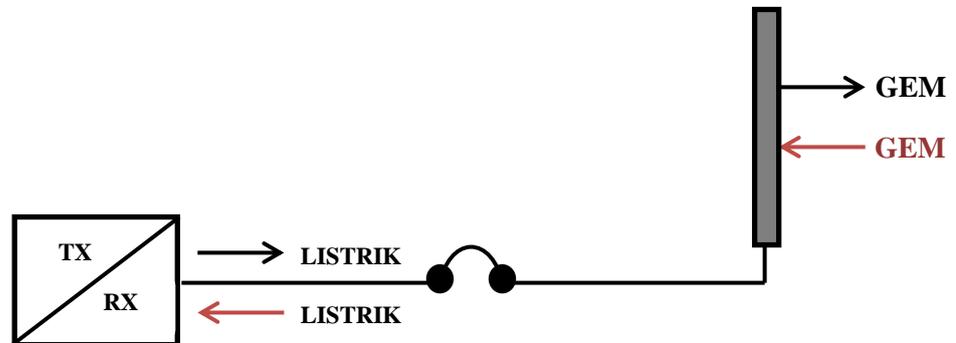
Gambar 2.2. Gambaran Sifat *Reciprocal* Antena

(Sumber : Modul Antena dan Propagasi, 2016)

2.2.2. Fungsi Antena

Berdasarkan cara kerja pada antena tersebut maka antena memiliki 3 fungsi pokok, yaitu :

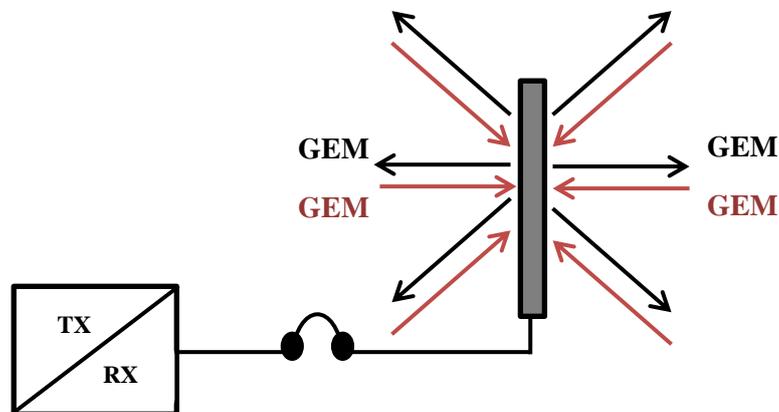
- a. Antena berfungsi sebagai konverter. Dikatakan sebagai konverter karena antena tersebut mengubah bentuk sinyal, yaitu dari sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, atau sebaliknya.



Gambar 2.3 Antena Sebagai Konverter

(Sumber : Modul Antena dan Propagasi,2016)

- b. Antena berfungsi sebagai radiator. Dikatakan sebagai radiator karena antena tersebut memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara bebas sekelilingnya. Jika sebaliknya antena menerima atau menangkap energi radiasi gelombang elektromagnetik dari udara bebas, maka fungsinya dikatakan re-radiator.

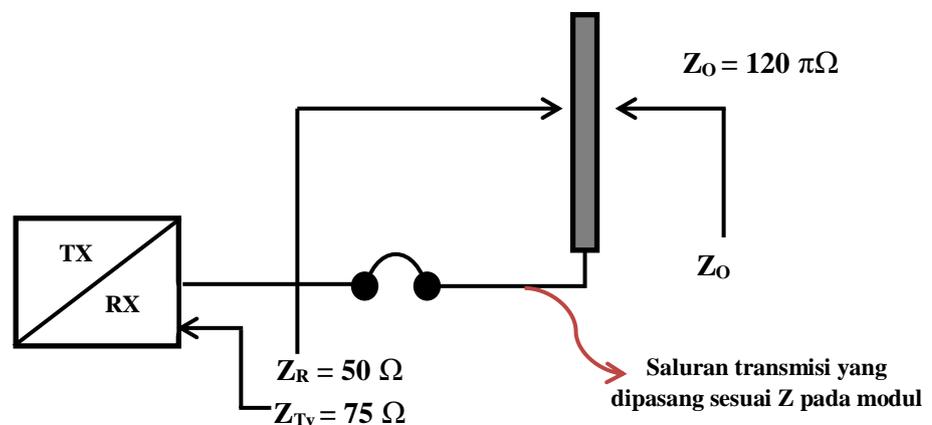


Gambar 2.4. Antena Sebagai Radiator/ Re-Radiator

(Sumber : Modul Antena dan Propagasi,2016)

