

# ANTENA, KARAKTERISTIK, PERANCANGAN, DAN INSTALASINYA

Nina Kristini <sup>1)</sup>, Nolly Amir Hamzah <sup>2)</sup>, Hendro Nurtjahjo <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *Poklit Ionosfer dan Propagasi Gelombang Radio,*

*Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi*

<sup>2,3)</sup> *Bidang Instalasi Pengamat Dirgantara*

*Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN*

## Abstract

*Understanding of antenna characteristics is important for radio communication operator. There are resonance frequency, gain, bandwidth, impedance, polarization, and efficiency of antenna. Antenna types are dipole, inverted V, yagi, and cubical quad. In this paper we also present the planning of dipole antenna for 27 MHz and 14 MHz.*

## Abstrak

Pengetahuan tentang karakteristik antena merupakan hal yang perlu diketahui oleh operator komunikasi radio. Karakteristik suatu antena dapat dilihat dari beberapa parameter antena yaitu frekuensi resonansi, gain, bandwidth, impedansi, polarisasi, dan efisiensinya. Sedangkan jenis antena yang sering digunakan adalah dipole, inverted V, yagi, dan cubical quad. Tulisan ini juga menguraikan perancangan antena dipole untuk frekuensi 27 MHz dan 14 MHz serta langkah-langkah pengujiannya.

Kata kunci : *antena, instalasi*

## 1. Pendahuluan

Antena merupakan salah satu bagian dari perangkat sistem komunikasi radio yang sangat penting. Antena merupakan satu kesatuan yang tak terpisahkan dengan radio (transiver) dan catu daya (*power supply*) yang membentuk satu sistem komunikasi radio. Tanpa adanya peralatan ini, maka suatu stasiun radio tidak akan bisa beroperasi/bekerja menjalankan misi dan tugasnya.

Dengan demikian pemilihan jenis antena yang tepat merupakan hal yang harus dilakukan oleh setiap kepala stasiun (*chief engineer*) radio komunikasi atau operatornya.

Selain itu, keberhasilan gelar komunikasi radio akan lebih optimal jika operator memahami jenis dan karakter antena yang digunakannya. Arah antena yang tepat menuju sasaran yang dituju juga merupakan hal yang penting. Jika arah antena tidak tepat ke arah sasaran, maka kemungkinan kegagalan komunikasi juga akan semakin tinggi. Untuk mengarahkan antena, maka perlu pemahaman tentang pola radiasi dari antena yang digunakan.

Hal lain yang perlu menjadi pertimbangan adalah lahan atau tempat antena berdiri. Secara umum antena memerlukan lahan yang cukup luas dan memenuhi persyaratan teknis tertentu. Di daerah yang belum padat penduduknya hal demikian bukanlah menjadi masalah besar karena lahan yang tersedia masih mencukupi. Namun untuk daerah perkotaan yang umumnya lebih padat penduduknya, ketersediaan lahan menjadi masalah penting. Untuk itu perlu kiat tertentu untuk mengatasi hal itu. Dan salah satunya adalah menentukan jenis antena yang sesuai.

Kemudian untuk beberapa stasiun radio yang membentuk jaringan komunikasi (misalnya Kabupaten dengan Kecamatan), seringkali muncul masalah yang berkaitan dengan jangkauan dan arah dari suatu antena yang digunakan. Misalnya, stasiun radio di ibukota kabupaten bisa berhubungan dengan stasiun radio kecamatan yang terletak di sebelah utara dan selatan, namun tidak bisa berkomunikasi dengan baik untuk stasiun di sebelah barat dan timurnya. Hal ini tentu memerlukan pemilihan antena yang tepat.

Berkaitan dengan hal-hal tersebut di atas maka melalui tulisan ini kami mencoba membahas perihal antena dan karakteristiknya. Tujuannya untuk meningkatkan pemahaman tentang antena bagi operator komunikasi radio, terutama operator

pemula. Dengan meningkatnya pemahaman tersebut, maka diharapkan juga akan meningkatkan kinerja stasiun radio dan pada gilirannya akan memperlancar kegiatannya.

