

**PEMBUATAN PESAWAT PENERIMA VHF PADA
SISTEM PENGUKURAN KECEPATAN SUARA
DI BAWAH LAUT**



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

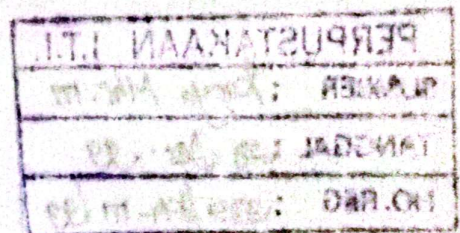
Nama Mahasiswa : ALFRED STEVANUS

Nomor Pokok : 011910083

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

SERPONG

1999



LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN PESAWAT PENERIMA VHF PADA SISTEM PENGUKURAN KECEPATAN SUARA DI BAWAH LAUT

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa : ALFRED STEVANUS

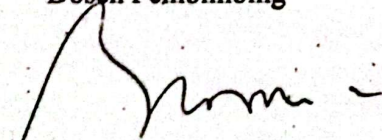
Nomor Pokok : 011910083

Tugas Akhir Diajukan Untuk Memenuhi
Persyaratan Kurikulum Sarjana Strata Satu (S-1)
Fakultas Teknik Industri
Institut Teknologi Indonesia
Serpong

Serpong, 27 Januari 1999

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



(Ir. Budi Pardono)

Diketahui Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Elektro



(Dipl. Ing. Th. H. Lumbantoruan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus untuk kasih dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, di mana tugas akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri di Institut Teknologi Indonesia.

Pada Tugas Akhir ini, penulis mengambil judul "*Pembuatan Pesawat Penerima VHF Pada Sistem Pengukuran Kecepatan Suara Di Bawah Laut*" yang merupakan salah satu bentuk aplikasi telemetri di bidang kelautan.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Berkenaan dengan hal tersebut penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- **Papa, Mama, Opung Boru, Opung Doli, kak Tini, kak Ganda, kak Evi, abang Jimmy dan kakak Kezia (Eca)** yang tercinta, yang telah memberikan dorongan serta semangat yang sangat berarti bagi penulis.
- **Bapak Ir. Budi Pardono** sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan lebih dari sekedar bimbingan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
- **Bapak Ir. Dipl. Ing. Th. H. Lumbantoruan** sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro serta seluruh staf di sekretariat Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Indonesia.
- **Bapak / Ibu dosen penguji** yang telah meluangkan waktu untuk memberi arahan sekaligus menguji.

- Bapak Kapt. Ir. Binsar dan seluruh staf PUSLITBANGAL Pondok Labu yang telah memberi bantuan peminjaman alat serta dukungan moril.
- Wayan, Bachti, Wawan, Lawi hole, Andre Q'tex, Rudy 'atoen', Bagus, Anas, Hari Jawa, BoeBoeb, Chairul, Nan 'dongky' dan teman-teman lain di WORKSHOP HME yang belum disebutkan di sini atas segala bentuk bantuannya.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kesalahan maupun kekurangan, untuk itu kritik dan saran-saran yang membangun sangat diharapkan penulis.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat serta dapat menambah pengetahuan bagi para pembaca.

Serpong, 27 Januari 1999

Penulis

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini akan dibahas tentang garis besar perambatan gelombang akustik di dalam laut. Selain itu akan dibahas pula mengenai sistem perangkat penerima gelombang radio, yang nantinya akan digunakan untuk pengukuran kecepatan suara jarak jauh.

Sinyal radio FM yang diterima memiliki frekuensi pembawa 150 MHz dengan lebar jalur 300 kHz. Setelah sinyal radio ditapis dan diperkuat sebesar 20 dB, maka sinyal tersebut dikonversi frekuensinya ke 10.7 MHz dengan cara mencampurnya dengan sinyal osilator berfrekuensi 139.3 MHz. Jadi proses penguatan dan pendemodulasiannya terjadi pada daerah frekuensi yang lebih rendah.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. TUJUAN	2
1.3. BATASAN MASALAH.....	2
1.4. SISTEMATIKA PENULISAN.....	2
BAB II. TEORI PROPAGASI GELOMBANG SUARA DI LAUT	4
2.1. TRANSMISI SUARA DI DALAM LAUT	4
2.1.1. HAMBURAN SFERIS	4
2.1.2. ABSORPSI	5
2.1.3. HAMBURAN DAN REVERBERASI	6
2.1.4. REFLEKSI.....	7
2.1.5. PEMBELOKAN JALUR CAHAYA.....	7
2.2. JALUR SUARA DI DALAM LAUT	8
2.3. PROFIL KECEPATAN SUARA DI LAUT YANG DALAM	10

BAB. III. TEORI PENDUKUNG	16
3.1. PENDAHULUAN	16
3.2. MODULASI FREKUENSI	16
3.2.1. GAMBARAN SISTEM	16
3.2.2. SPEKTRUM FREKUENSI GELOMBANG FM	18
3.3. PESAWAT PENERIMA RADIO SUPERHETERODIN	21
3.4. PRINSIP DASAR DETEKTOR FM	23
3.4.1. DETEKTOR SELUBUNG	23
3.4.2. DETEKTOR SELUBUNG BALANS	24
3.5. PLL (PHASE LOCKED LOOP)	24
BAB IV. PERANCANGAN ALAT	27
4.1 PENDAHULUAN	27
4.2 PERENCANAAN SISTEM	28
4.2.1 RFA	29
4.2.2 PENCAMPUR	30
4.2.3 IFA DAN DETEKTOR FM	30
4.2.4 OSILATOR	31
BAB V HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA	34
5.1 SISTEM PENGUKURAN	34
5.2 PENGUKURAN LEBAR JALUR RF DAN PENGUATAN RFA.	34
5.3 PENGAMATAN BENTUK SINYAL IF	36
5.4 PENGUKURAN PENGUATAN IFA.	37
5.5 DETEKTOR	39

BAB VI. KESIMPULAN	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sudah merupakan fakta bahwa di dunia ini lebih luas lingkungan perairan dibanding dengan daratan. Hal ini membuat manusia ingin mempelajari dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan lingkungan perairan tersebut.

Banyak perbedaan antara lingkungan bawah air dengan lingkungan di atas permukaan air. Perbedaan-perbedaan ini disebabkan pula dari banyak faktor, antara lain kadar zat kimia yang terkandung, sifat perambatan gelombang, variasi tekanan yang terjadi dan variasi suhu yang ada. Hal inilah yang menjadikan salah satu motivasi berkembangnya teknologi bawah air, yang termasuk di dalamnya teknologi elektronika telekomunikasi.

Ilmu elektronika telekomunikasi untuk teknologi bawah laut sering dipakai sebagai salah satu pendukung dari suatu sistem telemetri, karena memang banyak

kendala yang timbul jika diinginkan penelitian dengan obyek yang berada di bawah permukaan air.

Sonobuoy merupakan perangkat yang berfungsi untuk melakukan proses telemetri dengan obyek yang berada di bawah air. Salah satu sistem pendukung dari sonobuoy tersebut adalah sistem penerimaan sinyal radio. Karena sinyal radio yang diterima itu berisi informasi hasil pengukuran, maka diharapkan agar sistem penerimaan ini mempunyai karakteristik yang relatif baik, dengan tujuan supaya hasil pengukuran yang akan diproses nantinya tidak jauh berbeda dari aslinya.

Jadi dengan perangkat sonobuoy ini dapat dilakukan berbagai penelitian bawah air yang aplikasinya dapat dipakai untuk perkembangan ilmu pengetahuan serta peningkatan pertahanan dan keamanan di suatu wilayah perairan.

1.2. TUJUAN

Pembuatan perangkat penerimaan sinyal informasi dari sonobuoy ini bertujuan, supaya informasi yang akan diproses setelah perangkat penerima ini relatif sesuai dengan informasi yang diterima oleh penerima tersebut, termasuk di dalamnya, mengatasi kendala-kendala yang mungkin terjadi di lokasi pengiriman (lingkungan perairan).

1.3. BATASAN MASALAH

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai latar belakang pembuatan alat, dasar pemikiran, serta cara kerja rangkaian dan alat (baik perangkat sonobuoy secara umum maupun perangkat penerima itu sendiri) secara garis besar maupun berdasarkan diagram blok.

1.4. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 4 bab yaitu :

- Bab I Pendahuluan : tentang latar belakang, pemilihan judul, tujuan penulis, metoda penulisan, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.
- Bab II Teori Pendukung : tentang garis besar propagasi gelombang di bawah permukaan air dan di udara, teori dasar telekomunikasi radio dan teori dasar sistem penerima dalam telekomunikasi radio itu sendiri.
- Bab III Rancangan Sistem dan Prinsip Kerja : tentang prinsip kerja rancangan sistem dan analisa kerja sistem menurut blok diagram.
- Bab IV Cara Kerja dan Pengujian Alat : tentang hasil uji coba, hasil pengukuran rangkaian dan cara kerja rangkaian secara terperinci.
- Kesimpulan : tentang ringkasan penting dari keseluruhan penulisan tugas akhir ini.
- Bagian akhir penulisan tugas akhir ini akan diberikan lampiran-lampiran yang mendukung.

BAB II

TEORI PROPAGASI GELOMBANG SUARA DI LAUT

2.1 TRANSMISI SUARA DI DALAM LAUT

Dari sudut transmisi suara, lautan bukanlah merupakan media transmisi yang homogen. Selain adanya bahan-bahan material yang menghambat penjalaran suara, terdapat pula batas-batas (dasar dan permukaan laut) yang mempengaruhi penjalaran suara dan mengabsorbsi sebagian energi suara dalam bentuk panas. Sifat-sifat ini adalah faktor penghambat, pembelok dan pengurang energi suara.

Misalkan ada suatu sumber suara di dalam laut yang memancarkan energi suara dan terdapat pula detektor energi suara yang terletak di tempat lain. Energi suara yang sampai di detektor akan lebih kecil di banding dengan energi suara yang dipancarkan. Pengurangan ini adalah akibat dari kombinasi atau salah satu dari faktor berikut :

2.1.1 Hamburan sferis

Suara yang terpancar dari sumber dapat dianggap terproyeksi ke luar sebagai suatu gelombang berbentuk lingkaran-lingkaran yang konsentris. Berkurangnya

intensitas akustik akibat meluasnya daerah di mana energi itu diberikan, disebut rugi hamburan sferis.

$$\text{Rugi hamburan sferis (dB)} = 20 \log R \dots\dots\dots [2.1]$$

di mana R adalah jarak dalam satuan yard.

2.1.2 Absorpsi

Selama proses propagasi, gelombang suara memberikan sejumlah energi ke setiap molekul air. Akibatnya adalah molekul akan bergerak lebih cepat dan hal ini dapat dikatakan sebagai panas. Besarnya energi tersebut tergantung pada frekuensi suara. Semakin tinggi frekuensi suara semakin besar energi yang hilang. Walaupun absorpsi bergantung pada beberapa faktor, seperti salinitas dan hamburan, tapi faktor yang paling dominan adalah frekuensi.

$$\text{Rugi Absorpsi} = aR \times 10^{-3} \dots\dots\dots [2.2]$$

di mana R adalah jarak (yard) dan a adalah koefisien absorpsi (dB / kYd)

Pengaruh yang relatif dari setiap faktor ini terhadap kecepatan suara dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C = 4922 + 11,25t + 0,0182d + S - 34 \dots\dots\dots [2.3]$$

di mana : C : kecepatan suara (ft/sec) : temperatur laut (°F)
 d : kedalaman (ft)
 S : salinitas (ppt)

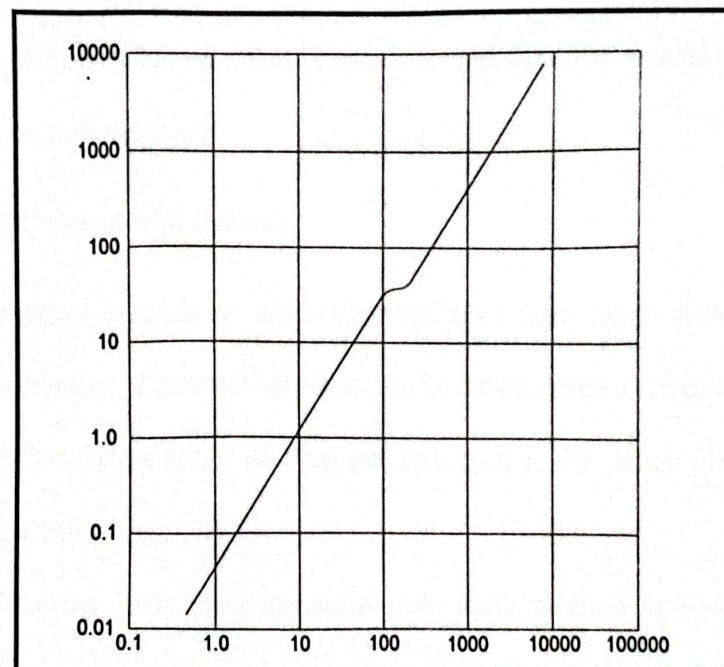
Pada frekuensi yang amat tinggi (di atas 500 kHz), sumber absorpsi yang paling dominan adalah viskositas. Diantara frekuensi 5 sampai 500 kHz, absorpsi merupakan fungsi dari beberapa sifat molekul magnesium sulfat ($MgSO_4$). Sedangkan pada frekuensi dibawah 5 kHz, absorpsi bervariasi dari keadaan yang telah disebutkan di atas ($MgSO_4$ dan viskositas). Karena adanya faktor-faktor ini, untuk temperatur

konstan 39°F , koefisien absorpsi berubah-ubah menurut frekuensi, dan sebagai pendekatannya :

$$a = \frac{0,1 f^2}{1 + f^2}; \frac{40 f^2}{4100 + f^2} 5 \times 10^{-4} f^2 \dots\dots\dots [2.4]$$

dengan f dalam kHz dan a dalam db/kyd.

