

BAB II

JARINGAN LOKAL AKSES RADIO

2.1. Wireless Local Loop (WLL)

Wireless Local Loop (WLL) adalah salah satu dari sistem telekomunikasi yang digunakan untuk menghubungkan terminal pelanggan dengan sentral telepon lokal dengan menggunakan media akses berupa gelombang radio.

Sistem WLL bersifat transparan terhadap jaringan kabel, artinya sistem kerja dari WLL harus setara dengan pelanggan akses kabel dari sentral yang sama, baik pensinyalan, penomoran maupun pembebanan harus mengacu dan dilakukan di sentral lokal tersebut. Akses WLL tersedia karena beberapa hal, seperti :

- a. Menyediakan sambungan antara terminal pelanggan dengan sentral lokal dengan menggunakan teknologi radio secara total atau parsial.
- b. Digunakan untuk mempercepat ketersediaan jaringan lokal sehingga dapat mempercepat layanan terutama pada area yang kompetitif.
- c. Diaplikasikan untuk memberikan layanan pada suatu area secara tetap, temporer atau emergensi.
- d. Terdapat sejumlah kombinasi penggantian jaringan kabel dengan menggunakan teknologi radio ditingkat *feeder*, distribusi maupun di *drop wire*.

Struktur WLL pada umumnya terdiri dari :

1. *Network Station*, yang didalamnya terdapat :
 - a. Sentral terminal/*Controller*

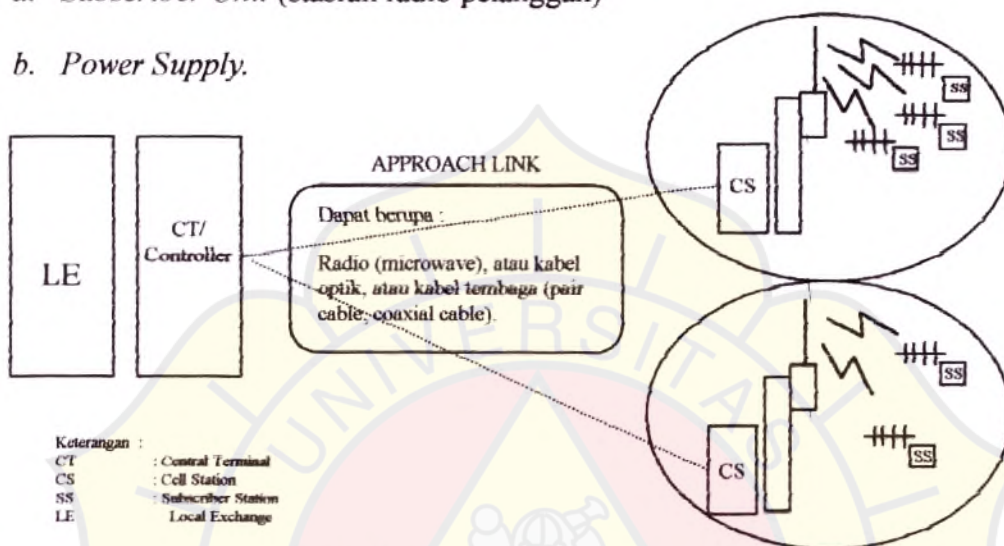
b. *Approach Link* (saluran penghubung)

c. *Cell Station* (CS).

2. *Subscriber Station*, yang didalamnya terdapat :

a. *Subscriber Unit* (stasiun radio pelanggan)

b. *Power Supply*.



Gambar 2.1 Konfigurasi WLL

Kelebihan dan kekurangan WLL dibandingkan jaringan fisik. :

1. Kelebihan :

- Tidak mudah disadap
- Mempunyai fleksibilitas tinggi
- Dapat menjangkau daerah oleh jaringan fisik (kabel) sehingga sangat cocok untuk daerah pedesaan (rural) atau terpencil (*remote*)
- Instalasi cepat

2. Kekurangan :

- Gangguan propagasi radio (*loss, interferensi, fading, dll*)

- b. Dimungkinkan terjadi bloking karena adanya konsentrasi saluran (jumlah pelanggan lebih besar dari jumlah saluran)
- c. Karena menggunakan teknik kompresi untuk layanan data *bit rate* rendah (kondisi saat ini).

Aspek-aspek yang mempengaruhi penerapan WLL meliputi :

- 1. Aspek pelanggan (bisnis, perkantoran, perumahan dll)
- 2. Aspek layanan (*voice*, data, video)
- 3. Aspek kualitas (*availability*, *quality*, *security*)

2.2. Lingkungan Komunikasi Radio

Lingkungan komunikasi dari pemakai WLL dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Daerah Rural

Merupakan daerah alam terbuka serta populasi penduduknya terbatas dan menyebar. Biasanya berbentuk pedesaan, lembah, sepanjang sungai, jalan, tepi danau dan pantai. Kepadatan penduduk bervariasi antara 1 sampai 100 penduduk per-km. Total trafik perpelanggan sangat rendah dan hanya membutuhkan layanan dasar telepon yaitu *voice* dan data dengan kecepatan rendah.

2. Daerah Sub Urban

Merupakan daerah pinggiran kota atau kota kecil dengan karakteristik trafik tinggi dan kepadatan penduduk sedang yaitu 1000 – 3000 penduduk per-km.

Daerah ini memiliki rumah-rumah yang tidak terlalu padat dan banyak kompleks perumahan baru.

3. Daerah Urban

Merupakan daerah perkotaan dimana terdapat pusat-pusat bisnis dan pemerintahan dengan karakteristik trafik tinggi dan kepadatan pelanggan tinggi mencapai 5500 penduduk per-km ditandai dengan banyaknya bangunan gedung tinggi.

2.2.1. Konsep Sistem Radio Selular Tetap

Pada sistem selular, setiap *Base Station* digunakan untuk mencakup daerah layanan yang dibagi-bagi menjadi beberapa sel dengan diameter kecil berkisar antara 2-10 km, bahkan untuk mikrosel radiusnya berkisar pada ratusan meter. Kanal frekuensi dapat digunakan kembali dalam sistem yang sama sehingga memperbesar layanan pelanggan.

Perkembangan konsep radio selular bergerak ini diadopsikan untuk komunikasi tetap disuatu wilayah yang sukar dijangkau. Sistem ini disebut sistem telekomunikasi radio selular tetap.

Bila dilihat dari peralatan yang digunakan, antara sistem selular tetap dengan sistem selular bergerak tidak terdapat perbedaan, hanya saja unit bergerak yang digunakan pada sistem selular bergerak diganti oleh unit yang terpasang tetap relatif terhadap stasiun induk pada sistem selular tetap

2. Saluran non fisik, yaitu media transmisi yang terdiri dari gelombang-gelombang elektromagnetik (gelombang radio), tanpa mempergunakan kawat (*wireless*), contohnya : teresterial dan satelit.

2.4. Antena

Hal yang memungkinkan suatu sinyal radio dapat dipancarkan adalah antena. Antena berfungsi sebagai alat untuk memancarkan dan menerima sinyal radio. Bentuk antena yang dipakai tergantung pada frekuensi yang digunakan, jarak yang ditempuh dan parameter-parameter lainnya.

Secara garis besar antena dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu antena *omnidirectional* dan antena *directional*. Antena *omnidirectional* adalah antena yang dapat memancarkan gelombang radio ke segala arah sedangkan antena *directional* hanya memancarkan ke arah tertentu saja.

Antena jenis *omnidirectional* biasa dipakai pada sistem komunikasi mikro *point to multipoint*. Untuk sistem komunikasi *point to point* biasanya cukup menggunakan antena *directional* saja.

2.5. Gelombang Radio

Gelombang radio merupakan bentuk dari radiasi elektromagnetik. Energi dipancarkan oleh gelombang magnetik dan medan listrik. Dengan menggunakan sinyal listrik sebagai sumber transmisi, gelombang magnetik dapat dipancarkan melalui udara dengan kecepatan 300.000 km/detik. Gelombang radio dapat dihasilkan

dalam suatu daerah frekuensi lebar. Gelombang radio dapat menjalar secara *omnidirectional* (segala arah) dan *directional* (satu arah).

Mengingat sifat-sifatnya gelombang radio untuk keperluan telekomunikasi dapat dibagi dalam beberapa jenis, yaitu:

1. *Low Frekuensi* (LF) : 30 – 300 KHz
2. *Medium Frekuensi* (MF) : 0,3 – 3 MHz
3. *High Frekuensi* (HF) : 3 – 30 MHz
4. *Very High Frekuensi* (VHF) : 30 – 300 MHz
5. *Ultra High Frekuensi* (UHF) : 300 – 3000 MHz
6. *Super High Frekuensi* (SHF) : 3 – 30 GHz

2.6. Propagasi Line Of Sight

Pada propagasi ini gelombang menjalar dalam garis lurus, *transmitter* dan *receiver* berada dalam jarak pandang dan menggunakan daya pemancar yang relatif kecil dengan jarak link sekitar 10 – 100 km.

Propagasi *line of sight* menggunakan *Ultra High Frekuensi* (UHF) 1 GHz atau lebih. Pada frekuensi ini gelombang elektromagnetik memiliki sifat pantulan gelombang cahaya, karena itu antara antena pemancar dan penerima tidak boleh terdapat halangan yang menutupi lintasan gelombang (tampak langsung).



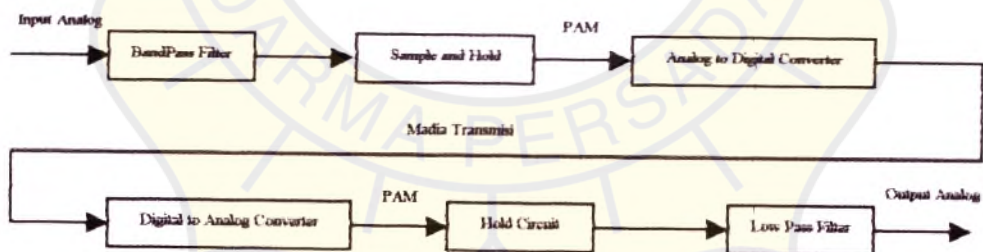
Gambar 2.3 Sistem Line Of Sight

2.7. Pulse Code Modulation (PCM)

Yaitu modulasi yang menghasilkan sederet pulsa dengan amplitudo berubah-ubah sesuai dengan perubahan amplitudo informasinya. PCM adalah satu-satunya teknik modulasi pulsa kode digital yang digunakan dalam sistem transmisi digital.

