BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Umum

Pada bab ini akan diberikan teori dasar yang melandasi permasalahan dan penyelesaian yang dibahas dalam tugas akhir ini. Teori dasar yang diberikan meliputi : terminologi antena, yang memberikan definisi dan klasifikasi tentang antena yang telah berkembang sampai saat ini, *waveguide*. Selanjutnya, diberikan teori tentang antena horn dan parameter-parameternya.

2.2 Terminologi Antena

Antena (*antenna* atau *areal*) didefinisikan sebagai suatu struktur yang berfungsi sebagai media transisi antara saluran transmisi atau pemandu gelombang dengan udara, atau sebaliknya. Karena merupakan perangkat perantara antara saluran transmisi dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai (*match*) dengan saluran pencatunya.

Secara umum, antena dibedakan menjadi antena *isotropis,* antena *omnidirectional,* antena *directional,* antena *phase array,* antena *optimal* dan antena *adaptif.* Antena isotropis (*isotropic*) merupakan sumber titik yang memancarkan daya ke segala arah dengan intensitas yang sama, seperti permukaan bola. Antena ini tidak ada dalam kenyataan dan hanya digunakan sebagai dasar untuk merancang dan menganalisa struktur antena yang lebih kompleks. Antena *omnidirectional* adalah antena yang memancarkan daya ke segala arah dan bentuk pola radiasinya digambarkan seperti bentuk donat

(*doughnut*) dengan pusat berimpit. Antena ini ada dalam kenyataan dan dalam pengukuran sering digunakan sebagai pembanding terhadap antena yang lebih kompleks. Misalnya, suatu antena dengan gain 10 dBi (kadang-kadang dinyatakan dalam "dBic" atau disingkat "dB" saja). Artinya antena ini pada arah tertentu memancarkan daya 10 dB lebih besar dibanding dengan antena isotropis. Ketiga jenis antena diatas merupakan antena tunggal dan bentuk pola radiasinya tidak dapat berubah tanpa merubah fisik antena atau memutar secara mekanik dari fisik antena.

Selanjutnya adalah antena *phase array* yang merupakan gabungan atau konfigurasi array dari beberapa antena sederhana dan menggabungkan sinyal yang menginduksi masing-masing antena tersebut untuk membentuk pola radiasi tertentu pada keluaran array. Setiap antena yang menyusun konfigurasi array disebut dengan elemen array. Arah gain maksimum dari antena *phase array* dapat ditentukan dengan pengaturan fase antar elemen-elemen array.

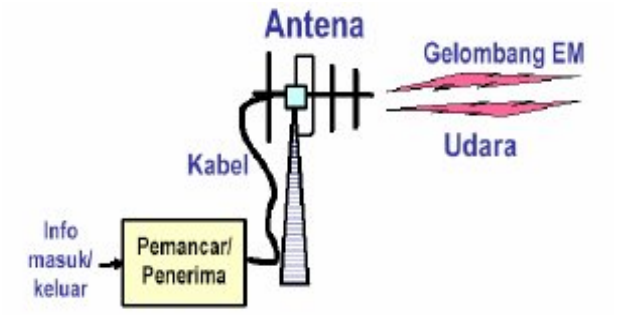
Antena optimal merupakan suatu antena dimana penguatan (*gain*) dan fase relatif setiap elemennya diatur sedemikian rupa untuk mendapatkan kinerja (*performance*) pada keluaran yang seoptimal mungkin. Kinerja yang dimaksud antara lain *signal to interference ratio,* SIR atau *signal to interference plus noise ratio,* SINR. Optimasi kinerja dapat dilakukan dengan menghilangkan atau meminimalkan penerimaan sinyal yang dikehendaki (interferensi) dan mengoptimalkan penerimaan sinyal yang dikehendaki.

Antena adaptif merupakan pengembangan dari antena phase array maupun antena optimal, dimana arah gain maksimum dapat diatur sesuai dengan gerakan dinamis (*dinamic fashion*) obyek yang dituju. Antena dilengkapi dengan *digital*

signal processor (DSP), sehingga secara dinamis mampu mendeteksi dan melacak berbagai macam tipe sinyal, meminimalkan interferensi serta memaksimalkan penerimaan sinyal yang diinginkan.

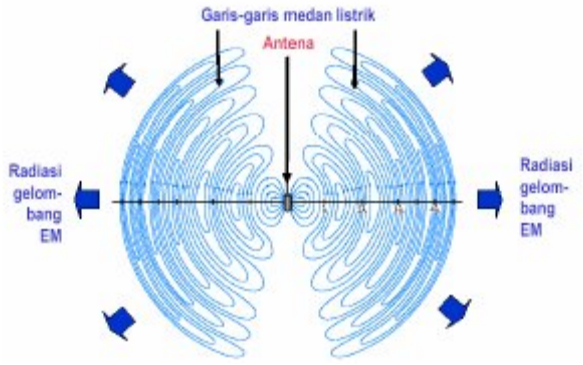
2.3 Teori Tentang Antena

Yang dimaksud dengan antena adalah perangkat yang berfungsi memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik ke atau dari udara. Dalam perencanaan antena, harus mempertimbangkan beberapa faktor, diantaranya adalah arah radiasi yang diinginkan, polarisasi yang dimiliki, frekuensi kerja dan *bandwith* (lebar bidangnya).



Gambar 2.1 Blok Sistem Antena

Untuk antena *microwave*, terutama pada frekuensi di atas 1 GHz penggunaan *waveguide*, antena luasan, antena *microstrip*, dan antena celah akan lebih efektif dibanding dengan antena kawat. Karena pada umumnya antena yang demikian mempunyai sifat pengarahan yang baik, gain yang relatif tinggi.



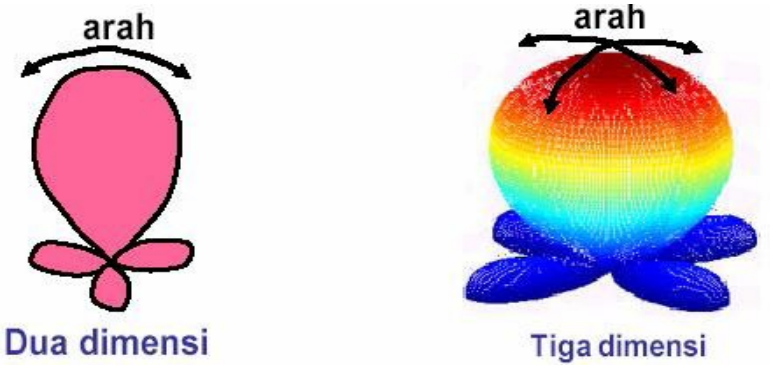
Gambar 2.2 *Ilustrasi* Kerja Antena

2.3.1 Parameter-parameter Antena

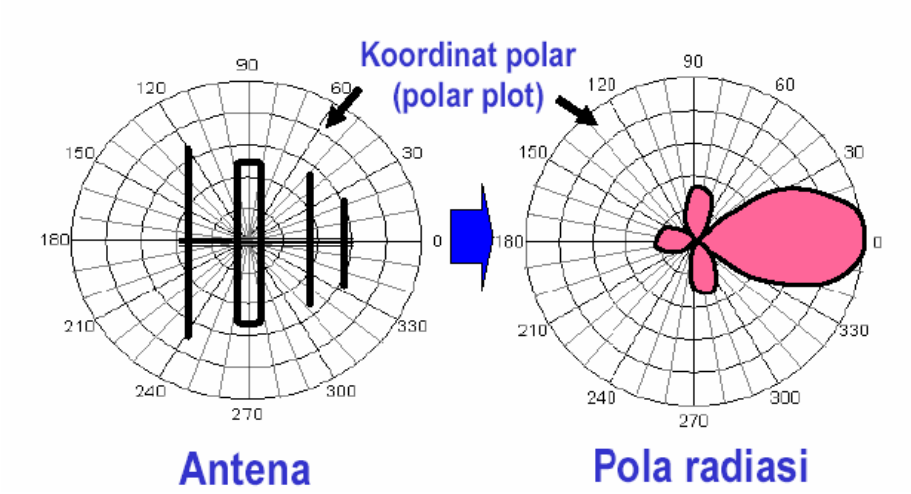
Disini akan dibahas parameter-parameter yang digunakan dalam sistem antena. Parameter yang selalu digunakan dalam sistem antena adalah pola radiasi, direktivitas dan *gain*, *bandwith*, HPBW.

