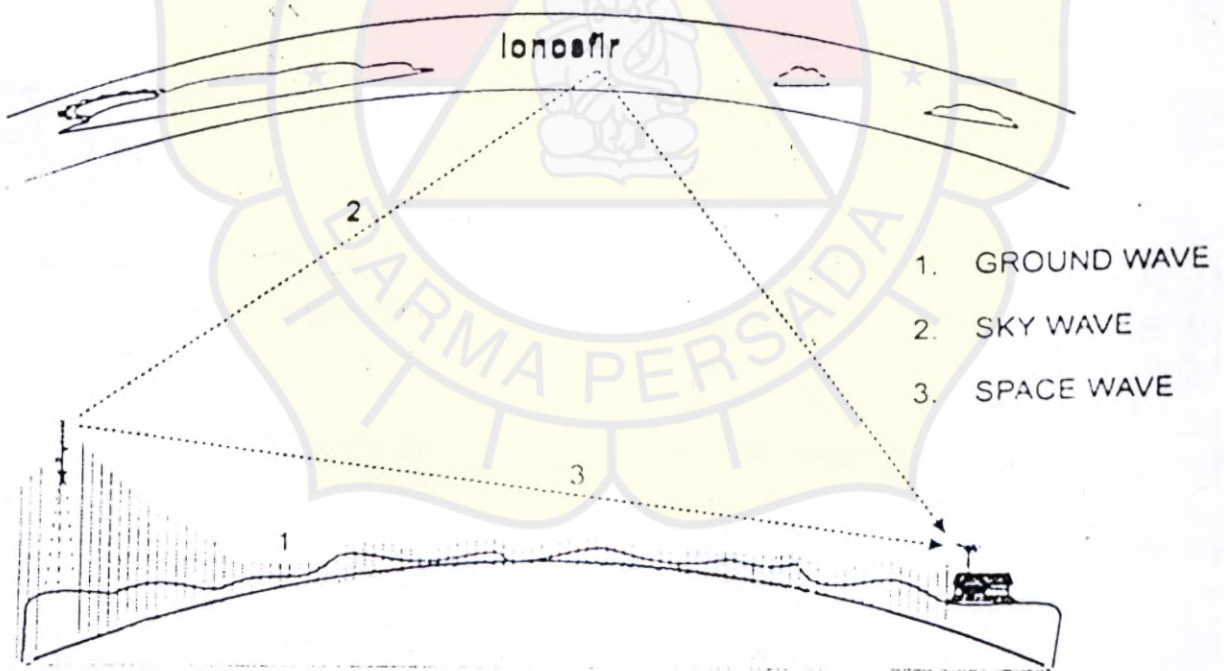


## BAB II

### Propagasi Gelombang Mikro

#### 2.1. Transmisi Gelombang Elektromagnetik

Klasifikasi radio frekuensi yang mempunyai panjang gelombang dan berada dalam daerah yang sangat luas, yaitu mulai dari gelombang *Very Low Frequency* (VLF) sampai dengan spektrum cahaya. Gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan melalui udara bebas, dapat dibedakan dalam tiga jenis sesuai dengan penggunaan dan propagasinya, yaitu : *Groundwave* (gelombang tanah), *Skywave* (gelombang langit), *Spacewave* (gelombang angkasa).



Gambar. 2.1. Transmisi Gelombang Elektromagnetik

### 2.1.1. Ground wave

*Groundwave* adalah gelombang elektromagnetik yang merambat sampai pada antena penerima melalui permukaan bumi dan parallel dengan bumi. Klasifikasinya adalah : LF, MF, dan sebagian kecil HF, gelombang ini terpolarisasi secara vertikal dengan jarak penerimaan terbatas sebab penyerapan oleh kondisi permukaan bumi cukup besar, sehingga hanya dapat digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat dan menengah. Aplikasi transmisi gelombang tanah adalah pemancar dalam kota, misalnya radio *broadcast* MW, radio amatir, dan maritim.

### 2.1.2. Sky wave

*Skywave* adalah gelombang elektromagnetik dengan klasifikasi HF yang merambat diudara terbuka, gelombang ini sampai pada antena penerima dipancarkan dengan sudut tertentu ke *ionosfir* dan direfleksikan kembali kebumi oleh lapisan *ion* tersebut. Polarisasi dari gelombang langit bisa vertikal atau horizontal tergantung pada kebutuhan, dan bila frekuensi pemancarannya bertambah tinggi maka dapat mencapai jarak yang sangat jauh, oleh karena itu sering digunakan untuk sistem komunikasi jarak jauh misalnya radio *broadcast* SW, radio komunikasi SSB, militer, keamanan pantai dan sebagainya.

### 2.1.3. Space wave

Klasifikasi dari gelombang angkasa adalah VHF, UHF, dan SHF. Gelombang ini disebut juga sebagai gelombang ruang, karena dipancarkan langsung keruang tanpa halangan, sehingga sampai pada penerima dalam bentuk garis lurus (line of sight). Sifat gelombang ini tidak terpantul oleh *ionosfir* akan tetapi banyak dipengaruhi oleh perubahan kondisi atmosfer dan radius bumi. Polarisasinya dapat berbentuk linier, circular, dan elips, sedangkan aplikasinya dapat kita jumpai dalam transmisi radio FM dan TV broadcast.

Untuk frekuensi yang berharga ekstra tinggi seperti SHF dan EHF, sistem perambatannya lebih menyerupai sinar, karena gelombang ini tidak dipergunakan untuk siaran (broadcast), tetapi dipergunakan untuk hubungan antar titik (point to point communication). Seperti jaringan transmisi *microwave*, satelit komunikasi dan radar.

