

ANALISA RUGI-RUGI ANTENA PEMANCAR FM ISTAKALISA YOGYAKARTA

Sigit Priyambodo¹

ABSTRACT

Everyone basically knows and perceives about the function of antenna. The antenna is a tool or device which has function to receive and transmit signals from a point to another.

According to the research of IstaKalisa's FM Transmitter Radio antenna of Yogyakarta, the writer will give conclusion of research. Loss which affect the working of transmitting radio stations are loss of cord, loss of space damping, and loss of resistance. They make fading on the transmitting power where the fading is in dB unit. Moreover, the position and location of Istakalisa FM transmitter radio station is in the downtown. It does not support to the transmitting system caused by ground conductivity is less than standard and also numbers of high buildings.

Key words: Antenna, impedance, loss, polarization, gain.

INTISARI

Pada dasarnya semua orang tahu dan mengerti fungsi dari suatu antena. Antena adalah suatu alat atau piranti yang berfungsi untuk menerima atau mengirim isyarat /data dari satu titik ke titik yang lainnya.

Dari hasil penelitian terhadap antena Radio Pemancar FM Istakalisa Yogyakarta, penulis akan menyimpulkan hasil dari penelitian. Rugi-rugi yang mempengaruhi kinerja stasiun radio pancar diantaranya adalah rugi-rugi kabel, redaman ruangan, rugi-rugi hambatan. Sehingga dari adanya rugi-rugi tersebut mengakibatkan pelemahan daya yang terpancar dimana pelemahan tersebut dalam satuan dB. Selain itu posisi stasiun radio pemancar FM Istakalisa yang terletak pada daerah perkotaan juga kurang menguntungkan bagi sistem pemancaran karena konduktivitas tanah yang kurang bagus dan banyaknya gedung-gedung yang tinggi.

Kata kunci : Antena, impedansi, rugi-rugi, polarisasi, gain.

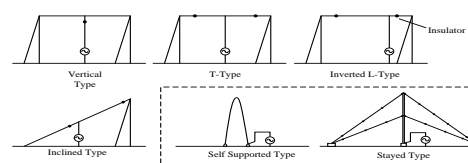
PENDAHULUAN

Antena-antena model baru itu selalu dicari orang untuk dibuktikan kemampuannya. Dengan mengganti antena baru, orang ingin mendapat gambar yang lebih halus dan tajam di layar TV-nya. Untuk "mendapatkan" kualitas gambar yang lebih baik, ada juga yang mencoba membuat sendiri. Banyak sekali orang yang secara asal menam-bahkan bahan alumunium untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik, dan secara yang tidak sengaja cara-cara seperti itu biasa menambah performa antena.

Semua peralatan komunikasi dimana menggunakan media radio pasti membutuhkan kegiatan semacam itu. Kita dapat melihat stasiun radio siaran yang berusaha membangun sistem antena berkualitas agar siarannya dapat diterima dengan baik pada area yang luas, Jadi performa antena yang baik memang selalu dicari orang dalam rangka menda-

patkan kualitas komunikasi radio yang baik. Kualitas komunikasi radio yang baik akan menyebabkan, antara lain: gambar di TV lebih halus dan tajam, musik yang didengar di radio FM mendekati atau berkualitas Hi-Fi, komunikasi telepon seluler akan sejernih telepon kabel (Erwin Robert, M, 1986).

Antena penyiaran radio secara garis besar dapat diklasifikasikan menurut bentuknya, seperti tipe kawat dan antena tipe menara, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



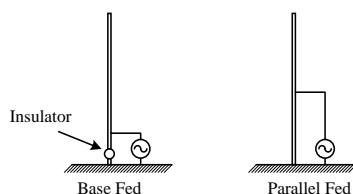
Gambar 1 Pengklasifikasian antena penyiaran radio berdasarkan bentuk.

¹Staf pengajar Jurusan Teknik Elektro ISTA Yogyakarta

Dalam hal antenna tipe kawat, terdapat: tipe vertikal, tipe-T tipe L terbalik dan tipe miring ke atas: kadang-kadang beberapa kawat digunakan/dipakai secara sejajar. *Supporting mast* diperlukan untuk antenna-antena tipe kawat, tetapi karena arus induksi pada mast umumnya mengganggu pengarahannya horisontal antenna tersebut, perlu dipasang *countermeasures* untuk mengurangi arus *mast* (Kaus, 1988).

Karena antenna tipe kawat tidaklah setara untuk dibandingkan dengan tipe menara (yang akan diuraikan nanti) antenna-antena tipe kawat hanya dipakai pada stasiun-stasiun kecil. Dalam hal antenna tipe menara, badan menara itu sendiri dipakai sebagai radiator untuk mengalirkan arus. Berdasarkan strukturnya, tipe menara dapat diklasifikasikan ke dalam tipe *self supported* (berdiri sendiri) dan tipe *stayed* (skoor).

Tipe base feed. Arus dialirkan ke dalam base radiator. Kebanyakan antenna bertipe seperti ini. Dalam hal antenna-antena tipe menara. Base-nya diisolasi dengan insulator. Tipe ini juga disebut tipe feeding seri.