2.3.1.1 Pola Radiasi

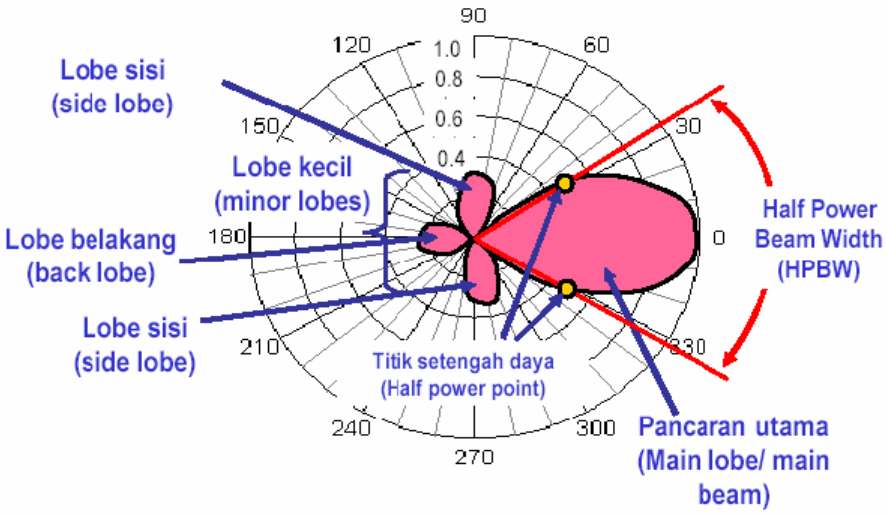
Pola radiasi suatu antena didefinisikan sebagi suatu pernyataan secara grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antena (pada medan jauh) sebagi fungsi dari arah itu adalah pointing vektor, maka ia disebut sebagai Pola Daya (*Power Pattern*)



Gambar 2.3 Sifat Radiasi



Gambar 2.4 *Ilustrasi* Pola Radiasi



Gambar 2.5 Keterangan Pola Radiasi

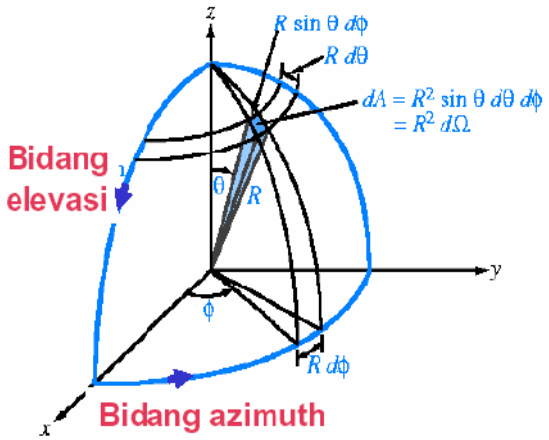
- *Beam utama* (*main beam*) atau *lobe* utama (*main lobe*) adalah pancaran utama dari pola radiasi suatu antena.
- *Lobe* kecil (*minor lobes*) adalah pancaran-pancaran kecil selain pancaran utama dari pola radiasi antena.
- *Lobe* sisi (*side lobes*) adalah pancaran-pancaran kecil yang dekat dengan pancaran utama dari pola radiasi antena.

- *Lobe* belakang (*back lobe*) adalah pancaran yang letaknya berlawanan dengan pancaran utama dari pola radiasi antena.
- Titik setengah daya (*Half power point*) adalah suatu titik pada pancaran utama yang mempunyai nilai daya separuh dari harga maksimumnya.
- *Half power beam width* (HPBW) adalah lebar sudut yang memisahkan dua titik setengah daya pada pancaran utama dari pola radiasi.
- *Front to back ratio* adalah perbandingan antara daya maksimum yang di pancarkan pada lobe utama (*main lobe*) dan daya pada arah belakangnya.

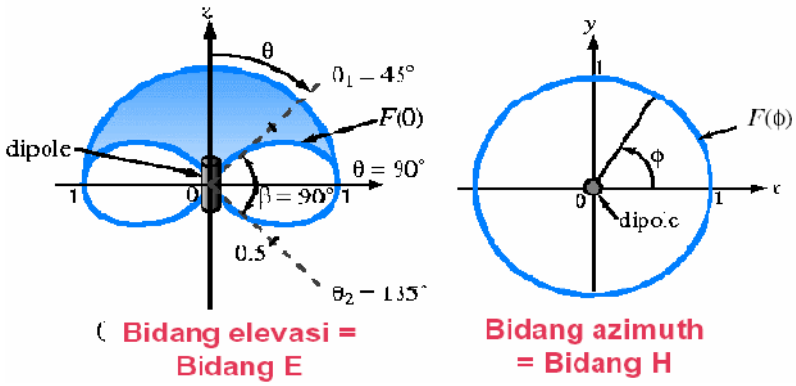
2.3.1.1.1 Bidang Pola Radiasi

Penamaan bidang pola radiasi antena :

- Bidang *elevasi* = pola radiasi antena yang diamati dari sudut elevasi.
- Bidang *azimuth* = pola radiasi antena yang diamati dari sudut azimuth.
- Bidang E = bidang medan listrik dari pola radiasi antena.
- Bidang H = bidang medan magnet dari pola radiasiantena.



Gambar 2.6 Bidang *Elevasi* dan *Azimuth*



Gambar 2.7 Pola Radiasi dipole λ/2

2.3.1.2 Half Power Beam Width (HPBW)

Parameter lain didalam pola daya adalah *half power beam width* (HPBW), yang merupakan lebar sudut yang memisahkan antara dua titik pada *beam* utama dari suatu pola daya, dimana daya pada dua titik itu sama dengan separuh dari daya maksimumnya

HP = θHP left – θHP right .....(2.1)

Dimana θHP left dan θHP right adalah titik-titik disebelah kanan dari maksimum beam utama dimana harga pola daya pada kedua titik itu sama dengan separuh dari harga maksimumnya. *ellips*nya sama dengan nol sehingga perputaran ujung vector medannya seolah-olah hanya bergerak maju mundur pada garis satu saja, maka keadaan itu membuat polarisasi *ellips* munjadi polarisasi *linear*. Polarisasi inilah yang dalam kemungkinannya bisa berupa polarisasi *linear* dengan arah vertikal, polarisasi *linear* dengan arah horisontal ataupun polarisasi *linear* antara kedua posisi itu (miring).

2.3.1.3 Bandwith Antena

Pemakaian sebuah antena didalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya. Pada range frekuensi kerja tersebut antena

dituntut harus dapat bekerja dengan efektif agar ia dapat menerima atau memancarkan gelombang yang mengandung band frekuensi tertentu. Pengertian harus dapat bekerja dengan efektif disini adalah distribusi arus dan impedansi dari antena pada *range* frekuensi tersebut benarbenar belum banyak mengalami perubahan yang berarti. Sehingga pola radiasi yang sudah direncanakan serta VSWR yang dihasilkannya masih belum keluar dari batas yang diijinkan. Daerah frekuensi kerja dimana antena masih dapat bekerja dengan inilah yang dinamakan *Bandwith* antena. Suatu misal, sebuah antena bekerja pada frekuensi tengah sebesar fc, namun ia masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi f1 (dibawah fc) sampai dengan fu (diatas fc), maka lebar *Bandwith* dari antena itu adalah (fu – f1). Tetapi apabila dinyatakan dalam prosen, *bandwith* antena tersebut adalah :

$$BW = \frac{f_u - f_1}{f_c} x100\% \ldots\ldots\ldots\

Tabel 2.1 Contoh Penampilan Lebar *band* Frekuensi

Lebar *Band* Frekuensi (*Bandwith*)					
Antena	f_c (MHz)	f_L (MHz)	f_u (MHz)	$f_u - f_L$ (MHz)	$\frac{f_u - f_L}{f_u}$ %
Dipole $\lambda/2$	300	299	301	2	0,66 %
Yagi 3 Elemen	30	28	32	4	12,5 %
Log Periodik Yagi	900	200	1600	1400	87,5 %
Horn Piramida	10K	8K	12K	4K	33,3 %
Parabola	4K	3,7K	4,3K	0,6K	14 %

