

3100097008454

Arca

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN
ANTENA FM BROADCAST 4 BAYS**

TUGAS AKHIR

Disusun oleh :

TEGUH PRIHATIN

NRP. 291 220 1720

RSE
621 384 135
PPL
P-1
1996



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996**

PERPUSTAKAAN IT	
Tgl. Terima	30 SEP 1996
Terima Oleh	

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN
ANTENA FM BROADCAST 4 BAYS**

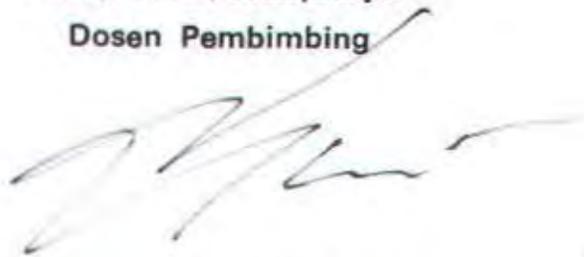
TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

Pada

**Bidang Studi Teknik Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
S u r a b a y a**

**Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing**



Ir. HANG SUHARTO, M.Sc.

NIP. 130 520 753

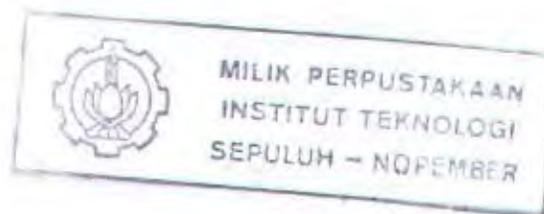
**S U R A B A Y A
JULI, 1996**

ABSTRAK

Penggunaan antena telah berkembang, antara lain untuk penyiaran radio FM Broadcast. Mengingat bahwa di sisi penerima mempunyai bentuk antena yang bermacam-macam, seperti media earphone, maka pada sisi pemancar harus memperhatikan efek penerimaan daya pada sisi penerima sebagai akibat perbedaan polarisasi. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini akan dicoba untuk menghadirkan jenis antena yang tergolong langka dengan sifat pola radiasi omni directional dan polarisasi melingkar, sehingga pada sisi penerima akan tetap diterima dengan baik walaupun menggunakan antena yang berlainan.

Antena Cloverleaf merupakan pengembangan dari suatu antena loop yang memiliki sifat polarisasi melingkar. Antena Cloverleaf mempunyai pola radiasi omni directional. Untuk menambah power gain yang lebih tinggi, maka dapat dilakukan dengan menambah jumlah bay yang diinginkan.

Antena Cloverleaf ini baik untuk dioperasikan pada frekuensi 93 MHz sampai 95 MHz, mengingat pada range frekuensi ini didapatkan hasil pengukuran VSWR yang paling rendah dengan gain yang paling tinggi. Dari hasil pengukuran karakteristik antena tersebut, memiliki gain sekitar 1,1 dB sampai 2,9 dB terhadap dipole standard, serta pola radiasi omni directional dan VSWR yang dihasilkan antara 1,3 sampai 4,5 pada range frekuensi 88 MHz sampai 108 MHz.



KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, penulis merasa bersyukur atas terselesainya Tugas Akhir dengan judul :

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA FM BROADCAST 4 BAYS

Tugas akhir ini dibuat guna memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro, pada bidang studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan beban studi 6 SKS.

Banyak kesulitan yang dijumpai selama penyelesaian Tugas akhir ini, namun dengan bekal ketekunan dan Rahmat-Nya jualah akhirnya segala kesulitan itu dapat teratasi.

Penulis berharap semoga buku Tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan diterima sebagai sumbangan pikiran dalam rangka turut serta memikul tanggung-jawab pembangunan bagi bangsa dan negara.

Surabaya, Juli 1996

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Hang Suharto, M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan buku ini.
2. Ir. Iskandar Zulkarnain, selaku dosen wali di tahap persiapan dan sarjana muda yang telah banyak memberikan nasehat serta petunjuk yang sangat berguna bagi penulis di dalam penyelesaian studi.
3. Ir. Suwadi, selaku dosen wali di tahap sarjana yang telah memberikan bantuan moril yang sangat berguna di dalam penyelesaian studi.
4. Ir. M. Aries Purnomo, selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi JTE-FTI ITS.
5. DR. Ir. M. Salehudin, M.Eng.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ayah dan Ibu serta kakak-kakakku (Mas Mono, Mas Budi, Mas Anang, Mas Rudi) juga adikku Agus juga Nuryati di rumah yang telah banyak mewarnai langkahku dalam menggapai cita-cita.

7. Seorang 'dik Sant' yang dengan setia menanti dan telah banyak meluangkan waktu serta pengertiannya kepada penulis sehingga dengan rasa gembira bisa menyelesaikan buku Tugas Akhir ini sekaligus lulus dari Institut tercinta ini.
8. Rekan-rekanku yang tergabung dalam "B 301 Crew" : Inten 'Kokok', Herlambang 'Om Limb', Agung 'Lesu Man', Roy 'Markun', Arif 'Brewok', Sidex, Amin Nur, Gunawan 'Kadir', Irfan insinyur, Agus Pria'bodo', Romo ABG, Pak ci' (Boss Telkom), Pairul, Hasanduro, Yudi Paidi, Bobby, Kamit, Murdiy, Ari 'Oom', yang telah banyak membantu terselesainya buku tugas akhir ini.
9. Karyawan- karyawan JTE-ITS khususnya karyawan laboratorium B 304(mas Taufik) dan B 306 (mas Hendry dan cak Panut) yang telah banyak memberikan dorongan dan bantuan sehingga terselesainya buku tugas akhir ini.
10. Rekan-rekan mahasiswa Elektro ITS 'Songo Siji' khususnya dan adik- adik mahasiswa serta kakak- kakak mahasiswa Elektro ITS yang namanya tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Semoga atas segala dorongan, bimbingan dan bantuan yang diberikan, selalu mendapat rachmat serta balasan dari Allah SWT. Amiiien.

DAFTAR ISI

	<i>halaman</i>
JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMAKASIH	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I : PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Permasalahan	2
I.3. Pembatasan Masalah	2
I.4. Tujuan	2
I.5. Metodologi	2
I.6. Sistematika	3
I.7. Relevansi	3
BAB II : TEORI DASAR ANTENA	4
II.1 Ururum	4
II.2 Dipole Ideal	4
II.3 Pola Radiasi	8
II.3.1 Parameter Pola Radiasi	13
II.3.1.1 Side Lobe Level	13
II.3.1.2 Half Power Beamwidth	13
II.4 Direktivitas dan Gain	15
II.4.1 Directive Gain	17
II.4.2 Directivitas	18
II.4.3 Gain	19
II.5 Impedansi Antena	22
II.6 Polarisasi Antena	24

II.7 Bandwidth Antena	27
BAB III : ANTENA CLOVERLEAF	30
III.1 Umum	30
III.2 Pertimbangan Desain Antena	31
III.2.1 Kebutuhan Akan Radiasi	32
III.2.2 Tahanan Radiasi dan Impedansi	33
III.2.3 Pendekatan Masalah	35
III.3 Perencanaan Cloverleaf	37
III.3.1 Penindihan Radiasi Cepat	39
III.3.2 Impedansi Matching	42
BAB IV : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA CLOVERLEAF	44
IV.1 Umum	44
IV.2 Parameter- parameter Perencanaan	44
IV.2.1 Bahan Konduktor dan Isolator Antena.	44
IV.2.2 Resonansi Diameter Kawat terhadap Dimensi Antena	47
IV.2.3 Konstruksi Antena Cloverleaf	48
IV.3 Perencanaan Antena Cloverleaf	50
BAB V : PENGUKURAN KARAKTERISTIK ANTENA	55
V.1 Umum	55
V.2 Prinsip Dasar Pengukuran Karakteristik Antena	56
V.3 Pengukuran VSWR	59
V.3.1 Prosedur Pengukuran	59
V.3.2 Hasil Pengukuran VSWR	60
V.4 Pengukuran Gain	63
V.4.1 Prosedur Pengukuran Gain Metode Perbandingan	65
V.4.2 Hasil Pengukuran Gain	66
V.5 Pengukuran Pola Radiasi	68
V.5.1 Pola Radiasi Bidang E	69
V.5.2 Pola Radiasi Bidang H	70
V.5.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi	70
BAB VI : PENUTUP	75
VI.1 Kesimpulan	75
VI.2 Saran	76

DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN A DOKUMENTASI ANTENA CLOVERLEAF	78
LAMPIRAN B USULAN TUGAS AKHIR	80

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar</i>	<i>halaman:</i>
2.1 Dipole Ideal Arus I Uniform, $\Delta z \ll \lambda$, $R \approx r$	5
2.2 Radiasi Dipole Ideal	9
2.3 Bidang YZ($\phi=90^\circ$) Untuk Penghitungan Medan	11
2.4 Sinar Paralel Untuk Pendekatan Perhitungan Medan Bagi Suatu Sumber Garis	12
2.5 Polar Plot pada Suatu Antena	14
2.6 Polar Plot suatu Antena	16
2.7 Gambaran Direktivitas	20
2.8 Beberapa Polarisasi Gelombang	26
2.9 Polarisasi Ellips Secara Umum	27
3.1 Nilai Resistensi pada Arus loop Seragam Hypotetical dengan Diameter 0,3 panjang gelombang	34
3.2 Penggambaran Arus yang Terjadi pada Unit Radiasi dari Antena Cloverleaf	36
3.3 Penggambaran Empat Elemen Radiasi sebagai Satu Unit Radiasi dengan Mengasumsikan Aliran Arus yang Terjadi Secara Kontinyu seperti pada Arah Panah	38
3.4 Hubungan Arus Secara Berurutan pada Dua Unit Peradiasi (dua bays) dan hubungan Transmission Line pada Antena Cloverleaf	40
3.5 Bentuk Matching Impedansi yang Berupa Dua Slug Tuner	41
4.1 Ilustrasi Antena Cloverleaf Dua Bays	49
4.2 Penggambaran Satu Elemen Unit Peradiasi Antena Cloverleaf	52
4.3 Penggambaran Satu Unit Peradiasi Antena Cloverleaf	52
4.4 Konstruksi Antena Cloverleaf yang Direncanakan	54
5.1 Ilustrasi Teorema Resiprositas	56
5.2 Rangkaian Ekuivalen Gambar 5.1	57
5.3 Blok Diagram Pengukuran VSWR	60
5.4 Grafik VSWR sebagai Fungsi Frekuensi pada Antena Cloverleaf	62
5.5 Ilustrasi Pengukuran Gain	64
5.6 Set Up Pengukuran Gain Metode Perbandingan	65

5.7 Metode Pengukuran Pola Radiasi	69
5.8 Hasil Penggambaran Pola Radiasi Bidang H (Horisontal)	72
5.9 Hasil Penggambaran Pola Radiasi Bidang E (Vertikal)	74

DAFTAR TABEL

<i>tabel</i>	<i>halaman</i>
4.1 Konduktivitas Beberapa Macam Konduktor	45
4.2 Kriteria Diameter Kawat sebagai Fungsi $L/2a$	47
5.1 Hasil Pengukuran VSWR Antena Cloverleaf	61
5.2 Hasil Pengukuran Gain Relatif Antena Cloverleaf terhadap Antena Dipole Standard	67
5.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Bidang H	71
5.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Bidang E	73

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam suatu sistem radio, gelombang elektromagnetik berjalan dari pemancar ke penerima lewat ruang bebas. Untuk bisa komunikasi maka diperlukan suatu perangkat lunak yang disebut antena yang diletakkan pada kedua ujung tersebut untuk keperluan penggandengan (*coupling*) antara pemancar dan penerima melalui gelombang elektromagnetik di ruang bebas. Dengan kata lain antena merupakan suatu peralatan yang berfungsi meradiasikan dan menerima gelombang-gelombang radio.

Penggunaan antena telah berkembang, antara lain untuk penyiaran radio FM Broadcasting. Dan mengingat bahwa di sisi penerima mempunyai bentuk antena yang bermacam-macam, seperti media earphone, maka pada sisi pemancar harus memperhatikan efek penerimaan daya pada sisi penerima akibat dari perbedaan polarisasi.

Dalam hal ini antena yang dirasa cocok untuk pemancar adalah antena yang memenuhi persyaratan pola radiasi omnidirectional, yaitu pola radiasi yang mempunyai daya pancar sama besar ke segala arah serta dengan polarisasi melingkar (*circular polarization*).

I.2 Permasalahan

Permasalahan yang timbul adalah bagaimana merencanakan dan membuat suatu model antena yang mempunyai persyaratan pemancar dengan pola radiasi omnidirectional dan polarisasi melingkar dengan gain yang optimal. Model antena yang sekiranya cocok adalah antena cloverleaf dengan 4 bays, yang didesain pada frekuensi kerja 88 MHz- 108 MHz. Namun dalam tugas akhir ini direncanakan sistem antena 2 bays karena dalam perwujudannya untuk antena 4 bays ternyata mempunyai dimensi fisik yang cukup besar sehingga diambil kebijaksanaan untuk membuat prototipe antena 2 bays.

I.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini meliputi analisa praktis antena cloverleaf 4 bays yang terbatas pada tiga parameter penting yaitu VSWR, pola radiasi dan maksimum power gain .

I.4 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah merencanakan dan membuat model antena FM Broadcast 4 bays sesuai dengan karakteristik antena yang diinginkan yaitu pola radiasi omnidirectional dan polarisasi melingkar.

I.5 Metodologi

Penyusunan tugas akhir ini meliputi langkah- langkah sebagai berikut :

1. Studi literatur mengenai teori antena.
2. Perencanaan dan pembuatan antena.
3. Teknik pengukuran parameter antena, meliputi :
 - a. pengukuran VSWR
 - b. pengukuran pola radiasi
 - c. pengukuran power gain
4. Penyusunan buku tugas akhir.

I.6 Sistematika

Tugas akhir ini disusun dalam sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

BAB II : TEORI DASAR ANTENA

BAB III : ANTENA CLOVERLEAF

BAB IV : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA CLOVERLEAF

BAB V : PENGUKURAN KARAKTERISTIK ANTENA

BAB VI : PENUTUP

I.7 Relevansi

Dari pembuatan tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengaplikasian antena pemancar untuk komunikasi radio FM Broadcast.

BAB II

TEORI DASAR ANTENA

II.1 UMUM

Pada bab ini akan dibahas mengenai antena dipole ideal di mana antena jenis ini mempunyai dua lengan yang simetris dengan bentuk yang bermacam-macam. Antena jenis ini yang mendasari perkembangan antena selanjutnya seperti antena biconical, antena dipole segitiga planar (bowtie antena), antena yagi uda, antena cloverleaf dan sebagainya. Selain itu juga akan dibahas mengenai parameter-parameter dari antena yang menyatakan karakteristiknya dan akan didefinisikan beberapa parameter dasar dari antena yaitu pola radiasi, tahanan radiasi, impedansi antena, polarisasi dan gain antena.

Suatu antena dapat didefinisikan sebagai suatu *coupling* (penggandeng) antara gelombang terbimbing (*guided wave*) pada saluran transmisi dengan gelombang bebas pada ruang bebas, atau sebaliknya.

II.2 DIPOLE IDEAL

Dipole ideal adalah suatu potongan arus uniform yang panjangnya sangat kecil, yaitu dengan panjang $\Delta z \ll \lambda$.

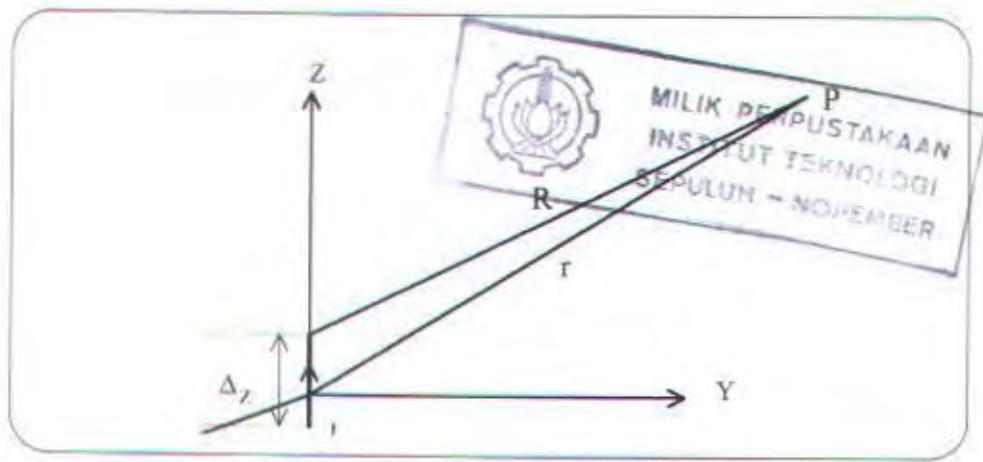
Dalam kenyataan sulit dicapai suatu keadaan dipole ideal, tetapi digunakan sebagai pertimbangan bagi potongan arus yang lebih besar dari pada antena sebenarnya.

Dengan menganggap suatu elemen antena dengan panjang Δz pada sumbu z pada titik pusat, dan mempunyai amplitudo konstan I . Panjang Δz sangat kecil dibandingkan dengan panjang gelombang serta jarak R , ini dapat dilihat seperti gambar 2.1. Karena panjang yang sangat kecil maka jarak R dari titik pada elemen pada suatu titik P adalah sama dengan jarak R dari pusat ke titik P dan mempunyai potensial vektor A sebesar :

$$A = \bar{z} I \int_{-\Delta z/2}^{\Delta z/2} \frac{e^{-j\beta R}}{4\pi R} dz' \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan mengubah R dengan r kemudian menyelesaikan integrasi diatas diperoleh :

$$A = I \frac{e^{-j\beta r}}{4\pi r} \Delta z \bar{z} \dots\dots\dots (2.2)$$



GAMBAR 2.1¹⁾

DIPOLE IDEAL ARUS UNIFORM, $\Delta z \ll \lambda, R \approx r$

¹⁾ Warrent L Stutzman, *Antena Theory and Design*, John Willey and Sons, 1981 hal. 15

Setelah didapat potensial vektor untuk dipole ideal maka medan magnetnya dapat diperoleh dari hubungan

$$H = \nabla \times A \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Medan magnet untuk dipole ideal dapat diperoleh dengan memasukkan potensial vektor (A) untuk dipole ideal pada persamaan 2.3. Dengan menggunakan koordinat silinder maka medan magnet untuk dipole ideal adalah :

$$H = \frac{I\Delta z}{4\pi} \left[\frac{j\beta}{r} + \frac{1}{r^2} \right] e^{-j\beta r} \sin\theta \Phi \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Medan listrik dipole ideal dapat diperoleh dari hubungan

$$E = \frac{1}{j\omega\mu} \times H \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan menggunakan medan magnet pada persamaan 2.4 ,maka medan listrik dipole ideal dapat ditentukan. Jika βr besar, maka semua pangkat negatif r yang lebih kecil dari satu dapat diabaikan, sehingga medan listrik dan medan magnet disederhanakan menjadi

$$E = \frac{I\Delta z}{4\pi} j\omega\mu \frac{e^{-j\beta r}}{r} \sin\theta \Phi \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

$$H = \frac{I\Delta z}{4\pi} j\beta \frac{e^{-j\beta r}}{r} \sin\theta \Phi \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Persamaan 2.6 dan 2.7 merupakan medan magnet dari dipole ideal pada jarak yang jauh dari dipole. Rasio dari medan listrik dan medan magnet adalah

$$\frac{E_{\theta}}{H_{\phi}} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = \eta \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana η disebut dengan impedansi intrinsik dari suatu medium.

Daya yang mengalir keluar pada radius r disekitar dipole ideal dapat dicari dari :

$$\begin{aligned} P_r &= \frac{1}{2} \iint E \times H^* ds \\ &= \frac{\omega \mu \beta}{12\pi} (I \Delta z)^2 \quad \dots\dots\dots(2.9) \end{aligned}$$

P_r adalah kuantitas nyata, dan daya nyata menunjukkan daya terdisipasi. Daya ini tidak tergantung dari r , dan jika diintegrasikan pada suatu bidang dengan radius yang besar masih akan memperoleh daya total yang sama besarnya melewatinya. Tipe daya seperti ini dikenal sebagai daya yang diradiasikan. Medan yang memindahkannya disebut dengan medan- medan radiasi. Daerah dimana radiasi terbesar dari seluruh medan yang ada dari suatu antena disebut dengan daerah medan jauh, jaraknya jauh dari antena. Pada daerah medan dekat antena, pangkat negatif tidak dapat diabaikan dan vektor poynting $\left(\frac{1}{2}E \times H\right)$ mengandung pangkat dua dan tiga

dari $\left(\frac{1}{r}\right)$ pada medan radiasi . Tetapi harga-harga tersebut adalah imajiner murni yang menunjukkan daya reaktif. Sehingga pada medan dekat antena terdapat energi yang tersimpan. Impedansi input suatu antena biasanya kompleks, bagian real menunjukkan daya rediasi sedangkan bagian imajiner menunjukkan daya reaktif medan dekat.

