



Ir. Sudirman, M.Kom., IPM

Ir. Sudirman, M.Kom., IPM, lahir di Lombok Utara,
Pendidikan SD Keger (Kebang Lombok Timur),
SMPN 1 Layung, Lombok Timur,
RAMP Nagri Sinarodi, Yogyakarta, STM Nagri 2, Yogyakarta,
PNP Yogyakarta, STT Naga Yogyakarta dan STMK PRRSHA, Jakarta.
Dosen tetap, Teknik Elektro STT Duta Bangsa,
menjadi pengurus di beberapa lembaga seperti: Dekan,
IT Ujung Harau Jawa Kosasara Grup 3 Cisarua, Teknik Informatika Universitas Blambangan,
Teknik Informatika STT Felka Singsar, Teknik Elektro Politeknik Gundanya, Anggota ORARI Lokal Bojonegara
dan YPMSA, anggota RAPI, cad Cikarang, J2109SL, Anggota PI



Efi Anisa, S. T.,

Efi Anisa, S.T., adalah alumni di Sarjana Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa
Program Studi Teknik Informatika.
Saat ini sedang menempuh program pasca sarjana teknik elektro di Universitas Mercu Buana.
Berbagai pelatihan dan seminar dia ikuti seperti pelatihan SD *and Beyond* Telecommunication,
CCNA, Emerging Technology in Cyber Security,
dan Penwirna Best Paper dalam Seminar Nasional Teknik Mesir RE-ACT-2019.



TEKNIK RADIO

TEKNIK RADIO

Disusun Oleh :

Ir. Sudirman, M.Kom., IPM
Efi Anisa, S. T.,



BADAN PENERBIT
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI DUTA BANGSA

Penerbit :

Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa
Perpustakaan STTDB
Jl. Niaga Raya CBD Blok A 10 - 12
Jababeka 2 Cikarang
Telp. 021 29082747
Email. sttdb2007@gmail.com



Ir. Sudirman, M.Kom.

Efi Anisa, S.T.

TEKNIK RADIO

Penerbit :

Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa

TEKNIK RADIO

Penulis :

Ir. Sudirman, M.Kom

Efi Anisa, S.T.

ISBN : 978-623-9522-0-5

Editor :

Alfian Ady Saputra, S.T., M.T.

Penyunting :

Tim Penerbit STT Duta Bangsa

Desain Sampul dan Tata letar :

Tim Penerbit STT Duta Bangsa

Penerbit :

Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa

Redaksi :

Jl. Niaga Raya CBD Blok A 10 - 12

Jababeka 2 Cikarang

Telp. 021 29082747

Email. Sttdb2007@gmail.com

Dicetak dan Didistribusikan Oleh

Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa

Cetakan Pertama, Desember 2019

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa seijin tertulis dari penerbit.

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas selesainya Buku tentang TEKNIK RADIO. Teknik Radio adalah salah satu mata ujian yang dilakukan oleh Dirjen Postel untuk memperoleh Sertifikat Komunikasi Radio (SKOR), Perwira Radio dan Elektronika (PRE) dan juga untuk menjadi anggota ORARI. Buku ini dapat juga digunakan oleh penggemar radio komunikasi yang ada di masyarakat seperti RAPI atau komunitas pencinta radio, Pelajar SMK Elektronika ataupun Mahasiswa Teknik Elektro, sebagai pendukung mata kuliah Dasar Telekomunikasi .

Pengetahuan tentang teknik radio, khususnya perangkat komunikasi seperti HT atau RIG sangat membantu masyarakat dalam menghadapi bahaya bencana alam. Seperti pengalaman penulis ketika terjadi bencana Tsunami di Aceh dan juga ketika terjadi gempa di Yogyakarta dan Klaten . Semua sistem komunikasi seperti Telepon dan Handphone, tidak bisa berfungsi, namun rekan-rekan ORARI dan RAPI pada waktu itu, selalu menginformasikan kondisi Yogyakarta melalui HT - 2 Meteran, juga berita tentang kondisi Gunung Merapi di Yogyakarta.

Buku ini memaparkan secara sederhana, perangkat komunikasi radio dari power supply, perangkat radio, SWR, kabel transmisi dan Antena. Dan pada kesempatan ini , kami ucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah IV Jawa-Barat,
2. Yayasan Duta Bangsa Indonesia,
3. Ketua Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa,
4. Civitas Akademik Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa,
5. Rekan-rekan ORARI dan RAPI di seluruh Indonesia,
6. Keluarga, yang selalu memberi dorongan untuk maju.

Dan mudah-mudahan Buku tentang TEKNIK RADIO ini bermanfaat untuk masyarakat umum, Mahasiswa ataupun Para pecinta Komunikasi Radio di seluruh Indonesia .

Bekasi, Desember 2019
Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar isi	iii
Daftar gambar	v
BAB I . PERANGKAT RADIO KOMUNIKASI	1
1.1. Sumber Tenaga / Power supply	1
1.2. Power Supply Switching.....	3
BAB II. PEMANCAR DAN PENERIMA	5
2.1. Pemancar AM	5
2.1.1. Blok Diagram Pemancar Kelas A1A	5
2.1.2. Blok Diagram Pemancar Kelas A2A	6
2.1.3. Blok Diagram Pemancar Kelas A3E	7
2.1.4. Amplitudo Modulasi	8
2.1.5. Blok Diagram Pemancar Kelas J3E.....	9
2.1.6. Prinsip Pancaran SSB	10
2.2. Frekuensi Modulasi	12
2.2.1. Frekuensi Jalur lebar dan Jalur sempit	12
2.3. Cara pembangkitan Modulasi Frekuensi	13
2.3.1. Modulasi Frekuensi Langsung	13
2.3.2. Pemancar FM yang di Modulasi Langsung	14
2.3.3. Pemancar FM yang di Modulasi Tidak Langsung	15
2.4. Pemancar FM untuk Siaran	16
2.5. Prinsip Pesawat Penerima	18
2.5.1. Sensitivitas Pesawat Penerima.....	18
2.5.2. Selektivitas Pesawat Penerima	19
2.6. Blok Diagram Pesawat Penerima	20
2.6.1. Pesawat Penerima Langsung.....	21
2.6.2. Pesawat Penerima Superheterodyne	21
2.6.3. Pesawat Penerima Kelas A1A.....	22
2.6.4. Pesawat Penerima SSB	22
2.7. Pesawat Penerima Siaran FM.....	23
2.7.1. Detektor Modulasi Frekuensi.....	26

2.7.2. Diskriminator Modulasi frekuensi.....	26
2.7.3. Diskriminator Foster-Seeley.....	27
2.7.4. Detektor bandingan	27
2.8. Penerima Stereo FM	28
BAB III. SALURAN TRANSMISI DAN ANTENA	30
3.1. Saluran Transmisi.....	30
3.2. Kerugian Pada Saluran Transmisi	34
3.3. Impedansi Karakteristik	34
3.4. Antena	35
3.4.1. Antena Vertikal	35
3.4.2. Antena Horizontal.....	36
3.5. SWR.....	37
BAB IV . GELOMBANG RADIO	39
4.1. Sifat-sifat Gelomabang Radio	39
4.2.. Intensitas Gelombang Radio	40
4.3. Polarisasi Gelombang Radio	41
4.4. Propagasi	41
4.5. Perambatan Gelombang Radio	43
4.6. Hal-hal yang dialami Gelombang radio dalam perambatannya	44
4.7. Spektrum Frekuensi Radio	45
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR GAMBAR

1.1. Perangkat Radio Komunikasi.....	1
1.2. Blok diagram power supply.....	1
1.3. Trafo tanpa CT dan dengan CT.....	1
1.4. Penyearah setengah gelombang.....	2
1.5. Penyearah gelombang penuh dengan Diode bridge.....	2
1.6. Penyearah gelombang penuh dengan dua Diode , trafo CT.....	2
1.7. Power supply 13 Volt	3
1.8. Switching mode penyambungan sekunder.....	4
1.9. Regulator mode penyambungan.....	4
2.1. Pemancar A1A.....	5
2.2. Pemancar A1A dengan tone.....	6
2.3. Pemancar A3E.....	7
2.4. Bentuk gelombang AM dan FM.....	8
2.5. Blok diagram pemancar J3E.....	9
2.6. Prinsip dasar pancaran SSB.....	10
2.7. USB dan LSB.....	11
2.8. Bentuk gelombang FM.....	12
2.9. Modulasi Langsung.....	13
2.10. Blok diagram pemancar FM.....	14
2.11. Blok diagram pemancar FM tidak langsung.....	15
2.12. Blok diagram Pemancar DSBSC.....	15
2.13. Blok diagram rangkaian penyampur pramodulasi.....	17
2.14. Penguat RF	18
2.15. Selektivitas penerima	19
2.16. Penerima Langsung	20
2.17. Penerima Superheterodyne	21
2.18. Penerima A1A.....	22
2.19. Penerima SSB.....	23
2.20. Penerima FM Mono	24
2.21. Automatic Frekuensi control	25
2.22. Penguat IF AM dan FM.....	25
2.23. Liniter dengan Transistor	26
2.24. Diskriminator FM	26
2.25. Diskriminator Foster – Seeley	27

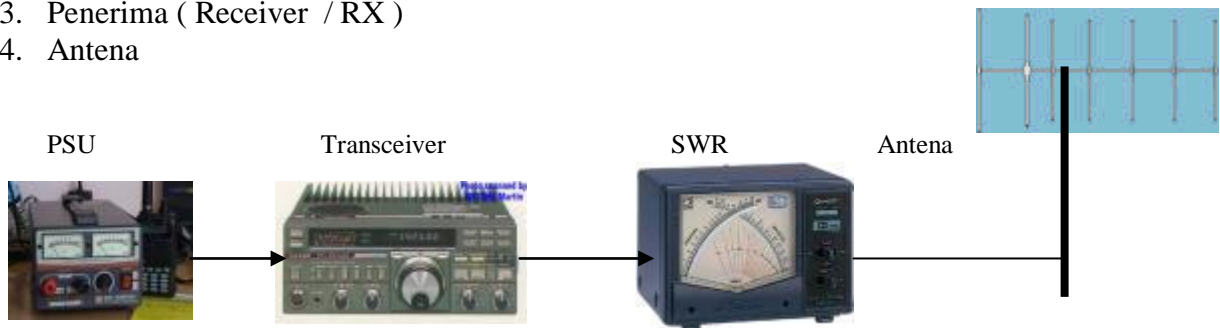
2.26. Ratio Detektor	28
2.27. Diagram blok system decoder stereo FM.....	29
3.0 . Perangkat radio, saluran transmisi dan antenna	30
3.1 . Saluran balance dan unbalance.....	31
3.2 . Saluran dua kawat	31
3.3 . Saluran transmisi dan sifatnya.....	34
3.4 . Konsep antenna bayangan	35
3.5 . Antena ground-plane.....	36
3.6 . Antena horizontal	36
3.7 . Inverted – V.....	37
3.8 . Bandwidth antenna lebih kecil dari 1,35.....	37
3.9 . Cara menghubungkan SWR, Transceiver dengan antenna.....	39
4.1 . Medan magnet dan medan listrik pada antenna	40
4.2 . Polarisasi antenna	42
4.3 . Lapisan ionosphere	42
4.4 . Single hop	43
4.5 . Multiple hop.....	43
4.6 . Perambatan ground wave.....	44
4.7 . Perambatan sky wave.....	44
4.8 . Perambatan space wave.....	44
4.9 . Refleksi gelombang radio.....	45
4.10. Refraksi gelombang radio.....	45
4.11. Defraksi gelombang radio.....	45

BAB I.

PERANGKAT RADIO KOMUNIKASI

Komunikasi radio adalah kegiatan telekomunikasi dengan perantara gelombang radio, yang mencakup transmisi, emisi dan atau penerimaan dari gelombang –gelombang radio untuk tujuan telekomunikasi tertentu. Sedangkan perangkat radio adalah sekelompok alat telekomunikasi yang memungkinkan penyelenggaraan kegiatan komunikasi radio. Adapun perangkat komunikasi terdiri dari :

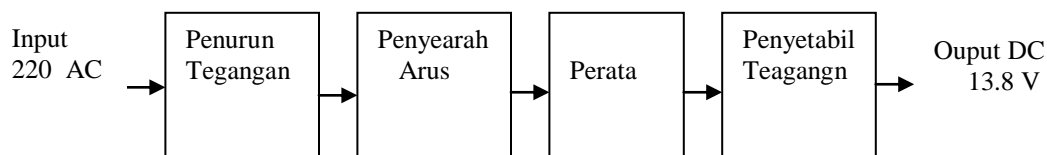
1. Sumber tenaga (Power Supply Unit)
2. Pemancar (Transmitter / TX)
3. Penerima (Receiver / RX)
4. Antena



Gambar 1.1. Perangkat Radio Komunikasi

1.1. Sumber Tenaga / Power Supply

Power supply atau sumber tenaga yang digunakan untuk perangkat komunikasi radio adalah sumber arus searah, karena perangkat menggunakan komponen-komponen elektronik yang terbuat dari bahan semikonduktor. Sumber tenaga untuk perangkat radio komunikasi umumnya 13.8 Volt, untuk stasiun bergerak dapat menggunakan accu atau sumber daya kering seperti battery kering. Sedangkan pada stasiun tetap , biasanya kita gunakan power supply yang dihubungkan langsung ke PLN yang lebih dikenal sebagai Adptor , yaitu alat yang mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) . Blok diagram dari suatu adaptor atau power supply seperti tampak pada gambar berikut :



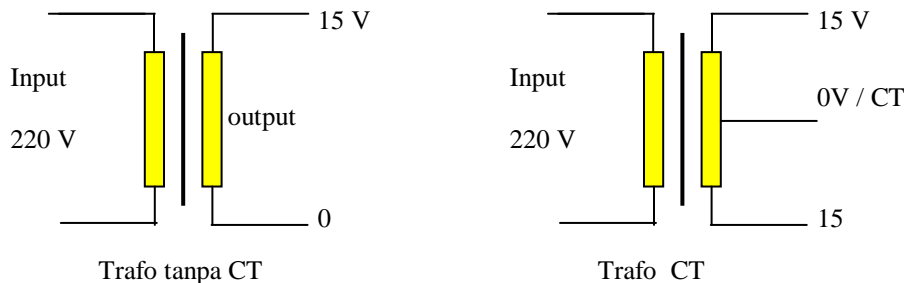
Gambar 1.2. Blok diagram power supply

Fungsi masing-masing blok : PenurunTegangan

Untuk menurunkan tegangan, digunakan transformator step-down dari 220 V menjadi 12 – 14 V.

Tranformator atau trafo terdiri dari inti yang terbuat dari lembaran-lembaran plat besi lunak atau baja silikon yang diklem jadi satu; Belitan dibuat dari tembaga yang cara membelitkannya pada inti dapat konsentris atau spiral; Bushing atau terminal untuk menghubungkan rangkaian dalam trafo dengan rangkaian luar. Trafo itu sendiri dapat digunakan juga sebagai penaik tegangan.

Sedangkan prinsip kerja trafo berdasarkan induksi elektromagnet, yaitu bila sisi primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, maka fluks bolak-balik akan dibangkitkan pada inti, fluks tersebut akan melingkar dan menghubungkan belitan kawat primer dengan belitan kawat sekunder, sehingga pada sisi sekunder akan timbul tegangan induksi.



Gambar 1.3. Trafo tanpa CT dan dengan CT

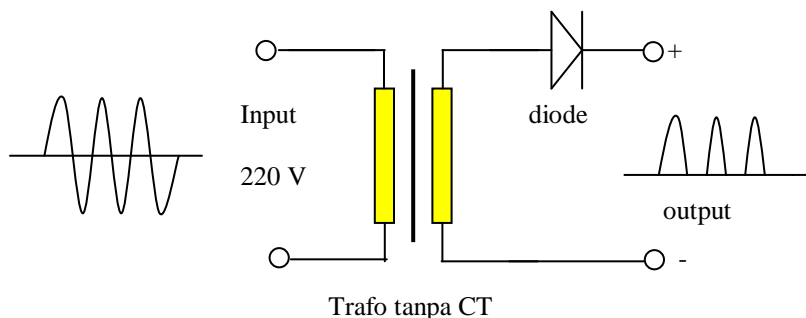
Penyearah Arus

Komponen yang digunakan sebagai penyearah adalah diode, yaitu bahan semikonduktor yang hanya dapat mengalirkan arus ke satu arah saja. Dilihat dari bentuk gelombang, penyearah ada dua yaitu :

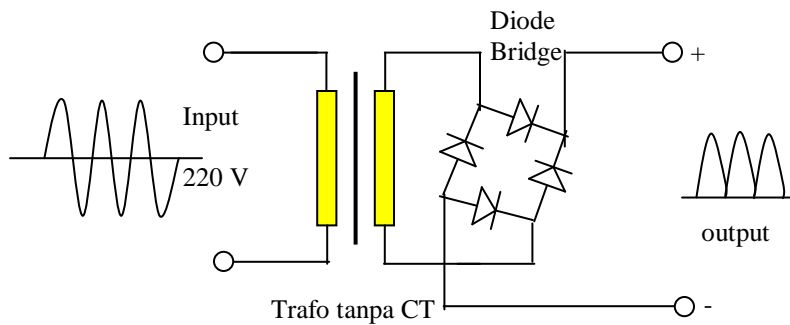
- Penyearah setengah gelombang
- Penyearah gelombang penuh.

Dan untuk penyearah gelombang penuh ada dua jenis, yaitu :

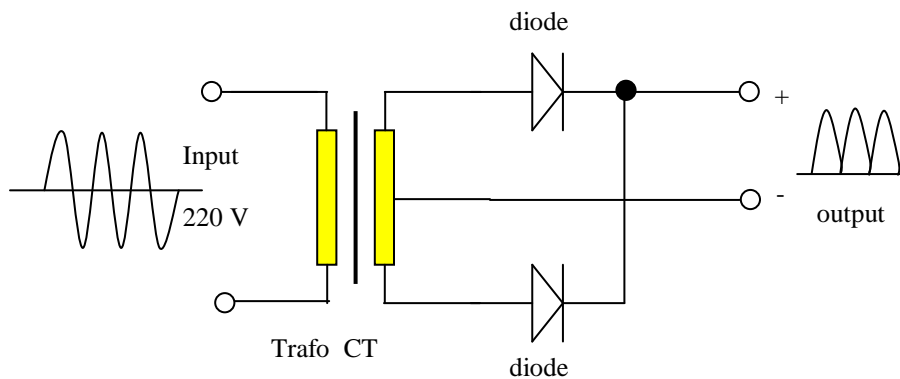
- Penyearah dengan menggunakan dua buah diode dan trafo dengan center tap
- Penyearah dengan menggunakan empat buah diode, trafo tanpa center tap



Gambar 1.4. Penyearah Setengah Gelombang



Gambar 1.5. Penyearah Gelombang Penuh dengan Diode Bridge



Gambar 1.6. Penyearah Gelombang Penuh dengan dua Diode (CT)

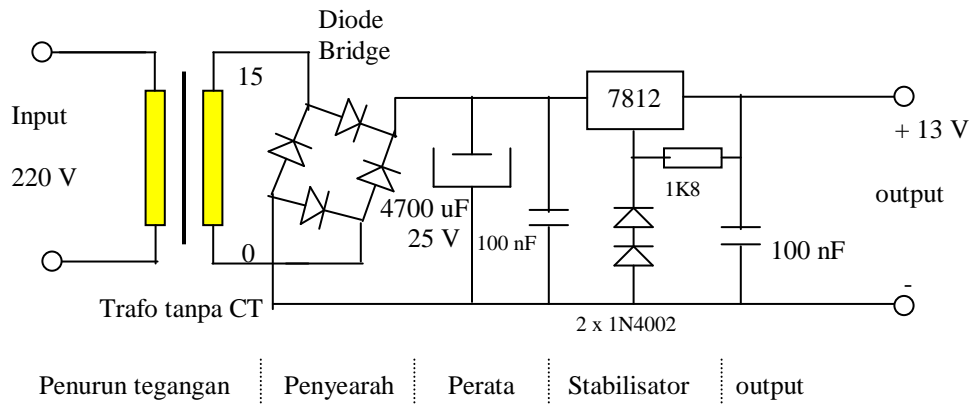
Perata

Komponen yang digunakan sebagai perata arus, setelah disearahkan oleh diode adalah kondensator elektrolit, yaitu kondensator dengan dielektrikum elektrolit (cair), dan memiliki polaritas pada kaki atau elektrodanya. Sifat kondensator adalah menyimpan listrik dan untuk pengisian dan pengosongan muatan pada kondensator memerlukan waktu tertentu.

Stabilisator

Setelah arus disearahkan dan diratakan, perlu diberikan suatu rangkaian untuk membuat tegangan sesuai yang kita kehendaki dan tegangan tersebut harus stabil. Untuk stabilisator banyak sekali ragamnya, dapat menggunakan diode zener dan transistor atau dengan menggunakan IC regulator seperti keluarga 78XX misalnya 7812 yang mempunyai output 12 Volt. Sebagai contoh, seperti tampak pada rangkaian berikut

Dengan menggunakan IC 7812 dengan tambahan dua buah diode akan mendapatkan output 13 Volt dengan arus maksimum 1 Ampere. Rangkaian ini dapat digunakan untuk sumber arus Handy Talky (HT) 2 m.