- c. Antena berfungsi sebagai impedance matching (penyesuaian impedansi). Dikatakan sebagai impedance matching karena antena tersebut akan selalu menyesuaikan impedansi sistem. Sistem yang dimaksud adalah saluran pesawat komunikasi dan udara bebas.

Pada saat antenna tersebut bekerja atau beroperasi maka antenna akan menyesuaikan impedansi karakteristik saluran dengan impedansi karakteristik udara. Adapun impedansi yang disesuaikan tergantung pada jenis pesawat komunikasi, dimana untuk pesawat radio impedansi sebesar 50Ω dan untuk televisi sebesar 75Ω . Untuk udara bebas sendiri mempunyai impedansi karakteristik sebesar $120\pi\Omega \approx 377\Omega$



Gambar 2.5 Antena Sebagai Impedance Matching

(Sumber : Modul Antena dan Propagasi, 2016)

2.2.3. Aplikasi Antena

Antena merupakan perangkat yang terbuat dari logam untuk memancarkan atau menerima gelombang radio. Gelombang radio yang secara umum memiliki band atau pita tersendiri berdasarkan besar frekuensinya, baik untuk komunikasi radio maupun untuk saluran televisi. Stasiun televisi di Indonesia ada 2 jenis *band* yaitu VHF (*Very High Frekuensi*) dan ada juga yang dengan band UHF (*Ultra High Frekuensi*). VHF dan UHF merupakan sebuah *bandwidth* yang digunakan untuk memancarkan signal radio dan TV untuk para operator yang menerimanya.

Frekuensi pada VHF ada pada dua bidang frekuensi, yaitu bidang frekuensi rendah saluran 2 sampai 6 pada range frekuensi 54-88 MHz dan bidang frekuensi tinggi saluran 7 sampai 13 pada range frekuensi 174-216

MHz. Sedangkan frekuensi UHF pada saluran 14 sampai 83 pada range frekuensi 470-890 MHz.

Di Indonesia sendiri, banyak saluran televisi analog yang menggunakan frekuensi VHF seperti TVRI dan ada juga yang menggunakan frekuensi UHF. Untuk wilayah Sumatera selatan sendiri, frekuensi tengah yang diperoleh untuk siaran televisi UHF sebesar 599,25 MHz. Nilai frekuensi tersebut diperoleh dari nilai tengah (menggunakan metode statistika) pada daftar frekuensi penyiaran televisi. Berikut daftar frekuensi penyiaran televisi di Indonesia khususnya pada wilayah Sumatera Selatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.1. Daftar Frekuensi Penyiaran Televisi Pada Wilayah Sumatera Selatan

Urutan Channel TV	Nama Stasiun TV	Frekuensi (UHF)	Frekuensi (MHz)
1.	Trans 7	22 UHF	479,25 MHz
2.	RCTI	24 UHF	495,25 MHz
3.	ANTV	26 UHF	511,25 MHz
4.	Indosiar	28 UHF	527,25 MHz
5.	Trans TV	30 UHF	543,25 MHz
6.	SCTV	32 UHF	559,25 MHz
7.	Metro TV	34 UHF	575,25MHz
8.	Global TV	36 UHF	591,25 MHz
9.	MNC TV	38 UHF	607,25 MHz
10.	TV One	40 UHF	623,25 MHz
11.	Pal TV	42 UHF	639,25 MHz
12.	TVRI	46 UHF	671,25 MHz
13.	Sriwijaya TV	48 UHF	687,25 MHz
14.	Net TV	55 UHF	743,25 MHz