Bagian pertama dari persamaan di atas berhubungan dengan daerah frekuensi di bawah 5 kHz dan pada bagian kedua berhubungan dengan daerah frekuensi antara 5 sampai 500 kHz. Sedangkan pada bagian ketiga adalah untuk daerah frekuensi di atas 500 kHz. Untuk beberapa koefisien absorpsi yang umum yang dihitung dari persamaan ini diberikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. koefisien absorpsi air laut sebagai fungsi frekuensi pada salinitas 35 ppt dan 39°F

2.1.3 Hamburan Dan Reverberasi

Dasar dan permukaan laut selalu bervariasi secara tidak beraturan untuk setiap lokasi dan setiap keadaan. Di dalam laut terdapat bahan-bahan seperti debu, organisme laut, ikan dan lain-lain. Jika gelombang suara terhalang oleh bahan

tersebut, sebagian suara akan akan direfleksikan, diradiasikan ulang, dipantulkan ulang dan seterusnya. Fenomena pengulangan gema ini disebut reverberasi. Sedangkan partikel-partikel non homogen yang merefleksikan dan meradiasikan ulang suara disebut penghambur.

Reverberasi bervariasi di setiap tempat di dalam laut dan juga bervariasi dari waktu ke waktu di suatu tempat. Hal ini disebabkan karena berubahnya kedalaman lapisan-lapisan penghambur akibat temperatur di dalam laut atau akibat keadaan laut. Dan tentunya bervariasi pula terhadap perubahan batas permukaan laut.

2.1.4 Refleksi

Rugi refleksi adalah berkurangnya intensitas akustik akibat perubahan arah penjarangan gelombang karena refleksi permukaan, dasar ataupun sasaran dan beberapa absorpsi suara oleh dasar laut.

2.1.5 Pembelokan Jalur Cahaya

Kecepatan suara di air dapat digambarkan sebagai fungsi dari temperatur, salinitas dan tekanan. Jika salah satu faktor ini bertambah maka kecepatan suara akan meningkat. Dari ketiga faktor ini yang paling bervariasi dan paling mempengaruhi adalah temperatur.

Gelombang suara yang merambat pada suatu medium akan dibelokkan ke daerah di mana kecepatan suara cenderung akan lebih rendah. Sifat suatu daerah di dalam laut, menentukan kemungkinan-kemungkinan jalur yang dilalui suara.. Pada pembahasan nanti, akan lebih dibahas gerak gelombang suara tanpa refleksi batas permukaan maupun dasar laut.

2.2 JALUR SUARA DI DALAM LAUT

a. Jalur Langsung

Jalur langsung adalah jalur garis lurus dari sumber ke detektor. Jalur ini dipengaruhi oleh semua sumber rugi yang ada.

b. Jalur Pantulan

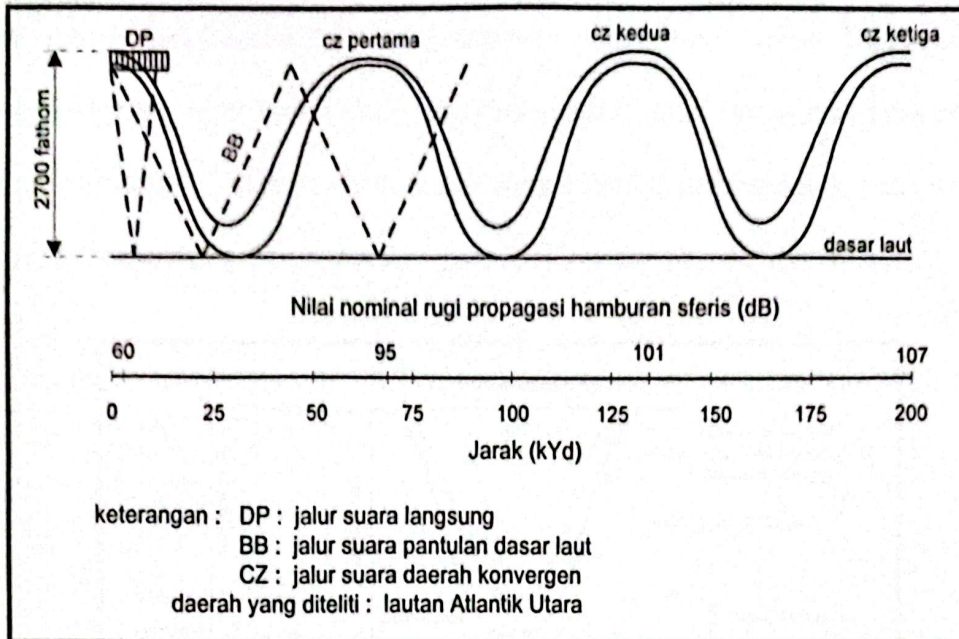
Jalur suara ini menggunakan energi suara yang diarahkan ataupun yang dibelokkan ke arah dasar laut supaya energi suara tersebut direfleksikan oleh dasar laut. Walaupun jalur ini relatif bebas dari pantulan akibat kondisi termal, tapi jalur ini sangat dipengaruhi oleh kedalaman dan absorpsi suara oleh dasar laut.

Nilai jalur suara sangat tergantung pada reflektifitas, yaitu seberapa besar pertambahan rugi propagasi akibat absorpsi dasar laut, dan seberapa datarnya dasar laut.

c. Jalur Suara Daerah Konvergen

Jalur ini terdapat di suatu tempat yang sangat dalam, di mana pengaruh tekanan mengakibatkan kecepatan suara bertambah sampai suara itu dipantulkan ke atas.

Untuk sumber suara dan detektor yang dangkal di laut dalam, jarak daerah konvergen antara keduanya (sumber dan detektor) sejauh 35 mil. Di laut dalam, energi suara dari sumber akan direfraksikan ke bawah akibat berkurangnya temperatur lalu akan dibelokkan ke atas karena bertambahnya tekanan suara. Jika suara mendekati ujung detektor di daerah konvergen maka akan terjadi penguatan atau pemfokusan dan juga terjadi pembelokan berikutnya ke bawah akibat berkurangnya temperatur. Jika energi suara asli cukup kuat, sinyal mungkin dapat dideteksi pada jarak dari 2, 3 atau lebih daerah konvergen.

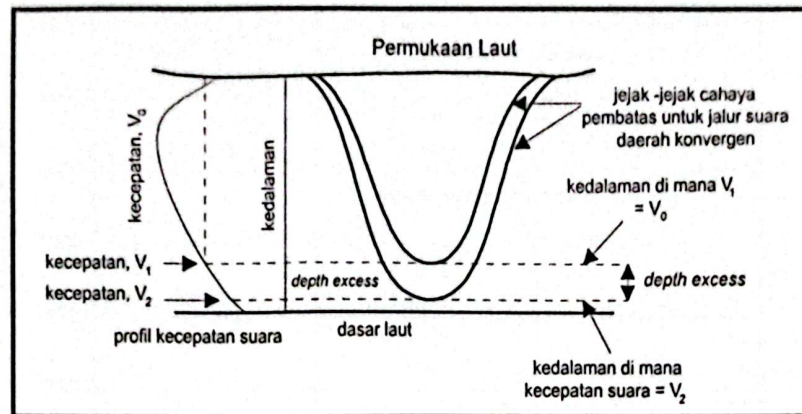


Gambar 2.2. Tiga jalur suara antara sumber dan penerima di laut dalam di laut Atlantik utara.

Jalur langsung, pantulan dasar laut dan jalur daerah konvergen dapat dilihat pada Gambar 2.2 bersama dengan nilai nominalnya untuk rugi hamburan sferis dan jangkauan. Untuk penyederhanaan jalur batas laut digambarkan sebagai berkas tunggal.

Pada Gambar 2.2, jalur daerah konvergen memiliki kedalaman yang berdasarkan konsep berkas suara yang terpancar dari suatu sumber. Sesuai definisi, daerah konvergen dibentuk jika suara atas dari suatu berkas suara menjadi horisontal, yaitu pada kedalaman di mana kecepatan suara sama dengan kecepatan yang lebih tinggi pada permukaan atau pada dasar dari lapisan permukaan. Semakin energi suara menjalar ke atas mendekati permukaan, jalur akan semakin tajam atau cenderung memfokuskan energi.

Selisih kedalaman antara dasar laut dengan kedalaman di mana suara yang lebih atas menjadi horisontal disebut kedalaman lebih (*depth excess*). *Depth excess* menggambarkan lebar berkas suara atau “nilai suara” yang membentuk jalur suara daerah konvergen. Selain itu *depth excess* merupakan hal penting untuk menentukan penguatan konvergen.



Gambar 2.3. konsep *depth excess* dan *velocity excess* untuk jalur suara daerah konvergen

d. Jalur Propagasi Kanal Suara

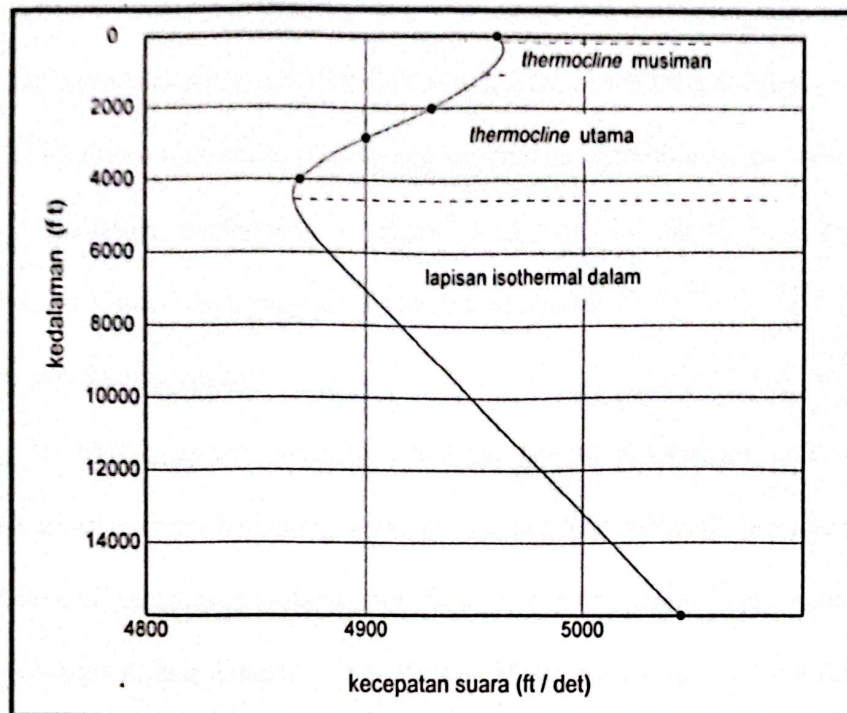
Struktur kecepatan suara di laut yang dikombinasikan dengan batas-batas laut (dasar dan permukaan) akan menghasilkan kanal-kanal suara. Umumnya, suatu kanal suara akan timbul jika suara yang bergerak horisontal dari sumber dihalangi atau dihindari dari hamburan vertikal dan dikurung di dalam kanal. Beberapa kanal dibentuk berdasarkan struktur kecepatan yang berdiri sendiri, yaitu refraksi, dan refleksi oleh batas permukaan dan dasar laut.

2.3 PROFIL KECEPATAN SUARA DI LAUT YANG DALAM

Profil kecepatan suara di laut dalam dapat dilihat pada Gambar 2.11. Profil biasanya dibagi dalam beberapa lapisan yang masing-masing memiliki karakteristik sendiri. Pada Gambar 2.4, beberapa lapisan dinamakan *thermocline* yang artinya suatu lapisan laut yang temperaturnya berubah terhadap kedalaman.

a. Lapisan Permukaan

Lapisan ini setiap hari terkena panas dari matahari dan diaduk oleh angin. Pengadukan ini berlangsung terus sehingga lapisan ini memiliki temperatur yang konstan (isothermal). Kedalaman lapisan ini berbanding lurus terhadap kuatnya angin.



Gambar 2.4. Struktur kecepatan suara di laut dalam dan lapisan-lapisannya

Jika sumber suara yang berada di dalam lapisan isothermal mengeluarkan suara, maka suara itu akan terkurung di dalam lapisan tersebut. Hal ini akan lebih memperluas daerah pendeteksian, dan hasil penelitian juga akan lebih baik jika dilakukan di dalam lapisan isothermal ini.

Bila lapisan permukaan campuran begitu dangkal sehingga hanya sonar aktif yang ada di dalam dan sasaran ada di bawah lapisan, maka jangkauan deteksi akan berkurang akibat terkurungnya sebagian energi suara di dalam lapisan dan energi yang lain direfraksikan ke dekat sumber, jadi akan membuat suatu daerah bayangan lapisan bawah.

Di daerah tropis, bagian atas lapisan permukaan campuran akan terkena panas matahari. Pertambahan panas ini mengakibatkan gradien positif termal yang dangkal di dalam lapisan permukaan. Juga sesuai dengan bertiupnya angin, bagian atas lapisan permukaan menjadi teraduk dan menjadi isothermal. Efek jaringan di tengah hari, suatu gradien kecepatan positif yang ada dalam lapisan permukaan, mengurangi pancaran dari suatu sonar aktif di dalam saluran permukaan yang dangkal.

Fenomena transien setempat yang lain mempengaruhi propagasi suara di laut.. Selain cenderung mengurangi performa sonar, hal ini dapat juga mengurangi kemampuan deteksi daya yang diradiasikan tanda bising.

b. *Thermocline* Musiman

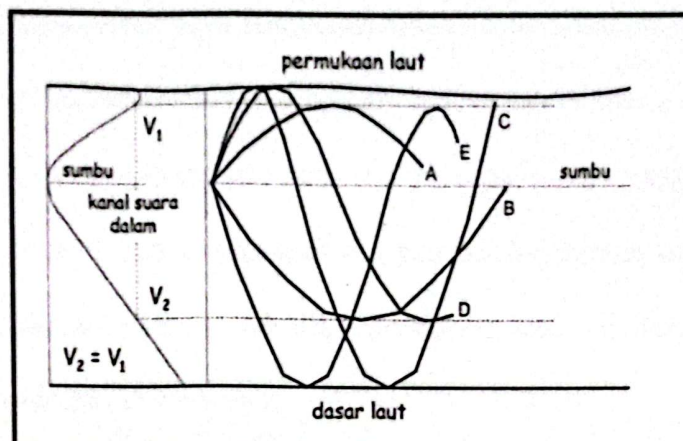
Di bawah lapisan permukaan terdapat lapisan *thermocline* musiman. Pada lapisan ini, temperatur berkurang sesuai kedalaman. Kedalaman di mana pengurangan mulai terjadi, tergantung pada musim. Sebagai contoh, dalam bulan musim dingin yang berangin di laut Atlantik Utara atau laut Mediteranian, air permukaan diaduk oleh angin ke tempat yang lebih dalam daripada dalam musim panas. Selama musim dingin, bagian bawah lapisan campuran dapat menjadi begitu dalam sehingga *thermocline* musiman menjadi hilang.

c. *Thermocline* Utama

Lapisan berikut adalah lapisan *thermocline* utama. Lapisan ini ditandai dengan pengurangan temperatur sesuai kedalaman dan lapisan ini agak dipengaruhi oleh perubahan kondisi permukaan. Batas bawah lapisan ini adalah bagian atas lapisan isothermal dalam, atau kedalaman di mana temperatur laut cenderung tetap 39 °F. Pada lapisan isothermal dalam, kecepatan suara bertambah sesuai kedalaman sebagai fungsi berkurangnya tekanan.

d. Kanal Suara Dalam

Kanal suara dalam terbentuk di dalam lautan sebagai akibat dari struktur kecepatan suara di laut. Hal ini digambarkan pada Gambar 2.14. Semua suara yang meninggalkan proyektor antara 2 perbatasan jalur suara A dan B, secara bergantian direfraksikan ke atas dan ke bawah antara garis-garis batas yang telah diindikasikan menurut hukum Snell. Kanal suara ini membuat propagasi suara yang sangat baik. Hal ini juga disebut kanal SOFAR (*sonar fixing and ranging*).