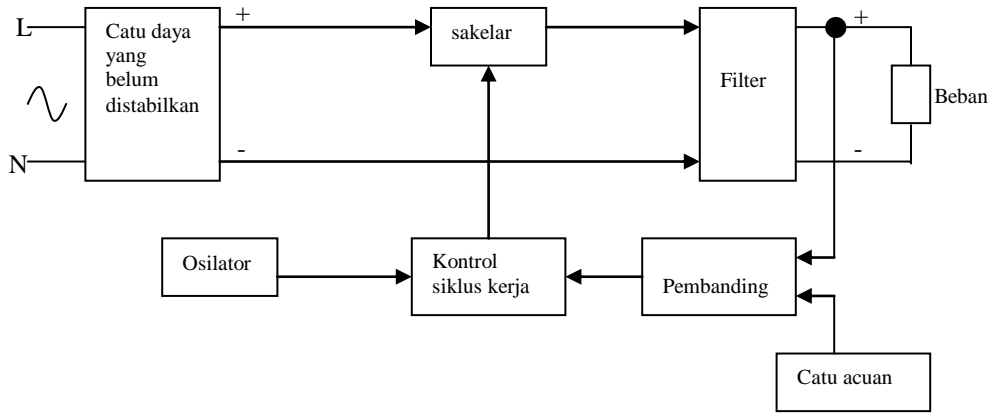


Gambar 1.7. Power supply 13 Volt

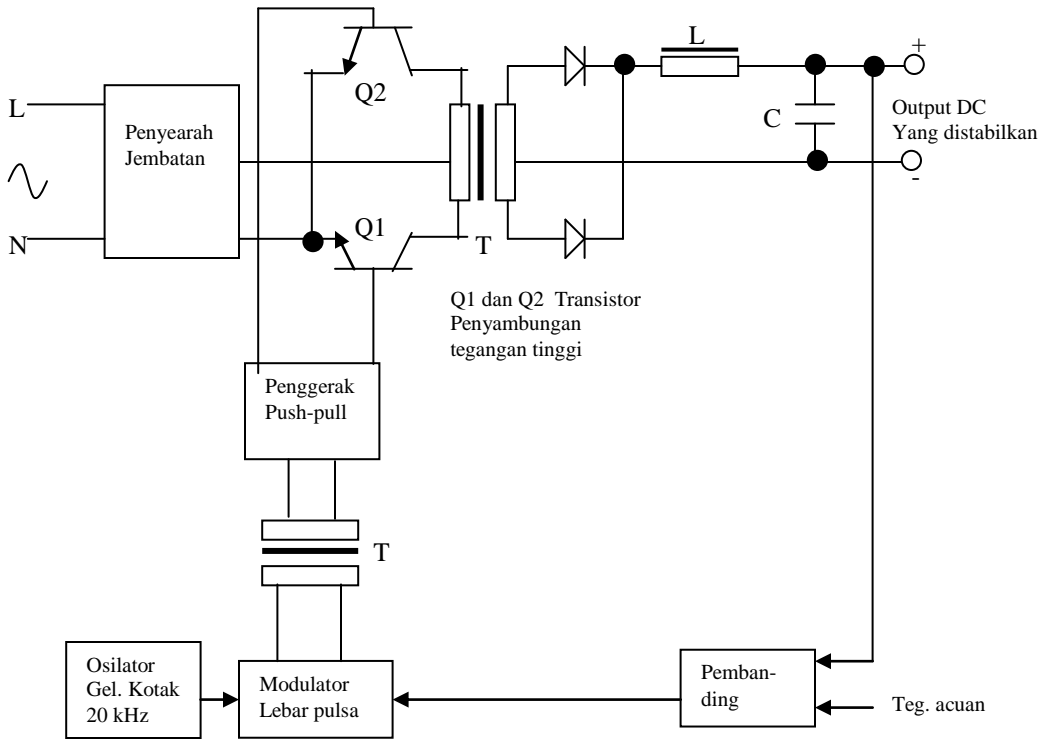
1.2. Power supply switching

Jenis power supply yang lain adalah switching power supply. Ada dua variasi utama dari jenis ini. Pada jenis pertama, transistor penyambungan cepat digunakan sebagai elemen kontrol dalam regulator. Transistor ini disambung on dan off pada frekuensi di atas frekuensi audio (biasanya 20 kHz). Tegangan keluaran dc setelah diperhalus dengan tipis lulus-bawah (low pass filter) di kontrol dengan mengubah-ubah perbandingan mark (isi) terhadap space (spasi) dari sinyal penyambungan. Teknik ini dikenal sebagai penyambungan sekunder. Sinyal kesalahan yang dibangkitkan dengan cara membandingkan keluaran dc terhadap lebel acuan dipakai untuk mengontrol siklus kerja (duty cycle) dari osilator yang dijalankan secara bebas. Keuntungan rangkain jenis ini ialah berkurangnya pembuangan panas pada transistor seri, dengan demikian menaikkan efesiensi regulator .

Bentuk lain dari switching power supply, dengan memakai prinsip penyambungan primer (primary swithcing) . Setelah penyearahan dan penghalusan, disambung pada frekuensi tinggi . Dengan metode ini trafo yang menyertai transistor penyambung (switching transistor) bisa jauh lebih kecil bila dibandingkan trafo 50 Hz yang besar yang diperlukan dalam catu daya konvensional. Regulasi diperoleh sekali lagi dengan mengubah-ubah siklus kerja penyambungan transistor. Tentu saja harus ditambahkan rangkaian penindas RF untuk mengurangi percikan (spike) penyambungan yang bila tidak ditindas akan masuk lagi ke dalam catu jala-jala. Jenis ini memberikan keuntungan yang besar dalam hal efesiensi, pengurangan rugi-rugi panas, serta pengurangan volume keseluruhan. Sekalipun demikian dia tidak memiliki keandalan regulasi seperti yang dapat dilakukan dalam rangkaian linier. Saat ini jensi switching banyak digunakan dalam sistem yang memerlukan arus besar pada tegangan rendah. Seperti pada mesin-mesin industri , dimana power supply untuk card-card elektronik sebagian besar menggunakan power supply jenis switching, karena bentuknya yang simpel, walaupun untuk arus yang besar .



Gambar 1.8. Switching mode penyambungan



Gambar 1.9. Regulator mode penyambungan

BAB II .

PEMANCAR DAN PENERIMA

Pemancar Radio

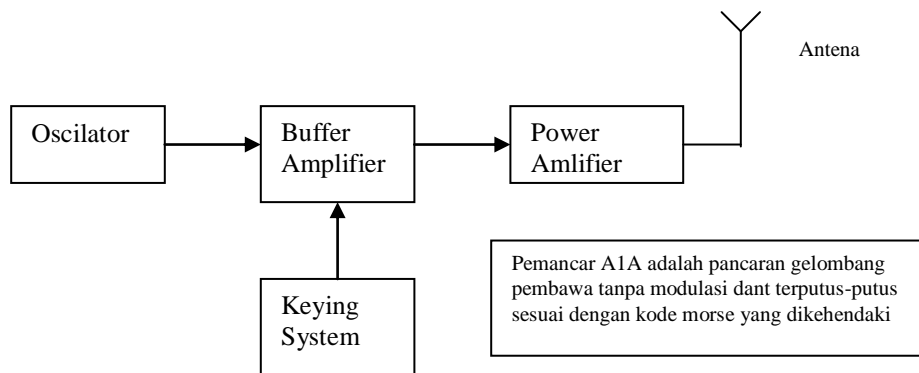
Pemancar radio atau transmitter (TX) adalah alat yang berfungsi untuk membangkitkan gelombang radio pada frekuensi tertentu dan sekaligus memancarkan gelombang radio melalui antena ke udara dan menyebar sesuai dengan polarisasinya . Jenis pemancar tergantung bagaimana cara memodulasinya, yaitu proses penumpangan sinyal informasi (frekuensi audio) pada frekuensi pembawa.

Adapun jenis pemancar yang banyak digunakan pada masyarakat, antara lain pemancar AM (Amplitudo Modulation) dan Pemancar FM (Frequency Modulation) .

2.1. Pemancar AM (Ampludo Modulation)

Pemancar radio dengan modulasi amplitudo dibedakan berdasarkan kelas emisinya, yaitu kelas emisi A1A, A2A, A3E dan J3E . Kelas emisi A1A, A2A dan J3E lebih banyak digunakan dalam komunikasi, sedangkan kelas emisi A3E disamping untuk komunikasi juga untuk siaran .

2.1.1. Blok diagram pemancar kelas A1A (Telegrafi tanpa nada)



Gambar 2.1. Pemancar A1A

Fungsi masing-masing blok :

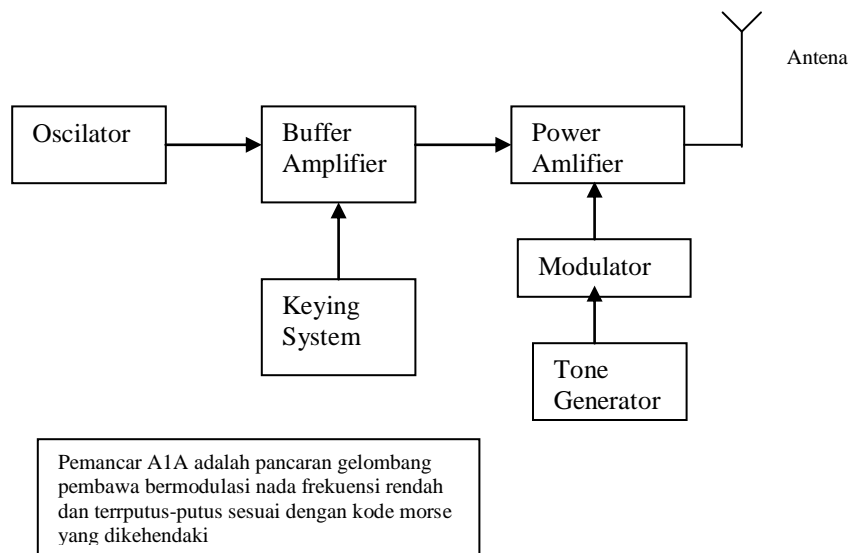
1. Oscilator

Adalah suatu rangkaian elektronika atau rangkaian radio, yang gunanya untuk membangkitkan getaran listrik frekuensi tinggi dan tetap yang nantinya dipergunakan sebagai gelombang pembawa (carrier) .

Getaran listrik yang dihasilkannya masih lemah dan mudah terpengaruh oleh perubahan beban, penguat berikutnya, karena itu perlu dipasang penyangga (buffer) .

2. Buffer Amplifier
 - a. Untuk melindungi oscilator agar frekuensi hasil getarannya tetap / stabil tidak terpengaruh oleh Perubahan beban penguat tenaga berikutnya .
 - b. Untuk memperkuat intensitas getaran oscilator untuk dipergunakan sebagai input pada penguat berikutnya (Poer Amplifier / PA) .
3. Power Amplifier (Penguat Daya)
Untuk memperkuat getaran listrik yang dihasilkan dari rangkaian penyangga sesuai dengan kebutuhan daya yang diinginkan .
4. Keying system (Breaking system / Kunci Ketok)
Sistem pemutus getaran listrik frekuensi tinggi sesuai dengan kode morse yang dikehendaki .

2.1.2. Blok diagram Pemancar Kelas A2A (Telegrafi dengan nada)



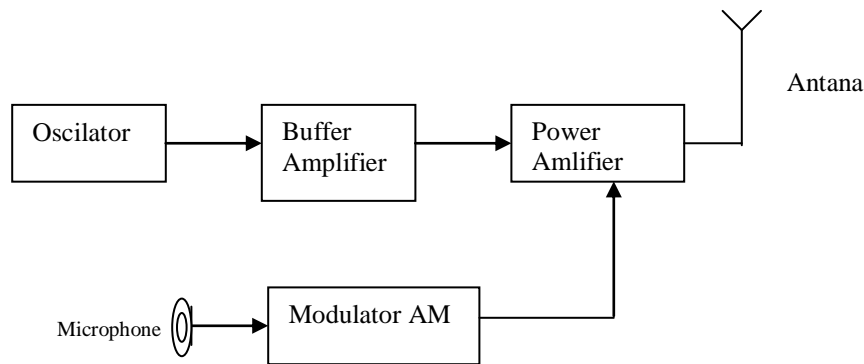
Gambar 2.2. Pemancar A1A Dengan tone

Fungsi masing-masing bagian :

1. Oscilator sebagai pembangkit frekuensi tinggi .
2. Buffer / penyangga berfungsi sebagai penguat sekaligus menjaga oscilator supaya tidak terpengaruh oleh beban .
3. Keying system sama dengan keying system pemancar kelas A1A
4. Power Amplifier
Untuk memperkuat intensitas dari buffer amplifier dan modulator sesuai dengan daya yang diinginkan.

5. Modulator
Terdiri dari satu tingkat penguat audio atau lebih, yang berfungsi untuk memperkuat sinyal nada dari pembangkit nada (tone generator) agar sebanding dengan intensitas getaran listrik gelombang pembawa pada power amplifier. Sekaligus digunakan untuk memodulasikan getaran nada tersebut dengan sistem AM pada Power Amplifier .
6. Tone Generator
Adalah rangkaian pembangkit nada frekuensi rendah .
7. Antena
Untuk merubah getaran listrik frekuensi tinggi dari penguat daya (PA) menjadi getaran radio atau gelombang radio dan memancarkannya ke udara .

2.1.3. Blok diagram Pemancar Kelas A3E (Telephoni Double Side Band / DSB)



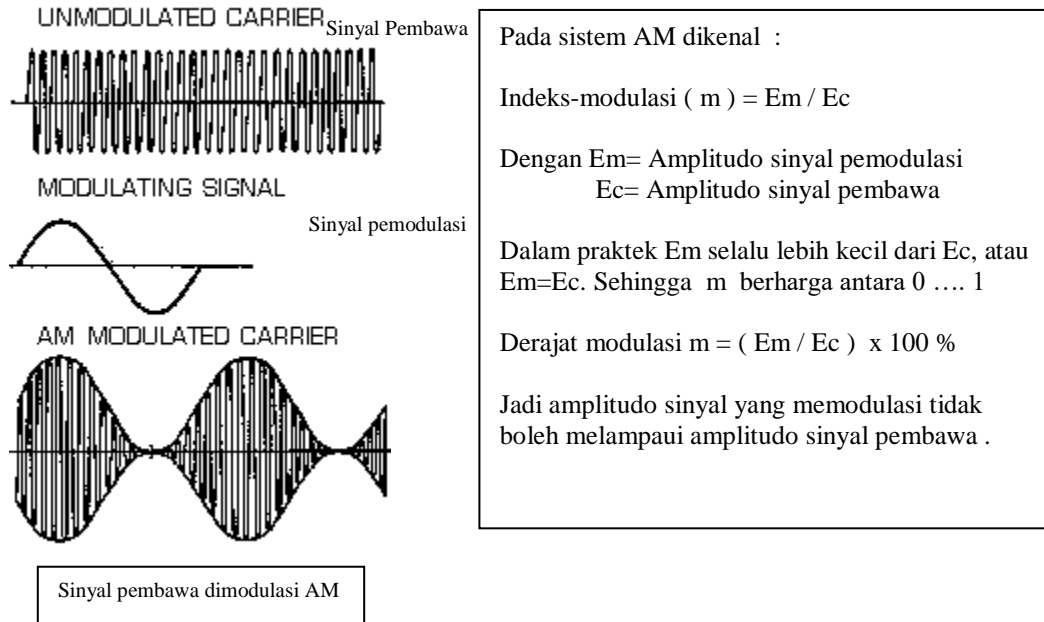
Gambar 2.3. Pemancar A3E

Fungsi masing-masing bagian :

1. Oscillator sebagai pembangkit frekuensi tinggi .
2. Buffer / penyangga berfungsi sebagai penguat sekaligus menjaga oscillator supaya tidak terpengaruh oleh beban .
3. Power Amplifier
Untuk memperkuat intensitas dari buffer amplifier dan modulator sesuai dengan daya yang diinginkan.
4. Modulator
Terdiri dari satu tingkat penguat audio atau lebih, yang berfungsi untuk memperkuat sinyal nada dari pembangkit nada (tone generator) agar sebanding dengan intensitas getaran listrik gelombang pembawa pada power amplifier. Sekaligus digunakan untuk memodulasikan getaran nada tersebut dengan sistem AM pada Power Amplifier . (Tempat terjadinya proses modul
5. Microphone
Mengubah getaran suara menjadi getaran listrik frekuensi rendah , yang selanjutnya dihubungkan ke rangkaian penguat yang berfungsi sebagai modulator .
6. Antena
Untuk merubah getaran listrik frekuensi tinggi dari penguat daya (PA) menjadi getaran radio atau gelombang radio dan memancarkannya ke udara .

Pemancar A3E adalah pancaran gelombang radio yang bermodulasi dengan gelombang informasi dengan sistem AM. Jenis pemancar ini banyak digunakan untuk pemancar radio komersial jalur MW dan SW.

2.1.4. Amplitudo Modulasi



Gambar 2.4. Bentuk gelombang FM dan AM

Daya yang ada pada sinyal pembawa f_c akan naik, apabila sinyal itu kemudian di-modulasi. Daya tambahan ini terdapat didalam frekuensi-frekuensi sampingnya. Bila derajat modulasi $m = 100 \%$, maka sebagian daya total terkandung didalam sinyal pembawa, sedangkan yang sebagian ada didalam jalur –samping- atas dan jalur-samping-bawah.

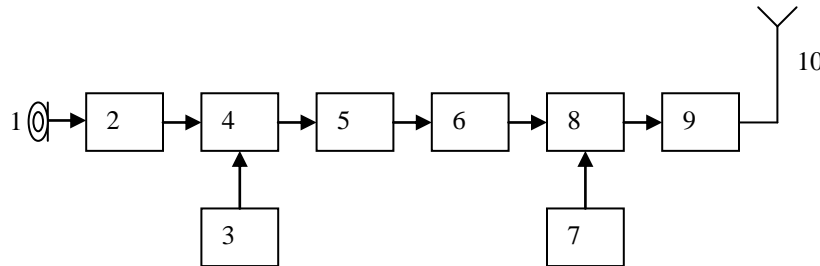
Contoh : Pemancar memancarkan daya 100 W. Sinyal pembawa di-modulasi dengan $m = 100\%$.

Maka dalam sinyal pembawa terkandung daya 50 Watt. Pada frekuensi-samping-atas terkandung daya 25 Watt; pada frekuensi-samping-bawah terkandung 25 Watt .

Jadi Amplitudo Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi pada sinyal pembawa dimana amplitudonya berubah-ubah sebanding dengan sinyal yang memodulasi (sinyal informasi).

2.1.5. Blok diagram Pemancar Kelas J3E (Single Side Band / SSB)

Saat ini komunikasi pada jalur HF semakin ramai, sehingga diperlukan jarak antar sinyal yang lebih dekat dalam spektrum. Sistem jalur sisi-tunggal (single sideband system), yang hanya memerlukan setengah dari lebar jalur sebuah sinyal AM biasa dan dengan demikian juga daya yang jauh lebih kecil, karena itu sistem ini banyak digunakan. Pada sistem AM , semua informasi modulasi yang perlu untuk transmisi sinyal dan diperolnya kembali sinyal tersebut terdapat pada msing-masing jalursisi dari dari suatu sinyal yang dimodulasi-amplitudo.



Pancaran J3E/SSB adalah pancaran gelombang pembawa yang bermodulasi dengan gelombang informasi dengan sistem AM, dimana gelombang pembawa dan salah satu side band tidak turut dipancarkan (yang dipancarkan hanya salah satu side band saja .

Gambar 2.5. Blok diagram Pemancar J3E

Fungsi masing-masing bagian :

1. Microphone
Menerima getaran gelombang informasi berupa suara dan mengubahnya menjadi gelombang getaran tegangan listrik dengan frekuensi audio, intensitas tegangan listrik ini umumnya masih lemah, maka perlu adanya penguat depan (pre-amplifier) pada tingkat berikutnya .
2. AF pre amplifier / Limiter / Clipper Amplifier
Tegangan listrik keluaran dari microphone masih lemah, sehingga perlu dikuatkan . Pada rangkaian ini disamping dikuatkan juga dibatasi sehingga tegangan yang dihasilkan tidak melampaui sehingga tidak terjadi over modulasi .
3. MF Oscillator
Sebagai pembangkit frekuensi tinggi , yang digunakan sebagai gelombang pembawa sementara dan disalurkan ke balance / ring modulator .
4. Ring Modulator-I
Untuk memodulasi frekuensi suara dari AF pre-Amplifier / Clipper / Limiter dengan frekuensi dari MF Oscillator . Output dari ring modulator adalah Upper Side Band (USB), Lower Side Band (LSB), gelombang pembawa yang mengalami penekanan (suppressed carrier) . kemudian disalurkan ke bagian Side Band Filter .

5. Side Band Filter
Untuk memisahkan salah satu side band yang dihasilkan oleh ring modulator-1 , misalkan USB atau LSB-nya saja dan getaran hasil side band ini merupakan IF-SSB.
6. IF Amplifier
Untuk memperkuat IF-SSB dan disesuaikan dengan intensitas getaran listrik dari channel Oscilator.
7. Channel Oscilator
Untuk membangkitkan getaran listrik frekuensi tinggi tertentu yang diberikan ke balance modulator-II dan disesuaikan dengan frekuensi IF-SSB. Karena frekuensi pancaran umumnya terdiri dari satu chanel, maka oscilator tersebut merupakan multi chanel dan merupakan getran pelengkap .
8. Second Balance Modulator / Ring Modulator II
Untuk mempertinggi frekuensi IF-SSB agar frekuensi sama sama dengan frekuensi pancaran yang diperlukan.
9. Power Amplifier
Untuk memperkuat getaran dari second balance modulator untuk dipancarkan sesuai dengan kebutuhan pancaran yang dikehendaki .
10. Antena Pemancar
Untuk merubah getaran listrik frekuensi tinggi dari Power Amplifier menjadi getaran radio / gelombang elektromagnetik dan memancarkannya ke udara .

Keuntungan Pancaran SSB:

- Daya pancaran SSB lebih efisien dibandingkan DSB
- Penggunaan lebar-band lebih kecil
- Kerahasiaan informasi lebih terjamin, karena SSB tidak dapat diterima oleh radio umum .

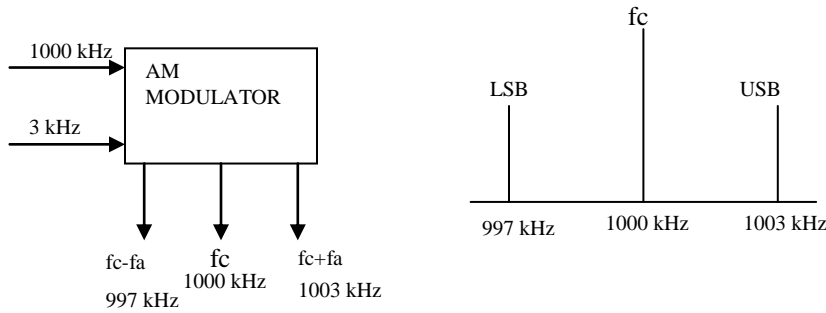
Kerugian Pancaran SSB :

- Pancaran SSB tidak dapat digunakan untuk radio siaran .
- Konstruksi lebih rumit .

Prinsip Pancaran SSB

Suatu gelombang pembawa f_c (1.000 kHz) dimodulasi dengan sistem AM dengan frekuensi audio f_a (3kHz) , maka hasil dari modulasi sitem AM tersebut adalah :

- a. Gelombang pembawa f_c 1.000 kHz dapat dianggap tidak mengalami perubahan intensitas maupun Frekuensinya .
- b. Frekuensi tingu $f_c - f_a$ (997 kHz), disebut Lower Side Band Frequency .
- c. Frekuensi tuinggi $f_c + f_a$ (1003 kHz), disebut Upper Side Band Frequency .