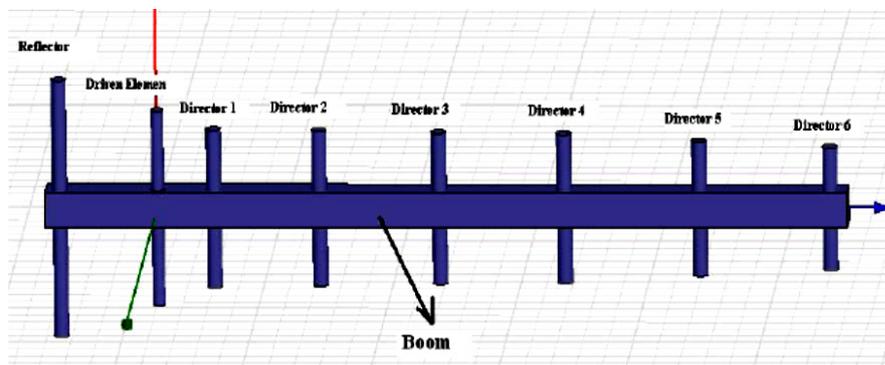
15.	RTV	58 UHF	767,25 MHz
16	Kompas TV	60 UHF	783,25 MHz

2.3. Antena Yagi

Sejak ditemukan oleh S. Uda dan Hidetsugu Yagi di Universitas Tohoku pada tahun 1926, antena Yagi yang lebih tepat disebut antena Yagi-Uda. Antena ini banyak sekali digunakan pada komunikasi radio amatir, dan kemudian sebagai antena penerima televisi, karena kerjanya yang prima dan toleransinya terhadap variasi serta kesalahan konstruksi bila kinerja optimum bukan suatu tuntutan.

Antena Yagi Uda merupakan antena susun parasitik dari antena dipole. Antena ini umumnya terdiri dari sebuah reflektor, sebuah *driven element*, dan beberapa direktor. Antena yagi mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya konstruksi sangat murah, mempunyai pengarahan yang tinggi. Berikut ini adalah model antena yagi yang beredar di masyarakat.

Panjang elemen Yagi dipengaruhi oleh diameter elemen dan adanya sambungan-sambungan. Baik diameter elemen maupun banyaknya sambungan akan memberikan pengaruh terhadap kapasitansi antar elemen, seperti yang diketahui bahwa dua logam yang terletak sejajar tersebut akan merupakan suatu kapasitor. Pada Gambar 2.6 memperlihatkan dimensi serta konstruksi dari antena yagi.



Gambar 2.6. Dimensi dan Konstruksi Antena Yagi Uda

(Sumber : <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/35327>)

Antena ini bersifat direksional, yaitu menambah *gain* hanya pada salah satu arahnya. Sisi antena yang berada di belakang reflektor memiliki *gain* yang lebih kecil daripada di depan direktor. (purba ornal, 2013 : 12)

Antena Yagi yang termasuk dalam jenis antena-antena kanal gelombang berjalan, dalam bentuk bakunya terdiri dari sejumlah antena kawat dipole yang diletakkan sejajar dalam suatu bidang. Satu diantaranya merupakan dipole aktif, sedangkan yang lainnya adalah pasif. Satu dari dipole pasif ini berada dibelakang dipole aktif dan berfungsi sebagai pemantul, dipole pasif lainnya terletak di depan dipole aktif sebagai pengarah. Dalam konfigurasi ini arah depan merupakan arah pancaran antena. Diketahui dari teori – teori dipole gandeng bahwa dipole pasif akan berfungsi sebagai pemantul bila tahanan reaktifnya adalah induktif. Karena itu panjang pemantul lebih besar dari setengah panjang gelombang.

Dipole pasif akan berlaku sebagai pengarah kalau tahananannya kapasitif, karena itu panjangnya kurang dari setengah panjang gelombang. Biasanya satu dipole cukup sebagai pemantul karena pemantul tambahan tidak banyak pengaruhnya terhadap pola pancaran antena. Sebaliknya karena arah pancar antena sesuai dengan kedudukan pengarah, eksitasi intensif secara seri yang membentuk kanal gelombang berjalan ditunjang oleh jumlah pengarah, sehingga jumlah pengarahnya antara 2 hingga 12 merupakan hal yang umum.

