BAB II

SISTEM KOMUNIKASI DATA WIRELESS IP (INTERNET PROTOCOL) DAN SISTEM GELOMBANG MIKRO

2.1. Pengertian Sistem Komunikasi Data Wireless

Pada dasarnya komunikasi data wireless ada dua bentuk yaitu *Wireless Local Area Network* (WLAN) dan *Wireless Wide Area Network* (WWAN).

Karakteristik WLAN yaitu mempunyai cakupan geografis yang terbatas, dapat dihitung hanya beberapa meter saja. Jaringan ini mempunyai cakupan sebuah kantor, gedung atau kampus. Karena cakupanya yang kecil maka kecepatanya relatif cepat kira-kira 2 Mbps atau lebih. Teknologi *wireless* LAN mengizinkan kita untuk dapat menghubungkan peralatan komunikasi yang ada ke *server* dalam *site* kita atau seluruh PC (*personal Computer*) yang ada dalam satu kantor dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa kabel.

Sedangkan WWAN mempunyai cakupan geografis yang sangat luas dapat dihitung dalam mil atau kilometer. Jaringan ini mempunyai cakupan berupa sebuah kota, propinsi maupun negara. Karena cakupanya yang sangat luas maka kecepatanya relatif lambat kira-kira 20 Kbps. Contoh WWAN yang paling banyak digunakan yaitu pada *cellular phone, paging* dan sistem radio paket. Dengan teknologi *wireless* WAN seluruh PC yang ada dirumah kita dapat terhubung keluar dengan sebuah *base station* yang ditempatkan beberapa mil jauhnya.

Dengan sebuah LAN, model data dapat dilewatkan dari satu titik ke titik yang lainya sedangkan dengan WAN seluruh data dilewatkan menuju *central site* dimana paket data harus dicek untuk ditujukan ke alamat yang dituju dan lalu dikirim.

2.2. Sistem Jaringan Komunikasi Data Wireless

Sistem jaringan komunikasi data *wireless* dibagi menjadi dua jenis yaitu *wireless point to point* dimana hubungan komunikasi data *wireles* dilakukan hanya oleh dua titik yang saling berkomunikasi dan *wireless point to multipoint* dimana jaringan komunikasi data *wireless* dilakukan bersama oleh beberapa titik yang dalam hubungannya dibutuhkan *central router* untuk mengirim dan menerima data yang dilewatkanya.

2.2.1. Komunikasi Data Wireless Point to Point

Jaringan *wireless point to point* adalah hubungan dua titik antara modem satu dengan modem yang lain, dimana di masing-masing modem dihubungkan ke antena model *directional* yang harus diarahkan tepat ke arah antena *directional* yang satunya.

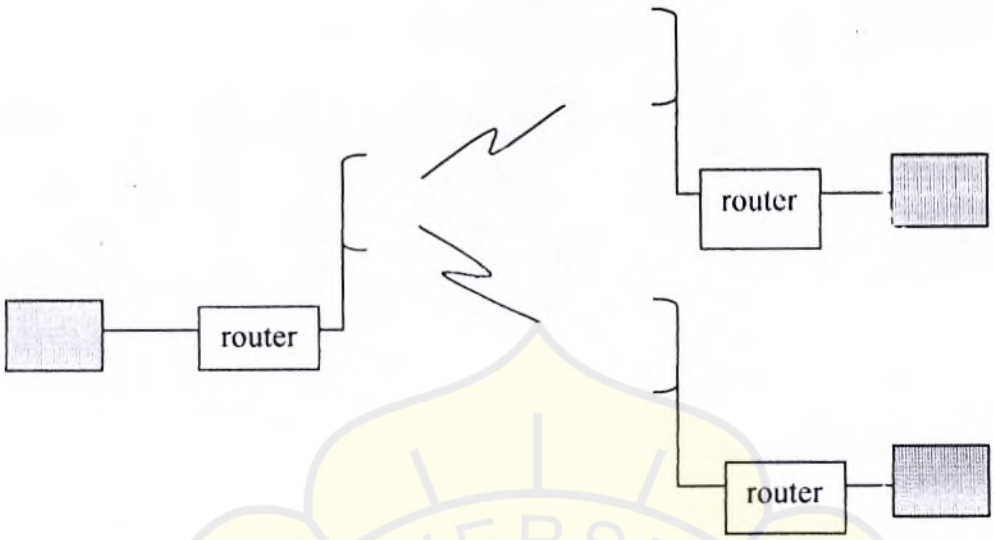
Untuk komunikasi *wireless* data dengan menggunakan antena *directional* dalam mengarahkan antena satu ke antena lainya harus LOS (*line of sight*). Dimana dalam lintasan tersebut tidak boleh terhalang oleh benda berupa gedung, pohon, bukit dan lain-lain. Bila keadaan lintasan terhalang oleh suatu benda maka kita harus menempatkan antena tersebut di lokasi yang lain. Jika sudah tidak ada lagi lokasi yang LOS maka kita harus menempatkan antena di tengah-tengah lintasan yang terhalang oleh benda tersebut, antena ini kita sebut *repeater*. *Repeater* adalah

penguat sinyal yang telah lemah atau yang terhalang oleh benda, sehingga lintasan antena yang akan dibuat sebelum sampai ke antena tujuan harus diterima dulu oleh *repeater*.

Gambar 2.1 Jaringan Komunikasi Data *Wireless Point to Point*

2.2.2. Komunikasi Data Wireless Point to Multipoint

Jaringan *wireless point to multipoint* adalah hubungan komunikasi antara beberapa titik yang dalam hubungannya dibutuhkan central router untuk mengirim dan menerima data yang dilewatkan. Sistem ini seringkali digunakan untuk aplikasi data karena lebih ekonomis dalam aplikasinya. Dimana di sentral hub ditempatkan antena model *omni-directional*, antena ini mempunyai polarisasi memancar dan menerima ke segala arah, pancaran ini diterima oleh antena model *directional*. Lintasan jaringan ini juga harus LOS (line of sight).



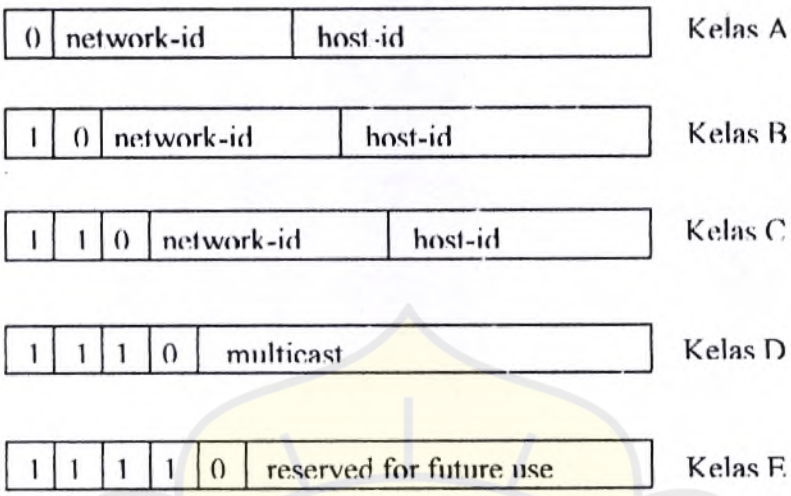
Gambar 2.2 Jaringan Komunikasi Data *Wireless Point to Multipoint*

2.3. Protokol IP

Dalam komunikasi *wireless IP* setiap titik *router* dan kartu *ethernet* terdapat protokol IP yang diberikan IP *Address*, agar titik tersebut dapat dikenali oleh titik lainnya. IP *address* merupakan angka yang unik yang dapat diberikan ke semua *interface* protokol yang ada.

2.3.1. Alamat IP (IP Address)

Setiap *host* dan *router* harus mempunyai alamat IP, yang meng-*encoded* nomor jaringan dan nomor *host*. Kombinasinya bersifat unik yaitu tidak ada dua mesin yang memiliki alamat IP yang sama. Format alamat IP ditunjukkan pada Gambar 2.3, mesin-mesin yang terhubung ke jaringan yang banyak mempunyai alamat-alamat yang berbeda pada masing-masing jaringan.