Untuk menyampaikan sinyal informasi menuju tempat yang diinginkan maka sinyal informasi yang berupa sinyal analog diubah bentuknya secara sampling yang akan menghasilkan sinyal PAM (*Pulse Amplitudo Modulation*). Sinyal ini kemudian diubah kedalam kode biner, sehingga sinyal yang dilewatkan adalah besaran amplitudo yang dikodekan dalam suatu angka tertentu yang mewakili level amplitudo dalam kode biner (logik 1 dan 0). Kode-kode PCM tersebut kemudian ditransmisikan ke penerima. Pada bagian penerima kode diubah lagi ke level sampling PAM dan kemudian pulsa PAM diubah lagi ke bentuk analog.

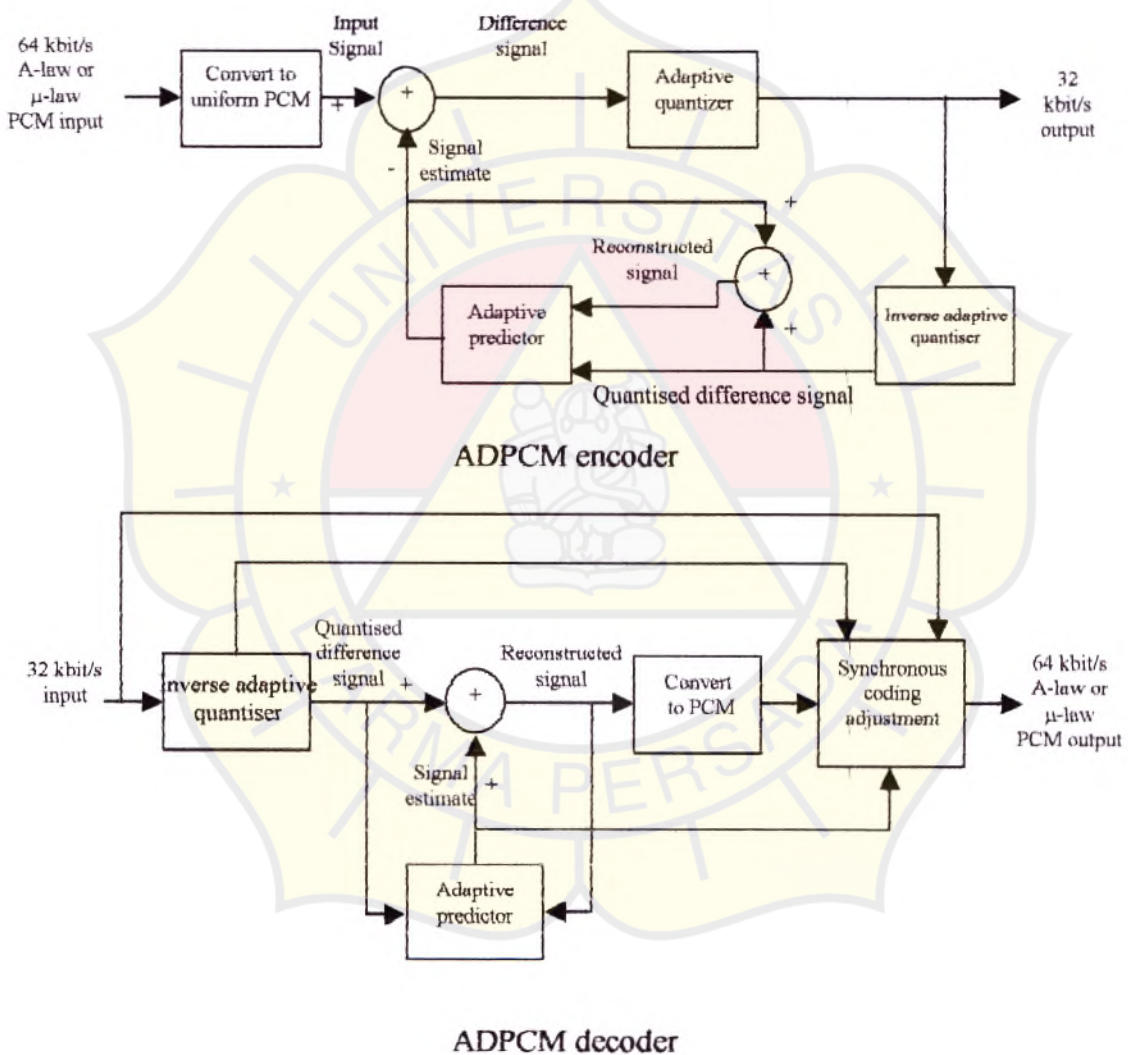
Berikut adalah blok diagram sederhana dari kanal tunggal, sistem PCM satu arah :



Gambar 2.4 Blok Diagram Kanal Tunggal, Sistem PCM Satu Arah

Band Pass Filter membatasi input sinyal analog ke batasan band frekuensi suara antara 300 sampai 3400 Hz. Lalu *disample-and-hold* secara periodik mengambil *sample* dan mengkonversikan *sample* tersebut ke sinyal PAM. Lalu

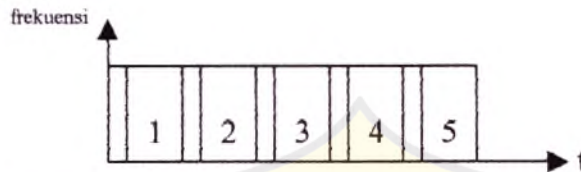
sehingga bit yang diperlukan untuk menunjukkan harga perubahan antara *sample* dengan *sample* berikutnya lebih sedikit dibanding dengan mengkodekan sinyal aslinya. ADPCM memperkirakan harga sinyal berikutnya pada *level sample* sinyal terdahulu perkiraan dari *sample* sebelumnya atau sinyal sekarang dikurangi dari sinyal *input*. Perbedaan ini atau selisih kemudian di *sampling* dan *decoding*.



Gambar 2.6. ADPCM encoder dan ADPCM decoder

2.9. Time Division Multiplexing (TDM)

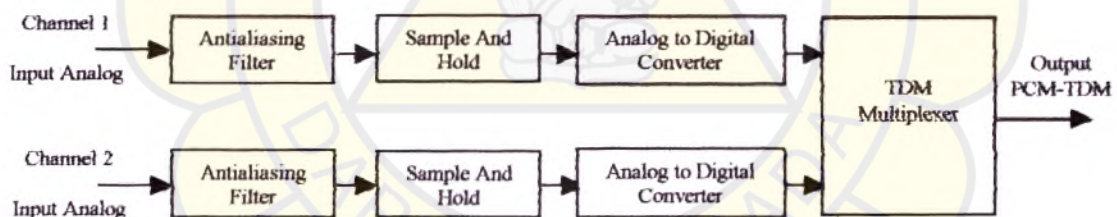
Dengan TDM, transmisi dari berbagai sumber dapat ditransmisikan melalui satu media tetapi pada waktu yang berbeda dengan membagi beberapa sumber dalam suatu *domain waktu*.



Gambar 2.7 Time Division Multiplexing (TDM)

Modulasi biasa yang dipakai dalam TDM adalah PCM. Dengan sistem PCM-TDM, dua *band* kanal suara atau lebih di *sample* dan dikodekan menjadi PCM kode dan kemudian di *multiplex* pada sebuah kabel optik, kabel koaksial atau sinyal radio.

Blok diagram sistem *carrier* PCM-TDM seperti pada gambar 2.8. Setiap *channel* di *sample* dan dikonversikan menjadi kode PCM secara bergantian.

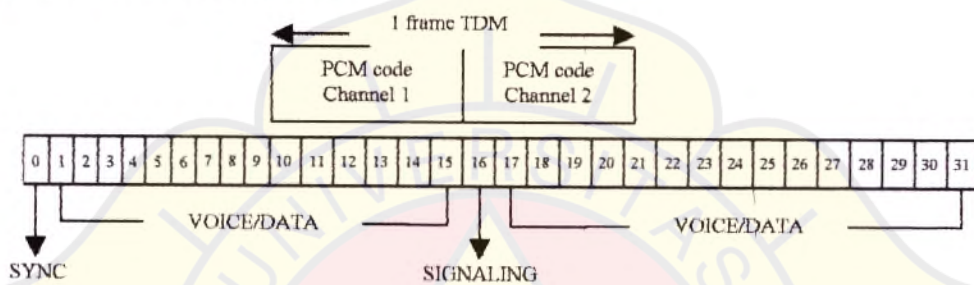


Gambar 2.8 Blok Diagram Sistem PCM-TDM Dua Kanal

Channel 1 disample dan dikonversikan ke kode PCM kemudian ditransmisikan. Setelah mentransmisikan *channel 1*, *channel 2* kemudian disample dan dikonversikan ke kode PCM dan ditransmisikan. Kemudian sistem mengambil *sample channel 1* dan dikodekan menjadi kode PCM dan seterusnya secara bergantian mentransmisikan kode PCM *channel 1* dan *channel 2*. Setiap *channel* terdiri dari kode PCM 8 bit yang

disample 8000 kali per detik. Waktu yang diperlukan untuk menstransmisikan sebuah sample dari setiap *channel* disebut *frame time* (125 μ s).

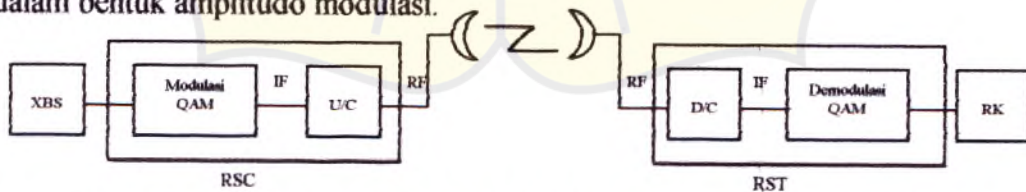
Gambar dibawah menunjukkan dimana satu frame TDM terdiri dari 32 *time slot*, yaitu 30 kanal fisik baik itu suara maupun data ditambah satu kanal *synchronization* dan satu kanal untuk *signaling*. Satu *time slot* mewakili 1 buah kanal dengan 64 kbps dan satu *time slot* mempunyai 8 bit.