Tabel. 2.1. Pembagian Frekuensi

Nama	Frekuensi	Panjang Gelombang
LF	30 – 300 KHz	10 – 1 km
MF	300 – 3000 KHz	1000 – 100 m
HF	3 – 30 MHz	100 – 10 m
VHF	30 – 300 MHz	10 – 1 m
UHF	300 – 3000 MHz	1000 – 100 mm

SHF	3 – 30 GHz	100 – 10 mm
EHF	30 – 300 GHz	10 – 1mm

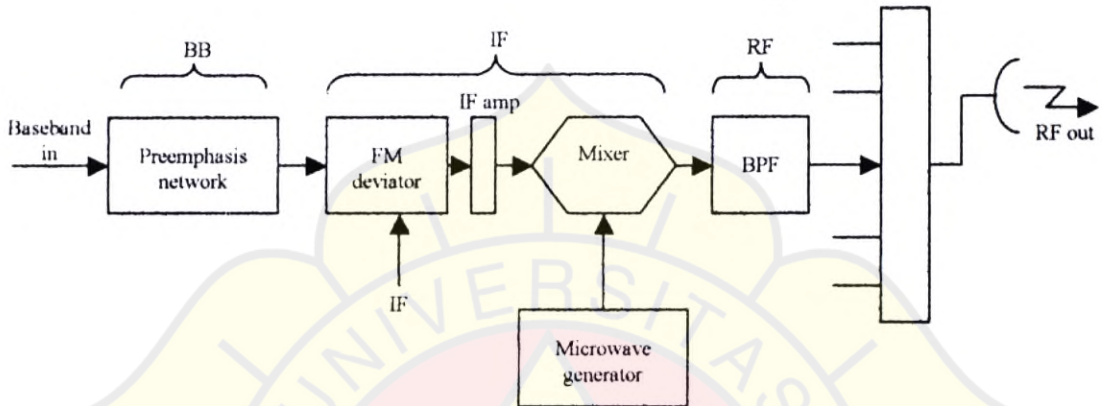
## 2.2. Sistem Radio FM Microwave

### 2.2.1. Pemancar Radio FM Microwave

Pemancar radio FM *Microwave* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2, dijelaskan bahwa *Preemphasis network* memberikan sebuah penguat amplitudo untuk frekuensi *baseband*. FM *deviator* bekerja sebagai modulator untuk menghasilkan IF dengan frekuensi IF *carrier* antara 60 dan 80 MHz, dan IF *Carrier* yang sering digunakan biasanya adalah 70 *Low-index* frekuensi modulasi, yaitu indeks modulasi antara 0,5 dan 1. Ini menghasilkan sebuah sinyal FM *narrowband* pada *output deviator*. Konsekwensinya, IF *bandwidth* menyerupai pada AM *konvensional* yang *bandwidth* nya kira-kira 2 kali *bandwidth baseband*.

Sinyal IF tersebut kemudian di *up-konversikan* pada frekuensi *Microwave* oleh AM *mixer*, *oscilator* gelombang mikro dan *bandpass filter*. Proses pencampuran (*Mixing*) ini akan lebih baik dibandingkan dengan pengalian (*multiplying*), yang digunakan untuk merubah frekuensi IF menjadi frekuensi RF karena indeks modulasi pada *mixing* tidak berubah oleh proses *heterodyne*. *Multiplying* IF *carrier* dapat juga mengalikan *deviasi* frekuensi dan indeks modulasi tetapi akan menyebabkan penambahan *bandwidth*. Saat ini ada beberapa sistem *Microwave* yang beroperasi dengan frekuensi *carrier* mencapai 18 GHz. Frekuensi *Microwave* yang sering

digunakan adalah 2, 4, 6, 12 dan 14 GHz. *Channel-combining network* berfungsi sebagai penggabung lebih dari satu pemancar *Microwave* pada *line transmisi tunggal* yang akan di salurkan ke antena.

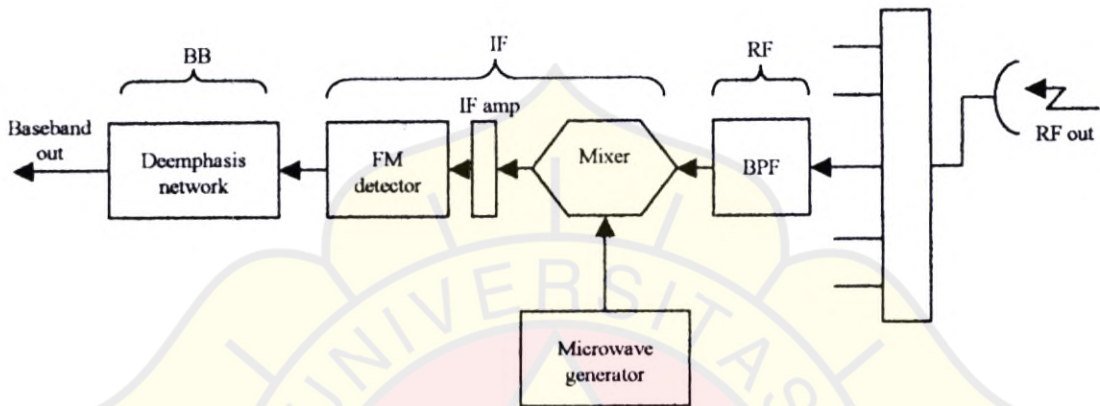


Gambar. 2.2 Diagram Blok Pemancar Microwave

### 2.2.2. Penerima Radio FM Microwave

Dalam penerima radio FM *Microwave* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. *Channel separation network* berfungsi untuk memisahkan masing-masing kanal *Microwave* dan mengarahkannya ke masing-masing penerima. *Bandpass filter*, *AM mixer* dan *Microwave oscillator* berfungsi mengkonversikan (*down-converter*) dari frekuensi FM *Microwave* menjadi frekuensi IF, dan kemudian mengirimnya pada FM *modulator* yang sebelumnya terlebih dahulu diperkuat amplitudonya oleh IF *amplifier*. FM *detector* (*demodulator*) yang digunakan untuk memisahkan IF carrier dengan baseband biasanya *noncoherent FM detector* (seperti *diskriminator* atau PLL

demodulator). Pada output FM detector, dipasang *deemphasis network* yang berfungsi untuk memperbaiki sinyal *baseband* sesuai dengan karakteristik frekuensi.