Bandwith antena sangat dipengaruhi oleh luas penampang konduktor yang digunakan serta susunan fisiknya (bentuk geometrisnya). Misalnya pada antena *dipole*, antenna tersebut akan mempunyai *bandwith* yang semakin lebar apabila konduktor yang digunakannya semakin besar. Demikian pula pada antena yang mempunyai susunan fisik *smoth*, biasanya antenna tersebut akan menghasilkan pola radiasi dan impedansi masuk yang berubah secara *smoth* terhadap perubahan frekuensi (misalnya pada antena *bionical*, *log periodic* dan sebagainya). Selain itu, pada jenis antena gelombang berjalan (*traveling waves*) ternyata dijumpai lebih lebar *range* frekuensi kerjanya dari pada antena resonan.

2.3.1.4 Direktivitas dan Gain Antena

Salah satu karakteristik antena yang dapat memberikan gambaran berapa banyak energi yang dikonsentrasikan pada arah yang dikehendaki terhadap arah yang lain disebut *directivity*. Pengertian *directivity* ini akan sama dengan *power gain* apabila antena itu 100% efisien. Biasanya *power gain* suatu antena

dinyatakan secara relatif terhadap antena referensi *isotropis* atau dipole ½ λ. Sebelum masalah radiasi *direktivitas* dan *gain* antena ini dibicarakan lebih lanjut, terlebih dahulu dikemukakan pengertian intensitas radiasi yang mempunyai definisi :

$$U(\theta,\emptyset) = {}^{1}/_{2}\, Re\,(ExH*) r^2 . r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

Intensitas radiasi adalah daya yang dipancarkan pada suatu arah persatuan sudut ruang (*solid angle*), sedemikian sehingga total daya dipancarkan sumber sudut itu merupakan integral keseluruhan dari intensitas radiasi terhadap sudut ruang.

$$P_r = \iint U(\theta,\emptyset) d\Omega \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

Dimana dΩ = sin θ dθ dΦ

karena intensitas radiasi diatas sebanding dengan *magnitude* pointing vektor, maka intensitas radiasi akan sebanding pula dengan kuadrat pola medan |F(θ, Φ)|, sehingga intensitas radiasi dapat juga ditulis dalam bentuk :

$$U(\vartheta,\varphi) = U_m |F(\vartheta,\varphi)|^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

Dimana : *Um* = *magnitude* (besar maksimum) dari intensitas radiasi.

Dengan demikian intensitas radiasi rata-rata adalah :

$$U_{ev} = \frac{1}{4\pi} \iint U(\theta,\vartheta) = \frac{U_m}{4\pi} \iint |F(\theta,\vartheta)|^2 \, d\Omega \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

2.3.1.5.1 Direktivitas

*Direktivita*s suatu antena didefinisikan sebagai perbandingan antara harga maksimum intensitas radiasi dengan intensitas radiasi rata-rata yang dipancarkannya .

$$D = \frac{U_m}{U_{ev}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

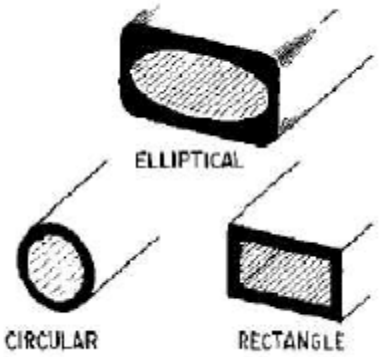
Sedangkan perbandingan intensitas radiasi pada suatu arah tertentu dengan radiasi rata-rata dinamakan *directivity gain* .

$$D(\theta,\vartheta) = \frac{U(\theta,\vartheta)}{U_{ev}} \dots\dots\dots\

dihitung berdasarkan *directivity* dan efisiensi yang dimilikinya, karena untuk mendapatkan *directivity* antena memang diperlukan perhitungan yang tidak mudah.

2.4 Pengertian Waveguide

Waveguide adalah saluran tunggal yang berfungsi untuk menghantarkan gelombang elektromagnetik (*microwave*) dengan frekuensi 300 MHz – 300 GHz. Dalam kenyataannya, waveguide merupakan media transmisi yang berfungsi memandu gelombang pada arah tertentu. Secara umum *waveguide* dibagi menjadi tiga yaitu, yang pertama adalah *Rectanguler Waveguide* (*waveguide* dengan penampang persegi) dan yang kedua adalah *Circular Waveguide* (*waveguide* dengan penampang lingkaran), dan *EllipsWaveguide* (*waveguide* dengan penampang ellips) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Jenis Waveguide

Dalam *waveguide* diatas mempunyai dua karakteristik penting, yaitu :

1. Frekuensi *cut off,* yang ditentukan oleh dimensi *waveguide.*

2. Mode gelombang yang ditransmisikan, yang memperlihatkan ada tidaknya medan listrik atau medan magnet pada arah rambat.

Faktor-faktor dalam pemilihan *waveguide* sebagai saluran transmisi antara lain :

1. Band frekuensi kerja, tergantung pada dimensi.
2. Transmisi daya, tergantung pada bahan.
3. Rugi-rugi transmisi, tergantung mode yang digunakan.

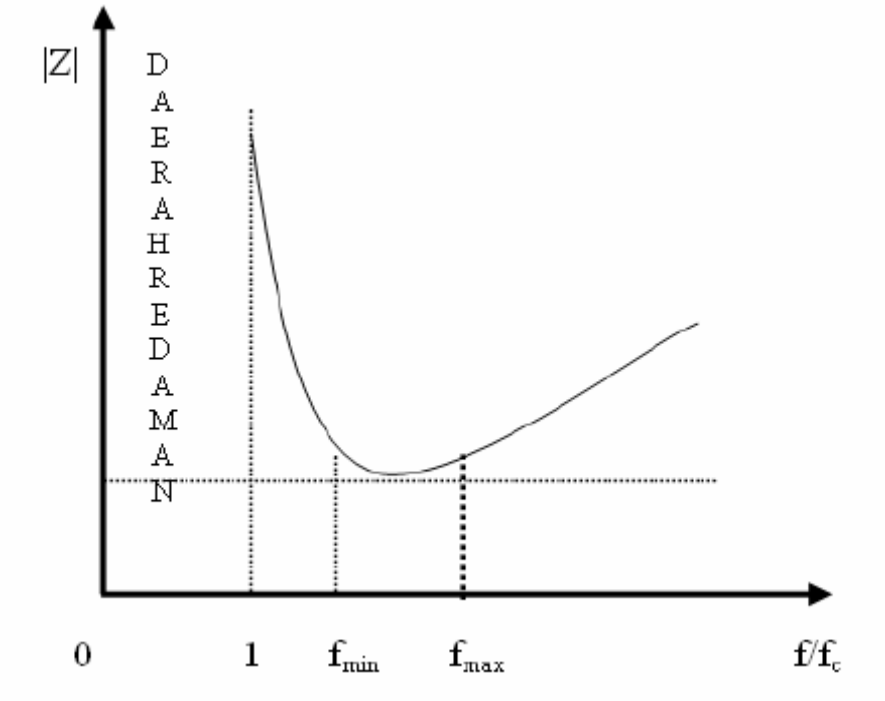
Pemilihan *waveguide* sebagai pencatu karena pada frekuensi diatas 1 GHz, baik kabel pair, kawat sejajar, maupun kabel koaksial sudah tidak efektif lagi sebagai media transmisi gelombang elektromagnetik. Selain efek radiasinya yang besar, redamannya juga semakin besar.