## 2. Antena dan Karakteristiknya

Berdasarkan arah bentangan elemennya, maka terdapat dua jenis antena yaitu antena *vertikal* dan antena *horisontal*. Antena vertikal mempunyai bentangan kabel antenanya tegak ke atas. Sedangkan antena horisontal mempunyai bentangan mendatar sejajar dengan permukaan bumi. Berdasarkan pola dan arah pancaran sinyal gelombang radio yang dihasilkan, maka terdapat dua jenis antena yakni antena terarah (*directional*) dan kesegala arah (*omni-directional*).

Setiap jenis antena mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Antena vertikal lebih sedikit memerlukan lahan dibandingkan yang horisontal. Namun, untuk radio komunikasi pada pita (*band*) HF, teknik pemasangan antena jenis ini lebih sulit karena bentangan panjang memerlukan tiang yang tinggi. Sedangkan jenis antena horisontal lebih mudah cara pemasangannya namun memerlukan lahan yang cukup luas.

Antena jenis *directional* menghasilkan pancaran sinyal gelombang lebih kuat karena seluruh daya sinyal yang dihasilkannya dikumpulkan ke arah tertentu. Kelemahannya cakupan arah kurang luas dan perlu peralatan tambahan untuk memutar arahnya (*rotator*). Sedangkan antena *omni-directional* menghasilkan pola pancaran sinyal ke seluruh arah mata angin dan bahkan pula ke arah vertikal. Kelemahan antena jenis yang kedua ini adalah kuat sinyalnya relatif lebih lemah. Hal ini terjadi karena seluruh daya sinyal yang dihasilkan disebarkan merata ke semua arah sehingga rata-rata kuat sinyalnya menjadi lebih lemah.

Dalam perkembangannya antena banyak mengalami perubahan. Salah satunya adalah kombinasi antara jenis antena vertikal dan horisontal. Untuk mengatasi sempitnya lahan sering kali digunakan antena jenis horisontal tetapi tengahnya diangkat sehingga membentuk huruf V terbalik. Antena seperti ini disebut *inverted-V* dan mempunyai pola pancar hampir keseluruhan arah mata angin (*omni-directional*) namun lebih kuat untuk arah tertentu (*directional*).

### 3. Parameter Antena

Parameter antena meliputi: frekuensi resonansi, gain, *bandwidth*, impedansi, polarisasi, dan efisiensi.

#### 3.1 Frekuensi Resonansi

Frekuensi resonansi ( $f$ ) berkaitan dengan panjang kabel antena. Secara umum, frekuensi resonansi merupakan hasil bagi antara kecepatan rambat dari gelombang radio dalam kabel antena dengan panjangnya. Dalam prakteknya, kecepatan rambat gelombang radio dalam kabel antena ( $l$ ) didekati dengan kecepatan rambat gelombang elektromagnetik dalam medium hampa yaitu  $3 \times 10^8$  meter/detik. Sehingga hubungan antara frekuensi resonansi dan panjang kabel menjadi (The ARRL Antenna Book, 1949):

$$f = \frac{c}{l} \dots\dots\dots(3-1)$$

Frekuensi dalam satuan Mega Hertz (MHz) dan panjang kabel antena dalam satuan meter.

### 3.2 Gain

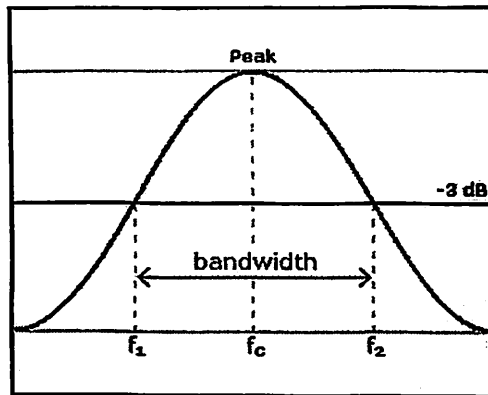
Secara matematis, *gain* (penguatan) suatu antenna adalah logaritma dari perbandingan antara intensitas radiasi suatu antenna ke arah tertentu yang paling kuat dengan intensitas radiasi antenna rujukan. Dengan demikian *gain* adalah besaran yang menyatakan kekuatan radiasi ke arah tertentu dari suatu antenna. Biasanya antenna yang digunakan sebagai rujukan adalah antenna isotropik dan satuannya dBi. Jika merujuk kepada antenna dipole maka satuannya dBd (*decibel over dipole*).