Gambar 2.9 Frame TDM

2.10. Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Quadrature Amplitude Modulation (QAM) merupakan pengembangan dari PSK. Jika pada PSK sinyal data dinyatakan dalam pergeseran fasa dari *carrier*, maka pada QAM proses modulasinya dinyatakan dalam bentuk perubahan fasa dan perubahan amplitudo dari *carrier*. Jadi pada prinsipnya sinyal QAM adalah sinyal PSK dalam bentuk amplitudo modulasi.

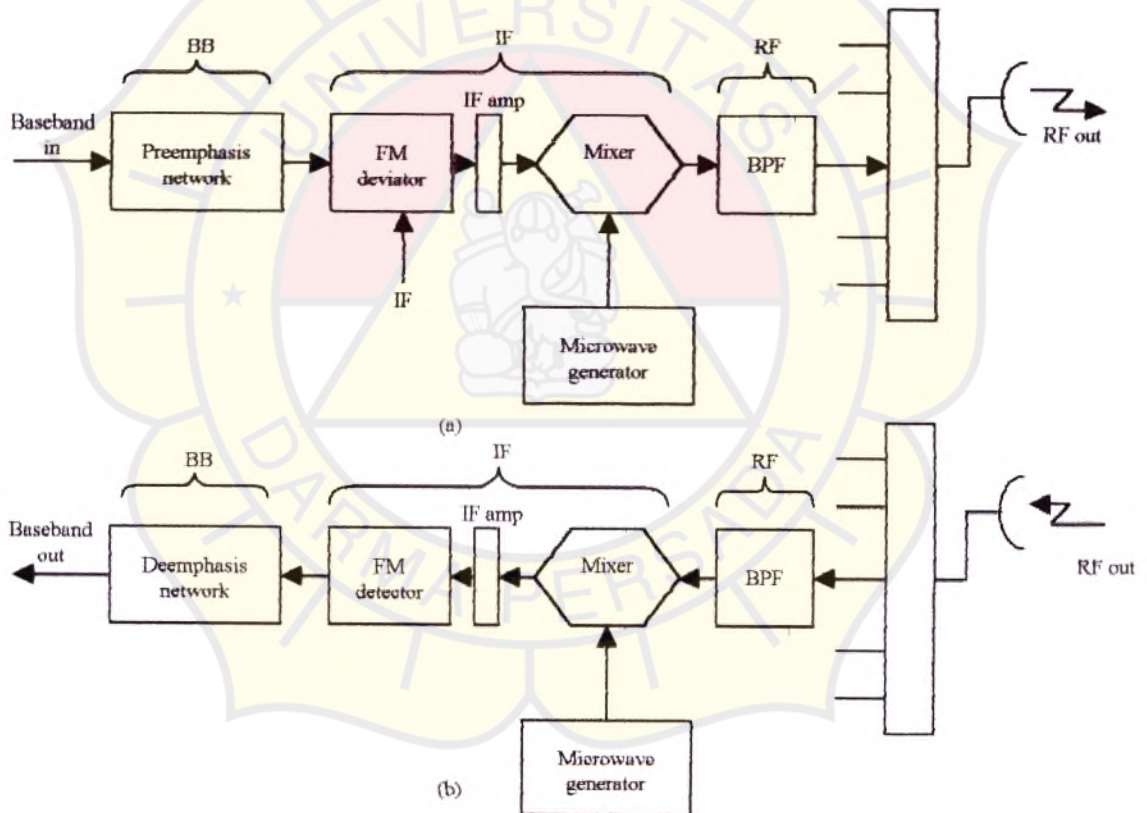


Gambar 2.10 Penerapan QAM Pada Sistem komunikasi radio Cluster

2.11. Sistem Radio Gelombang Mikro FM Sederhana

Diagram blok sederhana suatu sistem radio gelombang mikro FM ditunjukkan pada gambar 2.11 *Baseband* adalah susunan sinyal yang memodulasikan FM *carrier* dan dapat terbagi menjadi :

1. *Frequency-division-multiplexed voice band channel.*
2. *Time-division-multiplexed voice band channel.*
3. *Broadcast.*
4. *Wideband data.*



Gambar 2.11 Diagram Blok Sederhana Sistem Radio Gelombang Mikro FM :

(a) Pemancar ; (b) Penerima

2.11.1. Pemancar Radio Gelombang Mikro FM

Dalam pemancar radio gelombang mikro FM ditunjukkan pada gambar 2.11a, sebuah *preemphasis network* mendahului FM *deviator*. *Preemphasis network* memberikan sebuah penguatan buatan dalam amplitudo untuk *baseband* frekuensi tinggi. Hal ini membolehkan *baseband* frekuensi rendah untuk memodulasikan frekuensi IF *carrier* dan *baseband* frekuensi tinggi untuk modulasi *phase*. Bagian ini menjamin sebuah bentuk *signal-to-noise ratio* melampaui keseluruhan *spektrum baseband*. Sebuah FM *deviator* menyelenggarakan modulasi IF *carrier* yang kemungkinan datang dari *carrier* gelombang mikro utama. Tepatnya frekuensi IF *carrier* antara 60 dan 80 MHz, dan 70 MHz yang sering digunakan. *Low-index* frekuensi modulasi digunakan dalam FM *deviator*. Secara tepat, modulasi indeks antara 0,5 dan 1. Ini menghasilkan sebuah sinyal FM *narrowband* pada *output deviator*. Konsekwensinya, IF *bandwidth* menyerupai AM konvensional dan kira-kira menyamai 2 kali *baseband* frekuensi tinggi.

IF dan penggabungan *side band* di *up-konversikan* untuk kawasan gelombang mikro oleh AM *mixer*, *oscilator* gelombang mikro dan *bandpass filter*. *Mixing*, lebih baik daripada *multiplying*, yang digunakan untuk mentranslasikan frekuensi IF menjadi frekuensi RF karena indeks modulasi tidak berubah oleh proses *heterodyne*. *Multiplying* IF *carrier* dapat juga mengalikan *deviasi* frekuensi dan indeks modulasi yang menyebabkan pertambahan *bandwidth*. Frekuensi diatas 1 GHz adalah frekuensi gelombang mikro. Saat ini ada beberapa sistem gelombang mikro yang beroperasi dengan frekuensi *carrier* hampir menyamai 18 GHz. Frekuensi gelombang mikro

yang sering digunakan adalah 2, 4, 6, 12 dan 14 GHz *band*. *Channel-combining network* melakukan sebuah hubungan lebih dari satu pemancar gelombang mikro untuk *line transmisi* tunggal yang di salurkan ke antena.

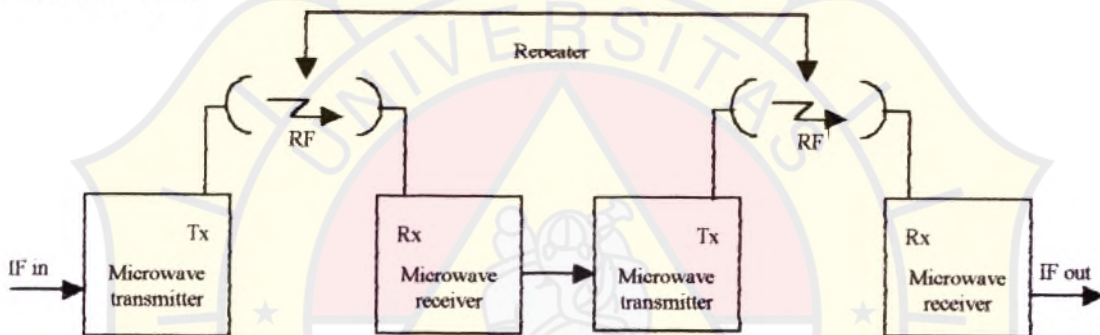
2.11.2. Penerima Radio Gelombang Mikro FM

Dalam penerima radio gelombang mikro FM ditunjukkan pada gambar 2.11b, *channel separation network* melakukan isolasi dan *filter* untuk memisahkan masing-masing kanal gelombang mikro dan mengarahkannya ke masing-masing penerima. *Bandpass filter*, *AM mixer* dan *oscillator* gelombang mikro *down*-konversikan frekuensi gelombang mikro FM menjadi frekuensi IF dan melewatkannya ke FM *demodulator*. FM *demodulator* yang digunakan. Biasanya *noncoherent FM detector* (seperti *diskriminator* atau *PLL demodulator*). Pada *output FM detector*, sebuah *deemphasis network* memperbaiki sinyal *baseband* menjadi amplitudo sebenarnya terhadap karakteristik frekuensi.

2.12. Repeater Radio Gelombang Mikro FM

Jarak yang diperkenankan antara sebuah pemancar gelombang mikro FM dan sekelompok penerima gelombang mikro 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 gelombang mikro *longhaul* jaraknya bisa melebihi dari itu. Secara konsekwen,

sebuah sistem *single-hop* gelombang mikro, seperti gambar 2.11, tidak sesuai dengan aplikasi sistem secara nyata. Dengan sistem yang lebih panjang dari 40 mil atau ketika adanya *obstruction* geografi, seperti misalnya gunung, menghalangi *path* transmisi, *repeater* sangat diperlukan. Sebuah *repeater* gelombang mikro adalah sebuah penerima dan sebuah pemancar yang ditempatkan *back to back* atau *tandem* dalam sistem. Sebuah blok diagram *repeater* menerima sinyal, *amplifies*, dan dibentuk kembali, kemudian memancarkan kembali sinyal *repeater* berikutnya atau terminal stasiun.