Antena yagi tersusun atas 3 elemen yang merupakan bagian-bagian penting dari antena yagi tersebut. Namun tidak hanya 3 elemen penting yang menyusun antena yagi akan tetapi terdapat elemen pembantu pada antena yagi. Bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Driven

Driven adalah titik catu dari kabel antena yang biasanya akan membangkitkan gelombang elektromagnetik menjadi sebuah sinyal yang akan di pancarkan. *Driven Element* adalah suatu elemen yang menyediakan daya dari pemancar, biasanya melalui saluran

transmisi. Untuk menjadikan sebuah driver yang menghantarkan radiasi dengan baik, biasanya menggunakan antena dipole sebagai bentuk drivernya.

Dalam pembuatan driver antena yagi, biasanya panjang fisik driven adalah setengah panjang gelombang ($0,5 \lambda$) dari frekuensi radio yang dipancarkan atau diterima. Dikarenakan driver antena yagi adalah antena dipole setengah-gelombang, dimana panjang total minimalnya pada frekuensi pembawa adalah $\frac{1}{2} \lambda$. Penerapannya pada antena ini bertujuan karena antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ memiliki resistansi radiasi yang rendah, namun dengan tingkat reaktansi yang tinggi, sehingga antena ini efisien digunakan pada antena yang memiliki panjang gelombang yang cukup lebar.



Gambar 2.7. Driven Elemen Antena berupa Dipole

(Sumber : tito@fti.uii.ac.id)

Rumus untuk menghitung total panjang *Driven Element* Yagi ditunjukkan pada Persamaan sebagai berikut :

$$L = 0.5 \times K \times \lambda \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

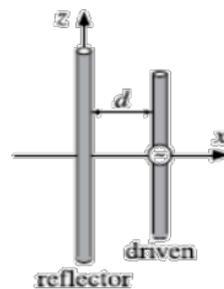
L : Panjang *Driven Element* (m / cm)

K : *Velocity Factor* (pada logam 0.95)

λ : Panjang gelombang (m)

2. Reflektor

Reflector adalah bagian belakang antenna yang berfungsi sebagai pemantul sinyal dengan panjang fisik lebih panjang dari pada driven. Panjang biasanya adalah $0,55 \lambda$ (panjang gelombang). Tujuan utama dari penempatan reflektor di belakang adalah untuk membatasi radiasi agar tidak melebar kebelakang namun kekuatan pancarannya akan diperkuat ke arah sebaliknya. Reflektor juga bersifat menjadikan antenna lebih induktif. (Tito Towono, 2008 : 2)



Gambar 2.8. Penempatan elemen Reflektor dengan Driven Elemen

(Sumber : : tito@fti.uui.ac.id)

Untuk penentuan ukuran dari sebuah reflektor ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$l_{ref} = l_{dipole} - (7\% l_{dipole}) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

l_{ref} = panjang reflektor (cm, m)

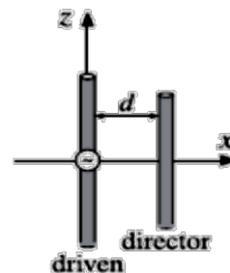
l_{dipole} = panjang elemen driver (cm, m)

3. Direktor

Director adalah bagian pengarah antenna, ukurannya sedikit lebih pendek daripada driven. Penambahan batang *Director* akan menambah *gain* antenna, namun akan membuat pola pengarahannya antenna menjadi lebih sempit. Semakin banyak jumlah director, maka

semakin sempit arahnya. Elemen ini juga kadang sering disebut dengan elemen *parasitic*.

Seperti halnya reflektor, elemen direktor juga memiliki pengaturan dalam penentuan ukuran dan jarak, baik itu jarak dengan driver ataupun jarak antara direktor satu dengan direktori lainnya. Karena ukuran dalam penentuan ini akan mempengaruhi kinerja kemampuan antenna yagi. (Tito Towono, 2008 : 4)



Gambar 2.9. Penempatan elemen director

(Sumber : : tito@fti.uui.ac.id)