Gambar 2.5. Profil kecepatan suara dan diagram jalur suara yang umum untuk suatu sumber suara (atau penerima di sumbu kanal suara dalam)

Gambar 2.5 juga menunjukkan jalur-jalur yang dapat dilewati suara yang tidak dibatasi oleh suara A dan B. Ini mungkin mengikuti jalur-jalur propagasi yang direfleksikan pada permukaan dan dasar laut (C), atau direfraksikan dan direfleksikan dari dasar maupun permukaan laut (D dan E). Cahaya D biasanya disebut jalur RSR (*Refracted Surface Reflected*), sedangkan E disebut jalur RBR (*Refracted Bottom Reflected*).

Untuk transmisi suara di dalam suatu kanal, diperlukan sedikit perubahan tentang rugi propagasi secara kuantitatif (rugi hamburan sferis = $20 \log R$). Untuk keadaan di mana lebar kanal kecil dibanding jangkauan transmisi suara ada

analoginya yaitu aliran melalui pipa silinder. Rugi propagasi untuk hamburan silinder dituliskan :

$$\text{Rugi hamburan silinder (dB)} = 10 \log R \dots\dots\dots [2.5]$$

di mana R adalah jarak dalam yard.

Perbandingan persamaan 2.5 dengan rugi hamburan sferis (persamaan 2.1) menyatakan bahwa rugi propagasi yang diteliti di bawah kondisi penyaluran mungkin hanya sebesar 1,5 dari rugi normal yang diharapkan akibat hamburan sferis.

Jika dianggap semua daya suara dikeluarkan sumber, atau ditempatkan pada sumbu (atau di dalam) kanal suara dalam, maka terlihat bahwa semua suara ini akan saling memotong dan bergabung satu sama lain pada *hydrophone* yang diletakkan di dalam kanal. Daerah-daerah pemotongan dan pemfokusan disebut *caustic* (tajam). Dalam kondisi khusus *caustic* terjadi dekat permukaan laut, dan daerah penguatan pemfokusan disebut daerah konvergen.

Batas atas dan bawah kanal suara dalam, tidak memiliki lebar yang tetap, tapi hanya ditentukan oleh profil kecepatan suara dan kedalaman laut. Jadi, kanal malahan meluas dari permukaan laut ke dasar laut pada beberapa waktu dalam beberapa daerah.

e. Jalur akustik *reliable* (RAP)

Energi suara direfraksikan ke bawah akibat berkurangnya temperatur sampai lapisan isothermal dalam, pada suatu saat di mana tekanan akibat kedalaman akan menambah kecepatan suara. Jika kecepatan suara di bawah sumbu kanal suara (atau melebihi) maksimum di dekat kecepatan suara permukaan, jalur energi suara direfraksikan ke permukaan.

Jika sumber atau penerima pada kasus di atas ditempatkan (atau di bawah) kedalaman di mana energi suara direfraksikan ke atas, energi suara dari proyektor

(atau ke penerima) akan mengikuti jalur suara yang mirip dengan jalur suara daerah konvergen. Jalur ini disebut RAP (*reliable acoustic path*), karena jalur ini tidak tergantung pada rugirugi permukaan atau dasar laut, tidak juga pada kondisi yang bervariasi yang timbul di sekitar permukaan laut.

f. Propagasi suara air dangkal

Umumnya air dangkal memiliki kedalaman lebih kecil dari 1000 fathom. Propagasi di daerah ini sulit diprediksi karena adanya multi refleksi suara dari dasar ke permukaan lalu ke dasar lagi. Air dangkal dapat dilihat sebagai suatu saluran, tapi rugirugi refleksi tidak dapat diprediksi dengan tepat. Pada keadaan ini, mungkin saja sonar aktif dapat mencapai jarak deteksi yang lebih jauh walaupun di dalam kondisigradien yang negatif. Dan lagi pula, kedalaman sasaran berpengaruh kecil pada performa sonar di daerah air dangkal.

BAB. III

TEORI PENDUKUNG

3.1 PENDAHULUAN

Proses yang terjadi pada suatu pesawat penerima radio secara umum adalah memisahkan sebuah sinyal radio yang diinginkan dari semua sinyal radio lain yang diterima oleh antena. Sinyal yang dipisahkan tersebut kemudian diperkuat sampai suatu tingkat tertentu yang dapat dipergunakan. Akhirnya, sinyal informasi dipisahkan dari sinyal pembawanya dan diteruskan ke pengubah besaran listrik menjadi besaran non listrik.

3.2 MODULASI FREKUENSI

Modulasi frekuensi adalah suatu sistem modulasi di mana amplitudo gelombang pembawa yang telah dimodulasi dijaga konstan sementara frekuensi gelombang itu sendiri berubah sesuai dengan amplitudo gelombang pemodulasi.

3.2.1 GAMBARAN SISTEM

Persamaan umum tegangan gelombang pembawa dapat dituliskan :

$$v_c = A_c \sin(\omega_c t) \dots\dots\dots [3.1]$$

di mana A_c adalah amplitudo (volt) sedangkan ω_c adalah kecepatan angular gelombang pembawa (rad / det) yaitu sama dengan $2\pi f_c$.

Tingkat ketinggian frekuensi pembawa yang berubah dari nilai sebelum dimodulasi disebut deviasi. Deviasi ini dibuat proporsional terhadap nilai sesaat tegangan pemodulasi. Untuk penyederhanaan, diasumsikan bahwa sinyal pemodulasinya tunggal berbentuk sinusoidal.

Frekuensi gelombang pembawa yang telah termodulasi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f = f_c (1 + kV_m \cos \omega_m t) \dots\dots\dots [3.2]$$

di mana : f_c = frekuensi gelombang pembawa

k = konstanta proporsional

$V_m \cos \omega_m t$ = tegangan sesaat gelombang pemodulasi

Jadi deviasi maksimumnya adalah :

$$\delta = kV_m f_c \dots\dots\dots [3.3]$$

Tegangan sesaat dari sinyal FM :

$$\begin{aligned} v &= A_c \sin [2\pi f_c (1 + kV_m \cos \omega_m t)] \\ &= A \sin \theta \dots\dots\dots [3.4] \end{aligned}$$

di mana $F(\omega_m, \omega_m)$ atau θ merupakan fungsi dengan variabel frekuensi pembawa dan frekuensi pemodulasi. Sudut θ dapat dikatakan terbentuk dari perputaran vektor A_c selama waktu t dan dapat dinyatakan sebagai kecepatan sudut ω dikali dengan waktu t . Dari persamaan 3.3 didapat :

$$\omega = \omega_c (1 + kV_m \cos \omega_m t) \dots\dots\dots [3.5]$$

Maka akan didapatkan :

$$\theta = \omega_c t + \frac{k V_m f_c \sin \omega_m t}{f_m} \dots\dots\dots [3.6]$$

Dengan memasukkan persamaan 3.3 :

$$\theta = \omega_c t + \frac{\delta \sin \omega_m t}{f_m} \dots\dots\dots [3.7]$$

Dengan mensubsitusi persamaan di atas ke dalam persamaan 3.4. didapat :

$$v = A \sin \left(\omega_c t + \frac{\delta \sin \omega_m t}{f_m} \right) \dots\dots\dots [3.8]$$

Indeks modulasi untuk FM, m_f , didefinisikan sebagai perbandingan deviasi frekuensi maksimum terhadap frekuensi pemodulasi.

$$m_f = \frac{\delta}{f_m} \dots\dots\dots [3.9]$$

jadi persamaan 3.8 menjadi :

$$v = A \sin (\omega_c t + m_f \sin \omega_m t) \dots\dots\dots [3.10]$$

3.2.2 SPEKTRUM FREKUENSI GELOMBANG FM

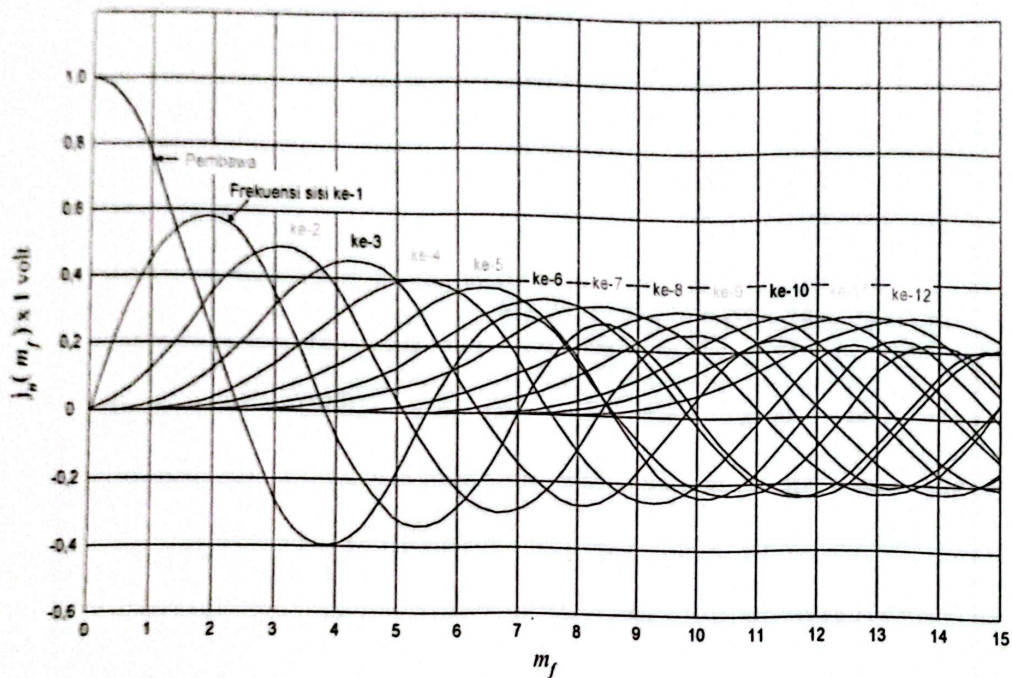
Dengan memakai fungsi Bessel untuk persamaan 3.10 :

$$\begin{aligned} v = A \{ & J_0(m_f) \sin \omega_c t \\ & + J_1(m_f) [\sin (\omega_c + \omega_m)t - \sin (\omega_c - \omega_m)t] \\ & + J_2(m_f) [\sin (\omega_c + 2\omega_m)t - \sin (\omega_c - 2\omega_m)t] \\ & + J_3(m_f) [\sin (\omega_c + 3\omega_m)t - \sin (\omega_c - 3\omega_m)t] \\ & + J_4(m_f) [\sin (\omega_c + 4\omega_m)t - \sin (\omega_c - 4\omega_m)t] \dots \} \dots\dots\dots [3.11] \end{aligned}$$

Gelombang termodulasi FM terdiri dari sebuah gelombang pembawa dan sejumlah pasangan jalur sisi (*sideband*) yang tak terhingga banyaknya, di mana masing-masing didahului oleh koefisien J.

Tabel 3.1. Fungsi Bessel

Indeks Modulasi	Frekuensi - frekuensi Sisi												
	Pembawa	Ke 1	Ke 2	Ke 3	Ke 4	Ke 5	Ke 6	Ke 7	Ke 8	Ke 9	Ke 10	Ke 11	Ke 12
m_f	J0	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12
0.25	0.98	0.12	0.01										
0.5	0.94	0.24	0.03										
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02									
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01								
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	0.01							
2.4	0.00	0.52	0.43	0.20	0.06								
3.0	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01						
4.0	-0.40	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02					
5.0	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	0.01			
5.5	0.00	-0.34	-0.12	0.26	0.40	0.32	0.19	0.09	0.03	0.01			
6.0	0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	0.01		
7.0	0.30	0.00	-0.30	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02	0.01	
8.0	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.10	0.19	0.34	0.32	0.22	0.10	0.06	0.03	0.01
8.65	0	0.27	0.06	-0.24	-0.23	0.03	0.26	0.34	0.28	0.18	0.10	0.05	0.02

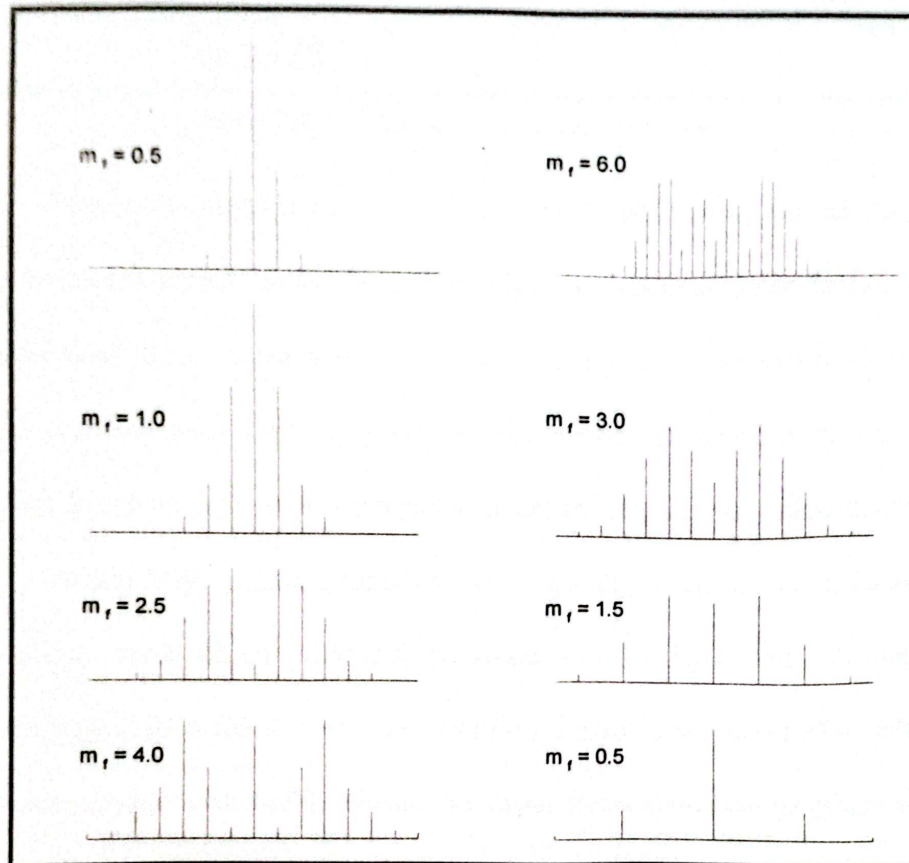


Gambar 3.1. Fungsi Bessel

Tabel 3.1 menunjukkan bahwa setiap nilai m_f mempunyai nilai koefisien J tertentu dan m_f berbanding terbalik terhadap frekuensi pemodulasi (f_m).