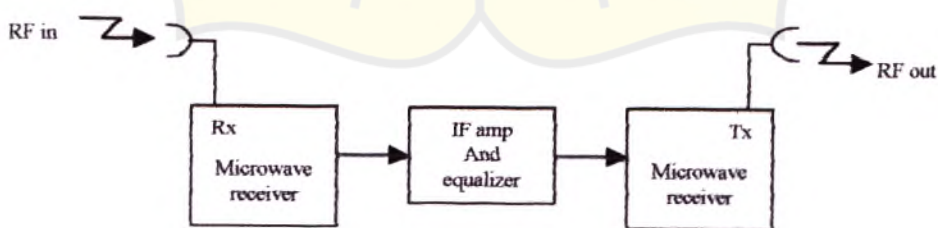


Gambar 2.12 Repeater Gelombang Mikro

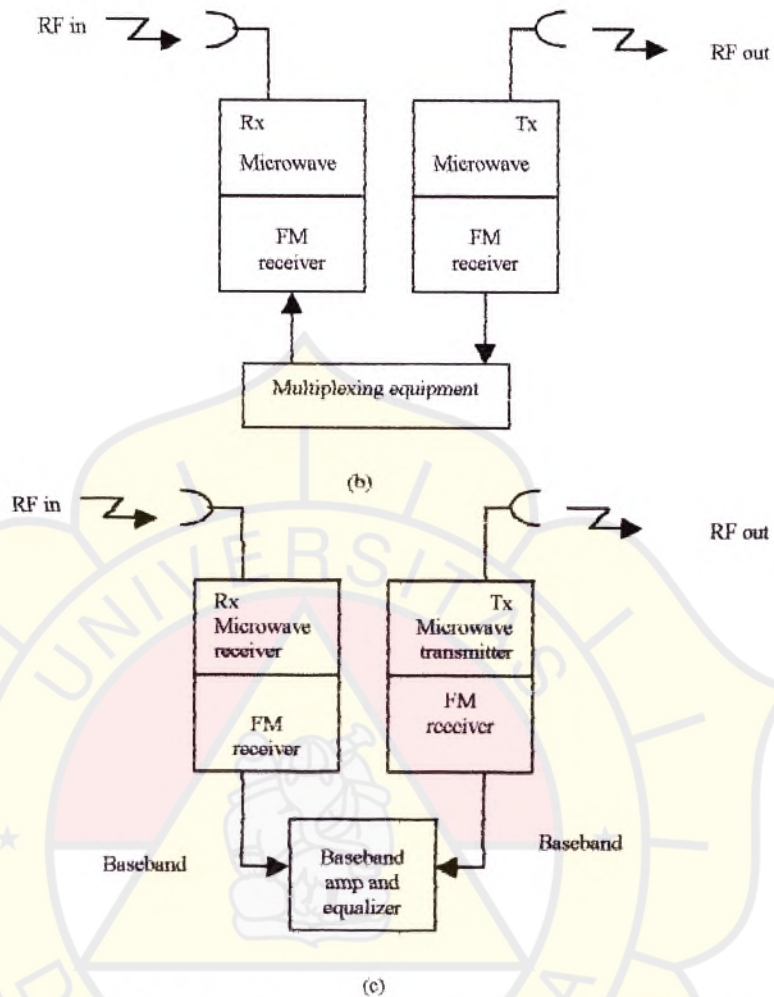
Pada dasarnya, ada 2 tipe *repeater* gelombang mikro : *baseband* dan IF (gambar 2.13). *Repeater* IF disebut juga sebagai *repeater heterodyne*. Dengan sebuah *repeater* IF (gambar 2.13a) penerimaan RF *carrier* di konversikan ke bawah (*down-convert*) menjadi frekuensi IF, dikuatkan (*amplify*), bentuk kembali (*reshape*), dikonversikan ke atas (*up-convert*) menjadi frekuensi RF dan kemudian baru ditransmisikan kembali. Sinyal tidak pernah didemodulasikan dibawah IF. Maka kecerdasan (*intelligence*) *baseband* tidak dimodifikasi oleh *repeater*. Dengan sebuah *repeater baseband* (gambar 2.13b), penerimaan RF *carrier* di konvesikan ke bawah

(*down-convert*) menjadi frekuensi IF, dikuatkan (*amplify*), di *filter* dan selanjutnya didemodulasi menjadi *baseband*. Sinyal *baseband* dimana khususnya *frequency-division-multiplexed voice band channel*, selanjutnya di *demodulasi* ke sebuah *mastergroup*, *supergroup* atau tingkatan *channel*. Hal ini memperbolehkan sinyal *baseband* dikonfigurasi ulang untuk bertemu *routing* yang dibutuhkan keseluruhan jaringan komunikasi. Setelah sinyal *baseband* di konfigurasi ulang. FM memodulasikan sebuah IF *carrier* yang telah dikonversikan ke atas (*up-convert*) menjadi sebuah RF *carrier* dan kemudian ditransmisikan kembali.

Gambar 2.13c menunjukkan konfigurasi *baseband repeater* yang lain. *Repeater* mendemodulasikan RF ke *baseband*, dikuatkan (*amplify*) dan dibentuk kembali (*reshape*), selanjutnya memodulasikan FM *carrier*, dengan teknik ini, *baseband* tidak dikofigurasi ulang. Konfigurasi ini menyerupai dengan yang dilakukan *repeater* IF. Perbedaannya adalah bahwa pada konfigurasi *baseband*, *amplifier* dan *equalizer* bekerja pada frekuensi *baseband* 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)



Gambar 2.13 Repeater Gelombang Mikro : (a) IF ; (b) dan (c) Baseband

2.13. Diversity

Sistem gelombang mikro menggunakan transmisi *line-of-sight*. Ini berarti harus searah *path* sinyal *line* antara antenna pemancar dan penerima. Oleh karena itu *path* sinyal mengalami penurunan beberapa derajat, maka akan terjadi interupsi pelayanan. Dianjurkan menggunakan *diversity* meskipun ada beberapa *path* transmisi atau metode transmisi lainnya yang tersedia antara pemancar dan penerima. Dalam

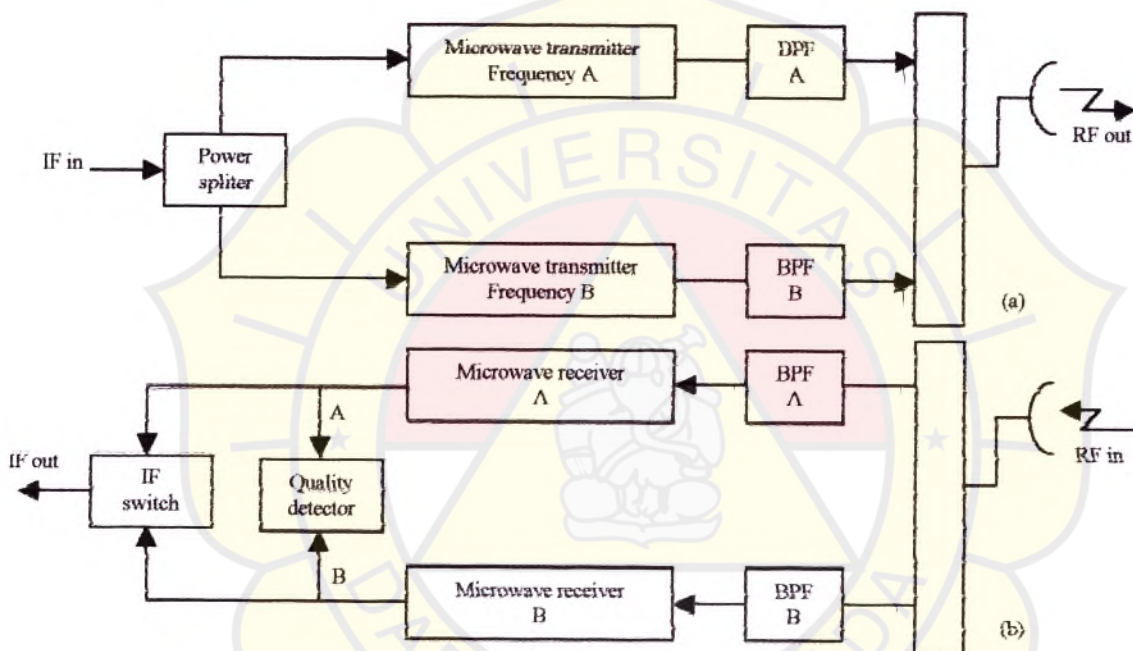
sebuah sistem gelombang mikro, fungsi *diversity* adalah untuk meningkatkan reliabilitas sistem dengan cara meningkatkan kemampuannya. Ada beberapa macam *path* transmisi atau metode transmisi yang tersedia, sistem dapat memilih *path* atau metode yang menghasilkan kualitas sinyal yang tinggi. Pada umumnya kualitas sinyal yang tinggi tergantung oleh nilainya perbandingan *carrier* terhadap *noise* (C/N) pada input penerima atau mengukur *power carrier* sebuah penerima. Meskipun ada beberapa macam cara penyelesaian *diversity*, metode yang paling banyak di gunakan adalah frekuensi, *space* dan polarisasi.

2.13.1. Frequency Diversity

Frequency diversity adalah pemodulasian sederhana dua frekuensi RF *carrier* yang berbeda dengan *intelligent IF* yang sama, kemudian ditransmisikan kedua sinyal RF ke arah tujuan. Di daerah tujuan, kedua *carrier* didemodulasikan dan salah satu dari keduanya yang mempunyai kualitas sinyal IF yang lebih baik akan dipilih. Gambar 2.14 menunjukkan sebuah sistem kanal gelombang mikro *frequency diversity* tunggal.

Dalam gambar 2.14a, input sinyal IF disalurkan ke *power splitter*, dimana akan diarahkan ke pemancar gelombang mikro A dan B. *output* RF dari kedua pemancar digabungkan dalam *channel combining network* dan disalurkan ke antena pemancar. Pada sisi penerima akhir (gambar 2.14b), *channel separator* mengarahkan RF *carrier* A dan B ke masing-masing penerima gelombang mikro, dimana sudah dikonversikan ke bawah (*down-convert*) menjadi IF. Sirkuit *quality detector*

menentukan *channel* yang mana A atau B, yang mempunyai kualitas tinggi dan mengarahkan *channel* tersebut melalui *IF switch* untuk selanjutnya didemodulasikan menjadi *baseband*. Sementara itu, kondisi *atmosfir* yang buruk dapat menurunkan frekuensi sinyal RF yang terpilih. Oleh karena itu diberikan batasan waktu pada *IF switch* agar dapat men-*switch* kembali dan sebaliknya dari penerima A ke B, dan begitu seterusnya.