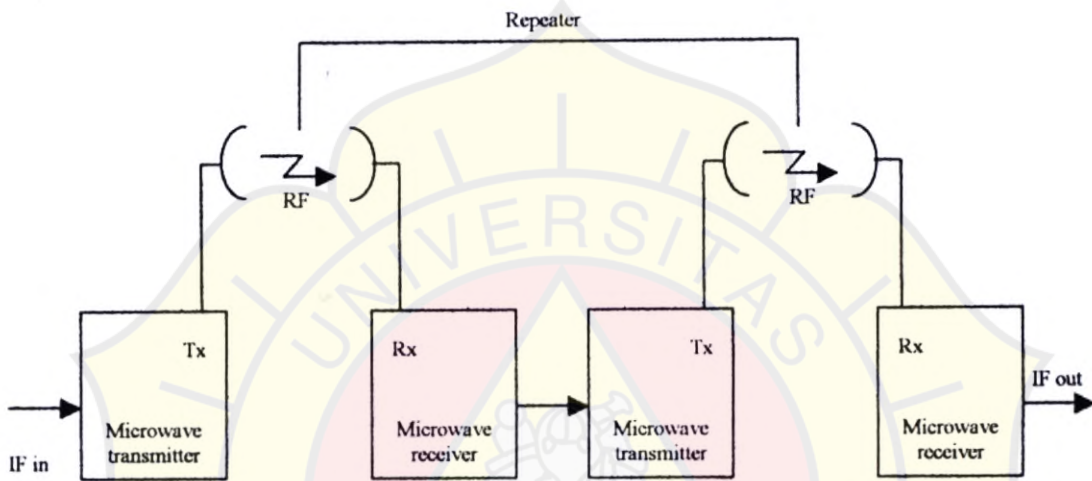


Gambar. 2.3 Diagram Blok Penerima Microwave

### 2.3. Repeaters Radio FM Microwave

Jarak yang diperkenankan antara sebuah pemancar FM *Microwave* dan sekelompok penerima *microwave* tergantung pada beberapa variabel sistem, seperti misalnya *power output* pemancar, *noise threshold* penerima, *terrain* (daerah), kondisi atmosfer, kapasitas sistem, reliabilitas, objek dan unjuk kerja (*performance*) yang di harapkan. Biasanya jarak berkisar antara 15 sampai 40 mil. Sistem *microwave longhaul* (jarak jauh) bisa melebihi dari itu. Dengan sistem yang lebih jauh dari 40 mil atau ketika adanya *obstruction* geografi, seperti misalnya gunung, menghalangi lintasan transmisi, maka dalam kondisi ini *repeater* sangat diperlukan.

Sebuah *repeater microwave* adalah sebuah penerima dan sebuah pemancar yang ditempatkan *back to back* atau *tandem*. Dari gambar 2.4 dijelaskan bahwa *repeater* menerima sinyal, yang kemudian dikuatkan dan dibentuk kembali untuk dipancarkan ke *repeater* berikutnya atau terminal dengan frekuensi yang berbeda.



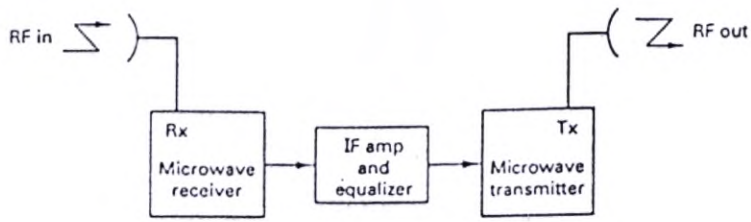
Gambar. 2.4 Diagram Blok Repeater Microwave

Pada dasarnya, ada 2 tipe *repeater microwave* : *baseband* dan IF (gambar.2.5). *Repeater IF* disebut juga sebagai *repeater heterodyne*. Dengan sebuah *repeater IF* (gambar.2.5a) penerimaan RF *carrier* di konversikan ke bawah (*down-convert*) menjadi frekuensi IF, dikuatkan (*amplify*), bentuk kembali (*reshape*), dikonversikan ke atas (*up-convert*) menjadi frekuensi RF dan kemudian baru ditransmisikan kembali. Sinyal tidak pernah didemodulasikan dibawah IF. Dengan *repeater baseband* seperti pada gambar.2.5b, penerimaan RF *carrier* di konversikan ke bawah (*down-convert*) menjadi frekuensi IF, dikuatkan (*amplify*), di *filter* dan