II.3 POLA RADIASI

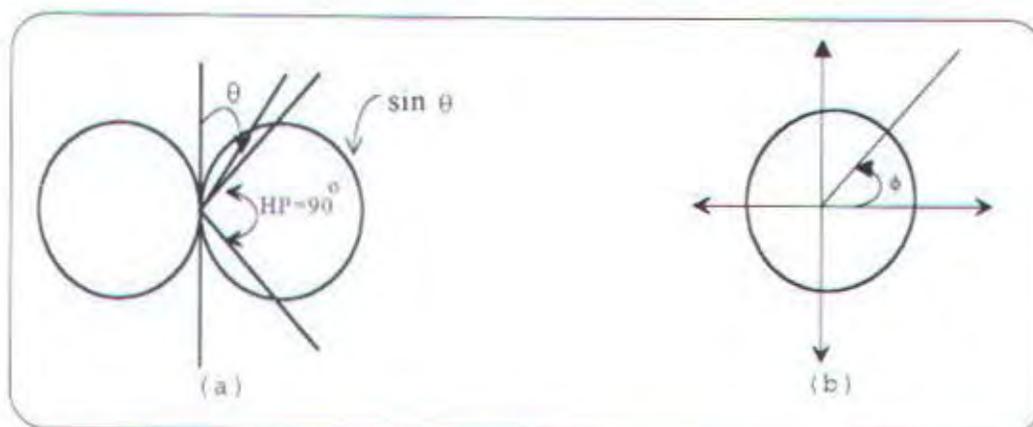
Pola radiasi adalah suatu grafik yang mewakili radiasi medan jauh suatu antena. Medan jauh dapat diukur dengan menggerakkan probe antena disekitar antena yang dites pada jarak yang tetap, mencatat respons sebagai fungsi dari koordinat-koordinat sudut. sebagai contoh, dianggap suatu dipole ideal sepanjang sumbu z pada titik asal seperti pada gambar 2.2. Medan radiasi dinyatakan oleh persamaan 2.6 . dan 2.7. Karena medan listrik pada arah θ , maka dipilih suatu probe antena yang menghasilkan respon pada medan ini, sehingga digunakan dipole ideal yang diletakkan pada sumbu θ yang berfungsi sebagai suatu probe dan menghasilkan respon pada E_{θ} dengan menggerakkan probe ini melewati permukaan bola dihasilkan output yang bervariasi.

Variasi dari E_{θ} pada permukaan adalah variasi dari θ dengan r tetap. Bidang lain yang terdapat pada sumbu z mempunyai pola radiasi yang sama karena tidak ada variasi sudut θ pada medannya. Pola yang diambil dari satu bidang

tersebut dinamakan suatu pola bidang E, karena mengandung vektor listrik. Suatu pola yang didapat dari bidang yang tegak lurus dengan bidang E dan memotong antenna yang ditest (bidang xy) dinamakan pola bidang H, karena terdapat vektor medan magnet (H_0). Pola bidang E dan H untuk dipole ideal adalah grafik polar, dimana jarak dari titik pusat kurva adalah sebanding dengan intensitas medan. Bentuk demikian sering disebut dengan suatu pola radiasi omnidirectional, karena serba sama pada bidang xy.

Secara umum pola radiasi dihitung mirip dengan langkah yang digunakan pada dipole ideal dalam mencari pola radiasinya jika distribusi arus pada antenna diketahui. Hal ini dapat dikerjakan dengan mencari potensial vektornya terlebih dahulu.

Sesuai dengan kesimetrian sumber, diharapkan medan-medan radiasi tidak akan bervariasi pada θ . Hal



gambar 2.2²¹

RADIASI DIPOLE IDEAL

- a. Pola radiasi bidang H
- b. Pola radiasi bidang E

²¹ Ibid hal 18

ini karena pengamat berputar disekitar sumber dengan r dan z tetap, maka penampilan sumber akan sama sehingga medan radiasi listrik tidak akan berubah. Oleh karena itu, untuk memudahkan digunakan titik pengamat pada θ yang tetap pada bidang yz ($\theta=90^\circ$) seperti pada gambar 2.3.

Pendekatan medan jauh mempunyai interpretasi geometris yang sederhana seperti gambar 2.4. Diasumsikan sinar-sinar dari titik pada sumber sebagai garis-garis yang sejajar. Perhitungan radiasi umumnya dimulai dengan mengasumsikan sinar-sinar paralel yang kemudian menentukan R untuk fasenya dengan teknik geometri. Kondisi medan jauh dipenuhi jika :

$$r > \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$r \gg D$$

$$r \gg \lambda$$

Dimana, D = panjang antena

r = jarak titik pusat kearah suatu titik pengamatan

λ = panjang gelombang

Pola radiasi adalah variasi pada suatu permukaan bola dengan pusat pada antena . Dalam hal ini r konstan dan hanya mempunyai variasi θ dan ϕ pada medannya. Untuk kemudahan dilakukan normalisasi pada penampilan medan dengan harga maksimum sama dengan satu. untuk mendapatkan normalisasi digunakan persamaan

$$F(\theta, \phi) = \frac{E_\theta}{E_{\theta \max}} \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana :

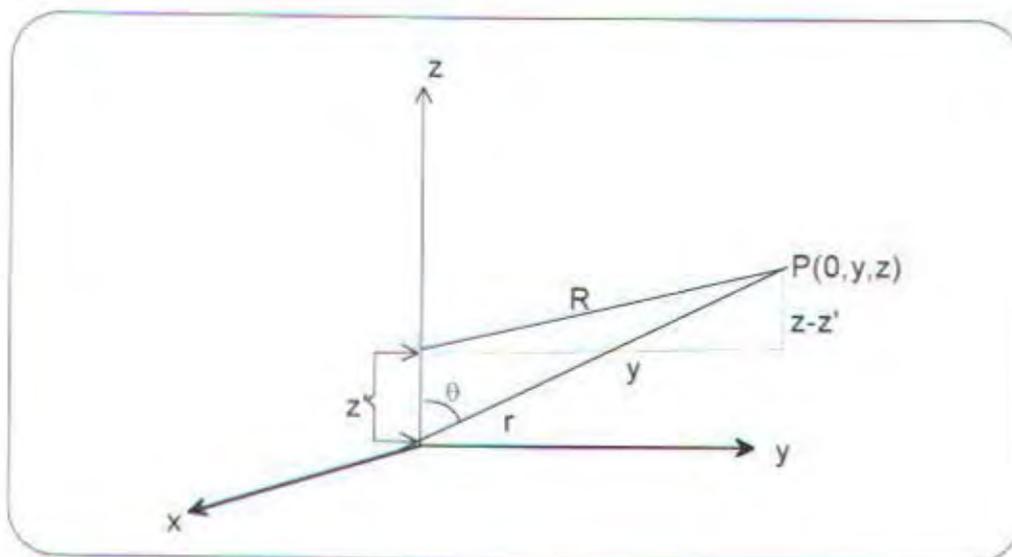
$F(\theta, \phi)$ = pola medan normalisasi

$E_{\theta \max}$ = harga maksimum dari E_{θ} pada permukaan bola berjari- jari r

Secara umum pola medan normalisasi dapat ditulis sebagai berikut :

$$F(\theta, \phi) = g(\theta, \phi) f(\theta, \phi) \dots\dots\dots(2.11)$$

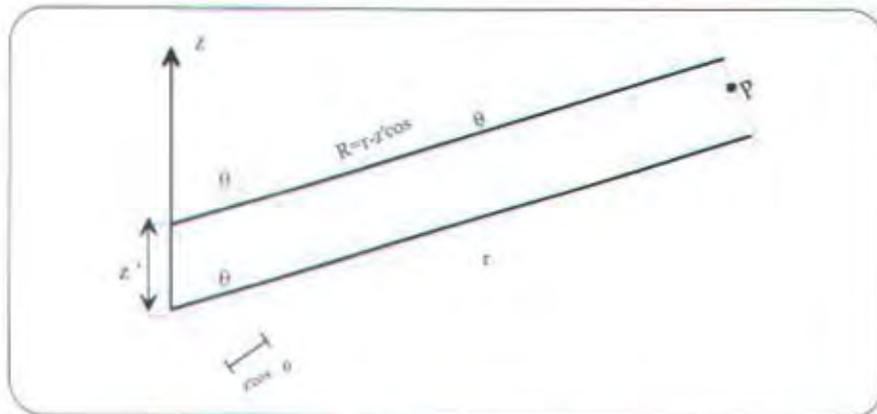
dimana $g(\theta, \phi)$ adalah faktor elemen dan $f(\theta, \phi)$ adalah faktor pola . Faktor pola diperoleh dari integrasi dari arus dan berkaitan dengan distribusi arus pada ruang. Faktor elemen adalah pola dari elemen arus yang sangat kecil pada distribusi arus.



gambar 2.3¹⁾

Bidang yz ($\theta = 90^\circ$) untuk Penghitungan Medan

¹⁾ Ibid hal 20

Gambar 2.4⁴¹⁾

Sinar Paralel Untuk Pendekatan Perhitungan Medan Bagi Suatu Sumber Garis

Arus radiasi dari antena sering dinyatakan dengan bentuk lain dari pola radiasi yang disebut dengan pola daya. Pola daya menyatakan kerapatan daya dan ditentukan dari variasi θ dan ϕ dari komponen r pada poynting vektor.

Untuk sumber pada sumbu z , $H_\theta = \frac{E_\theta}{\eta}$ sehingga komponen r dari poynting vektor adalah :

$$\frac{1}{2} E_\theta H_\theta^* = \frac{|E_\theta|^2}{2\eta}$$

dan pola daya normalisasi adalah

$$P(\theta) = |F(\theta)|^2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Pada pola tersebut sering dinyatakan dalam bentuk desibel dan jika dinyatakan dalam bentuk desibel pola radiasi medan dan pola daya adalah sama.

⁴¹⁾ Ibid hal 23

II.3.1 PARAMETER POLA RADIASI

II.3.1.1 SIDE LOBE LEVEL

Suatu contoh pola daya antena digambar dengan polar plot dapat dilihat pada gambar 2.5 . Main lobe adalah lobe yang mempunyai arah dengan radiasi maksimum. Biasanya juga ada beberapa lobe yang lebih kecil dibandingkan dengan main lobe. Lobe-lobe selain main lobe disebut dengan minor lobe atau side lobe yang dapat berharga positif dan negatif. Dalam kenyataan suatu pola bentuk umumnya mempunyai harga kompleks, sehingga digunakan magnitudo dari pola medan $|F(\theta)|$ = atau pola daya $P(\theta)$.

Ukuran yang dinyatakan seberapa besar daya terkonsentrasi pada main lobe disebut dengan side lobe level yang merupakan rasio dari besar puncak side lobe dengan harga dari main lobe . Side lobe level , disingkat dengan SLL dan dinyatakan dalam desibel. Rumus untuk mendapatkan SLL adalah :

$$SLL(dB) = 20 \log \left| \frac{F(SLL)}{F(max)} \right| \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana $|F(max)|$ adalah nilai maksimum magnitudo dan $|F(SLL)|$ adalah harga maksimum dari sidelobe yang terbesar. Untuk normalisasi, harga $f(max)$ adalah satu.

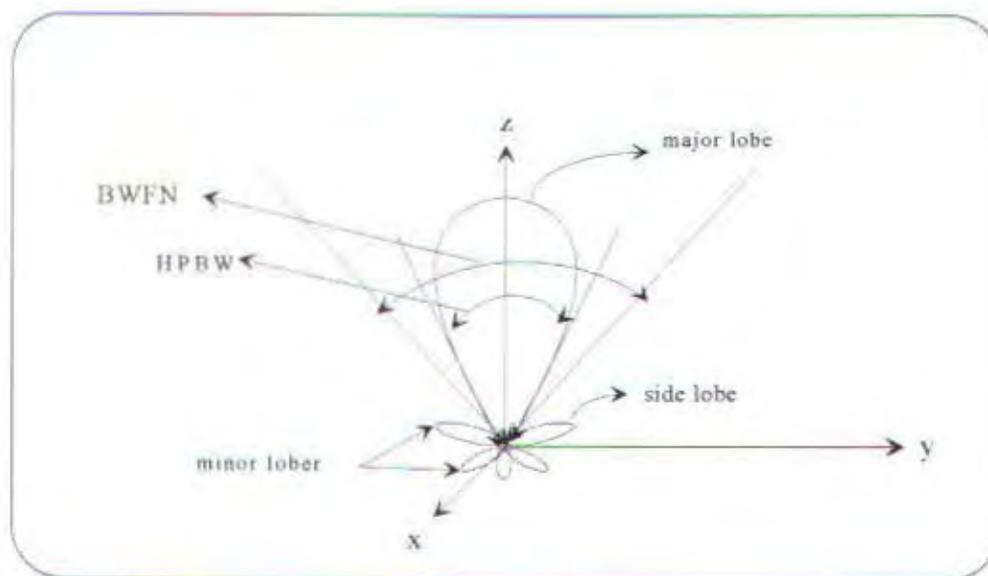
II.3.1.2 HALF POWER BEAMWIDTH

Half Power Beamwidth (HPBW) adalah selisih sudut

dari titik-titik dimana pancaran utama (main beam) dari pola daya adalah setengah. Half Power Beamwidth dinyatakan dengan :

$$\text{HPBW} = |\theta_{\text{HPleft}} - \theta_{\text{HPright}}| \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana θ_{HPleft} dan θ_{HPright} adalah titik-titik pada kiri dan kanan dari main beam dimana pola daya mempunyai harga setengah . Pada pola medan $|F(\theta)|$ titik-titik ini bersesuaian dengan harga $\frac{i}{\sqrt{2}}$. Seringkali dibutuhkan antenna yang mempunyai pola radiasi broadside atau end fire. Suatu antenna broadside adalah antenna dimana pancaran utama maksimum dalam daerah normal terhadap bidang dimana antenna tersebut berada.



GAMBAR 2.5¹⁾

POLAR PLOT PADA SUATU ANTENA

¹⁾ Balanis C.A. *Antenna Theory and design*. John Willey and Sons ,1982, hal 21

Sedangkan suatu antenna end fire pancaran utamanya dalam arah paralel terhadap bidang utama antenna tersebut terletak. Gambar 2.6 menunjukkan pola radiasi dari broadside dan endfire

II.4 DIREKTIVITAS DAN GAIN

Suatu gambaran dari suatu antenna adalah seberapa besar ia mampu mengkonsentrasikan energi pada suatu arah yang diinginkan dibandingkan dengan radiasi pada arah lain. Karakteristik dari antenna tersebut dinamakan directivity dan sama dengan power gain jika efisiensi adalah 100%. Biasanya power gain dinyatakan relatif terhadap suatu referensi tertentu seperti sumber isotropis atau dipole setengah panjang gelombang.

Intensitas radiasi adalah daya yang diradiasikan pada suatu arah per-unit sudut dan mempunyai satuan watt per-steradian. Intensitas radiasi dinyatakan sebagai:

$$U(\theta, \phi) = \frac{1}{2} \text{Re}(E \times H^*) \cdot r^2 \bar{r} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

atau

$$U(\theta, \phi) = U_m |F(\theta, \phi)|^2 \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

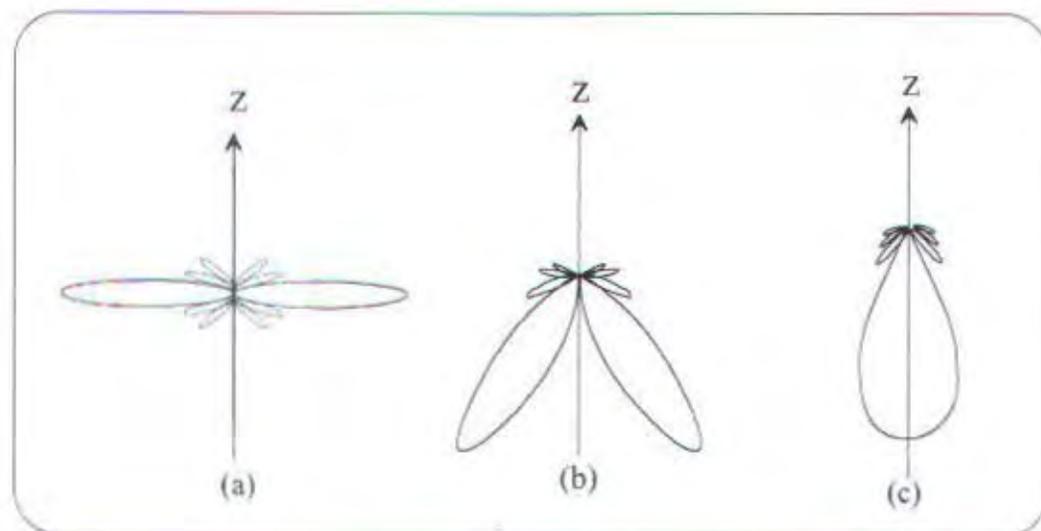
dimana U_m adalah intensitas $|F(\theta, \phi)|$ menyatakan variasi θ dan ϕ dengan harga maksimum adalah satu dalam arah $(\theta_{\max}, \phi_{\max})$ dimana,

$$U_m = U_m (\theta_{\max}, \phi_{\max}) \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Intensitas radiasi dari suatu sumber isotropis adalah tetap untuk seluruh ruang pada suatu harga U_{ave} . Untuk sumber non isotropis intensitas radiasi tidak tetap untuk seluruh ruang tetapi suatu daya rata-rata per steradian dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$U_{ave} = \frac{1}{4\pi} \iint U(\theta, \phi) d\Omega = \frac{Pr}{4\pi} \dots\dots\dots (2.18)$$

U_{ave} juga dinyatakan sebagai intensitas radiasi dari suatu sumber isotropis yang meradiasikan total daya yang sama dengan antenna nyata yang menghasilkan $U(\theta, \phi)$.



GAMBAR 2.6⁶⁾
POLAR PLOT SUATU ANTENA
A. BROADSIDE B. INTERMEDIATE C. END FIRE

⁶⁾ Ibid., hal 32

II.4.1 DIRECTIVE GAIN

Directive gain didefinisikan sebagai perbandingan dari intensitas radiasi pada suatu arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata,

$$D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{U_{ave}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Jika pembilang dan penyebut dibagi dengan r^2 maka akan diperoleh kerapatan daya. Jadi directive gain juga merupakan rasio dari kerapatan daya pada suatu arah tertentu pada suatu range tertentu dengan kerapatan daya rata-rata pada suatu range tertentu, atau dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} D &= \frac{\frac{U(\theta, \phi)}{r^2}}{\frac{U_{ave}}{r^2}} \\ &= \frac{\frac{1}{2} \operatorname{Re}(\mathbf{E} \times \mathbf{H}^*) \cdot \tilde{\mathbf{r}}}{\frac{P_r}{4\pi r^2}} \\ &= \frac{4\pi}{\Omega_A} |F(\theta, \phi)|^2 \dots\dots\dots (2.20) \end{aligned}$$

dimana $U(\theta, \phi)$ = intensitas radiasi

$|F(\theta, \phi)|$ = magnitudo medan normalisasi.

Ω_A = sudut pancar suatu antenna yang dinyatakan dengan,

$$\Omega_A = \iint |F(\theta, \phi)|^2 d\Omega \dots\dots\dots (2.21)$$

II.4.2 DIRECTIVITAS

Definisi directivitas adalah harga maksimum dari directive gain, atau

$$D = \frac{U_{\max}}{U_{\text{ave}}} \dots\dots\dots(2.22)$$

atau

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_A} \dots\dots\dots(2.23)$$

dimana D = directivitas

U_{\max} = intensitas radiasi maksimum

U_{ave} = daya rata-rata per steradian

Ω_A = sudut pancar suatu antena

Konsep dari directivitas dapat dilihat pada gambar 2.7. Jika daya radiasi didefinisikan secara isotropis ke segala arah intensitas radiasi atau mempunyai harga maksimum sama dengan harga rata-rata seperti gambar 2.7a, sehingga $U_{\max} = U_{\text{ave}}$ atau $\Omega_A = 4\pi$, maka directivitas dari pola radiasi $U(q, f)$ untuk antena sebenarnya terlihat pada gambar 2.7b. Ia, mempunyai intensitas radiasi maksimum pada suatu arah (q_{\max}, f_{\max}) dan $U_{\max} = U_{\text{ave}}$ dan intensitas radiasi rata-rata dari

$$U_{\text{ave}} = \frac{Pr}{4\pi} \dots\dots\dots(2.24)$$

Biasanya direktivitas dihitung langsung dari persamaan 2.23. Sebagai contoh digunakan antena dipole

ideal yang mempunyai $F(\theta, \phi) = \sin \theta$, dengan menggunakan persamaan 2.21 didapat:

$$\Omega_A = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |\sin \theta|^2 \sin \theta \, d\theta \, d\phi = 2\pi \frac{4}{3} = \frac{8\pi}{3} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

dan diperoleh directivity untuk dipole ideal adalah

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_A} = \frac{4\pi}{\frac{8\pi}{3}} = \frac{3}{2} \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

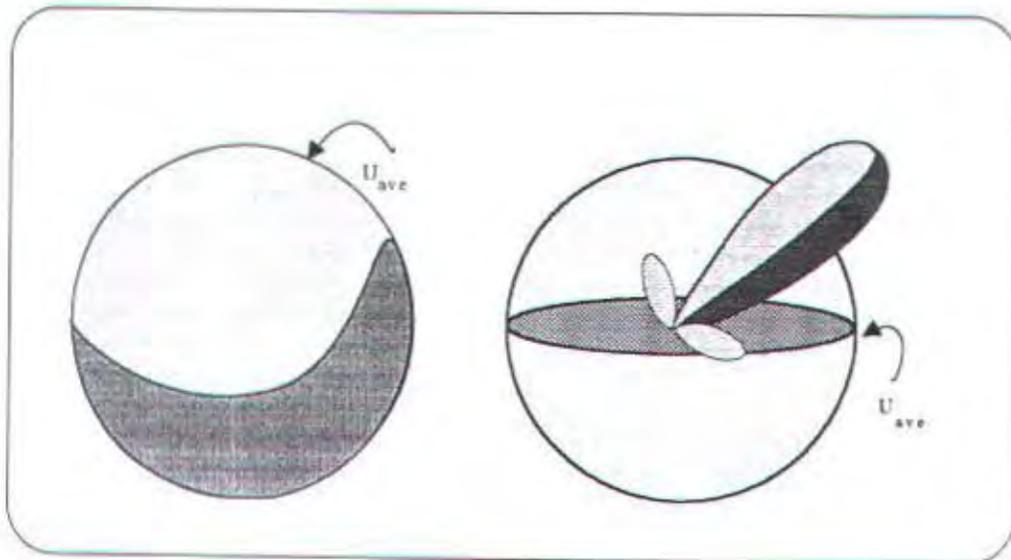
Jadi directivity dari dipole ideal adalah 50% lebih besar dari pada suatu sumber isotropis yang mempunyai directivity sama dengan satu.