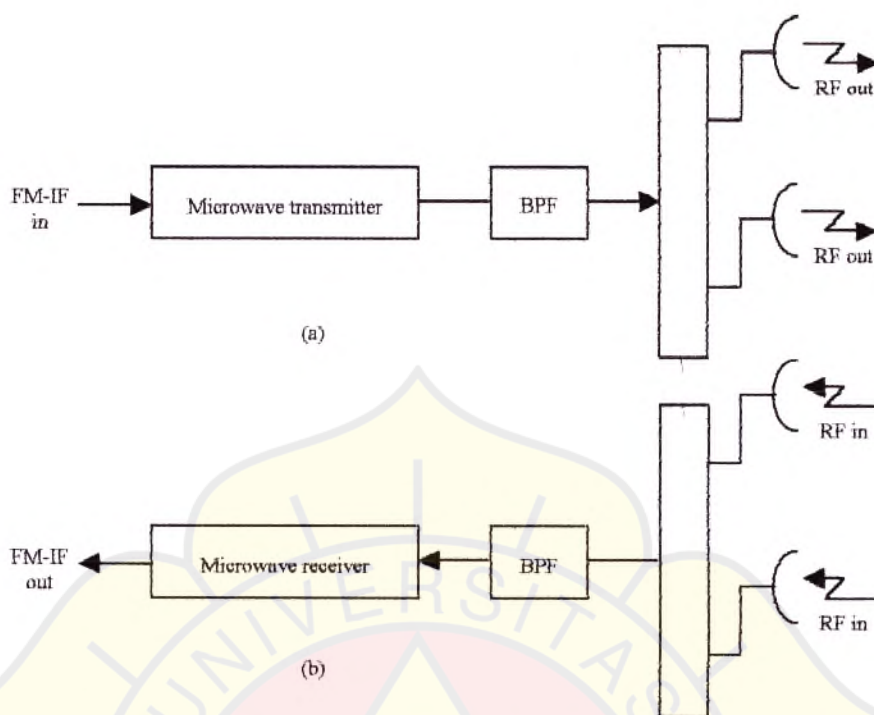
Gambar 2.14 Sistem Gelombang Mikro Frequency Diversity :
(a) pemancar; (b) penerima

2.12.2. Space Diversity

Dengan *space diversity*, *output* sebuah pemancar disalurkan ke dua antenna atau lebih yang secara fisik dipisahkan oleh besarnya panjang gelombang yang berbeda. Begitu juga pada sisi penerima terdapat lebih dari satu antenna untuk

menangkap *input* sinyal ke penerima. Jika antena penerima *multiple* yang digunakan, harus juga dipisahkan oleh besarnya panjang gelombang. Gambar 2.15 menunjukkan sebuah sistem kanal gelombang *mikro space diversity* tunggal.

Ketika *space diversity* digunakan yang terpenting diperhatikan adalah jarak elektrik dari pemancar untuk setiap antenanya ke sebuah penerima untuk masing-masing antena harus sama dengan panjang gelombang. Hal ini untuk memastikan bahwa dua atau lebih sinyal yang frekuensinya sama tiba di *input* penerima, akan langsung di *phase* dan di jumlahkan. Jika menerima sinyal yang berlainan *phase*-nya maka akan dibatalkan. Konsekwensinya, menghasilkan *power* sinyal penerima lebih rendah dibandingkan jika menggunakan sistem dengan satu antena. Kondisi atmosfer yang buruk sering kali mengisolasi daerah geografi yang sangat kecil. Dengan *space diversity*, terdapat beberapa *path* transmisi diantara pemancar dan penerima. Ketika kondisi atmosfer kurang baik terjadi pada satu *path*, masih ada *path* lain yang kemungkinan tidak mengalami degradasi. Maka kemungkinan menerima sinyal yang cocok sangat tinggi ketika *space diversity* digunakan daripada tanpa *diversity*. Alternatif lain metode *space diversity* adalah dengan menggunakan satu antena pemancar dan dua antena penerima yang dipisahkan secara *vertical*. Tergantung kondisi atmosfer pada saat itu, satu antena penerima dapat menerima sinyal yang cukup. Kadang-kadang terdapat dua *path* transmisi yang hampir tidak terpengaruh serentak oleh *fading*.



Gambar 2.15 Sistem Gelombang Mikro Space Diversity :

(a) Pemancar ; (b) Penerima

2.13.3. Polarization Diversity

Dengan *polarization diversity*, satu RF carrier dipropagasikan dengan dua polarisasi elektromagnet yang berbeda (*vertical* dan *horizontal*). Gelombang elektromagnetik dari polarisasi yang berbeda tidak mengalami kerugian transmisi yang sama. *Polarization diversity* pada umumnya digunakan bersama-sama dengan *space diversity*. Satu pasang antenna pemancar/penerima menggunakan polarisasi *horizontal*. Ini juga memungkinkan untuk menggunakan frekuensi, *space* dan polarisasi secara serentak.

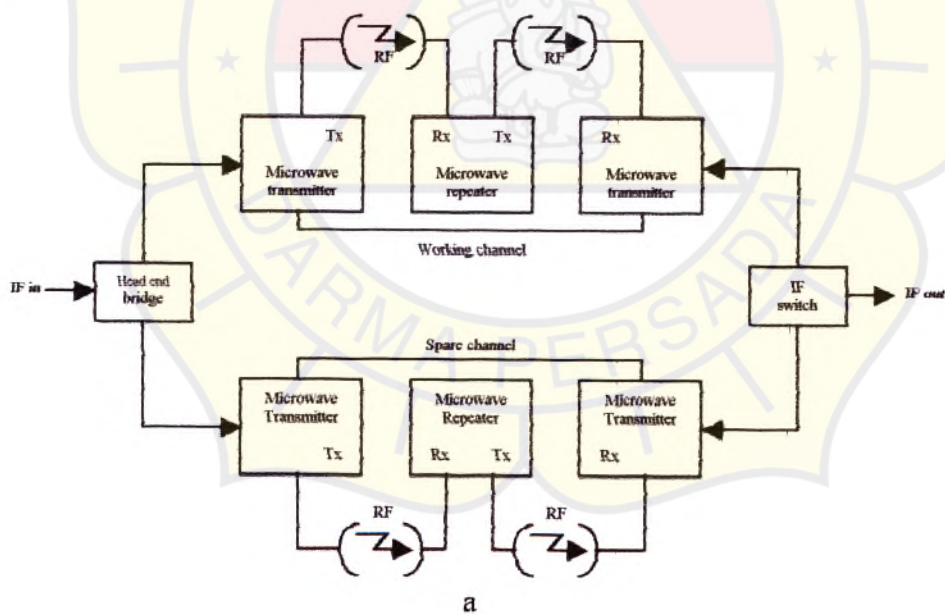
2.14. Protection Switching

Hilangnya *path* radio disebabkan oleh kondisi atmosfer. Suatu waktu kondisi atmosfer diantara antenna pemancar dan antenna penerima dapat berubah-ubah yang menyebabkan reduksi pada sinyal penerima sebesar 20, 30, 40 dB atau lebih. Reduksi dalam sinyal ini disebut sebagai radio *fade*. Rangkaian *automatic gain control* (AGC), terdapat dalam penerima radio, yang dapat mengkompensasi untuk *fading* sebesar 25 sampai 40 dB, tergantung perencanaan sistem. Bagaimanapun, *fading* yang mempunyai nilai lebih besar dari 40 dB dapat menyebabkan kegagalan penerimaan sinyal. Jika ini terjadi, pelayanan yang berlangsung akan putus/hilang. Untuk mencegah adanya interupsi pelayanan selama selang waktu *fading* atau kegagalan perangkat, fasilitas alternatif telah tersedia yang disebut dengan pengaturan *protection switching*.

Pada dasarnya ada dua tipe pengaturan *protection switching* yaitu *hot standby* dan *diversity*. Dengan proteksi *hot standby*, setiap kanal radio yang bekerja mempunyai sebuah *backup channel* atau *spare channel*. Sedangkan dengan proteksi *diversity*, sebuah *backup channel* yang tersedia untuk paling banyak 11 kanal yang bekerja. Sistem *hot standby* memberikan 100% proteksi untuk setiap kanal radio yang bekerja. Sebuah sistem *diversity* memberikan proteksi 100% hanya kepada satu kanal yang bekerja yang pertama kali mengalami kegagalan. Jika ada dua kanal radio yang mengalami kegagalan pada saat yang bersamaan, interupsi pelayanan akan terjadi.

2.14.1. Hot Standby

Gambar 2.16a menunjukkan sebuah pengaturan proteksi *switching hot standby* kanal tunggal. Pada pemancar akhir, IF masuk ke sebuah *head-end bridge*, yang akan memecahkan *power* sinyal dan diarahkan ke kanal bekerja dan *spare channel* (*standby*) gelombang mikro secara serentak. Maka kedua kanal bekerja dan *standby channel* membawa informasi *baseband* yang sama. Di penerima akhir, IF *switch* melewati sinyal IF dari kanal yang bekerja ke perangkat terminal FM. IF *switch* secara terus menerus mengawasi penerimaan *power* sinyal pada kanal yang bekerja dan jika mengalami kegagalan, akan *switch* ke *standby channel*. Ketika sinyal IF pada kanal yang bekerja telah diperbaiki, IF *switch* kembali ke posisi semula.