Dalam hal penentuan ukuran, direktor dibuat dengan ukuran harus lebih kecil daripada ukuran antenna dipole atau driven, penentuan ukuran dapat dibuat menggunakan rumus:

$$l_{dir} = l_{dipole} - (5\% l_{dipole}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

l_{dir} = panjang reflektor (cm, m)

l_{dipole} = panjang elemen driver (cm, m)

Director selanjutnya dibuat 5 % lebih pendek dari *director* sebelumnya. Dan untuk masing-masing jarak antar elemen, pada antenna yagi, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2. Ukuran jarak antar elemen Antena Yagi

Titik Elemen	Jarak (λ)
Reflektor dengan Driven Elemen	$0,35 \lambda$
Driven Elemen dengan Director 1	$0,1 - 0,15 \lambda$
Director 1 dengan Director 2	$0,15 \lambda - 0,2 \lambda$
Director 2 dengan Director 3	$0,2 \lambda - 0,25 \lambda$
Director 3 dengan Director 4	$0,25 \lambda - 0,3 \lambda$
Director 4 dengan Director 5	$0,3 \lambda - 0,35 \lambda$
Director 5 dengan Director 6	$0,35 \lambda - 0,40 \lambda$
Director 6 dengan Director 7	$0,35 - 0,42 \lambda$

Dan untuk jarak antar direktor selanjutnya, memakai jarak $0,35 - 0,42 \lambda$ (Anonim, 1974:153)

4. Boom

Boom adalah bagian diletakkannya driven, reflektor, dan direktor. Boom berbentuk sebatang logam atau kayu yang panjangnya sepanjang antena itu.

2.4. Antena Biquad

Antena Biquad merupakan antena kawat dipole loop berbentuk kubus ganda dengan reflektornya berbentuk sebuah flat panel (*large flat sheet*) dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipolnya sehingga bertindak seolah-olah sebagai bidang yang tak berhingga luasnya.

Untuk rancangan dipole antena biquad didapat dari panjang gelombang $1/2\lambda$ yang dibentuk menjadi dipole lipat sehingga panjang masing-masing sisinya menjadi $1/4\lambda$. Sehingga panjang elemen biquad nya di dapat dengan rumus :

$$Ra = \frac{1}{4} \times \lambda$$

Dimana R_a adalah Panjang dipole biquad, Jarak dipole biquad yang digunakan sejauh $1/8\lambda$ dari reflektornya. Reflektor antenna biquad berbentuk bujur sangkar dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipolennya, dengan ukuran dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

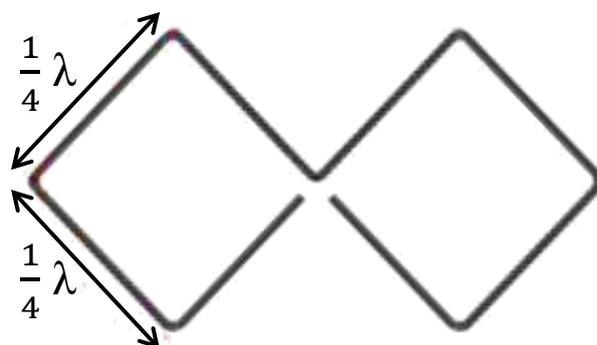
dengan:

R = Panjang elemen reflektor (m)

R_a = Panjang elemen dipolennya (m)

Letak reflektor tidak jauh dari dipolennya yang bertujuan untuk mengurangi radiasi ke arah belakang. Dengan jarak yang kecil antara antenna dengan reflektornya, maka susunan ini juga menghasilkan *gain* yang lebih besar pada radiasinya ke arah depan.

Gain yang dihasilkan oleh antenna $1/2$ dengan *large flat sheet reflektor* relatif tergantung dari jarak dipolennya. Semakin jauh jarak dipolennya, *gain* yang diperoleh akan semakin kecil namun bandwidthnya akan semakin besar.