Pada frekuensi tersebut, saluran transmisi yang layak sebagai media transmisi gelombang elektromagnetik (*microwave*) adalah *waveguide*. *Waveguide* merupakan konduktor logam (biasanya terbuat dari *brass* atau aluminium) yang berongga didalamnya, yangpada umumnya mempunyai penampang berbentuk perseg (*rectanguler waveguide*) atau lingkaran (*circular waveguide*).

Saluran ini digunakan sebagai pemandu gelombang dari suatu sub sistem ke sub sistem yang lain. Pada umumnya di dalam *waveguide* berisi udara, yang mempunyai karakteristik mendekati ruang bebas. Sehingga pada *waveguide* persegi Medan listrik E harus ada dalam *waveguide* pada saat yang bersamaan harus nol di permukaan dinding *waveguide* dan tegak lurus. Sedangkan medan H juga harus sejajar di setiap permukaan dinding *waveguide*. Dikatakan mode TE (*Transverse Electric*) karena hanya komponen medan listrik yang tegak lurus terhadap arah propagasi.

2.4.1 Karakteristik Waveguide

Karakterik dari *waveguide* dapat dilihat pada Gambar2.2 dibawah ini :

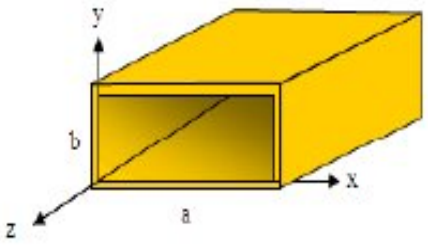


Gambar 2.9 Karakteristik umum *waveguide*

Dari Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa frekuensi kerja berada di antara fmin dan fmax, Band frekuensi kerja : $\omega > \omega c$ atau $\lambda < \lambda c$. Selain itu *waveguide* juga memiliki karakteristik yang penting yaitu frekuensi *cut off* dan mode gelombang yang ditransmisikan.

2.5 Waveguide Persegi

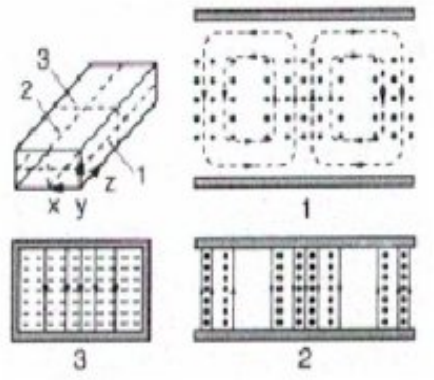
Waveguide persegi adalah bumbung gelombang dengan penampang persegi dan model ini sering digunakan dalam praktik. Hal ini disebabkan karena perencanaan, analisa serta pembuatannya relatif mudah. Dalam analisanya, *waveguide* persegi memberikan hasil yang sederhana, dengan menggunakan koordinat siku-siku (*kartesian*). Dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Sistem koordinat untuk waveguide

2.5.1 Konfigurasi Medan pada Waveguide Persegi

Konfigurasi dari medan E dan H dari *rectangular waveguide* mode TE10 dapat dilihat pada Gambar 2.11 .



Gambar 2.11 Konfigurasi medan E dan H dalam *rectangular waveguide*

2.6 Mode Domain (MODE TE10)

Mode yang paling sederhana dan seringkali digunakan dalam aplikasi mode TE dan mempunyai frekuensi *cut off* yang paling rendah diantara mode-mode TE yang lain adalah mode TE10. Mode ini dinamakan mode dominan mode TE dalam *rectangular waveguide*. Persamaan untuk mode TE10, dapat diperoleh dengan memasukkan $m = 1$ dan $n = 0$ ke dalam persamaan berikut :

$$H_z = H_o \cos\frac{m\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{a} \cdot e^{j(\omega t-\beta gz)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.14)$$

$$E_z = 0 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.15)$$

$$H_x = \frac{j\beta gm\,\pi Ho}{aKc}\sin\frac{m\,\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{b} \cdot e^{j(\omega t-\beta gz)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.16)$$

$$\mathrm{E_x} = \cos\frac{m\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{a} \cdot e^{j(\omega t-\beta gz)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.17)$$

$$H_y = \frac{j\beta gm\pi Ho}{bKc}\cos\frac{m\,\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{b} \cdot e^{j(\omega t-\beta gz)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.18)$$

$$E_y = -\frac{j\beta gm\,\pi Ho}{aKc}\sin\frac{m\,\pi x}{a}\cos\frac{n\pi y}{b} \cdot e^{j(\omega t-\beta gz)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.19)$$

Sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$E_y = -\frac{j\omega\mu m\pi H_0}{aKc}H_0 \sin\left(\frac{\pi}{a}x\right) \cdot e^{-j\beta gz} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.20)$$

$$H_x = \frac{j\beta ga}{\pi}H_0 \sin H_0\left(\frac{\pi}{a}x\right) \cdot e^{-j\beta gz} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.21)$$

$$H_z = H_0 \cos\left(\frac{\pi}{a}x\right) \cdot e^{-j\beta gz} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.22)$$

$$E_x = H_z = H_y \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.23)$$

Distribusi untuk mode ini dapat dilihat pada Gambar 2.5. Frekuensi *cut off* untuk mode ini dapat dinyatakan dengan persamaan 2.11 :

$$f_c = \frac{1}{2a\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2.24)$$

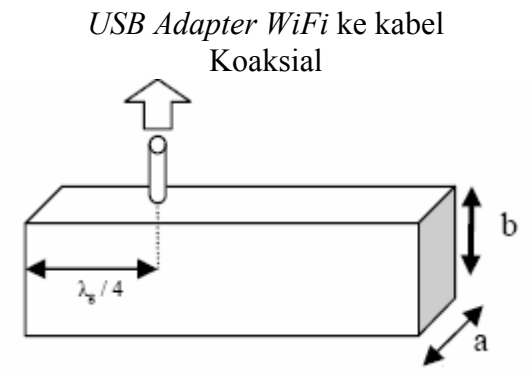
Dimana *a* adalah dimensi panjang *waveguide.*

μ0 adalah permeabilitas.

ε0 adalah permitivitas, dimana permeabilitas dan permitivitas tergantung dari bahan yang mengisi dalam *waveguide* persegi yaitu udara.

2.7 Coupling Untuk Waveguide

Untuk membangkitkan suatu mode dari suatu waveguide, diperlukan peralatan untuk menghubungkan kedalam dan keluar dari *waveguide*. Permasalahannya adalah bagaimana menghubungkan energi dari suatu saluran transmisi *USB Adapter WiFi* ke *waveguide*. Pertama, saluran transmisi dapat dihubungkan medan listrik dari *waveguide* dengan memasukkan suatu *USB Adapter WiFi* ke dalam *waveguide* sedemikian rupa sehingga *USB Adapter WiFi* muncul didalam *waveguide* setinggi λ/4. Dengan cara seperti ini *USB Adapter WiFi* menghubungkan medan listrik didalam *waveguide*. Situasi ini ditunjukkan oleh Gambar 2.6 yang mana aplikasi tersebut untuk mode TE10 didalam *waveguide* persegi. Metode coupling semacam ini akan berfungsi sebagai sumber arus dengan suatu *short circuit* yang ditentukan prinsip *konversi* arus.