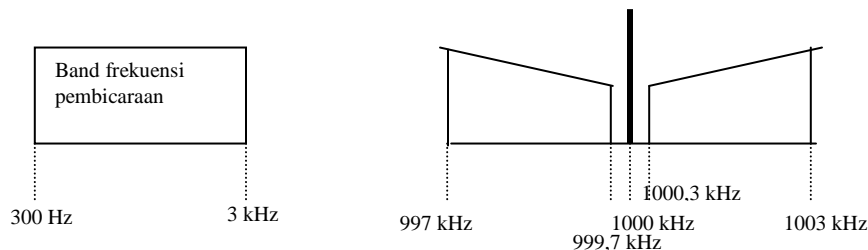


Gambar 2.6. Prinsip dasar pancaran SSB

Ketiga frekuensi tersebut masing-masing berdiri sendiri-sendiri tidak mengikat. Jadi satu dengan yang lainnya dapat dipisahkan .

Pada pancaran teleponi gelombang informasi tidak hanya terdiri dari satu frekuensi atau satu nada , tapi umumnya merupakan pembicaraan . Frekuensi pembicaraan berkisar antara 300 Hz sampai 3 kHz. Jadi jika suatu gelombang pembawa dimodulir dengan gelombang informasi dengan sistem AM, dimana gelombang informasi merupakan suatu pembicaraan, maka hasil proses modulasi adalah :

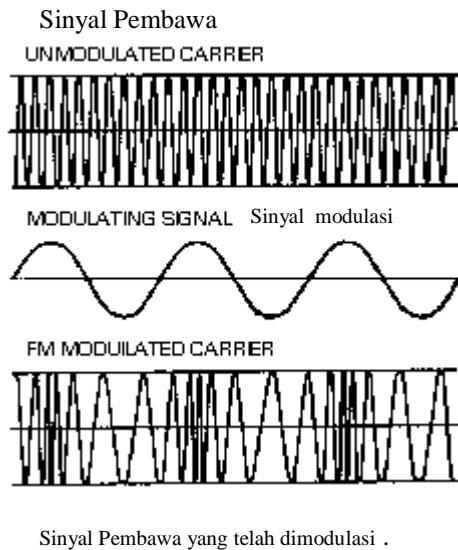
1. Gelombang pembawa yang dapat dianggap tidak mengalami perubahan.
2. Suatu berkas frekuensi tinggi dengan frekuensi dibawah frekuensi gelombang pembawa disebut Lower side Band (LSB). Berkas frekuensi ini dibatasi oleh frekuensi-frekuensi $1000 \text{ kHz} - 300 \text{ Hz}$ dan $1000 \text{ kHz} - 3 \text{ kHz}$.
3. Berkas-berkas frekuensi tinggi yang disebut Upper side Band (USB) , berkas frekuensi ini dibatasi oleh frekuensi-frekuensi $1000 \text{ kHz} + 300 \text{ Hz}$ dan $1000 \text{ kHz} + 3 \text{ kHz}$.



Gambar 2.7. USB dan LSB

Pada proses modulasi sistem AM tersebut tenaga dan frekuensi dari gelombang pembawa (f_c) tidak mengalami perubahan jika kerugian tenaga pada proses tersebut diabaikan. Jadi gelombang pembawa pada proses modulasi ini hanya berfungsi sebagai prasarana modulasi. Jadi berkas frekuensi tinggi USB dan LSB timbul merupakan pada proses modulasi sistem AM.

2.2. Frekuensi Modulasi



Gambar 2.8. bentuk gelombang FM

Dalam sistem AM , frekuensi pembawa dibuat konstan, sedangkan amplitudo sinyal pembawa berubah-ubah sesuai dengan sinyal modulasi.

Dalam sistem Modulasi Frekuensi, naka amplitudonya sinyal pembawa dibuat konstan, sedangkan frekuensinya sinyal pembawa berubah-ubah berbanding dengan amplitudo sinyal yang memodulasi.

Kalau sinyal pemodulasi mengayun kearah positif , frekuensi sinyal pembawa naik dan mencapai maksimum bila sinyal pemodulasi mencapai puncak-puncak positif. Kalau sinyal pemodulasi mengayun kearah negatif, frekuensi sinyal pembawa menurun dan mencapai minimum pada saat sinyal pemodulasi mencapai puncak negatif.

Pada sistem FM, jauhnya ayunan (perubahan) frekuensi sinyal pembawa ditentukan oleh amplitudo sinyal yang memodulasi. Jauhnya penyimpangan maksimum yang dialami oleh frekuensi pembawa disebut deviasi frekuensi (frequency deviation) . Berapa kali-kah frekuensi sinyal pembawa berdeviasi ditentukan oleh frekuensi sinyal yang memodulasi . Jadi tingginya frekuensi dari sinyal yang memodulasi menentukan kecepatan perubahan-perubahan frekuensi sinyal pembawa.

Perbandingan antara deviasi maksimum dari sinyal pembawa dan frekuensi dari sinyal yang memodulasi (sinyal informasi) disebut indeks modulasi :

$$\text{Indeks modulasi} = \text{deviasi (maksimum)} / \text{frekuensi yang memodulasi}$$

$$I_m = df / f_m$$

Contoh : -Pada sistem FM, frekuensi modulasi 500 Hz beramplitudo 2,4 Volt menyebabkan sinyal pembawa berdeviasi 4,8 kHz . Maka indeks modulasinya adalah:

$$I_m = 4,8 \text{ kHz} / 500 \text{ Hz}$$

$$= 9,6$$

Dan deviasi setiap 1 Volt adalah $4,8 / 2,4 = 2 \text{ kHz}$

Kalau amplitudo sinyal modulasi dinaikkan menjadi 7,2 Volt, maka deviasi menjadi $7,2 \times 2 = 14,4 \text{ kHz}$.

Dalam sistem FM dikenal juga istilah Derajat Modulasi (m) , yang juga berbanding lurus dengan amplitudonya sinyal yang memodulasi (f_m) . Sehingga derajat modulasi 100 % adalah deviasi maksimum yang dibolehkan . Pada sistem FM komersial tidak boleh berdeviasi melebihi 75 kHz .

Frekuensi Modulasi Jalur Lebar dan Jalur Sempit

Menurut perjanjian internasional, yang dimaksud dengan Modulasi Frekuensi jalur lebar adalah Modulasi Frekuensi yang indeks-modulasinya secara normal melampaui 1 (satu) . Karena deviasai maksimum yang dibolehkan adalah 75 kHz, sedangkan frekuensi-frekuensi yang memodulasi berkisar antara 30 Hz – 15 kHz, maka indeks modulasi maksimum berkisar antara 5 – 2500. Modulasi Frekuensi jalur lebar diterapkan oleh stasiun-stasiun pemancar komersial (radio hiburan) dan televisi. Makin besar deviasi yang diterapkan, maka desah makin dapat ditindas. Tetapi lebar kanal yang ditempati akan menjadi sangat lebar, dapat mencapai kira-kira 20 kali lebar kanal yang ditempati Modulasi Amplitudo.

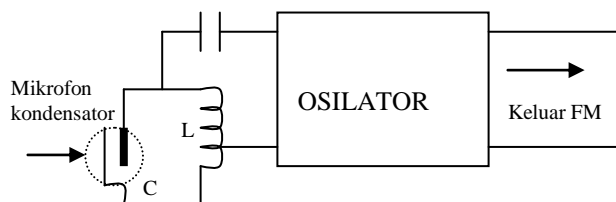
Dalam Modulasi Frekuensi jalur sempit, deviasi mksimum tidak akan melebihi 10 kHz, sedangkan frekuensi yang memodulasi adalah rata-rata 3 kHz, karena itu indeks-modulasinya tidak jauh besar dari 1 (satu) . Modulasi Frekuensi jalur smepit diterapkan dalam jaringan komunikasi mobil, seperti yang dipakai oleh polisi, taksi, ORARI, RAPI . Dalam sistem ini frekuensi audio yang tinggi-tinggi ditindas, tetapi diusahakan agar suara orang masih dimengerti dengan jelas. Maka deviasi maksimum yang masih dibolehkan ada antara 5 atau 10 kHz. Lebar kanal yang ditempati ada kira-kira 15 – 30 kHz saja.

2.3. Cara Pembangkitan Modulasi Frekuensi

Modulasi frekuensi dapat dibangkitkan dengan dua cara, yaitu cara langsung dan cara tidak langsung. Cara langsung adalah dengan jalan mengubah-ubah frekuensi sebuah osilator .

2.3.1. Modulasi Frekuensi Langsung

Cara yang paling sederhana untuk membangkitkan Modulasi Frekuensi adalah sebuah mikrofon kondensator merupakan bagian dari rangkaian LC suatu osilator. Rangkaian LC ini dinalakan pada frekuensi-senter . kalau orang berbicara didepan mikrofon, maka oleh perubahan-perubahan kapasitas yang terjadi, frekuensi resonansi dari LC-pun berubah-ubah. Keluaran osilator akan berupa gelombang-gelombang yang termodulasi secara FM dan deviasi frekuensi ditentukan oleh amplitudo sinyal audio (kuat sinyal yang masuk ke mikrofon) .



Gambar 2.9. Modulasi langsung

Modulator raktans, adalah salah satu cara membangkitkan Modulasi Frekuensi. Seperti kita ketahui, bahwa kondensator mempunyai reaktans sebesar :

$$X_C = 1 / 2\pi f \cdot C \text{ dengan } f = \text{frekuensi dalam Hertz}$$

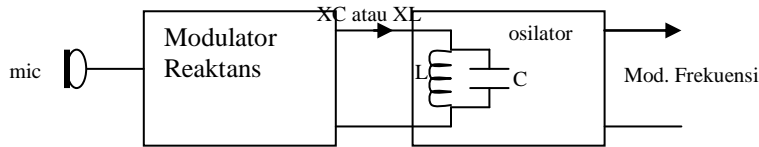
$$C = \text{kapasitas dalam Farad}$$

Dari persamaan diatas kapasitas C dibuat tetap, maka reaktans X_C dapat diubah-ubah dengan mengubah frekuensi.

$$X_L = 2\pi f L \text{ dengan } f = \text{frekuensi dalam Hertz}$$

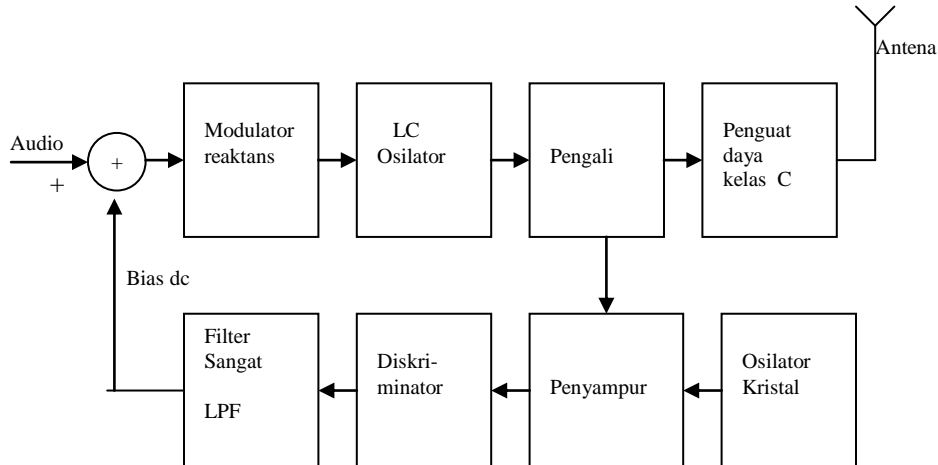
$$L = \text{induktans dalam Henry}$$

Dari persamaan diatas kapasitas L dibuat tetap, maka reaktans X_L dapat diubah-ubah dengan mengubah frekuensi. Mengubah-ubah frekuensi didalam osilator dilakukan dengan jalan mengubah-ubah besarnya reaktans (induksi atau kapasitas) yang ada didalam rangkaian LC osilator. Cara inilah yang diterapkan dalam modulator raktans .



2.3.2. Pemancar FM yang Dimodulasi Langsung

Modulasi frekuensi langsung dapat menggunakan cara-cara tersebut diatas. Deviasi frekuensi puncak dibuat tetap kecil , dan sinyal yang dimodulasi dari osilator kemudian diteruskan ke sebuah rangkaian pengali frekuensi yang menaikkan frekuensi keluaran ke frekuensi pembawa yang dikehendaki diteruskan ke penguat daya yang selanjutnya diteruskan ke antena , antena akan memancarkan gelombang radio ke udara . Dengan dihilangkannya tingkat-tingkat pengali, modulasi frekuensi langsung pada frekuensi pembawa akhir memang dapat digunakan, tetapi menimbulkan suatu pertentangan , yaitu antara diperlukannya, deviasai frekuensi yang cukup dan keharusan mempertahankan kestabilan frekuensi yang tinggi. Osilator-ossilator kristal dapat langsung dimodulasi frekuensi karena frekuensi kristal dapat digeser sedikit, tetapi memerlukan suatu faktor perkalian frekuensi yang tinggi untuk mendapatkan deviasi-deviasi akhir yang dapat digunakan. Walaupun demikian, modulasi frekuensi langsung diggunakan juga untuk FM jalur sempit yang hanya memakai deviasi-deviasi relatip kecil.



Gambar 2.10. Blok diagram Pemancar FM

Bila suatu sinyal FM dilewatkan melalui rangkaian pengali frekuensi seperti misalnya sebuah penguat kelas C yang keluarannya ditala pada harmonisa kedua atau ketiga, bukan hanya frekuensi pembawa saja yang akan dikalikan, tetapi juga deviasi frekuensinya. Perbandingan perkalian akan sama dengan angka harmonisa terhadap keluaran yang ditala. Perbandingan antara perkalian frekuensi dan konversi ke atas seperti yang diperoleh dengan penyempurnaan adalah penting dalam operasi sistem FM.

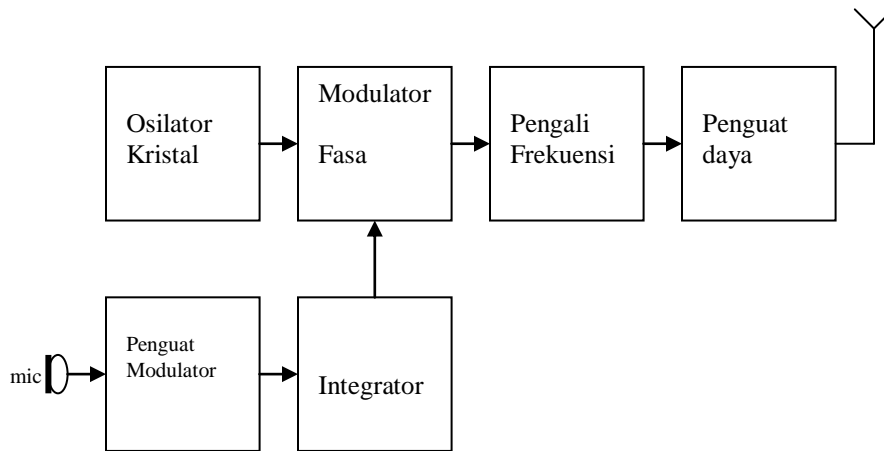
Rancangan modulasi frekuensi langsung tidak mampu untuk memenuhi persyaratan tentang kestabilan frekuensi bila osilator utama hanya sebuah osilator LC. Karena itu kestabilan diperbaiki dengan suatu rangkaian AFC (Automatic Frequency Control). Suatu sampel (contoh) dari sinyal keluaran akhir dicampur dengan sinyal dari suatu osilator kristal yang stabil. Suatu rangkaian diskriminator membangkitkan suatu tegangan yang sebanding dengan frekuensi selisih ini. Ini juga mengandung sinyal modulasi, dan sebuah filter low-pass digunakan untuk menghilangkan ini, sehingga hanya meninggalkan suatu tingkat dc yang berubah-ubah yang sebanding dengan selisih antara frekuensi pembawa dan osilator. Tegangan ini ditambahkan ke sinyal audio modulasi dan dimasukkan ke modulator reaktans dengan cara sedemikian sehingga membetulkan setiap penyimpangan pada frekuensi osilator utama. Perolehan dari rantai loop umpan-balik frekuensi ditentukan oleh konstanta perkalian frekuensi dan perolehan-perolehan modulator dan diskriminator. Harus dijaga dengan baik bahwa rantai umpan-balik adalah stabil, jika tidak, dapat terjadi osilasi pada frekuensi-frekuensi modulasi.

Penguat daya kelas C dapat digunakan untuk pemancar-pemancar FM, karena setiap perubahan-perubahan kecil pada amplitudo sinyal FM biasanya pada rangkaian-rangkaian penerima dihapuskan oleh penguat-penguat pembatas (limiting amplifier). Lagi pula, penguat-penguat tersebut tidak mempunyai pengaruh penting apapun pada modulasi itu sendiri, sedangkan interferensi kebisingan banyak berkurang. Hasilnya ialah bahwa pemancar FM adalah jauh lebih efisien daripada suatu pemancar AM.

2.3.3. Pemancar FM yang Dimodulasi Tidak Langsung

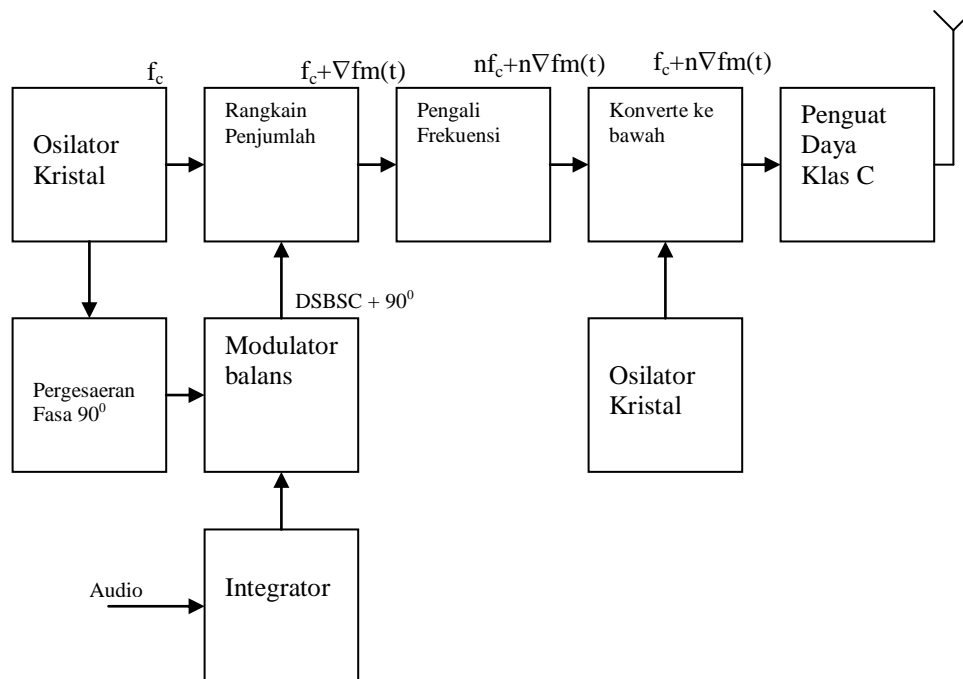
Modulasi fasa dapat digunakan untuk mendapatkan modulasi frekuensi dengan metode tidak-langsung. Hanya diperlukan integrasi sinyal modulasi sebelum memasukkannya ke modulator fasa, sedangkan modulasi fasa didapatkan dari beberapa

cara pembangkitan sinyal FM seperti yang diterangkan diatas. Pemancar ini banyak sekali digunakan dalam peralatan telepon radio VHF dan UHF .Blok diagram pemancar seperti gambar berikut ini .



Gambar 2.11. Blok diagram Pemancar FM tidak langsung

Sebuah metode tidak-langsung yang sangat banyak digunakan ialah metode Armstrong, di mana modulasi frekuensi didapatkan dari suatu gabungan DSBSC dan modulasi fasa. Seperti blok diagram berikut ini .



Gambar 2.12. Blok diagram Pemancar DSBSC

Sumber pembawa adalah sebuah kristal dengan suatu frekuensi yang mudah untuk ditangani dalam modulator-modulator dan biasanya cukup rendah, misalnya 100 kHz, karena perlunya beberapa tahap perkalian frekuensi. Suatu sampel dari pembawa dipisahkan dan digeser 90 derajat sebelum dilewatkan ke sebuah modulator balans. Audio diteruskan lewat sebuah rangkaian integrator sebelum dimasukkan ke modulator. Keluaran modulator balans diperkecil amplitudonya sehingga menjadi sangat kecil dibandingkan dengan keluaran osilator. Keluaran ini adalah jumlah phasor dari kedua jalur sisi, tanpa pembawa dan digeser fasenya 90 derajat terhadap osilator. Bila jalur sisi-jalur sisi ditambahkan pada keluaran osilator, terjadilah modulasi fasa $m = E_m / E_c$. Persamaan ini menunjukkan bahwa fasa m sebanding dengan sinyal DSB, yang berarti sebanding dengan sinyal modulasi dan diintegrasikan dan menghasilkan modulasi frekuensi ekuivalen. Gelombang mempunyai deviasi frekuensi yang sangat kecil pada titik ini, dan harus ditingkatkan sebelum ditransmisikan. Hal ini dilakukan dengan melewati sinyal FM melalui serangkaian penguat pengali frekuensi sehingga deviasinya menjadi cukup besar. Kemudian sinyal dikonversikan ke atas atau ke bawah sampai pada frekuensi pancaran terakhir dan dipakai untuk mendorong sebuah penguat daya kelas C.

2.4. Pemancar FM untuk siaran

Persyaratan utama untuk siaran FM ialah “fidelity” (suara mendekati aslinya) yang sangat baik, karena siaran utama adalah musik. Modulasi frekuensi dalam beberapa cara berfungsi untuk memperbaiki fidelity ini. Pertama, karena siaran FM terjadi pada jalur VHF dari 88 MHz sampai 108 MHz, dapat digunakan jalur dasar (baseband) yang jauh lebih lebar. Lebar jalur dasar utama yang sekarang banyak digunakan ialah 50 Hz sampai 15 kHz, dengan deviasi maksimum yang diizinkan sebesar 75 kHz. Jarak antar saluran adalah 200 kHz dan keluaran-keluaran daya yang dipakai dapat mencapai hingga 100 kW.