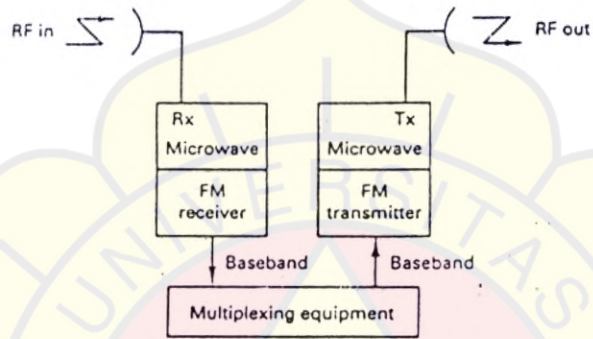
selanjutnya didemodulasi menjadi *baseband*. Khusus untuk sinyal *baseband* digunakan *frequency-division-multiplexed voice band channel* yang di demodulasi ke sebuah *mastergroup*, *supergroup* atau tingkatan *channel* suara. Hal ini memungkinkan sinyal *baseband* dikonfigurasi ulang untuk menemukan *routing* yang dibutuhkan untuk keseluruhan jaringan komunikasi. Setelah sinyal *baseband* di konfigurasi ulang, FM akan memodulasikan sebuah IF *carrier* yang telah dikonversikan ke atas (*up-convert*) menjadi sebuah RF *carrier* untuk ditransmisikan kembali.

Gambar. 2.5c menunjukkan konfigurasi *baseband repeater* yang lain. Pada metode ini *repeater* mendemodulasikan RF ke *baseband*, dikuatkan (*amplify*) dan dibentuk kembali (*reshape*), selanjutnya dimodulasikan dengan FM *carrier*. Dengan teknik ini, *baseband* tidak dikofigurasi ulang. Konfigurasi ini serupa dengan yang dilakukan *repeater* IF. Perbedaannya adalah bahwa pada konfigurasi *baseband*, diperlukan *amplifier* dan *equalizer* yang bekerja pada frekuensi *baseband*. dimana dengan metode ini lebih baik daripada IF frekuensi. Frekuensi *baseband* pada umumnya kurang dari 9 MHz, dimana sebagai frekuensi IF-nya berkisar antara 60 sampai 80 MHz. Kerugian sebuah konfigurasi *baseband* adalah adanya penambahan perangkat terminal FM.

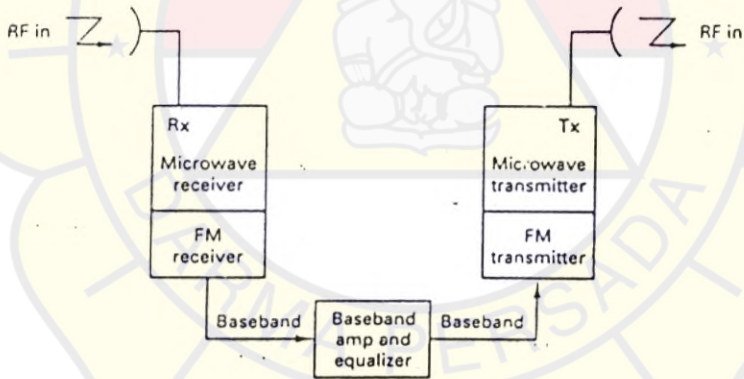




(a)



(b)



(c)

Gambar. 2.5. Repeater microwave: (a) IF ; (b) dan (c) Baseband

#### 2.4. Sistem Diversitas dan Cadangan

Perangkat pemancar dan penerima (Tx dan Rx) *microwave* umumnya dilengkapi dengan sistem cadangan. Disamping sistem cadangan tersebut juga dilengkapi dengan sistem diversitas.

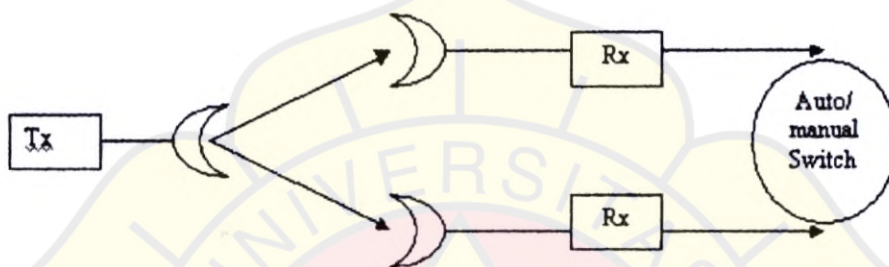
Sistem cadangan bekerja bila sistem yang beroperasi mengalami gangguan, pemindahan sistem yang beroperasi ke sistem cadangan ini dilakukan dengan saklar pemindahan yang dikontrol oleh kontrol unit.

Diversitas atau penerimaan ganda sering digunakan untuk mengatasi *fading* yang terjadi pada media propagasi dan ini merupakan suatu keuntungan, disamping itu pula dapat mempertinggi kehandalan beroperasinya sistem.

Sistem diversitas beroperasi berdasarkan adanya sinyal yang datang dari pemancar ke penerima melalui lintasan yang berbeda-beda pula atau dengan perkataan lain sinyal radio yang berada pada suatu lintasan tertentu pada suatu saat sedang mengalami *fading* sedangkan sinyal radio yang sama pada lintasan yang berbeda mungkin tidak mengalami *fading*. Sistem diversitas yang banyak digunakan adalah sistem diversitas ruang (*space diversity*) dan sistem diversitas frekuensi (*frequency diversity*).

### 2.4.1. Sistem Diversitas Ruang

Pada sistem ini digunakan dua buah antena pada penerima (Rx), sinyal yang diterima pada Rx akan dipilih dari kedua antena tersebut mana sinyal yang paling baik. Gambar. 2.6 menunjukkan sistem diversitas ruang.