II.4.3 GAIN

Efisiensi suatu antena untuk memindahkan daya yang terdapat pada terminal input menjadi daya radiasi sangatlah penting dalam suatu sistem. Untuk mengetahui hal ini, power gain didefinisikan sebagai 4π kali rasio dari intensitas radiasi pada suatu arah dengan daya yang diterima antena dari pemancar, dan dinyatakan sebagai berikut:

$$G(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

di mana $G(\theta, \phi)$ adalah gain dan $U(\theta, \phi)$ adalah intensitas radiasi dari antena pada daerah (θ, ϕ) termasuk efek dari losses antena, dan P_{in} daya yang diterima antena.

Gambar 2.7⁷⁾

GAMBARAN DIREKTIVITAS

- a. Distribusi isotropis b. Radiasi antenna sebenarnya

Definisi ini tidak termasuk losses yang disebabkan ketidaksesuaian impedansi atau polarisasi. Harga maksimum dari power gain adalah maksimum dari persamaan 2.27 yaitu :

$$G = \frac{4\pi U_m}{P_m} \dots \dots \dots (2.28)$$

Jadi power gain dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dari θ dan ϕ yang juga dapat dinyatakan sebagai suatu harga pada suatu arah tertentu. Jika tidak ada arah yang ditentukan dan harga power gain tidak dinyatakan sebagai suatu fungsi dari θ dan ϕ , diasumsikan sebagai

⁷⁾ Ibid hal 36

power gain.

Directivitas dapat ditulis sebagai,

$$G = \frac{4\pi U_m}{P_r} \dots\dots\dots (2.29)$$

Jika dibandingkan dengan persamaan 2.28 dapat dilihat bahwa perbedaan maksimum power gain dan directivitas hanya terletak pada harga yang digunakan. Directivitas dapat dikatakan sebagai power gain suatu antena jika seluruh daya input menjadi daya radiasi, sehingga $P_{in} = P_r$. Power gain menunjukkan bahwa antena nyata tidak memenuhi pernyataan di atas karena terdapat losses pada daya input P_{in} yang tidak muncul sebagai daya radiasi diserap oleh antena dan struktur yang dekat dengannya. Hal ini akan menimbulkan suatu definisi baru, yaitu yang disebut dengan efisiensi radiasi yang dinyatakan sebagai

$$e = \frac{P_r}{P_{in}} \dots\dots\dots (2.30)$$

dengan catatan $0 \leq e \leq 1$. Sehingga power gain dapat dinyatakan dengan

$$G = e D \dots\dots\dots (2.31)$$

Jadi power gain maksimum suatu antena sama dengan directivitas dikurangi oleh efisiensi.

II.5 IMPEDANSI ANTENA

Impedansi input suatu antena adalah impedansi antena pada terminal-terminalnya. Impedansi input akan dipengaruhi oleh antena-antena lain atau obyek yang dekat dengannya. Untuk memudahkan pembahasan, maka diasumsikan antena terisolasi. Impedansi input disusun atas bagian real dan imajiner

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \dots\dots\dots (2.32)$$

Resistansi input (R_{in}) menyatakan disipasi daya dapat didisipasikan melalui dua cara. Ada losses karena panas pada struktur antena dan yang berkaitan dengan perangkat keras, juga ada daya yang meninggalkan antena dan tidak pernah kembali (terradiasi). Ini juga salah satu bentuk disipasi. Pada banyak antena, ohmic losses lebih kecil jika dibandingkan losses radiasi. Reaktansi input X_{in} menyatakan daya tersimpan pada medan dekat dari antena.

Disipasi daya rata-rata pada antena adalah :

$$P_{in} = \frac{1}{2} R_{in} |I_{in}|^2 \dots\dots\dots (2.33)$$

dimana I_{in} adalah arus pada terminal-terminal input. Faktor muncul pada persamaan 2.28 karena harus didefinisikan sebagai harga puncak. Daya disipasi diatas dapat dipisahkan menjadi losses ohmic dan radiasi, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= P_r + P_{ohmic} \\
 &= \frac{1}{2} R_{ri} |I_{in}|^2 + \frac{1}{2} R_{ohmic} |I_{in}|^2 \quad \dots\dots\dots (2.34)
 \end{aligned}$$

dimana dapat didefinisikan resistansi radiasi suatu antena pada terminal-terminal input adalah :

$$R_{ri} = \frac{2P_r}{|I_{in}|^2} \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

dan resistansi ohmic suatu antena adalah:

$$R_{ohmic} = \frac{2P_{ohmic}}{|I_{in}|^2} = \frac{2(P_{in} + P_r)}{|P_{in}|^2} \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

Resistansi radiasi dapat didefinisikan reaktif terhadap arus pada setiap titik pada antena. Biasanya digunakan arus maksimum, dengan kata lain arus pada persamaan 2.36 adalah arus maksimum. Simbol R_r akan disediakan untuk resistansi radiasi relatif terhadap arus maksimum yang terjadi pada antena. Resistansi radiasi R_{ri} berhubungan dengan terminal input.

Daya radiasi berkaitan dengan bagian nyata dari impedansi input, dan daya yang tersimpan pada medan dekat ditunjukkan oleh tegangan reaktif dari impedansi input. Sifat ini sangat mirip dengan impedansi beban pada teori rangkaian. Antena yang secara listrik kecil, mempunyai reaktansi input yang besar. Sebagai contoh, dipole kecil

mempunyai reaktansi kapasitif sedangkan antena loop kecil mempunyai reaktansi induktif. Hal ini seperti yang diharapkan pada teori rangkaian frekuensi rendah.

Impedansi antena penting untuk memindahkan daya dari suatu pemancar ke suatu antena atau dari antena ke suatu penerima. Sebagai contoh, untuk memaksimalkan pemindahan daya dari antena penerima, impedansi antena harus conjugate match (resistansi sama, magnitudo sama, dan reaktansi berlawanan tanda). Biasanya penerima mempunyai impedansi real sehingga diperlukan pengaturan reaktansi antena dengan rangkaian matching dari induktansi dan kapasitansi variable untuk menghilangkan reaktansi antena. Tetapi terdapat dua kerugian menggunakan rangkaian matching, yaitu bagaimanapun juga selalu tidak efisien karena terdapat ohmic pada koil dan rangkaian tersebut hanya dapat bekerja pada bandwidth operasional.

II.6 POLARISASI ANTENA

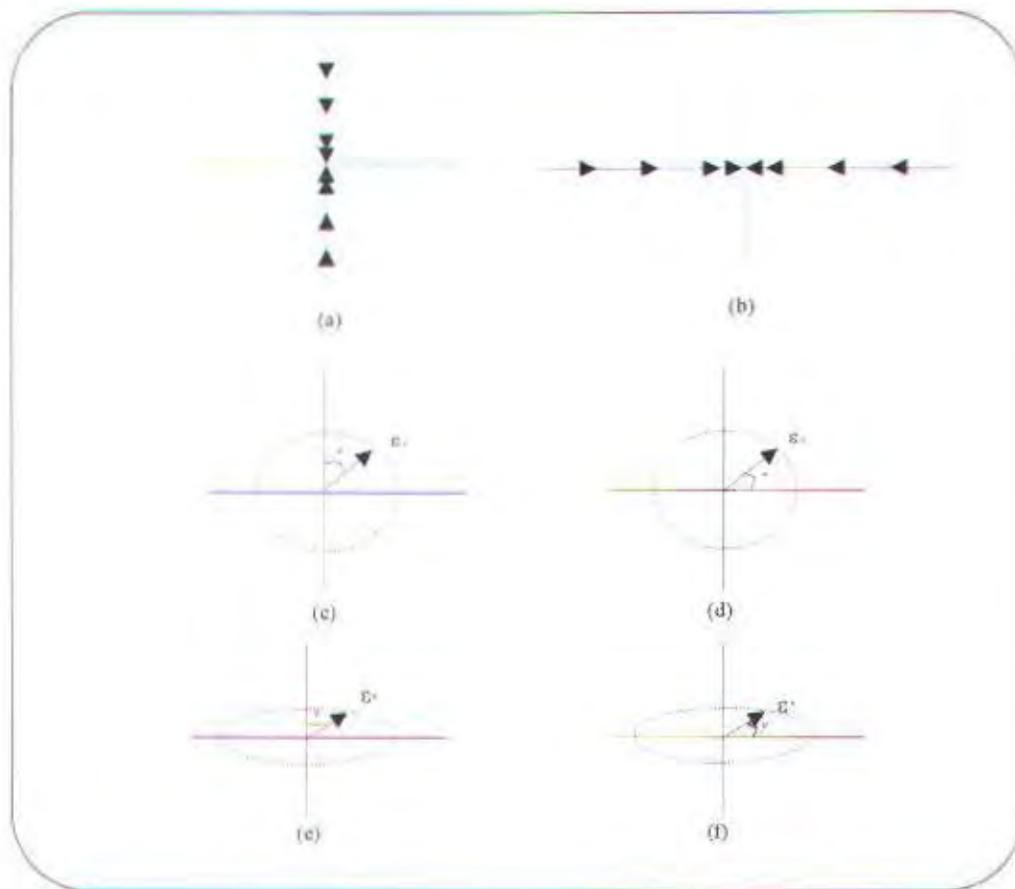
Polarisasi antena adalah polarisasi dari gelombang yang diradiasikan oleh antena pada suatu arah tertentu. Jika vektor medan listrik pada bidang medan magnet dari gelombang elektromagnetik berada pada bidang yang tetap pada setiap saat, maka disebut dengan gelombang terpolarisasi bidang (plane polarized wave). Terdapat hal-hal penting pada polarisasi ellips. Jika jalur dari vektor medan listrik maju dan kembali pada satu garis, dikatakan berpolarisasi linier, seperti terlihat pada

gambar 2.8a dan 2.8b. Suatu contoh adalah medan listrik dari dipole ideal atau setiap larik linier, jika vektor medan listrik konstan dalam panjang tetapi berputar di sekitar jalur lingkaran, dikatakan berpolarisasi lingkaran. Frekwensi putaran radian adalah ω dan jika gelombang menuju pengamat dan vektor tangan kanan(right-hand polarized). Jika berputar searah jarum jam dikatakan polarisasi tangan kiri (left-hand polarized), hal ini dapat dilihat pada gambar 2.8c dan 2.8d. Suatu gelombang dapat berpolarisasi ellips baik itu tangan kanan atau tangan kiri seperti gambar 2.8e dan 2.8f.

Polarisasi ellips secara umum dapat dilihat pada gambar 2.9 Dengan sistem sumbu referensi, gelombang yang menghasilkan polarisasi ellips berjalan pada sumbu z. Perputarannya dapat ke kiri atau ke kanan. Vektor medan listrik sesaat (e) mempunyai komponen sepanjang sumbu x (e_x) dan sumbu y (e_y). Harga puncak dari komponen-komponen tersebut adalah E_1 dan E_2 . Sudut γ menyatakan harga relatif dari E_1 dan E_2 dari

$$\gamma = \tan^{-1} \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \dots\dots\dots (2.37)$$

Sudut kemiringan ellips γ adalah sudut antara sumbu x dengan sumbu utama dari ellips dan δ adalah phase dimana komponen y mendahului komponen x. Jika komponen sephase ($\delta = 0$) maka vektor akan berpolarisasi linier. Orientasi dari

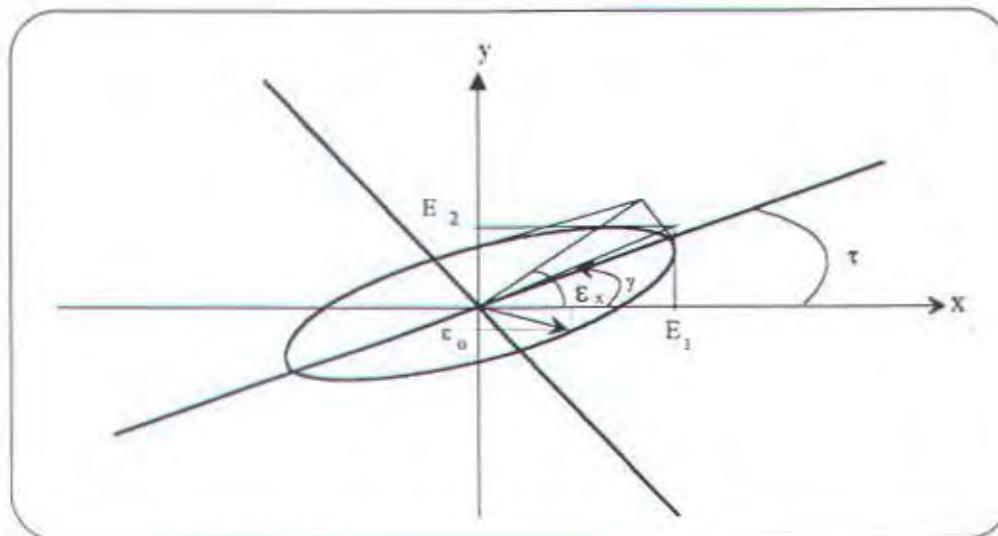
GAMBAR 2.8 ⁹⁾

BEBERAPA POLARISASI GELOMBANG

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| A. VERTIKAL | D. LEFT HAND CIRCULAR |
| B. HORIZONTAL | E. RIGHT HAND ELLIPTIC |
| C. RIGHT HAND CIRCULAR | F. LEFT HAND ELLIPTICAL |

polarisasi linier tergantung pada harga relatif dari E_1 dan E_2 . Sebagai contoh $E_2=0$, maka terjadi polarisasi linier vertikal, dan jika $E_1 = 0$ maka terjadi polarisasi linier horizontal. Jika $E_1 = E_2$, maka terjadi polarisasi linier membentuk sudut 45° terhadap sumbu. Penjelasan diatas

⁹⁾ Ibid., hal 45

Gambar 2.9⁹⁾

POLARISASI ELLIPS SECARA UMUM

dapat diterapkan pada polarisasi antenna. biasanya karakteristik polarisasi antenna relatif konstan pada pancaran utama, tetapi polarisasi beberapa minor lobe berbeda jauh dengan polarisasi pancaran utama.

II.7 BANDWIDTH ANTENA

Pemakaian sebuah antenna di dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh tersedianya daerah frekuensi kerja. Pada range frekuensi kerja tersebut antenna diharuskan bisa bekerja secara efektif agar dia bisa menerima atau memancarkan gelombang elektromagnetik pada band frekuensi tertentu. Pengertian bahwa bisa bekerja secara efektif di sini adalah distribusi arus dan impedansi dari antenna pada range frekuensi tersebut tidak banyak

⁹⁾ Ibid hal 55

mengalami perubahan sehingga sesuai dengan pola radiasi yang direncanakan serta VSWR yang diijinkan. Bandwidth dari suatu antenna didefinisikan sebagai daerah frekuensi di mana unjuk kerja dari antenna masih memenuhi (sesuai) dengan karakteristik standar yang telah ditentukan.

Apabila sebuah antenna bekerja pada daerah frekuensi tengah sebesar f_c , tetapi dia masih bisa bekerja dengan baik pada frekuensi f_1 (di bawah f_c) sampai dengan f_u (di atas f_c), maka lebar band dari antenna tersebut adalah :

$$BW = \frac{f_u - f_1}{f_c} \times 100\% \dots\dots\dots (2.38)$$

Bandwidth yang dinyatakan dalam prosen seperti ini biasanya digunakan untuk menyatakan bandwidth antenna - antenna yang memiliki band sempit (narrow band). Sedangkan untuk menyatakan bandwidth antenna band lebar (broadband) biasanya digunakan definisi rasio (perbandingan) antara batas frekuensi atas dan frekuensi bawah.

$$BW = \frac{f_u}{f_1} \dots\dots\dots (2.39)$$

Suatu antenna dapat digolongkan sebagai antenna broadband apabila impedansi dan pola radiasi dari antenna itu tidak mengalami perubahan yang berarti untuk $f_u / f_1 > 2$. Batasan untuk menentukan f_u dan f_1 adalah ditentukan oleh harga VSWR = 2. Untuk antenna broadband, bandwidthnya biasanya dinyatakan sebagai perbandingan antara frekuensi

atas dan frekuensi bawah pada operasi kerja yang masih diperkenankan, sebagai contoh bandwidth 10 : 1 menyatakan bahwa frekuensi atas adalah sepuluh kali lebih besar daripada frekuensi bawah.

Bandwidth antena sangat dipengaruhi oleh luas penampang konduktor yang digunakan serta susunan fisiknya (bentuk geometrisnya). Misalkan pada antena dipole, dia akan mempunyai bandwidth yang makin lebar apabila penampang konduktor yang digunakan semakin besar. Demikian juga dengan antena yang mempunyai susunan fisik smooth (halus perubahannya) biasanya dia juga mempunyai pola radiasi dan impedansi masuk yang berubah secara halus terhadap perubahan frekuensi (misalnya pada antena jenis biconical, log periodik, spiral dan sebagainya).

atas yang mempunyai sistem antena yang berlainan polarisasinya dan untuk mencapai kualitas penerimaan yang baik untuk konsumen tersebut maka direncanakan pemakaian sistem antena pada pemancar FM yang mempunyai polarisasi melingkar (*circular polarization*) dengan sistem pencatuan yang sederhana.

Selain itu antena yang direncanakan tersebut berpola pancar ke segala arah (*omnidirectional*), merata dan sama bentuknya, baik untuk polarisasi tegak maupun polarisasi horisontal.

III.2 PERTIMBANGAN DESAIN ANTENA

Field Gain adalah perbandingan antara kenaikan intensitas bidang (yang didesain untuk penyebaran maksimum) dengan intensitas bidang yang menghasilkan antena setengah gelombang dengan daya yang sama. Sedangkan Power Gain adalah kuadrat dari field gain. Dengan mengabaikan kehilangan daya yang terjadi dan mengasumsikan bahwa unit radiasi :

- > tidak terarah pada bidang azimut
- > dipancarkan dengan baik
- > ditimbulkan dengan benar,

maka power gain yang dihasilkan pada hampir semua radiasi vertikal akan sama (pada susunan panjang gelombang yang sama). Lagi pula, gain tersebut akan sebanding dengan

panjang susunan. Oleh karena itu salah satu kriteria penting di dalam mendesain antena yang baik adalah pengukuran nilai-nilai listrik yang tepat dan penyederhanaan mekanikal yang dibentuk. Salah satu bentuk antena yang menghasilkan intensitas seragam pada bidang horisontal yang terpolarisasi oleh listrik adalah Horizontal Loop (type lingkaran datar). Pada dasarnya antena type lingkaran mengandung sebuah penghantar yang melengkung atau melingkar yang menimbulkan arus r.f yang mengalir kontinyu dan seragam baik amplitudo maupun fasenya di sekitar lingkaran tersebut.

Diameter lingkaran adalah hal yang paling penting, karena pada nilai diameter tertentu, radiasi pada bidang lingkaran tersebut akan turun menjadi nol. Gain total pada tumpukan atau susunan loop horisontal tidak tergantung pada arah masing-masing loop (untuk diameter loop 0,2 dan 0,6 panjang gelombang), sehingga pada daerah ini kita dapat mempertimbangkan hal lainnya untuk mempengaruhi kerja loop tersebut. Arus peralatan yang seragam pada antena loop horisontal dapat diubah dengan cara tertentu tanpa merusak pola radiasi pada bidang horisontal - melingkar yang diinginkan. Jika misalnya arus pada titik yang berhubungan pada tiap-tiap elemen radiasi (yang menggantikan loop) dibuat sama dan sefase, maka distribusi radiasi melingkar yang pokok pada bidang tersebut akan tetap ada.