Pada awalnya, pemancar siaran FM masih merupakan FM mono saluran-tunggal. Tetap saat ini hampir semua stasiun-stasiun FM memancarkan program stereo dua saluran atau nantinya bahkan stereo empat saluran. Pemancar yang digunakan dari jenis Armstrong, dengan deviasi-deviasi permulaan dibuat kecil untuk membatasi distorsi modulasi, dan banyak digunakan tingkat-tingkat perkalian frekuensi untuk membawa deviasi ke tingkat yang diperlukan pada keluaran. Untuk menyediakan keluaran daya yang diperlukan, digunakan sebuah penguat kelas C paralel push-pull. Pada tingkat ini digunakan tabung-tabung vakum yang didinginkan dengan cara tertentu.

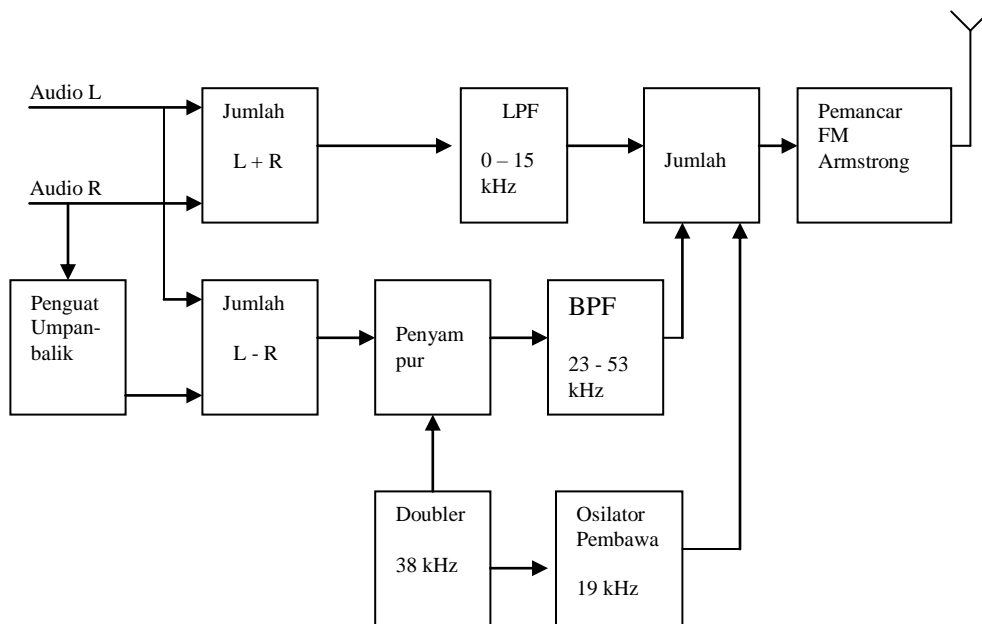
Perbedaan utama antara sistem-sistem FM yang telah dibicarakan di atas adalah terletak pada komposisi dari sinyal audio yang disajikan ke modulator. Ini adalah sinyal terpadu yang membawakan beberapa sinyal. Pada sistem pemancar FM mono, hanya satu saluran saja yang diperlukan, dan saluran audio tunggal itu langsung dihubungkan ke masukan modulator. Harus diadakan kompensasi penuh untuk memberikan fidelity yang baik dalam jalur dari 50 Hz sampai 15kHz.

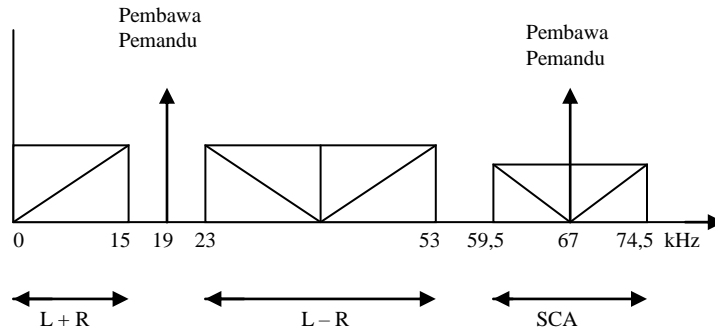
Pada sistem pemancar FM stereo dipancarkan dua saluran dengan cara berikut. Kedua saluran audio tidak hanya dimultipleks-pembagian-frekuensi sebelum dimodulasi. Mula-mula keduanya dicampur untuk memberikan dua buah sinyal yang baru., yang satu diantaranya adalah suatu sinyal mono yang balans (seimbang). Yang pertama adalah

jumlah dari dua saluran-saluran masukan, dan yang kedua adalah selisihnya, saluran jumlah langsung dimodulasikan pada bagian jalur dasar (baseband) antara 50 Hz sampai 15 kHz. Sinyal selisih dimodulasi DSBSC pada kedudukan (slot) 23-53 kHz di sekitar suatu pembawa pada 38 kHz. Sebuah pembawa pemandu (pilot carrier) pada 19 kHz juga dipancarkan. Sinyal jumlah dari bagian audio dari jalur dapat didemodulasi oleh sebuah penerima FM mono untuk memberikan penerimaan mono biasa. Sebuah penerima dengan demodulator stereo juga dapat mengambil kembali sinyal selisih, dan menggabungkan keduanya untuk menghasilkan sinyal-sinyal saluran L dan R (L=left, kiri ; R=right,kanan).

Saluran-saluran L dan R dijumlahkan dan diteruskan lewat filter 15 kHz low-pass untuk membentuk bagian mono dari sinyal jalur dasar. Saluran R dibalikkan (inverted) dan kemudian ditambahkan ke sinyal L untuk mendapatkan sinyal selisih L-R. Sinyal ini dimodulasi DSBSC pada pembawa 38 kHz oleh sebuah modulator balans, dan diteruskan lewat sebuah filter bandpass 23-53 kHz. Untuk menghilangkan setiap komponen sinyal yang tidak diinginkan. Kedua jalur saluran pembawa pemandu 19 kHz ditambahkan bersama untuk menghasilkan sinyal jalur dasar akhir. Sinyal terpadu (composite) akhir ini diserahkan ke masukan modulator dari pemancar FM.

Sebuah saluran tambahan sering dimodulasikan pada pembawa yang sama untuk pelayanan ke usaha-usaha komersial, seperti misalnya musik untuk gudang-gudang dan bangunan-bangunan umum. Saluran ini dibatasi pada lebar jalur sinyal sebesar 7,5 kHz dan dimultipleks agar terletak pada daerah dari 53 sampai 75 kHz dengan pembawa pemandu pada 67 kHz. Saluran tambahan tidak sedikitpun mengganggu siaran biasa. Frekuensi jalur sisi ditunjukkan pada gambar berikut.





Gambar 2.13. menunjukkan diagram blok dari rangkaian-rangkaian penyampur pramodulasi.

2.5. Prinsip Pesawat Penerima

Fungsi pesawat penerima adalah untuk menerima pancaran gelombang radio yang pada umumnya masih lemah. Setelah mengalami proses-proses penguatan dan proses-proses lainnya dari penerimaan tersebut dapat diambil sinyal informasinya. Sinyal informasi pada pesawat penerima radio masuk dalam bentuk sinyal listrik, yang selanjutnya diproses menjadi beberapa jenis sinyal informasi dan beberapa jenis bentuk sinyal misalnya gambar-gambar, grafik dan bentuk data lainnya seperti faximile.

Kualitas suatu pesawat penerima ditentukan oleh :

- Kepekaan (Sensitivitas)
- Dayapilah (Selektivitas)
- Mendekati suara asli / kesetiaan (fidelity) untuk radio hiburan .

Disamping tiga hal tersebut, karakteristik lainnya yang menentukan kualitas adalah :

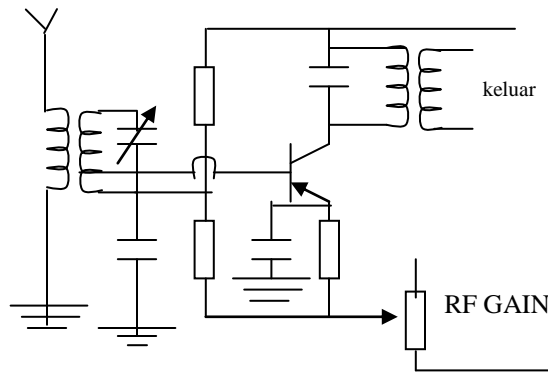
- Tarap dengung (hum level)
- Taraf desah (noise level)
- Daya keluaran maksimum yang tak cacat (maximum undistorted power output)
- Bandangan bayangan (image ratio) –kemampuan untuk menindas frekuensi-frekuensi cermin
- Bicara silang (cross-talk)
- Dan lain-lain

Namun untuk penerima telekomunikasi, faktor yang utama adalah sensitivitas dan selektivitas pesawat penerima.

2.5.1. Sensitivitas Pesawat Penerima

Sensitivitas merupakan ukuran peka atau tidaknya pesawat penerima ialah kemampuan suatu pesawat penerima untuk menerima masukan (input) gelombang radio dengan intensitas yang sekecil-kecilnya tetapi masih dapat memberikan hasil (output, yaitu sinyal informasi) yang masih cukup besar dibandingkan tegangan internal noisnya. Artinya internal noisnya belum melampau harga tertentu. Sinyal informasi yang masih jelas untuk dibaca (kode morse) atau didengar (suara percakapan) minimum 3 dB, kira-kira 50% (Noise to Signal Ratio Minimum).

Sensitivitas pesawat penerima diukur dalam mikro-Vol (μV). Sebagai contoh suatu pesawat penerima $0,25 \mu\text{V}$ artinya jika pada rangkaian masukan pesawat penerima tersebut menangkap gelombang radio (RF) dengan intensitas $0,25 \mu\text{V}$ atau lebih besar dari itu, pesawat penerima masih mampu memberikan sinyal informasi yang cukup jelas untuk dibaca (didengar) . Dan jika intensitas kurang dari $0,25 \mu\text{V}$ maka sinyal informasi sulit untuk dimengerti /dibaca/didengar . dan untuk meningkatkan sensitivitas penerimaan kadang-kadang suatu pesawat penerima ditambahkan rangkaian penguat RF , khususnya pada penerima radio komunikasi. Sedangkan pada radio penerima untuk hiburan hal ini tidak diperlukan, karena sinyal yang dipancarkan oleh pemancar cukup kuat, dan umumnya berada dalam kota dan jumlah pemancar banyak .

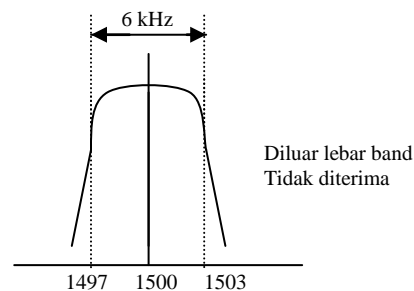


Gambar 2.14. Penguat RF

2.5.2 Selektivitas Pesawat Penerima

Selektivitas pesawat penerima ialah kemampuan suatu pesawat penerima untuk menekan frekuensi lain yang paling berdekatan dengan frekuensi yang diterima (atau frekuensi yang ditalakan pada filter).Selektivitas pesawat penerima pada umumnya dinyatakan dalam satuan kilo Hertz (kHz) . sebagai contoh , suatu pesawat penerima selektivitas 6 kHz, dipergunakan untuk menerima pancaran gelombang radio dengan frekuensi pancaran 1500 kHz. Maka filter-filternya harus ditalakan pada frekuensi 1500 kHz .

Untuk frekuensi-frekuensi gelombang radio yang lain, pada band sekitar 1500 kHz yang bedanya kurang dari 3 kHz (lebih tinggi atau lebih rendah) masih turut diterima oleh pesawat penerima tersebut. Diluar band (3 + 3) kHz tidak tertangkap lagi .



Gambar 2.15. Selektivitas penerima

Selektivitas pesawat penerima yang baik bukanlah yang paling kecil, tetapi selektivitas yang dapat diatur sesuai kebutuhan penerimaan pancaran radio. Misalnya untuk telegrafi harus sangat selektive (dapat mencapai 120 Hz), untuk SSB teleponi 2,80 kHz, karena jika kurang dari itu selektivitasnya sebagian frekuensi sinyal informasi tidak tertampung dalam lebar band penerimaan, sehingga mengalami cacat bentuk. Hal lain yang menentukan selektivitas juga adalah pemilihan frekuensi menengah atau frekuensi antara. Pilihan tinggi frekuensi antara dipengaruhi oleh pertimbangan-pertimbangan seperti :

- a. Kalau frekuensi antara terlalu tinggi, daya-pilah atau selektivitas penerima akan kurang .
- b. Frekuensi antara yang tinggi menyulitkan penyerempakan penalaan antara rangkaian antena (penyampur) dan osilator .
- c. Frekuensi antara yang rendah menyulitkan penindasan frekuensi-frekuensi cermin.
- d. Frekuensi antara yang terlampau rendah membikin lengkung daya-pilah terlampau tajam,Ini merugikan jalur-jalur-samping (terutama untuk frekuensi audio tinggi).
- e. Untuk membangkitkan frekuensi antara yang sangat rendah, osilator perlu stabil betul .
- f. Frekuensi antara tidak boleh berada dalam spektrum talaan pesawat penerima. Kalau hal ini terjadi, maka timbullah siulan, dan penerimaan menjadi tidak stabil .

Berdasarkan hal-hal tersebut dan pengalaman yang ada maka pilihan frekuensi antara menjadisebagai-berikut :

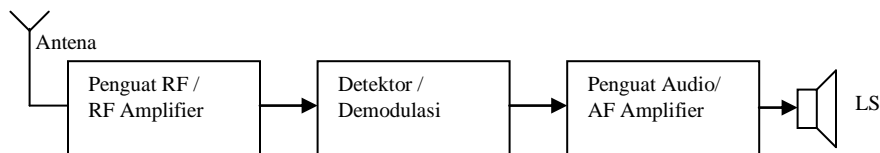
1. Penerima-penerima radio siaran AM menerapkan frekuensi antara setinggi 455 kHz .
2. Penerima-penerima FM untuk jalur 88 – 108 MHz menerapkan 10,7 MHz .
3. Penerima televisi untuk frekuensi sangat tinggi (VHF) menerapkan frekuensi antara 26 dan 46 MHz. Yang populer adalah kira-kira 36 MHz .

Penerima-penerima AM yang berkualitas tinggi menerapkan 2 atau 3 frekuensi antara yang berbeda-beda. Penerima semacam ini menerapkan penyempurnaan ganda (doble conversion) . Tujuan penyempurnaan ganda adalah untuk memperoleh selektivitas yang lebih tinggi, juga agar dapat menindas dengan lebih sempurna sinyal-sinyal cermin. Persyaratan-persyaratan ini bebrlaku terutama untuk penerima-penerima gelombang pendek, dan penerima-penerima yang harus menangkap jalur-jalur berjejal dengan stasiun-stasiun pemancar .

2.6. Blok Diagram Pesawat Penerima

2.6.1. Pesawat Penerima Langsung (Straight)

Blok Diagram Pesawat Penerima Langsung (Straight)



Gambar 2.16. Penerima langsung

Fungsi masing-masing blok :

1. Antena
Untuk mengubah gelombang elektromagnetik yang diterima menjadi sinyal listrik frekuensi tinggi (Sinyal RF).
2. Penguat RF
Menguatkan sinyal RF yang dihasilkan oleh antena sekaligus memilih frekuensi / gelombang yang diinginkan, hasil dari penguat RF ini diteruskan ke Detektor.
3. Detektor
Memisahkan sinyal informasi dari sinyal pembawa. Sinyal informasi yang dihasilkan masih lemah.
4. Penguat AF
Sinyal dari Detektor masih lemah sehingga diperlukan rangkaian penguat supaya dapat menggerakkan Loudspeaker.
5. Loudspeaker
Mengubah sinyal listrik frekuensi rendah menjadi suara yang dapat didengar.

Pada penerima langsung, sinyal yang diterima antena ditala pada frekuensi/gelombang yang dikehendaki dan dikuatkan oleh penguat RF, kemudian hasil dari penguat RF diumpan ke detektor yang berfungsi untuk memisahkan sinyal informasi dengan sinyal pembawa hasil dari penguat RF. Hasil dari detektor diumpan ke bagian penguat, setelah dikuatkan baru diumpan ke Loudspeaker yang mengubah sinyal dari penguat menjadi suara yang dapat didengar.

Penerima langsung memiliki kelemahan pada sensitivitas dan selektivitas, sehingga saat ini jarang digunakan.

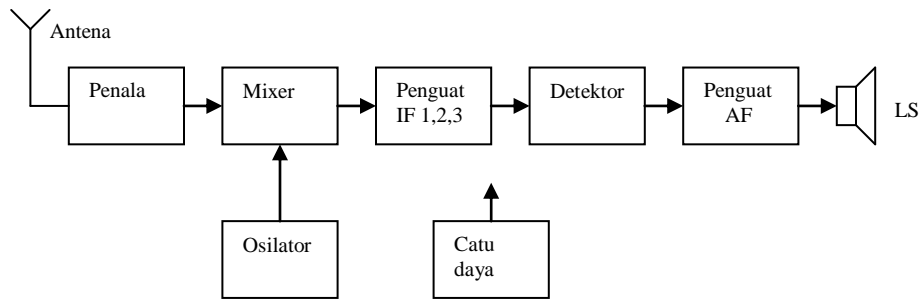
2.6.2. Pesawat Penerima Superheterodyne

Karena pesawat penerima langsung mempunyai kelemahan dalam hal sensitivitas dan selektivitas,

sehingga sekarang jarang digunakan, kecuali untuk maksud tertentu. Untuk mengatasi kelemahan penerima langsung tersebut, dibuatlah suatu penerima heterodyne, yaitu mencampur dua frekuensi sehingga diperoleh frekuensi baru, misalnya frekuensi lokal 3,855 kHz dicampur dengan osilator lokal 4,310 kHz, menghasilkan dua frekuensi baru yaitu jumlah dari kedua frekuensi tersebut sebesar 8,165 kHz dan selisihnya yaitu 455 kHz.

Dengan suatu filter, dipilih frekuensi menengah 455 kHz untuk diolah lebih lanjut. Frekuensi yang dipilih jauh lebih rendah dari frekuensi aslinya akan tetapi jauh lebih tinggi dari frekuensi suara atau super-audible, sehingga cara ini disebut *superheterodyne*.

Blok Diagram Penerima Superheterodyne



Gambar 2.17. Penerima Superheterodyne

Fungsi masing-masing blok :

1. Antena
Untuk mengubah gelombang radio yang diterima menjadi getaran listrik frekuensi tinggi (RF).
2. Lingkaran Penala dan Penguat frekuensi tinggi (Penguat RF)
Adalah bagian yang bertugas untuk memilih salah satu frekuensi atau gelombang radio yang dikehendaki. Karena tidak mungkin semua gelombang radio untuk didengarkan . Disamping untuk memilih gelombang radio, juga gelombang radio yang diterima dikuatkan sampai tingkat tertentu.
3. Pembangkit frekuensi tinggi (Osilator)
Bagian yang berfungsi untuk membangkitkan frekuensi tinggi didalam pesawat penerima radio super . Besarnya frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh bagian osilator itu lebih tinggi dari frekuensi radio , yang telah dipilih oleh lingkaran penala dengan selisih sebesar 455 kHz, sesuai dengan yang diperlukan oleh bagian pencampur (mixer).
4. Bagian pencampur (mixer atau konverter)
Tempat percampuran antara frekuensi radio yang telah dipilih oleh bagian lingkaran penala dengan getaran frekuensi tinggi yang dibangkitkan oleh osilator. Getaran radio yang dihasilkan oleh bagian pencampur itu disebut frekuensi menengah (IF = Intermediate Frequency) dan besarnya 455 kHz .
5. Penguat frekuensi menengah (IF Amplifier)
Untuk menguatkan getaran frekuensi menengah yang masih lemah hasil dari bagian pencampur (mixer). Oleh karena penguatan yang dihasilkan masih lemah, maka penguatan dilakukan 2 kali atau penguatannya dilakukan dalam 2 tingkat penguat .
6. Demodulasi / Detektor
Untuk memisahkan frekuensi suara dari frekuensi pembawanya (saat ini merupakan frekuensi menengah). Frekuensi pembawa yang merupakan frekuensi menengah

dipotong menjadi dua, kemudian frekuensi suara dipisahkan dari frekuensi pembawa . Kemudian dihubungkan ke bagian penguat .

7. Penguat Suara

Penguat suara terdiri dari beberapa tingkat penguatan untuk memperoleh hasil penguatan yang diinginkan, Karena hasil dari detektor masih lemah. Penguat suara dapat menggunakan penguat transistor atau penguat yang menggunakan IC (Integrated Circuit).

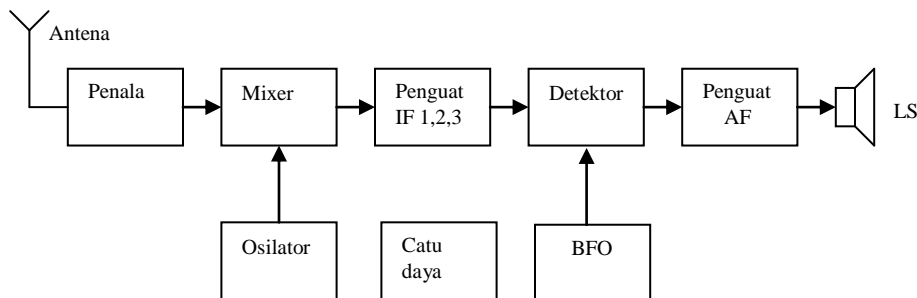
8. Loudspeaker

Untuk mengubah sinyal listrik frekuensi rendah (suara) , menjadi getaran suara yang dapat didengar dan harus sesuai dengan aslinya.

9. Sumber tenaga / Catu daya / Power supply

Bagian yang mmeberikan tenaga listrik pada bagian-bagian tersebut diatas. Dan besarnya berkisar 3 Volt samapi 12 Volt DC .

2.6.3. Pesawat Penerima Kelas A1A



Gambar 2.18. Penerima A1A

Sebuah penerima heterodyne biasa tidak akan mengeluarkan nada-nada sesuai dengan kode Morse dari penguat-suaranya, sebab apa yang ditangkap oleh antena adalah sinyal-sinyal pembawa yang terputus-putus yang tidak termodulasi. Untuk dapat menangkap informasi yang dikirim dalam bentuk nada-nada kode morse , maka pesawat perlu dilengkapi dengan sebuah osilator yang disebut BFO (Beat Frequency Oscilator), BFO membangkitkan frekuensi 1 kHz atau 400 Hz diatas (di bawah) frekuensi antar. Keluaran dari osilator ini diinjeksikan ke sembarang titik di penguat frekuensi antar ataupun detektor, misalnya di anode diode detektor, atau salah satu gulungan trafo IF.