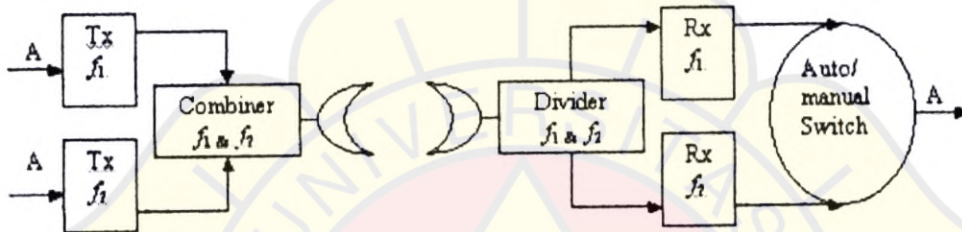
Gambar. 2.6. Sistem Diversitas Ruang

Minimal satu pemancar dan dua penerima dengan antena-antena yang terpisah letaknya, itu diperlukan pada tiap terminal sistem diversitas ruang. Namun untuk proteksi terhadap adanya kemungkinan kerusakan perangkat, diperlukan pula satu pemancar yang *stand-by* (cadangan). Sistem diversitas ruang ini hanya menggunakan satu jenis frekuensi.

pada suatu sistem diversitas ruang, jarak antena yang letaknya secara vertikal umumnya sebesar  $100\lambda$  hingga  $200\lambda$  dari frekuensi yang digunakan, dan dianggap sudah cukup memadai.

### 2.4.2. Sistem Diversitas Frekuensi

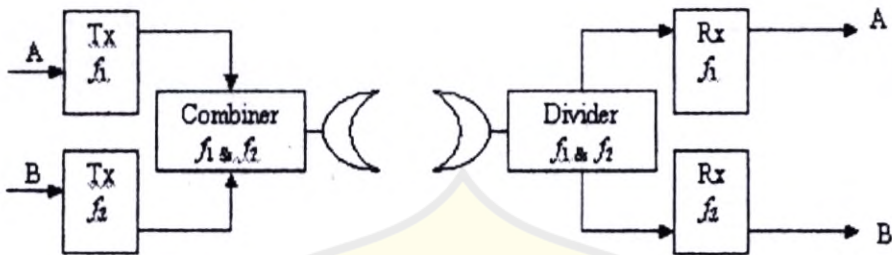
Dengan menganggap bahwa besar *fading* akan berlainan bila frekuensi yang digunakan juga berlainan, maka pada sistem ini biasanya menggunakan dua pasang perangkat pemancar dan penerima dimana setiap pasang ini di *tuning* pada suatu frekuensi kerja yang berbeda satu sama lainnya.



Gambar. 2.7. Sistem Diversitas Frekuensi

### 2.4.3. Sistem Cadangan (Hot Stand-by)

Sistem cadangan adalah suatu sistem atau peralatan yang dipergunakan sebagai peralatan cadangan bila salah satu sistem peralatan yang beroperasi tiba-tiba mengalami kerusakan, yang menyebabkan perangkat operasi bekerja tidak normal, maka secara otomatis *switch* akan berpindah keperangkat cadangan sehingga penyampaian sinyal tidak terganggu.



Gambar. 2.8. Sistem Cadangan.

## 2.5. Sistem Propagasi Microwave

### 2.5.1. Propagasi Line of Sight

Pada propagasi *line of sight* mempunyai pengertian, dimana *microwave* yang dipancarkan keudara dianggap sebagai lintasan yang lurus antara antena pemancar dengan antena penerima. Pada kenyataan yang sebenarnya tidaklah demikian, tetapi dipengaruhi oleh beberapa faktor dari efek propagasinya. Beberapa faktor dari efek propagasi antara lain adalah lengkung bumi.

Efek lengkung bumi sebenarnya menunjukkan profil dari permukaan bumi yang tidak rata. Akibatnya jelas pada propagasi terjadi pemantulan dan *difraksi* gelombang. Hal ini akan mempengaruhi dari pada keberhasilan dalam penerimaan gelombang yang dipancarkan.

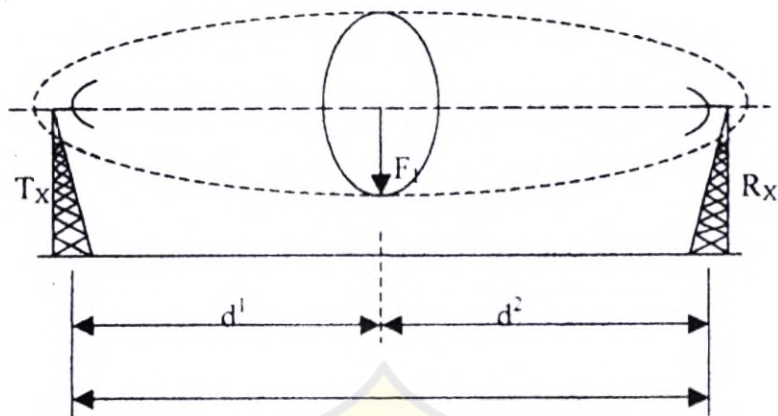
Faktor lain adalah *absorpsi* yang terjadi dilapisan atmosfer. Karena gelombang yang dipancarkan keudara sampai keatmosfir, maka partikel-partikel *ion* diudara ikut meredam dari pada medan listrik yang dihasilkan dari pemancaran. Sebagai dari akibatnya daya sinyal yang dipancarkan akan berkurang.

Untuk faktor yang lainnya adalah adanya polarisasi dari gelombang yang dipancarkan dari antena. Polarisasi yang terjadi ada dua yaitu polarisasi Vertikal dan polarisasi horizontal. Akibat dari efek polarisasi diperoleh kapasitas pada transmisi yang ganda. Untuk mencegah efek dari polarisasi dapat dilakukan dengan cara pemasangan filter polarisasi pada piringan antena.