Gambar 2.12 *Coupling* medan listrik

Metode kedua dari sistem *coupling* suatu saluran transmisi *USB Adapter WiFi* ke suatu *waveguide* adalah dengan menghubungkan medan magnetnya. Metode ini dikerjakan dengan menyisipkan suatu loop dari kawat kedalam *waveguide*. Bentuk *coupling* ini berfungsi sebagai sumber tegangan, yang mana

tegangan *open-circuit* dapat ditentukan dengan menggunakan aplikasi dari persamaan *Maxwell* .

$$E.dl = - j \mu Hda \quad \text{.....(2.25)}$$

2.8 Teorema Luasan Tangkap (*Aperture*)

Suatu antena yang mempunyai struktur berupa suatu luasan yang dilalui gelombang elektromagnetik dinamakan antenna luasan (*aperture antenna*). Antena horn adalah merupakan salah satu contoh dari antena luasan. Konsep dari *aperture* ditunjukkan sangat sederhana, yaitu dengan mempertimbangkan suatu antenna penerima. Andaikata bahwa antena penerima adalah suatu horn elektromagnetik yang dibenamkan didalam medan dari suatu gelombang datar serba sama. Ambilah *vektor poynting*, atau kerapatan *power* dari gelombang datar S watt permeter persegi. Apabila horn menyerap semua *power* dari gelombang melalui seluruh luasan a1, maka *power* P yang diserap dari gelombang adalah :

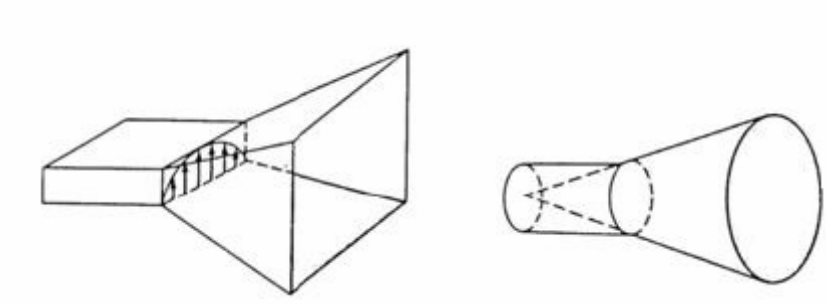
$$P = S \cdot A \text{ (watt)} \quad \text{……... .....(2.26)}$$

Sehingga, horn elektromagnetik dapat dianggap sebagai suatu *aperture*. *Power* total yang diserap dari gelombang yang melaluinya menjadi sebanding dengan *aperture* atau luasan mulut.

2.9 Teori Tentang Antena Horn

Antena horn merupakan antena yang paling banyak dipakai dalam sistem komunikasi gelombang mikro. Antena ini ada dan mulai digunakan pada tahun 1800-an. Antena ini mempunyai gain yang tinggi, VSWR yang rendah, lebar pita (bandwidth) yang relatif besar, tidak berat, dan mudah dibuat. Berdasarkan bentuk

luasannya, antena horn diklasifikasikan dalam dua jenis (lihat Gambar 2.13) yaitu antena horn persegi (*rectangular horn antenna*) dan antena horn kerucut (*conical horn antenna*).



Gambar 2.13 (a) Antena horn persegi

(b) Antena horn kerucut

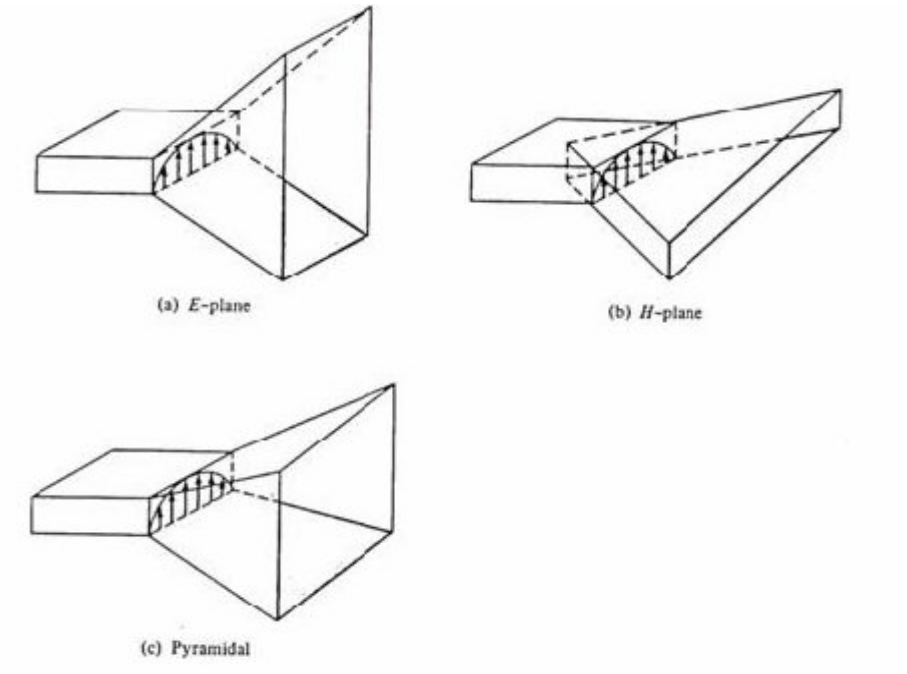
Antena horn digunakan secara luas, diantaranya sebagai elemen penerima untuk radio astronomi, tracking satelit, serta sebagai pencatu pada reflektor antena parabola. Jenis antena horn yang sering dipakai dalam praktek adalah antena horn piramida, karena itu dalam bab ini akan dijelaskan karakteristik dari antenna horn jenis piramida, khususnya mengenai pola radiasi, factor penguatan dan keterarahannya.

Horn dapat dianggap sebagai bumbung (bumbung) gelombang yang dibentangkan sehingga gelombang-gelombang didalam bumbung tersebut menyebar menurut suatu orde tertentu dan akan menghasilkan suatu distribusi medan melalui mulut horn sehingga dapat dianggap sebagai sumber radiasi yang menghasilkan distribusi medan melalui suatu luasan tangkap. Amplitudo dan fase medan pada bidang mulut horn tergantung pada jenis dan mode gelombang catu yang masuk ke horn melalui bumbung gelombang dan tergantung pada sifat-sifat horn. Karakteristik medan-medan radiasi misalnya : pola radiasi, faktor

penguatan, keterarahan dan sebagainya sangat ditentukan oleh dimensi antenna horn, seperti panjang horn R, lebar a dan tinggi b atau ukuran-ukuran *aperture*.

2.9.1 Antena Horn Persegi

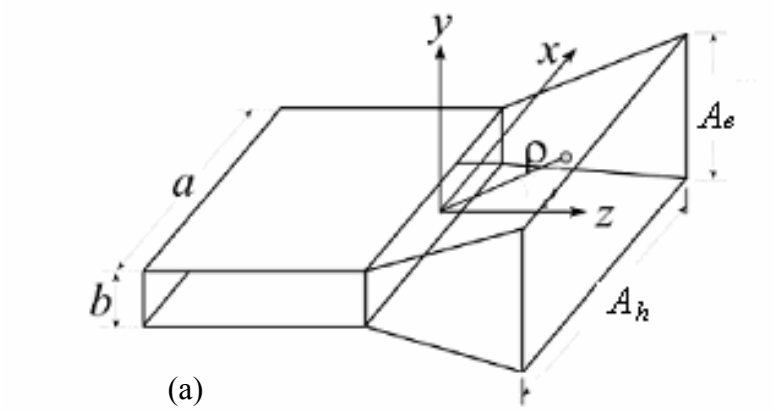
Ada tiga macam antena horn persegi seperti ditunjukkan (lihat gambar 2.14). Antena horn ini dicatu melalui bumbung gelombang yang dindingnya melebar. Untuk bumbung gelombang dengan mode dominan, bidang-E berada dibagian vertical sedangkan bidang-H berada dibagian horisontal. Antena horn yang mengalami pelebaran pada bidang yang lebar serta bidang yang sempit tidak mengalami perubahan dinamakan antena horn sektoral bidang-H. Dan sebaliknya, jika antara horn ini mengalami pelebaran pada bidang yang sempit dinamakan sebagai antena horn sektoral bidang-E. Jika kedua bidang antena mengalami pelebaran maka disebut sebagai antena horn piramida.