Nada dapat timbul karena terjadinya penyampuran antara frekuensi-antara 455 kHz dengan frekuensi dari BFO. Bila BFO membangkitkan frekuensi 456 kHz, maka hasil penyampuran adalah suatu nada setinggi 1 kHz. ($456 \text{ kHz} - 455 \text{ kHz} = 1 \text{ kHz}$, sedangkan frekuensi penjumlahan $456 \text{ kHz} + 455 \text{ kHz} = 911 \text{ kHz}$ tidak diperlukan, dan tertindas oleh impedansi trafo-trafo IF). Nada dapat diatur-aturl supaya enak didengar, dengan jalan mengubah-ubah frekuensi BFO.

2.6.4. Pesawat Penerima SSB

Bila suatu sinyal SSB dikalikan dengan suatu sinyal pembawa serempak, hasilnya akan mengandung sinyal modulasi yang asli. Dalam praktek, demodulasi diperoleh dengan menggunakan salah satu dari detektor hasilkali atau rangkaian-rangkaian modulator balans yang ditambah dengan filter-filter jalursisi IF dengan cutoff tajam untuk memilih jalursisi yang dikehendaki dari sinyal-sinyal yang diterima.

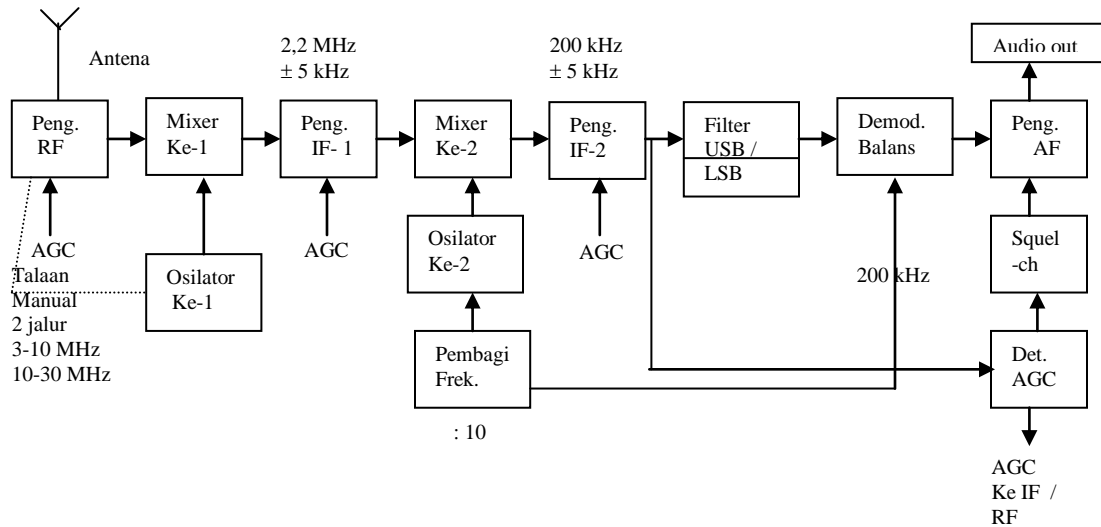
Karena sinyal yang masuk dan sinyal pembawa lokal harus tetap sedekat mungkin serempak dalam frekuensi untuk menghindari cacat yang berat, perlu disediakan kestabilan yang baik pada osilator demodulasi akhir; untuk osilator pertama harus disediakan kestabilan yang baik sekali atau pengatur frekuensi otomatis AFC (Automatic Frequency Control). Untuk mendapatkan kestabilan ini digunakan osilator-osilator kristal atau penyusun-penyusun frekuensi (frequency synthesizer).

Karena sinyal-sinyal SSB diatur dekat sekali satu dengan yang lain di dalam spektrum frekuensi, diperlukan selektivitas saluran berbatasan yang sangat baik. Konversi ganda hampir selalu digunakan dalam penerimaan-penerimaan SSB. Osilator penyampur kedua biasanya adalah sebuah osilator kristal yang juga menyediakan sumber frekuensi primer untuk demodulator (melalui pengali-pengali atau pembagi-pembagi).

Di dalam komunikasi digunakan beberapa variasi dari SSB. Pertama-tama, salah satu dari jalursisi atas atau bawah dapat digunakan untuk saluran informasi, atau dalam hal jalursisi yang berdiri sendiri (independent), kedua jalursisi dapat digunakan, yaitu satu untuk masing-masing saluran. Berikutnya, suatu pembawa lengkap atau pembawa yang ditekan sebagai dapat dipancarkan, bahkan pembawa mungkin seluruhnya ditekan.

Seperti yang tampak pada blok diagram penerima SSB Komunikasi untuk HF dari 3 – 30 MHz. Kecuali osilator-osilator lokalnya, rangkaian adalah sesuai dengan standar untuk penerima konversi-ganda sampai ke keluaran dari penguat IF kedua. IF pertama adalah 2,2 MHz, dengan lebar-jalur 10 kHz, sedangkan IF kedua adalah 200 kHz, juga dengan lebar-jalur 10 kHz. Osilator lokal pertama dan penguat RF ditala secara manual, dalam dua jalur yang dapat dipindahkan (diswitch). Osilator lokal kedua adalah sebuah osilator kristal pada 2,0 MHz. Keluarnya dibagi dengan sepuluh dalam sebuah rangkaian counter digital untuk memberikan sinyal pedoman 200 kHz untuk demodulator.

Penguat IF kedua diikuti oleh dua buah filter, satu untuk masing-masing jalursisi dengan bandpass selebar 4 kHz. Jalursisi yang cocok dipilih dengan sebuah sakelar, dan ini merupakan masukan yang lain ke detektor, yang adalah sebuah detektor (demodulator) hasilkali. Keluaran detektor diteruskan lewat sebuah penguat audio yang diberi gerbang (gated), yang akan mematikan sinyal keluaran untuk menekan kebisingan bila tingkat sinyal jatuh dibawah suatu nilai minimum (squelch). Sinyal IF yang diperkuat disearahkan untuk menyediakan tegangan AGC untuk rangkaian squelch dan penguat-penguat RF dan IF.



Gambar 2.19. Penerima SSB

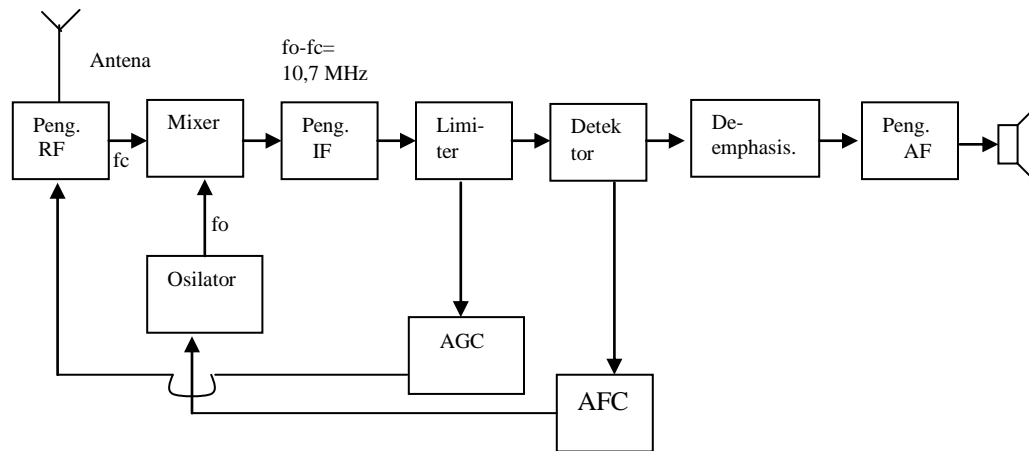
Penerima-penerima variabel manual seperti ini kadang-kadang sukar digunakannya. Osilator demodulator adalah cukup stabil, tetapi osilator lokal pertama juga harus stabil dan variabel. Setiap perubahan pada osilator pertama ini akan menyebabkan sinyal SSB bergerak relatif terhadap pembawa demodulasi dan menimbulkan efek distorsi yang sukar untuk dikendalikan. Tersedianya penyintesi digital dalam bentuk IC dengan harga yang pantas, yang dapat dikemudikan dengan kristal untuk kestabilan dengan harga yang pantas pula. Salah satu penerapan yang terbesar dari teknik ini adalah dalam tranceiver-tranceiver jalur antar-penduduk bersaluran majemuk (multichannel Citizens Band Tansceiver) .

2.7. Pesawat Penerima Siaran FM

Pesawat penerima FM untuk siaran ada dua jenis yaitu penerima jenis mono dan penerima stereo, dan bekerja pada frekuensi 88 – 108 MHz. Di Indonesia saat ini berdasarkan master plan radio siaran FM yang dikeluarkan oleh pemerintah ,sesuai dengan ketentuan teknis bekerja pada frekuensi 87,5 – 108 Mz. Dengan pengkanalan kelipatan 100 kHz sehingga jumlah kanal ada 204 termasuk 3 kanal untuk radio komunitas. Secara umum blok diagram penerima siaran FM banyak kesamaan antara penerima Modulasi Amplitudo, perbedaannya adalah dalam hal :

- Frekuensi kerja
- Cara pen-deteksi-an
- Adanya rangkaian pembatas / limiter
- Adanya rangkaian de-emphasis (penurunan-kembali taraf audio frekuensi tinggi)
- Adanya rangkain pengatur frekuensi otomatis (AFC=Automatic Frequency Otomatic)
- Adanya rangkaian AGC (Automatic Gain Control)

Blok Diagram Penerima Siaran Mono



Gambar 2.20. Penerima FM Mono

Rangkaian penala pada sistem FM mungkin terdiri dari :

- Penguat frekuensi radio (RF Amp), pencampur (Mixer) dan Osilator atau
- Penguat frekuensi radio dan konverter

Penguat frekuensi radio selalu diterapkan untuk menaikkan bndingan sinyal-desah (Signal to Noise) dan sebagai penyesuai penerima pada antenna (matching).

Fungsi dan rangkaian penala FM sama dengan penala AM, yaitu : (1) penalaan, dan (2) pen-transformasi-an frekuensi dari tinggi ke rendah (frekuensi antara). Rangkaian penala menerapkan rangkaian

Tunggal basis karena mempunyai frekuensi sumbat (cut-off frequency) yang tinggi, tidak memerlukan rangkaian netralisasi dan dapat dipakai sebagai penyesuai dengan antenna, karena Antena mempunyai impedansi rendah, Penala juga dilengkapi dengan pengaturan penguatan otomatis (AGC).

Pada penerima FM juga dilengkapi dengan pengaturan penguatan otomatis (AGC), yaitu dengan cara :

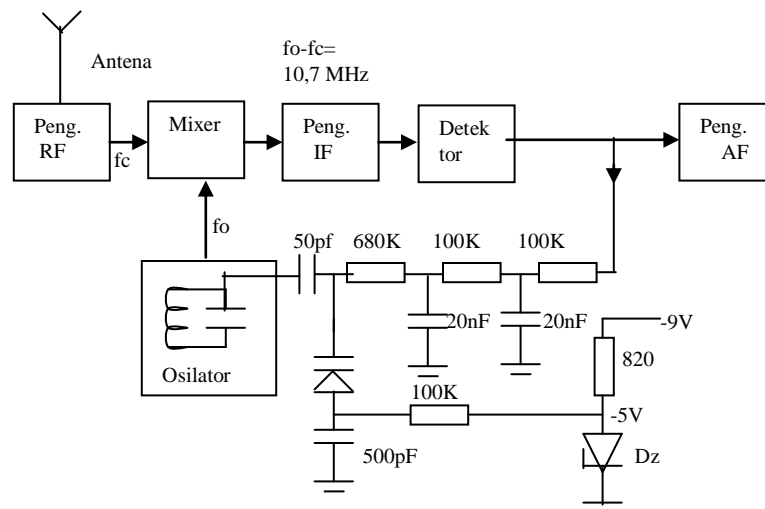
- Menyadap sebagian dari sinyal yang dihasilkan oleh penguat frekuensi antara yang terakhir .
- Meratakan sinyal yang disadap tersebut dengan sebuah diode dan filter perata .
- Tegangan rata yang diperoleh dari hasil perataan (b) digunakan sebagai tegangan-muka untuk penguat frekuensi antara.

Hasil percampuran antara sinyal pembawa f_c dan sinyal osilator f_o adalah sinyal frekuensi antara 10,7 MHz . Bila frekuensi osilator bergeser maka frekuensi antara juga akan bergeser dari 10,7 MHz, karena itu perlu diadakan suatu koreksi , yang dilakukan oleh rangkaian AFC , dengan cara :

- Rangkaian LC osilator dihubungkan paralel dengan diode varactor, kondensator 50 pF dan 500 pF, dengan demikian diode turut menentukan frekuensi osilator.
- Diode varactor diberi tegangan-muka terbalik $-5V$ dan tegangan distabilkan oleh Dz.

- c. Katode dari diode varactor diberi tegangan masukan dari tegangan pengatur dari detektor, lewat rangkaian filter R dan C. Besarnya tegangan pengatur dan polaritasnya, ditentukan oleh frekuensi yang masuk ke detektor.
- d. Kalau sinyal yang masuk ke detektor tepat 10,7 MHz, maka detektor tidak mengeluarkan tegangan atau tegangan pengaturan AFC = 0 Volt, sehingga tegangan katode varactor juga 0 Volt.
- e. Bila frekuensi osilator f_o naik, maka frekuensi antara ($=f_o - f_c$) naik, detektor mengeluarkan tegangan koreksi yang berpolaritas negatif.aka tegangan pada Varactor akan turun, akibatnya nilai kapasitas varactor akan naik. Karena diode berjarak pada osilator, maka kenaikan kapasitas ini berakibat turunya frekuensi osilator. Dengan cara ini frekuensi osilator yang sedianya akan naik dikoreksi.

Cara kerja pengaturan frekuensi otomatis (AFC)



Gambar 2.21. Automatic Frekuensi Controle

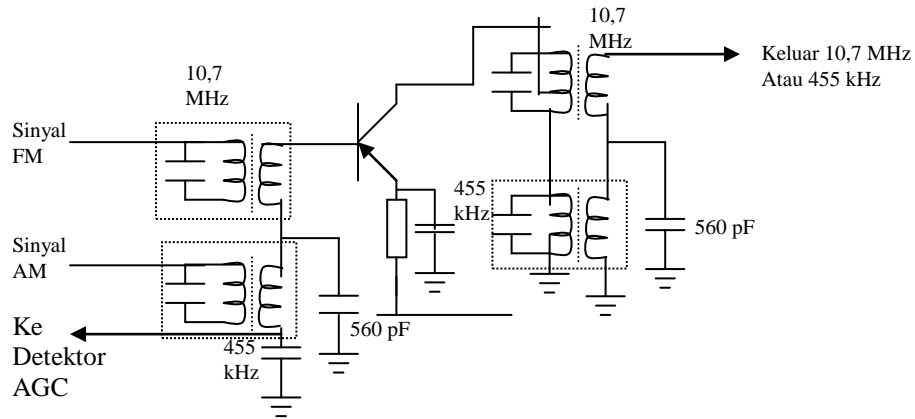
Penguat Frekuensi Antara dan Limiter

Fungsi penguat frekuensi antara pada sistem Modulasi Frekuensi (FM) sama dengan pada sistem Modulasi Amplitudo (AM), yaitu :

- a. Menguatkan suatu jalur frekuensi selebar 200 kHz dengan frekuensi tengah 10,7 MHz.
- b. Menaikkan dayapilih (selektivitas) pesawat penerima.
- c. Menyediakan sinyal keluaran yang konstan, untuk digunakan oleh rangkaian AGC, walaupun sinyal di antena berubah-ubah kuatnya.

Pada pesawat-pesawat penerima AM ? FM, maka satu penguat frekuensi antara yang sama dipakai untuk penguatan Modulasi Amplitudo maupun untuk penguatan Modulasi Frekuensi. Penguat ini dipakai untuk menguatkan frekuensi antara 10,7 MHz dan juga untuk menguatkan frekuensi antara 455 kHz.

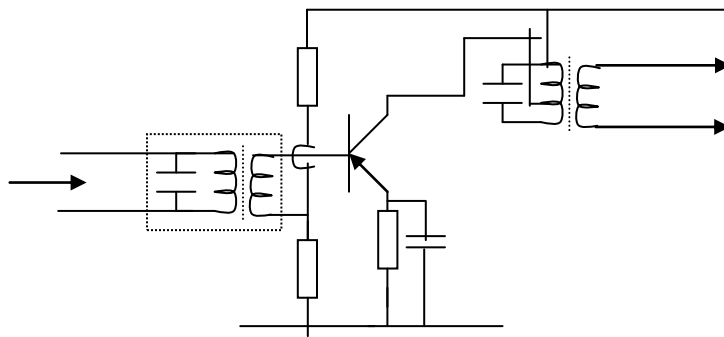
Kedua frekuensi ini, tidak akan saling mengganggu karena jaraknya sangat jauh.



Gambar 2.22. Penguat IF untuk Penerima AM / FM

Kalau sedang menangkap sinyal-sinyal Modulasi Amplitudo, maka gulungan-gulungan trafo Modulasi Frekuensi merupakan hubung singkat. Jika sedang menangkap sinyal-sinyal Modulasi Frekuensi, maka kapasitas yang berjajar pada gulungan trafo Modulasi Amplitudo menghubungkan –singkat. Kondensator 560 pf menghubungkan-singkat sinyal Modulasi Frekuensi ke bumi, sedangkan pada sinyal Modulasi Amplitudo tidak terpengaruh oleh kondensator ini.

Rangkaian Limiter (pembatas /penutup) adalah rangkain penguat frekuensi antara, tetapi transistor dibuat supaya cepat jenuh, sehingga sinyal masukan yang kecil, dibawah suatu harga akan dikuatkan oleh limiter, tetapi sinyal-sinyal masukan yang lebih kuat dari harga itu tidak dikuatkan. Dengan demikian kuat sinyal keluaran akan konstan (amplitudo sama tinggi).



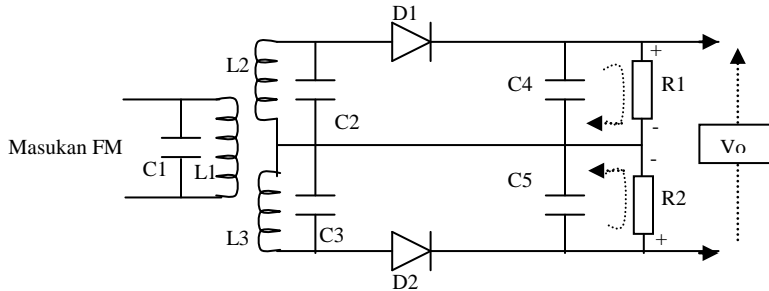
Gambar 2.23. Limiter dengan transistor

Gambar diatas merupakan limiter sederhana dari diode yang dipasang pada gulungan (primer atau sekunder) trafo frekuensi ntara. Kalau sinyal masukan kuat, maka diode menghntar dan sinyal yang masuk ke transistor dibatasi.

2.7.1. Detektor Modulasi Frekuensi

2.7.1.1. Diskriminator Modulasi Frekuensi

Dalam proses pemodulasian, perubahan-perubahan tegangan (pada sinyal audio) berakibatkan perubahan frekuensi pada sinyal pembawa. Sedangkan dalam demodulasi berlaku sebaliknya, yaitu perubahan frekuensi pada frekuensi pembawa berakibatkan perubahan-perubahan tegangan, prinsip ini diterapkan pada rangkaian diskriminator.

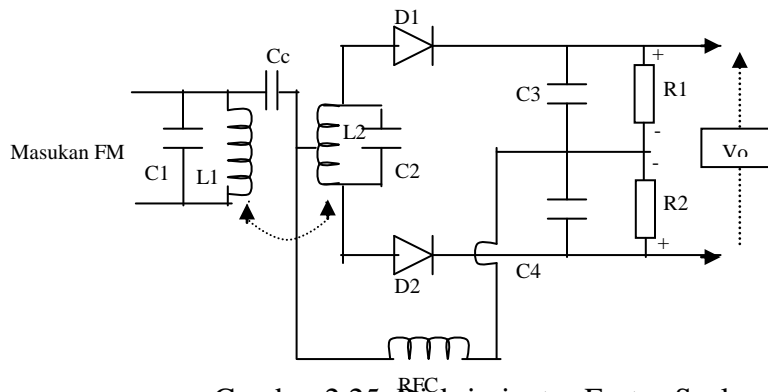


Gambar 2.24. Diskriminator FM

Pada rangkaian diskriminator dengan talaan ganda atau double tuned discriminator, L1.C1 dinalakan pada frekuensi tengah $f_s = 10,7$ MHz, L2.C2 dan L3.C3 masing-masing dinalakan pada frekuensi yang berlainan, yaitu diatas dan dibawah f_s . Bila anode D1 positif, maka diode menghantar, akibatnya pada R1 timbul tegangan dan bila anode D2 mendapat potensial positif maka pada R2 timbul tegangan. Tegangan output V_o adalah selisih antara tegangan yang ada pada R1 dan tegangan pada R2.

2.7.1.2. Diskriminator Foster-Seeley

Diskriminator Foster-Seeley mendapatkan kembali tegangan modulasi dari modulasi frekuensi dengan menggunakan pergeseran sudut-fasa antara tegangan-tegangan primer dan sekunder dari suatu transformator yang ditala. Sudut fasa ini adalah fungsi dari frekuensi, dan dengan mengaturnya sehingga komponen-komponen jumlah-phasor dan selisih-phasor dari tegangan-tegangan primer dan sekunder dimasukkan ke dua buah detektor selubung yang keluarannya kemudian digabungkan, demodulasi sudah diperoleh. Karena tergantung pada variasi sudut fasa, rangkaian ini dikenal sebagai suatu diskriminator fasa, dengan mengubah suatu variasi frekuensi sebenarnya atau yang ekuivalen menjadi suatu variasi sudut-fasa, yang pada gilirannya diubah menjadi suatu variasi amplitudo.