Gambar 2.16 Pengaturan Protection Switching Gelombang Mikro: (a) Hot Standby

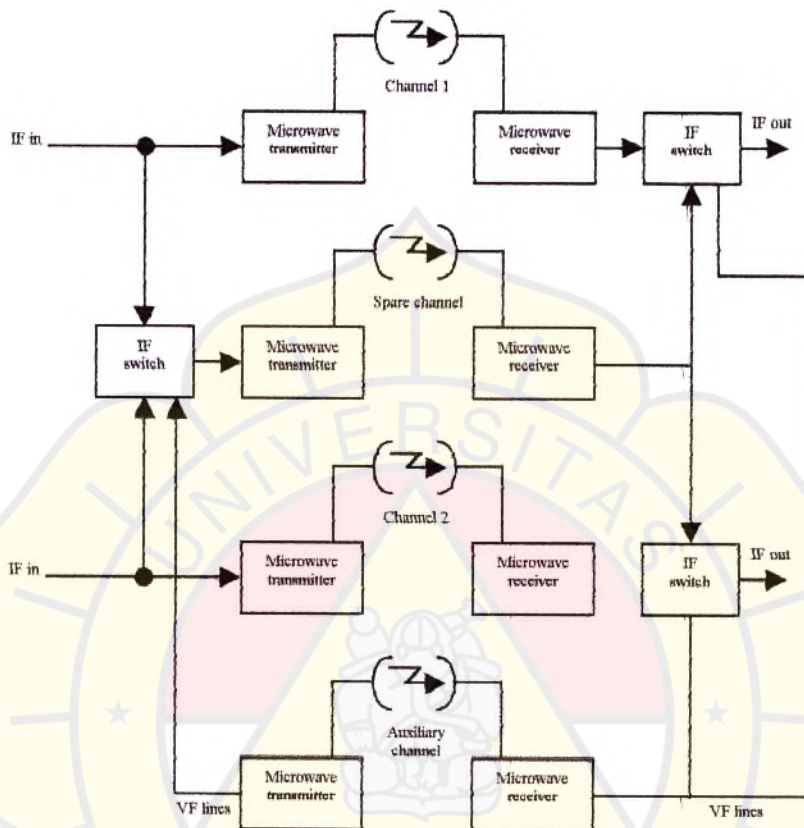
2.14.2. Diversity

Gambar 2.16b menunjukkan pengaturan proteksi *switching diversity*. Sistem ini mempunyai dua kanal yang bekerja (kanal 1 dan kanal 2), satu *spare channel* dan kanal pembantu (*auxiliary channel*). IF *switch* pada penerima akhir secara terus menerus mengawasi kekuatan *power* sinyal dari kedua kanal yang bekerja. Jika salah satu diantaranya mengalami kegagalan, IF *switch* mendeteksi sebuah *loss carrier* dan mengirimkan kembali ke stasiun pemancar IF *switch* yaitu VF (*voice frequency*) sinyal suara yang telah dikodekan yang akan mengarahkan untuk memindahkan sinyal IF dari kanal yang gagal kedalam *spare channel* gelombang mikro. Ketika kanal yang gagal telah diperbaiki, IF *switch* kembali ke posisi semula. Kanal pembantu (*auxiliary channel*) sederhana melakukan sebuah transmisi *path* antara dua IF *switch*. Tepatnya, kanal pembantu adalah radio gelombang mikro yang mempunyai kapasitas rendah, *power* rendah yang dirancang hanya untuk digunakan sebagai kanal pemeliharaan.

2.14.3. Reliability

Jumlah stasiun *repeater* diantara *switch* proteksi tergantung pada sistem reliabilitas objek. Tepatnya, ada dua dan enam *repeater* diantara stasiun *switching*. Sebagaimana yang dapat kita lihat, sistem *diversity* dan pengaturan proteksi *switching* hampir sama. Perbedaan yang paling utama dari keduanya adalah sistem *diversity*

pengaturan secara permanen dan hanya berfungsi untuk mengkompensasi sementara kondisi atmosfer yang buruk diantara dua stasiun yang dipilih dalam sistem.



(b) Diversity

Sedangkan pada pengaturan proteksi *switching* dapat mengkompensasi untuk *fading* radio dan kegagalan perangkat dan juga termasuk enam sampai delapan stasiun *repeater* diantara *switch*.

Kanal proteksi dapat juga digunakan sebagai fasilitas komunikasi sementara, selama perawatan rutin dilakukan pada kanal yang biasa bekerja. Dengan pengaturan proteksi *switching*, semua *path* sinyal dan perangkat radio terproteksi. *Diversity*

digunakan secara selektif, hanya diantara stasiun yang mengalami persentasi *fading* yang tinggi pada satu waktu. Sebuah studi statistik dari waktu kegagalan (interupsi pelayanan) disebabkan oleh *fading* radio, kerusakan perangkat dan perawatan adalah hal yang penting dalam perancangan sistem gelombang mikro. Dari penelitian, para insinyur memutuskan untuk menggunakan tipe *diversity* dan pengaturan proteksi *switching* yang cocok pada aplikasi yang akan dibuat.

2.15. Stasiun Radio Gelombang Mikro FM

Pada dasarnya, ada dua tipe stasiun gelombang mikro FM yaitu terminal dan *repeater*. Stasiun terminal adalah titik dalam sistem dimana salah satu sinyal *baseband* dihasilkan atau diakhiri. Stasiun *repeater* adalah titik dalam sistem dimana sinyal *baseband* dapat dikonfigurasi ulang atau dimana RF *carrier* secara sederhana diulang (*repeated*) atau dikuatkan (*amplify*).

2.15.1 Stasiun Terminal

Sebuah stasiun terminal terdiri dari empat bagian utama yaitu *baseband*, *wire line entrance link* (WLEL), FM – IF dan bagian RF. Gambar 2.17 menunjukkan blok diagram bagian *baseband*, WLEL dan FM – IF. Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya, *baseband* berupa salah satu dari tipe sinyal yang berbeda-beda. Untuk contoh disini, digunakan *frequency – division multiplex voice band channel*.

a. Wire line entrance link (WLEL)

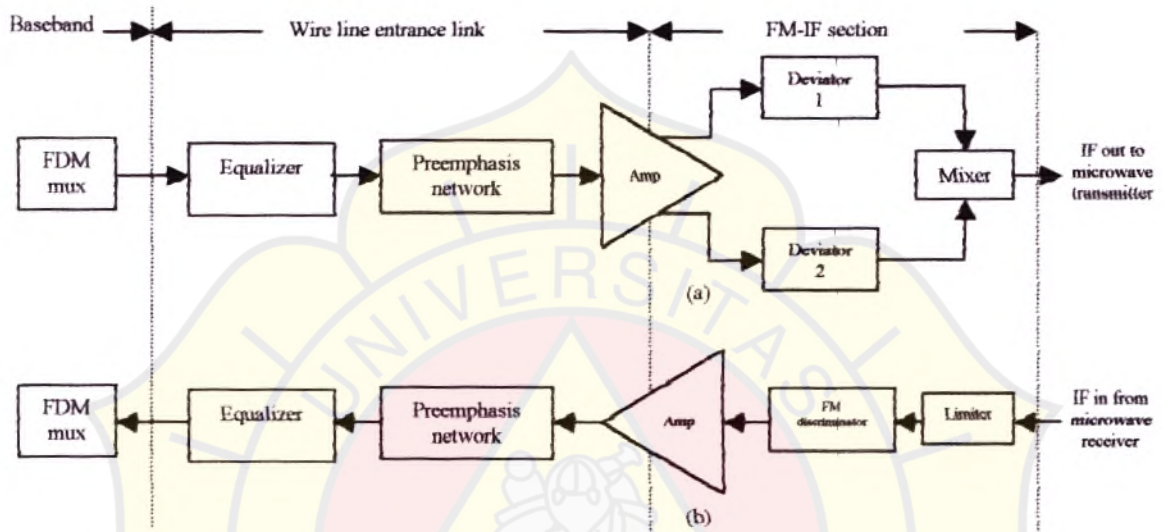
Sering kali pada jaringan komunikasi yang besar seperti misalnya *American Telephone and Telegraph Company* (AT & T), mendirikan bangunan stasiun radio besar. Oleh karena itu, memungkinkan untuk meletakkan semua perangkat dalam satu lokasi yang ada (contoh : semua perangkat FDM dalam satu ruangan). Sistem alaram sederhana, kebutuhan *power dc* untuk perangkat, perawatan dan kebutuhan peralatan pengkabelan secara umum. Perangkat yang tidak sama dapat dipisahkan dengan jarak yang diperhitungkan. Sebagai contoh, jarak antara perangkat *multiplex* FDM dan bagian FM-IF berkisar beberapa ratus *feet* dan dalam beberapa kasus dapat beberapa mil. Untuk alasan inilah dibutuhkan WLEL. Sebuah WLEL melayani sebagai *interface* antara perangkat multipleks terminal dan bagian perangkat FM-IF. Sebuah WLEL pada umumnya terdiri dari sebuah *amplifier* dan *equalizer* (yang bersama-sama mengkompensasi untuk *losse* transmisi kabel) dan *level shaping device* yang umumnya disebut dengan *pre- dan deemphasis network*.

b. Bagian IF

Perangkat terminal FM ditunjukkan pada gambar 2.17 yang menghasilkan sebuah frekuensi modulasi IF *carrier*. Ini dapat diselesaikan dengan mencampur (*mixing*) dua *output oscillator deviated* yang membedakan frekuensi dengan IF *carrier* yang diinginkan. *Oscillator* dideviasikan dalam *phase* yang berlawanan, dimana mengurangi besarnya *phase deviasi* yang dibutuhkan sebuah *deviator* tunggal dengan

sebuah 2. teknik ini juga mengurangi deviasi linier perangkat untuk *oscillator* dan melakukan sebagian pembatalan yang menghasilkan modulasi yang tidak diinginkan.

Sekali lagi, penerima adalah sebuah konvensional *non coherent FM detector*.