III.2.1 KEBUTUHAN AKAN RADIASI

Salah satu pertimbangan penting di dalam mendesain sebuah antena pemancar untuk berbagai keperluan khusus adalah kebutuhan akan distribusi intensitas bidang radiasi. Hal ini biasanya digambarkan sebagai dua buah pola radiasi, yaitu yang menunjukkan intensitas radiasi pada bidang horisontal dan pada bidang vertikalnya. Pada umumnya distribusi intensitas bidang yang dibutuhkan oleh bidang horisontal ditentukan oleh lokasi antena terhadap daerah penerimaannya, sedangkan yang dibutuhkan oleh bidang vertikalnya ditentukan oleh karakteristik frekuensi propagasi (pemancaran) yang terdapat pada daerah transmisi dan jarak antena tersebut.

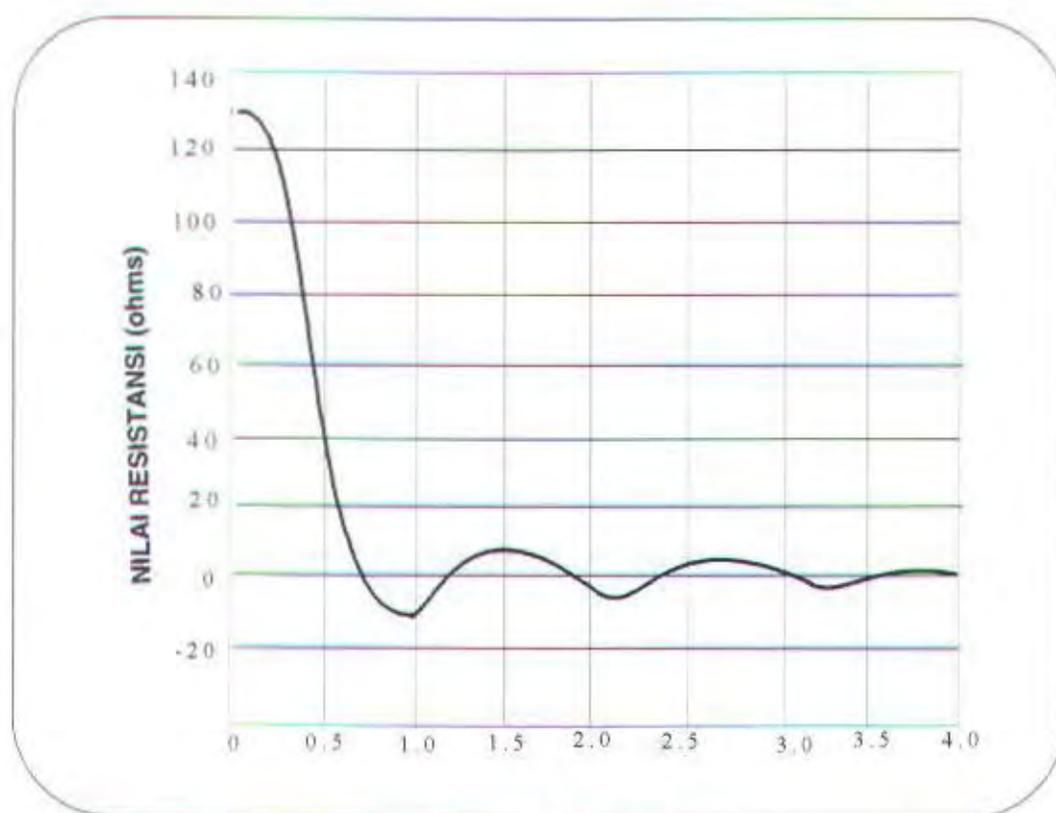
Berdasarkan kebutuhan radiasi bidang horisontal tersebut, pada frekuensi 88 MHz sampai 108 MHz, maka tidak seperti sistem komunikasi jarak jauh lainnya, radiasi pemancar FM harus langsung diarahkan pada lokasi penerima yang ada di sekitar stasiun transmisi tersebut. Oleh karena itu pola radiasi yang dibutuhkan biasanya melingkar (*circular in shape*).

Pada bidang Vertikal diusahakan agar energinya dipancarkan paralel terhadap bumi, karena pemancaran pada frekuensi ini dimaksudkan agar langsung menuju daerah penerimaan. Untungnya, panjang gelombang yang pendek menyebabkan mudahnya pemancaran radiasi pada daerah yang luas hanya dengan struktur yang cukup kecil dan sederhana.

III.2.2 TAHANAN RADIASI DAN IMPEDANSI

Konfigurasi antena Cloverleaf pada elemen radiasi yang masing-masing mempunyai panjang setengah panjang gelombang mempunyai tahanan radiasi dari loop arus seragam hypothetical yang berdiameter sekitar 0,3 panjang gelombang, sebesar 130 ohm. Hal ini akan mengubah beberapa nilai melalui efek mutual dari loop yang berdampingan, dan perubahan tahanan loop radiasi merupakan fungsi spasi dari loop. Gambar 3.1 adalah gambar diagram tahanan yang dibahas di atas sebagai fungsi loop arus seragam hypothetical berdiameter 0,3 panjang gelombang terhadap loop yang berdampingan. Tahanan radiasi yang murni dan efektif dari masing-masing loop sebesar harga awalnya, yaitu 130 ohm ditambah gabungan penjumlahan aljabar dari masing-masing loop.

Salah satu hal yang dibutuhkan agar gain antena dapat maksimum, yaitu arus pada semua loop radiasi harus sama besar nilainya. Meskipun tahanan radiasi dari masing-masing loop ekuivalen atau unit radiasi pada antena cloverleaf berbeda-beda yang disebabkan karena impedansi bersama antar unit, tegangan yang berseberangan pada *common junction* dari keempat elemen radiasi pengganti (masing-masing unit radiasi) akan sama pada masing-masing posisi unit pada *boom* utamanya. Namun arus loop efektif atau yang ekuivalen akan bervariasi tergantung dari bagaimana tahanan radiasi dihubungkan dengan tegangan



GAMBAR 3.1

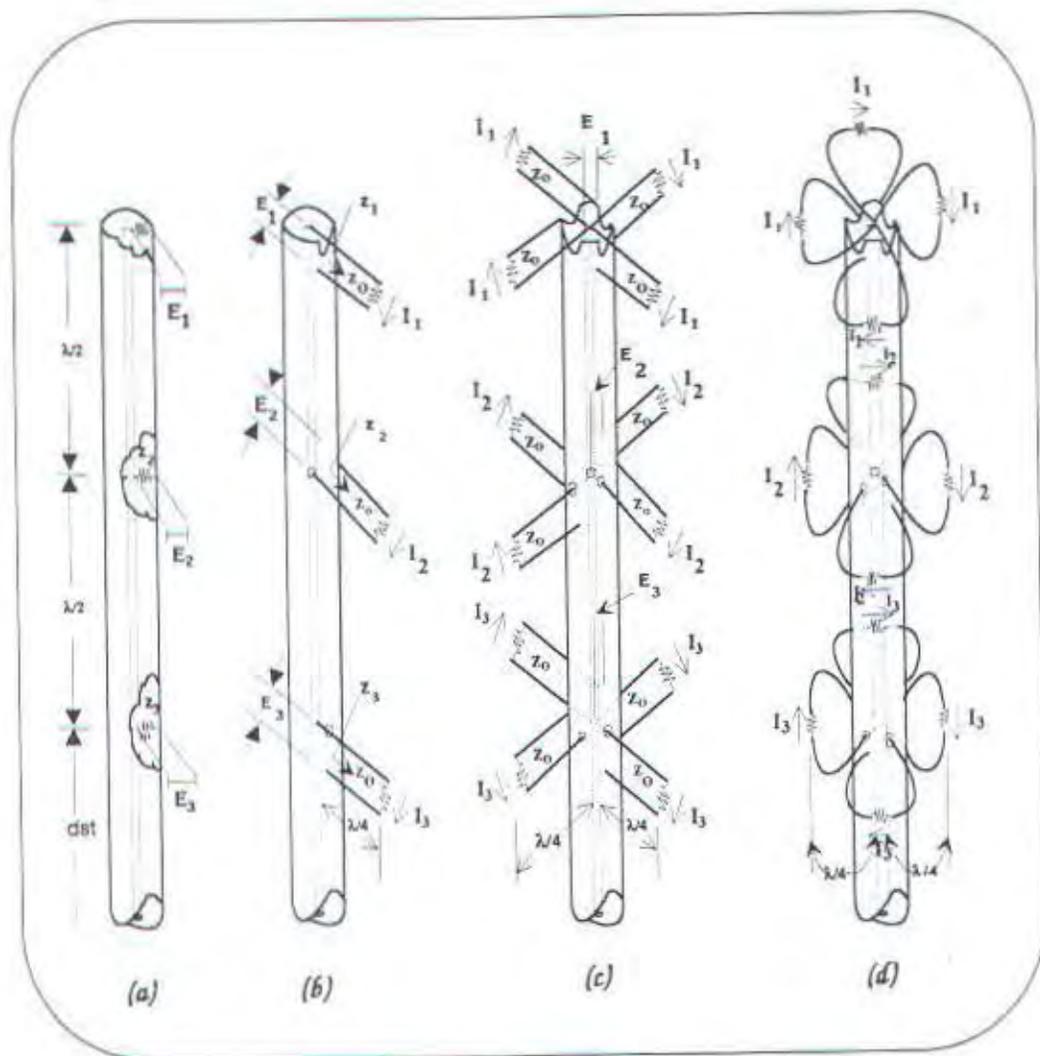
NILAI RESISTANSI PADA ARUS LOOP SERAGAM HYPOTETICAL DENGAN
DIAMETER 0.3 PANJANG GELOMBANG

pengaturannya. Adalah hal yang rumit untuk menggambarkan hubungan antar konstanta rangkaian yang tersebar yang tergantung pada konfigurasi geometri, dari elemen dan cukup sulit untuk dievaluasi secara matematis. Namun dapat kita lihat bahwa ada kecenderungan pada arus loop yang efektif untuk tidak tergantung pada radiasi dan hanya merupakan fungsi langsung dari tegangan pengaturnya.

III.2.3 PENDEKATAN MASALAH

Pendekatan masalah dapat digambarkan dalam 4 langkah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2. Pada gambar tersebut dapat diringkas keterangan sebagai berikut :

- a. Jika sebuah jalur transmisi yang hilang dimuati oleh tahanan shunt pada suatu interval dengan nilai total setengah panjang gelombang, maka tegangan yang berseberangan dengan impedansi ini akan sebanding dan tidak tergantung pada magnitudo atau sudut fase dari impedansinya.
- b. Jika pada daerah yang berimpedansi $1/4$ panjang gelombang diganti, dimana jika pada titik akhirnya memiliki impedansi beban dengan magnitudo dan sudut fase, maka sebagai akibatnya, yang merupakan hal penting pada jalur $1/4$ panjang gelombang, arus pada impedansi bebannya akan bernilai sama pada magnitudonya dan tidak tergantung dengan magnitudo atau sudut fase dari impedansi beban yang lainnya.
- c. Jika suatu nilai pada daerah di luar $1/4$ panjang gelombang seolah-olah melewati atau menyeberangi jalur utama paralel dengan jalur $1/4$ panjang gelombang yang sebelumnya, maka arus pada impedansi beban yang masuk pada jalur tambahan ini seolah-olah memiliki nilai magnitudo yang identik dan tidak tergantung pada magnitudo atau sudut fase dari impedansi beban yang lainnya.

Gambar 3.2²

Penggambaran Arus Yang Terjadi pada Unit Radiasi dari Antena Cloverleaf

d. Selama radiasi dari komponen radial pada konfigurasi antena cloverleaf digagalkan sebagian, bagian terbesar dari total radiasi yang terjadi mendekati titik arus maksimum pada periphery dari loop. Tahanan radiasi

dapat kita asumsikan mengecil pada titik ini, yaitu mendekati $1/4$ panjang gelombang dari titik akhir $1/4$ panjang gelombang, dan berdasarkan hal tersebut keadaan dapat diharapkan untuk mendekati kondisi yang digambarkan pada langkah ketiga, di mana arusnya telah diketahui nilainya.

III.3 PERENCANAAN CLOVERLEAF

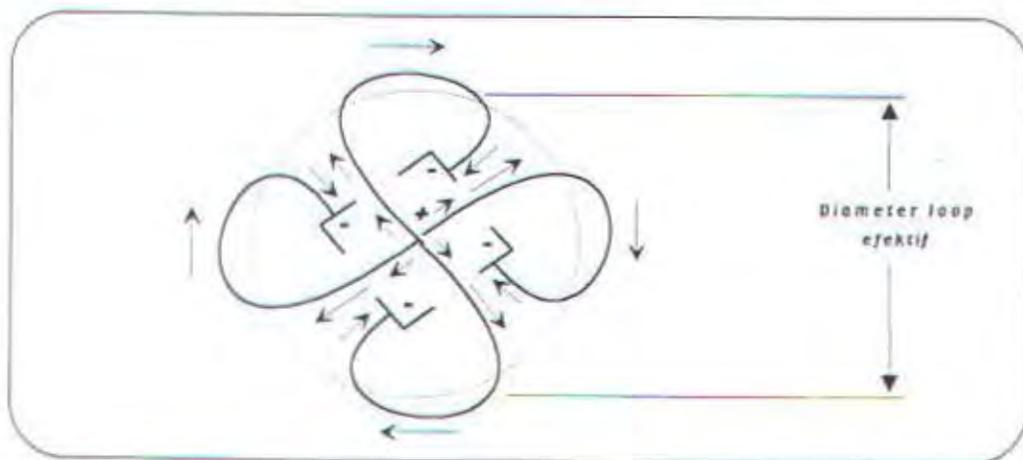
Antena Cloverleaf didesain khusus untuk memenuhi kebutuhan dari perkembangan pemancar radio broadcasting yang terus meningkat, yaitu Pemancar FM. Desain antena ini tidak hanya terbatas pada penggunaan pemancar FM, pemancar radio ataupun jangkauan frekuensi yang digunakan untuk keperluan seperti di atas saja.

Pada dasarnya antena ini didesain untuk pengefisiensian pemancaran atau penerimaan radiasi polarisasi horisontal dari segala arah pada daerah yang tegak lurus dengan sumbu antena. Antena Cloverleaf Pemancar FM memiliki karakteristik khusus berdasarkan antara lain konstruksi kasarnya, karakteristik radiasi bidang horisontal yang seragam, kesederhanaannya untuk dihubungkan dengan peralatan listrik lainnya dan kemampuannya untuk menangani daya yang besar. Selain itu dia tidak membutuhkan insulator (penyekat).

Elemen radiasi yang terpisah yang merupakan pengganti loop lebih mudah dibuat dari kawat umum,

diparalel untuk menstabilkan hubungan fase dan amplitudo arus yang diinginkan. Pengaturan yang memenuhi spesifikasi ini adalah dengan membentuk empat buah kurva kluster setengah gelombang elemen radiasi yang dihasilkan dengan menggunakan pola empat daun semanggi seperti pada gambar 3.3.

Setiap ujung dari elemen radiasi dihubungkan ke penghantar pusat yang terbuat dari sebuah line koaksial tunggal (*boom*), sementara ujung yang lainnya disatukan membentuk struktur menara yang berkisi-kisi yang berfungsi sebagai penghantar ke luar. Beda potensial maksimum sepanjang elemen kurva radiasi akan terjadi pada ujung-ujung yang berseberangan. Potensial pada kedua ujung tersebut tidak balans (seimbang) pada bidang *ground*, tetapi



Gambar 3.3 ³

Penggambaran Empat Elemen Radiasi Sebagai Satu Unit Radiasi dengan Mengasumsikan Aliran Arus yang Terjadi Secara Kontinyu Seperti pada Arah Panah.

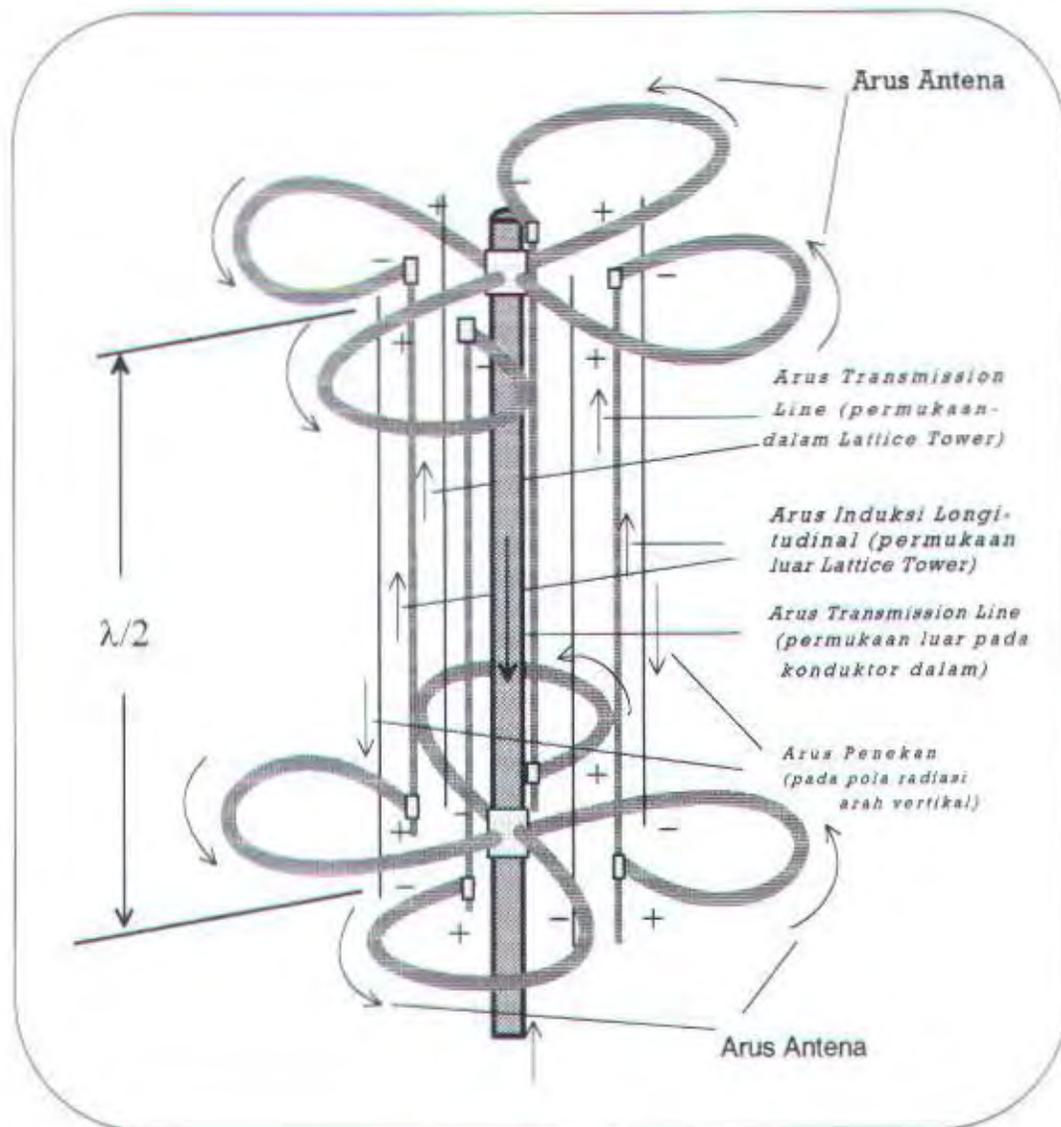
³ ibid, halaman 1557

distribusi arus pada elemen radiasi membentuk sinusoida. Akibat kombinasi ini, maka akan terjadi coupling di antara keduanya yang mempengaruhi karakteristik impedansi frekuensi gabungannya. Hal ini seperti tidak seimbang tegangan eksitasi, menyebabkan elemen radiasinya 20 % lebih pendek dari panjang setengah gelombang, agar beban resistive murni tetap ada, yaitu sebagai anti resonannya.

Penggambaran distribusi arus kejut yang terjadi pada setiap elemen radiasi pada bangun cloverleaf ditunjukkan pada gambar 3.3. Pada gambar tersebut memperlihatkan bahwa komponen radial dari arus pada elemen radiasi yang berdampingan mengalir pada arah yang berlawanan dan radiasi yang terjadi akan cenderung saling menghilangkan, sementara arus yang sefase mengalir di sekitar loop. Pola radiasi resultan pada bidang horisontal membentuk lintasan melingkar pada semua frekuensi FM, di mana pola radiasi kenaikan bidang dari unit radiasi horisontal tunggal, membentuk sinyal cosinus pada semua bidang.