Gambar 2 Antena Penyiaran Radio
Diklasifikasikan Berdasarkan Sistem
Feeding

Tipe feeding sejajar: titik feeding terletak dimana saja pada badan antenna. Mengingat base-nya dapat diground tipe ini lebih cocok menggunakan menara untuk menunjang antenna-antena penyiaran TV/FM atau antenna-antena komunikasi lainnya. Tipe ini juga lebih disukai untuk mengatasi masalah sambaran petir, tetapi efisiensi antenna ini agak rendah.

Pemakaian eksklusif: khusus untuk penyiaran radio. Pemakaian umum: digunakan sebagai bangunan penunjang untuk pemasangan antenna-antena penyiaran TV /FM, antenna-antena penerima STL, atau antenna komunikasi lainnya. Ji-

ka menara radio tersebut bertipe base feed maka alat *coupling* tipe insulasi digunakan untuk feeder-feeder yang lain.

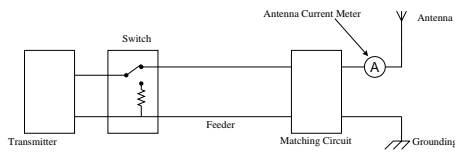
Pada umumnya antenna-antena *non-directive* (tidak dapat diarahkan) dipakai untuk penyiaran radio: tetapi, jika diperlukan pengarahannya horisontal, harus digunakan antenna *directional*.

Mengenai persyaratan lingkungan suatu stasiun pemancaran radio, hendaknya dipilih lokasi dengan konduktivitas tanah yang bagus. Hal ini didasarkan pada propagasi pada umumnya. Mengingat harga tanah dan interferensi pada wilayah-wilayah sekitarnya, maka stasiun-stasiun pemancaran biasanya terletak di wilayah persawahan di pinggiran kota. Oleh karena itu lokasi stasiun pemancaran pada umumnya terpisah dari studio.

Beberapa hal yang perlu diperhitungkan: kemudahan suplai listrik, konstruksi tanah *line* atau *link-link*/saluran dari studio ke pemancar untuk pemancaran program-program, gangguan menara pada rute penerbangan serta interferensi pada fasilitas-fasilitas komunikasi yang dinilai penting, dan lain-lain. Stasiun-stasiun pemancaran radio sering berlokasi dekat pantai, pada sebuah pulau kecil, atau kadang-kadang bahkan di rawa-rawa (daerah yang berair). Dalam hal yang disebut terakhir, dampak tanah/ground cukup bagus, konduktivitas tanah tinggi dan juga memiliki karakteristik ke-listrikan yang bagus. Tetapi beberapa dampak negatif perlu juga diperhitungkan antara lain: menara-menara antenna dan perlengkapan /peralatan lain cepat berkarat karena tiupan angin laut, kerusakan karena angin topan, ketahanan tanah, transportasi peralatan dan barang-barang keperluan lainnya serta masalah pemeliharaan.

Secara umum, yang disebut antenna ditentukan mulai meter arus antenna ditempatkan (Gambar 3). Impedansi antenna diukur mulai titik ini, dan komponen tahanan dikalikan dengan arus antenna kuadrat sama dengan kekuatan antenna.

Perlu diketahui bahwa dalam pengklasifikasian pekerjaan konstruksi, fasilitas-fasilitas / perlengkapan di luar switch antenna-*dummy* (termasuk antenna yang terkait) biasanya disebut perlengkapan antenna (*antenna facilities*).



Gambar 3 Diagram Blok Perlengkapan Antena

Antena tipe *grounded* memiliki arti sebagai sebuah terminal input dari sistem radiasi maupun antena, dan berupa sirkuit balik dari arus antena. Aliran arus melalui kawat *grounding* dari bumi/tanah disebut *earthing current*. Tujuan lain dari grounding adalah untuk mengamankan fasilitas atau perlengkapan penyiaran dari sambaran petir. Disamping hal-hal tersebut diatas, grounding (sesuai dengan Standar Teknikal Peralatan Listrik) juga penting untuk keamanan manusia dan peralatan.

Karena tahanan bumi (*earthing resistance*) merupakan bagian terbesar dari *loss resistance* yang dihubungkan secara seri dengan antena, maka tahanan bumi sebaiknya dibuat sekecil mungkin. Jika tahanan bumi = R_g , tahanan lain = R_t dan tahanan antena = R_a , maka efisiensi antena (η) menjadi :

$$\eta = \frac{R_a}{R_a + R_g + R_t} \quad (1)$$

Dari persamaan diatas dapat dinyatakan bahwa bila tahanan antena rendah, tahanan bumi juga harus rendah.

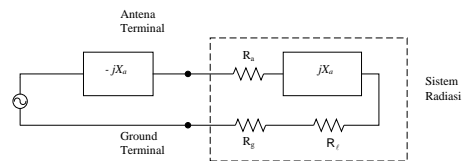
Nilai tahanan bumi, untuk mudahnya, biasanya diukur oleh arus frekuensi rendah, tetapi lain halnya jika mengenai tahanan efektif pada frekuensi pengoperasiannya.

Mempertimbangkan sifat bumi (yang radial) maka pengaruhnya pada efisiensi antena penting untuk diperhitungkan, dalam hal tinggi antena 0.5λ , dan konduktifitas HF efektif ground tinggi, grounding dapat disederhanakan.

Sejumlah konduktor ditanam secara radial dari kabel grounding utama base antena bersama dengan jalur arus bumi (*earth current*). Jari-jari (radius) grounding sekurang-kurangnya harus sama dengan tinggi antena.