Suatu antenna dinyatakan mempunyai *gain* jika memancarkan sinyal ke arah tertentu lebih kuat dibandingkan ke arah yang lain. Semakin besar harga *gain* suatu antenna, maka semakin kuat sinyal yang dipancarkan. Secara langsung *gain* suatu antenna dipengaruhi oleh daya pemancar perangkat radio. Suatu perangkat radio dengan antenna terarah yang mempunyai *gain* 10 dBi dan daya 100 watt adalah sebanding dengan suatu perangkat komunikasi radio dengan antenna *omni-directional* dengan daya 1 kWatt.

### 3.3 Bandwidth

*Bandwidth* suatu antenna adalah rentang frekuensi dimana antenna tersebut dapat digunakan dengan efektif. Dengan kata lain *bandwidth* adalah perbedaan antara frekuensi tertinggi dengan frekuensi terendah dalam rentang tertentu. Sebagai contoh, saluran telepon memiliki *bandwidth* 3.000 Hz, yang merupakan rentang antara frekuensi tertinggi  $f_2$  (3.300Hz) dan frekuensi terendah  $f_1$  (300Hz) yang dapat dilewati oleh saluran telepon. Ilustrasi *bandwidth* dapat dilihat pada gambar 3-1. Jadi setiap antenna tidak hanya mempunyai frekuensi tunggal, namun masih bisa digunakan untuk frekuensi disekitar frekuensi resonansi yang

masih dalam rentang *bandwidth*-nya (<http://en.wikipedia.org/wiki/Bandwidth>, 2007).



Gambar 3-1 Bandwidth

### 3.4 Impedansi

Impedansi dianalogikan seperti indeks bias pada kaca. Sebagian energi yang dipancarkan oleh transmiter melewati antenna akan dikembalikan dalam bentuk gelombang berdiri (*standing wave*) dan perbandingan antara energi maksimum dengan minimum dapat diukur dan disebut SWR (*standing wave ratio*). Harga SWR suatu antenna dalam keadaan ideal adalah 1 : 1 dan batas rentang yang diperbolehkan adalah 1,5 : 1. Jadi jika suatu antenna mempunyai SWR lebih besar dari 1,5 : 1, maka antenna tersebut sebaiknya jangan digunakan karena akan menyebabkan kerusakan pada perangkat transiver.

### 3.5 Polarisasi

Polarisasi suatu antenna adalah orientasi atau arah gelombang radio yang ditentukan oleh garis medan

elektromagnetik. Polarisasi juga dapat dikatakan sebagai arah bentangan antena. Terdapat 3 bentuk polarisasi, yaitu linier, sirkular dan ellips. Polarisasi vertikal dan horisontal termasuk dalam polarisasi linier. Polarisasi antena tidak terlalu berpengaruh terhadap perambatan gelombang yang dipantulkan lapisan ionosfer (*skywave*). Namun, untuk perambatan gelombang *line-of-side* (kedua antena saling melihat) polarisasi mempunyai pengaruh besar terhadap kualitas sinyal akibat polarisasi yang sama antara pemancar dan penerima.

### **3.6 Efisiensi**

Efisiensi antena adalah perbandingan antara daya aktual yang dipancarkan dengan daya yang diberikan kepada antena. Suatu *dummy load* mungkin mempunyai SWR 1 : 1 akan tetapi efisiensinya 0 karena seluruh dayanya terserap dan diradiasikan dalam bentuk radiasi panas, bukan energi RF. Jadi efisiensi suatu antena tidak bisa hanya diukur dengan SWR-meter saja.

## **4. Jenis Antena dan Cara Pemasangan**

Berdasarkan bentuknya, maka terdapat bermacam-macam jenis antena yang digunakan oleh pengguna komunikasi radio. Namun dari beberapa jenis antena, berikut yang populer digunakan oleh stasiun radio komunikasi:

- (1) Dipole
- (2) Inverted-V
- (3) Yagi
- (4) Qubical Quad

Setiap jenis antena mempunyai karakter, kelebihan, dan kekurangan masing-masing. Sehingga satu jenis antena yang

cocok digunakan untuk suatu keperluan mungkin tidak dapat digunakan untuk kepentingan yang lainnya.