#### 2.5.2. Fresnel Zone

pada hubungan *microwave* untuk *Line of Sight* mudah dilakukan jika permukaan bumi dianggap datar. Ada satu hal yang perlu diperhitungkan dalam propagasi *line of sight*, yaitu faktor "*Fresnel Zone*". Pengertian dari *fresnel zone* adalah suatu daerah yang berbentuk elip memanjang antara pengarah an antena pemancar dengan antena penerima. Sehingga nya tinggi dari *fresnel zone* ini perlu diperhitungkan untuk menentukan keamanan dari pancaran *microwave* dari penghalang yang mungkin ada sepanjang lintasan transmisi.

Besarnya nilai *fresnel zone* ditentukan oleh jarak dan frekuensi yang digunakan. bentuk dari suatu daerah *fresnel zone* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar. 2.9. Fresnel Zone

*Fresnel zone* digunakan untuk daerah pancaran gelombang secara *line of sight* dari penghalang. Untuk menentukan dari suatu daerah fresnel dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$Fz = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d1 \cdot d2}{d}} \quad (2.1)$$

sehingga didapatkan persamaan :

$$Fz = 17,3 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f \cdot d}} \quad (2.2)$$

Dimana :  $Fz$  = Fresnel zone (m)

$f$  = Frekuensi kerja (Ghz)

$d1$  = jarak pemancar kerintangan (km)

$d_2$  = jarak dari penghalang kepenerima (km)

$d$  = panjang lintasan transmisi (km)

### 2.5.3. Faktor K

Faktor K adalah faktor pengali jari-jari bumi sebenarnya. Harga K merupakan radius efektif bumi berbanding dengan radius bumi sebenarnya.

$$K = \frac{r}{r_0} \quad (2.3)$$

Dimana :  $r$  = jari jari bumi efektif

$r_0$  = jari jari bumi (6370)

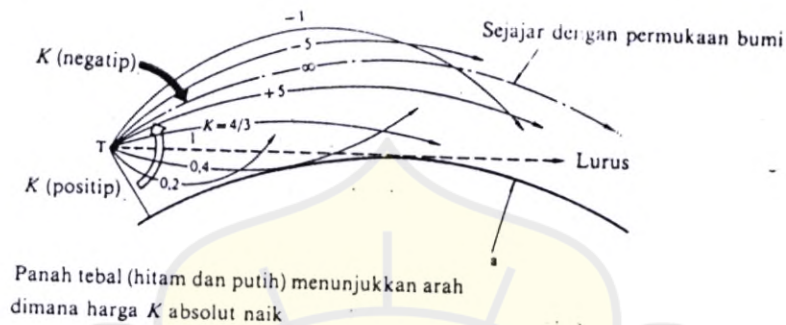
$K$  = Faktor pengali jari jari bumi efektif (4/3)

Kalau dianggap lintas propagasinya lurus ini berarti permukaan bumi menjadi lebih datar dari pada permukaan sebenarnya. Biasanya lebih mudah menganggap lintas propagasinya lurus dengan cara merubah lengkungan bumi dari pada menggambar lintas propagasi sebagai garis lengkung. Untuk maksud ini akan diadakan analisa propagasi gelombang dengan mengalikan jari jari bumi K kali. Harga K ini dinamakan "koeffisien persamaan jari jari bumi".

Harga K berubah sesuai dengan daerahnya dan umumnya mengecil apabila didaerah tersebut pada ketinggian yang rendah dan membesar untuk ketinggian yang



tinggi. Meskipun untuk daerah yang sama,  $K$  akan tergantung pada keadaan meteorologi.



Gambar. 2.10. Harga  $K$  dan busur lintang gelombang

$K = 1$  apabila persamaan jari jari bumi sesuai dengan jari jari bumi sesungguhnya. Dalam keadaan demikian kondisi atmosfer adalah homogen, tidak ada pembiasan dan gelombang akan berjalan lurus, apabila  $K = \sim$  busur lintang gelombang sama dengan lengkung bumi yang sesungguhnya, sehingga gelombang yang dipancarkan secara horizontal akan dipropagasikan sepanjang permukaan bumi. Indonesia termasuk dalam daerah dengan ketinggian sedang dimana  $K = 4/3$  dalam keadaan atmosfer standar.

#### 2.5.4. Lengkungan Bumi

Lengkungan bumi dan pengaruh pembiasan atmosfer tidak dapat diabaikan dalam merencanakan suatu pegelaran sistem transmisi. Adapun persamaan lengkung bumi adalah sebagai berikut.

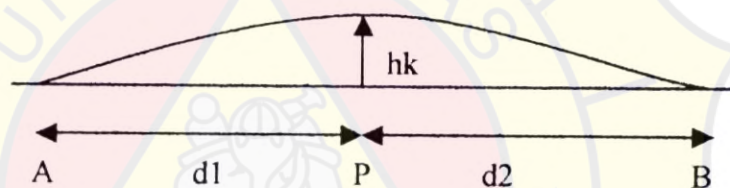
$$H_k = \frac{0,078 \cdot d_1 \cdot d_2}{K} \quad (2.4)$$

Dimana :  $h_k$  = Kelengkungan bumi (m)

$d_1$  = Jarak antara lokasi A dengan P (km)

$d_2$  = Jarak antara lokasi B dengan P (km)

$K$  = Faktor jari jari bumi efektif (4/3)