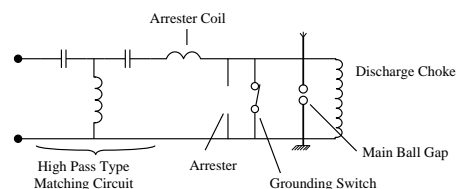
Karena antena pemancar pasti lebih tinggi dari bangunan-bangunan di sekitarnya, maka lebih besar kemungkinan

annya antena disambar petir. Kerusakan utama karena sambaran petir antara lain: pecahnya kondensator karena voltage tinggi, deformasi koil (karena kekuatan elektromagnetik) dan fusing pada konduktor, dan sebagainya.



Gambar 4 Loss pada Sistem Radiasi

Dalam hubungan ini ada dua macam arus petir. Untuk komponen-komponen arus yang besar dengan jangka waktu yang sangat singkat, impedansi pada sisi sikuit *matching* harus lebih tinggi dari pada impedansi pada base antena sehingga *discharge* akan selalu terjadi pada *Ball-Gap*. Arus yang tidak begitu besar dengan durasi yang panjang mempunyai jumlah energi yang jauh lebih tinggi dari yang tersebut pertama, dan dianggap sebagai penyebab kerusakan yang sebenarnya. Hal ini dapat diatasi (diblok) dengan menyisipkan kondensator secara seri. Rangkaian *Matching Hing Pass* juga banyak dipakai.



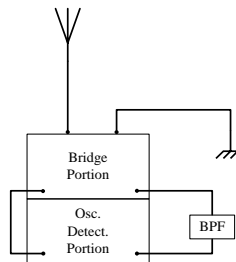
Gambar 5 Circuit Base Antenna

Pada pemancar berkekuatan menengah atau tinggi pengaman kejutan (*surge protector*) biasanya dipasang untuk mendeteksi *discharge* (yang kadang-kadang terjadi) pada rangkaian beban.

Sebagai tambahan, pada stasiun-stasiun pemancaran. Beberapa *counter-measures* seperti transformer isolasi dan/atau arrester juga harus disediakan untuk mengatasi petir yang masuk melalui saluran listrik atau saluran komunikasi.

Untuk pengukuran impedansi antena penyiaran radio, biasanya diguna-

kan *bridge* (jembatan) impedansi frekuensi tinggi. Tetapi pengoperasian alat ini agak rumit/sulit dan alat ini tidak cocok untuk pengukuran dalam waktu singkat. Lagi pula, alat ini memiliki kekurangan: yaitu jangkauan impedansi yang dapat diukur agak sempit. Namun sebaliknya, pembacaan langsung meter impedansi lebih bagus, tetapi arus yang diukur kecil dan pemilihan frekuensi buruk, alat ini mutlak tidak dapat dipakai (apalagi jika terdapat gelombang-gelombang eksternal). Bahkan jika menggunakan jembatan impedansi (*impedance bridge*), gelombang-gelombang luar yang kuat dapat mengganggu penyesuaian *balancing*, dan sebuah filter *band-pass* untuk komponen-komponen frekuensi untuk mengukur disisipkan sebelum detektor (Gambar 6). Pada frekuensi dimana gelombang eksternal, pengukur frekuensi digeser sedikit untuk menghindari interferensi.



Gambar 6 Bridge Impedansi Frekuensi Tinggi

Dalam pengukuran frekuensi antara 400–5.000 KHz, komponen resistif antara 0–800 Ω dan komponen reaktif 1.600 Ω pada 1 MHz. komponen reaktif harus dikonversi oleh frekuensi. Jika frekuensi tinggi atau impedansi tinggi, maka diperlukan pemasangan kompensasi melawan kapasitan statik pada terminal instrumen.

Kekuatan antenna P_{in} dapat diperoleh dari arus antenna I_a dan tahanan antenna R_a dengan menggunakan rumus berikut:

$$P_{in} = I_a^2 R_a \quad (2)$$

Dalam hal antenna terarah tipe *feed* kembar, maka dihitung dengan impedansi dan nilai arus pada titik cabang *power*.

Menggunakan meter intensitas medan dan pilih tempat yang tidak saluran-saluran di atasnya atau objek-objek/benda-benda lain yang mungkin mengganggu propagasi gelombang.

Mengukur intensitas medan E (mV/m) pada titik pengukuran yang dipilih dengan interval kira-kira 20° sudut azimuth pada sekeliling lingkaran berjari-jari ± 1 Km dari antenna. Kemudian konversikan hasil-hasil pengukuran pada intensitas medan E_i (mV/m) dari kekuatan antenna yang dimaksud pada jarak 1 Km dengan menggunakan persamaan berikut, dan buatlah plot pada koordinat-koordinat polar.

$$E_i = E \cdot D \sqrt{\frac{P}{P_{in}}} \quad (3)$$

Dimana, D adalah jarak (Km) dari antenna ke tiap-tiap titik pengukuran, P adalah kekuatan antenna yang diukur, P_{in} adalah kekuatan antenna pada saat pengukuran kekuatan medan pada titik pengukuran No. 1.

Dalam hal antenna non-direktif, rata-rata intensitas medan E_{rms} pada jarak 1Km diperoleh dari nilai rata-rata E_i dari semua titik pengukuran sebagai berikut:

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n E_i^2}{n}} \quad (4)$$

Dimana, n adalah jumlah titik pengukuran.