#### 4.1 Antena Dipole

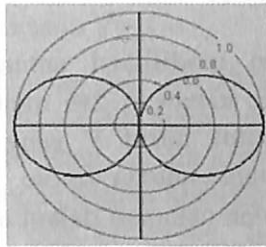
Antena dipole adalah jenis antena yang paling mudah dibuat dan dipasang. Dengan membentangkan antena ke arah tertentu, maka perangkat tersebut sudah bisa digunakan. Arah radiasi maksimum adalah tegak lurus dengan bentangnya. Jadi, jika suatu stasiun radio ingin berkomunikasi dengan stasiun lain yang letaknya di utara, maka bentangan antena menjadi barat-timur. Dengan bentangan seperti ini, maka stasiun radio tersebut tidak hanya bisa berkomunikasi dengan stasiun lain yang letaknya di utara, namun juga yang terletak di sebelah selatan. Bahkan stasiun lain yang terletak di timur laut, barat laut, tenggara dan selatan dapat pula dijangkau. Hanya stasiun di sebelah barat dan timur saja yang kemungkinan besar tidak dapat berkomunikasi.

Dipole dengan panjang dimensi antena jauh lebih pendek dari pada panjang gelombangnya disebut Hertzian atau dipole pendek. Dipole yang memiliki panjang dimensinya setengah panjang gelombang disebut dipole  $\frac{1}{2}$  gelombang. Jika dirumuskan, panjang antena adalah

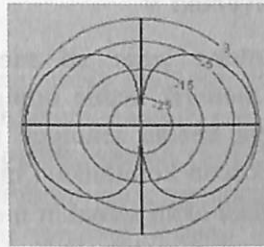
$$l = \frac{142.5}{f} \text{ meter} \dots\dots\dots (4-1)$$

Dimana  $l$  adalah panjang antena dalam meter dan  $f$  adalah frekuensi dalam MHz. Pola radiasi antena dipole dapat dilihat pada gambar 4-1.





(a)



(b)

Gambar 4-1 Pola radiasi skala linier (a) dan skala dBi (b)

Gain antenna dipole bervariasi tergantung pada panjang elemennya, variasi tersebut ditampilkan pada tabel 4-1. Nilai gain pada kolom tersebut belum dalam satuan dBi. Untuk mendapatkannya maka harus diubah dalam nilai logaritma pangkat 10. Misal nilai 1,64 sama dengan nilai 2,14 dBi, karena  $10 \log 1,64$  adalah 2,14n.

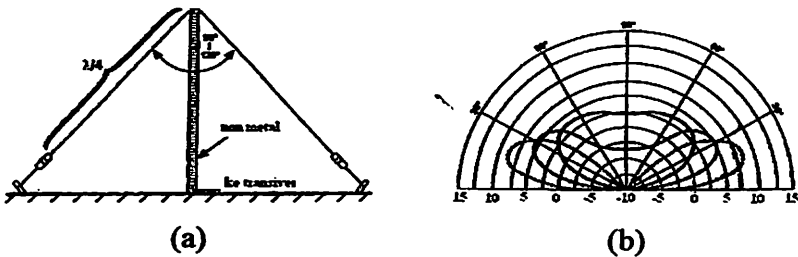
([http://en.wikipedia.org/wiki/Dipole\\_antenna](http://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_antenna)).

Tabel 4-1 Gain antenna dipole

Panjang ( $\lambda$ )	Gain
$L \ll \lambda$	1,50
0,5	1,64
1,0	1,80
1,5	2,00
2,0	2,30
3,0	2,80
4,0	3,50
8,0	7,10

## 4.2 Inverted V

Antena jenis ini merupakan modifikasi antena dipole dengan menarik kedua ujung antena kebawah dan menarik titik tengahnya keatas sehingga membentuk huruf V yang terbalik. Arah cakupan komunikasi mirip dengan antena dipole. Bedanya, pola radiasi akan semakin melebar dan cakupan dalam arah mata angin juga semakin bertambah sehingga kuat sinyal menjadi relatif lebih rendah. Namun, seperti halnya pola radiasi antena dipole, untuk arah tertentu kuat sinyal masih cukup tinggi. Antena seperti ini digunakan untuk mengatasi masalah keterbatasan lahan lokasi antena. Untuk stasiun yang hanya memiliki lahan yang terbatas, maka penggunaan antena inverted V merupakan salah satu pilihan untuk pemecahannya.