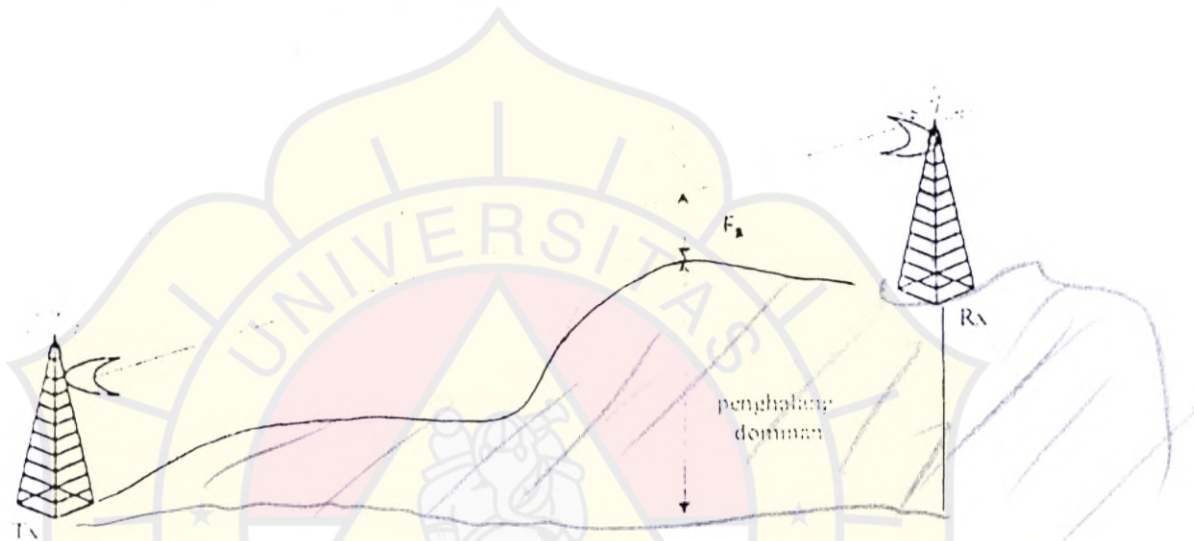
Gambar. 2.11. Tonjolan Bumi

Bila dalam lintasan komunikasi *microwave* terdapat rintangan yang tidak dapat dihindari seperti pada gambar. 2.12, pada kondisi atmosfer dengan keadaan pembiasan normal yaitu pada nilai  $K = 4/3$ , lintasan komunikasi dengan tinggi seperti itu biasanya tinggi bebas tambahan yang diperlukan agar didapatkan komunikasi yang benar benar *Clearance* adalah antara 0,5 – 0,7 dari harga *frenel zone*. Besarnya *clearance* sebagai tambahan agar komunikasi dapat berjalan dengan baik pada setiap rintangan adalah :

$$C = 0,6 \times Fz \quad (2.5)$$

Dimana :

- C = Clearence / tinggi bebas tambahan (m)
- 0,6 = faktor untuk pengali untuk fresnel zone
- Fz = fresnel zone (m)



Gambar. 2.12. Lintasan Radio Clearence

## 2.6. Sistem Antena

dalam suatu sistem komunikasi radio, gelombang elektromagnetik berjalan dari pemancar ke penerima lewat ruang bebas, oleh karenanya diperlukan antena pada kedua ujung tersebut untuk penggandengan (*coupling*) pemancar dan penerima ke hubungan ruang (*space link*).

Untuk daerah frekuensi *microwave* umumnya dipakai antena parabola. Prinsip antena parabola adalah memusatkan tenaga radiasi dari radiator. Sesuai dengan sifat optik yaitu jika ada sinar yang datang melalui fokus menuju permukaan parabola maka akan dipantulkan sejajar dengan sumbu utama.

Gain antena didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi maksimum yang dihasilkan pada daerah yang sama oleh antena referensi, dengan input yang sama. Gain suatu antena berbanding lurus terhadap luas lingkup (*aperture*) antena yang secara matematik dapat ditulis :

$$G = \left| \frac{4 \pi A}{\lambda^2} \right| \cdot \eta \quad (2.6)$$

$$\text{Jika : } A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.7)$$

Dalam desibel :

$$G(\text{dB}) = 10 \log \cdot \left| \frac{\pi^2 \cdot D^2}{\lambda^2} \right| \cdot \eta \quad (2.8)$$

Maka :

$$G(\text{dB}) = 20 \log D + 20 \log f + 18,53 \quad (2.9)$$

Dimana :  $G$  = Gain antena

$A$  = Luas aperture antena ( $\text{m}^2$ )

$D$  = Diameter antena (m)

$\lambda$  = Panjang gelombang (m)

$\eta$  = Efisiensi antena (0,65)

$f$  = Frekuensi kerja (Ghz)

## 2.7. Redaman Ruang Bebas

Redaman ruang bebas adalah rugi-rugi pada lintasan gelombang langsung antara antenna pengirim dan penerima yang disebabkan oleh penyebaran (*spreading*) gelombang ketika merambat diruang bebas. Ini dikenal juga sebagai rugi transmisi.