Gambar 2.10 Bentuk dari antenna biquad

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/konstruksi-dan-parameter-antena-biquad/>)

2.5. Intensitas Radiasi Antena

Intensitas radiasi antena merupakan kekuatan pancaran energi radiasi antena pada setiap sudut pengarahannya. Besarnya intensitas radiasi akan sebanding dengan daya radiasi per sudut ruang (*single angle*) antena. Intensitas radiasi disimbolkan dengan U dan mempunyai satuan dasar Watt/Sr.

$$U = k \frac{Prad}{\Omega} \dots\dots\dots (2.5)$$

- U = intensitas radiasi (Watt/Sr), Sr = Steradian
- $Prad$ = daya radiasi (Watt)
- Ω = sudut ruang antena/ solid angle (Sr/ Steradian)
- k = konstanta antena

Intensitas pola directional (antena yagi) merupakan intensitas radiasi yang tidak rata. Persamaan ditulis dalam bentuk persamaan tidak konstan, yaitu berupa persamaan cosinus pangkat n tidak terbatas. Persamaan tersebut ditulis pada persamaan 2.6

$$U = U_{max} \cos^n \theta \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- U_{max} = Intensitas radiasi maksimum (pada $\theta = 0^\circ$)
- n = 1,2,3, dan seterusnya
- θ = Sudut pengarahannya (horizontal) antena

Untuk mencari U_{max} pada persamaan 2.7 bisa menggunakan persamaan

$$Prad = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} U_{max} \cos^n \theta \sin \theta \, d\theta \, d\phi \dots\dots\dots (2.7)$$

Dari persamaan 2.3 maka diperoleh rumus U_{max} , yaitu :

$$U_{max} = \frac{(n+1)Prad}{2\pi} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.6. Kekuatan Pengarahan Antena (*Directivity Antena*)

Directivity dari sebuah antena atau deretan antena diukur pada kemampuan yang dimiliki antena untuk memusatkan energi dalam satu atau lebih ke arah khusus. Antena dapat juga ditentukan pengarahannya tergantung dari pola radiasinya. Kekuatan pengarahan (*directivity*) merupakan faktor penentu besaran penguatan (*gain*) dari sebuah antena (Constantine A Balanis, 1997 : 67).

Kekuatan pengarahan (*directivity*) merupakan faktor penentu besaran penguatan (*Gain*) antena. *Directivity* adalah kemampuan antena untuk mengkonsentrasikan energinya pada suatu arah tertentu. *Directivity* dari suatu antena dapat ditunjukkan dengan perbandingan antara intensitas radiasi antena (praktis) dengan intensitas radiasi isotropis (referensi) Maka dapat dituliskan persamaan tersebut pada persamaan 2.9.

$$D = \frac{U}{U_0} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

D : kekuatan pengarahan (tanpa satuan)

U : intensitas radiasi antena praktis (watt/S_r)

U₀ : intensitas radiasi antena isotropis (watt/S_r)

Kekuatan pengarahan dapat ditulis dalam satuan dB dengan persamaan:

$$D_{(dB)} = 10 \log D_{(tanpa\ satuan)}$$

Kekuatan pengarahan antena akan mempunyai nilai-nilai/persamaan-persamaan sesuai dengan jenis antena, dimana persamaannya ditulis berdasarkan bentuk-bentuk pola radiasi.

Untuk pola radiasi *directional* (antena yagi) mempunyai pengarahan yang tidak konstan (bervariasi sesuai θ) ini disebabkan intensitas radiasi yang tidak rata. Definisi umumnya sama seperti antena-antena dengan pola radiasi omnidirectional, dimana :

$$D = \frac{P_{rad\ eff}}{P_{rad}} \quad \text{dan} \quad P_{rad\ eff} = 4 \pi U \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Antena dengan pola radiasi directional mempunyai persamaan intensitas radiasi persamaan yang dapat dilihat pada persamaan 2.2. maka dari itu, persamaan kekuatan pengarah dapat ditulis pada persamaan 2.6

$$\begin{aligned} D &= \frac{4 \pi U_{max} \cos^n \theta}{P_{rad}} \\ &= \frac{P_{rad\ eff\ max} \cos^n \theta}{P_{rad}} \\ D &= D_{max} \cos^n \theta \quad \dots\dots\dots (2.11) \end{aligned}$$

Keterangan :

- D : Kekuatan pengarah (bervariasi sesuai θ)
- D_{max} : Kekuatan pengarah maksimum (pada $\theta = 0^\circ$)
- $P_{rad\ eff\ max}$: Daya radiasi efektif maksimum (watt)
- P_{rad} : Daya radiasi (watt)

Persamaan diatas dikatakan persamaan umum kekuatan pengarah (*directivity*) *directional*.