Efisiensi antenna yang "sebenarnya" (*apparent efficiency*) adalah,

$$G_n = \left[\frac{E_{rms}}{E_0} \right]^2 \times 100(\%)$$

$$E_0 = 300 \sqrt{P} \quad (\text{mV/m}) \quad (5)$$

Dimana E_0 adalah intensitas medan pada jarak 1 km dari antenna standar, P adalah kekuatan antenna yang dikehendaki (Kw).

Dapatkan gain antenna G berdasar struktur antenna dari diagram, dan kemudian antenna n dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$n = \frac{G_n}{G} (\%) \quad (6)$$

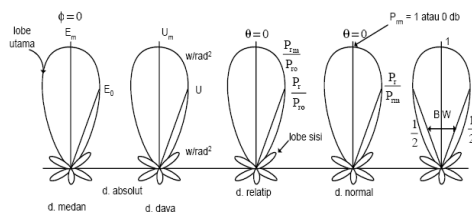
Karakteristik antena yang diturunkan dari antena sebagai sumber dapat dibuktikan berlaku sebagai penerima.

1) Diagram Arah

Diagram arah menunjukkan sifat pancaran antena ke berbagai arah (*pattern*); $r = \text{const.} \gg$

- Menurut besaran :
 - : Diagram medan. (listrik, magnet)
 - : Diagram daya. (P, U)
 - : Diagram fasa.
- Menurut skala :
 - : Diagram absolut \rightarrow dalam besarannya
 - : Diagram relatif \rightarrow terhadap referensi
 - : Diagram normal \rightarrow referensi max. = 1 atau 0 dB.

Diagram sebenarnya bentuk 3 dimensi; bisa digambarkan sebagai 2 dimensi/ penampang pada bidang \perp satu sama lain berpotongan pada poros lobe utama.



Gambar 7 Macam-macam diagram arah dan lobe antena

- Lobe utama : main lobe, major lobe daerah pancaran terbesar.
- Lobe sisi/samping : side lobe, minor lobe daerah pancaran sampingan.
- Diagram arah: $\frac{U}{U_m}$ sebagai fungsi dari θ, ϕ atau $\frac{E}{E_m}$ atau $\frac{H}{H_m}$ atau $\frac{P_r}{P_{rm}}$ sebagai fungsi $\theta, \phi, r = \text{constant}$.
- Sudut yang dibatasi oleh titik-titik 1/2 daya maksimum atau 3 db atau 0.701 ($\frac{1}{\sqrt{2}}$) medan maksimum, pada lobe utama disebut *beam width* atau *lebar berkas*.

2) Diagram fasa

Untuk bentuk periodik dengan frekuensi tertentu medan jauh diketahui seluruhnya jika diketahui :

- Amplitudo E_θ sebagai fungsi r, θ, ϕ
- Amplitudo E_ϕ sebagai fungsi r, θ, ϕ

Diagram fasa :

- Beda fasa δ antara E_θ dan E_ϕ sebagai fungsi θ dan ϕ ($r = \text{const.}$).
- Beda fasa η , E_θ atau E_ϕ terhadap harganya pada titik referensi ; fungsi θ, ϕ ($r = \text{const.}$).

Biasanya diambil penampang diagram 3 dimensi \rightarrow idem d arah

3) Pengarahan Direktivitas

Definisi :

$$D = \frac{U_m}{U_0} = \frac{\text{int. rad.mak.antena}}{\text{int. rad.rata2 antena}} \times 4\pi$$

$$D = \frac{4\pi U_m}{4\pi U_0} = \frac{4\pi \times \text{int. rad.maksimum}}{\text{daya total yang terpancar}}$$

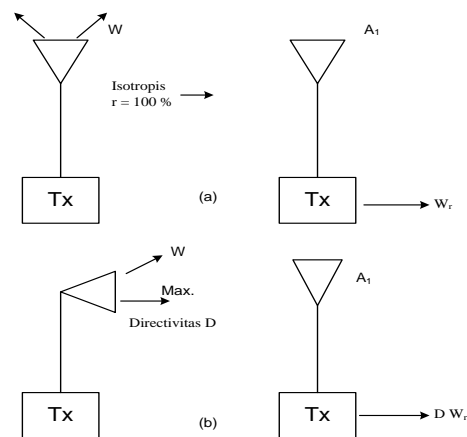
Jika fungsi diagram arah antena diketahui \rightarrow D dapat dihitung secara eksak, contoh :

$$U = U_m \cos\theta \begin{cases} 0 \leq \theta \leq \pi/2 \\ 0 \leq \phi \leq 2\pi \end{cases}$$

$U = 0$ untuk θ, ϕ lainnya.

$$W = 4\pi U_m = \pi U_m$$

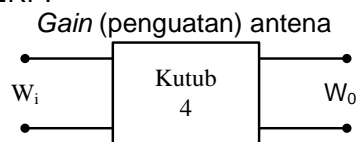
$$\rightarrow D = \frac{U_m}{U_0} = \frac{4\pi}{\lambda} = 4$$