Gambar 2.17 Stasiun terminal gelombang mikro, baseband, wire line entrance dan FM-IF : (a) Pemancar, (b) Penerima

c. Bagian RF

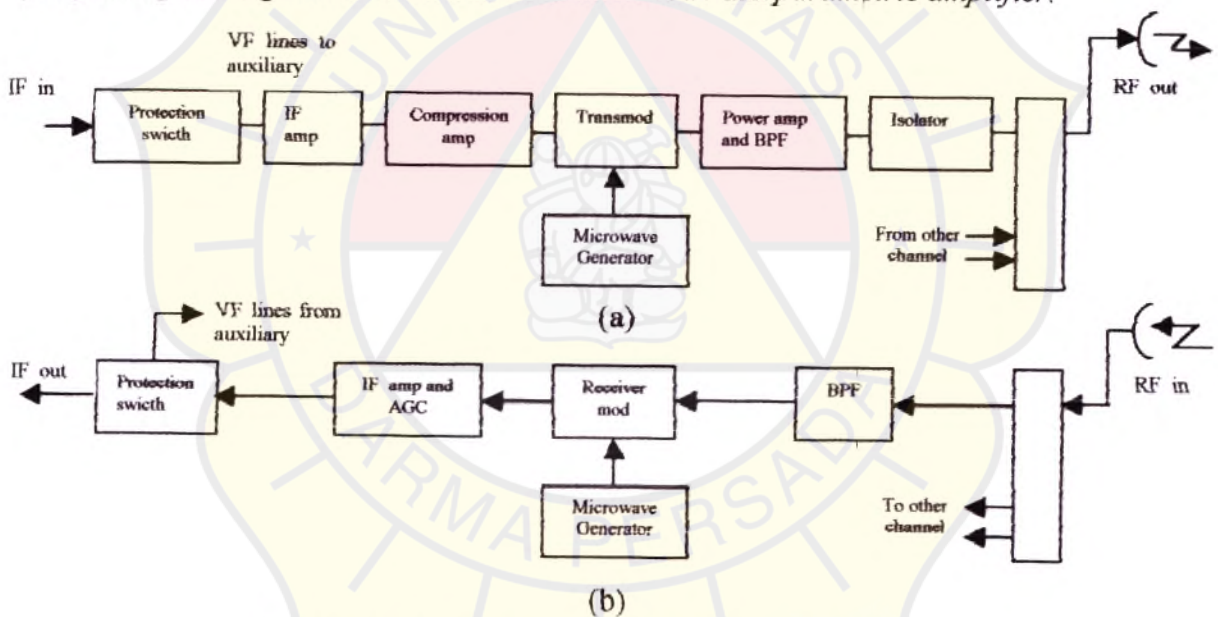
Sebuah blok diagram bagian RF dari sebuah stasiun terminal gelombang mikro ditunjukkan pada gambar 2.18. Sinyal IF memasuki pemancar (gambar 2.18a) melalui sebuah proteksi *switch*. IF dan *compression amplifier* membantu menjaga agar *power* sinyal IF tetap dan mendekati level *input* yang dibutuhkan untuk *transmit modulator (transmod)*. *Transmod* adalah sebuah *balanced modulator* yang digunakan bersama-sama dengan sebuah generator gelombang mikro, *power amplifier*, dan *bandpass filter*, dikonversikan ke atas (*up-convert*) IF *carrier* menjadi RF *carrier* dan

menguatkan (*amplify*) RF untuk *output power* yang diinginkan. *Power amplifier* untuk radio gelombang mikro harus sesuai dengan penguatan (*amplifying*) frekuensi sangat tinggi dan melewatkan sinyal *bandwidth* yang sangat lebar. *Klystron tubes*, *traveling-wave tube (TWT)*, dan *impact avalanche and transit time (IMPATT)* dioda adalah beberapa perangkat yang sering digunakan dalam *power amplifier* gelombang mikro. Karena antena bergain tinggi yang digunakan dan jarak antara stasiun gelombang mikro relatif dekat, tidaklah penting untuk membangun sebuah *power output* yang besar dari *output amplifier* pemancar. Tepatnya *gain* untuk antena gelombang mikro berkisar antara 10 sampai 40 dB, dan *output power* pemancar sebesar antara 0,5 sampai 10 watt.

Sebuah *microwave generator* memberikan input RF *carrier* untuk dikonversikan ke atas (*up-convert*). Ini disebut generator gelombang mikro, lebih baik dari pada sebuah *oscillator* karena sangatlah sulit membuat rangkaian yang stabil yang beresilasi pada besaran Gigahertz. Dari pada itu sebuah *crystal control oscillator* beroperasi dalam batasan 5 sampai 25 MHz yang digunakan untuk memberikan sebuah *base* frekuensi yang dikuatkan ke atas untuk RF *carrier* yang diinginkan.

Isolator adalah sebuah *unidirectional device* yang terbuat dari bahan ferit. Isolator digunakan secara bersama-sama dengan sebuah *channel combining network* untuk mencegah output salah satu pemancar dari interferensi dengan pemancar yang lain.

Penerima RF (gambar 2.18b) adalah sama dengan pemancar kecuali bekerja dalam arah berlawanan. Bagaimanapun, satu perbedaannya adalah adanya *IF amplifier* di penerima. *IF amplifier* ini mempunyai rangkaian *Automatic Gain Control* (AGC). Begitu juga pada sisi penerima tidak terdapat *RF amplifier*. Tepatnya, sebuah *balanced modulator* yang sangat sensitif dan *noise* rendah digunakan untuk *receive demodulator* (*receive mod*). Ini menghilangkan kebutuhan akan adanya *RF amplifier* dan memperbaiki keseluruhan rasio sinyal terhadap *noise*. Ketika *RF amplifier* dibutuhkan, *low noise amplifier* (LNA) berkualitas tinggi yang digunakan. Contoh yang sering kali digunakan adalah *LNA tuned diode* dan *parametric amplifier*.



Gambar 2.18 Stasiun terminal gelombang mikro

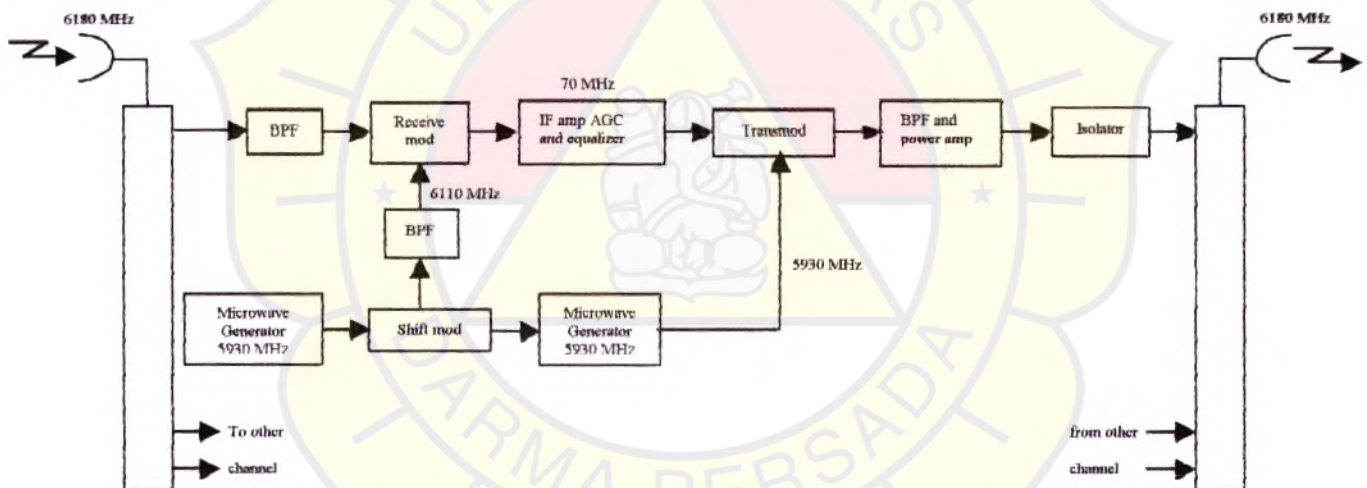
(a) pemancar ; (b) penerima

2.15.2 Stasiun Repeater

Gambar 2.19 menunjukkan diagram blok sebuah stasiun *repeater* IF gelombang mikro. Penerimaan sinyal RF memasuki alat penerima melalui *channel separation network* dan *band pass filter*. *Receive mod* mengkonversikan kebawah (*down convert*) RF *carrier* menjadi IF. IF AMP/AGC dan rangkaian *equalizer* menguatkan dan membentuk kembali IF. *Equalizer* mengkompensasi *gain* terhadap *frequency nonlinieritas* dan *envelope delay distortion* yang masuk didalam sistem. Sekali lagi, *transmod* mengkonversikan keatas (*up convert*) IF menjadi RF untuk ditransmisikan kembali.

Bagaimanapun, didalam stasiun *repeater metode* yang digunakan untuk menghasilkan RF gelombang mikro yang membawa *frequency* adalah sedikit berbeda dengan metode yang digunakan didalam sebuah stasiun terminal. Di *repeater* IF, hanya ada satu generator gelombang mikro yang dibutuhkan untuk penyediaan *transmod* dan *receive mod* dengan sebuah sinyal RF *carrier*. Generator gelombang mikro *shift oscillator* dan *shift modulator* membolehkan *repeater* untuk menerima satu *frequency* RF *carrier*, *down convert* menjadi IF, selanjutnya meng *up convert* kan IF untuk *frequency* RF *carrier* yang berbeda. Ini memungkinkan untuk stasiun C menerima transmisi dari kedua stasiun yaitu stasiun A dan stasiun B secara serentak (ini yang dinamakan *multihop interference* seperti gambar 2.20a). Ini dapat terjadi hanya ketika ketiga stasiun ditempatkan dalam satu garis lurus secara geografis dalam sebuah sistem. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, alokasi *bandwidth* untuk sistem dibagi menjadi dua yaitu sebuah *low frequency* dan *high frequency band*.

Setiap stasiun, pada gilirannya berganti-ganti dari sebuah *frequency low band* menjadi *high band* memancarkan *frequency carrier* (gambar 2.20b). Jika sebuah transmisi dari stasiun A diterima oleh stasiun C, akan dikembalikan dalam *channel separation network* dan tidak mengakibatkan terjadinya *interferensi*. Pengaturan ini dinamakan sistem *repeater gelombang mikro high or low*. Peraturannya sangat sederhana; jika sebuah stasiun *repeater* menerima sebuah *RF carrier low band*, akan ditransmisikan ulang sebuah *RF carrier high band* dan berulang-ulang. Hanya *multiple carrier* dengan *frequency* yang sama dapat diterima ketika sebuah transmisi dari sebuah stasiun telah diterima dari stasiun yang lain yang disebut *three hop away*.