2.7. Penguatan (*Gain*) Antena

Penguatan (*Gain*) antena didefinisikan sebagai perbandingan daya *output* terhadap daya *input* antena. Daya radiasi antena adalah daya radiasi efektif antena ($P_{rad\ eff}$), sedangkan daya *input* antena adalah daya listrik yang diberikan *transmitter* ke antena (P_T). Jadi *gain* antena merupakan perbandingan daya radiasi efektif antena terhadap daya *transmitter*.

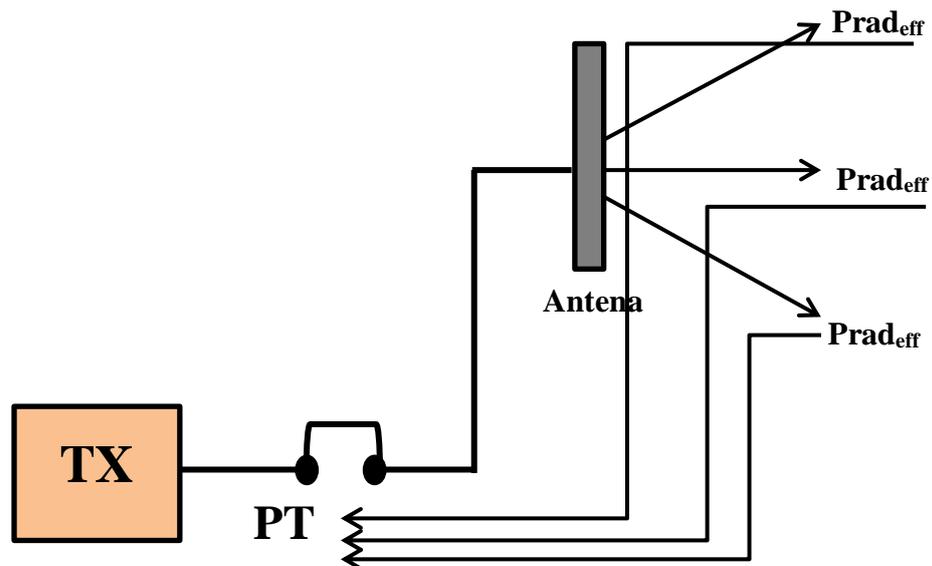
$$G = \frac{P_{rad\ eff}}{P_T} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

G = Penguatan/*gain* (tanpa satuan)

$P_{\text{rad eff}}$ = Daya radiasi efektif (Watt)

P_T = Daya *transmitter* (Watt)



Gambar 2.11. Gambaran Dasar *Gain* Antena

(Sumber : Modul Antena dan Propagasi, 2016)

Daya *transmitter* (P_T) yang berupa daya listrik, oleh antena diubah menjadi daya radiasi gelombang elektromagnetik (P_{rad}). Secara praktis, nilai P_{rad} akan selalu lebih kecil dari P_T ($P_{\text{rad}} < P_T$) sehingga antena mempunyai suatu factor yang disebut dengan efisiensi, dimana efisiensi adalah perbandingan P_{rad} terhadap P_T , dengan persamaan

$$e = \frac{P_{\text{rad}}}{P_T} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana e adalah efisiensi (Tanpa satuan)

Adapun daya radiasi yang dihasilkan antena akan dipancarkan ke segala arah tertentu dikatakan daya radiasi efektif ($P_{\text{rad eff}}$). Perbandingan

$P_{rad\ eff}$ terhadap P_{rad} merupakan kekuatan pengarahannya, dimana pada persamaan 2.10 yakni

$$D = \frac{P_{rad\ eff}}{P_{rad}}$$

Dari persamaan 2.12 yakni

$$G = \frac{P_{rad\ eff}}{P_T}$$

Dimana $P_{rad\ eff} = D \times P_{rad}$ dan $P_T = \frac{P_{rad}}{e}$

Sehingga diperoleh persamaan baru untuk rumus *gain* ialah

$$G = \frac{D \times P_{rad}}{\frac{P_{rad}}{e}}$$

$$G = e \times D \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

- G = Penguatan/*gain* (*tanpa satuan*)
- e = Efisiensi Antena (*tanpa satuan*)
- D = Direktivitas Antena (*tanpa satuan*)