Gambar 8 Arti Fisis Direktivitas

Penguatan antena dapat ditingkatkan dengan menambah elemen radiasi tambahan pada antena. Penguatan yang tinggi akan mengkonsentrasikan energi. Directional Antena dapat ditinggikan penguatannya melebihi penguatan

non directional Antena dengan cara membatasi energi radiasi dari beberapa macam directional. Directional Antena dipakai jika jarak tower (pemancar) dekat dengan sumber air dan juga pada daerah deretan pegunungan atau juga tempat di mana energi radiasi dapat dibuang. Penguatan Antena dinyatakan dalam power radio atau dalam dB. Contohnya, sebuah Antena memiliki penguatan power 2 sama dengan juga mempunyai penguatan 3 dB. A two-bay Antena memiliki penguatan power mendekati 2. Penguatan power digunakan pada transmitter dan rugi-rugi pada saat transmisi disebut ERP (*Effective Radiated Power*). Seperti contoh 10 KW pada transmitter dan power Antena = 5. Untuk menyatakan rugi-rugi dipakai ERP yang nilainya $10 \text{ KW} \times 5 = 50 \text{ KW ERP}$.



Gambar 9 Gain kutub 4

Gain antena didefinisikan

$$G = \frac{U_m}{U_{mr}} = \quad (7)$$

U_m = Intensitas radiasi maksimum dari suatu antena

U_{mr} = Intensitas radiasi maksimum dari suatu antena referensi dengan daya masuk sama.

Referensi : 1. Isotropis, efisiensi 100 %
2. Dipol $\frac{1}{2} \lambda$
3. Corong, dll

$$G_0 = \frac{\text{Int rad.mak antena}}{\text{Int rad.iso tanpa rugi - rugi}}$$

Effective Radiated Power adalah input *power* pada antena (keluaran daya pada pemancar) pada penguatannya. Dimana antena jenis polarisasi melingkar digunakan dan diaplikasikan terpisah antara radiasi *Horizontal-pool* dan *Vertical-pool*. Namun sering digunakan pada radiasi *Horizontal-Pool* saja.

Setiap waktu VSWR dari sistem Antena harus sering diperiksa dan diadjust ulang. Bila exciter memiliki tombol pada range frekuensi 10 kHz dan 50 kHz, maka dapat digunakan untuk mengecek VSWR pada frekuensi yang berbeda pa-

da saat transmitter dioperasikan pada power rendah. Sebagai indikator dapat digunakan reflector. Alternatif lainnya dengan peralatan yang memiliki pembangkit sinyal, tes impedance dan mampu melakukan analisa jaringan. VSWR harus diukur untuk memastikan respon pantulan yang terjadi stabil pada 130 kHz untuk setiap frekuensi pembawanya. Pada jaringan transmisi yang panjangnya lebih besar dari 100 m disarankan agar bandwidth VSWR dibawah 1.08 : 1 pada range frekuensi 130 kHz. Namun penambahan panjang jalur transmisi ini akan menambah delay sehingga amplitudo dari pantulannya harus dikurangi untuk hasil yang lebih baik.

VSWR yang terukur dengan menggunakan reflectometer pada transmitter tidak akan mempengaruhi jangkauan sinyal. Namun jika perbandingan VSWR 1.1:1 akan mengurangi efisiensi penguatan akhir. Kekurangan lainnya akibat VSWR ini adalah akan menyebabkan terjadinya modulasi sinyal dengan *AM noise*. Kualitas suara yang stereo juga tidak akan terdengar.

Distorsi dari *Intermodulasi* dan *Synchronous AM (SAM) noise* akan terjadi akibat VSWR pada sistem Antena. SAM merupakan faktor penting pada transmitter FM pada frekuensi sub pembawanya. SAM adalah modulasi AM akibat sinyal dari VSWR ini sehingga akan mempengaruhi kualitas suara khususnya suara stereo.

Dalam hal perancangan dan pembuatan pemancar sebagian besar mereka membutuhkan suatu piranti ukur yang dapat memberikan informasi mengenai performa dari peralatan telekomunikasi yang mereka rancang. Dalam hal ini, SWR (*Standing Wave Ratio*) Meter dapat digolongkan sebagai suatu piranti ukur yang mutlak dibutuhkan oleh mereka yang sedang merancang dan membuat sebuah peralatan telekomunikasi. Pada peralatan telekomunikasi perlu diperhatikan mengenai saluran transmisi antara pesawat pemancar dengan antena, dimana selama terjadi pengiriman sinyal maka pada saluran transmisi akan timbul apa yang disebut dengan sinyal RF datang (daya sinyal yang menuju pada antena) dan sinyal RF pantul (daya

sinyal yang kembali dari antenna). Perbandingan kedua sinyal ini merupakan suatu indikasi kecocokan (*match*) antara pemancar, saluran transmisi dengan antenna. Apabila perbandingannya cukup besar, dalam artian bahwa sinyal RF pantul hampir sebanding dengan sinyal RF datang maka kondisi peralatan pemancar tersebut tidak cocok (*mismatch*) dengan saluran transmisi dan antenna. Hal ini dapat mengakibatkan sinyal RF pantul yang kembali menuju ke rangkaian pemancar akan merusakkan komponen-komponen vital yang ada pada pemancar. Dari sinilah dibutuhkan suatu alat ukur SWR meter yang nantinya dapat digunakan untuk melihat dan menyesuaikan kondisi matching antara pemancar, saluran transmisi dan antenna.