Gambar 2.3 Format Alamat IP

Berdasarkan pembagian kelas tersebut maka alamat minimum dan maksimumnya menjadi :

- Kelas A nilai minimum 00000000 = 000 dan nilai maksimum 01111111 = 127. Kelas ini mempunyai panjang 8 bit untuk alamat jaringannya dan 24 bit untuk alamat *host.*
- Kelas B nilai minimum 10000000 = 128 dan nilai maksimum 10111111 = 191. Kelas ini mempunyai panjang 16 bit untuk alamat jaringannya dan 16 bit untuk alamat *host.*
- Kelas C nilai minimum 11000000 = 192 dan nilai maksimum 11011111 = 223. Kelas ini mempunyai panjang 24 bit untuk alamat jaringanya dan 8 bit untuk alamat *host.*

- Kelas D nilai minimum 11100000 = 224 dan nilai maksimum 11101111 = 239. Kelas ini dipersiapkan untuk *multicasting*.
- Kelas E nilai minimum 11110000 = 240 dan nilai maksimum 11110111 = 247. Kelas ini dipakai untuk cadangan yang akan datang.

Tabel 2.1. Pembagian Kelas Alamat IP

Kelas	Batas
A	0.0.0.0 – 127.255.255.255
B	128.0.0.0 – 191.255.255.255
C	192.0.0.0 – 223.255.255.255
D	224.0.0.0 – 239.255.255.255
E	240.0.0.0 – 247.255.255.255

Beberapa ketentuan - ketentuan yang perlu diperhatikan :

◊ Seluruh bit bernilai 0 : mempunyai arti *host* "ini" (*IP address* dengan *<network address >* = 0). Ketika *host* ini ingin berkomunikasi untuk seluruh jaringan tetapi belum mengetahui *IP address* jaringan, maka *host* dapat mengirim paket dengan *<network address>* = 0. *Host* lain pada jaringan akan menginterpretasikan alamat tersebut sebagai "jaringan ini". Jawaban yang diberikan akan berisi alamat jaringan yang sebenarnya agar pengirim dapat mencatatnya untuk keperluan masa yang akan datang.

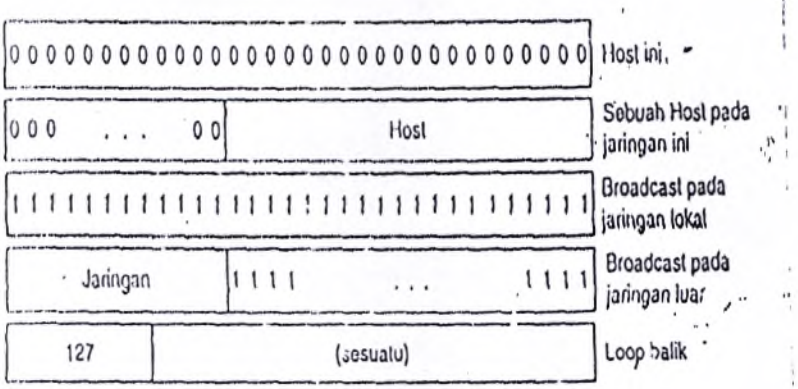
◊ Seluruh bit bernilai 1 : mempunyai arti "seluruh" jaringan atau "seluruh" *host* sebagai contoh 128.2.255.255 berarti "seluruh" *host* pada jaringan 128.2 (alamat kelas B). Hal ini disebut directed broadcast karena berisi *<network addresss>* yang sah dan melakukan *broadcast* pada semua *<host address>*.

Jadi jumlah yang disediakan menandakan bahwa alamat kelas A harus digunakan untuk jaringan dengan jumlah *host* yang besar, dan alamat C untuk jaringan dengan jumlah *host* yang kecil.

Alamat- alamat yang berawal dengan 11110 dicadangkan untuk dipakai dimasa datang. Saat ini puluhan ribu jaringan terhubung ke Internet dan berlipat ganda setiap tahunnya. Nomor jaringan diberikan oleh NIC (*Network Information Center*) untuk mengindari terjadinya konflik.

Alamat jaringan yang berupa nomor dengan panjang 32 bit, biasanya ditulis dalam bentuk notasi desimal bertitik. Dalam format ini setiap 4 byte ditulis dalam bilangan desimal, mulai 0 sampai 255. Misalnya, alamat heksadesimal C0290614 ditulis sebagai 192.41.6.20. Alamat IP terendah adalah 0.0.0.0 dan yang tertinggi adalah 255.255.255.255.

Nilai-nilai 0 dan1 mempunyai arti khusus, seperti ditunjukkan dalam *Gambar 2.4* nilai 0 berarti bahwa jaringan ini atau *host* ini. Nilai 1 digunakan sebagai alamat *broadcast* yang berarti seluruh *host* pada jaringan tertentu.



Gambar 2.4 Alamat-alamat IP Khusus

Alamat khusus 0.0.0.0 digunakan oleh *host* ketika *host-host* sedang di *boot* tapi setelah itu tidak digunakan. Alamat IP yang menggunakan angka 0 sebagai nomor jaringannya berkaitan dengan jaringan saat itu. Alamat-alamat ini memungkinkan mesin untuk merujuk ke jaringannya berkaitan dengan jaringan saat itu. Alamat-alamat ini memungkinkan mesin untuk merujuk ke jaringanya sendiri tanpa harus mengetahui nomornya (tapi mesin-mesin itu harus mengetahui kelasnya agar mengetahui jumlah angka 0 yang akan dilibatkan). Alamat yang seluruhnya terdiri dari angka 1 dapat melakukan *broadcasting* pada jaringan lokal, biasanya suatu LAN. Alamat dengan nomor jaringan tertentu dan *field host*-nya berangka 1 seluruhnya mengizinkan mesin untuk mengirimkan paket-paket *broadcast* ke LAN dimanapun di Internet. Semua alamat dengan bentuk 127.xx.yy.zz dicadangkan untuk pengujian loop balik. Paket yang yang dikirimkan ke alamat itu tidak diteruskan ke kabel, namun paket-paket tersebut diproses secara lokal dan diberlakukan sebagai paket yang datang. Hal ini memungkinkan paket dikirimkan ke jaringan lokal namun tanpa pengirim mengetahui nomornya.

Namun demikian masih terdapat satu kekurangan utama yaitu jika suatu *host* berpindah ke jaringan lain, maka IP *address*-nya juga harus diubah. Kekurangan lain adalah jika suatu jaringan kelas C kemudian mempunyai lebih dari 255 *host*, jaringan tersebut harus merubah IP *address*-nya ke alamat kelas B. Walaupun tampaknya merupakan masalah sederhana, tapi merubah *network address* dapat menimbulkan kesulitan yang menyita waktu.

2.3.2. Subnet Masks

Tiap-tiap alamat IP berisi 2 (dua) bagian, yaitu :

- Satu untuk menunjukkan ke bagian jaringan dan
- Satu lagi untuk menunjukkan ke bagian *Host*

Tabel 2.2 menunjukkan jumlah jaringan dan *host* yang dapat disediakan tiap-tiap nilai *mask*.

Tabel 2.2 Total Jaringan dan Host yang Tersedia Pada Tiap-Tiap Nilai Mask

Subnet Mask	Jumlah maks jaringan	Jumlah maks host
255.0.0.0	1	16.581.373
255.255.0.0	255	65.023
255.255.255.0	65.025	254

IP *subnet* disediakan kedalam kelas yang berbeda yaitu : A, B dan C. Ukuran kelas ditentukan pada ruang alamat organisasi yang akan disediakan. Tabel 2.3 menunjukkan alamat kelas serta asumsi jumlah *subnet mask*

Tabel 2.3. Alamat Kelas dan Range Alamat Serta Asumsi Subnet Mask

Alamat Kelas	Range Alamat	Asumsi Subnet Mask
A	1.0.0.0 – 126.0.0.0	255.0.0.0
B	128.0.0.0 – 191.0.0.0	255.255.0.0
C	192.0.0.0 – 223.0.0.0	255.255.255.0

2.3.3. Perjanjian Alamat IP (Internet Protocol)

Sebenarnya alamat *subnet* dibuat dalam 4blok/bagian nomor yang terpisah. Tiap-tiap blok/bagian nomor ini disebut *byte*. Nilai untuk tiap-tiap *byte* dapat diurutkan dari 0 sampai 255. Ketika manulis sebuah *subnet*, "0" tercantum menunjukkan jumlah bagian jaringan. Sebagai contoh, ketika menulis 192.168.175.0, ini di asumsikan menunjukkan jumlah IP *subnet*, dengan alamat 192.168.175. Jika saya menulis 10.0.0.0, ini diasumsikan bahwa menunjukkan jumlah IP *subnet*-nya dengan alamat 10.