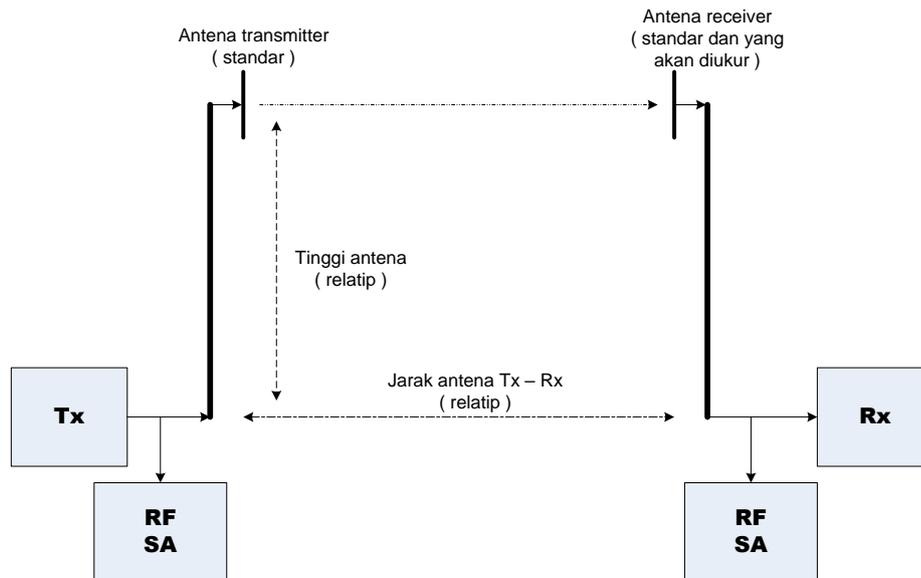
Dari persamaan diatas menyatakan bahwa *Gain* antenna merupakan perkalian efisiensi dengan direktivitas antenna tersebut. Nilai efisiensi antenna (*e*) diantara nol dan satu ($0 < e < 1$) atau ($0 < e < 100\%$). Untuk antenna jenis *omnidirectional* dan *directional* nilai *gain* akan bervariasi sesuai dengan variasi nilai direktivitas (sesuai θ). Dan *gain* akan maksimum jika direktivitas antenna juga maksimum

Gain dapat dituliskan dalam satuan dB dengan persamaan 2.13 :

$$G_{(dB)} = 10 \log G_{(tanpa\ satuan)} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

2.7 Pengukuran Gain

Pada pengukuran antenna, antenna yang akan diukur dioperasikan sebagai antenna *receiver* sedangkan pada *transmitter* selalu digunakan antenna standar.



Gambar 2.12. Diagram Dasar Pengukuran Antena

(Sumber : Modul Praktek Antena dan Propagasi, 2017)

Secara matematis transfer daya dari pesawat *transmitter* ke pesawat *receiver* dapat dirumuskan :

$$P_R = P_T + G_T - L_P + G_R \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana :

P_R : daya input pesawat *receiver* / daya output antenna *receiver* (dBm).

P_T : daya output *transmitter* / daya input antenna *transmitter* (dBm).

G_T : *gain* antenna *transmitter* / standar (2,15 dB).

L_P : rugi-rugi lintasan propagasi (dB).

G_R : *gain* antenna *receiver* (dB).

Menghitung *gain* antena yang akan diukur adalah dengan cara membandingkan hasil pengukuran antena tersebut dengan hasil pengukuran antena standar.

Perhitungan *gain* hasil pengukuran tersebut dapat dirumuskan :

$$G_R = G_{R\text{standar}} + (P_R - P_{R\text{standar}}) \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana :

- G_R : *gain* antena yang diukur (dB).
- $G_{R\text{standar}}$: *gain* antena standar (2,15 dB).
- P_R : daya output antena yang diukur (dBm).
- $P_{R\text{standar}}$: daya out put antena standar (dBm).