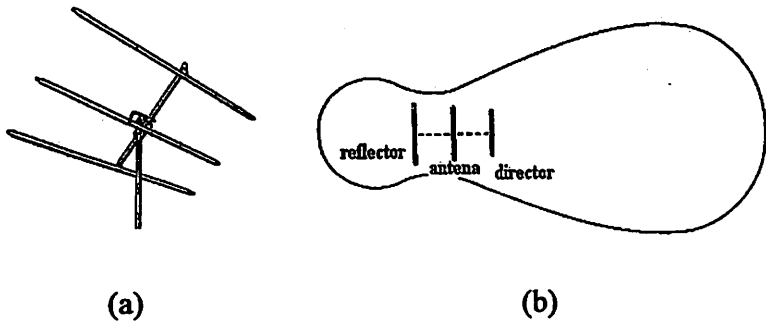
Gambar 4-2 Antena inverted-V (a) dan pola radiasinya (b)

Tiang yang diperlukan untuk menambatkan antena jenis inverted V cukup satu saja (gambar 4-2 a). Balun diletakkan di tengah-tengah kabel antena dan ditopang dengan tiang tersebut. Kabel koaksial menghubungkan balun dengan pesawat radio mengikuti ketinggian tiang. Untuk itu, sebaiknya tiangnya terbuat dari bahan yang bukan logam. Sedangkan kedua ujung antena ditarik ke bawah dan ditambatkan ke patok besi atau kayu. Pola pancar antena ini seperti pada gambar 4-2 b (The ARRL Antenna Book, 1949).

### 4.3 Antena Yagi

Antena yagi adalah salah satu jenis lain dari modifikasi antena dipole sehingga prinsip kerjanya hampir sama dengan antena tersebut. Selain komponen utama, antena yagi dilengkapi pula dengan bagian *reflector* dan *director* untuk mengarahkannya. Dengan dua komponen tambahan tersebut antena yagi akan mempunyai penguatan yang jauh lebih baik ke arah tertentu. Antena ini akan menghasilkan kuat sinyal lebih baik dibandingkan dipole, namun arah cakupannya lebih terbatas. Untuk mengatasi keterbatasan arah cakupan biasanya antena ini dilengkapi dengan pemutar sumbu tiang antena (*rotator*) sehingga bisa diarahkan ke lokasi stasiun yang dituju.

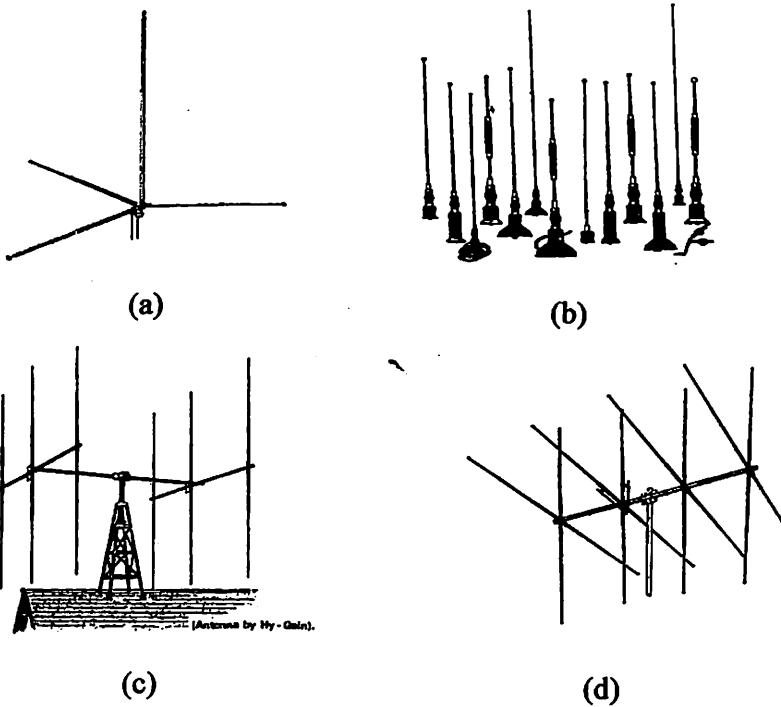
Tidak seperti antena dipole dan inverted-V, antena jenis yagi memerlukan tiang penyangga yang lebih kuat dan kokoh karena elemennya berupa pipa logam atau aluminium yang lebih besar dan lebih berat dibandingkan kawat. Tiang penyangga bisa berupa pipa logam yang berdiameter cukup besar atau besi beton. Namun dalam kondisi darurat bisa digunakan batang kayu yang berdiameter cukup besar. Pola pancar seperti pada gambar 4-3 b.