III.3.1 PENINDIHAN RADIASI CEPAT

Jika tidak dilakukan dengan hati-hati, arus longitudinal akan diinduksikan pada permukaan luar dari struktru menara berkisi oleh ketidakseimbangan tegangan pada kedua ujung kurva dari elemen radiasi. Induksi arus longitudinal ini meningkatkan radiasi polarisasi vertikal

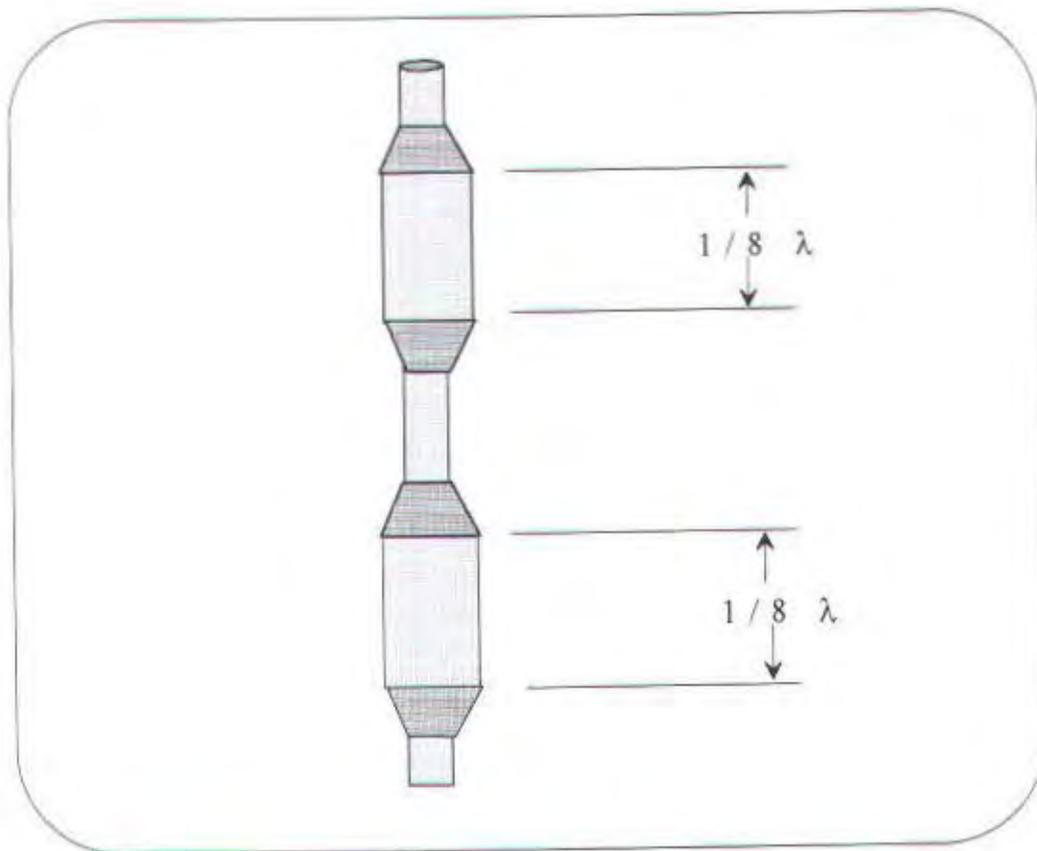
Gambar 3.4⁴

Hubungan Arus Secara Berurutan pada Dua Unit Peradiasi (dua bays) dan pada Hubungan Transmission Line pada Antena Cloverleaf

yang tidak diinginkan, seperti pada ketika antena dipole dieksitasi pada pusatnya oleh jalur transmisi koaksial.

Berdasarkan gambar 3.4, akan terlihat bahwa arah yang tiba-tiba dari arus induksi longitudinal yang

⁴ ibid. halaman 1560



Gambar 3.5

Bentuk Matching Impedansi yang Berupa Dua Slug Tuner

mengalir pada permukaan luar pada struktur menara berkisi koaksial, berlawanan dengan arah arus dari jalur utama yang mengalir di dalam konduktor.

Keempat kawat penindih yang dipasang paralel pada masing-masing permukaan menara, diatur untuk menunjuk radiator di mana tegangannya memiliki magnitudo yang layak untuk menyediakan bagian pembatalan dari radiasi yang tidak diinginkan ini. Arus penindih maksimum diperoleh pada titik

penutup dari struktur menara, dan arus maksimum diperoleh dari masing-masing kawat saat bergerak keluar sepanjang elemen radiasi ke titik tegangan nol.

Untuk memperoleh efisiensi maksimum radiasi, kehati-hatian juga harus dilakukan untuk mencegah mengalirnya arus induksi longitudinal pada bagian atas dari atas menara dan pada bagian bawah dari bawah menara unit radiasi.

III.3.2 IMPEDANSI MATCHING

Dua bagian koaksial *Slug Tuner* yang terletak pada dasar antena yang tampak pada gambar 3.5, digunakan untuk mengeliminasi gelombang yang terdapat pada kawat koaksial utama yang datang dari pemancar. Slugnya diperbesar diameternya agar mendukung penghantar dalam koaksial utamanya.

Slug tersebut dapat diatur menurut :

- > posisi sepanjang jalurnya,
- > pembagiannya,

pada kombinasi total yang layak dalam penyesuaian impedansi yang diinginkan.

Kemampuan penyesuai impedansi pada jenis ini dari transformer meningkat sesuai dengan peningkatan panjang slug dari nol sampai $1/4$ panjang gelombang, dan juga meningkat saat impedansi karakteristiknya menurun.

BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA CLOVERLEAF

IV.1 UMUM

Dalam merencanakan dan membuat suatu model antena, harus memiliki dasar- dasar tentang teori gelombang elektromagnetik dan dasar- dasar konstruksi yang berhubungan dengan pemilihan bahan serta faktor alam sekitarnya seperti pengaruh cuaca, pengaruh angin serta gedung- gedung tinggi. Selain itu pola radiasi dari antena yang dibuat itu sendiri akan menentukan jenis antena yang manakah yang akan diterapkan. Sebelum membahas perencanaan dan pembuatan antena, terlebih dahulu akan dibahas tentang faktor- faktor yang sangat berpengaruh dalam unjuk kerja antena serta karakteristiknya antara lain pemilihan bahan/ material yang akan dipergunakan, bentuk/ konstruksi antena serta faktor mekanisnya.

IV.2 PARAMETER- PARAMETER PERENCANAAN

IV.2.1 BAHAN KONDUKTOR DAN ISOLATOR ANTENA

Hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan antena adalah kemampuan bahan konduktor dalam menghantarkan arus listrik. Untuk jenis antena dengan daya pancar yang besar

harus memiliki tahanan yang rendah atau dengan kata lain memiliki konduktivitas yang tinggi, hal ini dimaksudkan supaya tidak timbul panas yang besar bila dialiri arus yang besar atau bila terjadi *voltage breakdown* serta VSWR yang tinggi. Bahan- bahan yang banyak dipergunakan antara lain seperti pada tabel 4.1 beserta nilai konduktivitasnya.

Bahan- bahan yang memiliki konduktivitas yang tinggi seperti emas, tembaga dan perak mempunyai nilai ekonomis yang tinggi sehingga perlu dipertimbangkan nilai *cost factor* (biaya pembuatan) nya. Bahan alumunium selain cukup kuat dan ringan dengan harga yang relatif lebih murah, merupakan bahan antena yang sering dipakai oleh para pembuat antena. Selain itu alumunium banyak dijumpai di pasaran dengan ukuran yang bervariasi. Karena itu dalam pembuatan antena cloverleaf ini, alumunium digunakan

TABEL 4.1¹

KONDUKTIVITAS BEBERAPA MACAM KONDUKTOR

Nama Bahan Konduktor	Konduktivitas (mho/m)
Silicon Steel	2×10^6
Brass	1.1×10^7
Alumunium	3.5×10^7
Gold (emas)	4.1×10^7
Copper (tembaga)	5.7×10^7
Silver (perak)	6.1×10^7

¹ W.L. Stutzman, *Antenna Theory And Design*, hal. appendix, 563

sebagai bahan utama. Akan tetapi untuk pembuatan antena dengan jumlah bays (tingkat) yang lebih banyak, bahan galvanis banyak digunakan sebagai boom utama (penyangga) selain aluminium tetap sebagai bahan utamanya. Pemilihan bahan- bahan ini didasarkan atas pertimbangan:

1. ketahanannya terhadap korosi,
2. kemudahan dalam memprosesnya,
3. harganya yang relatif murah,
4. kekuatan mekanisnya,
5. ketersediaannya di pasaran.

Selain itu diperlukan bahan pelengkap lainnya seperti bahan isolator yang digunakan untuk memisahkan antar konduktor. Dalam hal ini digunakan bahan- bahan yang tidak tembus terhadap energi gelombang elektromagnetik. Untuk memisahkan boom utama dengan ground pada lattice tower digunakan pipa PVC (Poly Vinyl Clorida), akan tetapi bahan ini tidak tahan terhadap daya yang besar sehingga akan mempengaruhi pada impedansi antena bila diterapkan pada daya yang besar dan akan timbul loncatan bunga api (arcing). Pemilihan bahan PVC ini didasarkan karena harganya yang murah, selain itu pada prototype ini tidak dioperasikan untuk daya yang besar. Jika untuk pemakaian daya yang besar, bahan isolator jenis Teflon akan lebih baik digunakan karena bahan isolator jenis ini tahan terhadap energi gelombang elektromagnetik terutama untuk daya yang besar.

IV.2.2 RESONANSI DIAMETER KAWAT TERHADAP DIMENSI ANTENA

Sebelum merencanakan antena Cloverleaf, maka perlu diketahui pengaruh diameter kawat pada sebuah antena. Karena bagaimanapun juga antena Cloverleaf merupakan salah satu jenis antena kawat.

Dalam prakteknya, antena kawat biasanya berupa sebuah konduktor kawat berbentuk silindris dengan diameter tertentu.

Dalam menganalisa antena kawat silindris, umumnya diameter kawat dianggap sangat kecil atau dapat diabaikan. Apabila diameter kawat dibuat cukup besar, maka akan mengakibatkan distribusi arus antena kawat berubah, apabila distribusi arus berubah, maka karakteristik radiasi antena tersebut juga akan berubah.

Kriteria- kriteria yang menunjukkan diameter sebuah antena kawat adalah kecil dan besar juga faktor perpendekan (faktor resonansi) panjang kawat dituliskan dalam tabel 4.2

Tabel 4.2²

Kriteria Diameter Kawat sebagai fungsi $L/2a$

Rasio $L/2a$	Prosentase pemendekan	Panjang resonansi L	Tingkat ketebalan dipole
5000	2	0.49λ	sangat tipis
50	5	0.475λ	tipis
10	9	0.455λ	tebal

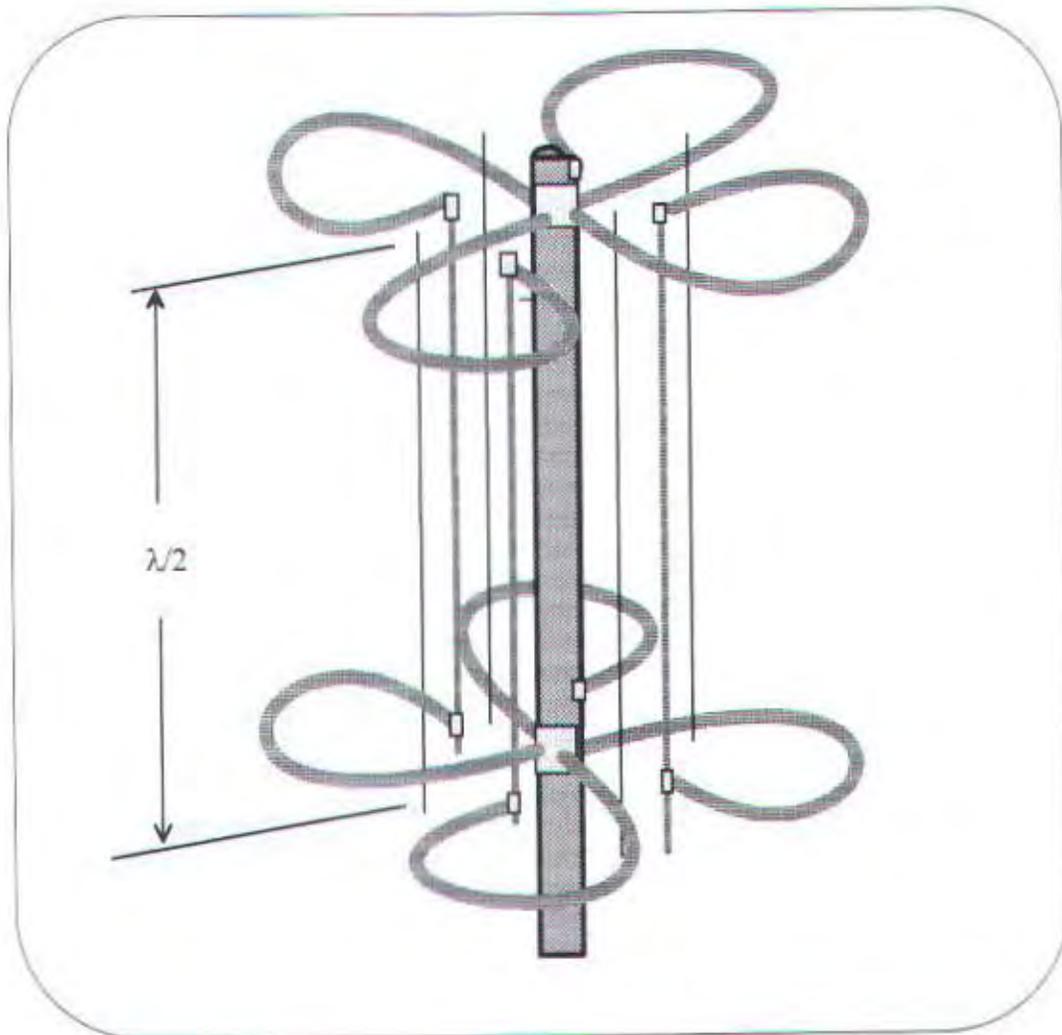
IV.2.3 KONSTRUKSI ANTENA CLOVERLEAF

Antena Cloverleaf dapat tersusun dari beberapa bays (tingkat) unit peradiasi sesuai dengan perencanaan yang dikehendaki. Setiap unit peradiasi tersusun dari empat elemen radiasi yang terpisah sebagai pengganti loop, terpasang paralel untuk menstabilkan hubungan fase dan amplitudo arus yang diinginkan. Empat elemen radiasi tersebut diatur sedemikian rupa sehingga membentuk empat buah kluster kurva setengah gelombang elemen radiasi yang dihasilkan dengan menggunakan pola empat daun semanggi (cloverleaf).

Gambar 4.1 menunjukkan tumpukan dari dua unit peradiasi cloverleaf paralel yang efektif pada jarak setengah panjang gelombang pada boom utamanya. Arah dimana elemen radiasi pengganti dibentuk, dipersiapkan agar masing-masing unit radiasi yang berdekatan dapat saling menghilangkan fasa 180° yang terjadi pada interval setengah panjang gelombang sepanjang boom utamanya.

Setiap ujung dari elemen radiasi dihubungkan ke penghantar pusat (boom utama), sementara ujung yang lainnya disatukan membentuk struktur menara yang berfungsi sebagai penghantar keluar. Beda potensial maksimum sepanjang elemen kurva radiasi akan terdapat pada dua ujung yang berseberangan.

Untuk menghubungkan elemen radiasi balance dengan saluran transmisi coaxial yang unbalance digunakan balun.

Gambar 4.1³

Ilustrasi Antena Cloverleaf Dua Bays

Dalam hal ini dipakai balun untuk menjaga agar saluran transmisi tidak ikut meradiasikan gelombang elektromagnetik yang akan mempengaruhi pola radiasi antena.

Pada konstruksi antena Cloverleaf ini digunakan jenis Sleeve balun (1:1) yang terbagi menjadi dua, masing-

³ op.cit hal. 1560

masing $1/8$ panjang gelombang yang terpisah yang kemudian disebut dengan *two slugs tuner*.

IV.3 PERENCANAAN ANTENA CLOVERLEAF

Antena Cloverleaf yang direncanakan akan digunakan untuk antena stasiun radio FM, ditentukan mempunyai sifat-sifat seperti berikut :

1. Dapat ditala pada frekuensi antara 88 MHz sampai 108 MHz,
2. Berimpedansi 50 ohm,
3. Mempunyai VSWR yang rendah,
4. Mempunyai daya penguatan yang (gain) yang tinggi,
5. Mempunyai pola pancar ke segala arah dengan polarisasi melingkar.

Dari sifat-sifat yang ditentukan tersebut dibuat suatu perencanaan yang pertama diukur panjang pipa untuk satu elemen radiasi sepanjang setengah panjang gelombang. Agar dapat berband yang lebar (broadband) yang mencakup seluruh band II VHF atau mendekati seluruh band maka dipilih frekuensi kerja di sekitar tengah-tengah frekuensi band II yaitu 98 MHz dengan diameter pipa $3/8$ inchi. Panjang gelombang untuk frekuensi ini adalah 3,06 meter berdasarkan rumus,

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots (4.1)$$

di mana, λ = lambda, panjang gelombang

c = konstanta kecepatan elektromagnetik (300
km/s)

f = frekuensi (MHz)

sehingga dari hasil tersebut di atas dapat dihitung panjang elemen peradiasi adalah 1,53 meter. Diameter pipa dipilih 3/8 inchi karena banyak dijumpai di pasaran dan disesuaikan dengan alat penekuk pipa yang berukuran sama. Untuk diameter pipa 3/8 inchi akan didapatkan faktor pemendekan kawat berdasarkan tabel 4.2 sebagai berikut :

$$L = 0,5 \lambda$$

$$= 150 \text{ cm}$$

$$a = 3/8 \text{ inchi}$$

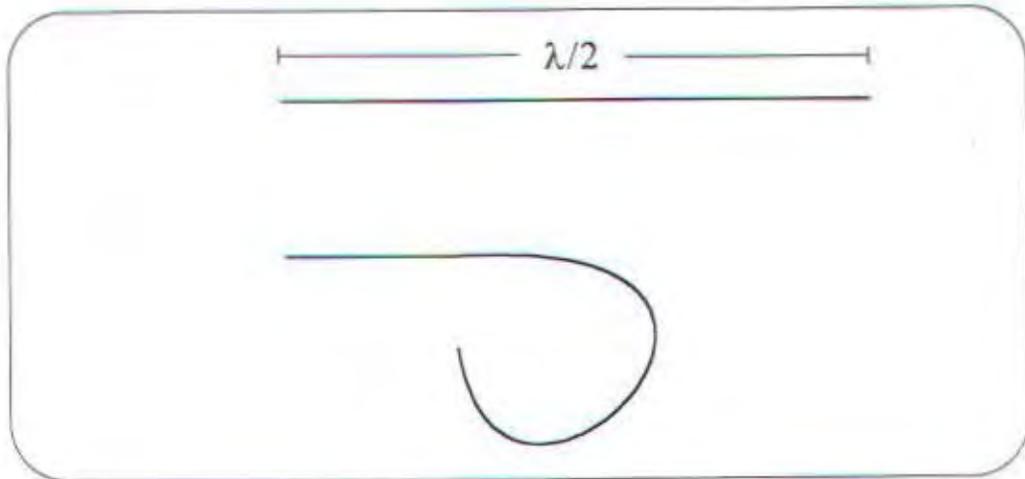
$$= 0,9525 \text{ cm}$$

$$L/2a = 150/(2 \cdot 0,9525)$$

$$= 78,74$$

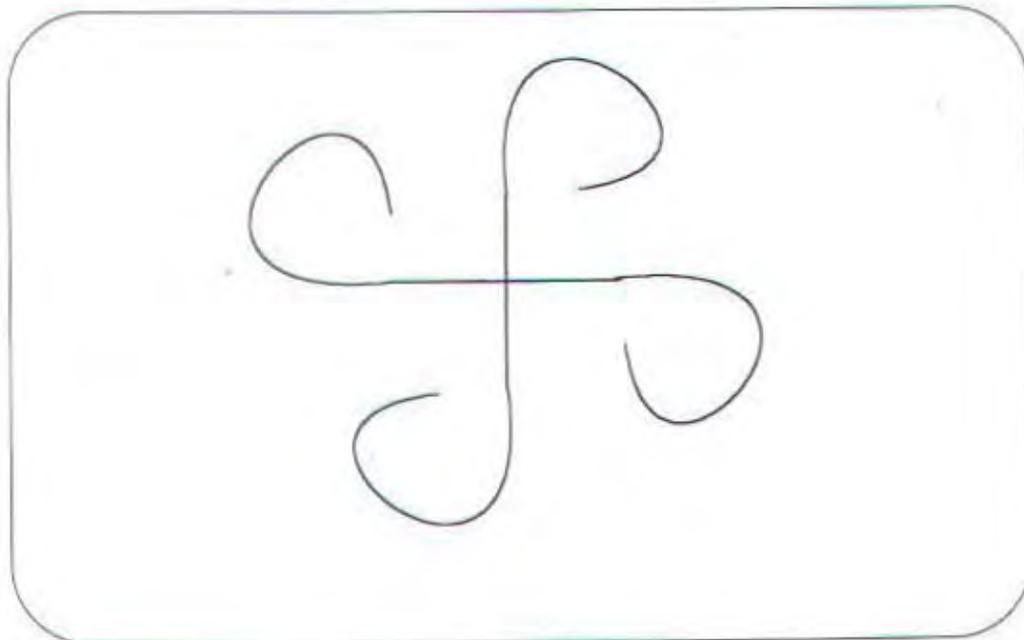
Dengan perkiraan tabel 4.2 didapatkan faktor pemendekan sebesar 6 persen atau menjadi 0,48 λ . Harga ini jika diwujudkan akan diperoleh harga sebesar 1,47 meter (setengah lambda). Untuk bisa menahan beban daya RF sebesar minimal 1 kw RMS maka digunakan pipa ukuran minimal diameter 1 inch.