Daya jalur sisi dan total daya pancar bertambah apabila kedalaman modulasi pada AM bertambah. Lain halnya pada FM, total daya pancar selalu dijaga konstan. Lebar jalur yang ingin ditransmisikan akan bertambah sesuai dengan bertambahnya kedalaman modulasi FM.

Gambar 3.2. menunjukkan perubahan spektrum frekuensi jika deviasi (δ) bertambah dan f_m konstan. Selain itu juga dapat dilihat perubahan spektrum frekuensi jika f_m bertambah dan δ konstan. Bertambahnya m_f akan menambah lebar jalur, dan juga pengurangan f_m akan menambah banyak jalur sisi. Walaupun secara teoritis jumlah komponen jalur sisi tidak terhingga banyaknya, tapi dalam prakteknya banyak jalur-jalur sisi yang lebih tinggi memiliki amplitudo yang dapat diabaikan akibatnya jalur-jalur sisi tersebut tidak diperlihatkan pada spektrum frekuensi di Gambar 3.3.



Gambar 3.2. Spektrogram FM

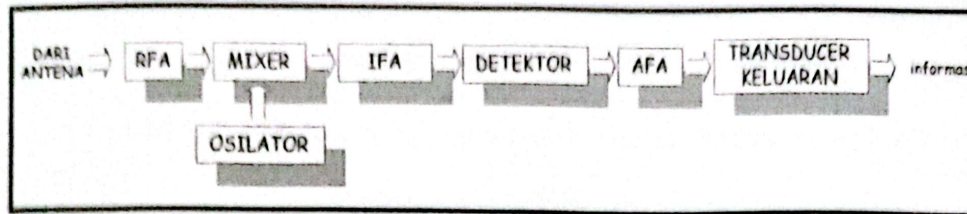
Lebar jalur dapat ditentukan melalui anggapan bahwa amplitudo jalur-jalur sisi setelah orde ke- $(m_f + 1)$ dapat diabaikan.

$$BW = 2(m_f + 1)f_m \dots\dots\dots [3.12]$$

di mana BW adalah lebar jalur dan f_m adalah frekuensi gelombang pemodulasi.

3.3 PESAWAT PENERIMA RADIO SUPERHETERODIN

Penerima superheterodin dikembangkan untuk memperbaiki selektivitas pada tingkat frekuensi antara (*Intermediate frequency / IF*). Peningkatan selektivitas lebih mudah dilakukan pada tingkat IF karena rangkaian-rangkaian ditala tetap pada IF meskipun dipilih stasiun-stasiun yang berbeda.



Gambar 3.3. Blok diagram penerima superheterodin

Prinsip dari superheterodin adalah jika dua sinyal sinusoida dengan frekuensi yang berbeda dicampur dan kemudian dilewatkan pada suatu rangkaian dengan fungsi transfer tidak linier, maka sinyal keluarannya mengandung komponen-komponen sinyal pada frekuensi yang merupakan jumlah, selisih dan termasuk kedua sinyal tersebut. Selain itu terdapat pula campuran-campuran harmonis dari kedua sinyal itu.

Prinsip kerja penerima superheterodin dapat digambarkan pada gambar 3.3. Selektivitas ujung depan (*front-end*) dihasilkan oleh rangkaian tala sebelum dan setelah tingkat RFA (*radio frequency amplifier*). Besarnya penguatan RFA terhadap suatu sinyal yang telah dipilih sebelumnya, diatur sesuai kebutuhan rangkaian secara keseluruhan (distribusi penguatan).

Sinyal dari RFA akan dicampur dengan frekuensi osilator untuk menghasilkan IF pada bagian pencampur (*mixer*). Frekuensi tengah (IF) ini berupa selisih kedua frekuensi.

Keluaran penyaring IF dikuatkan oleh satu atau lebih tingkat penguat yang disebut IFA (*Intermediate Frequency Amplifier*). Besarnya penguatan tergantung pada tujuan perancangan, tipe perangkat penguat dan jumlah tingkat penguatan.

Keluaran IFA dimasukkan ke detektor supaya sinyal informasi dihasilkan kembali. Pada detektor terdapat juga sinyal-sinyal untuk pengaturan frekuensi otomatis (AFC) pada penerima FM. Sinyal AFC digunakan untuk memperbaiki frekuensi osilator lokal. Sinyal keluaran detektor akan dibentuk seperti aslinya dengan suatu transduser keluaran, tapi karena daya sinyal keluaran detektor masih kecil, jadi perlu adanya penguat di antara detektor dan transduser keluaran.

Khusus untuk penerima superheterodin FM, diperlukan *limiter* setelah IFA. Pada dasarnya, amplitudo sinyal FM adalah sama. Supaya detektor FM pada sisi penerima bisa bekerja dengan baik, perlu adanya *limiter* untuk membatasi tingkat tegangan yang masuk ke detektor.

Umumnya IF dipilih lebih rendah daripada frekuensi sinyal terendah yang akan diubah. Makin rendah IF, makin mudah mendapatkan selektivitas yang baik, jika IF terlalu tinggi, dan masuk ke dalam cakupan daerah frekuensi sinyal akan terjadi pengumpanan langsung, yaitu sinyal langsung masuk ke bagian IF.

Selektivitas penerima superheterodin biasanya sama pada setiap jangkauan penalaan karena karakteristik IFA tidak terpengaruh terhadap frekuensi yang ditala pada penerima.

3.4 PRINSIP DASAR DETEKTOR FM

Fungsi detektor FM adalah untuk mengubah deviasi frekuensi dari sinyal radio yang datang menjadi suatu perubahan amplitudo. Proses konversi ini harus berlangsung secara efisien dan linier. Selain itu, rangkaian detektor tidak terlalu

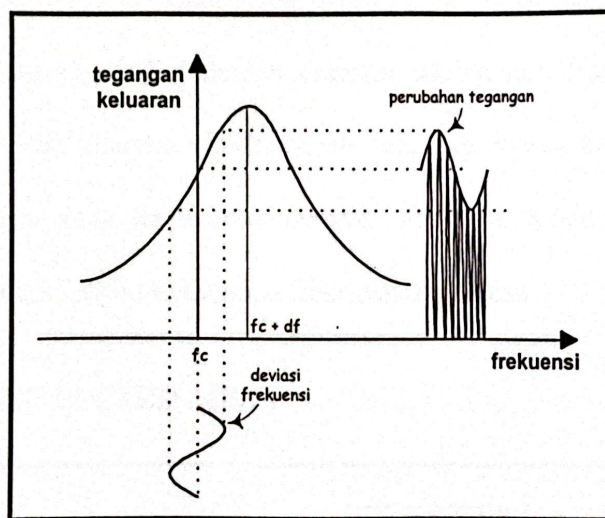
sensitif terhadap perubahan gelombang dan tidak terlalu kritis pengesetannya dan operasinya.

Berikut ini akan diberikan beberapa tipe dasar detektor FM.

3.4.1 DETEKSI SELUBUNG

Prinsip kerja detektor selubung dapat diterangkan sebagai berikut. Misalkan suatu sinyal FM dimasukkan ke rangkaian penala dengan frekuensi resonansinya adalah satu sisi dari frekuensi tengah sinyal FM. Keluaran rangkaian penala tersebut akan memiliki amplitudo yang tergantung pada deviasi frekuensi sinyal masukan. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.4, rangkaian penala yang ditala di frekuensi $f_c + df$ mengakibatkan frekuensi tengah pembawa (f_c) pada titik A kurva selektivitas.

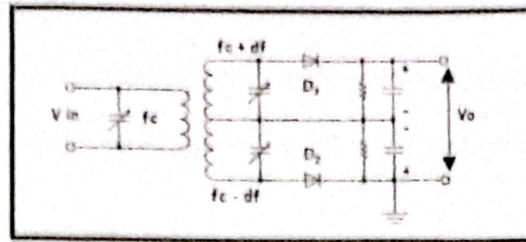
Sinyal asli akan didapat jika tegangan keluaran rangkaian penala diberikan ke detektor dioda dan suatu beban RC.



Gambar 3.4. Kurva karakteristik detektor selubung

Kelemahan yang utama dari detektor selubung adalah kelinierannya hanya pada jangkauan frekuensi yang sangat terbatas. Hal ini sangat sulit karena penala harus ditala pada perubahan frekuensi yang tajam.

3.4.2 DETEKTOR SELUBUNG BALANS

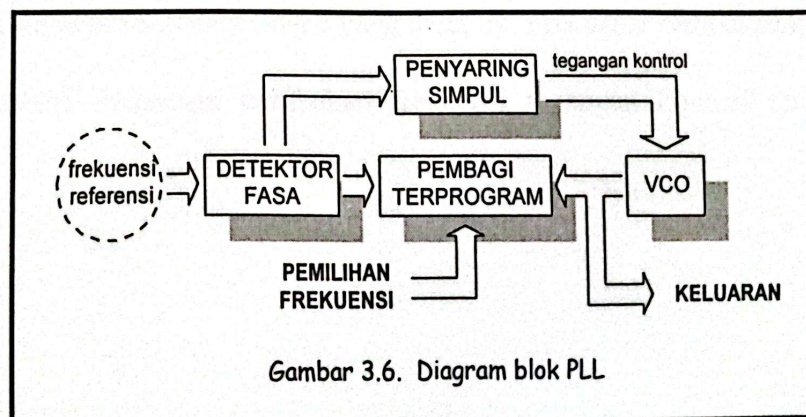


Gambar 3.5. Detektor selubung balans

Pada detektor ini terdiri dari dua detektor selubung yang keduanya dihubungkan berlawanan arah supaya terjadi perbedaan fasa 180° . Keluaran setiap detektor selubung akan dijumlahkan dan hasilnya merupakan sinyal FM yang sudah didemodulasi.

Gambar 3.5 memperlihatkan rangkaian dasar detektor selubung balans, di mana masukkan ditala pada f_c , sedangkan keluaran ditala pada $(f_c + df)$ dan $(f_c - df)$. Jika sinyal sesaat yang masuk (V_{in}) memiliki frekuensi sama dengan f_c , maka tegangan masukan dioda D_1 akan sama besarnya tapi berlawanan polaritas dengan tegangan masukan D_2 . Jadi keluaran detektor adalah nol. Namun jika frekuensi sinyal masuk $(f_c + df)$ ataupun $(f_c - df)$, salah satu dari kedua dioda akan memiliki tegangan masukan yang lebih besar dengan yang lain. Kesimpulannya, tegangan keluaran akan sesuai dengan ketinggian frekuensi masukan

3.5 PLL (PHASE LOCKED LOOP)



Gambar 3.6. Diagram blok PLL

PLL merupakan suatu cara pensintesaan frekuensi dengan metoda sintesis tidak langsung (*indirect synthesis*). Penamaan metoda ini berdasarkan pada kenyataan bahwa frekuensi keluaran dibangkitkan dengan stabilisasi osilator yang dikontrol oleh tegangan (VCO).

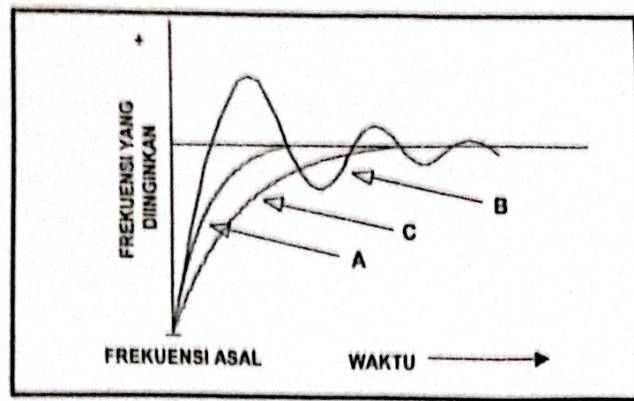
Maksud dari pensintesa PLL adalah mengambil sinyal dari VCO, membagi frekuensi dengan suatu bilangan bulat dan membandingkannya dengan frekuensi referensi di suatu detektor fasa.. Keluaran detektor fasa akan menjadi masukan bagi VCO melalui suatu penyaring simpul (*loop filter*). Penyaring simpul ini bekerja untuk menghilangkan sinyal-sinyal berfrekuensi di atas frekuensi pancungnya yang keluar dari detektor fasa.

Frekuensi keluaran pembagi tepat sama dengan frekuensi referensi. Ini dapat dinyatakan sebagai :

$$F = N F_r \dots \dots \dots [3.13]$$

di mana F adalah frekuensi keluaran pembagi, N adalah nilai pembagi (selalu bulat) dan F_r adalah frekuensi referensi.

Kecepatan membandingkan fasa tergantung pada frekuensi referensi. Suatu koreksi tegangan kontrol hanya dapat dibuat sekali pada setiap perioda frekuensi referensi. Jadi, koreksi pada keluaran detektor fasa bukan merupakan fungsi yang kontinu tapi lebih bersifat sebagai fungsi yang dicuplik. Frekuensi sampel sama dengan frekuensi referensi. Beberapa perubahan frekuensi tegangan kontrol memodulasi VCO.