Perbandingan antara daya RF datang dengan daya RF pantul disebut dengan perbandingan gelombang berdiri atau SWR. Dalam menggunakan SWR meter, kita bekerja pada satu masalah, yaitu impedansi dari saluran transmisi. Disini istilah "daya" akan digantikan dengan "tegangan", sehingga gelombang berdiri tersebut mempunyai tegangan maju (U_f-) dan tegangan mundur (U_r-). Kemudian nilai dari SWR tersebut dapat dinyatakan dengan :

$$SWR = \frac{(U_f + U_r)}{(U_f - U_r)} \quad (8)$$

Dari sini dapat dilihat apabila nilai SWR = 1, berarti adanya kesesuaian impedansi (*matching impedance*) antara pemancar, kabel transmisi dengan antenna. Inipun tidak dapat dikatakan bahwa sistem pemancar tersebut tidak mempunyai rugi-rugi, namun hanya keluaran dari pemancar sesuai dengan impedansi beban yang dibentuk oleh saluran transmisi.

Definisi :

- a. Polarisasi diarah tertentu = polarisasi gelombang yang dipancarkan antenna jika dipacu.
- b. Polarisasi gelombang jatuh dari arah tertentu yang menghasilkan daya maksimum yang diterima pada terminal antenna.

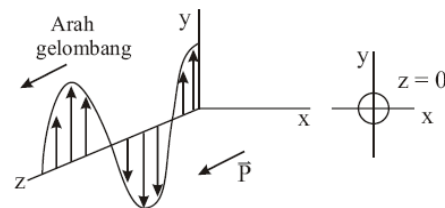
Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi dianggap sebagai polarisasi di arah maksimum lobe utama atau maksimum intensitas radiasi.

Umumnya polarisasi gelombang yang diradiasikan sifat gelombang EM yang menjelaskan arah dan amplitudo kuat medan listrik (vektor) sebagai fungsi waktu atau gambar yang dibentuk oleh vektor medan listrik pada suatu titik sebagai fungsi waktu atau arah gambar dilihat dari menurut arah perambatan gelombang.

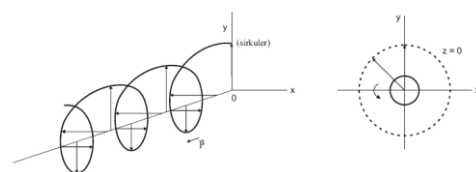
Jadi polarisasi medan berupa kurva yang diikuti oleh ujung vektor kuat medan listrik pada suatu titik sebagai fungsi waktu. Medan itu harus dilihat sepanjang arah perambatan.

Macam-macam polarisasi antenna:

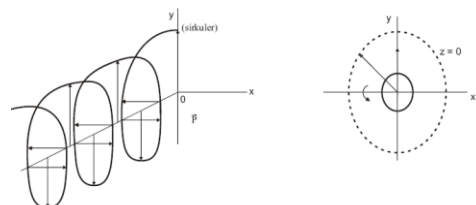
- 1) Polarisasi linier $\rightarrow \vec{E}$ pada garis
 - 2) Polarisasi sirkuler $\rightarrow \vec{E}$ pada lingkaran
 - 3) Polarisasi eliptis $\rightarrow \vec{E}$ pada eliptis
- Arah putaran \vec{E} :
- a. Searah jarum jam (CW)
 - b. Berlawanan arah jarum jam (CCW)



Gambar 9. Polarisasi linier



Gambar 10. Polarisasi lingkaran



Gambar 11. Polarisasi Gelombang Elektromagnetik

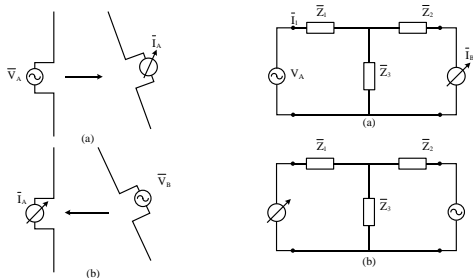
Saluran transmisi melihat antenna umumnya sebagai impedansi atau terminal *network* yang disebut sebagai impedansi terminal atau impedansi titik catu.



Gambar 12. Rangkaian Ekuivalen Antena

Impedansi antenna: impedansi sendiri jika antenna terisolasi dari keadaan di sekelilingnya. Impedansi sendiri terdiri dari tahanan dan reaktansi sendiri. Jika ada benda-benda lain di sekitar antenna maka pada terminal antenna impedansi ditentukan oleh impedansi sendiri dan impedansi gandeng terhadap benda-benda disekitarnya dan arus yang mengalir pada benda-benda dan atau antenna-antenna lainnya.

Teori Resiprositas Carson menyatakan bahwa untuk medium transmisi yang homogen dan isotropis maka : jika suatu tegangan dipasangkan pada terminal suatu antenna A dan diukur arus pada terminal antenna B, maka arus yang sama (amplitudo + fasa) akan diperoleh pada terminal A andaikata tegangan yang sama dipasangkan pada B (frekuensi sama, medium transmisi linier, pasif dan isotropis).