Gambar 4-3 Antena jenis Yagi (a) dan pola radiasinya (b).

#### 4.4 Beberapa bentuk antena lain

Berikut adalah beberapa bentuk antena jenis yang lainnya yang sering digunakan oleh operator komunikasi radio. Meskipun tidak dijelaskan secara detail, namun gambar berikut ini bisa digunakan sebagai informasi tambahan yang mungkin bermanfaat.



*Gambar 4-4* Beberapa contoh antena jenis lain yang sering digunakan (Radio Communications In The Digital, 1996):

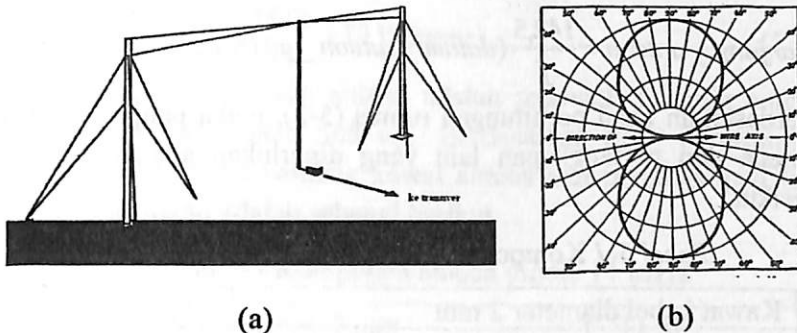
- (a) Antena *Ground-plane*
- (b) Antena *mobile*
- (c) Antena Yagi vertikal 3-elemen
- (d) Antena Cross-Yagi 4-elemen

## 5. Perancangan dan Pembuatan Antena Dipole

Berikut ini akan diuraikan cara pembuatan antena dipole untuk frekuensi kerja 27,500 MHz dan 14,000 MHz.

### 5.1 Perancangan antena dipole untuk frekuensi kerja 27,500 MHz

Cara pemasangan (instalasi) antena dipole relatif sederhana yaitu dengan cara membentangkan kawat antena diantara dua tiang (gambar 5-1 a). Balun dipasang ditengah-tengahnya dan disambungkan dengan kabel koaksial yang terhubung ke pesawat radio. Jika memungkinkan tiang bisa dibuat dari besi beton atau yang sejenisnya agar kuat menahan bentangan antena dan tahan lama. Dalam keadaan darurat tiang antena bisa dari pipa besi, bambu atau kayu, dan bahkan pohon hidup bisa juga digunakan untuk menambatkan antena dipole. Adapun pola pancaran antena jenis ini adalah membentuk angka delapan (8) seperti pada gambar 5-1 b (The ARRL Antenna Book, 1949).



Gambar 5-1 Antena jenis dipole (a) dan pola radiasinya (b)

Seperti telah diuraikan dalam bab 3, maka faktor yang harus diperhitungkan dalam perancangan antena ini adalah frekuensi (f) dalam satuan MHz, panjang gelombang ( $\lambda$ ) dalam

satuan meter, kecepatan cahaya dalam medium ruang hampa ( $c = 3 \times 10^8 \text{ meter/detik}$ ) dan faktor lingkungan (0,95). Jadi ruas kanan persamaan (3-1) harus dikalikan faktor lingkungan.