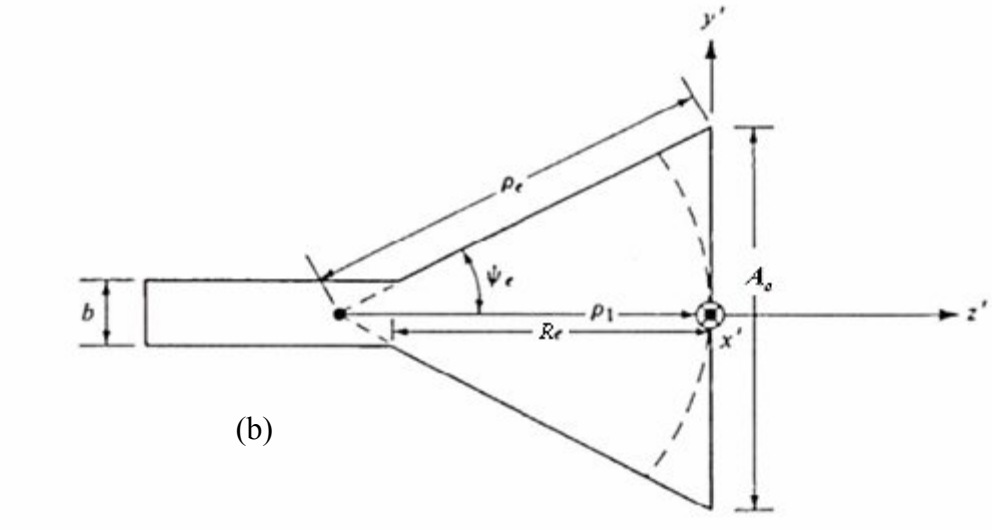
Gambar 2.14 Antena horn persegi

2.9.2 Antena Horn Piramida

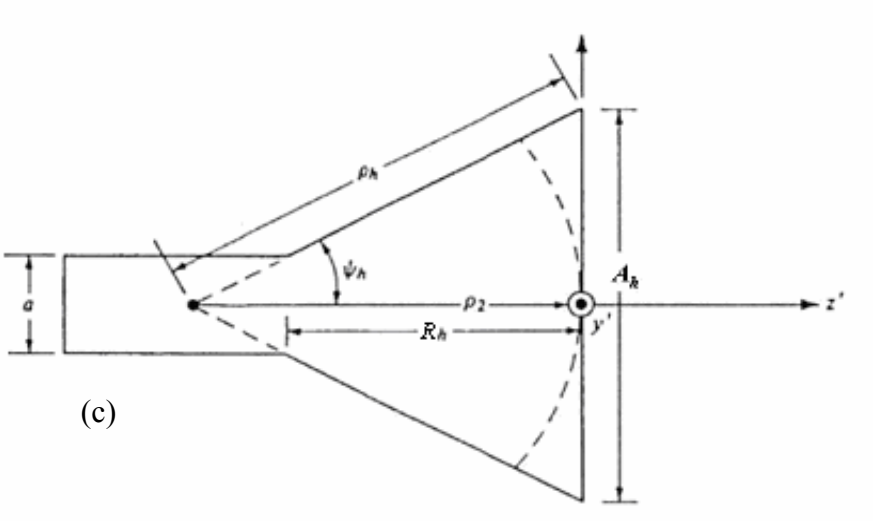
Antena horn persegi yang paling populer adalah antena horn jenis piramida (*pyramidal horn antenna*). Seperti yang ditunjukan pada (lihat gambar 2.15), antena ini mengalami pelebaran pada kedua sisinya. Ukuran dari penampang bumbung gelombangnya adalah a dan b, dengan a adalah bagian yang lebih lebar dari pada bagian b.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.15 (a) Bentuk antena horn piramida

(b) Sektoral bidang-E

(c) Sektoral bidang-H

Dari gambar (bidang-E) secara geometris dimensi antena horn bisa dinyatakan sebagai berikut :

$$I_E^{\,2} = \rho_2^{\,2} + \left[\frac{b_1}{2}\right]^2 \qquad \text{.....(2.27)}$$

$$\alpha_E = \tan^{-1}\left[\frac{b_1}{2\rho_2}\right] \qquad \text{.....(2.28)}$$

$$P_E = (b_1 - b)\sqrt{\left[\frac{I_E}{b_1}\right]^2 - 1/4} \qquad \text{.....(2.29)}$$

Sedangkan untuk bidang-H dimensinya dapat dinyatakan dengan :

$$I_H = \rho_1^{\,2} + \left[\frac{a_1}{2}\right]^2 \qquad \text{.....(2.30)}$$

$$\alpha_H = \tan^{-1}\left[\frac{a_1}{2\rho_1}\right] \qquad \text{.....(2.31)}$$

$$P_H = (a_1 - a)\sqrt{\left[\frac{I_H}{a_1}\right]^2 - 1/4} \qquad \text{.....(2.32)}$$

Dengan : PH= Jarak dari *virtual apex* ke bidang aperture bidang-H

PE = Jarak dari *virtual apex* ke bidang aperture bidang-E

a1 = A_e = ukuran mulut antena horn ke arah medan listrik

b1=A_h = ukuran mulut antena horn ke arah medan magnet

a, b = ukuran dari penampang bumbung gelombang (*waveguide*)

2.9.3 Pola Radiasi Antena Horn Piramida

Untuk menentukan pola radiasi antena horn piramida sebagai fungsi dari medan jauh, maka terlebih dahulu ditentukan medan listriknya pada luasan (mulut) horn.

$$E_y = E_0 \cos \frac{\pi x}{a} e^{-j\beta_g z} \quad \text{.....(2.33)}$$

$$H_x = -\frac{E_y}{Z_g} \quad \text{.....(2.34)}$$

$$Z_g = \eta \left[1 - \left({}^{1}\!/\!_{2a} \right)^2 \right]^2 \quad \text{.....(2.35)}$$

Dengan :

E0 = konstanta

βg = konstanta fase di dalam bumbung gelombang

η = impedansi intrinsic

Medan listrik yang sampai ke mulut horn akan mengalami perubahan, artinya setiap titik pada mulut horn akan mempunyai fase berbeda karena mempunyai jarak yang tidak sama di hitung dari puncak horn. Dari gambar (2.15), bisa dilihat bahwa panjang R berubah-ubah, dimana semakin kedinding horn R semakin panjang. Gelombang yang sampai dimulut horn akan mempunyai perbedaan fase terhadap fase di pusat horn. Sedangkan konstanta fasenya juga mengalami

perubahan, dari βg (konstanta fase di dalam bumbung gelombang) menjadi β (konstanta fase di ruang bebas). Akan tetapi untuk horn yang mulutnya besar (*a1*, b1) >> λ sehingga βg ≈ β. Pola radiasi pada bidang-H dapat memakai distribusi perbedaan fase pada bidang-H sebagai fungsi posisi (x,y). Distribusi perbedaan fasenya dapat dinyatakan:

$$\delta = \frac{\beta}{2}\frac{x^2}{\rho_1} \qquad \text{.....(2.36)}$$

Nilai maksimum x = ± maka beda fase maksimumnya

$$\delta_{maks} = \frac{\beta}{2\rho_1}\left[\frac{a_1}{2}\right]^2 = \frac{2\pi a_1^{\,2}}{8\lambda\rho_1} = 2\pi t \qquad \text{.....(2.37)}$$

Sehingga,

$$t = \frac{a_1}{8\lambda\rho_1} \quad dapat\ dicari \text{ .....(2.38)}$$

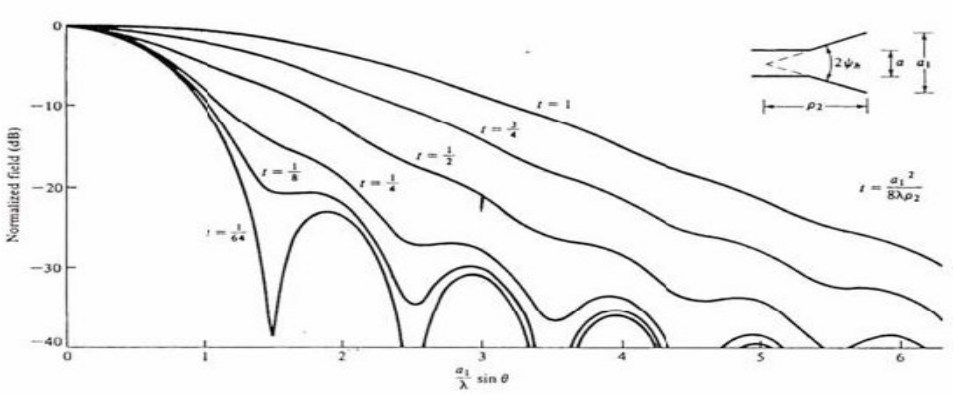
$$t_{op} = \frac{a_1}{8\lambda\rho_1} = 3/8\ (optimum) \text{ .....(2.39)}$$