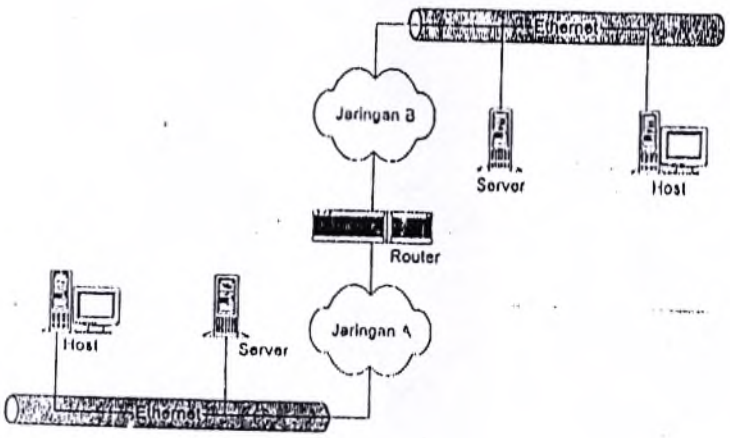
Kita dapat memilih secara acak alamat IP dalam *range IP* untuk menunjukkan jaringan kita. Ketika menulis sebuah alamat IP untuk sebuah *server* atau *workstation*, kita menempatkan ulang "0" dengan nomor unik sebagai identifikasi sistem dalam IP *subnet*. Nilai untuk nomor ini dapat diambil dari 1 sampai 254. Sebagai contoh, diberikan IP *subnet* 192.168.175.0, sistem pertama dalam jaringan ini dapat diterima dengan alamat 192.168.175.1, selanjutnya dapat diterima dengan alamat 192.168.175.2, dan seterusnya. Contoh lain dalam *subnet* kita adalah 10, maka IP *host* pertama dapat ditulis 10.0.0.1, selanjutnya dapat ditulis 10.0.0.2 dan seterusnya. Dalam sebuah IP *subnet*, setiap *host* harus ditunjukkan

dengan alamat unik IP. Jika tidak, komunikasi dapat menyimpang dan pengirim informasi menuju sistem yang salah.

2.4. Router dan Gateway

Router dan/atau *gateway* dapat menghubungkan jaringan dengan tipe yang berbeda pada *Network Layer*. Dalam jaringan TCP/IP kedua istilah ini sering digunakan, namun kadang membingungkan. Keduanya dapat didefinisikan sebagai "komputer atau mesin yang dihubungkan dengan sedikitnya dua buah jaringan yang berfungsi untuk mengatur seluruh aktifitas lalu lintas antar jaringan". Perbedaan yang paling menyolok diantara keduanya adalah *router* biasanya digunakan untuk melewati lalu lintas data diantara jaringan, sedangkan *gateway* digunakan untuk melewati data diantara protokol.

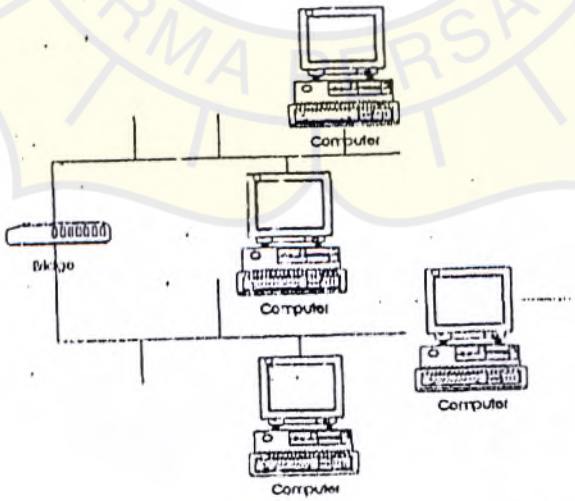
Pada antar jaringan yang lebih luas lagi, diperlukan lebih banyak *router*. Disini lalu lintas data menjadi lebih kompleks lagi, berhubung data-data yang harus dilewati melalui jaringan harus mempunyai rute yang efisien dan efektif. Lalu lintas data dapat pula ditujukan ke *host* yang terkoneksi jauh pada jaringan diluar area *router* yang dimaksud, sehingga *router* harus melemparkan lalu lintas datanya ke router lain.



Gambar 2.5. Router Menghubungkan Dua Jaringan Yang Terinterkoneksi

2.5. Bridge

Bridge digunakan untuk memperluas ukuran jaringan dengan menghubungkan bersama dua jaringan dengan protokol yang sama. *Bridge* menggunakan alamat jaringan dari *host* pengirim dan penerima untuk menentukan apakah akan mengirim satu paket ke jaringan yang terkoneksi. Pada jaringan *Ethernet*, *bridge* hanya melihat alamat *ethernet* dan mengabaikan informasi lain yang ada dalam *frame ethernet*. *Bridge* beroperasi pada *Data Link Layer*.



Gambar 2.6. Bridge Menghubungkan Dua Daerah Yang Terpisah

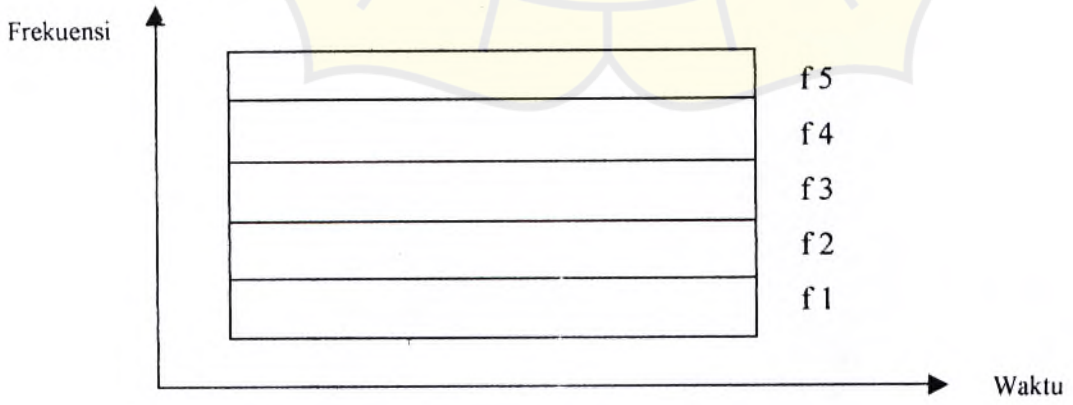
2.6. Konsep Multiple Access

Multiple access berarti sekumpulan pengguna (*user*) mampu melakukan akses atau komunikasi dengan pengguna lain melalui lebar pita spektrum yang dialokasikan. Dalam dunia telekomunkasi kita mengenal dua jenis metode akses, yaitu :

1. TDM (*time division multiplex*), yaitu penggandaan saluran dengan menggunakan pembagian waktu.
2. FDM (*frequency division multiplex*), yaitu penggandaan saluran dengan mengunakan pembagian frekuensi.