Dari panjang total tersebut, kira-kira $3/4$ bagiannya dibuat bentuk lingkaran 300° seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2

Penggambaran Satu Elemen Unit Peradiasi Antena Cloverleaf



Gambar 4.3

Penggambaran Satu Unit Peradiasi Antena Cloverleaf

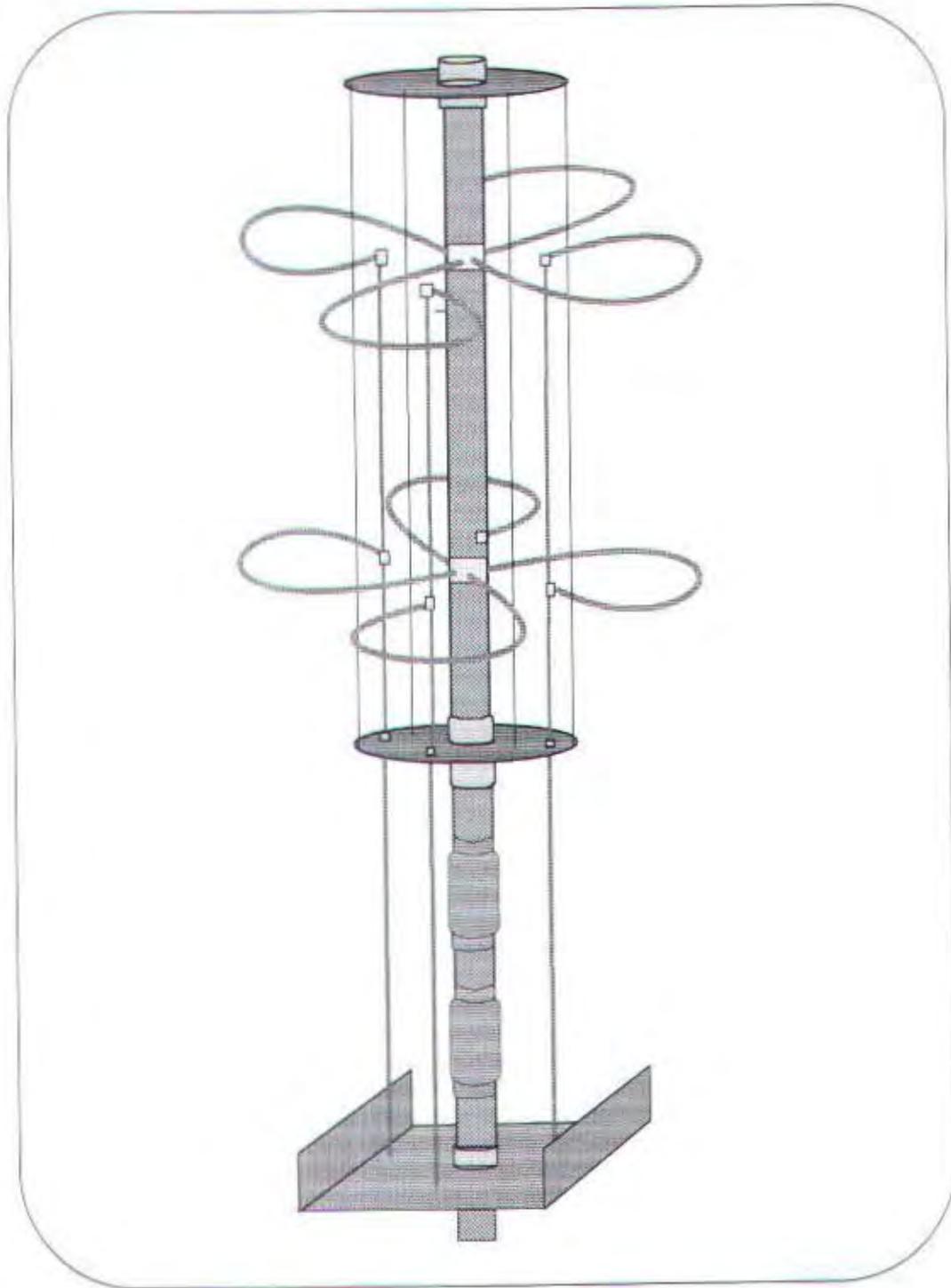
Dari empat elemen unit peradiasi selanjutnya dibuat menjadi satu unit peradiasi dengan membentuk semacam daun semanggi seperti terlihat pada gambar 4.3.

Untuk perencanaan selanjutnya dilakukan penyusunan dari beberapa unit peradiasi sesuai dengan jumlah bays yang direncanakan. Dalam tugas akhir ini bays yang direncanakan adalah dua bays, sehingga masih diperlukan lagi satu unit peradiasi yang disusun vertikal dengan arah yang berlawanan dengan jarak setengah panjang gelombang. Setiap ujung-ujung unit peradiasi dihubungkan dengan ujung-ujung unit peradiasi lainnya pada setiap posisi yang sama. Untuk menghubungkan ujung-ujung ini digunakan pipa alumunium dengan diameter 9 mm dan 6 mm.

Pada bagian teratas dan terbawah dari unit peradiasi dibuat perpanjangan pipa laccite tower sepanjang $1/4$ panjang gelombang dan pada ujungnya dihubungkan dengan ujung pipa yang lainnya.

Pada bagian perpanjangan unit paling bawah, dipasang dua slug tuner sebagai balun yang terbuat dari pipa alumunium berdiameter lebih besar daripada boom utamanya dan pada tugas akhir ini dipakai alumunium dengan diameter $1 \frac{3}{4}$ inchi dan selubungkan pada boom utamanya. Masing-masing slug mempunyai panjang $1/8$ panjang gelombang dengan salah satu sisi dihubungkan dengan boom utama sementara pada ujung yang lain dibiarkan terbuka. Posisi tiap slug berlawanan.

Bentuk konstruksi antena Cloverleaf keseluruhan seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4

Konstruksi Antena Cloverleaf yang direncanakan

BAB V

PENGUKURAN KARAKTERISTIK ANTENA

V.1 UMUM

Untuk mengetahui keandalan suatu antena, maka perlu dilakukan beberapa pengukuran terhadap karakteristik-karakteristik suatu antena. Demikian juga terhadap antena Cloverleaf yang telah direncanakan dan dibuat pada bagian depan.

Secara umum pengukuran karakteristik antena yang diperlukan antara lain :

- Pengukuran impedansi masuk
- Pengukuran bandwidth dan VSWR
- Pengukuran pola radiasi dan directivitas
- Pengukuran gain antena
- Pengukuran polarisasi.

Selain itu pada saat melakukan pengukuran harus pula diperhatikan faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap karakteristik antena tersebut, misalnya :

- benda-benda sekitarnya yang bisa memantulkan gelombang
- ketinggian antena terhadap tanah
- jarak antara pemancar dan penerima.

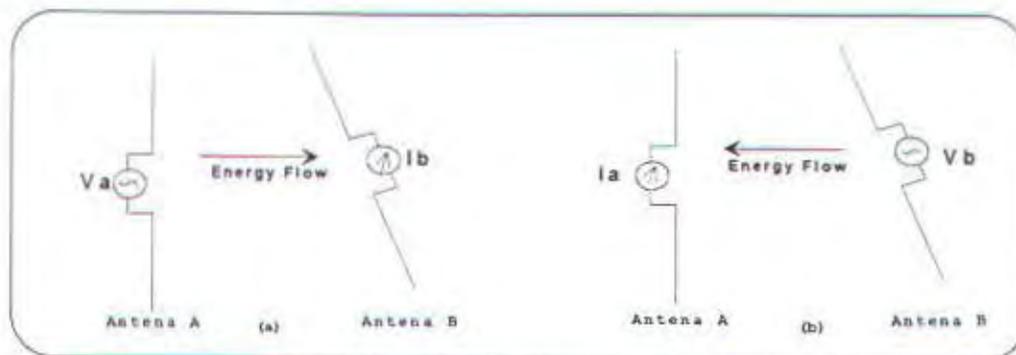
Dan pada bab ini akan dibahas tentang pengukuran pola radiasi, gain antena serta VSWR yang merupakan fungsi dari frekuensi. Tujuan daripada pengukuran selain didapatkan data-data karakteristiknya juga akan diketahui kemampuan

dan kelebihan antena Cloverleaf dibandingkan dengan antena sejenisnya untuk keperluan broadcasting.

V.2 Prinsip Dasar Pengukuran Karakteristik Antena

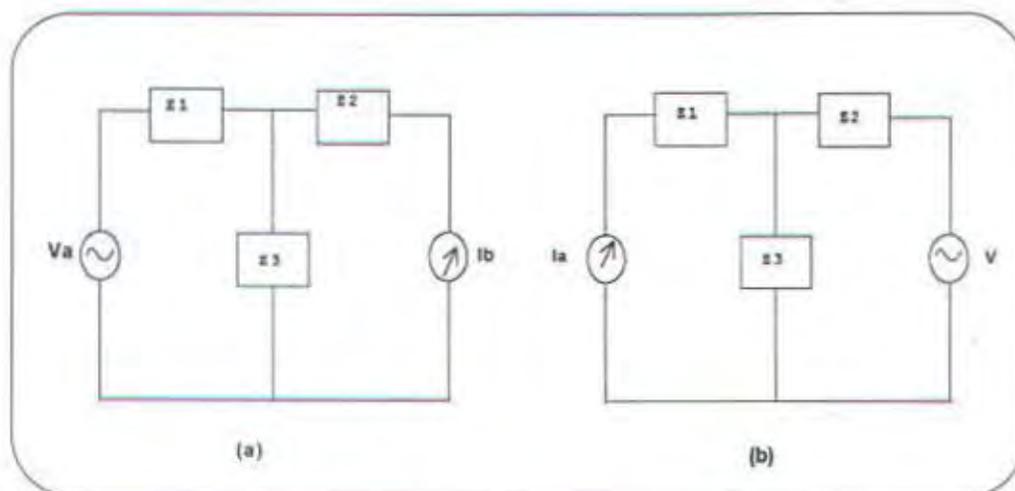
Dalam melakukan pengukuran, antena bisa diperlakukan sebagai antena pemancar atau sebagai antena penerima, karena pada antena berlaku teorema Resiprositas. Salah satu teori tersebut telah dikemukakan oleh Rayleigh dan John D. Carson, bahwa : ' Bila tegangan emf V_a dicatukan pada antena A, maka pada antena B akan mengalir arus sebesar I_b . Dan bila tegangan yang sama dicatukan pada antena B, maka akan mengalir arus yang sama baik magnitudo maupun phasanya pada antena A'.

Gambar 5.1 menunjukkan hubungan yang resiprok tersebut (ilustrasi dari teori resiprositas) dan rangkaian ekivalennya digambarkan pada gambar 5.2, dimana dengan bantuan gambar ini dan dengan sedikit persamaan matematis dapat dibuktikan bahwa arus pada antena A akan sama dengan arus pada antena B.



Gambar 5.1

Ilustrasi Teorema Resiprositas



Gambar 5.2

Rangkaian Ekuivalen gambar 5.1

Dengan menggunakan teori rangkaian listrik, maka dapat dicari besarnya arus yang mengalir I_a dan I_b , dan dari gambar 5.1a didapatkan besarnya arus I_a yaitu :

$$I_a = \frac{V_a Z_3}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1} \dots\dots\dots (5.1a)$$

dan dari gambar 5.2b didapatkan besarnya arus I_b yaitu:

$$I_b = \frac{V_b Z_3}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1} \dots\dots\dots (5.1b)$$

Untuk $V_a = V_b$, maka kedua persamaan tersebut didapatkan arus yang sama, yaitu $I_a = I_b$.

Dari hubungan yang resiprok ini, akan memudahkan dalam melakukan pengukuran sehingga antenna yang akan diukur bisa diperlakukan sebagai antenna penerima atau antenna pemancar, tergantung mana yang lebih mudah dilakukan.

Untuk pengukuran VSWR, antenna berlaku sebagai antenna

pemancar karena bila dipasang sebagai antena penerima, pengukurannya akan lebih sulit. Demikian pula untuk pengukuran power gain antena, antena ini diperlakukan sebagai antena pemancar karena alasan ukuran antena yang cukup besar.

Untuk pengukuran pola radiasi terdapat dua macam pengukuran yaitu jika antena under test difungsikan sebagai pemancar, maka cara pengukurannya, antena tersebut diputar mengelilingi antena standar dipole sebagai penerima dengan jarak yang sama sampai perputaran 360 derajat. Dan ini sulit dilakukan karena mengingat dimensi antena under test agak besar. Oleh karena itu mengingat teori resiprositas, maka digunakan cara dengan antena under test difungsikan sebagai penerima. Cara pengukurannya yaitu dengan tempat yang tidak berpindah-pindah, kita cukup memutar dengan rotary sampai 360 derajat dan kita dapatkan bentuk pola radisasinya. Selanjutnya dalam melakukan pengukuran, haruslah diperhatikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran, seperti jarak antena pemancar dan penerima, tinggi kedua tempat pengukuran yang bebas dari penghalang, serta lingkungan sekitarnya. Tidak kalah pentingnya adalah faktor alat ukurnya dan cara-cara penggunaannya yang sesuai dengan petunjuk pemakaian peralatan tersebut.

V.3 Pengukuran VSWR

Pengukuran VSWR adalah salah satu pengukuran karakteristik antena yang akan dapat memberikan informasi seberapa besar gelombang berdiri (standing wave) yang timbul di dalam saluran transmisi sebagai akibat tidak sesuainya impedansi antena dalam saluran transmisi tersebut.

Sedangkan Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum dari gelombang berdiri yang terjadi di dalam saluran transmisi.

Peralatan yang digunakan untuk pengukuran VSWR ini adalah :

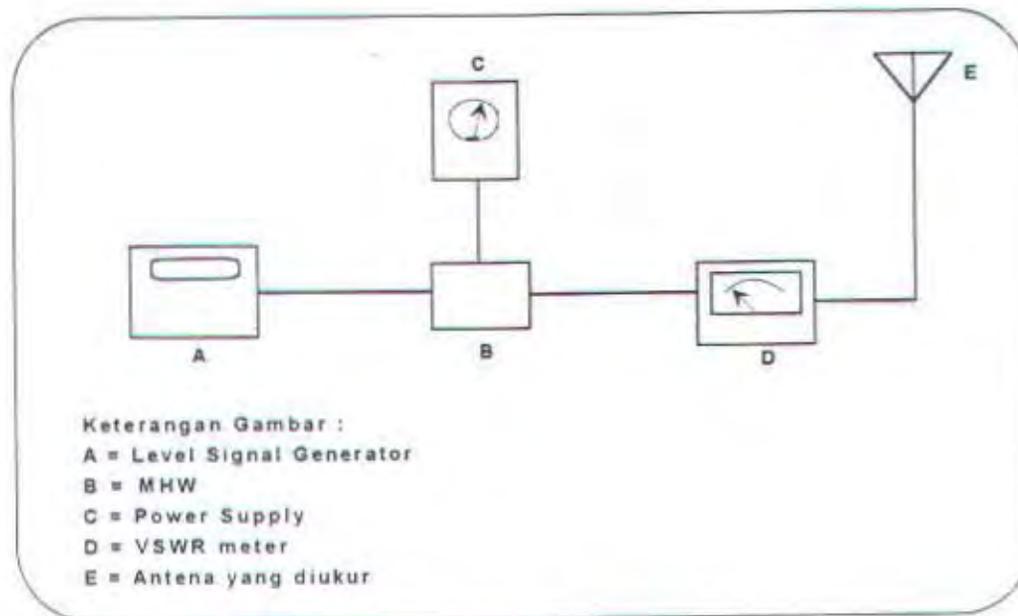
1. Level Signal Generator
2. MHW
3. Power Supply
4. VSWR meter
5. Antena yang diukur.

Blok diagram pengukuran VSWR seperti digambarkan pada gambar 5.3.

V.3.2 Prosedur Pengukuran

Pada pengukuran VSWR ini didasarkan pada prosedur pengukuran sebagai berikut :

1. Menyusun peralatan seperti dilukiskan pada gambar 5.3 di atas dengan tegangan ekstasi MHW sebesar 12 volt dc.



Gambar 5.3
 Blok Diagram Pengukuran VSWR

2. Memakai kabel jenis standart RG-8 yang berimpedansi 50 ohm.
3. Menyalakan sumber sinyal dan mengatur frekuensi kerjanya.
4. Dari VSWR meter langsung bisa dibaca besarnya VSWR antena yang terukur.
5. Mengulangi untuk frekuensi yang lain.

V.3.3 Hasil Pengukuran VSWR

Hasil pengukuran yang telah dilakukan akan diberikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari hasil pengukuran pada tabel 5.1 dapat dilihat bahwa VSWR antena sangat bervariasi untuk range frekuensi FM Broadcasting. Untuk keperluan broadcasting, antena ini sangat cocok jika dioperasikan pada range frekuensi 93 MHz sampai 95 MHz,

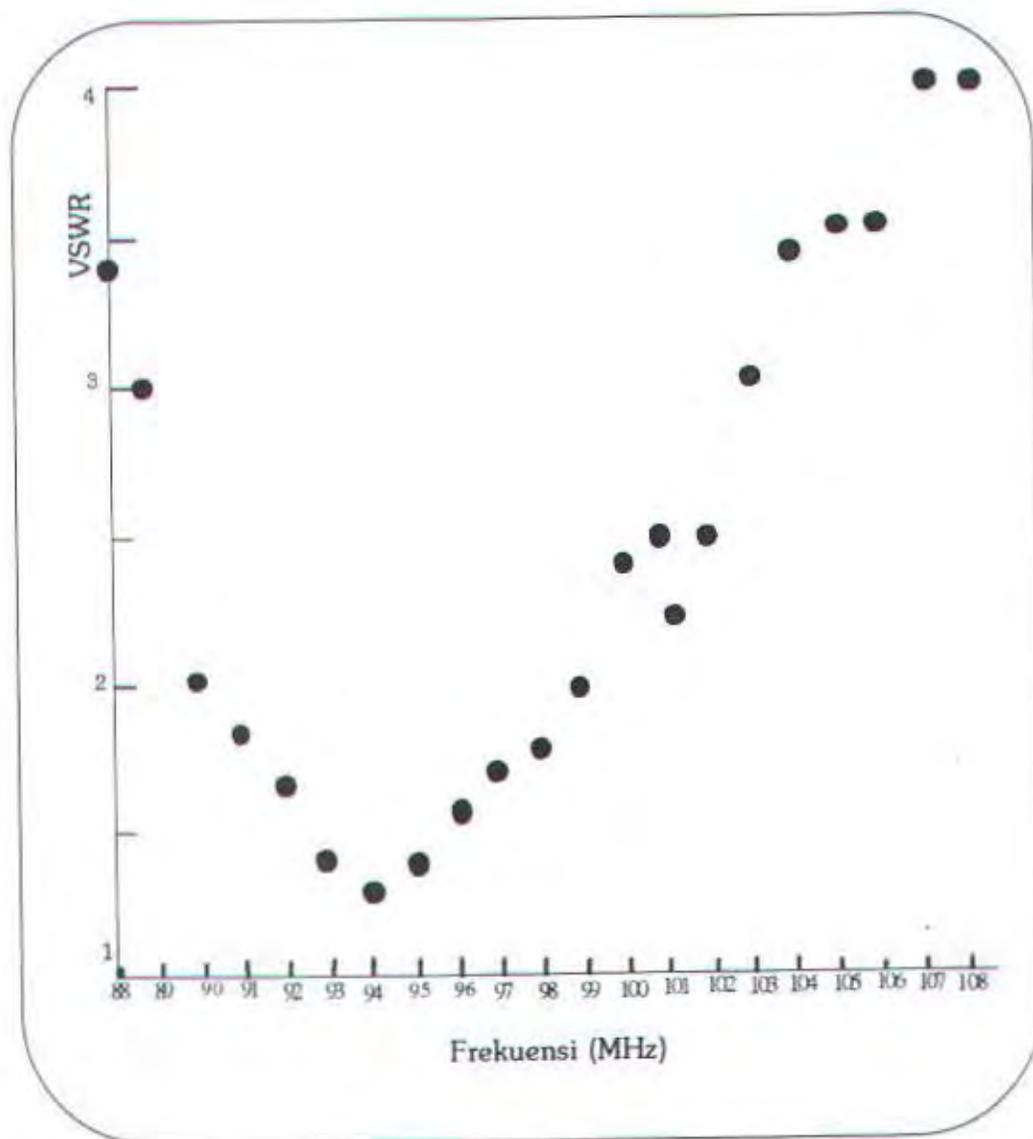
mengingat pada frekuensi ini VSWR yang didapatkan cukup kecil ($VSWR < 1,5$).