Gambar 3.7. Tiga cara perubahan frekuensi PLL

Gambar 3.7 menunjukkan tiga cara perubahan frekuensi PLL. Cara pertama, simpul berubah dari aslinya ke frekuensi yang baru secara langsung tanpa adanya suatu lonjakan (*overshoot*) dalam waktu yang minimum. Hal ini disebut redaman kritis (*critically damped*). Pada kurva B, frekuensi secara mendadak berubah ke nilai frekuensi yang diinginkan, awalnya melonjak lalu berosilasi di sekitar frekuensi yang diinginkan sebelum keadaan menjadi stabil. Karakteristik ini disebut *underdamped*.

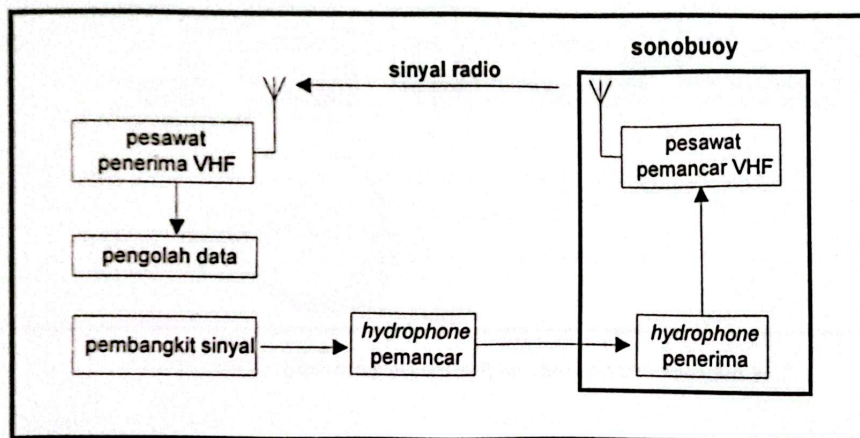
Kurva C menunjukkan kasus *overdamped*. Di sini, frekuensi berubah tanpa melonjak, tapi waktu yang dibutuhkan lebih lama dibanding kasus redaman kritis.

BAB IV

PERANCANGAN ALAT

4.1 PENDAHULUAN

Sebelum dibahas tentang perancangan pesawat penerima VHF ini, maka akan diberikan gambaran tentang sistem pengukuran kecepatan gelombang suara yang merambat di bawah laut dengan menggunakan radio telemetry.



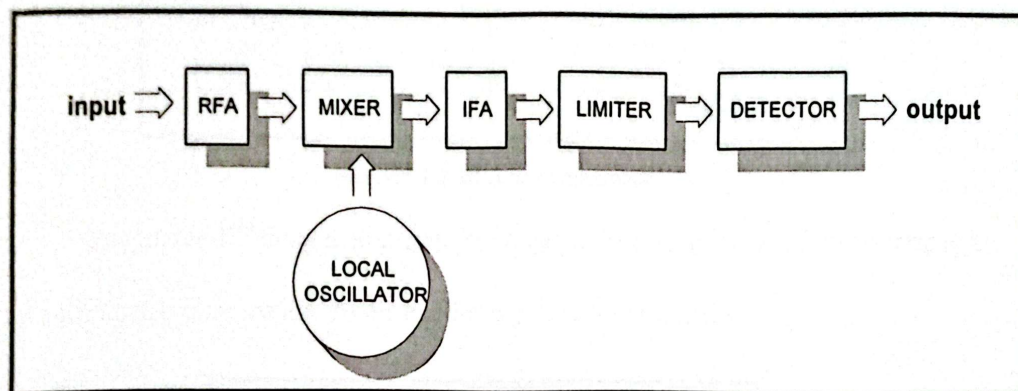
Gambar 4.1. Sistem radio telemetry untuk mengukur kecepatan suara di bawah laut

Jalannya pengukuran ini dimulai dengan pembangkitan pulsa dari darat oleh pembangkit sinyal ke *hydrophone* pemancar yang berada dibawah laut. *Hydrophone* pemancar akan mengubah pulsa listrik menjadi gelombang suara dan kemudian memancarkannya ke *hydrophone* penerima yang juga berada di bawah laut.

Fungsi *hydrophone* penerima merupakan kebalikkan dari fungsi *hydrophone* pemancar. Sinyal keluaran *hydrophone* penerima yang berupa sinyal listrik diterima oleh pesawat pemancar supaya dapat dikirimkan lewat media udara, yang mana keduanya ada di dalam suatu perangkat yang dinamakan sonobouy. Pesawat penerima, yang berada di lokasi yang sama dengan pembangkit sinyal, akan menerima gelombang radio yang dipancarkan sonobouy. Keluaran pesawat penerima akan diproses supaya besaran hasil pengukuran dapat ditampilkan.

4.2 PERENCANAAN SISTEM

Jenis pesawat penerima radio yang akan dipakai di sini adalah penerima superheterodin. Rancangan sistem penerima radio pada daerah VHF ini dibagi dalam beberapa bagian penting, dan dapat digambarkan dalam diagram blok berikut.



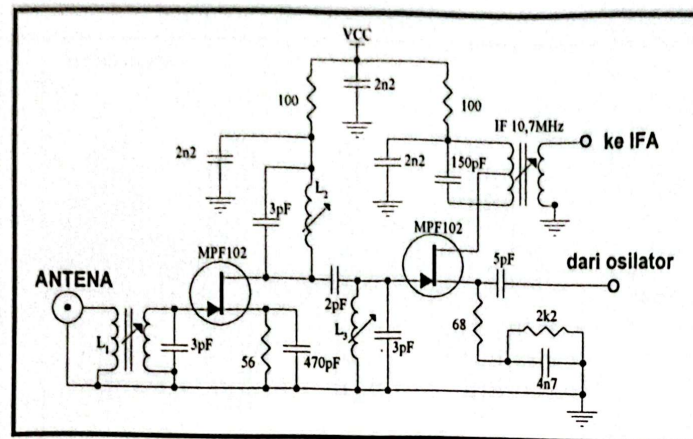
Gambar 4.2. Blok diagram sistem pesawat penerima radio VHF

Penguat sinyal informasi sengaja tidak diberikan karena dalam aplikasinya, keluaran pesawat penerima ini akan diumpankan ke suatu perangkat yang akan mencuplik dan memperkuat sinyal. Perangkat ini berada pada blok pengolah data pada gambar 4.1.

Keseluruhan perancangan sistem pesawat penerima ini akan dibahas untuk setiap blok pada gambar 4.2:

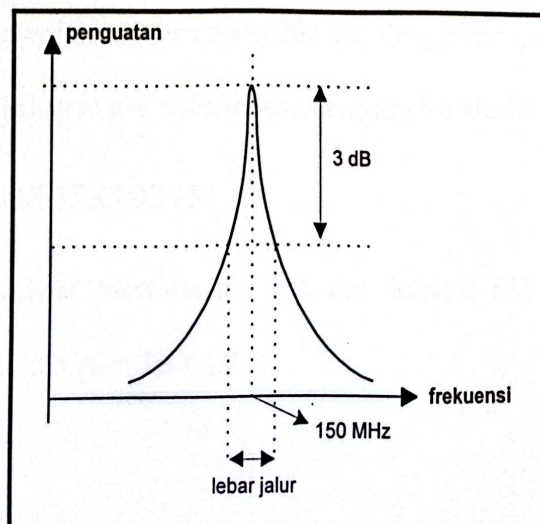
4.2.1 RFA

Pemilihan salah satu frekuensi sinyal radio dari semua sinyal radio yang masuk ke antenna dilakukan dengan menala trafo L_1 pada frekuensi resonansi 150 MHz (sesuai dengan frekuensi sinyal dari pemancar). Supaya daya yang masuk ke pencampur dapat maksimal maka L_2 dan L_3 ditala pada frekuensi 150 MHz juga.



Gambar 4.3. RFA dan pencampur

Penguatan RF dengan konfigurasi rangkaian seperti gambar 4.3 dirancang agar memiliki penguatan sekitar 20 dB dan lebar jalur sekitar 6 MHz.

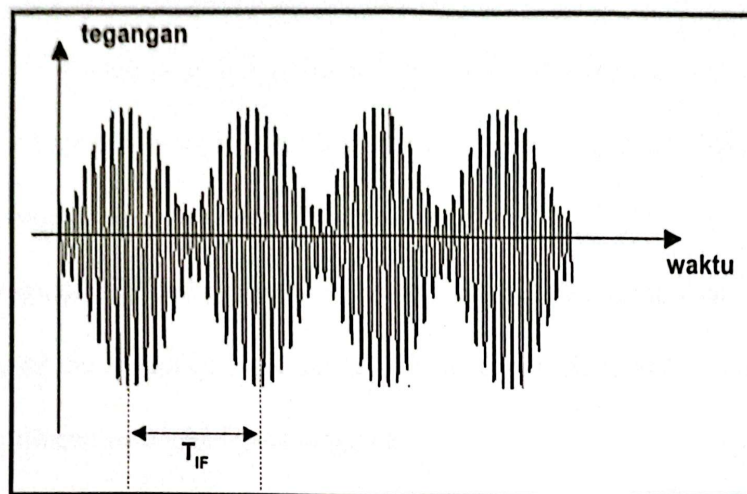


Gambar 4.4. Spektrum frekuensi keluaran rangkaian tala RF

4.2.2 PENCAMPUR

Setelah sinyal diperkuat RFA, maka sinyal itu dicampur dengan sinyal dari osilator dengan JFET (gambar 4.3). Hasil penggabungan dua gelombang ini akan diperkuat oleh penguat non-linier dan ditapis lulus jalur dengan frekuensi tengah 10.7 MHz.

Jika kedua sinyal merupakan sinyal berfrekuensi tunggal maka keluaran pencampur adalah seperti pada gambar 4.5. Sinyal IF merupakan *envelope* pada sinyal keluaran pencampur.

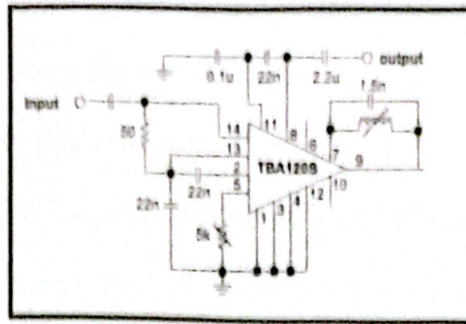


Gambar 4.5. Sinyal keluaran pencampur

Penguat IF seperti pada gambar 4.3 dapat memberikan penguatan sebesar 30 dB. Sedangkan lebar jalur IF ditentukan 200 kHz dengan mengingat daerah frekuensi informasi (suara keluaran *hydrophone* penerima yang berada dibawah laut).

4.2.3 IFA DAN DETEKTOR FM

Dalam pesawat penerima ini, IFA dan detektor FM terdapat dalam satu rangkaian terpadu (IC) yaitu TBA 120 S.



Gambar 4.6 IFA

Selain fungsi di atas IC TBA 120 S juga memiliki fungsi lain. RFA, pencampur dan IFA harusnya ada di dalam respon amplitudo yang datar pada frekuensi kerjanya. Tapi dalam prakteknya tidaklah demikian. Hasilnya, munculnya sinyal dari IFA yang memiliki amplitudo yang berubah terhadap frekuensi. Pada IC ini terdapat juga pembatasan amplitudo sinyal untuk mencegah perubahan amplitudo yang akan mengganggu (*interfering*) kerja detektor.

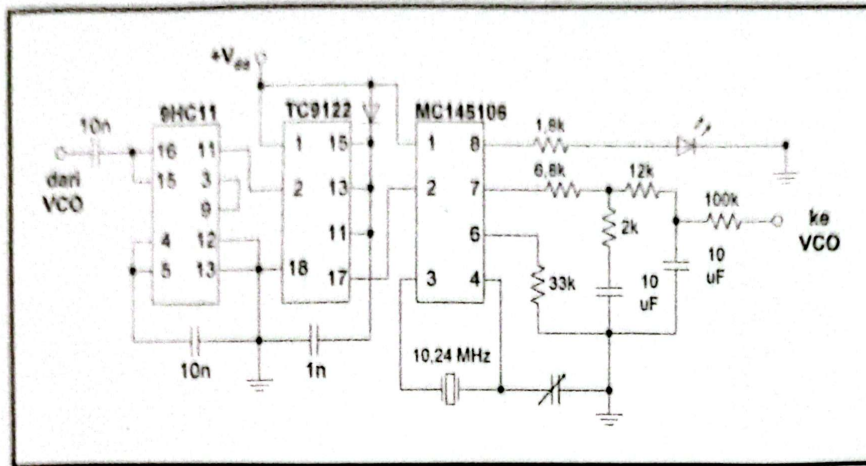
Penguatan IF pada sistem ini adalah 20 dB. Jika diperlukan, penambahan penguatan sistem secara keseluruhan dapat dilakukan lebih mudah setelah atau pada tingkat ini dibanding dengan pada tingkat RF.

Prinsip pendeteksian sinyal FM yang ada pada IC TBA 120S adalah detektor selubung balans yang dibantu dengan rangkaian tala LC pada pin 7 dan pin 9.

4.2.4 OSILATOR

Osilator yang dipakai untuk menginjeksikan frekuensi tertentu ke pencampur adalah PLL (*phase locked loop*), sedangkan pencampurnya adalah JFET. Karena selisih antara frekuensi keluaran RFA (f_{RF}) dengan frekuensi keluaran PLL harus sebesar 10,7 MHz (f_{IF}) maka PLL dirancang untuk dapat menghasilkan frekuensi sebesar $f_{RF} - f_{IF}$ yaitu sama dengan 139,3 MHz.