2.6.1. FDMA (*frequency division multiple access*)

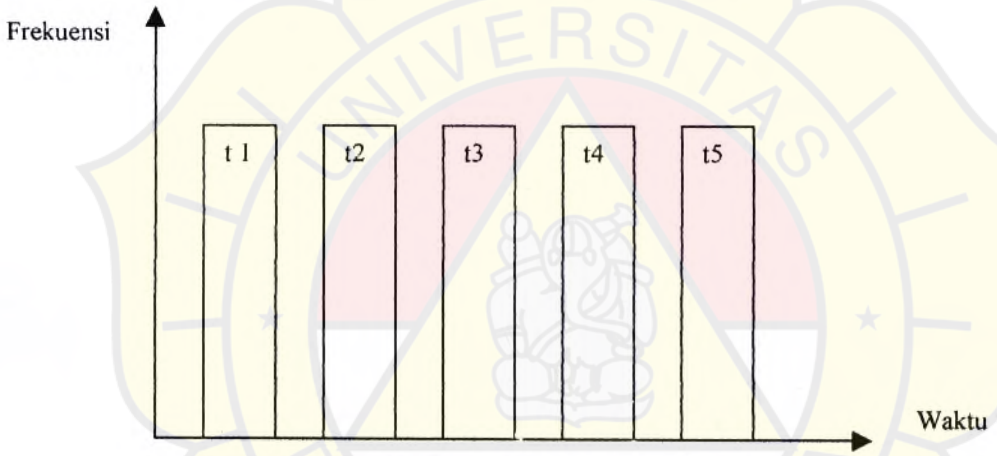
FDMA dengan prinsip dasar seperti pada gambar 2.7 membagi alokasi lebar pita spektrum frekuensi yang tersedia menjadi bagian-bagian kecil yang dialokasikan pada setiap pengguna sebagai sebuah kanal komunikasi. Dalam FDMA setiap pemakai diberi alokasi frekuensi tertentu selama proses pengiriman data, sehingga dalam waktu yang bersamaan hanya satu pelanggan saja yang dapat memanfaatkan kanal frekuensi tersebut.



Gambar 2.7 Prinsip Dasar FDMA

2.6.2. TDMA (*time division multiple access*)

Dalam sistem TDMA setiap pelanggan diberikan alokasi *time slot* tertentu sebagai kanal komunikasi pada potongan spektrum frekuensi yang telah dialokasikan sehingga aliran informasi tidak terpotong-potong pada setiap *slot* waktu seperti terlihat pada gambar 2.8. Karena selang antar *slot* waktu yang sangat pendek sehingga yang terdengar oleh pengguna seperti aliran informasi kontinyu biasa. Teknologi TDMA tidak mengijinkan pengguna melakukan akses pada *slot* waktu yang telah diberikan pada pengguna lain sampai proses pengiriman selesai.



Gambar 2.8 Prinsip Dasar TDMA

2.7. Propagasi Gelombang Radio

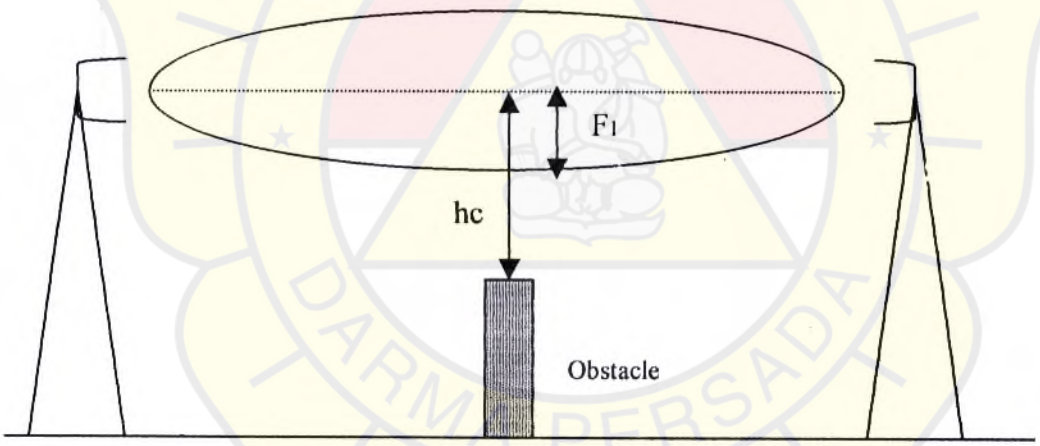
Propagasi adalah proses perambatan gelombang radio dengan menggunakan udara (atmosfir) sebagai media perambatanya. Proses propagasi ini dimulai pada saat gelombang radio mulai dipancarkan dari suatu titik pemancar dan berakhir saat gelombang radio tersebut diterima dititik penerima.

2.7.1. Propagasi Langsung Bebas Pandang (Line of Sight)

Propagasi langsung bebas pandang adalah hubungan gelombang radio dimana antena pemancar dan antena penerima dapat langsung saling melihat atau berhadapan tanpa adanya suatu halangan (*obstacle*).

Untuk mendapatkan propagasi yang langsung bebas pandang harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya :

- Lintasan gelombang elektromagnetik harus langsung merambat dari antena pemancar ke antena penerima.
- Height Clearence (hc) besarnya 0,6 x jari-jari daerah Fresnel-1 (F 1)



Keterangan : F 1 = jari-jari Fresnel 1

hc = height clearence

Gambar 2.9. Jari-jari Fresnel 1 dan Height Clearence

- Besarnya sinyal yang diterima harus memenuhi syarat sensitivitas penerimaan.

2.7.2. Redaman Ruang bebas (*Free Space Loss*)

Redaman ruang bebas terjadi pada saat gelombang radio merambat dari antena pemancar ke penerima melalui media transmisi yang berupa ruang bebas sehingga menyebabkan menurunya level daya gelombang radio yang diterima. Menurunya level daya tersebut dipengaruhi oleh frekuensi dan jarak antara titik pemancar dan titik penerima.

Bila pada titik pemancar dipancarkan rapat daya sebesar Po maka di tempat yang berjarak d dari titik pemancar dihasilkan rapat daya sebesar :

$$Pd = Po/4\pi d^2 \ (W/m^2) \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.1)$$

Jika antena penerima di tempat tersebut mempunyai luas efektif Ar, maka daya yang diterima sebesar Pr adalah :

$$Pr = Po\ Ar/4\pi d^2 \ (W) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

Untuk antena isotropik atau *omnidirectional* luas efektif antena adalah :

$$Ar = \lambda^2/4\pi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.3)$$

Dari persamaan-persamaan diatas didapat redaman ruang bebas (a_o) untuk antena isotropik atau *omnidirectional* dan dinyatakan sebagai :

$$a_o = Po/Pr = (4\pi d^2/\lambda)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

Apabila dinyatakan dalam desibel, maka redaman ruang bebas menjadi :

$$a_o(dB) = 20 \log (4\pi d/\lambda) = 20 \log 4\pi fd/c \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.5)$$

$$a_o = 20 \log (4\pi/c) + 20 \log f + 20 \log d \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

jika frekuensi (f) dinyatakan dalam Mhz dan jarak antara antena pemancar dengan antena penerima (d) dalam Km, maka :

$$a_o(dB) \quad 20 \log [4\pi(10)^6 (10)^3 / 3.10^8] + 20 \log f + 20 \log d \ldots\ldots\ldots\ldots (2.7)$$

$$a_o(dB) = 32,44 + 20 \log f + 20 \log d \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

sedangkan jika frekuensi (f) dalam Ghz dan jarak antara antena pemancar dengan antena penerima (d) dalam Km, maka :

$$a_o(dB) = 20 \log [4\pi(10^9) (10)^3 / 3.10^8] + 20 \log f + 20 \log d \ldots\ldots\ldots\ldots (2.9)$$

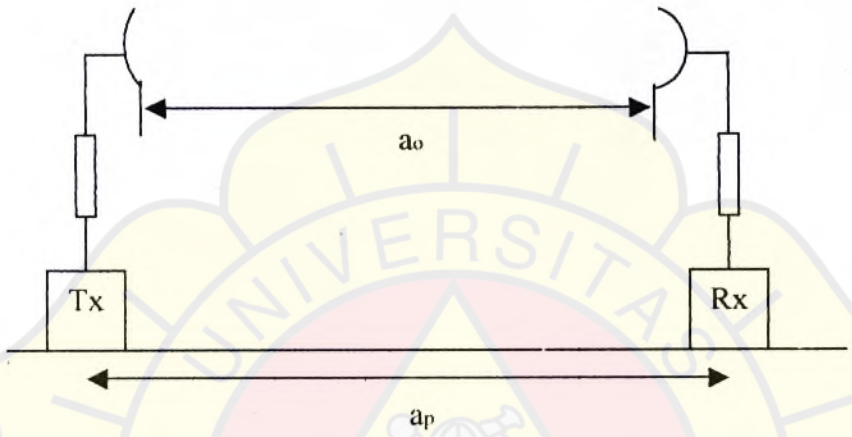
$$a_o(dB) = 92,44 + 20 \log f + 20 \log d \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.10)$$