Dengan a1 (optimum) = $\sqrt{3\lambda\rho_1}$

Sedangkan HPBW untuk perilaku antena optimum dapat ditentukan dari pola plot pada gambar (2.16) untuk t = 3/8, sinar utama (main beam) terjadi pada titik -3 dB untuk (*a1*/λ) sin θH = 0,68. sehingga HPBW optimum untuk Bidang-H adalah :

$$2\theta_H = 2\sin^{-1}(0{,}68\,\lambda/a_1)\ ;\ \text{untuk } a_1 >> \lambda$$

$$HP_H \approx 1{,}36\ \frac{\lambda}{a_1} = 78\ \frac{\lambda}{a_1}^{0}\ \text{(optimum) .....(2.40)}$$



Gambar 2.16 Plot pola radiasi untuk horn sektoral bidang-H

Pola radiasi pada bidang-E dapat memakai distribusi perbedaan fase pada bidang-E sebagai fungsi posisi (x, y). Distribusi perbedaan fasenya dapat dinyatakan dengan

$$\Gamma = (\beta / 2\rho_2) y^2 \qquad \text{.....(2.41)}$$

Nilai maksimum dari y = ± b1/2, maka maksimum perbedaan fasenya menjadi,

$$\Gamma_{maks} = \frac{\beta}{2P_2}\left[\frac{b_1}{2}\right]^2 = \frac{2\pi b_1}{8\lambda\rho_2} = 2\pi s \qquad \text{.....(2.42)}$$

Didapatkan $s = \dfrac{8}{8\lambda\rho_2}$

$$s_{op} = \frac{b_1^{\,2}}{8\lambda\rho_2} = 1/4 \text{ (optimum)} \qquad \text{.....(2.43)}$$

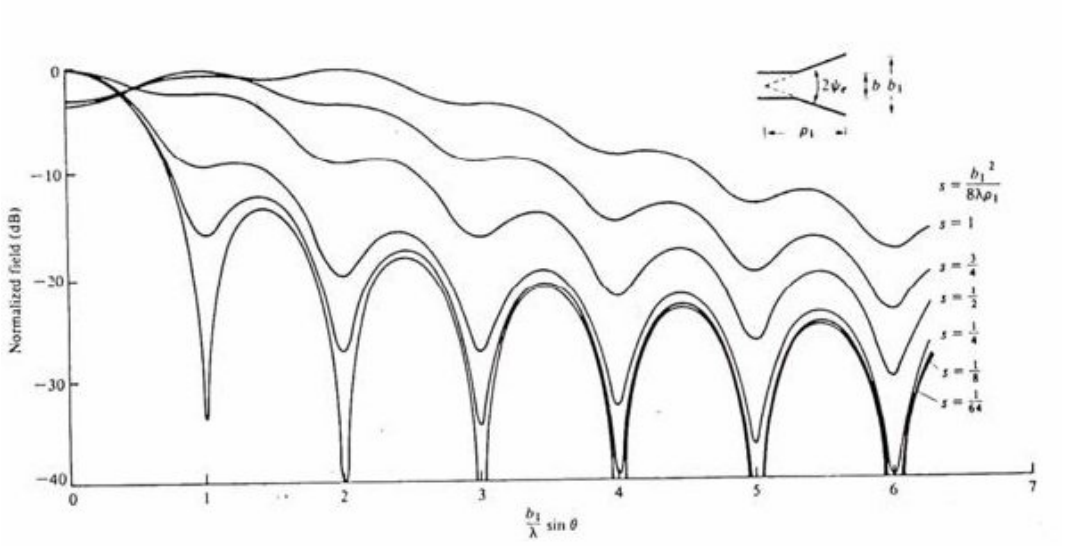
Dengan, b1 (optimum) = $\sqrt{2\lambda\rho_2}$

Sedangkan HPBW untuk perilaku antena optimum dapat ditentukan dari pola plot pada gambar (2.17) untuk s = ¼ sinar utama (main beam) terjadi pada titik -3 dB untuk (b1/λ) sin θE = 0,47. Sehingga HPBW optimum untuk bidang-E adalah :

$$2\theta_E = 2\sin^{-1}(0{,}47\,\lambda/b_1) \text{ ; untuk } b_1 >> \lambda$$

$$HP_E \approx 0{,}94\frac{\lambda}{b_1} = 54\frac{\lambda}{b_1}^{0} \text{ (optimum)} \qquad \text{.....(2.44)}$$

Fungsi FH (θ) dan FE (θ) dapat digambarkan seperti tampak pada gambar (2.16) dan gambar (2.17), untuk bermacammacam harga t dan s, merupakan pola umum dari pola radiasi antena, yang didapatkan untuk ukuran horn tertentu a1 dan b1 (panjang dan lebar dari mulut horn). Gambar (2.16) pola bidang- H merupakan fungsi dari ($a1/\lambda$) sin θ sedangkan pola bidang-E pada gambar (2.17) merupakan fungsi (b1/λ) sin θ. Dimana factor elemennya (1 + cos θ)/2 tidak diikutkan. Dibawah ini gambar dari plot pola radiasi untuk horn sektoral bidang-E.



Gambar 2.17 Plot Pola Radiasi untuk Horn Sektoral Bidang-E

Dengan menggunakan gambar (2.16) dan gambar (2.17) dapat ditentukan HPBW-nya yaitu :

- Untuk harga t = 3/8, kedudukan titik -3 dB diperoleh pada harga (a1/λ) sin θ = 0,68. sehingga HPBW pada bidang-H (HPH) adalah 2θH = 2 sin-1 (0,68 λ/a1).
- Untuk harga s= ¼, keduduka titik -3 dB diperolehpada harga (b1/λ) sin θ = 0,47. sehingga HPBWpada bidang-E (HPE) adalah 2θE = 2 sin-1 (0,47 λ/b1).

2.9.4 Keterarahan dan Faktor Penguatan

Keterarahan adalah salah satu parameter yang dipakai untuk menentukan penampilan dari suatu antena. Keterarahan dapat dihitung dari persamaan :

$$F_h(\theta) = \frac{1+\cos\theta \quad I(\theta,\phi=0^0)}{2 \quad I(\theta=0^0,\phi=0^0)} \quad \text{.....(2.45)}$$

$$Fe(\theta) = \frac{1+\cos\theta}{2}\left\{\frac{[C(r_4)-C(r_3)]^2+[S(r_4)-S(r_3)]^2}{4\left[C^2(2\sqrt{s})+S^2(2\sqrt{s})\right]}\right\}^{1/2} \quad \text{.....(2.46)}$$

$$r_3 = 2\sqrt{s}\left[-1-A_e\sin\theta/(4\lambda s)\right] \quad \text{.....(2.47)}$$

$$r_4 = 2\sqrt{s}\left[1-A_e\sin\theta/(4\lambda s\right] \quad \text{.....(2.48)}$$

Dengan memakai persamaan medan listrik pada luasan mulut horn, maka dapat dicari parameter-parameter berikut dengan bantuan integral fresnel cosinus dan sinus :

$$q = \frac{A_e}{\sqrt{2\lambda R}} \quad \text{.....(2.49)}$$

$$C(x) = \int_0^x \cos(\pi t^2/2)dt \quad \text{.....(2.50)}$$

$$S(x) = \int_0^x \sin(\pi t^2/2)dt \quad \text{.....(2.51)}$$

$$\rho_1 = \frac{(a_1)^2}{3\lambda} \quad \text{.....(2.52)}$$

$$\rho_2 = \frac{(b_1)^2}{2\lambda} \quad \text{.....(2.53)}$$

Dengan persamaan-persamaan diatas diperoleh keterarahan seperti berikut :

$$D_p = \frac{\pi}{32}\cdot\left(\frac{\lambda}{a}\cdot D_E\right)\cdot\left(\frac{\lambda}{b}\cdot D_H\right) \quad \text{.....(2.54)}$$