Dengan memasukkan harga  $f = 27,500 \text{ MHz}$ , maka perumusan panjang gelombang menjadi :

$$\text{panjang\_gelombang}(\lambda) = \frac{c}{f} = \frac{300\text{m/detik}}{27,5\text{MHz}} = 10,91\text{m} \sim 11\text{meter} \dots\dots\dots(5-1)$$

Pada antenna dipole  $\frac{1}{2} \lambda$ , panjang dimensi antenna adalah setengah dari panjang gelombangnya. Dengan memasukkan faktor lingkungan 0,95, maka panjang antenna menjadi :

$$\text{panjang\_antena} = \frac{1}{2} \frac{300}{27,5} \cdot 0,95 = \frac{142,5}{27,5} = 5,18\text{meter} \dots\dots\dots(5-2)$$

Karena panjang antenna yang 5,18 meter ini harus dibagi dua sama besar, maka masing-masing panjang sisi antenna adalah 2,59 meter.

Sehingga rumus umum panjang antenna dipole  $\frac{1}{2} \lambda$  untuk frekuensi  $f$ , adalah sebagai berikut :

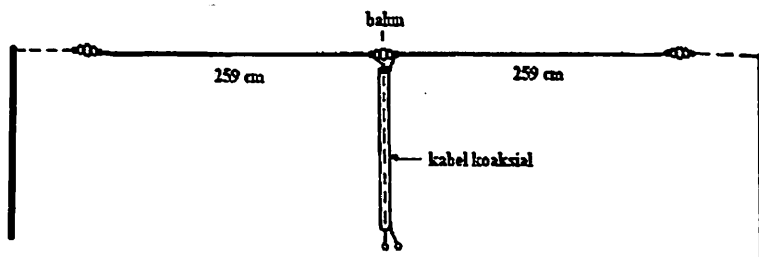
$$\text{panjang\_antena} = \frac{142,5}{f} (\text{dalam\_satuan\_meter}) \dots\dots\dots(5-3)$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus (5-2), maka panjang kawat antenna dan perlengkapan lain yang diperlukan adalah sebagai berikut :

*Tabel 5-1* Komponen antenna dipole 27,500 MHz

Kawat kabel diameter 2 mm	7 m
Balun 1:1	1 buah
Kabel Coaxial RG-58	15 m atau lebih
Konektor tipe-P	2 buah
Tambang plastik	30 meter
Tiang terbuat dari pipa ledeng atau pipa gas	3 batang

Skema antenna :



Gambar 5-1 Skema pemasangan antenna dipole untuk frekuensi 27,500 MHz.

## 5.2 Perancangan antenna dipole untuk frekuensi kerja 14 MHz

Berikut penjelasan cara pembuatan antenna dipole untuk frekuensi kerja 14 MHz. Dengan menggunakan rumus (5-3), maka diperoleh panjang antenna :

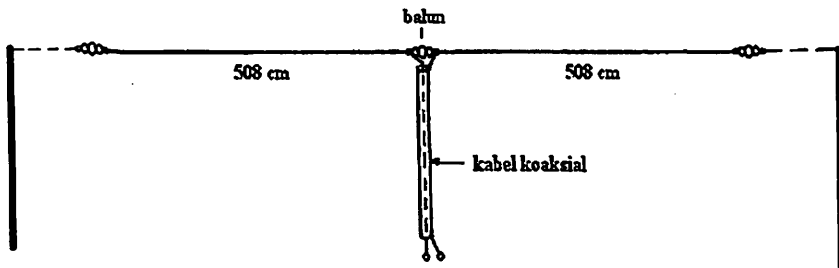
$$\text{panjang\_antena} = \frac{142,5}{14} = 10,18(\text{meter}) \dots \dots \dots (5-4)$$

Maka panjang satu sisi antenna adalah setengah panjang antenna yaitu 5,08 meter atau 508 cm. Berdasarkan hasil perhitungan rumus (5-4), maka panjang kawat antenna dan perlengkapan lain yang diperlukan adalah sebagai berikut :

Tabel 5-1 Komponen antenna dipole 14 MHz

Kawat kabel diameter 2 mm	11 m
Balun 1:1	1 buah
Kabel Coaxial RG-58	15 m atau lebih
Konektor tipe-P	2 buah
Tambang plastik	30 meter
Tiang terbuat dari pipa ledeng atau pipa gas	3 batang

## Skema Antena :



Gambar 5-2 Skema pemasangan antena dipole untuk frekuensi 14 MHz.