2.7.3. Redaman Propagasi

Suatu lintasan gelombang mikro pada Gambar 2.10 selain terdapat redaman ruang bebas (a_o), ada juga redaman propagasi (a_p) yaitu redaman antara perangkat pemancar dan penerima yang terdiri atas : redaman saluran (*feeder*) pada pemancar dan penerima (L_{fT} dan L_{fR}), penguatan antena pemancar dan penerima (G_T dan G_R)

dan redaman *branching* pemancar dan penerima (L_{BT} dan L_{BR}). Persamaan untuk menghitung redaman propagasi adalah sebagai berikut :

$$a_p(dB) = a_o - (G_T + G_R) + (L_{fT} + L_{fR}) + (L_{BT} + L_{BR}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.11)$$

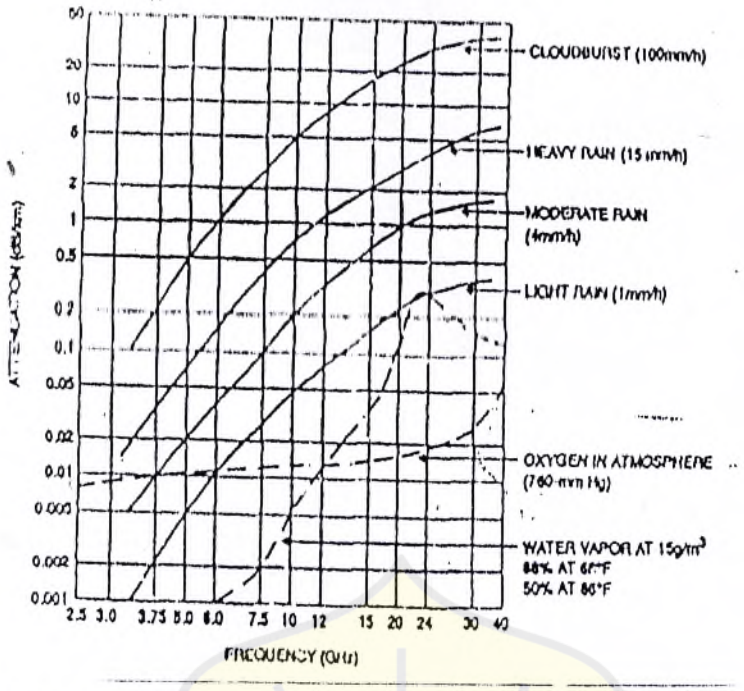


Gambar 2.10 Lintasan Gelombang Radio

2.7.4. Efek Atmosfer

Perambatan gelombang hampa sebenarnya hanya terjadi pada komunikasi satelit, sedang dalam gelombang mikro teresterial, gelombang selalu merambat pada atmosfer. Oksigen pada atmosfer menyerap sebagian energi yang dipancarkan.

Pelemahan yang disebabkan oleh absorpsi energi gelombang mikro oleh oksigen pada atmosfer sangat kecil pada *range* frekuensi yang digunakan untuk komunikasi gelombang mikro. Kira-kira 0,01 dB/Km pada frekuensi operasi 2 Ghz dan meningkat 0,02 pada 26 Ghz. Grafik dalam gambar 2.11 menunjukkan pelemahan sinyal radio yang meningkat seiring dengan meningkatnya kadar air dalam atmosfer.



Gambar 2.11. Grafik Hubungan Kadar Air Pada Atmosfer Dengan Atenuasi

Refraksi menyebabkan jalur sorotan energi atenuasi antena melenceng dari jalur LOS-nya. Jika timbul refraksi pada sistem transmisi gelombang mikro maka akan menyebabkan *"outages"* atau keadaan dimana sistem tidak dapat memberikan layanan yang dapat berlangsung selama beberapa detik sampai beberapa jam.

Refraksi adalah peristiwa dimana pembelokkan gelombang radio yang disebabkan oleh perubahan karakteristik dari atmosfer. Atmosfer mengalami perubahan suhu, kerapatan dan kelembapan sesuai dengan meningkatnya ketinggian dari permukaan bumi.

2.7.5. Perambatan Gelombang Radio Pada Atmosfer

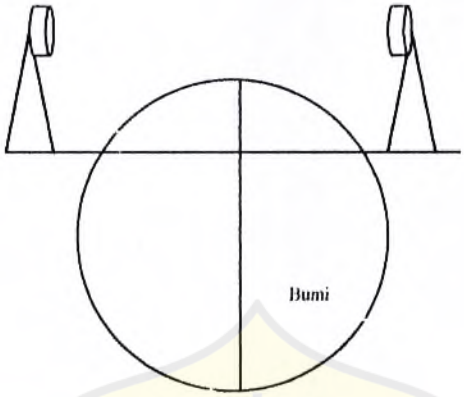
Pembiasan terjadi dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada kerapatan media rambatnya, semakin rapat medianya maka kecepatanya semakin lambat pula. Hal ini berarti dengan semakin bertambahnya ketinggian maka kecepatan rambatnya semakin cepat pula karena seiring dengan bertambahnya

ketinggian suatu tempat maka konstanata dielektrik, indeks bias, suhu, tekanan udara dan kelembapan akan semakin kecil dan mengakibatkan gelombang radio membelok ke bawah.

Kecepatan maksimal terjadi bila media rambatnya merupakan ruang bebas sehingga lintasan gelombang radio di ruang bebas merupakan garis lurus. Sedangkan di atmosfer yang memiliki kostanta dielektrik lebih besar mengandung molekul gas dan molekul air kecepatanya lebih lambat, karena adanya perubahan indeks bias pada lapisan atmosfer maka gelombang radio akan dibelokkan pada saat melalui atmosfer.

Untuk menghitung pembiasan atmosfer di dalam perhitungan lintasan *clearence*, digunakan faktor K yaitu perbandingan antara jari-jari bumi efektif (R) dengan jari-jari bumi sesungguhnya (Ro = 6370Km), dimana harga jari-jari bumi efektif tergantung pada kondisi atmosfer suatu daerah.

$$K = R/Ro \quad \ldots\ldots\ldots\



Gambar 2.12. Earth Bulge

2.7.7. Efek Terrain

Perambatan energi gelombang mikro dipengaruhi oleh penghalang berupa batuan, bukit gunung, pepohonan, gedung, dan benda tinggi lainya yang terdapat pada jalur radio. Bentuk dan materi pembentuk halangan tersebut harus diperhatikan dalam survey sebuah jalur radio. Objek yang berdekatan dengan jalur LOS radio dapat menyebabkan masalah, walaupun objek tersebut tidak menghalangi LOS.

Dalam keadaan ini kita harus melihat dan menghitung daerah *fresnel*, dimana daerah *fresnel* adalah daerah yang berbentuk elips yang berada di sekitar garis lurus yang merupakan perambatan gelombang radio secara langsung. Apabila perambatan gelombang radio masih berada dalam cakupan daerah *fresenel* maka keadaan ini masih merupakan keadaan *Line Of Sight*.