Gambar 13. Hukum Resiprositas Carson

Akibatnya diagram arah antenna sebagai pemancar dan penerima akan sama. Bukti teori Carson adalah sebagai berikut ;

Misalkan impedansi dalam dari generator dan amperemeter sama atau kedua-duanya = 0. transmisi energi an-

tara A dan B dapat digambarkan ekuivalen dengan rangkaian T: (medium: homogen, isotropis dan pasif). Perbandingan :

$$\frac{\bar{V}_A}{\bar{I}_B} = \bar{Z}_{AB} = \bar{Z}_{DA} = \frac{\bar{V}_B}{\bar{I}_A}$$

impedansi transfer dari gambar (a) :

$$\bar{I}_B = \bar{I}_1 \frac{Z_3}{Z_2 + Z_3} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} \bar{I}_1 &= \frac{\bar{V}_A}{\bar{Z}_1 + [\bar{Z}_2 \bar{Z}_3 / (\bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)]} \\ &= \frac{\bar{V}_A (\bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)}{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 + \bar{Z}_2 \bar{Z}_3 + \bar{Z}_3 \bar{Z}_1} \end{aligned}$$

Sehingga

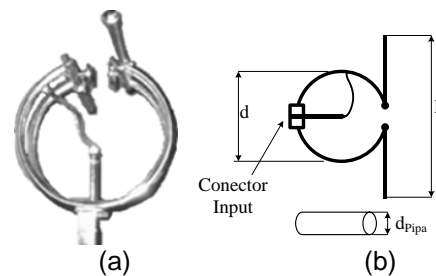
$$\bar{I}_B = \frac{\bar{V}_A \bar{Z}_3}{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 + \bar{Z}_2 \bar{Z}_3 + \bar{Z}_3 \bar{Z}_1}$$

Jika dipertukarkan seperti pada gambar (b) maka :

$$\bar{I}_A = \frac{\bar{V}_B \bar{Z}_3}{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 + \bar{Z}_2 \bar{Z}_3 + \bar{Z}_3 \bar{Z}_1} \tag{10}$$

$$\bar{V}_A = \bar{V}_B \text{ maka } \bar{I}_A = \bar{I}_B \text{ q.e.d.}$$

Supaya penulis dapat menyelesaikan analisa, penulis mencari data-data tentang struktur bentuk dasar antenna yang di gunakan oleh pemancar radio FM Istakalisa Yogyakarta, data yang penulis peroleh diantaranya adalah :



Gambar 14. (a) Antena OMB, (b) Keterangan Ukuran Dasar Antena

Spesifik antenna :

- Polarisasi : Vertikal – Horisontal
- Impedansi (Z) : 50 Ω
- Panjang Antena (L) : 400 mm : 0.4 m
- Diameter (d) : 300 mm : 0.3 m
- Diameter Pipa : 1.5 cm : 0.015 m
- Conductivity aluminium : 3.82×10⁷s/m
- Tembaga : 5.8 × 10⁷s/m
- Baja Stainless (σ) : 0.11 × 10⁷ s/m

Gain : 6.3 dB
 Frekuensi kerja : 88 - 108 MHz
 VSWR(terukur) : 1.3
 Daya *output* pemancar (P) : 5000 W
 I Plate Rata-rata : 1.1775 Ampere
 V_{Plate} : 5500 volt

Jika dibuat bidang bola tertutup sekitar antenna dipole dengan jari-jari r >>, maka menurut teorema daya, daya yang dipancarkan dipole :

Tabel 1 Tabung Penguat Akhir 5 Kw

Tabung	: 4CX5000
Tegangan Plate	: 5500 V
Arus Plate	: 1,5 A
Tegangan Layar	: 750 V
Tegangan Pembias	: 300 V
Kelas Pengoperasian	: Kelas C
Frekuensi operasi	: 88 sampai 108 MHz
Tala Masukan	: Jaringan LC dengan penyesuaian frekuensi eksternal pada C1 dan C2.
Plate Tuning	: Resonansi cavity dengan penyesuaian frekuensi operasional

Tabel diatas pada tabel mengacu pada data manual.

Dengan adanya persamaan diatas dapat dihitung besarnya tahanan pancar, sebagai berikut :

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{3.1185} = 2$$

$$R_r = 120\pi \frac{\beta^2 L^2}{6\pi} = 120\pi \frac{2^2 \times 0.4^2}{6\pi} = 12.8 \Omega$$

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{f \pi \mu \sigma}} \quad (11)$$

$$R_L = \frac{L}{\sigma \pi d \delta} = \frac{L}{d} \sqrt{\frac{f \mu_0}{\pi \sigma}} \quad (12)$$

Dimana :

f = frekuensi (Hz)
 L = panjang / tinggi antenna (m)
 d = dimeter pipa yang digunakan sebagai bahan antenna (m)
 μ_0 = permeability medium ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)
 1. Maka nilai rugi-rugi tahanan adalah :

$$R_L = \frac{L}{d} \sqrt{\frac{f \mu_0}{\pi \sigma}}$$

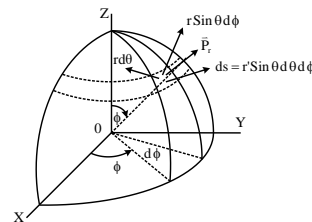
$$= \frac{0.4}{0.015} \sqrt{\frac{(962 \times 10^5) \times (4\pi \times 10^{-7})}{\pi (0.11 \times 10^7)}}$$

$$= 0.157 \Omega$$

2. Reaktansi induktif :

$$R_T = R_r + R_L = 12.8 + 0.157 = 12.957 \Omega$$

$$k = \frac{1}{1 + (R_r / R_L)} = \frac{1}{1 + (12.8 / 0.157)} = 0.012 \quad (13)$$



Gambar 15. Sistem Koordinat Bola

- Antena, sumber dianggap sebagai titik dan tempatkan pada pusat bola 0.
- \vec{P}_r radial pada tiap titik bola.
- $\vec{P}_r \perp ds$ atau $\vec{P} // \vec{ds}$.