Dengan,

$$D_E = \frac{32\,A_e A_h}{\pi\,\lambda^2}\,\frac{C^2(q)+S^2(q)}{q} \quad \text{.....(2.55)}$$

$$D_H = \frac{4\pi\,A_e R}{\lambda\,A_h}\left\{\left[C(P_1)-C(P_2)\right]^2+\left[S(P_1)-S(P_2)\right]^2\right\} \quad \text{.....(2.56)}$$

Dengan,

$$I(\theta,\phi=0^0) = e^{j\left(\frac{x}{8t}\right)\left(\frac{A}{\lambda}\right)\sin\theta+\frac{1}{2}}\left[C(s_2)-jS(s_2)-C(s_1)+jS(s_1)\right]+ e^{j\left(\frac{x}{8t}\right)\left(\frac{A}{\lambda}\right)\sin\theta+\frac{1}{2}}\left[C(t_2)-jS(t_2)-C(t_1)+jS(t_1)\right] \quad \text{.....(2.57)}$$

Dimana :

$a1 = A_e$ = ukuran mulut antena horn ke arah medan listrik

b1=A_h = ukuran mulut antena horn ke arah medan magnet

a, b = ukuran dari penampang bumbung gelombang (*waveguide*)

ρ1, ρ2 = panjang axial dari horn dilihat dari bidang-E dan bidang-H.

2.10 MATLAB 6.5

Matlab 6.5 merupakan software program aplikasi yang digunakan untuk komputasi teknik. Nama Matlab merupakan singkatan dari MATrix LABoratory. Matlab mampu mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman untuk dapat digunakan secara mudah. Penggunaan Matlab diantaranya adalah pada:

1. Matematika dan Komputansi
2. Pengembangan algoritma
3. Pemodelan, simulasi, dan prototyping
4. Analisa, eksplorasi, dan visualisasi data
5. Pengolahan grafik untuk sains dan teknik

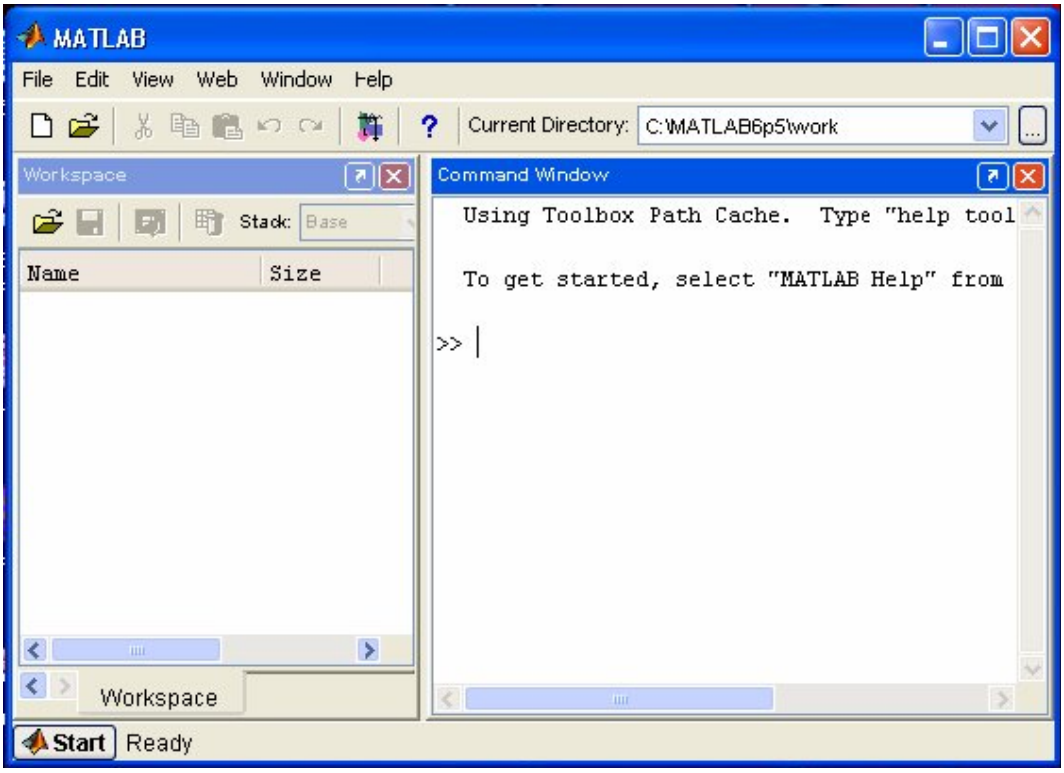
Pada tugas akhir ini Matlab 6.5 digunakan untuk proses pengolahan data, yakni proses yang berkaitan dengan analisa dan visualisasi data.

2.10.1 Lingkup Matlab

Ada beberapa tools yang disediakan oleh Matlab 6.5 diantaranya sebagai berikut:

- Command Window, yang berfungsi untuk tempat memasukkan dan menjalankan variabel (fungsi) dari Matlab dan M File.
- Command History, yang berfungsi menampilkan fungsi-fungsi yang telah dikerjakan pada command window.
- Launch Pad, yang berfungsi untuk akses tools, demo, dan dokumentasi semua produk Math Works.
- Help Browser, yang berfungsi untuk menampilkan dan mencari dokumentasi yang ada pada Matlab.
- Current Directory Browser, yang berfungsi menampilkan file-file Matlab dan file yang terkait serta mengerjakan operasi file seperti membuka dan mencari isi file.
- Workspace Browser, yang memuat variabel-variabel yang dibuat dan yang disimpan dalam memori saat penggunaan Matlab.
- Editor / Debugger, yang berfungsi untuk membuat dan memeriksa M File

  Beberapa tools ini merupakan tools yang secara umum digunakan pada Matlab, namun sebenarnya selain itu ada banyak tools tambahan lainnya pada Matlab.

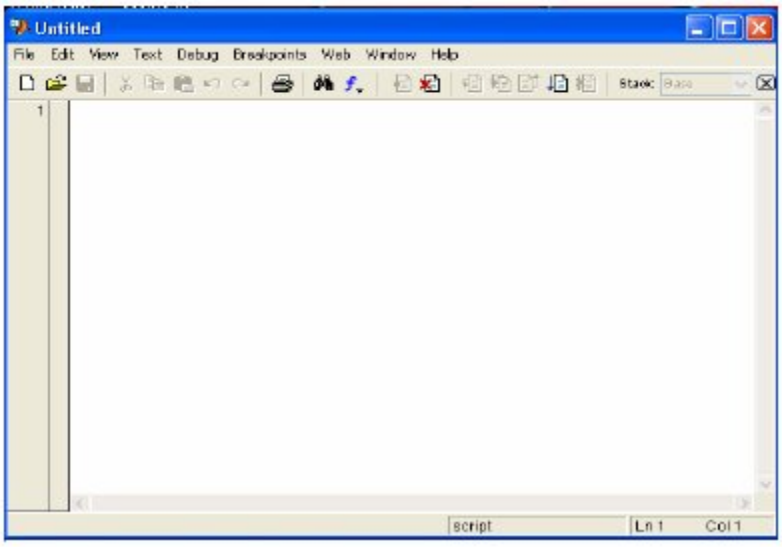


Gambar 2.18 Matlab

2.10.2 M File Editor

M File merupakan file teks yang memuat variabel- variabel dan fungsi yang ada pada Matlab. M File berupa nama file script dalam Matlab yang disimpan dengan ekstensi '.m'.

M File memudahkan dalam penulisan (pembuatan) program dalam Matlab. Dimana fungsi-fungsi yang ada pada M File tersebut dapat mengakses semua variabel Matlab dan menjadi bagian dari ruang kerja Matlab.



Gambar 2.19 M File