Untuk menghitung daerah *fresnel-1* (F-1) dapat digunakan rumus berikut ini :

$$F1 = \sqrt{\lambda \cdot d1 \cdot d2 / D} \qquad (2.13)$$

dimana :

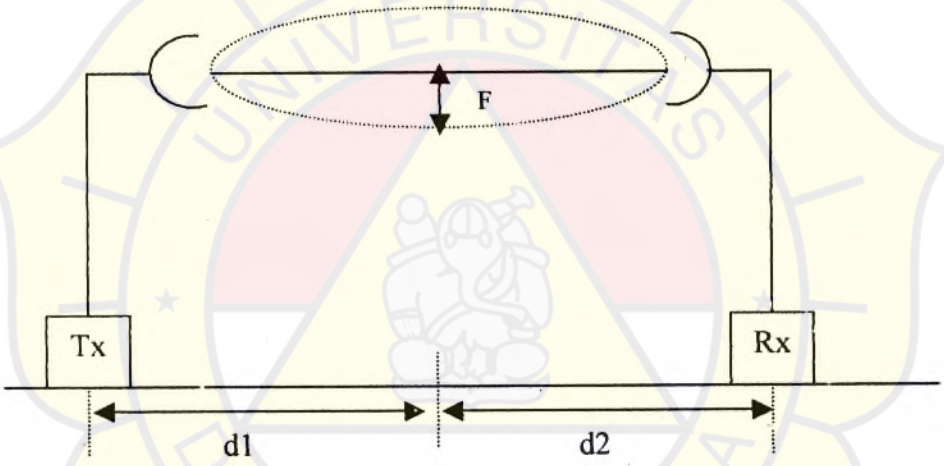
λ = Panjang gelombang (m)

d1 = Jarak dari titik perhitungan ke pengirim

d2 = Jarak dari titik perhitungan ke penerima

D = Jarak dari pemancar ke titik perhitungan

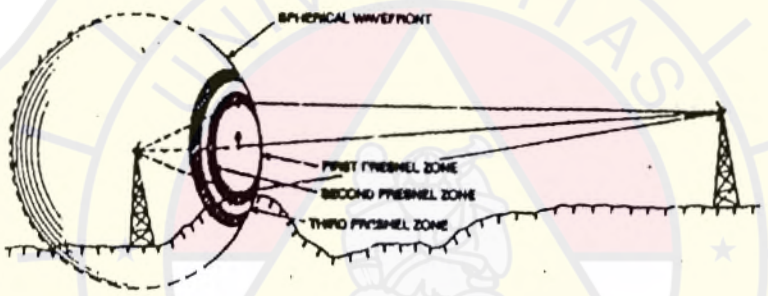
D = d1 + d2



Gambar 2.13. Daerah Fresnel-1

Bila hal tersebut terjadi dalam daerah *fresnel* maka pada antena penerima akan ada dua berkas yang diterima yaitu berkas gelombang yang datang langsung dari pemancar dan berkas gelombang yang telah terpantul/terefleksikan. Bila kedua gelombang tersebut berfase sama akan terjadi penguatan, tapi bila berbeda fase maka akan saling mengurangi.

Berkas sorot langsung gelombang radio mikro pada antena penerima dengan fase tertinggal 180 ^{0} menentukan batas-batas dari daerah fresnel yang petama. Untuk suatu frekuensi tertentu, semua titik pada *microwave link* dimana gelombang merambat lebih jauh sampai $\lambda/2$ membentuk suatu elips yang merupakan daerah *fresnel* pertama.



Gambar 2.14. Tiga Bentuk Daerah Fresnel

Daerah *fresnel* kedua dan ketiga didefinisikan sebagai batas-batas dari titik yang mana gelombang radio merambat lebih jauh berturut-turut. Dengan demikian, setiap titik dalam jalur ada sebuah lingkaran yang bertitik pusat garis jalur LOS radio yang menyatakan batas-batas daerah *fresnel.* Gambar 2.14 menunjukkan bahwa ukuran dari daerah masing-masing wilayah *fresnel* bervariasi sesuai dengan frekuensi operasi yang digunakan.

Difraksi adalah karakteristik gelombang elektromagnetik yang terjadi saat berkas gelombang melewati sebuah penghalang dengan indeks kemiringan sangat kecil (hanya menyentuh permukaan penghalang). Berkas energi tersebut didispersikan yang besarnya bergantung pada jenis dan bentuk penghalang.

Rugi bayangan adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan fenomena kerugian yang disebabkan oleh penghalang, yaitu hilangnya energi radio pada area dibelakang penghalang. Rugi ini bergantung pada frekuensi, gelombang dengan frekuensi tinggi cenderung untuk mengikuti garis lurus LOS dan tidak terdifraksi menjadi daerah bayangan di belakang penghalang. Pada frekuensi rendah, kemungkinan gelombang radio terdifraksi lebih besar dan lebih banyak lagi rugi bayangan sebab sinyal yang kuat berada dalam area bayangan.

2.7.8. Fading

Fading didefinisikan sebagai variasi level sinyal yang diterima, fase dan atau polarisasi pada waktu tertentu akibat dari perubahan karakter atmosfer, cuaca, hujan, dan daerah sepanjang lintasan. Akibat dari fenomena *fading* adalah sinyal dan gelombang radio tidak dapat diterima dengan baik, terdapat kemungkinan terjadinya *downtime*, dimana proses komunikasi tidak dapat dijalankan.

Ada beberapa jenis *fading* :

1. *Multipath Fading*
2. *Power Fading*
3. *Faktor K Fading*

Yang harus diperhatikan dalam proses perencanaan sistem komunikasi gelombang mikro adalah nilai dari *fading* tersebut, artinya banyaknya *fading* per unit

waktu tertentu, dan juga kedalaman *fading* tersebut yaitu seberapa besar variasi intensitas sinyal pada penerima dari pada intensitas sinyal dari nilai ruang bebasnya, biasanya dinyatakan dalam desibel (dB).

2.8. Antena

Ada beberapa bentuk antena pada sistem komunikasi gelombang mikro. Kombinasi antena parabola dan *horn* merupakan tipe yang paling banyak digunakan. Antena jenis tersebut sangat mengarahkan (*highly directional*). Energi gelombang mikro difokuskan oleh antena pemancar membentuk bidang sorot yang sempit dan diarahkan ke antena penerima. Energi yang diterima di fokuskan dengan mekanisme yang analog dengan teleskop.

Antena dipergunakan oleh bagian pemancar dan penerima secara bersamaan. Antena parabolik mempunyai ukuran diameter yang bervariasi dari 1 meter sampai 36 meter.

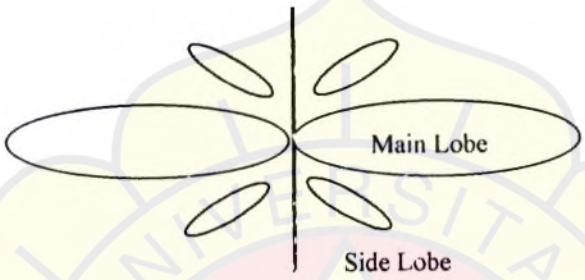
Antena yang baik dalam komunikasi gelombang mikro harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Perolehan antena dalam arah sorot utama tidak melebihi 45 dB
- Memiliki redaman *cuping* samping (*minor lobe*), sehingga dapat mengurangi atau mencegah interferensi dari/ke sistem lainya yang menggunakan frekuensi yang berdekatan.

Karakteristik-karakteristik antena lain :

1. Antena Isotropik atau *Omni directional*

   Antena ini mempunyai radiasi memancarkan dan menerima dalam seluruh lintasan dalam azimuth. Gambar di bawah ini menunjukkan pola radiasi antena *omni* directional dengan *side lobes* dalam bentuk vertikal.

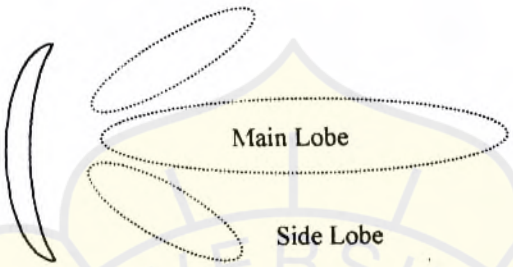


Gambar 2.15. Pola Radiasi Antena Omni directional Dari Samping

Gambar 2.16. Pola Radiasi Antena Omni directional Dari Atas

2. Antena *Directional*

Antena ini mempunyai radiasi memancarkan dan menerima hanya pada satu arah saja. Gambar 2.15. menunjukkan pola radiasi pada antena *directional* dengan *side lobes* dalam bentuk vertikal.



Gambar 2.17. Pola Radiasi Pada Antena Directional

3. Penguatan Antena

Penguatan antena adalah perbandingan antara daya yang diradiasikan oleh antena pemancar dengan daya yang diradiasikan oleh antena referensi yang digunakan pada gelombang radio yaitu antena isotropik.

4. Pola Radiasi

Sifat pengarahan antena dapat dipresentasikan dengan diagram pola radiasi yang menunjukkan pola sebaran pancaran dalam bidang horisontal dan bidang vertikal.