Untuk mendapatkan VSWR di atas dilakukan penyesuaian impedansi (matching) dengan jalan mengatur jarak dan posisi dari *two slugs tuner*, sehingga didapatkan suatu harga VSWR yang paling rendah. Dalam melakukan pengukuran VSWR, antenna di-match-kan pada frekuensi 98 MHz dan selanjutnya dilakukan pengukuran untuk frekuensi-frekuensi yang lain.

Tabel 5.1
Hasil Pengukuran VSWR Antena Cloverleaf

Frekuensi (MHz)	VSWR
88	3,5
89	3,0
90	2,0
91	1,8
92	1,7
93	1,4
94	1,3
95	1,4
96	1,6
97	1,75
98	1,8
99	2,0
100	2,4
101	2,5
102	2,5
103	3,0
104	3,4
105	3,5
106	3,5
107	4,0
108	4,5

Data-data di atas dapat dinyatakan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 5.4.



Gambar 5.4

Grafik VSWR Sebagai Fungsi Frekuensi pada Antena Cloverleaf

V.4 Pengukuran Gain

Power Gain (umumnya disingkat gain) didefinisikan sebagai perkalian 4π dengan perbandingan intensitas radiasi pada arah tertentu terhadap daya input yang diterima oleh antena. Secara matematis hal ini dapat dinyatakan sebagai :

$$G(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}} \dots\dots\dots (5.2)$$

Bila intensitas radiasi berharga maksimum, maka gain yang didapat juga akan berharga maksimum.

Dalam tugas akhir ini, pengukuran gain dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan. Pengukuran gain dengan metode ini adalah dengan membandingkan kuat medan yang diterima antena yang diukur dengan antena standart, seperti ditunjukkan pada gambar 5.5a. Sebagai antena standart biasanya digunakan antena dipole setengah lambda.

Besarnya gain perbandingan diberikan sebagai :

$$G_p = \frac{P_r}{P_s} = \left| \frac{V_r}{V_s} \right|^2 \dots\dots\dots (5.3)$$

dimana,

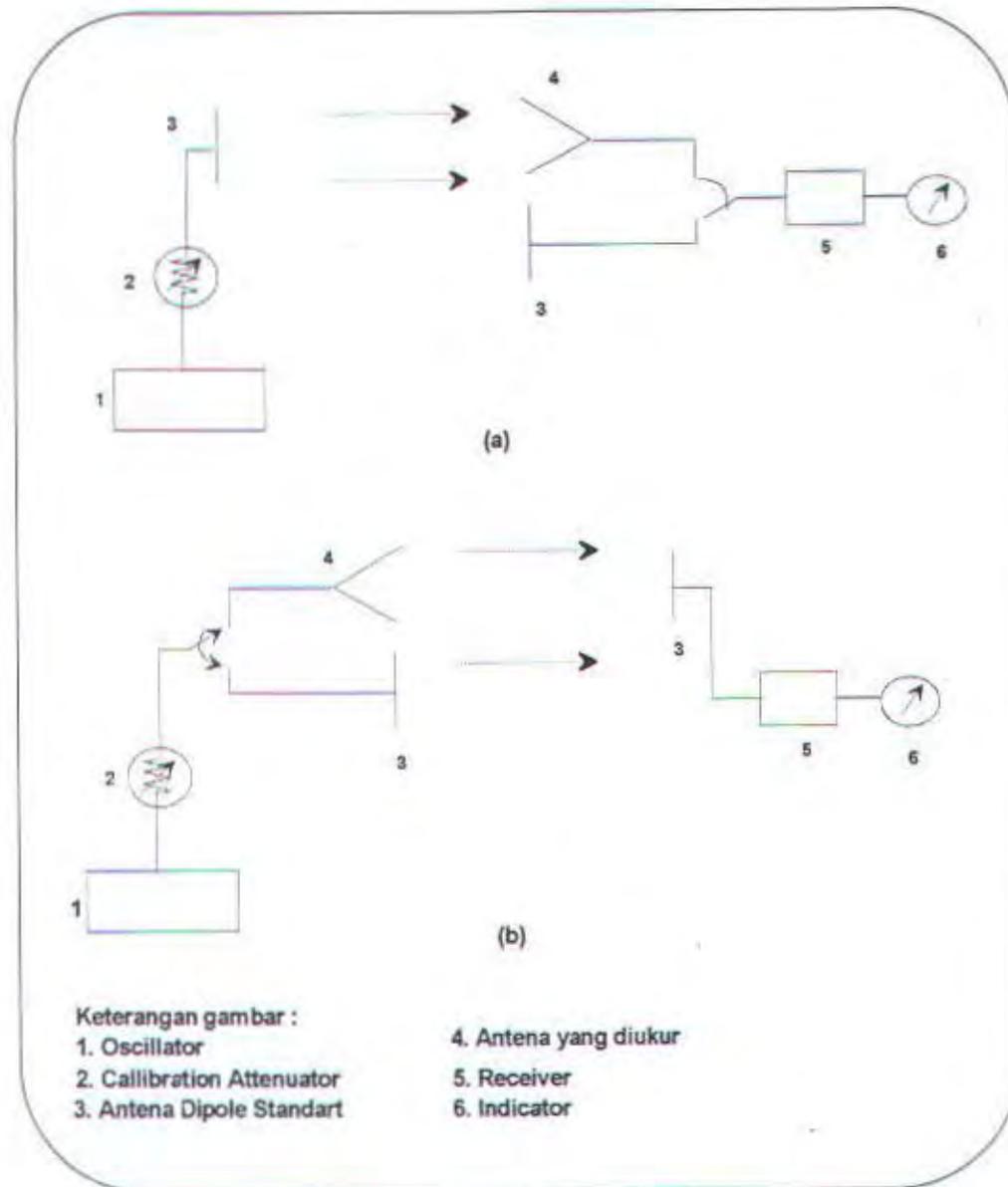
P_r = daya yang diterima pada antena yang diukur

P_s = daya yang diterima pada antena standart

V_r = tegangan yang timbul pada antena yang diukur

V_s = tegangan yang timbul pada antena standart

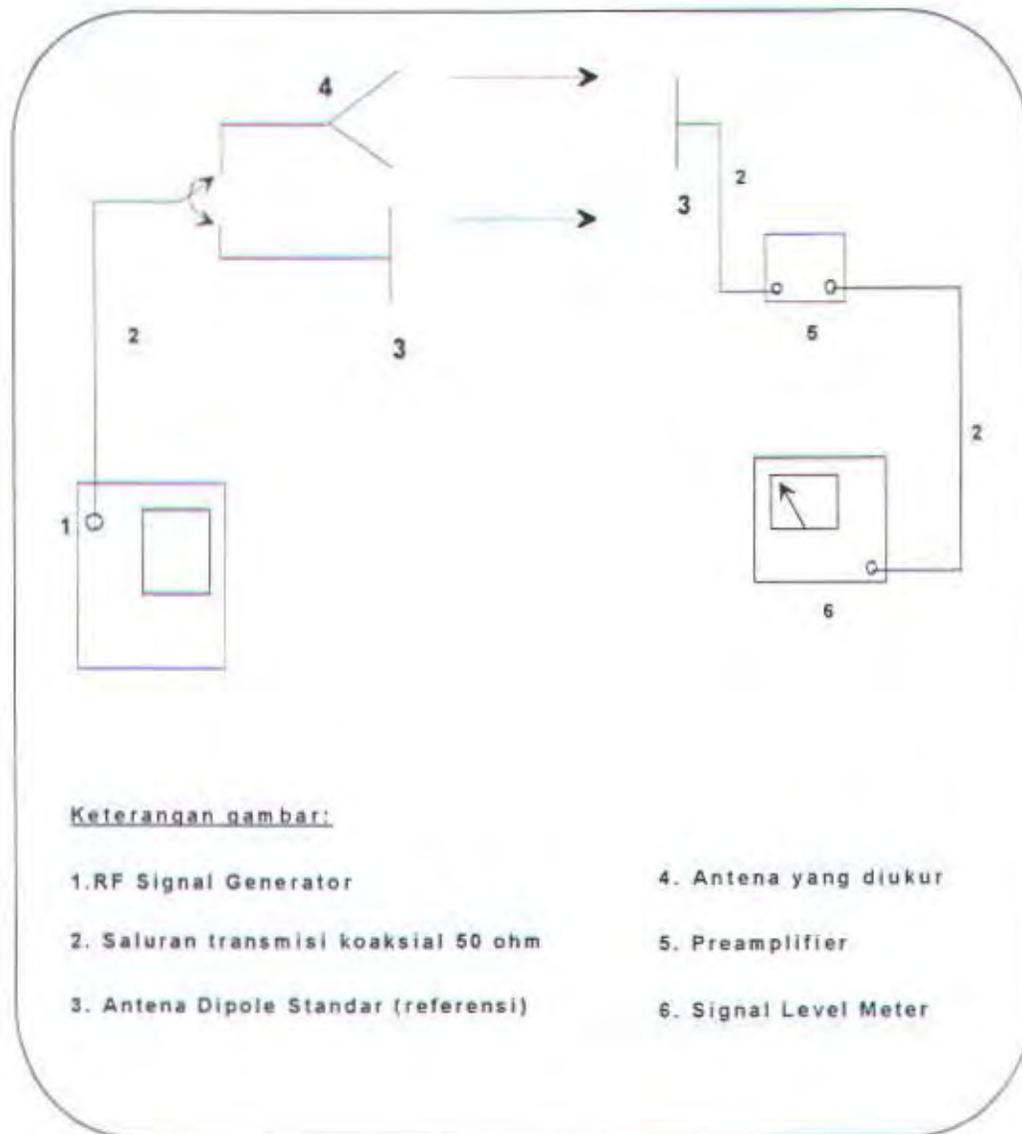
Bila sebagai penerima digunakan power meter, maka besarnya gain dihitung dari perbandingan daya yang diterima. Bila digunakan field strength meter, gain relatif



Gambar 5.5
Ilustrasi Pengukuran Gain

merupakan kuadrat perbandingan tegangan yang diterima.

Pada pengukuran gain antena Cloverleaf ini, antena yang diukur difungsikan sebagai antena pemancar, sehingga secara teoritis bisa dilukiskan seperti gambar 5.5b.



Keterangan gambar:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. RF Signal Generator | 4. Antena yang diukur |
| 2. Saluran transmisi koaksial 50 ohm | 5. Preamplifier |
| 3. Antena Dipole Standar (referensi) | 6. Signal Level Meter |

Gambar 5.6

Set Up Pengukuran Gain Metode Perbandingan

V.4.1 Prosedur Pengukuran Gain Metode Perbandingan

Dalam mengukur gain perbandingan ini, antena Cloverleaf difungsikan sebagai antena pemancar dengan susunan peralatan selengkapnya seperti pada gambar 5.6.

Selanjutnya secara terperinci pengukuran gain antenna mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menyusun peralatan seperti pada gambar 5.6 dengan antenna Cloverleaf sebagai antenna pemancar.
2. Menghidupkan sumber sinyal dan mengatur frekuensi kerjanya.
3. Mencatat besarnya daya yang diterima oleh antenna standar.
4. Mengganti antenna pemancar dengan antenna dipole standar.
5. Mencatat besarnya daya yang diterima oleh antenna standar.
6. Menghitung gain antenna Cloverleaf dengan membandingkan hasil yang didapat pada langkah 3 dan langkah 5. Besaran ini dinyatakan dalam satuan dBd.
7. Mengulang langkah 1 sampai dengan langkah 6 dengan frekuensi yang berbeda.

V.4.2 Hasil Pengukuran Gain

Pengukuran gain yang dilakukan adalah menggunakan metode perbandingan. Sebagai pembanding adalah antenna dipole setengah lambda (dipole standart), dimana panjang antenna dipole dibuat resonan pada frekuensi-frekuensi seperti halnya frekuensi antenna Cloverleaf.

Hasil pengukuran pada tabel 5.2 besarnya gain adalah hasil perbandingan antara daya yang dipancarkan antenna Cloverleaf dengan antenna dipole standart. Oleh karena itu gain ini mempunyai satuan dBd.

Tabel 5.2
Hasil Pengukuran Gain Relatif Antena Cloverleaf Terhadap
Antena Dipole Standart

Frekuensi (MHz)	Level DipoleStandar (dB μ V)	Level Cloverleaf (dB μ V)	Gain Relatif (dBd)
88	81,4	84,2	2,8
89	83,5	85,1	1,6
90	83,6	86,1	2,5
91	83,0	85,6	1,8
92	85,7	85,4	2,4
93	85,7	88,6	2,9
94	85,9	88,7	2,8
95	85,1	87,7	2,6
96	84,8	87,1	2,3
97	84,5	86,7	2,2
98	85,6	87,6	2,0
99	84,5	86,4	1,9
100	85,5	88,2	2,7
101	86,2	88,4	2,2
102	86,2	88,9	2,7
103	87,1	89,1	2,0
104	85,6	86,7	1,1
105	84,3	86,1	1,8
106	84,7	86,2	1,5
107	85,2	87,1	1,9
108	85,7	87,4	1,7

Terlihat bahwa antena Cloverleaf yang dibuat ini mempunyai gain sebesar 2,9 dBd.

V.5 Pengukuran Pola Radiasi

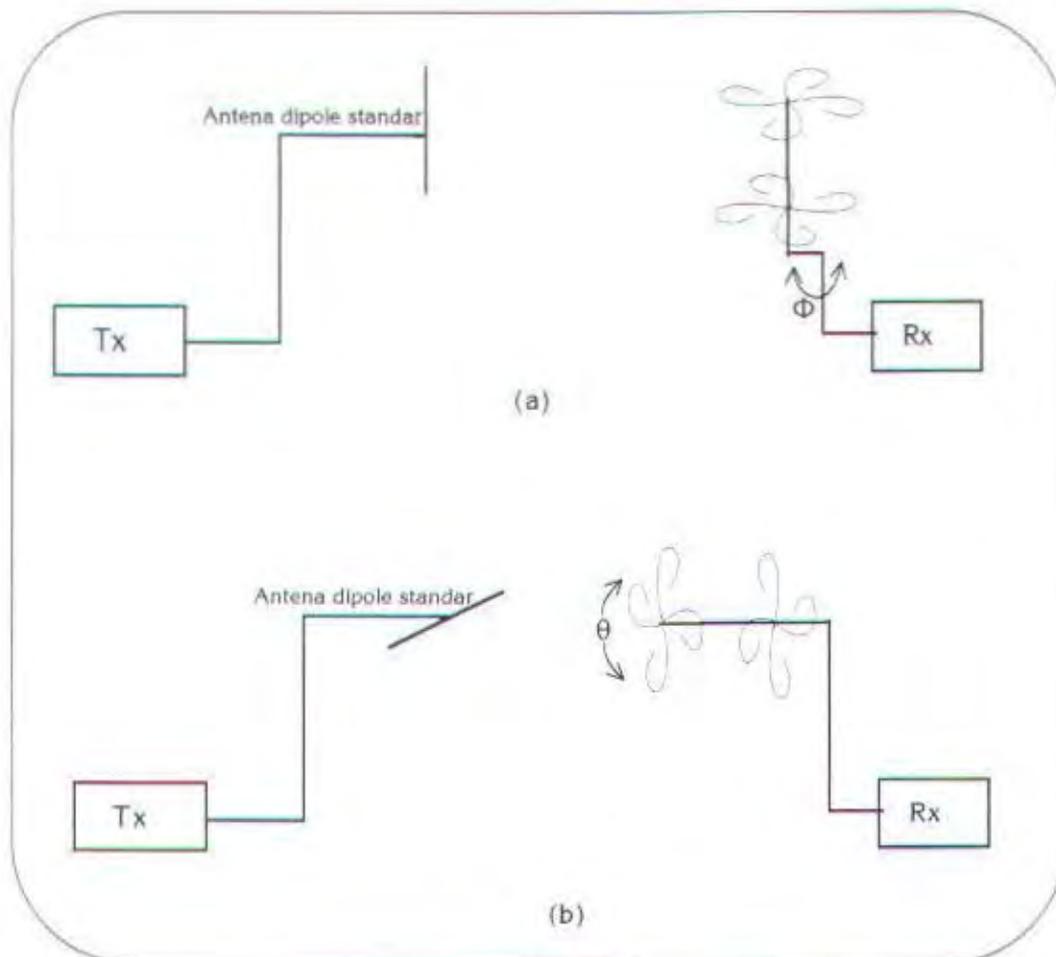
Pola radiasi antena terdiri dari dua unit radiasi, yaitu pola radiasi bidang E dan pola radiasi bidang H atau lebih dikenal dengan pola radiasi bidang vertikal dan bidang horisontal. Pola radiasi bidang E (vertikal) adalah pola radiasi dari komponen E_θ dan E_ϕ dari medan listriknya sebagai fungsi dari sudut θ dengan sudut ϕ dan jarak r tertentu. Sedang pola radiasi H (horisontal) adalah pola radiasi dari komponen H_θ dan H_ϕ medan listriknya sebagai fungsi sudut ϕ dengan sudut θ dan jarak r tertentu.

Dalam penggambaran pola radiasi ada beberapa macam yaitu : pola linear, pola logaritmik dan pola rectangular linear.

Pengukuran yang dilakukan di sini menggunakan prinsip resiprositas yang menyatakan bahwa antena mempunyai sifat yang sama, baik sebagai pemancar ataupun sebagai penerima. Sedangkan alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran pola radiasi adalah :

- Signal Generator
- Dipole standart
- Field Strength meter
- MHW (penguat RF)

Metode pengukuran seperti terlihat pada gambar 5.7.



GAMBAR 5.7

METODE PENGUKURAN POLA RADIASI

(A) BIDANG H (B) BIDANG E

V.5.1 Pola Radiasi Bidang E

Langkah- langkah yang dilakukan dalam melakukan pengukuran pola radiasi bidang E adalah sebagai berikut :

1. Menyusun peralatan seperti pada gambar 5.7 b.
2. Antena dipole standar diatur pada frekuensi yang dikehendaki dengan level tertentu.
3. Signal Generator diset pada frekuensi yang dikehendaki.
4. Field Strength meter ditala pada frekuensi yang

dikehendaki.

5. Pengukuran dilakukan dengan membuat variasi terhadap θ dengan step 10 derajat dan mencatat penunjukan pada Field Strength meter.

V.5.2 Pola Radiasi Bidang H

Langkah-langkah pengukuran hampir sama dengan pengukuran pola radiasi bidang E, yaitu :

1. Peralatan disusun seperti pada gambar 5.7 a.
2. Melakukan langkah 2 sampai langkah 5 pada sub-bab V.5.1 di atas.
3. Antena diputar terhadap sudut ϕ dengan step 10 derajat dan mencatat penunjukan hasil pada Field strength meter.

V.5.3 HASIL PENGUKURAN POLA RADIASI

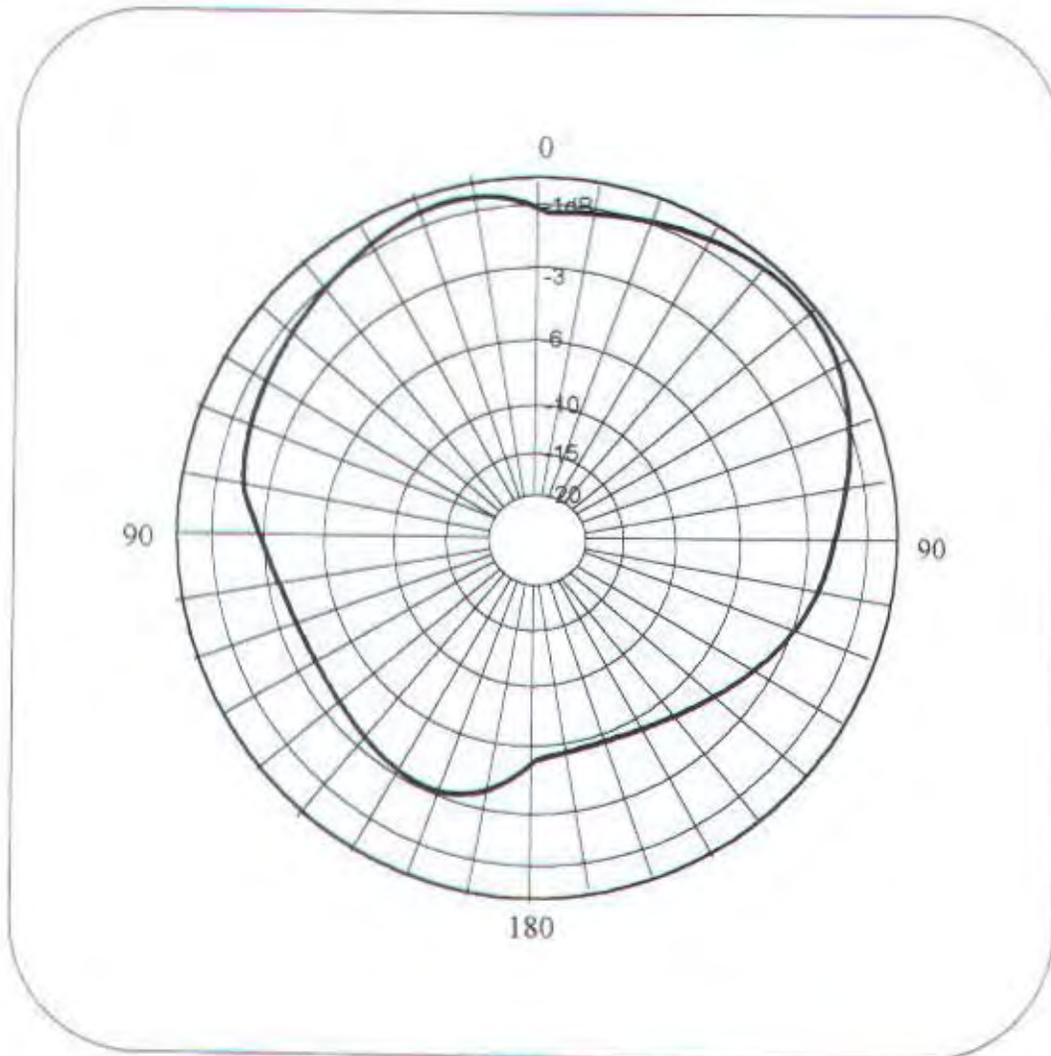
• Bidang E

Dengan mengikuti langkah- langkah pada bagian V.5.1 di atas, maka didapatkan hasil- hasil pengukuran yang diset pada frekuensi kerja 93 MHz, seperti terlihat pada tabel 5.3 yang kemudian dikonversikan ke diagram polar.