Gambar 2.19 Stasiun Repeater IF Gelombang Mikro

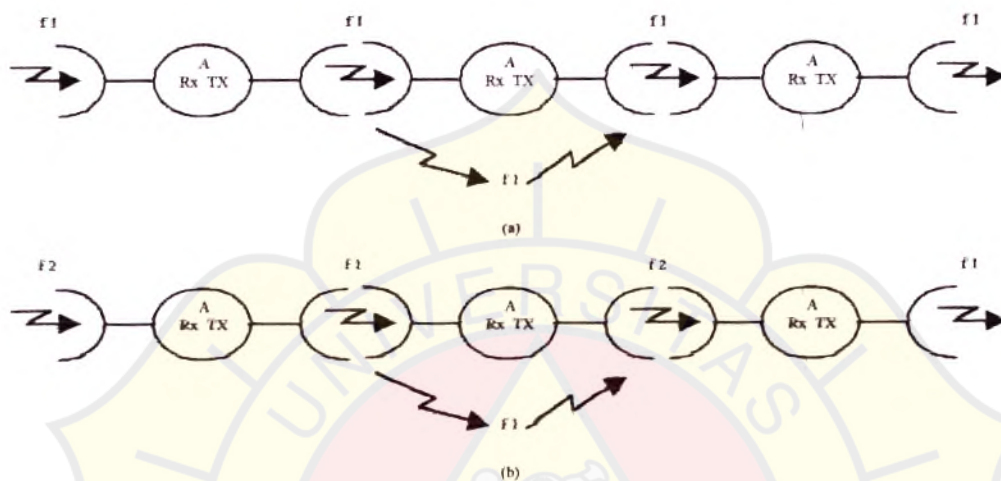
Alasan yang lain menggunakan sebuah rencana *high low frequency* adalah untuk mencegah *power* menjadi bocor keluar dari belakang atau samping dari sebuah antena pemancar dari interferensi dengan sinyal yang memasuki *input* sebuah antena penerima yang terdekat, ini disebut *ringaround*. Semua antena tidak dipedulikan

berapa besar *gain* dan bagaimana arah radiasi *pattern*, akan meradiasi dengan persentasi kecil *power* keluar kebelakang dan kesamping : memberikan sebuah batasan rasio *front to back* untuk antena. Meskipun rasio *front to back* sebuah gelombang mikro tinggi, relatif kecil sekitar *power* akan teradiasi keluaran dari belakang antena yang dapat menyamai besarnya perbandingan terhadap penerimaan *power carrier* dalam sistem secara normal. Jika pemancar dan penerima *frequency carrier* berbeda, filter dalam *receiver separation network* akan mencegah terjadinya *ringaround*.

Stasiun *repeater* gelombang mikro *high low* (gambar 2.20b) membutuhkan persediaan dua *carrier* gelombang mikro untuk proses *down* dan *up convert*. Lebih baik daripada menggunakan dua generator gelombang mikro, sebuah generator tunggal dengan sebuah *shift oscillator*, sebuah *shift modulator* dan sebuah *band pass filter* dapat menghasilkan dua sinyal yang dibutuhkan. Satu *output* dari generator gelombang mikro disalurkan kedalam *transmod* dan *output* yang lain (dari generator gelombang mikro yang sama) dicampurkan dengan sinyal *shift oscillator* dalam *shift modulator* untuk menghasilkan *frequency carrier* gelombang mikro yang kedua. *frequency carrier* gelombang mikro yang kedua adalah percabangan dari *frequency shift oscillator* yang pertama. *frequency carrier* gelombang mikro yang kedua disalurkan kedalam *receive modulator*.

Posisi ini tidak mengurangi jumlah *oscillator* yang dibutuhkan, tetapi lebih sederhana dan murah untuk membangun satu generator gelombang mikro dan relatif satu *low frequency shift oscillator* dari pada membangun dua generator gelombang

mikro. Penganturan ini juga memberikan tingkatan *synchronization* diantara *repeater*. Kerugian yang nyata dari bagian *high low* adalah jumlah *channel* yang tersedia dalam *bandwidth* yang diberikan hanya setengah.



Gambar 2.20 (a) Multihop dan (b) High Sistem Gelombang Mikro

2.16. Fresnel Zone

Dalam proses transmisinya *microwave* menggunakan *reflector parabola* yang akan membentuk elip diantara kedua titik tersebut. Elip tersebut tidak boleh ada penghalang, karena akan menimbulkan gelombang difraksi yang mengakibatkan adanya *loss energi*. Daerah elip tersebut dinamakan *fresnel zone*.

Fresnel Zone dapat dicari dengan persamaan seperti dibawah ini :

$$F_1 = 17,3 \sqrt{(d_1 d_2) / (f \cdot D)} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana,

F_1 : Fresnel Zone pertama (m)

d_1 : Jarak dari Tx ke penghalang (Km)

d_2 : Jarak dari penghalang ke Rx (Km)

f : frekuensi (GHz)

D : Jarak dari Tx ke Rx (Km)

2.16.1. Clearence

Clearence adalah jarak antara puncak penghalang dengan diameter garis

Fresnel Zone. *Clearence* dapat dicari dengan persamaan seperti dibawah ini :

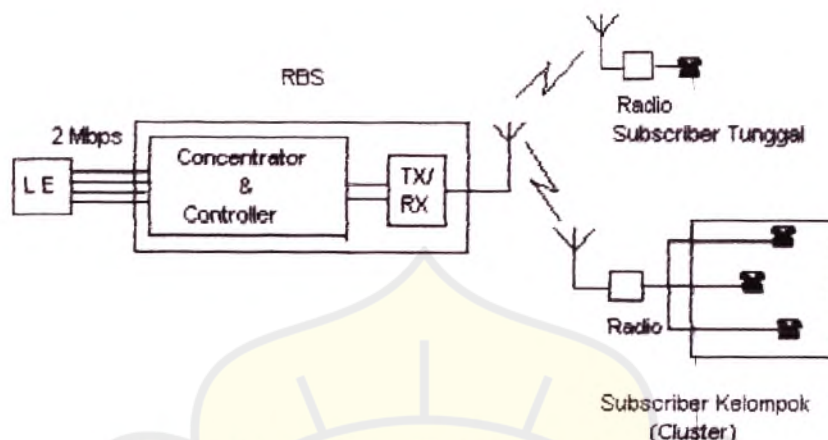
$$C = F_z \cdot 0,6 \dots\dots\dots (2-2)$$

2.17. Fading

Fading adalah gangguan cuaca diudara terhadap perambatan-perambatan gelombang mikro sehingga kualitas penerimaannya tidak sempurna. Terjadinya fading disebabkan oleh perubahan kondisi atmosfer dan penyimpangan arah propagasi.

2.2.2. Konfigurasi Sistem Selular Tetap

Konfigurasi dari sistem selular tetap dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem Selular Tetap

Elemen-elemen yang mendukung setiap komunikasi selular tetap adalah :

1. Sentral Lokal (*Local Exchange*)

Fungsi jaringan pada selular tetap dapat berbasis pada sentral yang sudah ada pada jaringan kabel.

2. RBS (*Radio Base Station*)

Merupakan *interface* antara pelanggan dengan sentral terdiri dari tiga bagian utama :

- a. *Controller*

Bagian yang berfungsi sebagai pengendali operasi yang ada dipengontrol stasiun dan *Concentrator*.

b. Terminal Kelompok (*Clusture*)

Merupakan terminal yang digunakan oleh unit pelanggan kelompok, yaitu beragam pelanggan dalam sebuah lokasi perkantoran, pemerintahan, dan pertokoan.

2.3. Transmisi

Tujuan dari telekomunikasi pada umumnya untuk menyampaikan berita atau informasi dari pihak atau peralatan yang memanggil ke pihak atau peralatan yang dipanggil dengan baik. Dalam telekomunikasi, informasi diubah menjadi sinyal listrik dan ditransmisikan melalui suatu media, yang dinamakan sirkuit transmisi. Untuk maksud tertentu digunakan jenis sirkuit atau sistem transmisi yang paling cocok.

2.3.1. Media Transmisi

Penyampaian informasi hanya dapat terlaksana bila ada semacam alat penyampai (media) antara sumber informasi dengan penerima informasi. Alat penyampai informasi seperti ini sering disebut dengan media penyalur atau media transmisi.

Dalam sistem telekomunikasi dikenal dua macam media transmisi yang dipakai, yaitu :

1. Saluran fisik, yaitu semacam media transmisi yang dapat diraba secara fisik, contohnya : kabel koaksial dan kabel serat optik.

b. *Concentrator*

Bagian yang mengupayakan efisiensi frekuensi akibat keterbatasan penggunaan daerah frekuensi. Dengan adanya konsentrator ini maka jumlah kanal radio yang digunakan tidak perlu sebesar jumlah kanal yang ada.

c. *Transceiver (Tx/Rx)*

Merupakan perangkat yang berfungsi meneruskan informasi kanal suara dari sisi sentral ke sisi terminal pelanggan atau arah sebaliknya dengan menggunakan transmisi radio. Pada sisi ini terjadi proses modulasi yang akan menaikkan frekuensi suara ke frekuensi pancar dan sebaliknya akan terjadi proses demodulasi.

3. Perangkat terminal pelanggan

Perangkat ini terdiri dari terminal pelanggan dan sisi radio yang berfungsi untuk proses modulasi dan demodulasi. Perangkat ini secara langsung digunakan oleh pelanggan dan terbagi menjadi dua bagian yaitu :

a. Terminal Individu (tunggal)

Merupakan terminal yang digunakan oleh unit pelanggan tunggal/individu yaitu pelanggan tunggal dalam suatu lokasi, seperti perumahan dan telepon umum.