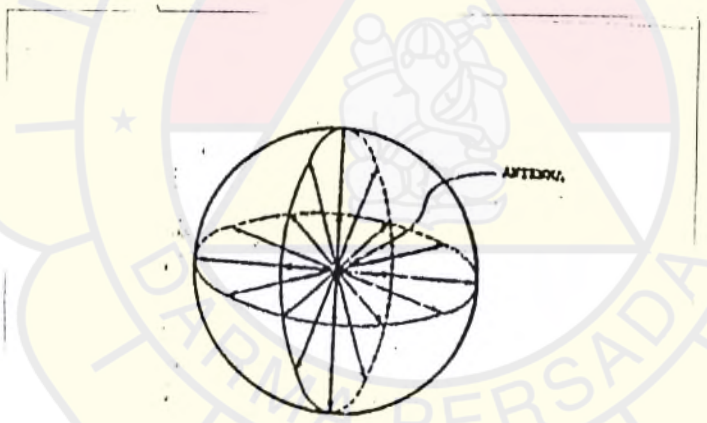
5. *Beamwidth* Antena

Beamwidth antena adalah sudut pancar antena dimana besarnya daya yang dipancarkan antena setengah dari daya pancar maksimumnya.

6. *Bandwidth*

Bandwidth antena didefinisikan sebagai suatu range frekuensi dimana antena tersebut tetap memiliki kinerja yang baik.

Karakteristik antena yang terpenting adalah perolehan (gain). Gain merupakan suatu ukuran kemampuan antena untuk mentransmisikan gelombang dalam satu arah tertentu dan bukan ke semua arah. Juga merupakan suatu ukuran dari *"directionality"* sebuah antena. Sebuah antena yang memancarkan energinya sama rata ke semua arah disebut antena isotropik atau *Omni directiona*l (Gambar 2.18). Untuk komunikasi dari satu titik ke titik lainya, seperti dalam komunikasi gelombang mikro, diperlukan antena dengan tingkat pengarahan yang tinggi.



Gambar 2.18. Pancaran energi antena Isotropik

Definisi perolehan dari antena adalah seberapa besar energi yang dipancarkan secara isotropik dapat diarahkan menjadi sorot (*beam*) energi. Semakin sempit sorotanya dan semakin mengarahkan antena tersebut maka semakin tinggi pula perolehanya (gain).

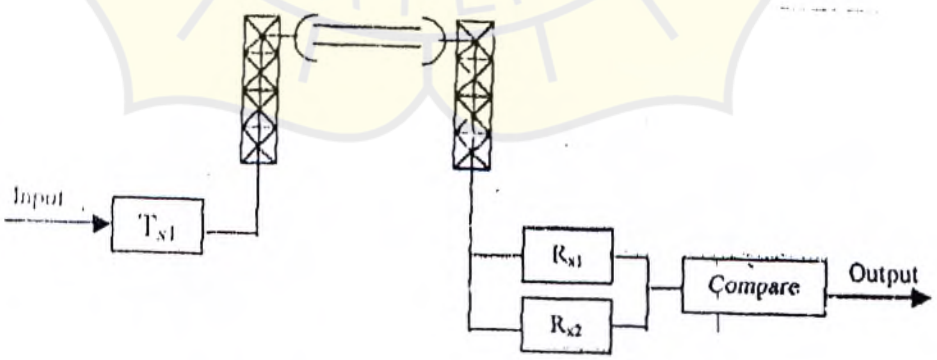
Daya yang dipancarkan atau diterima oleh sebuah antena bergantung kepada *apreture area*. Perolehan daya dari sebuah antena berbanding lurus dengan area penerima relatif terhadap sebuah antena isotropik.

2.9. Teknik Diversity

Teknik Diversity adalah suatu cara untuk mengurangi pengaruh *multipath fading* karena adanya propagasi lebih dari satu jalur dan melindungi kegagalan peralatan. Dasar penggunaanya adalah bahwa sinyal radio yang datang pada suatu penerima melalui beberapa lintasan yang berbeda dapat mempunyai level sinyal yang tidak sama. Ada empat macam teknik diversity yaitu *Time Diversity, Frekuensi Diversity, Space Diversity dan Polarization Diversity*. Namun teknik diversity yang paling sering digunakan adalah *Frukensi diversity, Space diversity.*

2.9.1. Frekuensi Diversity

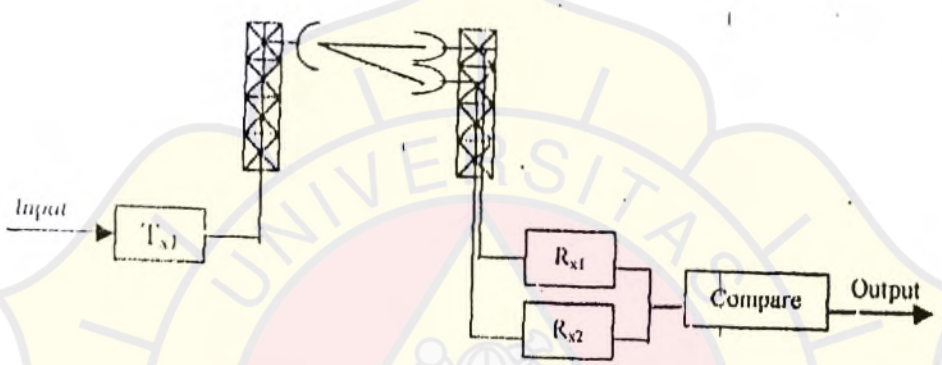
Pada frekuensi diversity, sinyal informasi ditransmisikan melalui pemancar dengan dua frekuensi kerja yang berbeda. Agar tidak terjadi interferensi diperlukan band yang lebar.



Gambar 2.19. Frekuensi Diversity

2.9.2. Space Diversity

Pada space diversity, sinyal informasi ditransmisikan dengan band frekuensi yang sama tetapi pada penerima digunakan dua buah antena yang terletak pada ketinggian yang berbeda



Gambar 2.20. Space Diversity

2.10. Parameter-Parameter Perhitungan Link (*Link Budget*)

Link Budget adalah analisa perhitungan panjangnya suatu lintasan (*link*). Yang dimaksud disini adalah untuk menetapkan parameter-parameter operasi yang digunakan seperti *power output* pemancar, *free space loss, effective isotropic radiated power, isotropic receive level, receive signal level, receive thermal noise, Eb/No, C/n* dan *fade margin.*

2.10.1. Gain Antena

Gain antena adalah parameter pokok dalam teknik radio *link*. Gain biasanya ditunjukkan dalam bentuk desibel (dB) dan merupakan penggambaran dari konsentrasi antena dari power radiasi dalam memberikan arah. Gain antena terletak pada setiap sisi antena, pada antena *isotropic* ditunjukkan dalam bentuk desibel juga. Sebuah antena isotropic secara teoritis merupakan antena dengan penguatan 1 dB. Dalam kata lain adalah sebuah antena yang beradiasi ke segala arah.

Untuk antena *parabolic*, gain merupakan fungsi dari diameter parabola (D) dan frekuensi (f). Secara teoritis gain antena (G) dapat dituliskan kedalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$G\ (dB) = 20 \log f\ (Mhz) + 20 \log D\ (ft) - 52{,}5 \quad \ldots\ldots(2.14)$$

Atau

$$G\ (dB) \quad 20 \log f\ (Ghz) + 20 \log D\ (m) + 17.8 \quad \ldots\ldots(2.15)$$

2.10.2. Free Space Loss (FSL)

Free Space Loss didefinisikan sebagai loss yang terjadi oleh sebuah gelombang elektromagnetik yang dipropagasikan dalam satu garis lurus melalui sebuah ruang bebas dengan tidak ada penyerapan atau refleksi energi dari objek terdekat.