Jika medium antara antenna → bola tidak meredam, berdasarkan hukum kekekalan energi maka daya yang dipancarkan sumber = daya yang menembus bola.

$$W = \int_s \vec{P} \cdot \vec{ds} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi P_r ds \quad (14)$$

Dimana :

P_r = rapat daya pada bola (W/m^2)

ds = elemen luas $r^2 \sin\theta d\theta d\phi$

W = daya yang dipancarkan antenna (Watt)

Tabel 2 Data Pemancar Istakalisa FM 96.2 MHz

No	Jam Pemeriksaan	PA 6000 P					IPA 300		SWR
		GRID (mA)	PLATE (A)	HV (kV)	FWD (kW)	REV (W)	DRAIN (A)	FWD (W) ²	
1	06:2	180	1.19	5.5	4.9	0	7	18	1.3
2	08:0	180	1.15	5.4	4.7	0	7	18	1.3
3	10:0	180	1.18	5.4	4.9	0	7	18	1.3
4	14:5	180	1.19	5.5	5	0	7	18	1.3

Jika 0 sumber isotropis P_r = konstan untuk r konstan sehingga.

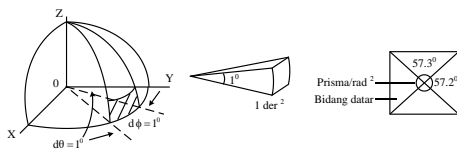
$$W_i = \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} P_r r^2 \sin \theta d\theta d\phi = 4\pi r^2 P_r$$

Isotropis :

$$P_r = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (15)$$

Jadi jika di hitung dengan menggunakan persamaan diatas akan diperoleh nilai yang bebessarnya :

$$P_r = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{5000}{4\pi(1650^2)} \\ = 1.46 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$



Gambar 16. Elemen Sudut Ruang

Intensitas radiasi daya persatuan sudut ruang (rad², derajat).

$$U = P_r \times r^2 \quad (4.19)$$

$$W = \iint U \sin \theta d\theta d\phi = \iint U d\Omega$$

$$d\Omega = \sin \theta d\theta d\phi$$

Sehingga besarnya intensitas radiasi persatuan sudut ruang adalah :

$$U = P_r \times r^2 \\ = (1.46 \times 10^{-4}) \times (1650^2) \\ = 397.485 \text{ W/rad}^2$$

Daya yang dipancarkan = integral intensitas radiasi untuk seluruh sudut ruang 4π. Isotropis :

$$W = 4\pi U_0 \quad [U : \text{Watt/rad}^2]$$

$$W = 412 : 53 U_0' \quad [U_0' : \text{Watt/rad}^2]$$

Untuk sembarang antenna $U_0 = U_{\text{rata-rata}}$.

$$1) L_p = \alpha = 10 \text{Log} \frac{W_T}{W_R} \text{ (dB)} \\ = 10 \text{Log} \frac{5000}{1.097 \times 10^{-3}} \\ = -66.587 \text{ dB}$$

$$2) L_{p(\text{ruang bebas})} = 10 \text{Log} \frac{(4\pi)^2 r^2}{\lambda^2} \\ = 10 \text{Log} \frac{4\pi^2 1.65^2}{3.1185^2} \\ = -10.433 \text{ dB}$$

$$3) L_p = 32.5 + 20 \text{Log} f_{\text{MHz}} + 20 \text{Log} r_{\text{Km}} \\ = 32.5 + 20 \text{Log} 96.2 + 20 \text{Log}$$

1.65

$$= -76.5 \text{ dB}$$

Hasil dari perhitungan pada dasarnya adalah positif akan tetapi karena merupakan nilai peredaman maka menjadi negatif.

Jika ada refleksi maka redaman lintasan akan berubah antara 6 dB lebih kecil sampai ∞ , dalam hal refleksi sempurna $(L_p - 6) \leq L_{p\text{eff}} \leq \infty$. Jika refleksi tidak sempurna maka batas-batas tadi makin mendekat.

Path Loss dapat diartikan sebagai redaman propagasi, yaitu besarnya daya yang hilang dalam menempuh jarak tertentu. Besarnya redaman disamping ditentukan oleh kondisi alam seperti tidak adanya halangan antara pemancar dengan penerima dan kondisi altitude dari masing-masing lokasi maupun antara kedua lokasi, redaman sangat dipengaruhi oleh jarak antara pemancar dengan penerima dan frekuensi yang digunakan. Dengan tanpa memperhitungkan kondisi alam dan lokasi dimana pemancar dan penerima berada, besarnya *Path Loss* dapat dihitung dengan menggunakan rumus "*Free Space Loss*".

DAFTAR PUSTAKA

- Erwin R, M, 1986, *Pengantar Telekomunikasi*, PT Gramedia, Jakarta.
Kaus, 1988, *Antennas*, ISBN 0-07-03 5422-7, Mc Graw Hill.