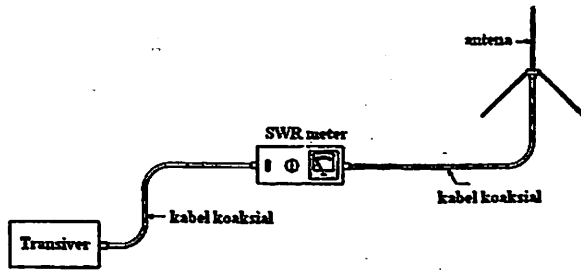
## 6. Pengujian Antena

Sebelum digunakan, antena yang telah dirakit perlu diuji. Pengujian dilakukan dengan alat yang disebut SWR-meter (*Standing Wave Ratio*). SWR menyatakan perbandingan antara daya yang disalurkan ke antena dengan daya yang dikembalikan ke radio. Dalam prakteknya antena yang *match* (mendekati ideal) adalah mempunyai nilai SWR antara 1:1 (ideal) hingga 1,5:1 (batas maksimum). Jika nilai SWR 10 : 1, maka antena dikategorikan sangat jelek. Makin kecil nilai SWR suatu antena, maka semakin baik dan laik dipergunakan untuk berkomunikasi.

Langkah-langkah pengujian antena:

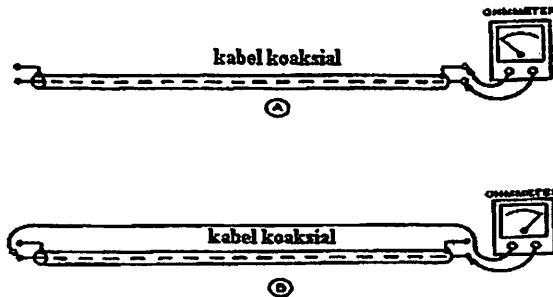
- (1) Hubungkan kabel koaksial yang tersambung ke antena dengan SWR meter. Seting pengetesan seperti pada gambar 6-1.
- (2) Jika nilai SWR yang tertera adalah 1:1 atau maksimal 1,5:1, maka antena laik digunakan.
- (3) Jika nilai SWR lebih besar dari 1,5:1, maka naikkan terus frekuensi per 100 kHz dengan catatan daya pancar tetap sehingga mendapatkan nilai SWR 1:1.





**Gambar 6-1** Pemasangan SWR-meter untuk menguji kelaikan antena

Gambar 6-2 memperlihatkan cara pengetesan kabel koaksial menggunakan ohmmeter. Kabel koaksial layak digunakan jika antara inner (bagian dalam) dan outer (bagian luar) tidak tersambung. Untuk pengetesannya dapat dilakukan seperti pada gambar 6-2 A. Jarum pada ohmmeter akan berada pada posisi sebelah kiri, hal ini menunjukkan bahwa nilai resistansinya tak hingga. Sedangkan untuk mengetes kabel inner dipangkal dan diujung tersambung, maka dapat dilihat pada gambar 6-2 B. Jarum ohmmeter pada posisi kanan, berarti nilai resistansinya nol.



**Gambar 6-2** Pengujian kabel koaksial

## 7. Penutup

Pembahasan mengenai antena beserta karakteristiknya pada tulisan ini bertujuan memberikan pemahaman tambahan bagi para operator radio. Beberapa pengetahuan tentang karakteristik antena meliputi pola radiasi, polarisasi, efisiensi, frekuensi, gain, impedansi, jenis-jenis antena serta prosedur perancangan dan pengujian antena. Pengetahuan tersebut diharapkan menjadi bekal bagi para operator dalam merancang sebuah antena untuk suatu frekuensi kerja pada lokasi tertentu. Sehingga terdapat kesesuaian dalam perancangan dan implementasinya.

### Daftar Rujukan

- Harris Corporation, 1996. *Radio Communications In The Digital Age volume one*, RF Communications Division, May
- The American Radio Relay League Inc., 1949. *The ARRL Antenna Book*, 5th edition
- Traister, R.J., 1982. *The Shortwave Listener's Antenna Handbook*, Tab Books Inc.
- Wikipedia the Free Encyclopedia, 1999. *Dipole Antena*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Dipole\\_antenna](http://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_antenna), download Juni 1999
- Wikipedia the Free Encyclopedia, 2007. *Bandwidth*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Bandwidth>, download February 2007