Untuk mengkoversi ke diagram polar, maka harga terbesar dijadikan patokan sebagai harga maksimumnya, kemudian harga konversi tersebut diplot pada diagram polar, sehingga diperoleh sifat pola radiasi dari antena tersebut seperti pada gambar 5.8.

TABEL 5.3
HASIL PENGUKURAN POLA RADIASI BIDANG E

E_0 ($\phi = 90^\circ, r$ konstan)	Level Daya yang diterima (dB μ V)	Hasil Konversi (dB)
0	76,8	-1,8
10	77,8	-0,8
20	77,7	-0,9
30	77,4	-1,2
40	77,4	-1,5
50	77,1	-1,1
60	77,5	-1,5
70	77,1	-1,1
80	76,7	-1,5
90	76,7	-1,9
100	76,6	-1,9
110	74,7	-3,9
120	74,6	-4,0
130	74,7	-3,9
140	75,1	-3,4
150	76,1	-2,5
160	74,7	-3,9
170	74,7	-3,9
180	73,4	-5,2
E_0 ($\phi = 270^\circ, r$ konstan)	Level Daya yang diterima	Hasil Konversi
180	73,4	-5,2
170	73,9	-4,7
160	73,3	-5,3
150	73,0	-5,6
140	73,7	-4,9
130	73,9	-4,9
120	76,0	-2,6
110	77,3	-1,3
100	76,5	-2,1
90	76,6	-2,0
80	77,2	-1,4
70	77,3	-1,3
60	78,2	-0,4
50	78,6	0
40	78,2	-0,4
30	77,1	-1,5
20	77,5	-1,1
10	78,1	-0,5
0	76,8	-1,8



GAMBAR 5.8

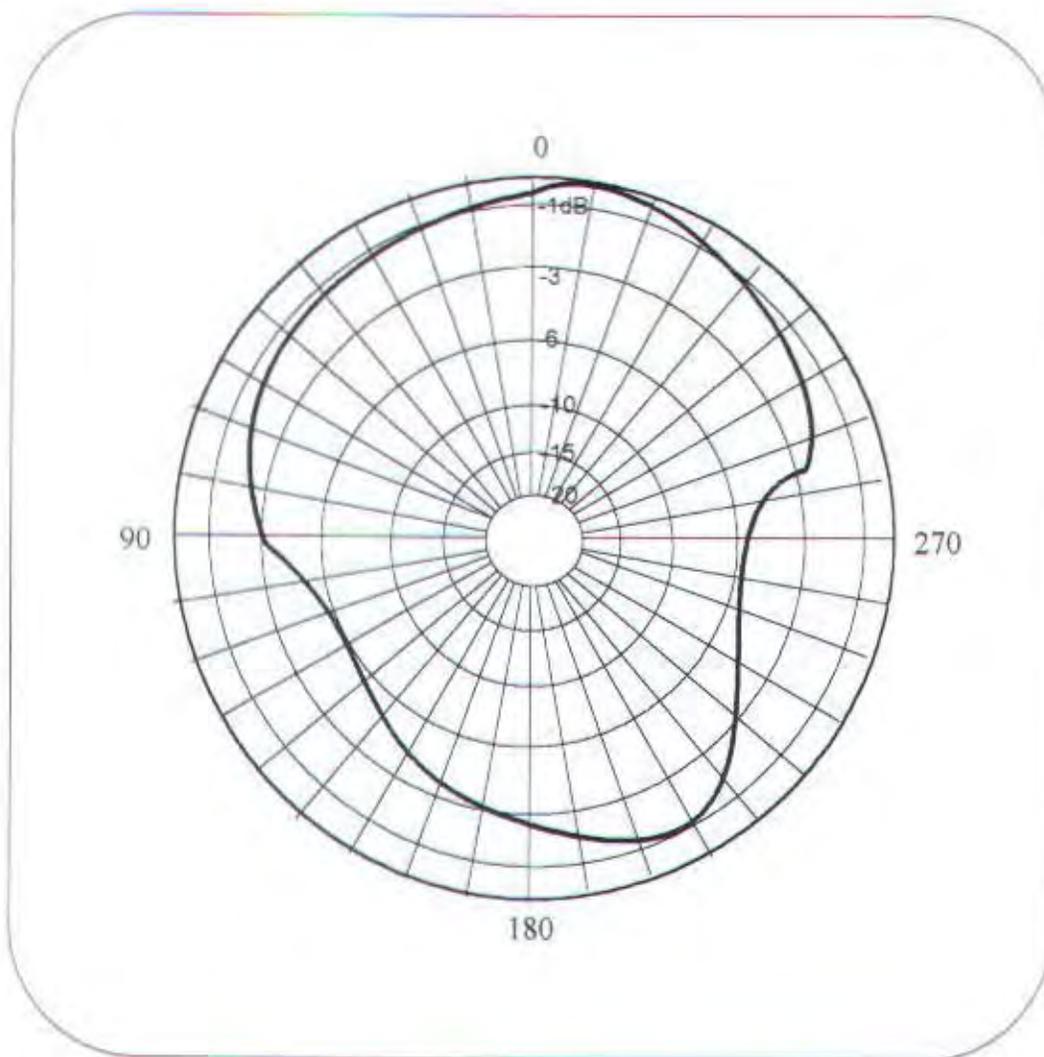
HASIL PENGAMBARAN POLA RADIASI BIDANG E (VERTIKAL)

• Bidang H

Dengan mengikuti langkah- langkah pada bagian V.5.2 di atas, maka didapatkan hasil- hasil pengukuran yang diset pada frekuensi kerja 93 MHz, seperti terlihat pada tabel 5.4 yang kemudian dikonversikan ke diagram polar. Dengan cara yang sama pada perhitungan bidang E, maka didapat hasil seperti terlihat pada gambar 5.9.

TABEL 5.4
HASIL PENGUKURAN POLA RADIASI BIDANG H

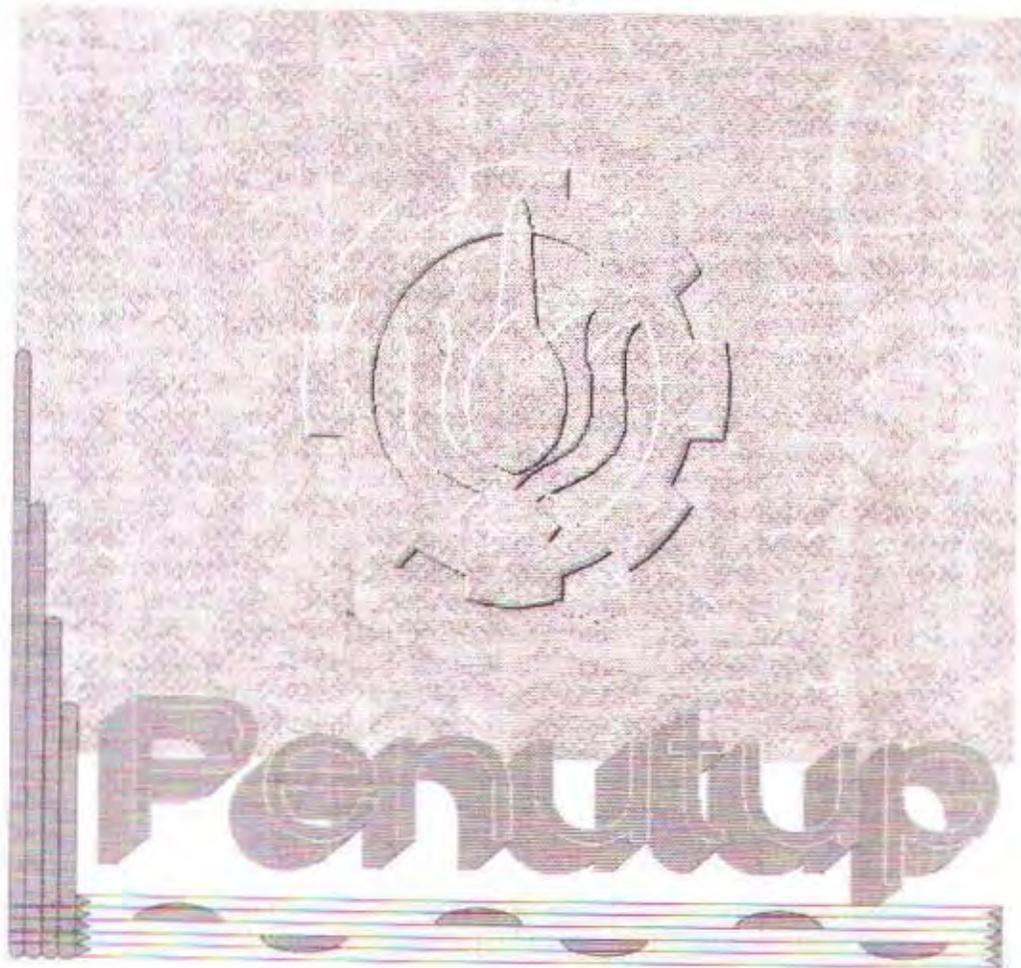
H_{ϕ} ($\theta = 90^{\circ}$, r konstan) (derajat)	Level Daya yang diterima (dB μ V)	Hasil Konversi (dB)
0	68,7	-1,2
10	67,2	-2,7
20	65,9	-3,0
30	67,3	-2,6
40	66,2	-3,7
50	64,5	-5,4
60	64,2	-5,7
70	64,4	-5,5
80	65,8	-4,1
90	64,3	-5,6
100	63,9	-6,0
110	64,2	-5,7
120	63,9	-6,0
130	65,8	-4,1
140	67,5	-2,4
150	68,6	-1,3
160	67,6	-2,3
170	67,5	-2,4
180	67,7	-2,2
190	66,5	-3,4
200	67,0	-2,9
210	66,7	-3,2
220	69,6	-0,3
230	66,1	-3,8
240	66,7	-6,1
250	65,1	-4,8
260	64,8	-5,1
270	63,3	-6,6
280	65,9	-4,0
290	64,3	-5,6
300	64,4	-5,5
310	66,7	-3,2
320	64,5	-5,4
330	68,1	-1,8
340	69,1	-0,8
350	69,9	0
360	68,7	-1,1



GAMBAR 5.9

HASIL PENGGAMBARAN POLA RADIASI BIDANG H (HORIZONTAL)

CC



" Dan Kami hamparkan bumi itu dan Kami letakkan padanya gunung- gunung yang kokoh dan Kami tumbuhkan padanya segala tanaman yang indah dipandang mata. Untuk menjadi pengajaran dan peringatan bagi tiap- tiap hamba yang kembali (mengingat) Allah." (Qaaf : 7-8)

BAB VI

PENUTUP

VI. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengukuran karakteristik antena Cloverleaf, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut segi teknis maupun segi non teknis, yaitu :

1. Bentuk fisik konduktor untuk dijadikan antena, selain memiliki sifat konduktor yang baik juga perlu diperhatikan tingkat kekokohan konduktor tersebut, karena untuk antena jenis ini, bentuk antena juga berfungsi sebagai tower.
2. Untuk dapat mengetahui karakteristik antena, bisa dilakukan beberapa pendekatan antara lain pendekatan secara matematis, geometris dan praktis, dalam hal ini untuk mengetahui karakteristik antena Cloverleaf digunakan metode pendekatan praktis yaitu dengan melakukan pengukuran karakteristik antena.
3. Dari hasil pengukuran VSWR antena Cloverleaf mempunyai karakteristik yang narrowband (berband sempit), namun hal ini sudah mencukupi untuk keperluan broadcasting. VSWR yang terukur antara harga 1,3 sampai 4,0 pada range frekuensi FM Broadcasting (88 MHz - 108 MHz).

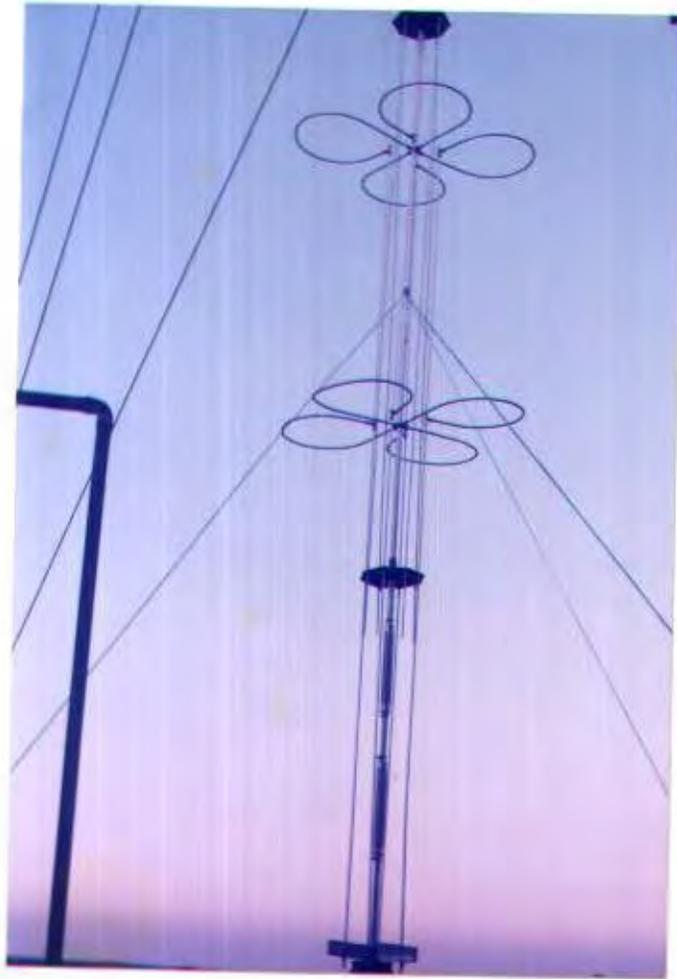
4. Antena Cloverleaf hasil pembuatan mempunyai power gain yang relatif sedikit lebih besar terhadap antena dipole standard yaitu sekitar 1,1 dBd sampai 2,9 dBd.
5. Pola radiasi yang dihasilkan antena Cloverleaf mempunyai sifat omnidirectional (ke segala arah).
6. Ketidaksesuaian frekuensi center antara perencanaan dan kenyataan dimungkinkan karena dalam pembuatan antena, jarak dan ukurannya terjadi selisih yang dikarenakan ketidakteelitian penulis atau karena kesalahan alat ukur yang sudah tidak presisi lagi, namun setidaknya hal ini sudah bisa dijadikan patokan atas kebenaran hasil pengukuran ini.

VI.2 SARAN

1. Dalam perencanaan antena Cloverleaf, hal-hal yang berpengaruh terhadap karakteristik antena perlu diperhatikan agar didapatkan karakteristik yang sesuai dengan yang kita harapkan. Antara konduktor satu dengan yang lain yang perlu dihubungkan harus dipastikan benar-benar terhubung dengan baik, begitu juga antar konduktor yang tidak perlu terhubung, maka harus dipastikan agar benar-benar tidak terhubung.
2. Ketelitian dalam pengukuran sangat membantu dalam mengukur karakteristik antena, oleh karena itu diperlukan suatu alat ukur yang benar-benar presisi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Brown - Sharp - Hughes - Post, *Line Wave And Antenna*, Second Edition, John Wiley And Sons, 1973.
2. C. A. Ballanis, *Antenna Theory And Design*, Harper And Row Publishers, New York, 1982.
3. Edward A. Wolff, *Antenna Analysis*, 2 nd. ed, Artech House, 1988.
4. Henry Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, Mc Graw Hill, New York, 1984.
5. J.D. Krauss, *Antenna*, Mc Graw Hill, New York, 1984.
6. Philip H. Smith, *Proc. IRE*, Volume 35, number 12, 1946.
7. Richard C. Johnson And Henry Jasik, *Antenna Engineering Handbook*, Mc Graw Hill, NY, 1984.
8. Thomas A. Milligan, *Modern Antenna Design*, Mc Graw Hill Book Company, NY, 1985.
9. W.L. Stutzman And G.A. Thiele, *Antenna Theory And Design*, John Willey And Sons, New York, 1981.
10. W.L. Week, *Antenna Engineering*, Mc Graw Hill Book Company, 1968.
11. W. Sinemma, *Electronic Transmission Technologi*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1979.



Gambar A1.

Hasil Pembuatan Antena Cloverleaf 2 Bays



Gambar A.2

Antena Dipole Standar sebagai Antena Pembanding



Gambar A.3

Peralatan- peralatan yang Dipakai Dalam Pengukuran
Karakteristik Antena

Usulan Tugas Akhir

1. Judul Tugas Akhir : Perencanaan dan Pembuatan Antena FM Broadcast 4 Bays
2. Ruang Lingkup :
 - Transmisi Gelombang Elektromagnetik
 - Teori dan Perencanaan Antena
3. Latar Belakang : Dewasa ini peranan antena dirasa sangat penting sejalan dengan semakin pesatnya media komunikasi gelombang radio. Antena juga berfungsi sebagai transduser yang mengubah suatu gelombang elektromagnetik udara dan sebaliknya. Mengingat bahwa penerima mempunyai bentuk antena yang tidak tentu, maka supaya tidak kehilangan banyak daya yang disebabkan oleh perbedaan polarisasi, maka disusun antena yang mempunyai persyaratan pola radiasi omnidirectional, yaitu pola radiasi yang mempunyai daya pancar ke segala arah sama besar, dengan polarisasi melingkar.
4. Penelaahan Studi : Pada perencanaan dan pembuatan model antena FM Broadcast 4 bays perlu dilakukan langkah- langkah sebagai berikut :

Langkah teoritis :

 - memahami teknik perambatan gelombang elektromagnetik.
 - memahami teknik dasar antena, pencatuan, matching dan penggabungan beberapa bays.

Langkah praktis :

- pembuatan dan pengukuran parameter- parameter yang diinginkan.

5. Langkah- langkah :

- Studi literatur
- Perencanaan dan Pembuatan alat
- Pengukuran antena
- Penyusunan buku Tugas Akhir

6. Tujuan :

Merencanakan dan membuat model antena FM Broadcast 4 Bays yang memiliki pola radiasi omnidirectional Broadside dengan polarisasi melingkar.

7. Relevansi :

Dengan dibuatnya Tugas Akhir ini, diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu acuan pembuatan antena FM Broadcast.

8. Jadwal Kegiatan :

	Bulan					
	1	2	3	4	5	6
1. Studi Literatur	█					
2. Pembuatan Alat		█				
3. Pengukuran Antena			█			
4. Penyusunan Naskah				█		

RIWAYAT HIDUP

A. IDENTITAS PENULIS



Nama : Teguh Prihatin
Tempat Lahir : Banyuwangi
Tanggal Lahir : 23 Pebruari 1973
Agama : Islam
Alamat : Jl. Semeru II / 22 Genteng
Banyuwangi

Penulis adalah putra kelima dari enam bersaudara yang terlahir dari seorang ibu yang bernama Samirah dan ayah yang bernama Soekardi.

B. RIWAYAT PENDIDIKAN :

1. SDN GENTENG III BANYUWANGI, lulus tahun 1985
2. SMPN I GENTENG - BANYUWANGI, lulus tahun 1988
3. SMAN I GENTENG - BANYUWANGI, lulus tahun 1991
4. Diterima di Jurusan Teknik Elektro - FTI - ITS melalui jalur UMPTN pada tahun 1991, dan saat ini sedang menyelesaikan Tugas Akhir.

C. PENGALAMAN KEMAHASISWAAN

1. Asisten Praktikum Dasar Sistem komunikasi , tahun 1995.
2. Asisten Praktikum Sistem komunikasi Lanjut I, tahun 1996.
3. Koordinator dan asisten Praktikum Sistem Komunikasi lanjut II, tahun 1996.
4. Kerja Praktek di PT. Angkasa Pura I Juanda dan di PT. Tripatra Consultan Engineering.
5. Asisten Pelatihan Antena pada proyek Pengabdian Masyarakat ITS.
6. Anggota team ITS pada proyek pemasangan pemancar di desa Dungek Sumenep - Madura.