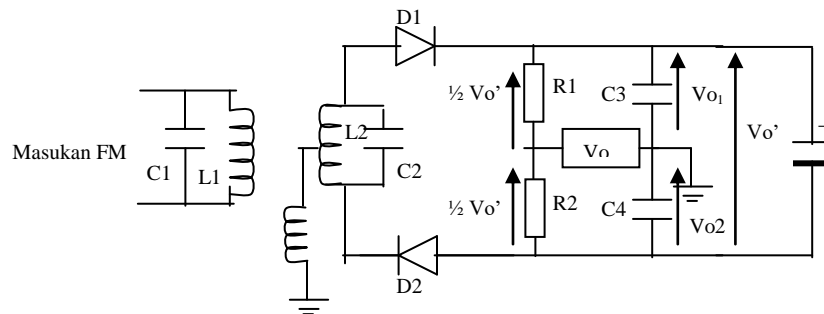
Gambar 2.25. Diskriminator Foster-Seeley

Sekunder yang bercabang ditala dengan satu kondensator saja. Kopling antara primer dan sekunder adalah secara induksi dan juga secara kapasitas oleh C_c . Kumparan L yang dikoneksikan pada cabang tengah adalah sebuah peredam untuk frekuensi tinggi (RFC = Radio Frequency Choke). Pada kumparan ini timbul tegangan sama tinggi dengan tegangan primer.

2.7.1.3. Detektor Bandingan (Ratio Detector)

Perubahan yang sangat sederhana dilakukan pada diskriminator Foster-Seeley untuk memperbaiki fungsi pembatasan-besarnya. Caranya ialah dengan membalikkan salah satu diode sehingga kedua diode tersebut terkonduksi seri, maka rangkaian-rangkaian detektor akan memberikan suatu fungsi peredaman (damping action), yang cenderung untuk mempertahankan suatu tegangan sekunder yang konstan.

Diode-diode $D1$ dan $D2$ serta beban-beban RC yang berkaitan membentuk detektor-detektor selubung seperti pada jenis diskriminator yang telah dijelaskan. Pada ratio detektor terjadi pula rentetan peristiwa perubahan frekuensi ke fasa ke amplitudo seperti pada diskriminator Foster-Seeley. Tetapi, polaritas tegangan pada kapasitor bawah terbalik, sehingga timbul tegangan jumlah pada beban-beban gabungan, dan beda dengan Foster-Seeley yang menggunakan selisih. Jadi, sementara V_{o1} membesar, V_{o2} mengecil atau V_{o2} membesar, V_{o1} mengecil, $V_{o'}$ tetap konstan. Karena itu, sebuah kapasitor yang besar (dalam praktek biasanya dipakai suatu jenis lektrolit) dapat dihubungkan pada titik $V_{o'}$ untuk memperbaiki sifat "konstan" tersebut, tanpa mempengaruhi tegangan.



Gambar 2.26. Ratio detektor

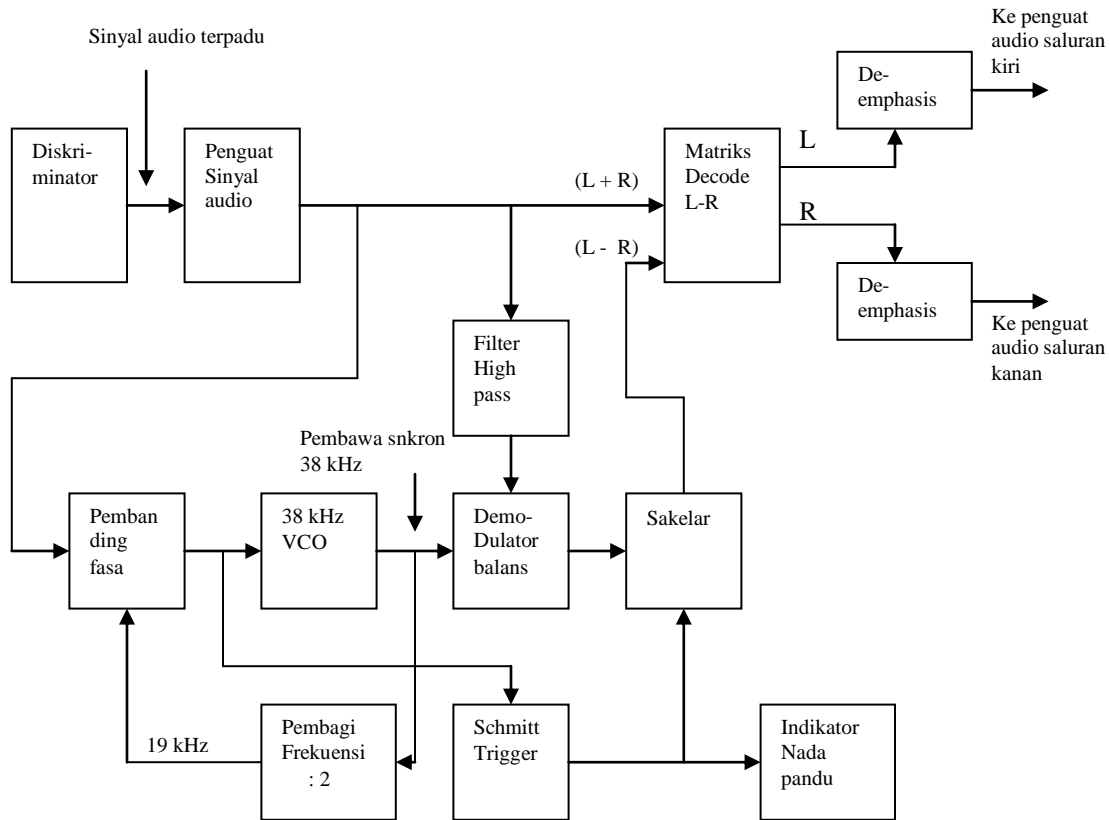
2.8. Penerima Stereo FM

Semua penerima-penerima siaran FM yang baru dibuat dengan kemungkinan untuk penerimaan stereo, atau siaran-siaran dua saluran. Sinyal-sinyal saluran kiri dan kanan dari bahan program dikombinasikan untuk membentuk dua sinyal yang berbeda; satu diantaranya adalah sinyal kiri-plus-kanan (left-plus-right = $L + R$) dan yang lainnya adalah sinyal kiri-minus-kanan (left-minus-right = $L - R$) adalah DSBSC yang dimodulasikan pada suatu frekuensi pembawa 38 kHz, dengan LSB pada kedudukan (slot) 23-38 kHz dan USB pada kedudukan 38 - 53 kHz. Sinyal ($L+R$) ditempatkan langsung pada kedudukan 0-15 kHz; suatu pembawa pemandu (pilot carrier) pada 19 kHz ditambahkan pula untuk menyempakkan (synchronize = membuat sinkron) demodulator pada penerima. Spektrum sinyal yang terpadu ditunjukkan pada gambar.

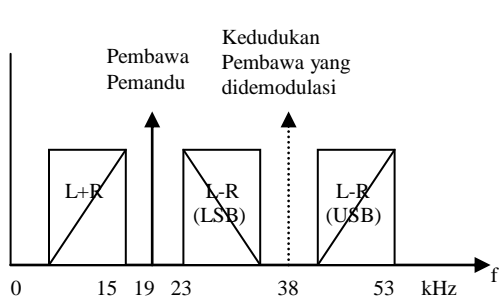
Gambar menunjukkan skema blok dari sebuah rangkaian “decoder” saluran stereo. Keluaran dari detektor FM adalah sinyal audio terpadu yang mengandung sinyal-sinyal (L+R) dan (L-R) yang dimultipleks-frekuensi, dan nada pemandu 19 kHz. Sinyal terpadu ini dikenakan langsung pada masukan dari matriks decode.

Sinyal audio terpadu juga dimasukkan ke satu masukan dari sebuah rangkaian detektor kesalahan-fasa, yang merupakan bagian dari sebuah osilator rantai fasa-terkunci (phase locked loop) 38 kHz. Keluarannya menggerakkan VCO 38 kHz, Keluaran VCO memberikan pembawa sinkron untuk demodulator. Keluaran osilator juga dibagi frekuensinya dengan dua (dalam sebuah rangkaian counter) dan kemudian dipasangkan ke masukan yang lain dari pembanding fasa untuk menutup rantai fasa-terkunci. Sinyal kesalahan-fasa juga diteruskan ke suatu rangkaian Schmitt Trigger yang menyalakan sebuah lampu indikator (penunjuk) pada panel bila sinyal kesalahan menjadi nol, hal mana menunjukkan adanya suatu sinyal masukan sinkronisasi (nada pemandu 19 kHz).

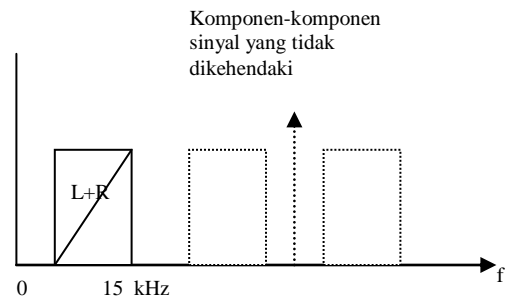
Keluaran dari osilator 38 kHz dan sinyal-sinyal audio terpadu yang difilter dimasukkan ke demodulator balans, yang keluarannya adalah saluran (L-R). Sinyal-sinyal (L+R) dan (L-R) dimasukkan ke suatu rangkaian matriks yang memisahkan sinyal-sinyal L dan R satu dari yang lain. Kemudian sinyal-sinyal ini diteruskan lewat jaringan – jaringan deemphasis dan filter-filter low-pass untuk menghilangkan komponen-komponen frekuensi tinggi yang tidak diinginkan dan kemudian diteruskan ke penguat-penguat audio dua saluran dan corong-corong suara. Pada penerimaan suatu sinyal mono, rangkaian indikator nada-pandu tidak bekerja (mati), yang menandakan bahwa tidak ada nada pemandu, dan menutup sakelar untuk mematikan masukan (L-R) ke matriks. Sinyal (L+R) diteruskan lewat matriks ke kedua keluaran. Sebuah penerima mono biasa yang ditala pada suatu sinyal stereo hanya akan menghasilkan sinyal (L+R), karena semua frekuensi di atas 15 kHz dihapuskan dengan penyaringan, dan tidak ada rangkaian demodulator. Jadi sinyal stereo dapat juga diterima oleh penerima –penerima mono.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.27.

- Diagram blok suatu sistem decoder stereo sinyal FM
- Spektrum sinyal audio terpadu dari detektor FM
- Spektrum sinyal (L-R) yang didemodulasi setelah dihapusnya frekuensi-frekuensi yang lebih tinggi.

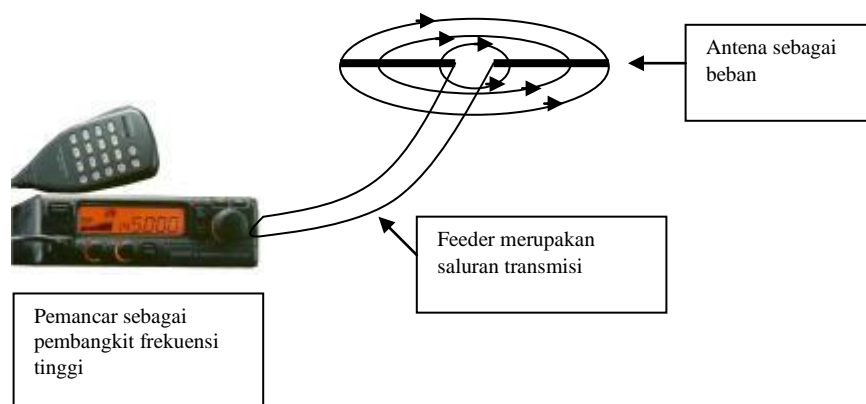
BAB III.

SALURAN TRANSMISI DAN ANTENA

Antena merupakan pintu gerbang masuknya sinyal gelombang elektromagnetik (pada radio penerima) dan keluarnya sinyal gelombang elektromagnetik (pada pemancar). Antena mempunyai dua fungsi penting yaitu :

1. Sebagai jalan untuk memancarkan sinyal Elektromagnetik yang dihasilkan oleh pemancar atau Menerima sinyal elektromagnetik pada penerima.
2. Mengarahkan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau diterima pada arah tertentu sesuai yang diinginkan.

Pada suatu sistem pemancar antena merupakan beban dari pemancar, feeder merupakan saluran transmisi, yaitu untuk menyalurkan getaran arus listrik frekuensi tinggi dari pemancar ke antena , sedang pemancar merupakan pembangkit getaran listrik frekuensi tinggi.



Gambar 3.1 Perangkat radio, saluran transmisi dan antena

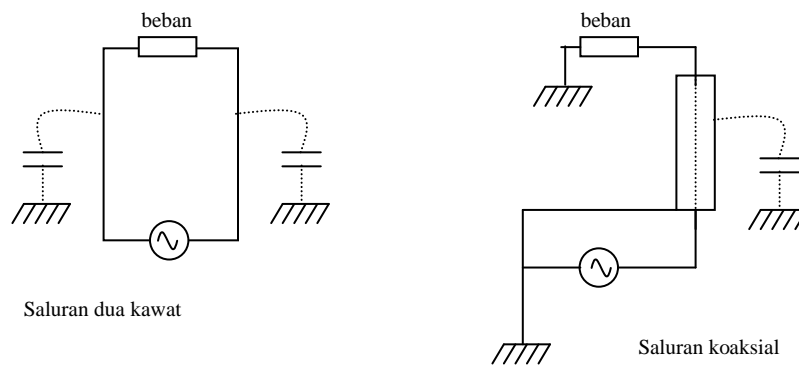
Antara antena , feeder (saluran transmisi) dan pemancar merupakan suatu rangkaian tertutup, hal ini dapat dibuktikan dengan memasang RF meter, maka akan nampak adanya aliran arus listrik frekuensi tinggi. Keadaan ini dapat disamakan dengan rangkaian sumber tenaga listrik arus bolak-balik yang dibebani dengan kondensator. Perbedaannya yang nyata ialah, kondensator medan listriknya tertutup, sedangkan antena medan listriknya terbuka. Pada waktu antena mendapat arus listrik frekuensi tinggi dari pemancar melalui saluran transmisi (feeder), sepanjang kawat antena tersebut timbul medan listrik, dan melingkari antena tersebut timbul medan magnet. Pada waktu bergetar sebagian dari medan listrik dan medan magnet yang timbul lepas ke udara dan merambat sebagai getaran radio.

3.1. Saluran Transmisi

Saluran transmisi berfungsi untuk menyalurkan energi dari pembangkit ke beban, dalam hal ini pembangkit adalah pemancar dan beban adalah antena. Selain untuk menghantarkan energi listrik, saluran transmisi dapat juga digunakan untuk :

- Impedansi yang besarnya bergantung pada frekuensi dan panjang
- Tranformator penyesuai (matching transformer)
- Saluran-saluran ukur guna melakukan pengukuran-pengukuran dalam teknik frekuensi sangat tinggi (VHF) dan frekuensi ultra tinggi (UHF).

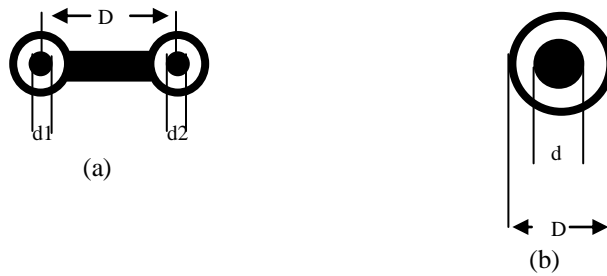
Saluran-saluran transmisi dapat balans (seimbang=balanced) atau tidak-balans (unbalanced) terhadap tanah. Dua jenis saluran transmisi adalah saluran dua-kawat yang biasanya dioperasikan dalam ragam (mode) balans, dan saluran koaksial yang selalu dioperasikan dalam ragam tidak-balans, seperti tampak pada gambar berikut ini .



Gambar 3.1. Saluran balance dan unbalance

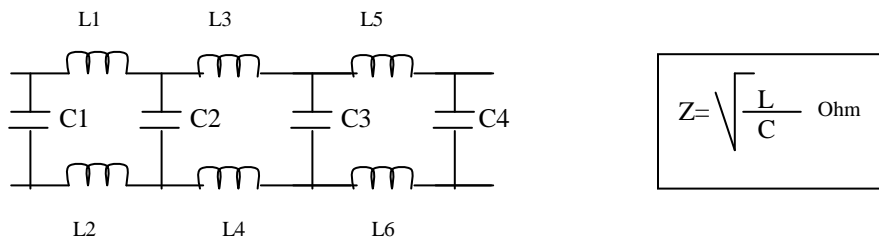
Pada saluran koaksial, penghantar luar membentuk perisai yang membatasi gelombang pada ruangan diantara penghantar-penghantar, sehingga radiasi dari saluran dapat diabaikan. Tetapi, saluran ini pada dasarnya adalah tidak-balans, karena kapasitansi luar hanyalah terdapat di antara penghantar luar dan tanah.

Saluran dua-kawat biasanya dioperasikan dalam ragam balans, karena penghantar-penghantar tersusun sedemikian sehingga memberikan kapasitansi-kapasitansi yang sama ke tanah. Radiasi dapat terjadi dari suatu saluran dua-kawat, karena gelombang elektromagnetis melintang, dapat memancar keluar dari saluran, disamping juga di sepanjang saluran. Saluran dua kawat tidak semahal saluran koaksial, dan banyak digunakan pada rangkain-rangkaian telepon frekuensi rendah. Untuk rangkaian-rangkaian frekuensi tinggi (termasuk feeder-feeder atau saluran-masuk untuk telepon multi-saluran dan radio, saluran koaksial digunakan untuk membuat radiasi seminimum mungkin; dan diman antena-antena radio yang balans harus dihubungkan ke saluran-saluran koaksial, maka digunakan transformator-transformator saluran transmisi khusus yang dikenal sebagai balun (balanced to unbalance) .



Gambar 3.2. saluran dua-kawat (a) dan saluran koaksial (b) yang dipotong melintang

Setiap kabel saluran selalu memiliki induktivitas dan kapasitas tertentu. Dapat dibayangkan bahwa kabel itu terdiri dari rangkaian kumparan dan kondensator yang ukurannya sangat kecil. Berdasarkan rangkaian ini, impedansi kabel (Z) untuk gelombang yang disalurkan dapat dihitung dengan hasil sebagai berikut :



Besarnya impedans (Z) tidak tergantung pada panjang kabel, melainkan pada besar induktivitas dan kapasitas per satuan ukuran kabel. Untuk saluran dengan penghantar-penghantar yang ditempatkan dalam suatu medium dengan permittivity ϵ F/m (Farad per meter) dan permeabilitas μ H/m (Henry per meter), besarnya induktansi primer dan kapasitansi per satuan panjang secara pendekatan adalah :

Untuk saluran dua-kawat :

Induktans	$L = \frac{\mu}{\pi} \ln \left[\frac{2D}{d} \right] \text{ H/m}$
Kapasitans	$C = \frac{\pi\epsilon}{\ln \left[\frac{2D}{d} \right]} \text{ F/m}$

Impedans

$$Z_0 = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left[\frac{2D}{d} \right] \Omega$$

Saluran koaksial

Induktans

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln \left[\frac{D}{d} \right] \text{ H/m}$$

Kapasitans

$$C = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(D/d)} \text{ F/m}$$

Impedans

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left[\frac{D}{d} \right] \Omega$$

Bila ujung kabel ditutup dengan impedans sebesar resistans karakteristik kabelnya yaitu Z , maka panjangnya boleh berapa saja. Penyaluran sumber listrik bertegangan U pada kabel yang ditutup dengan resistans karakteristik Z tersebut memberikan daya listrik sebesar :

$$P = U^2 / Z \quad \text{Watt}$$

Pada kondisi ini arus dan tegangan di semua tempat sepanjang kabel sama. Di dalam kabel terjadi “gelombang gerak”. Gelombang ini terjadi karena resistans penutup yang sama besarnya dengan impedans gelombang/karakteristiknya, mengabsorpsi dan tidak memantulkan gelombang. Dalam prakteknya, hal ini tidaklah mudah.

Kabel antenna tertutup atau diberi beban reaktif (induktif / kapasitif), menimbulkan gelombang berdiri (standing wave). Selama $\frac{1}{2}$ periode positif gelombang, kabel antenna hanya menyerap energi seperlunya untuk diubah secara menyeluruh menjadi energi pancar. Pada $\frac{1}{2}$ energi berikutnya energi tersebut mengalir kembali ke sumbernya dan kemudian dipantulkan. Pemantulan total ini membentuk gelombang baru dari gelombang datang dan yang dipantulkan.