Persamaan dari *free space loss* adalah sebagai berikut :

$$FSL = [4\pi D]^2 = [4\pi fD]^2 \quad \ldots\ldots(2.16)$$

dimana : FSL : free space loss

D : jarak

f : frekuensi

λ : panjang gelombang

c : kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

Jika dikonversi ke dalam satuan dB :

$$FSL\ (dB) = 20 \log 4\pi fD/c = 20 \log 4\pi/c + 20 \log f + 20 \log D \ldots\ldots\ldots\ldots (2.17)$$

Jika frekuensi dalam (Mhz) dan jarak dalam (Km) :

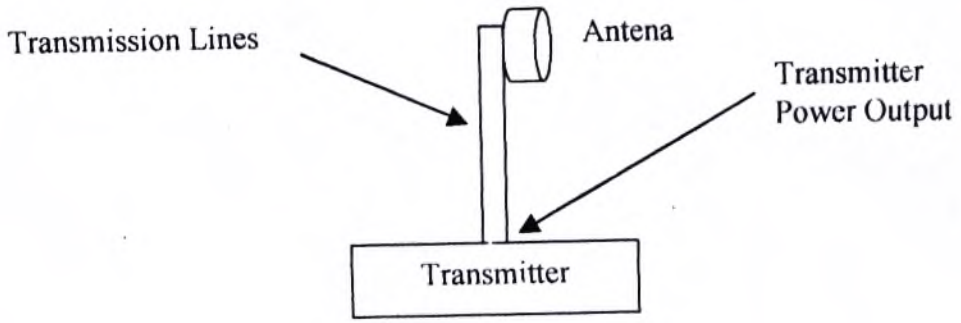
$$FSL\ (dB) = 32{,}4 + 20 \log f\ (Mhz) + 20 \log D\ (Km) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.18)$$

Jika frekuensi dalam (Ghz) dan jarak dalam (Km) :

$$FSL\ (dB) = 92{,}4 + 20 \log f\ (Ghz) + 20 \log D\ (Km) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.19)$$

2.10.3. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

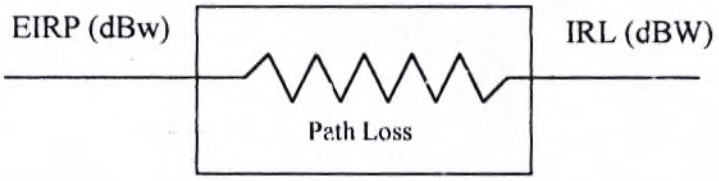
Effective Isotropic Radiated Power adalah menghitung penjumlahan dalam satuan desibel : *power output* pemancar (dalam dBm atau dBW), redaman saluran transmisi dalam dB dan gain antena dalam dB. Gambar 2.21 menunjukkan secara grafik.



Gambar 2.21. Elemen EIRP

Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$EIRP\ (dBW) = Po + Gt - Lt \quad \ldots\ldots\ldots\



Gambar 2.22. Perhitungan IRL

Jika dituliskan ke dalam bentuk rumus adalah sebagai berikut :

$$IRL\ (dBW) = EIRP\ (dBW) - FSL\ (dB) \quad \ldots\ldots(2.22)$$

2.10.5. Receive Signal Level (RSL)

Receive Signal Level adalah *power level* yang memasuki tingkatan pertama aktif pada penerima :

$$RSL\ (dBW) = IRL\ (dBW) + Gr - Lr \quad \ldots\ldots(2.23)$$

Dimana : Gr = Gain penerima (dB)

Lr = Redaman pada penerima (dB)

2.10.6. Receiver Thermal Noise Level

Thermal noise level sebuah penerima adalah fungsi dari *noise figure* penerima dan *bandwidth*-nya

Noise adalah sebuah *device self generates* yang diberikan oleh *noise figure* (dB) atau nilai temperatur *noise*. Setiap perangkat, meskipun merupakan perangkat

pasif, diatas nilai nol menghasilkan *thermal noise*. Kita mengetahui bahwa *power noise level* dalam *bandwidth* 1 Hz dari suatu perangkat penerima yang baik adalah bernilai nol, Maka :

$$Pn = -228{,}6\ dBW/Hz$$

Dimana Pn adalah *noise power level*. Nilai ini banyak dikenal orang sebagai konstanta *Boltzman's* dalam satuan dBW.

Kita dapat menghitung *thermal noise level* dari perangkat penerima pada temperatur ruang dengan menggunakan rumus :

$$Pn = -228{,}6\ dBW/Hz + 10 \log 290\ (K)$$

$$Pn = -204\ dBW/Hz$$

Nilai 290 derajat kelvin adalah nilai temperatur ruangan.

Noise figure memberitahukan kepada kita berapa besar *noise* yang harus ditambahkan ke sebuah sinyal melalui sebuah perangkat. *Noise figure* (dB) adalah perbedaan dalam perbandingan sinyal terhadap noise antara input ke perangkat dan output ke perangkat yang sama.

Kita dapat mengkonversikan *noise figure* terhadap *noise temperature* dalam kelvin dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$NF\ (dB) = 10 \log (1 + T_e\ 290) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.24)$$

Dimana T_e adalah efektif noise temperatur sebuah perangkat. Andaikan *noise figure* sebuah perangkat adalah 3 dB, maka noise temperaturnya adalah :

$$3\ dB = 10 \log (1 + T_e/290)$$

$$0,3 \quad \log (1 + T_e/290)$$

$$1,995 \quad 1 + T_e/290$$

kita bulatkan nilai 1,995 menjadi 2, maka :

$$2 - 1 = T_e/290$$

$$Te = 290\ K$$

Thermal noise power level dari sebuah perangkat yang beroperasi pada temperatur ruang adalah sebagai baerikut :

$$Pn \quad -204\ dBW/Hz + NF\ (dB) + 10 \log (IF\ Bandwidth) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.25)$$

2.10.7. Eb / No

Dalam sistem digital kita menggunakan Eb/no yang berarti perbandingan energi per bit per *noise spectral density*. Kita dapat menghubungkan Eb/No terhadap *bit error rate (BER)* yang diberikan pada tipe modulasi.

Eb adalah energi per bit. Andaikan RSL 1 watt dan menerima 1000 bit per detik, maka besarnya energi yang dihasilkan dalam 1 watt adalah 1 mW. Kita bagi 1 watt dengan 1000 bit per detik. Eb dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Eb = RSL\ (dBW) - 10\ log\ (bit\ rate)$$

Sedangkan No dapat dihitung dengan menggunakan :

$$No = -204\ dBW/Hz + NF\ (dB)$$

Sekarang kita dapat menghitung Eb/Eo :

$$Eb/No = RSL\ (dBW) - 10\ log\ (bit\ rate) + 204\ (dBW) - NF\ (dB) \ldots\ldots\ldots\ldots (2.26)$$

2.10.8. Carrier To Noise (C/N)

C/N merupakan parameter terpenting yang harus dipertimbangkan untuk mengetahui kinerja dari sebuah sistem komunikasi gelombang mikro. C/N adalah perbandingan lebar pita *carrier* dengan *wideband noise power*. C/N dapat ditentukan pada RF atau titik IF penerima , C/N dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C/N\ (dB) = RSL\ (dBW) - Pn\ (dBW) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.27)$$

2.10.9. Fade Margin (FM)

Pada perambatan gelombang radio akan terjadi pemantulan oleh permukaan bumi, sehingga penerima akan menerima dua gelombang yang berbeda yaitu gelombang langsung dan gelombang pantul yang jarak tempuh dan waktu perambatan yang berbeda sehingga menimbulkan level daya yang diterima berbeda

pada penerima. Perbedaan level daya terima untuk daya pancar yang tetap inilah disebut *fading*.

Untuk menentukan *fade margin*, perlu melakukan tes secara langsung terhadap jalur. Oleh karena itu diadakan suatu pendekatan dalam menentukan *fade margin* yang disebut *Fading Reyleigh* dengan perhitungan seperti Tabel 2.4 berikut ini :

Tebel 2.4. Pendekatan Fading Reyleigh Untuk Hop Tunggal

Reabilitas Propagasi Hop Tunggal (%)	Kebutuhan Fade Margin (dB)
90	8
99	18
99,9	28
99,99	38
99,999	48

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya fenomena *fading* adalah pembiasan, pantulan, difraksi, hamburan dan redaman gelombang radio. Jenis umum yang terjadi pada frekuensi dibawah 10 Ghz adalah *multipath fading.*

Persamaan *fade margin* ditentukan oleh persamaan dibawah ini :

$$FM\ (dBm) = RSL\ (dBm) - Pth \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.28)$$

Dimana : Pth = Level daya threshold penerima (dBm)

RSL = receive signal level (dBm)