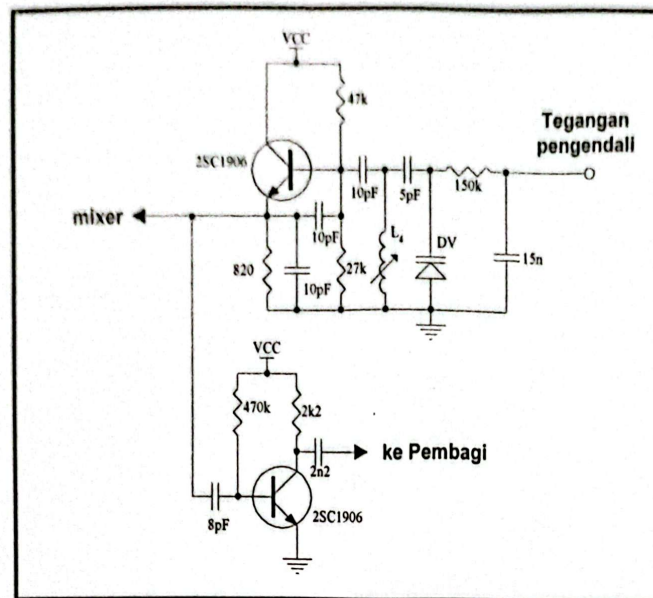
Hasil pensintesaan frekuensi dari PLL diambil dari keluaran VCO. Selain itu keluaran VCO diumpanbalikkan juga melalui IC 9HC11 dan IC TC9122 ke detektor fasa. Kedua rangkaian terpadu ini pada prinsipnya adalah sama yaitu sebagai pembagi frekuensi, tapi karena kemampuan faktor pembagi IC TC9122 yang terbatas (yaitu 3999) maka sebelum masuk ke IC TC9122 terjadi proses pembagian dengan faktor pembagi 10 yang dilakukan oleh IC 9HC11.



Gambar 4.7. Frekuensi referensi, pendeteksi fasa, penyaring lingkaran dan *prescaler*.

Rangkaian terpadu (IC) MC145106 terdiri dari osilator, pembagi frekuensi dengan faktor 2 dan 1024 serta pendeteksi fasa (PD). Proses yang terjadi pada IC ini dapat diterangkan sebagai berikut. Frekuensi referensi dari kristal 10,24 MHz diberikan ke osilator untuk menghasilkan sinyal dengan frekuensi yang sama dengan kristal tersebut. Sebelum sampai ke PD sinyal mengalami dua kali pembagian yaitu pembagian 2 dan pembagian 1024. Jadi masukkan detektor fasa, adalah $\frac{10240 \text{ kHz}}{2 \times 1024}$ yaitu sama dengan 5 kHz. Masukkan PD yang lain adalah dari pembagi frekuensi dengan faktor 2. Karena pada saat keadaan terkunci kedua frekuensi masukkan PD harus sama, maka frekuensi masukkan pembagi 2 tersebut harus sama dengan 5 kHz. x 2 yaitu 10 kHz.

Frekuensi keluaran PLL yang ditentukan sebesar 160,7 MHz akan menjadi 16070 kHz setelah melalui IC 9HC11. Keluaran 16070 kHz ini akan masuk ke suatu pembagi terprogram IC TC9122 supaya keluarannya 10 kHz seperti yang diperlukan oleh pembagi 2 di IC MC145106 (sebelum masuk PD). Jadi pembagi terprogram IC 9HC11 harus memiliki faktor pembagi sebesar $\frac{16070 \text{ kHz}}{10 \text{ kHz}}$ yaitu 1607.



Gambar 4.8. VCO

Keluaran PD akan ditapis oleh suatu tapis lingkaran (*loop filter*) sehingga tidak ada sinyal masukkan ke VCO yang berfrekuensi lebih tinggi dari frekuensi pancung tapis tersebut.

Tegangan DC yang masuk ke VCO akan mengubah kapasitansi varaktor. Perubahan kapasitansi varaktor akan mengakibatkan pergeseran frekuensi resonansi osilator, jadi frekuensi keluaran VCO adalah sebanding dengan tegangan DC yang menjadi masukannya.

Frekuensi keluaran VCO ditentukan oleh C_{varaktor} dan L .

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_4 C_{\text{varaktor}}}} \dots\dots\dots [4.2]$$

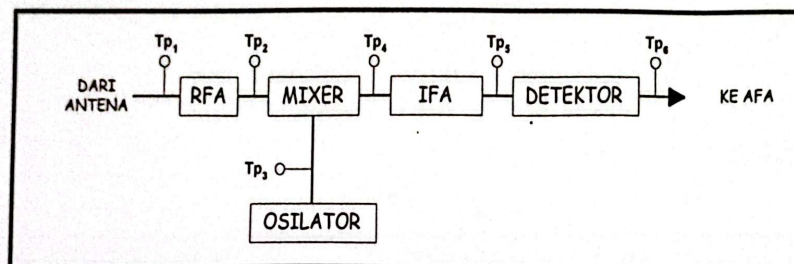
BAB V.

HASIL PENGUKURAN DAN ANALISA

5.1 SISTEM PENGUKURAN

Tujuan utama pengukuran adalah untuk mendapatkan data yang nantinya dianalisa untuk mengetahui spesifikasi perangkat pesawat penerima VHF yang dibuat.

Pada setiap titik yang akan diukur, maupun yang akan diamati, diberikan titik pengujian (*test point*), seperti yang terlihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1. Posisi titik pengujian untuk pengamatan dan pengukuran

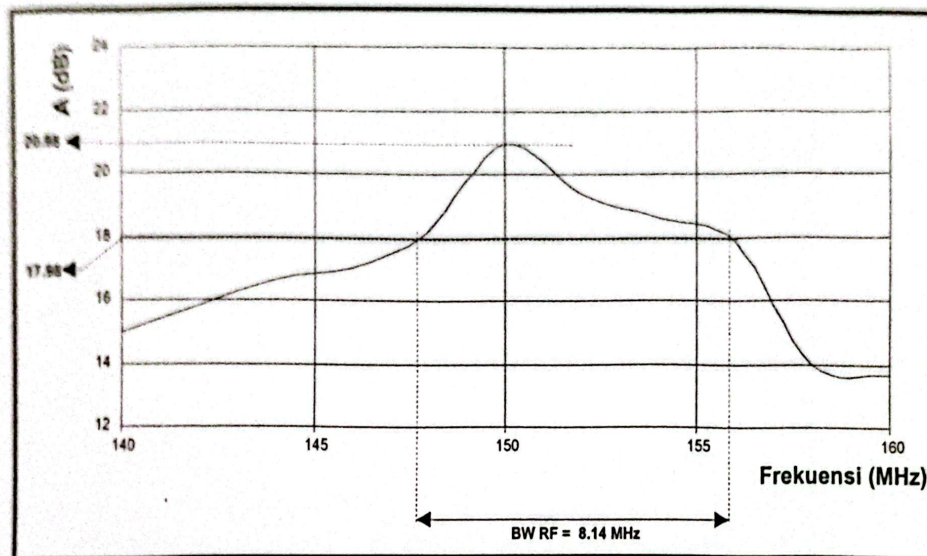
5.2 PENGUKURAN LEBAR JALUR RF DAN PENGUATAN RFA.

Cara pengukuran adalah dengan memberikan masukan sebesar 1 mVpp (V_{in}) pada Tp_1 dan mengukur tegangan keluaran RFA pada Tp_2 . Masukan diambil dari generator sinyal VHF yang nantinya frekuensinya diubah-ubah mulai dari 140 sampai

160 MHz dengan jangkauan 2 MHz untuk setiap pengukuran. Untuk melihat hasil pengukurannya digunakan osiloskop. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Pengukuran Penguatan Pada RFA

f_{in} (MHz)	V_{out} (mVpp)	A (dB)
140	5.6	14.96
142	6.2	15.84
144	6.8	16.65
146	7.1	17.03
148	8.1	18.17
150	11.2	20.98
152	9.3	19.37
154	8.5	18.59
156	7.8	17.84
158	5	13.97
160	4.8	13.62



Gambar 5.2. Spektrum frekuensi RFA

Besarnya penguatan merupakan hasil perhitungan penguatan tegangan yaitu :

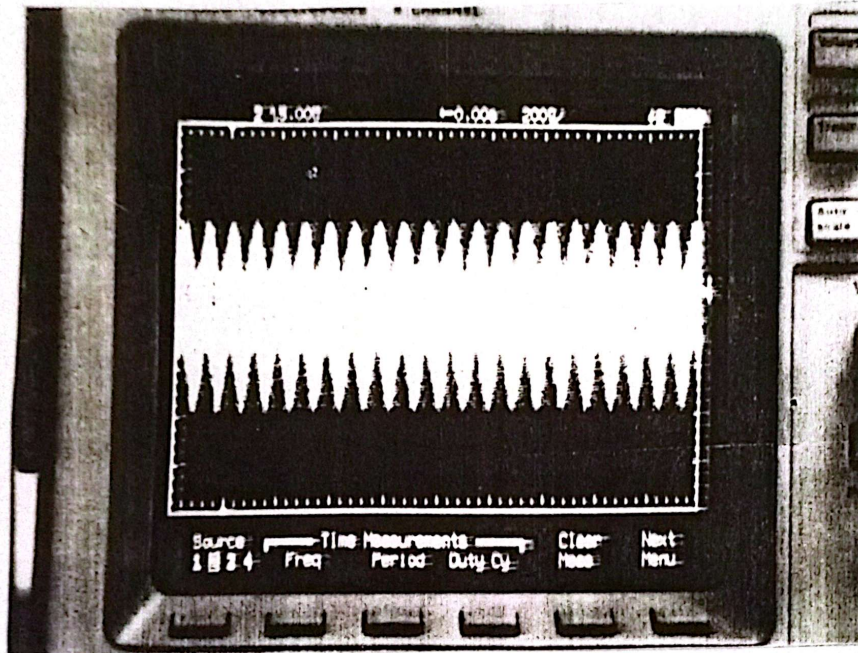
$$A \text{ (dB)} = 20 \text{ Log} \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \dots\dots\dots [5.1]$$

Penguatan maksimum RFA yang didapat adalah 20.98 dB dan lebar jalurnya adalah 8.14 MHz. Lebar jalur ini diambil dari batas dua frekuensi yang memiliki penguatan sebesar 20.98 dB – 3dB yaitu, 17.98 dB.

Pada frekuensi antara 150 sampai 155 MHz terlihat bahwa penguatan dari RFA kurang curam, artinya daya yang disalurkan oleh penguat ini kurang optimal. Hal ini cenderung disebabkan karena kurang tepatnya nilai resonansi yang dicapai oleh ketiga rangkaian tala yang ada pada tingkat RF ini, terutama pada komponen induktor variabelnya.

5.3 PENGAMATAN BENTUK SINYAL IF

Prosedur pengujian untuk melihat bentuk sinyal IF tidak berbeda dengan pengujian sebelumnya. Titik pengujian yang diambil adalah pada keluaran pencampur (Tp_4).



Akibat ketidaklinieran penguat IF, maka proses penggabungan kedua sinyal bukan hanya merupakan hasil selisih frekuensi kedua gelombang, tapi timbul juga sinyal-sinyal yang frekuensinya merupakan kelipatan frekuensi semula. Jadi keluaran IFA ini harus ditapis dulu sehingga hanya sinyal-sinyal yang memiliki frekuensi tertentu saja yang dilewatkan ke tahap berikutnya (yaitu *Limiter*). Gambar 5.3 menunjukkan hasil tapis IF yang diamati pada Tp_5 .

5.4 PENGUKURAN PENGUATAN IFA.

Cara pengukuran yang dilakukan pada tingkat ini adalah dengan mengamati dan mengukur tegangan pada keluaran tapis IF (Tp_4) dan keluaran penguat IF pada pin 6 (atau pin 10) rangkaian terintegrasi TBA 120S (Tp_5).

Sinyal masukan tetap seperti pengujian sebelumnya yaitu pada masukan RFA. Sinyal dari RFA diatur supaya masukan IFA sebesar 1 mVpp dan tegangan ini dijaga konstan. Karena lebar pita IF sedemikian sempit jika dibanding dengan frekuensi 10.7 MHz, maka untuk suatu pergeseran frekuensi dari generator sinyal VHF yang relatif kecil dari akan menghasilkan perubahan tegangan yang begitu besar.

Proses pengujian yang dilakukan adalah mencari tegangan keluaran IFA maksimum (pada saat resonansi) dengan mengubah-ubah frekuensi generator sinyal. Lalu mengukur tegangan masukan IFA dan mengamati frekuensi dari generator sinyal pada saat keluaran IFA maksimum. Selain itu frekuensi keluaran osilator harus tetap tetap pada frekuensi 139.3 MHz.

Hasil pengukuran :

- Keluaran maksimum IFA = 220 mVpp
- Masukan IFA = 12 mVpp

- Frekuensi generator sinyal = 149.4 MHz. (pembacaan nilai rata-rata, karena ketidakstabilan tampilan pencacah frekuensi).
- Frekuensi osilator = 139.3 MHz (relatif stabil)

Jadi penguatan IF adalah :

$$A_{IF} = \frac{220 \text{ mVpp}}{12 \text{ mVpp}} = 18.33$$

$$A_{IF} \text{ (dB)} = 20 \log 18.33 = 25.27 \text{ dB}$$

Dari data inipun dapat diketahui bahwa pada saat dilakukan pengujian, bagian tapis IF masih kurang sempurna ditala. Selisih frekuensi yang dilihat pada osiloskop dengan frekuensi keluaran osilator adalah

$$149.4 \text{ MHz} - 139.3 \text{ MHz} = 10.1 \text{ MHz.}$$

Pengukuran lebar jalur IF dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu besar tegangan pada saat A_{IF} dikurangi 3 dB atau dengan kata lain, besar tegangan 0.707 kali dari tegangan maksimum yaitu 220 mVpp.

$$\begin{aligned} V_{\text{maks } -3\text{dB}} &= 0.707 \times 220 \text{ mVpp} \\ &= 155.54 \text{ mVpp.} \end{aligned}$$

Dengan mengamati pada frekuensi berapa nilai $V_{\text{maks } -3\text{dB}}$ dicapai maka didapat 2 frekuensi generator sinyal yaitu 148.63 MHz dan 149.24 MHz. Dari nilai inilah didapat lebar jalur IF yaitu :

$$\begin{aligned} BW_{IF} &= 149.24 \text{ MHz} - 148.63 \text{ MHz.} \\ &= 0.610 \text{ MHz} = 610 \text{ kHz.} \end{aligned}$$

5.5 DETEKTOR

Detektor FM ini sudah ada dalam satu kemasan IC TBA 120 S. Pengesetan frekuensi pusat pendemodulasian ditala pada rangkaian tala LC di kaki 7 dan kaki 9,

sedangkan jangkauan simpangan frekuensinya tergantung pada faktor kualitas tala dan besar pembebanan.

Pengujian yang dilakukan pada tingkat ini adalah dengan memasukkan sinyal dari generator audio pada suatu perangkat pemancar 2 meter. Karakter sinyal keluaran detektor ditampilkan pada osiloskop (di Tp_6).