Redaman ruang bebas (*Free Space Loss*) pada propagasi *microwave* dapat dicari dengan persamaan :

$$FSL = \left| \frac{4 \pi d}{\lambda} \right|^2 \quad (2.10)$$

$$\text{dengan : } \lambda = \frac{C}{f} \quad (2.11)$$

substitusi dari persamaan (2.10) dan (2.11) tersebut menjadi :

$$FSL = \left| \frac{4 \pi f d}{C} \right|^2 \quad (2.12)$$

Bila dinyatakan dalam dB persamaan (2.12) menjadi :

$$FSL = 20 \log 4 \pi + 20 \log f + 20 \log d - 20 \log C \quad (2.13)$$

$$= 32,45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (2.14)$$

dimana :

- $d$  = Jarak dari antenna pemancar ke penerima
- $f$  = Frekuensi (Mhz)
- $C$  = Cepat rambat gelombang elektromagnetik ( $3 \cdot 10^8$  m/det)
- FSL = Redaman ruang bebas

## 2.8. Fading

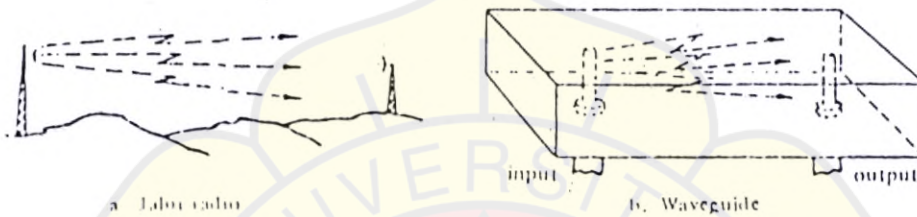
Salah satu aspek yang sangat berpengaruh terhadap kualitas transmisi gelombang mikro adalah fading (efek alunan). Fading adalah variasi dari level sinyal yang diterima terhadap perubahan waktu yang disebabkan oleh perubahan kondisi atmosfer. Beberapa mekanisme perambatan yang dapat menimbulkan fading adalah pembiasan, penyerapan atmosfer dan redaman hujan.

## 2.9. Waveguide (Jenis Transmisi)

Dalam teknik telekomunikasi, terdapat dua metode untuk mentransfer energi listrik, yaitu melalui proses aliran arus seperti terjadi pada dua kawat atau kabel koaksial, dan melalui proses pemindahan medan elektromagnetik di udara bebas atau dalam *waveguide*.

Perambatan energi listrik dalam bumbung gelombang elektromagnetik dapat dibandingkan dengan perambatan energi diruang bebas antara antenna pemancar dengan antenna penerima. Medan elektromagnetik mentransfer energi antara bagian

*input* dan *output* yang disisipkan dalam bumbung gelombang. Cara kerjanya memiliki kesamaan dengan cara kerja penstransferan energi antara dua antena pemancar dengan penerima diudara bebas. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar. 2.13. Penstransferan energi RF

Pemakaian *wave guide* dalam transmisi gelombang mikro memungkinkan untuk mengurung dan memandu energi elektromagnetik sepanjang lintasan yang ditentukan. Energi yang dipancarkan diudara bebas biasanya tidak dikurung dalam lintasan tertentu. Dan gelombang ini biasanya disebut gelombang tidak terpandu (*unguided wave*). Sedangkan perambatan dalam *wave guide* disebut gelombang terpandu (*guided wave*).

Pada transmisi *microwave*, *wave guide* merupakan komponen yang paling praktis untuk mentransfer energi listrik melalui jarak yang relatif pendek. Bumbung

### 3. Bumbung elip (*Elliptical wave guide*)

Terbuat dari tabung tembaga yang dikerutkan berbentuk bulat telur (elip). Kerutan seperti spiral demikian diperlukan untuk memperbesar daya luwesnya, yang juga sering dipakai dibagian luar gedung.

#### 2.10. Daya Pancar dan Penerimaan

Agar efisiensi dapat maksimal, maka besar daya yang dikeluarkan oleh pemancar diusahakan seminimal mungkin dengan memperhatikan daya penangkapan sinyal minimal disisi penerima. Untuk mencari daya minimal yang dikeluarkan pemancar dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{Tx} = P_{Rx} - G_{Tx} - G_{Rx} + L_{fs} + L_f \quad (2.15)$$

Dari persamaan diatas dapat juga dihitung level daya penerimaan yang merupakan penjumlahan antara daya yang dipancarkan, gain antenna pemancar, gain antenna penerima dan rugi rugi ruang bebas, sehingga dapat ditulis :

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_{fs} - L_f \quad (2.16)$$

Dimana :  $P_{Tx}$  = Daya yang dipancarkan (dBm)

$P_{Rx}$  = Daya yang diterima (dBm)



$G_{Tx}$	=	Gain antenna pemancar (dB)
$G_{Rx}$	=	Gain antenna penerima (dB)
$L_{fs}$	=	Redaman ruang bebas (dB)
$L_f$	=	Redaman saluran / feeder (dB)

### 2.11. Fading Margin

Level sinyal terima yang diperlukan untuk memberikan kualitas penerimaan yang baik disebut sensitivitas penerimaan. Terjadinya *fading* mengakibatkan level sinyal sesungguhnya mengalami fluktuasi. Agar komunikasi dapat berjalan dengan baik maka, level sinyal terima harus lebih besar dari sensitivitas penerimaan atau level sinyal penerimaan minimum.

Untuk menanggulangi masalah *fading* maka perlu ditambahkan cadangan *fading* (*fading margin*) pada sinyal terima minimum yang diperlukan untuk mendapatkan nilai sensitivitas tertentu. Dengan demikian, cadangan *fading* dapat dikatakan sebagai perbedaan antara level sinyal penerimaan yang sesungguhnya dengan sensitivitas penerimaan. Besarnya cadangan *fading* tergantung pada lingkungan dan radio yang digunakan.

Dengan adanya cadangan *fading* ini diharapkan dapat lebih menjaga kehandalan sistem transmisi dari pengaruh *fading*. cadangan *fading* dapat ditentukan dengan selisih antara daya terima dengan daya terima minimum pada perangkat. Sehingga didapat persamaan :

$$F_m = Prx - Prx_{th} \quad (2.17)$$

Dimana :

$F_m$  = Cadangan fading

$Prx$  = Daya penerimaan

$Prx_{th}$  = Daya terima minimum