Sifat terpenting dari saluran transmisi adalah :

- Impedans karakteristik
- Redamannya
- Faktor pendekannya

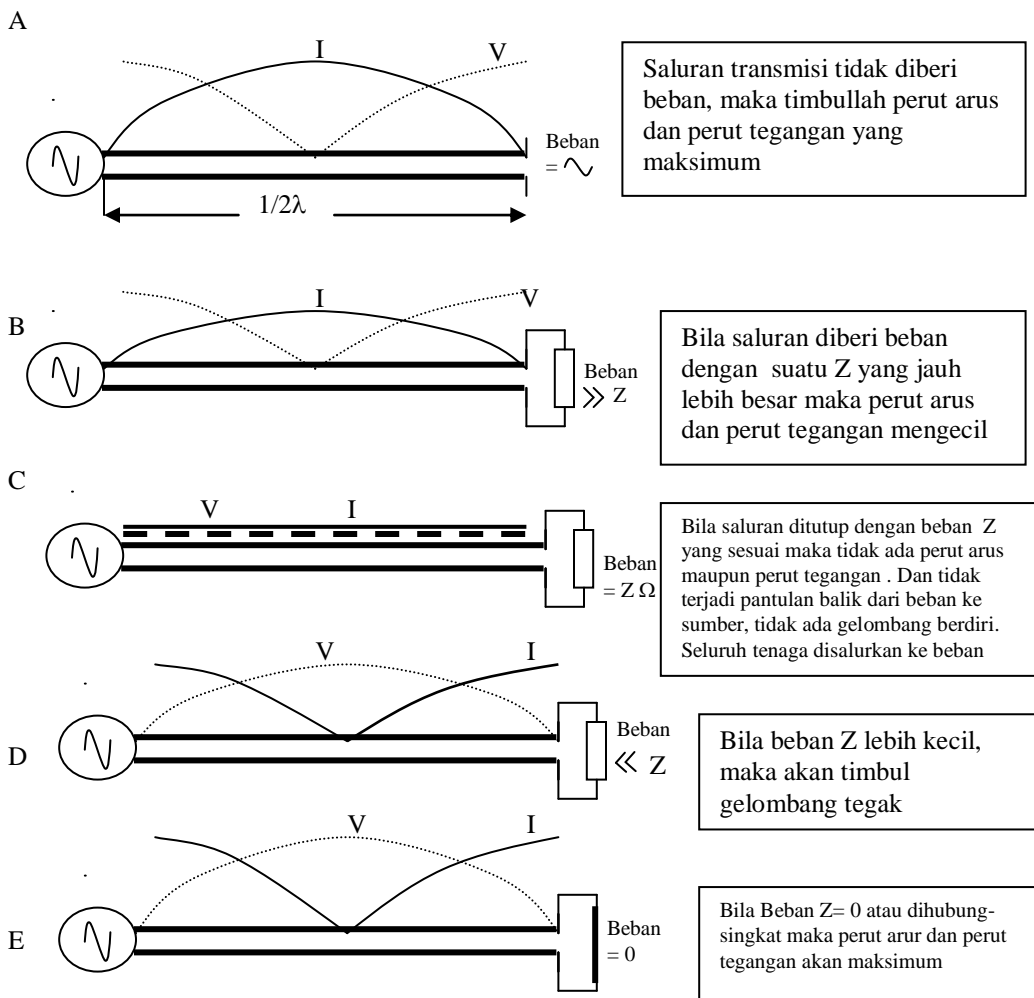
3.2. Kerugian pada saluran transmisi

Saluran transmisi yang ideal adalah yang tidak mengandung kerugian-kerugian sehingga tenaga yang disalurkan akan 100 % berguna. Namun dalam prakteknya hal ini sangatlah sulit, pasti terdapat kerugian-kerugian pada saluran transmisi, yaitu :

1. Kerugian oleh pancaran
Saluran transmisi condong bekerja sebagai antena-pancar.
2. Kerugian oleh panas
Perlawanan yang ada pada penghantar menimbulkan panas. Pada frekuensi tinggi, panas ditimbulkan oleh efek-kulit; juga dapat ditimbulkan oleh kerugian dielektrikum.
3. Kerugian oleh pantulan tenaga
Tenaga yang seharusnya dilimpahkan ke beban, sebagian dipantulkan balik ke sumber. Hal inilah yang tidak kita kehendaki. Pantulan inilah yang kita sebut gelombang tegak yang lebih dikenal sebagai Standing Wave .

3.3. Impedans karakteristik

Beberapa sifat dari saluran transmisi sepanjang $\frac{1}{2}\lambda$ dengan beban yang berbeda-beda.



Gambar 3.3. Saluran transmisi dan sifatnya

Dari semua kondisi diatas, tentunya yang kita kehendaki adalah kondisi gambar C, dimana semua daya disalurkan ke Beban atau antena dan tidak ada gelombang balik .

3.4. Antena

Antena merupakan jalan masuk ataupun jalan keluar gelombang radio pada suatu sistem komunikasi radio. Pada penerima, gelombang radio masuk melalui antena dan pada pemancar, gelombang radio keluar melalui antena. Arah gelombang radio sangat tergantung pada polarisasinya , apakah polarisasi horizontal atau vertikal. Sehingga dikenal ada dua jenis antena yaitu antena omnidirectional dan directional. Antena omnidirectional memiliki radiasi ke segala arah, sedangkan antena directional memiliki radiasi pada arah tertentu.

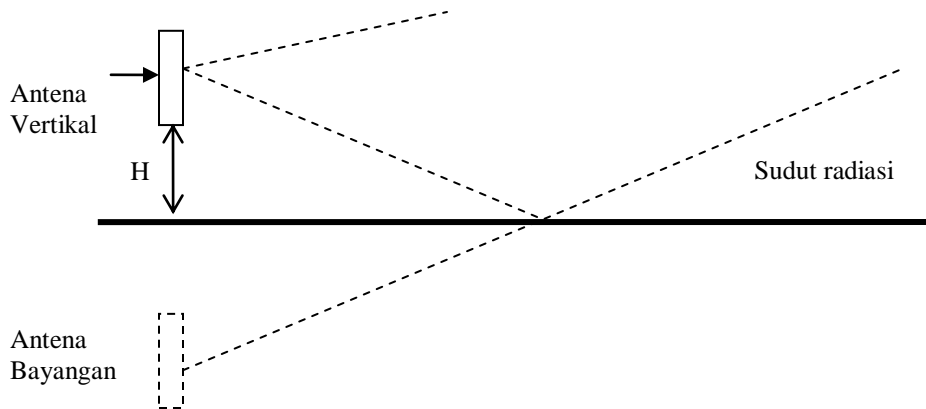
Untuk membuat suatu antena , hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Polarisasi antena harus sesuai dengan polarisasi gelombang radio yang akan diterima atau dipancarkan.
2. Ukuran antena tergantung pada panjang gelombangnya, umumnya $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}$, atau $\frac{5}{8}$ panjang gelombang.
3. Kabel untuk menghubungkan elemen driven atau antena harus mempunyai impedansi karakteristik yang mendekati tahanan antena. Jika tidak , maka diperlukan alat penyesuai.
4. Harus diketahui apakah antena balans atau tidak. Jika antena tidak balans sedangkan kabel transmisi tidak balans maka diperlukan suatu penyesuai , yang disebut balun.

3.4.1. Antena Vertikal

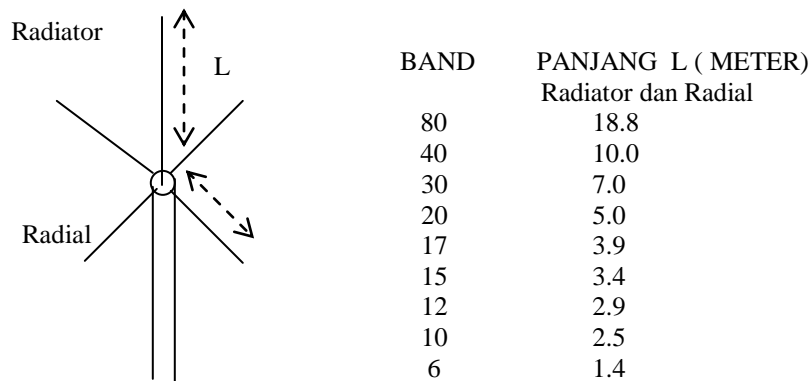
Antena vertikal adalah suatu radiator yang mempunyai medan listrik yang arahnya tegak lurus vertical terhadap bumi, dan arah medan magnitnya adalah parallel terhadap permukaan bumi. Antena-antena vertical ada yang mempunyai panjang $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, atau $\frac{5}{8}$ panjang gelombang (λ) . Desain-desain antenna vertical ini menggunakan ide dari antenna bayangan, untuk menentukan pengaruh dan pemantulan energi radio oleh permukaan bumi terhadap energi radio yang datang padanya. Antena bayangan ini menggambarkan keadaan yang terjadi pada suatu tempat di bawah permukaan bumi yang letaknya di kedalaman bumi sejauh jarak dari antenna vertical itu terhadap permukaan bumi. Dengan menggunakan hokum-hukum mengenai cahaya, maka kuat medan di seluruh titik pengamatan , dapat ditentukan dengan menjumlahkan kuat medan yang datang dengan kuat medan yang dipantulkan , dan hasilnya dapat digambarkan dalam bentuk pemantulan cahaya dari permukaan yang licin.

Konsep antenna bayangan menunjukkan refleksi / pantulan gelombang radio dari permukaan bumi. Antena bayangan terletak di bawah permukaan bumi dalam suatu kedalaman, yang letaknya sama dengan jarak antenna tersebut ke permukaan bumi. Pada antenna vertical, kombinasi gelombang menghasilkan sudut radiasi yang kecil ketika antenna diletakkan di atas tanah .



Gambar 3. 4. Konsep antenna bayangan

Tinggi antenna vertical terhadap tanah H akan menentukan besar sudut radiasi (θ). H yang semakin kecil akan menyebabkan mengecilnya harga θ . Padahal tahanan tanah akan memberikan redaman yang besar bagi gelombang radio yang dipancarkan dari antenna vertical yang mempunyai sudut radiasi terlalu kecil. Jadi ada suatu tinggi minimal dari antenna vertical agar sudut radiasi tidak terlalu kecil. Salah satu cara untuk memperkecil pengaruh tahanan tanah terhadap antenna vertical adalah dengan menambahkan radial, Cara seperti ini digunakan pada antenna ground plane, seperti gambar berikut ini.



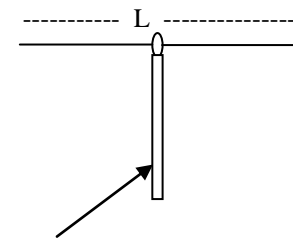
Gambar 3.5. Antena ground plane

3.4.2. Antena Horizontal

Antena horizontal memiliki medan listrik yang parallel dengan permukaan bumi dan medan magnet yang vertical terhadap permukaan bumi. Pola medan dari antenna vertical adalah berlawanan dengan antenna horizontal. Pada antenna horizontal, resistifitas dari tanah akan merubah pola radiasi antenna horizontal, yaitu akan menurunkan kuat medan maksimum dari lobe. Radiasi dengan sudut terhadap horizon yang lebih kecil dari 5 derajat, tidak akan ada. Loss bumi yang terjadi pada antenna

horizontal lebih kecil disbanding yang terjadi pada antenna vertikal. Contoh antenna horizontal yang banyak dipakai adalah antenna dipole dan inverted .

Antena dipole adalah antenna $\frac{1}{2}$ panjang gelombang yang diumpan di tengah-tengah dengan saluran transmisi dua konduktor, yang mempunyai pola radiasi berbentuk angka 8 terhadap arah depan kawat. Dipole sangat sederhana dan murah biaya pembuatannya. Keuntungan antenna dipole adalah renhnya loss tanah,

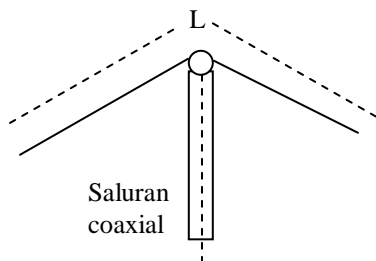


Gambar 3.6. Antena Horizontal

Band	Panjang L(m)	Frekuensi (Mhz)
160 LO	77.15	1.85
160 HI	73.20	1.95
80 LO	39.65	3.60
80 HI	37.56	3.8
40	19.96	7.15
30	14.10	10.12
20	10.05	14.20
17	7.88	18.11
15	6.73	21.20
12	5.72	24.94
10	5.00	28.60

Antana inverted-V terdiri dari dipole, dengan kawat dipolenya dibuat menurun dan membentuk sudut . Latar belakang frekuensi kerja , dan juga tahanan radiasi akan lebih kecil disbanding bentuk yang konvensional . Salah satu keuntungan jenis ini adalah pola radiasinya yang hamper sama ke segala arah, yang sangat kontras bila dibandingkan pola angka 8 dari dipole konvensional.

Panjang dipole “ Inverted – V “ ini relative besar dibanding dipole konvensional , untuk frekuensi yang sama . Kelebihan lain dari antenna ini adalah tiang penopang cukup dengan satu tiang saja, yang dipasang ditengah-tengah. Antena ini juga memberikan pola radiasi omnidirectional dan sangat mudah dalam perakitannya.



Gambar 3.7. Inverted V

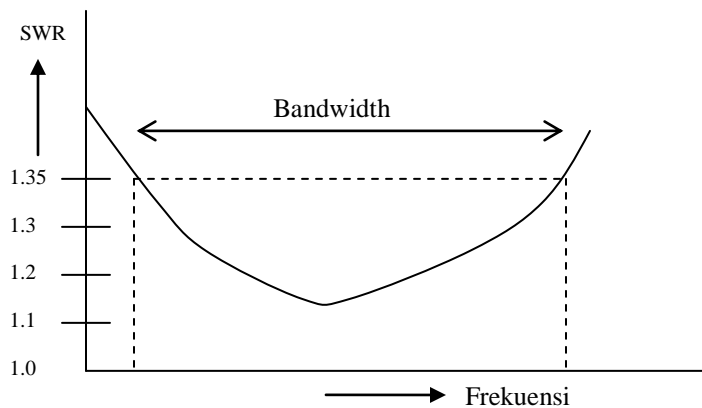
Band	Panjang -L (m)	Frek.(Mhz)
160 L	77.98	1.85
160 H	73.98	1.95
80 L	40.14	3.60
80 H	37.96	3.80
40	20.16	7.15
30	14.25	10.12
20	10.16	14.20
17	7.96	18.11
15	6.80	21.20
12	5.78	24.94
10	5.04	28.60

3.5. SWR (*Standing Wave Ratio*)

SWR adalah peralatan yang digunakan untuk mengetahui suatu keadaan dimana impedansi antenna dan perangkat adalah *match* atau tidak , sehingga daya yang dipancarkan akan diketahui apakah maksimum atau tidak.

Untuk memahami kerja SWR, dapat kita bandingkan gelombang radio yang berjalan di udara dengan gelombang air yang terjadi dengan cara melemparkan batu di suatu kolam yang tenang. Gelombang yang berjalan di luar batu sepanjang perjalanannya, membentuk lingkaran sepusat, sampai gelombang itu menemui rintangan, dan dari titik itu , gelombang dipantulkan kembali ke tempat semula. Gelombang berjalan yang semula (gelombang asal) dan gelombang pantul akan berinteraksi dan membentuk suatu pola yang menarik dari interferensi di permukaan air.

Hal lain yang diberitahukan oleh alat SWR ini adalah seberapa lebar band width dari suatu antenna. Biasanya antenna yang dirancang pada frekuensi tertentu, akan mempunyai SWR yang rendah, dan bila antenna tersebut digunakan untuk frekuensi yang lain maka akan diperoleh pembacaan SWR yang berbeda . Kondisi ini dapat kita peroleh suatu band width dari suatu antenna, dengan cara melakukan pengukuran dari titik tengah atau frekuensi rancangan, kemudian dilakukan pengukuran dibawah frekuensi rancangan dan pengukuran diatas frekuensi rancangan. Sehingga diperoleh suatu bentuk kurva pengukuran seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3.8 . Bandwidth antenna lebih kecil dar 1,35

Harga pembatasan SWR ini bermacam-macam. Untuk komunikasi microwave dan VHF dengan pemancar besar, SWR dibatasi sampai 1,1 atau 1,35. Sedangkan untuk VHF pemancar kecil atau dengan daya pancar lebih kecil dari 100 watt, atau HF pemancar kecil, biasanya SWR dibatasi sampai 2,0. besar SWR dapat dicari dari persamaan berikut :

$$SWR = \frac{1 + K}{1 - K}$$

K adalah koefisien pantul (tegangan). Jadi kondisi terbaik pada saat $K = 0$, dimana semua daya yang diterima tidak ada yang dipantulkan kembali . Pada keadaan $K = 0$ maka SWR adalah sama dengan 1 . Pada kondisi ketdakselarasan total maka nilai SWR menjadi tak terbatas besarnya. Nilai SWR dapat bervariasi antara 1 dan tak terhingga ∞ .

Apabila antara sumber energi dan pemakai maupun antara pemancar dan antenna muncul ketidakselarasan (tidak *match*), maka sebagian kekuatan pemancar akan direfleksikan / pantulkan kembali ke pemancar .Dengan demikian kekuatan ini yang dimaksud untuk hubungan radio hilang. Bagian ini dapat dihitung apabila factor refleksi r diketahui . Atau dengan mengetahui hubungan-hubungan resistansi dari lingkaran-lingkaran bersangkutan diketahui . Disini berlaku hubungan yang sederhana sebagai berikut :

$$r = (R_L - Z_0) / (R_L + Z_0)$$

Misalkan resistansi pancaran sebuah antenna 40 ohm, resistansi gelombang kabel digunakan 50 ohm, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} r &= (40 - 50) / (40 + 50) \\ &= - 10 / 90 \\ &= 0.11 \text{ berarti } | 0.11 | \end{aligned}$$

Dengan demikian besar SWR dari pemancar tersebut adalah :

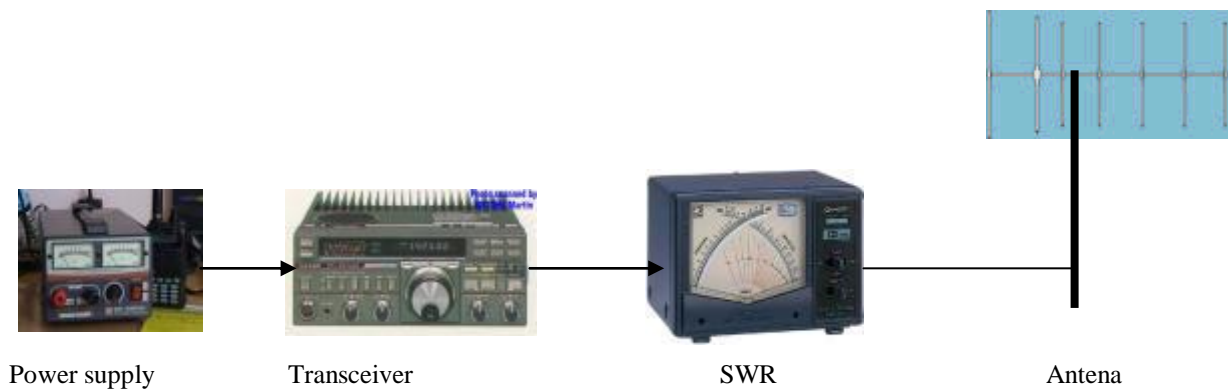
$$SWR = (1 + r) / (1 - r) = (1, 11 / 0,89) = 1,25$$

Antara kekutan pemancar P_s , factor refleksi r dan kekuatan yang direfleksikan P_r adalah :

$$P_r = P_s \times r \times r$$

Dari contoh diatas maka $P_r = P_s \times 0,11 \times 0,11 = 0,012 \times P_s$

Dari rumus diatas, bila kekuatan pemanacr adalah 4 Watt , maka $P_r = 0,012 \times 4 = 48$ mW. Dengan melihat factor refleksi dari suatu pemancar dengan daya yang kecil , maka untuk SWR dibawah 1,5 masih dianggap baik. Walaupun sebagian besar pemakai radio transceiver akan berusaha untuk mencapai SWR = 1, atau istilahnya SWR-nya nyandar (tidak bergerak) , karena tidak ada daya yang dipantulkan balik ke sumber pemancar .

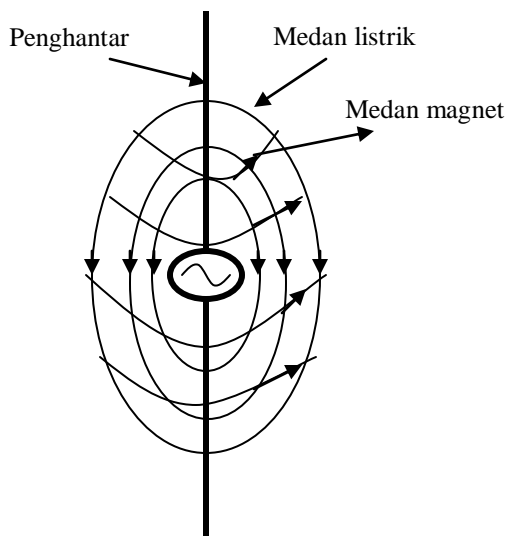


Gambar 3.9 . Cara menghubungkan SWR , Transceiver dengan Antena

BAB IV .

GELOMBANG RADIO

Bila suatu penghantar dialiri arus listrik, maka sepanjang penghantar tersebut timbul medan listrik (E) dan sekeliling penghantar timbul medan magnet (H). Medan listrik dan medan magnet yang timbul , sifatnya sesuai dengan bentuk arus yang menimbulkannya, apakah arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC). Bila penghantar dihubungkan dengan arus searah , maka medan listrik dan medan magnet yang timbul akan tetap, tapi bila penghantar dihubungkan dengan arus bolak-balik maka medan listrik dan medan magnet yang terbentuk akan berubah-ubah sesuai dengan frekuensinya.



Sehingga apabila suatu penghantar atau antenna misalnya, dihubungkan dengan alat pembangkit frekuensi tinggi , maka pada antenna atau penghantar tersebut akan timbul medan listrik dan medan magnet yang berubah-ubah sesuai dengan frekuensinya.

Kedua medan tersebut terlepas ke udara , dan merambat dengan kecepatan cahaya yaitu 300×10^6 m/detik.

Gambar 4.1. Medan listrik dan Medan magnet pada antenna

Jadi Gelombang radio adalah suatu bentuk energi listrik (E) dan energi magnet (H) yang dipancarkan secara bersama-sama dan lebih dikenal sebagai gelombang elektromagnetik.

4.1. Sifat-sifat gelombang radio ditentukan oleh :

1. Frekuensi dan panjang gelombang radio
2. Kekuatan atau intensitas gelombang radio
3. Arah getaran atau polaritas gelombang radio

Frekuensi dan Panjang Gelombang

Frekuensi adalah banyaknya getaran yang terjadi pada periode tertentu dalam satuan Hertz (Hz). Untuk getaran listrik, getaran radio dan getaran suara, satuan waktu yang dipergunakan adalah detik. Dengan kata lain frekuensi adalah banyaknya getaran dalam perdetik.

Satuan turunan Hertz (Hz) adalah :

- Kilo herz = 1000 Hz
- Mega Hertz = 1000.000 Hz
- Giga Hertz = 1000.000.000 Hz

Misalnya getaran radio dengan frekuensi 1 Megahertz, maka dalam satu detik terbentuk 1000.000 periode getaran. Dan dalam satu detik getaran radio tersebut, gelombang radio sebanyak 1000.000 periode. Sehingga dalam perambatannya, satu periode menggunakan jarak :

$$\lambda = c / f \text{ meter} \quad \text{dengan } \lambda = \text{panjang gelombang dalam meter (m)}$$

$c = \text{kecepatan rambat } 300.000 \text{ km/detik}$
 $f = \text{frekuensi atau periode dalam Hertz (Hz)}$

$$\lambda = 300.000.000 / 1000.000$$
$$= 300 \text{ meter}$$

Jarak 300 meter tersebut disebut panjang gelombang (wave length).

Jadi Panjang Gelombang adalah suatu jarak yang dipergunakan oleh gelombang radio, dalam perambatannya, untuk membuat suatu periode getaran .