Hasil pengamatan pada keluaran detektor memperlihatkan ketidakstabilan keluarannya. Jika dibandingkan dengan sinyal informasi yang dikirimkan, maka akan terlihat ketidakstabilan tersebut, tapi frekuensi keduanya sama.

BAB VI

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil pengukuran yang dilakukan pada pesawat penerima VHF ini dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut, :

- Lebar jalur pada tingkat RF adalah 8 MHz dan penguatannya 18 dB. Rangkaian tapis lulus jalur pada RF yang dibuat tetap pada frekuensi tengah 150 MHz. Jadi lebih besar kemungkinan tercapainya kestabilan pada keseluruhan sistem dibanding perangkat penerima lain. Tapi tingkat RF ini masih belum sempurna dalam mendistribusikan daya ke bagian pencampur pada frekuensi tersebut.
- Penggunaan osilator dengan pensintesa frekuensi PLL menambah kestabilan frekuensi osilator pada frekuensi 139.3 MHz.
- Frekuensi tengah (IF) yang digunakan adalah 10.7 MHz dengan lebar jalur 610 kHz. Ketidakstabilan dari keseluruhan sistem cenderung disebabkan oleh ketidakstabilan rangkaian tala pada setiap tingkat.
- Fidelitas dari perangkat ini masih kurang sempurna.

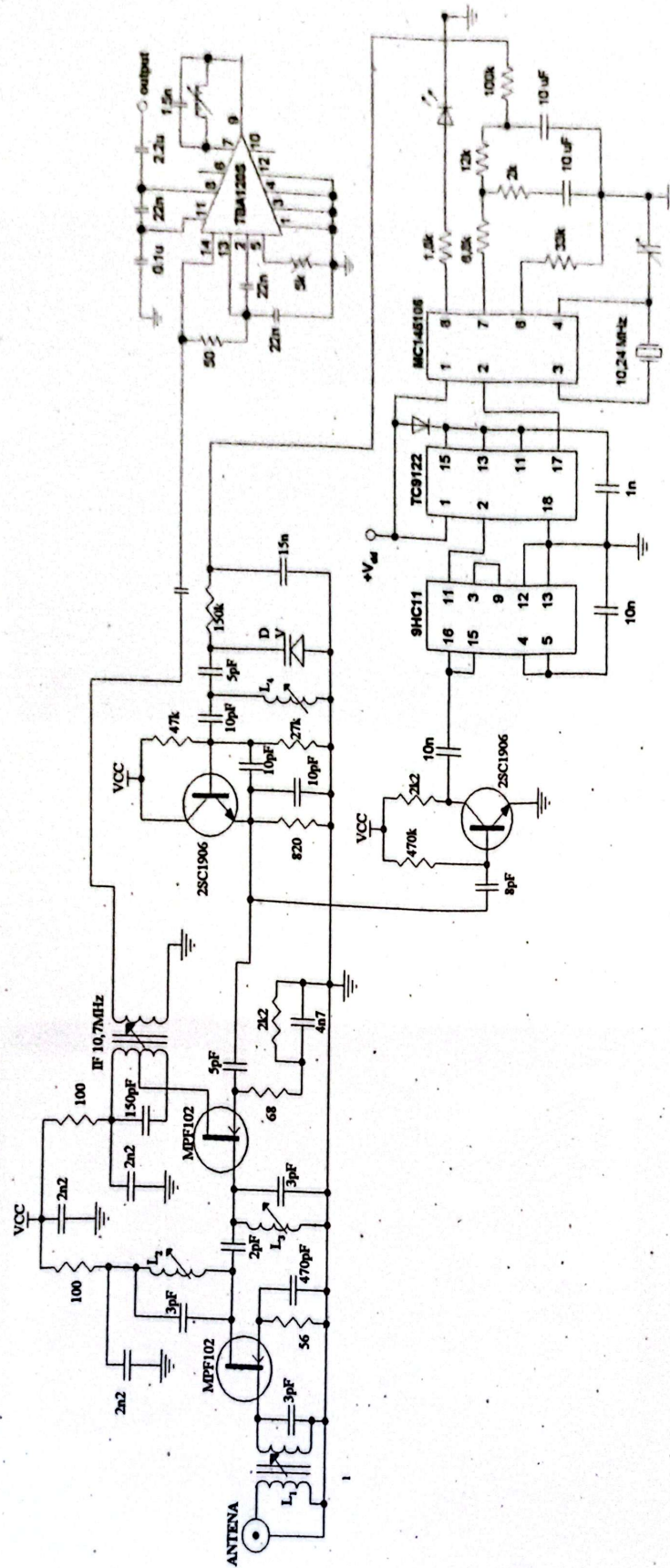
Pesawat penerima VHF yang dirancang ini, disadari penulis memang belum sempurna, jadi sangat diharapkan saran dan kritik untuk memaksimalkan rancangan ini.

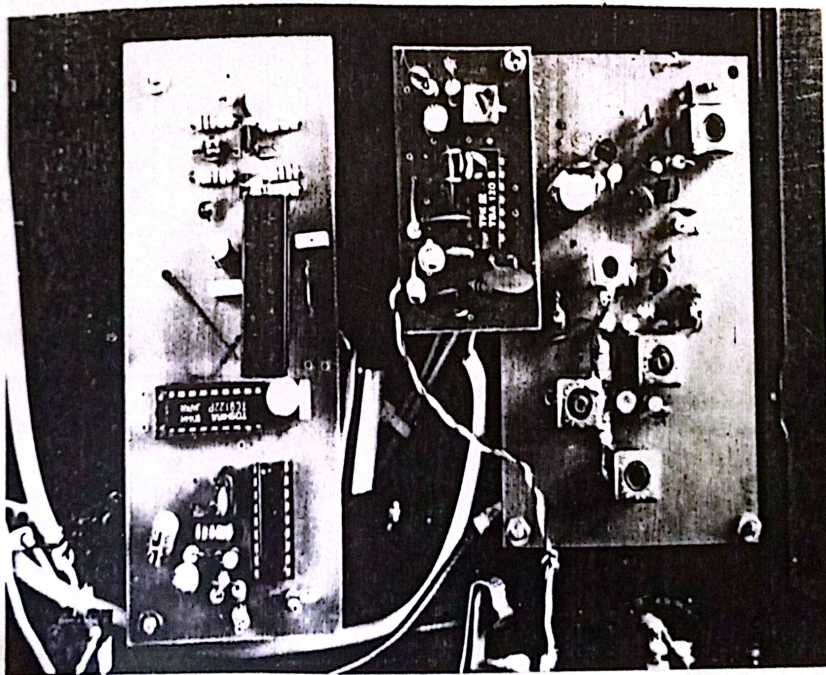
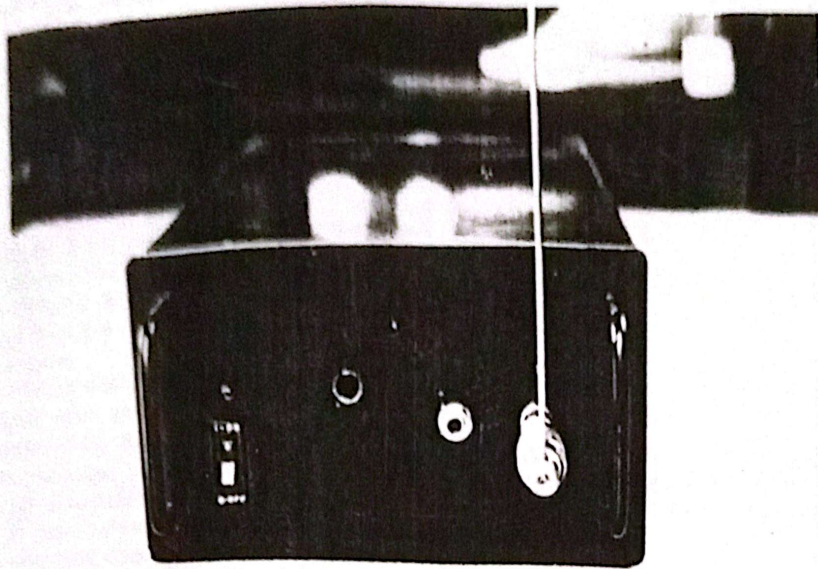
DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ARRL HANDBOOK FOR THE RADIO AMATEUR, The American Radio Relay League, 1988.
- [2]. ARRL HANDBOOK FOR THE RADIO AMATEUR, The American Radio Relay League, 1984.
- [3]. Albert W. Cox, SONAR AND UNDERWATER SOUND, Raytheon Company London, 1974.
- [4]. George Kennedy, ELEKTRONIC COMMUNICATION SYSTEM, Mc Graw-Hill Book Company.

LAMPIRAN

RANGKAIAN PENERIMA RADIO VHF





BA 120S

Penguat IF dan Detektor
(IF Amplifier and Detector)

Penjelasan Umum

BA 120S adalah sebuah IC monolitik yang khusus dirancang untuk pendeteksian audio dalam penerima TV dan penerima radio FM. Terdiri dari penguat 8 tingkat yang berdaya rendah dan detektor berbasis diode yang ditambah pengatur volume yang dioperasikan dengan dc.

BA 120S tersedia dalam paket kelompok, tergantung pada resistansi yang diperlukan antara pin 5 dan pin 12 guna melemahkan kepekaan audio dengan 30 dB. Dengan kelompoknya terdapat pada kemasan.

Pin 3 dan 4 dikoneksikan pada kolektor dan basis sebuah transistor yang akan dipakai sebagai penguat-depan AF atau saklar. Pada pin 12 ada sebuah dioda zener yang akan dapat dipakai untuk memantapkan tegangan catu bagi IC ini maupun tegangan bagi unsur rangkaian lain di dalam perangkatnya.

Sifat-sifat

Pelemahan secara elektronik: menggantikan pengatur volume ac konvensional

Reduksi volume berjangkahan 85 dB (lumrahnya),
Kepekaan: lumrah 3 dB
tegangan tutuh (limit) 30 μ V

Penolakan AM sangat baik, lumrah 68 dB pada 10 mV

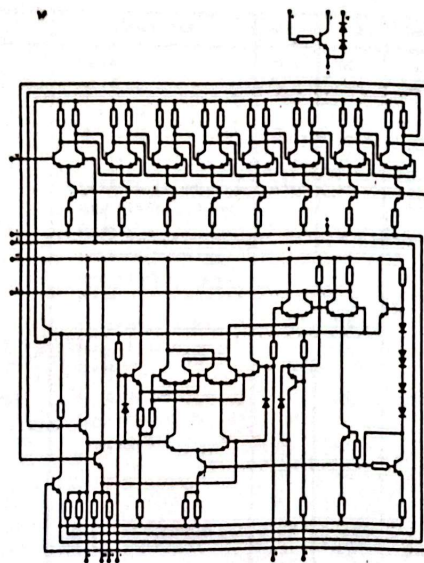
Tarif maksimum mutlak

Tegangan catu, V11	18 V
Tegangan pengatur volume, V5	4 V
Arus zener, I_{12}	20 mA
Arus kolektor transistor, I_3	5 mA
Arus basis transistor, I_4	2 mA
Resistansi panjaran, R_{13-14}	1 k Ω
Jangkah suhu operasi	-15° C hingga +70° C
Jangkah suhu simpan	-65° C hingga +150° C

Diagram koneksi



kelompok	II	III	IV	V	
R5-Gnd	1.9-2.2	2.1-2.5	2.4-2.9	2.8-3.3	k Ω

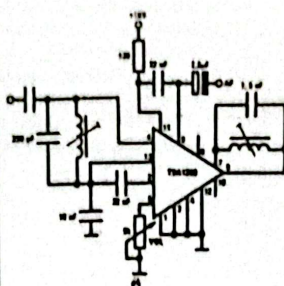


National Semiconductor

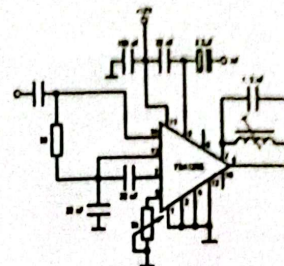
IC LINIER

- Tegangan keluaran audio lumrah 1 V
- Jangkah tegangan catu lebar (6 — 18 V)
- Regulator zener intern
- Tambahan komponen ekstern sangat sedikit
- Penepatan detektor mudah saja: hanya satu kumparan

Penerapan lumrah (5,5 MHz)



Rangkaian uji (5,5 MHz)



Karakteristik Elektrik ($V_{CC} = 12\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{ C}$)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I_{CC}	Supply Current				
	$R_S = \infty$	10	14	18	mA
	$R_S = 0$	11		20	mA
G_V	IF Voltage Gain		68		dB
V_O	IF Output Voltage, Each Output, at Limiting	170	250		mVpp
V_{af}	AF Output Voltage				
	$f = 5.5\text{ MHz}$, $\Delta f = \pm 50\text{ kHz}$, $f_{MOD} = 1\text{ kHz}$, $V_I = 10\text{ mV}$, $Q = 45$	0.7	1.0		V
	Distortion (5.5 MHz)		1.5		%
	$f = 5.5\text{ MHz}$, $\Delta f = \pm 25\text{ kHz}$, $f_{MOD} = 1\text{ kHz}$, $V_I = 10\text{ mV}$, $Q = 45$				
	Distortion (10.7 MHz)		0.2		%
	$f = 10.7\text{ MHz}$, $\Delta f = \pm 50\text{ kHz}$, $f_{MOD} = 1\text{ kHz}$, $V_I = 10\text{ mV}$, $Q = 20$				
V_{LIM}	Input Voltage Before Limiting		30	60	μV
	$f = 5.5\text{ MHz}$, $\Delta f = \pm 50\text{ kHz}$, $f_{MOD} = 1\text{ kHz}$, $Q = 45$				
Z_i	Input Impedance	15/6	40/4.5		k Ω /pF
R_O	Output Resistance	1.9	2.6	3.3	k Ω
$V_{af\text{ max}}$ $V_{af\text{ min}}$	Volume Control Range	70	85		dB
V_B	DC Component of the Output Signal				
	$V_I = 0$	6.2	7.3	8.4	V
AM	AM Rejection				
	$f = 5.5\text{ MHz}$, $\Delta f = \pm 50\text{ kHz}$, $f_{MOD} = 1\text{ kHz}$, $V_I = 500\mu\text{V}$, $m = 30\%$	50	60		dB
AM	AM Rejection				
	$f = 5.5\text{ MHz}$, $\Delta f = \pm 50\text{ kHz}$, $f_{MOD} = 1\text{ kHz}$, $V_I = 10\text{ mV}$, $m = 30\%$		68		dB
R_S	Potentiometer Resistance		3.7	4.7	k Ω
V_S	Voltage		2.2	2.5	V
R_S	Potentiometer Resistance	1.0	1.4		k Ω
V_S	Voltage		1.2		V
	Noise Voltage at Output		30		μV
	$V_I = 10\text{ mV}$				
V_{I2}	Zener Voltage	11.2	12	13.4	V
	$I_{I2} = 5\text{ mA}$				
R_Z	Zener Slope Resistance		30	50	Ω
V_{BO}	Breakdown Voltage	45	65		V
V_{CEO}	Breakdown Voltage				
	$I_3 = 500\mu\text{A}$	18	24		V
h_{fe}	Current Gain				
	$I_3 = 1\text{ mA}$	50	100	500	

PLL FREQUENCY SYNTHESIZERS

The MC145104, MC145106, MC145107, MC145109, and MC145112 are phase locked loop (PLL) frequency synthesizer parts constructed with CMOS devices on a single monolithic structure. These synthesizers find applications in such areas as CB and FM transceivers. The device contains an oscillator/amplifier, a 210 or 211 divider chain for that oscillator signal, a programmable divider chain for the input signal and a phase detector. The MC145104/5106/5112 have circuitry for a 10.24 MHz oscillator or may operate with an external signal. The MC145107/5109 require the external reference signal. Several of the circuits provide a 5.12 MHz output signal, which can be used for frequency tripling. A 2⁹ (MC145106/5108/5112) or 2⁸ (MC145104/5107) programmable divider divides the input signal frequency for channel selection. The inputs to the programmable divider are standard ground to supply binary signals. Pull down resistors on these inputs normally set these inputs to ground enabling these programmable inputs to be controlled from a mechanical switch or electronic circuitry.