Untuk mempermudah dalam penghitungan, rumus diatas dapat kita sederhanakan menjadi :

$$\lambda = 300 / f (\text{MHz})$$

atau

$$f = 300 / \lambda$$

Contoh soal :

1. Tentukan panjang gelombang radio untuk frekuensi radio 150 MHz .

$$\begin{aligned}\lambda &= 300 / 150 \\ &= 2 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Tentukan frekuensi radio untuk panjang gelombang 40 meter

$$\begin{aligned}f &= c / \lambda \\ &= 300 / 40 \\ &= 7,5 \text{ MHz}\end{aligned}$$

4.2. Intensitas Gelombang Radio

Gelombang radio yang dipancarkan mempunyai suatu kekuatan atau intensitas getaran radio yang diukur dalam satuan medan listrik yaitu volt / meter . Misalkan, pada suatu tempat intensitas getaran radio 1 volt / meter, maka pada tempat tersebut, bila dipasang suatu antenna (dengan bentuk penghantar lurus), dengan arah getaran radio atau sesuai dengan polarisasinya, maka untuk setiap meter penghantar antenna , timbul getaran tegangan listrik sebesar 1 volt.Tapi dalam kenyataannya , intensitas gelombang radio tidaklah sebesar itu, tapi dalam orde mikro-volt/meter .

Jadi intensitas gelombang radio yang umum digunakan adalah mikro-volt / meter .

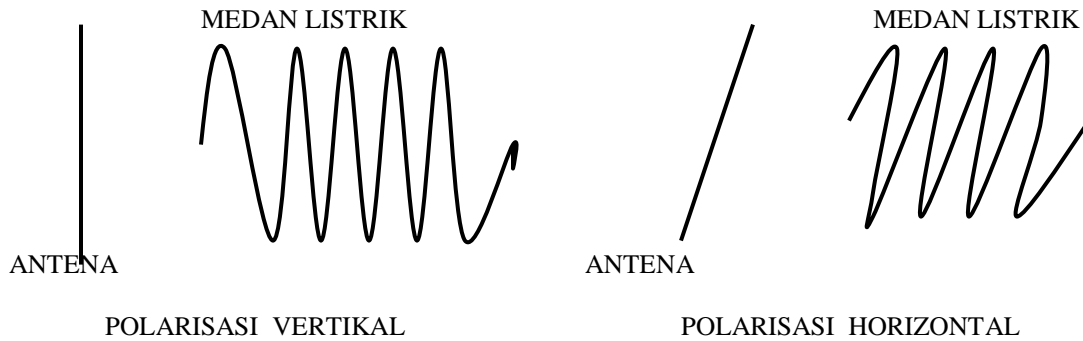
Hal ini dapat dilihat pada spesifikasi suatu perangkat yang mencantumkan suatu sensitivitas dalam penerimaannya. Sebagai contoh HT-2m V68 memiliki , sensitivity sebesar 0,25 mikro-volt (uV) .

4.3. Polarisasi Gelombang Radio

Untuk mendapatkan penerimaan atau daya pancar yang baik(pancaran tidak sia-sia) maka kita perlu mengetahui polarisasi dari gelombang radio tersebut .

Seperti kita ketahui bahwa gelombang radio terdiri dari medan listrik dan medan magnet, sehingga dalam penentuan polarisasi gelombang radio digunakan arah getaran medan listriknya. Polarisasi gelombang radio ada dua yaitu polarisasi vertical, yaitu apabila arah getaran medan listriknya tegak lurus terhadap permukaan bumi. Dan berpolarisasi

horizontal apabila getaran medan listriknya sejajar dengan permukaan bumi. Gelombang radio terpolarisasi vertikal, dibangkitkan oleh antenna vertikal, terutama pada waktu baru lepas dari antenna. Gelombang radio terpolarisasi horizontal dibangkitkan oleh antenna horizontal.



Gambar 4.2. Polarisasi antenna

4.4. Propagasi

Perambatan gelombang radio sangat tergantung dengan kondisi atmosphere seperti troposphere dan ionosphere . Troposphere merupakan lapisan paling bawah yaitu bola dunia diselubungi oleh lapisan-lapisan udara, yang terdiri dari bermacam-macam gas. Ionosphere letaknya lebih tinggi daripada troposphere , konsentrasi lapisan gas menipis atau berkurang, dan terpisah-pisah membentuk lagi lapisan-lapisan gas lainnya. Pada waktu berionisasi lapisan ionosphere bersifat penghantar. Lapisan-lapisan gas pada ionosphere sangat berpengaruh terhadap perambatan gelombang radio, terutama skywave yang banyak digunakan pada komunikasi HF antar negara bahkan antar benua. Ionosphere terdiri dari beberapa lapis yang dikenal dengan lapisan D, E dan F.



Gambar 4.3. Lapisan ionosphere

Lapisan D :

- Lapisan ini hanya timbul pada siang hari, mempunyai ketinggian dari permukaan bumi .
- Meredam frekuensi menengah (MF) dan sebagian frekuensi tinggi (HF) .

Lapisan E :

- Mempunyai ketinggian sekitar 90 – 130 km, dengan ketebalan rata-rata 25 km.
- Ketinggian dan indeks bias tergantung pada elevasi matahari .
- Mempunyai frekuensi kritis sekitar 4 MHz
- Mempunyai range maksimum untuk single hop sekitar 2350 km .

Lapisan F1 :

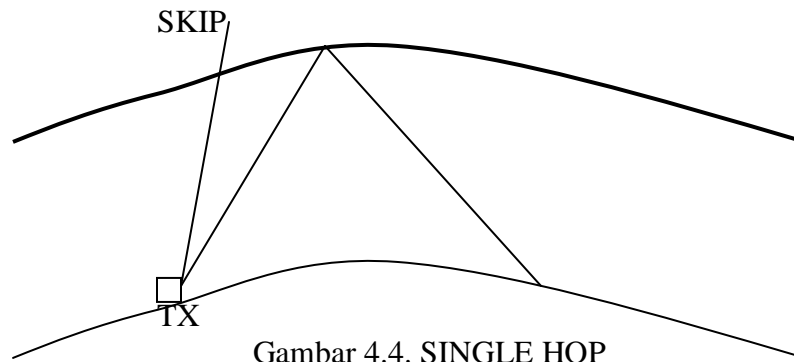
- Mempunyai ketinggian sekitar 180 km (170 – 230 km), dengan ketebalan rata-rata pada siang hari sebesar 20 km.
- Ketinggian lapisan ini dipengaruhi oleh elevasi matahari .
- Mempunyai range maksimum untuk single hop sekitar 3000 km .
- Lapisan ini hanya ada pada siang hari .

Lapisan F2 :

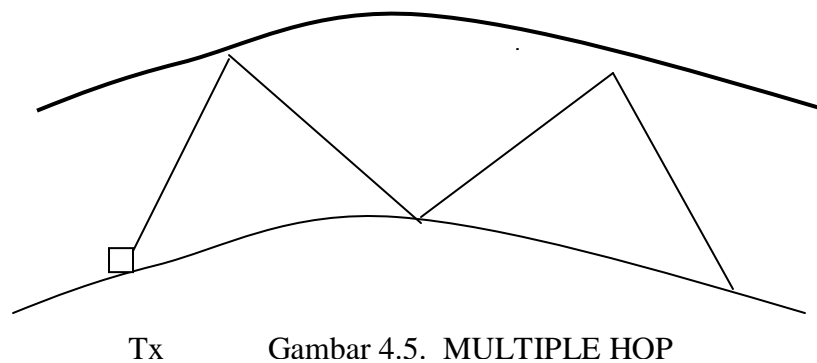
- Mempunyai ketinggian sekitar 250 – 400 km pada siang hari dan sekitar 300 km pada malam hari , dengan ketebalan dapat mencapai lebih dari 200 km .
- Ketinggian maupun indeks bias tidak begitu tergantung pada elevasi matahari dan harganya berubah-ubah setiap saat .
- Mempunyai frekuensi kritis sekitar 8 MHz pada siang hari dan sekitar 6 MHz pada malam hari .
- Mempunyai range maksimum untuk single hop sekitar 38450 km pada siang hari, sedangkan pada malam hari mencapai 4200 km .

Untuk keadaan malam hari lapisan F1 dan F2 bergabung menjadi satu dan bisa disebut lapisan F saja .

Oleh karena gelombang radio pada range MF dan HF dapat dipantulkan oleh ionosphere, maka gelombang yang dipancarkan ke udara dapat balik lagi ke bumi yang cukup jauh. Oleh bumi gelombang tadi dapat dipantulkan lagi balik ke angkasa dan oleh ionosphere dipantulkan ulang ke bumi.



Dengan pantulan bolak-balik ini, maka gelombang radio dapat mencapai jarak sangat jauh dan dengan demikian dapat mencapai belahan bumi di balik sana.

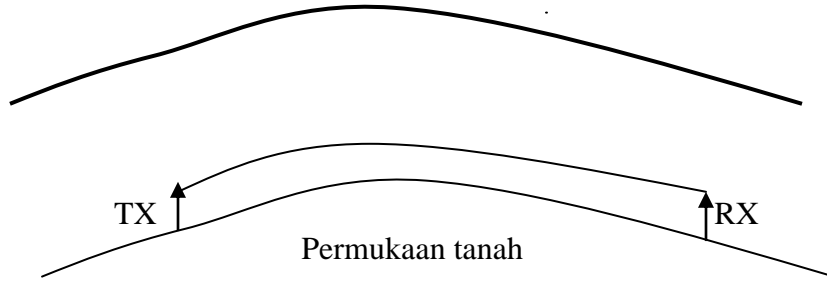


Dalam istilah propagasi, pantulan yang hanya sekali bolak-balik dinamakan single hop dan yang berkali-kali dinamakan multiple hop. Namun dalam perjalanan, gelombang radio akan mengalami pengurangan kekuatan dan juga efisiensi setiap kali pantulan akan mengurangi pula kekuatan gelombang radio. Sehingga intensitas gelombang radio single hope lebih kuat dibandingkan dengan intensitas gelombang radio multiple hop.

4.5. Perambatan gelombang radio

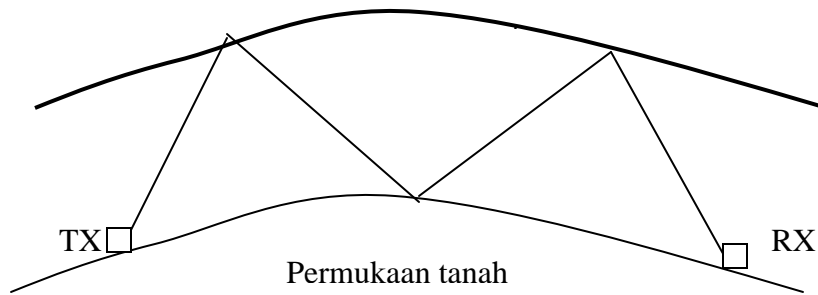
Sesuai dengan sifat perambatannya terdapat tiga jenis gelombang radio yaitu :
Ground wave, Sky wave dan Space Wave .

Ground Wave adalah gelombang radio yang merambat oleh permukaan bumi. Karena itu jangkauannya sangat tergantung pada daya hantar permukaan bumi terhadap gelombang radio tersebut .



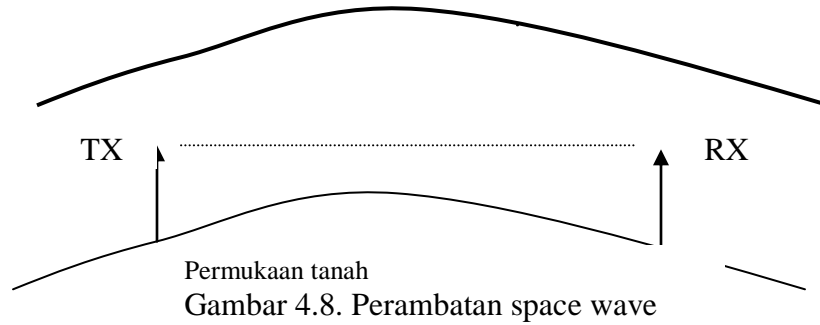
Gambar 4.6. Perambatan ground wave

Sky Wave adalah gelombang radio yang terpancar kearah atas, membentuk suatu sudut terhadap permukaan bumi. Jadi sejajar dengan permukaan bumi. Tergantung dari keadaan ionosphere dan frekuensi radio.



Gambar 4.7. Perambatan sky wave

Space Wave adalah gelombang radio yang sifat pancaran / perambatannya lurus seperti sinar (line of sight –LOS) .Sistim komunikasi yang menggunakan space wave , tidak boleh terhalang oleh bangunan besar, gunung dan sebagainya. Antenna pemancar dan penerima harus berhadapan langsung. Space wave banyak digunakan untuk hubungan jarak jauh, tetapi tidak langsung, melainkan menggunakan perantara stasiun relay, atau dengan satellite.

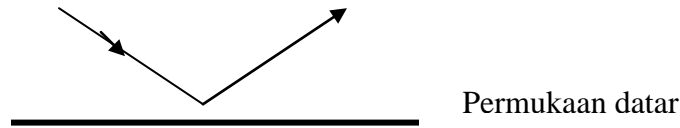


Gambar 4.8. Perambatan space wave

4.6. Hal-hal yang dialami gelombang radio dalam perambatannya

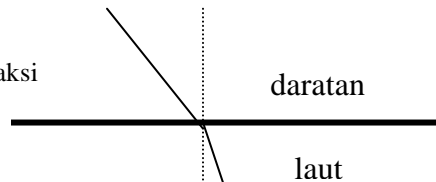
Refleksi yaitu pemantulan gelombang radio . gelombang radio yang merambat didalam media yang homogen konsentrasi dan daya hantarnya, akan merambat lurus .

Gambar 4.9. Refleksi gelombang radio



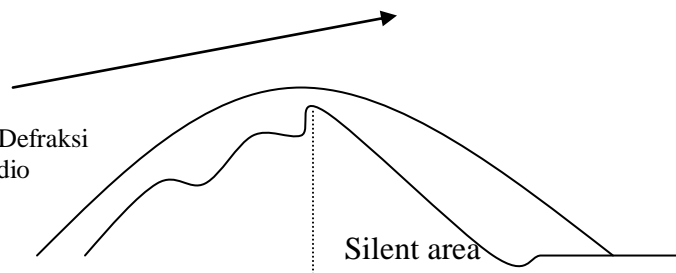
Refraksi yaitu gelombang radio yang merambat pada dua buah media yang berbeda , daya hantarnya akan mengalami pembiasan disamping refleksi . Misalnya media yang daya hantarnya jelek (daratan) ke media yang daya hantarnya bagus (laut).

Gambar 4.10. Refraksi gelombang radio



Defraksi yaitu pelengkungan dan penyebaran gelombang radio disekitar benda-benda yang dilewatinya . Terutama pada benda-benda yang bentuknya relatif tajam . Sehingga pada waktu gelombang radio melintas benda atau bangunan besar terdapat daerah yang tidak bisa menerima gelombang radio yang disebut silent area atau zone of silence .

Gambar 4.11. Defraksi Gelombang radio



Interferensi gelombang radio yaitu percampuran dua jenis gelombang radio atau lebih pada suatu titik atau tempat. Interferensi ini akan menimbulkan gangguan dan terdengar kerosok (noise), dengungan, siulan. Apabila kedua gelombang radio tersebut bermodulasi maka terjadi modulasi silang, atau cross modulasi bila gelombang radio tersebut berdekatan frekuensi pokoknya. Sehingga pada radio penerima terdengar dua buah gelombang informasi, yaitu sinyal informasi terdengar kuat dan sinyal informasi yang terdengar lemah, dan informasi yang lemah inilah yang merupakan gangguan. Jika gelombang radio yang berinterferensi tersebut frekuensinya sama, maka akan terjadi “fading” yaitu pada penerima akan terdengar sinyal informasi yang timbul-tenggelam.

4.7. Pembagian daerah frekuensi / Spektrum frekuensi radio

Pembagian frekuensi dikarenakan sifat dari frekuensi itu sendiri dan memudahkan dalam mengalokasikan frekuensi, yang kita kenal sebagai spektrum frekuensi.

Daerah Frekuensi	Batas Frekuensi	Panjang Gelombang
VLf	10 – 30 kHz	30.000-10.000 m
LF	30 – 300 kHz	10.000-1000 m
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	100 – 10 cm
SHF	3 – 30GHz	10 – 1 cm
EHF	30 – 300 GHz	1 cm – 1 mm

Dengan :

VLf	= Very Low Frequency
LF	= Low Frequency
MF	= Medium Frequency
HF	= High Frequency
VHF	= Very High Frequency
UHF	= Ultra High Frequency
SHF	= Super High Frequency
EHF	= Extrem High Frequency

Very Low Frequency (0 – 30 kHz)

Pada alur ini terdapat dua frekuensi lagi , yaitu Audio Frequency (AF) dan frekuensi ultrasonic. Disebut AF karena frekuensi tersebut dapat didengar oleh manusia . Frekuensi pada VLF , bersifat groundwave. Karena panjang gelombangnya sangat besar , sulit untuk dipancarkan sebagai gelombang radio. Memiliki sifat perambatan yang sangat stabil, mengalami perlemahan sedikit, perambatannya lurus karena sukar dibiaskan dan dipantulkan. Penggunaan umumnya pada radio Navigasi .

Low Frequency (30 – 300 kHz)

Gelombang radio yang termasuk pada frekuensi ini masih bersifat groundwave. Tetapi pengaruh skywave sudah mulai terasa. Sifat perambatannya pada malam hari sama dengan VLF. Pada siang hari mengalami absorpsi lebih besar dari pada VLF. Penggunaannya untuk radio Navigasi pelayaran seperti Radio Beacon dan Radio Direction Finder (RDF), sistim LORAN A/C (long range navigation). Kadang-kadang digunakan pula untuk hubungan radio tetap (point to point) .

Medium Frequency (300 kHz – 3000 kHz)

Gelombang radio ini masih bersifat groundwave, tetapi pengaruh sky wave sudah mulai besar. Terutama sekali pada frekuensi diatas 2 mega hertz, pengaruh sky wave sudah tidak dapat diabaikan. Didalam perambatannya mengalami perlemahan, terutama pada siang hari perlemahannya cukup kuat. Penggunaan gelombang radio ini ialah, untuk sistim radio Navigasi pelayaran, sistim radio Beacon dan RDF, LORAN A dan untuk radio siaran local .

High frequency (3 MHz – 30 MHz)

Golongan frekuensi ini sudah bersifat skywave. Sifat perambatannya sangat tidak stabil, sangat tergantung keadaan cuaca, waktu dan musim. Tetapi jarak capai pada permukaan bumi sangat jauh. Dipergunakan untuk hubungan radio langsung jarak jauh, untuk keperluan ini digunakan sistim SSB. Pada jalur ini banyak digunakan untuk komunikasi jarak jauh oleh rekan-rekan amatir di seluruh dunia, seperti pada jalur-jalur berikut ini :

Jalur 160 m

Daerah ini umumnya diperkirakan dapat mencapai jarak 20 – 30 mil atau lebih pada siang hari. Jarak yang lebih jauh jarang diperoleh, tetapi pada malam hari di musim dingin jarak ini dapat mencapai ribuan mil, biarpun demikian jalur ini tidak digunakan untuk transmisi jarak jauh .

Jalur 80 m

Jalur ini sangat bermanfaat hingga jarak 150 – 250 mil, pada malam hari malah dapat mencapai ribuan mil jaraknya. Walaupun dapat mencapai jarak yang jauh pada kondisi tertentu, jarang digunakan untuk transmisi jarak jauh .

Jalur 40 m

Jalur ini biasanya dipakai untuk jarak sekitar 500 mil atau jarak yang lebih jauh lagi pada malam hari. Pada waktu-waktu gelap yaitu pada saat belum terbitnya matahari dan setelah terbenamnya, gelombang ini dapat merambat sampai jarak yang amat jauh. Jalur ini juga dapat dipakai sebagai jalur lokal .

Jalur 20 m

Umumnya digunakan untuk transmisi jarak jauh (long distance-band) yang meliputi seluruh penerimaan di dunia. Dalam kondidisi yang baik dan waktu yang tepat dapat dilakukan penerimaan pada hampir seluruh bagian dunia. Sinyal terasa amat kuat sepanjang ribuan mil, selama beberapa jam rata-rata setiap hari. Jalur ini jarang dipakai untuk transmisi jarak pendek.

Jalur 15 m

Sangat bervariasi. Jalur ini sangat memuaskan untuk penerimaan jarak amat jauh pada jam-jam yang tepat pada kondisi yang baik, tapi amat jelek bila sinyal lolos dari pantulan. Jalur ini jarang dipakai untuk local .

Jalur 10m / 11 m

Sangat bervariasi. Dalam beberapa hal jalur ini sama dengan jalur 15 m, dan dapat dipakai untuk transmisi sedang maupun amat jauh asalkan kondisi memungkinkan. Sayangnya, jalur ini sering mengalami gangguan.

Jalur yang memberikan hasil amat memuaskan pada suatu waktu mungkin amat mengecewakan alias mati pada selang beberapa jam berikutnya.

Very High Frequency (30 – 300 MHz)

Gelombang radio bersifat spacewave, merambat lurus seperti sinar, dapat dianggap tidak lagi terpengaruh oleh lapisan ionosphere. Digunakan untuk perhubungan jarak dekat (lokal). Misalnya untuk Maritim Mobile Service, sistem radio link, ORARI dan RAPI pada gelombang radio 2 m.

Ultra High Frequency (300 – 3000 MHz)

Gelombang radio ini bersifat spacewave. Dipergunakan untuk perhubungan radio lokal, sistem televisi, amatir, sistem radio relay radio navigasi diantaranya radar.

Super High Frequency (3 – 30 GHz)

Sifat-sifat gelombang radio dan penggunaannya sama dengan UHF. Gelombang radio dengan frekuensi 2 Giga Hertz disebut Microwave. Gelombang radio VHF, UHF dan SHF dalam pancarannya umumnya menggunakan pancaran Frekuensi Modulasi (FM).

DAFTAR PUSTAKA

1. Organisasi Amatir Radio Indonesia (ORARI) Pusat, Paket latih diri , Pengetahuan dasar radio komunikasi tentang propagasi No. TEK-9804 , Jakarta , 1998.
2. Dennis Roddy, Kamal Idris, John Coolen, Komunikasi Elektronika 1,2 , Erlangga,1990
3. Bonus Majalah Hai No 12, Perambatan gelombang radio
4. Richard A, Merakit sendiri antenna radio, Elexmedia Komputindo, Jakarta , 1992
5. Wasito S, Teknik Transmisi, Karya Utama, Jakarta, 1982
6. Sekolah Perwira Radio dan Elektronika (PRE) Yogyakarta, Buku diktat teknik Radio,1986