The phase detector may control a VCO and yields a high level signal when input frequency is low, and a low level signal when input frequency is high. An out of lock signal is provided from the on chip lock detector with a "0" level for the out of lock condition.

The MC145106 is the full pinout version of this family of parts and has the capability of all parts in the family. The MC145104/5107/5109/5112 are limited pinout versions. See block diagrams for details.

- Single Power Supply
- Wide Supply Range: 4.5 to 12 Vdc
- 16 or 18 Pin Plastic Packages
- 10.24 MHz Oscillator on Chip
- 5.12 MHz Output
- Programmable Division Binary Input Selects up to 2⁹
- On Chip Pull Down Resistors on Programmable Divider Inputs
- Selectable Reference Divider, 2¹⁰ or 2¹¹

MAXIMUM RATINGS (Voltages referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V _{DD}	-0.5 to +12	Vdc
Input Voltage, All Inputs	V _{in}	-0.5 to V _{DD} + 0.5	Vdc
DC Current Drain per Pin	I	10	mAdc
Operating Temperature Range	T _A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

MC145104
MC145107
MC145109
MC145112

CMOS MSI

(LOW POWER COMPLEMENTARY MOS)

PLL FREQUENCY SYNTHESIZERS



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 848



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

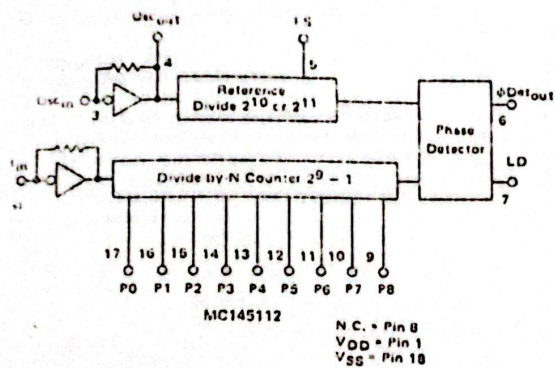
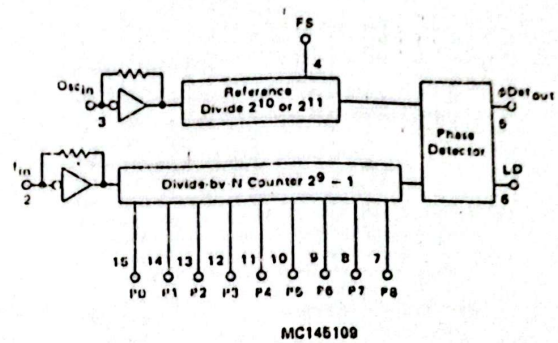
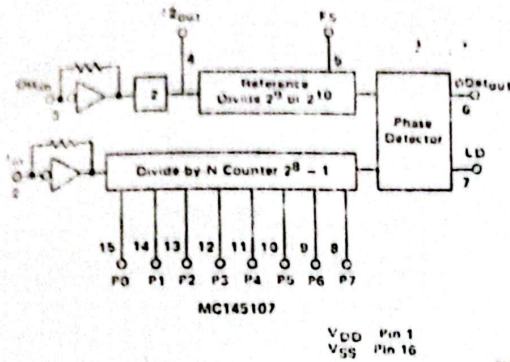
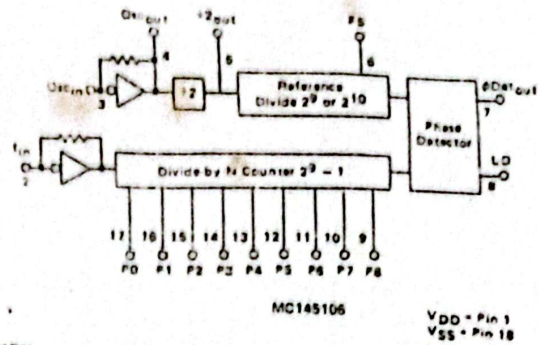
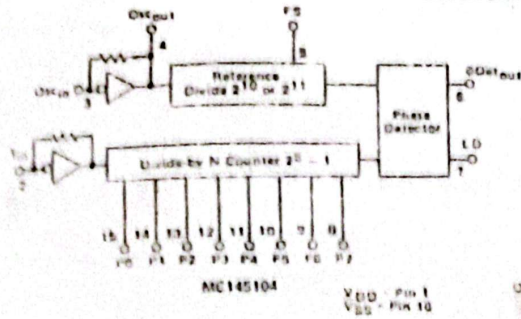
Pin-for-Pin Replacements for:
MC145104 for SM5104, MM55104, MM55114
MC145106 for MM55106, MM55116
MC145107 for SM5107
MC145109 for SM5109
MC145112 for SM5112

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation it is recommended that V_{in} and V_{out} be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

RECOMMENDED OPERATION: DC Supply Voltage 4.5 to 12 Vdc

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ$ unless otherwise stated.)

Characteristic	Symbol	VDD Vdc	All Types			Units
			Min	Typ	Max	
Supply Current	I_D	5.0	—	—	—	mA dc
		10	—	20	35	
		12	—	28	50	
Input Voltage	"0" Level	V_{IL}	5.0	—	1.5	Vdc
			10	—	3.0	
			12	—	3.5	
	"1" Level	V_{IH}	5.0	3.5	—	Vdc
			10	7.0	—	
			12	8.4	—	
Input Current (F8) (Pull-up Resistor)	"0" Level	I_{in}	5.0	-5.0	-20	μ Adc
			10	-15	-60	
			12	-20	-80	
			5.0	—	-6.3	
			10	—	-10.3	
			12	—	-15.3	
			5.0	—	-6.3	
			10	—	-10.3	
			12	—	-15.3	
	"1" Level	I_{in}	5.0	—	0.3	μ Adc
			10	—	0.3	
			12	—	0.3	
			5.0	1.5	30	
			10	22.5	90	
			12	30	120	
			5.0	-2.0	-6.0	
			10	-6.0	-25	
			12	-9.0	-37	
Output Drive Current	Source	I_{OH}	5.0	-0.7	-1.4	μ Adc
			10	-1.1	-2.2	
			12	-1.5	-3.0	
	Sink	I_{OL}	5.0	0.9	1.8	μ Adc
			10	1.4	2.8	
			12	2.0	4.0	
Input Amplitude (f_{in} @ 4.0 MHz) (Osc_{in} @ 10.24 MHz)	—	—	—	1.0	0.2	Vpp Sine
			—	1.5	0.3	
			—	—	—	
Input Resistance (Osc_{in} , f_{in})	R_{in}	5.0	—	1.0	—	M Ω
			10	—	0.5	
			12	—	—	
Input Capacitance (Osc_{in} , f_{in})	C_{in}	—	—	6.0	—	pF
Three State Leakage Current (p Defout)	I_{TL}	5.0	—	—	1	μ Adc
		10	—	—	1.0	
		12	—	—	1.0	
Input Frequency (-40°C to +85°C)	f_{in}	4.5	4.0	—	—	MHz
		12	4.0	—	—	
Oscillator Frequency (-40°C to +85°C)	Osc_{in}	4.5	10.24	—	—	MHz
		12	10.24	—	—	



TYPICAL CHARACTERISTICS

FIGURE 1 - MAXIMUM DIVIDER INPUT FREQUENCY vs SUPPLY VOLTAGE

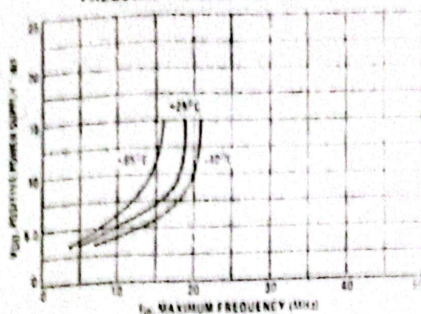
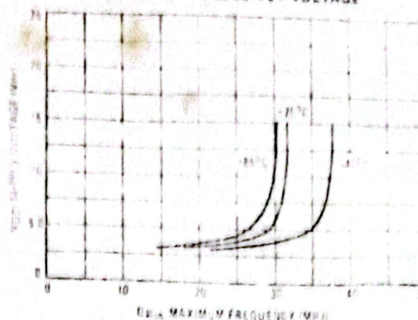


FIGURE 2 - MAXIMUM OSCILLATOR INPUT FREQUENCY vs SUPPLY VOLTAGE



TRUTH TABLE

PROTH TABLE									
Selection									Divide By N
P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (Note 1)
0	0	0	0	0	0	0	0	1	3 (Note 2)
0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	1	1	1	1	1	1	1	1	255
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	511

1: Voltage level = VDD
0: Voltage level = 0 or open circuit input

Note 1: The binary setting of 00000000 and 00000001 on P8 to P0 results in a 2 and 3 division which is not in the 2^N-1 sequence. When pin is not connected (or is not listed as for the MC145104 and MC145107), the logic signal on that pin can be treated as a "0".

PIN DESCRIPTIONS

P0 - P8 - Programmable divider inputs (binary)

f_{IN} - Frequency input to programmable divider (derived from VCO)

Osc_{in} - Oscillator/amplifier input terminal

Osc_{out} - Oscillator/amplifier output terminal

LD - Lock detector, low when out of lock

ϕ Det_{out} - Signal for control of external VCO, output high when f_{IN}/N is less than the reference frequency; output low when f_{IN}/N is greater than the reference frequency. Reference frequency is the divided down oscillator input frequency typically 5.0 or 10 kHz.

FS - Reference Oscillator Frequency Division Select. When using 10.24 MHz Osc frequency, this control selects 10 kHz, a "0" selects 5.0 kHz.

f_{2out} - Reference Osc frequency divided by 2 output, when using 10.24 MHz Osc frequency, this output is 5.12 MHz for frequency tripling applications.

VDD - Positive power supply

VSS - Ground

The MC145104, MC145106, MC145107, MC145109, MC145112 ICs are well suited for Applications in CB radios because of the characterized frequency requirements. A typical CB channel CB transmitter synthesizer using a single crystal reference is shown in Figure 3 for receiver offset values of 10.695 MHz and 455 kHz.

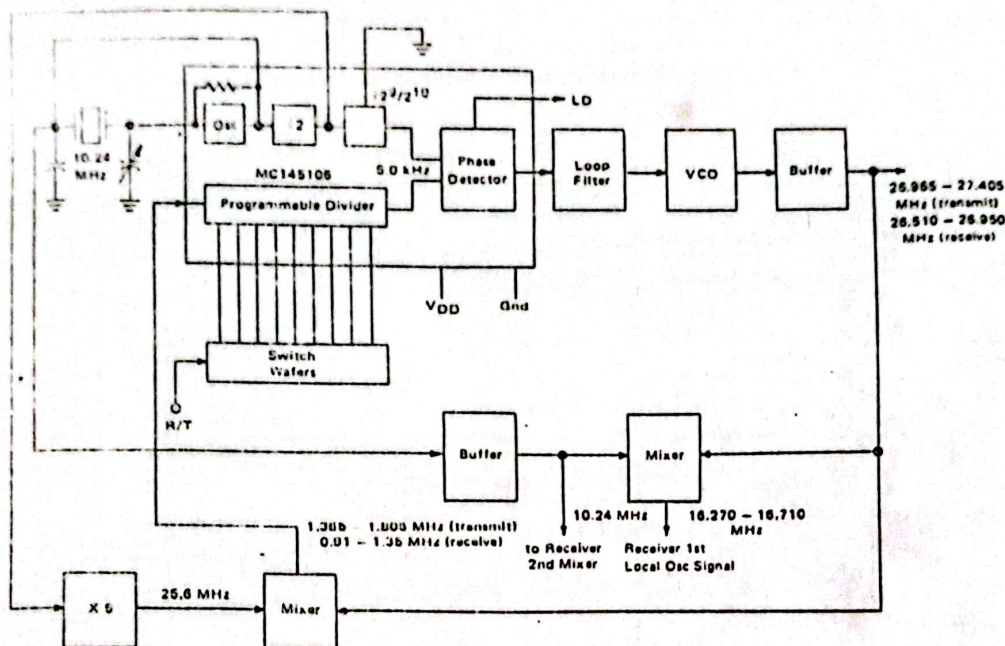
In addition to applications in CB radios, the MC145104-200 can be used as a synthesizer for general other systems. Various frequency spectrums can be achieved through the use of mixer effect, preloading and loop programming techniques. In general, 300-400 channels can be synthesized using a single loop, with many additional channels available when multiple loop approaches are employed. Figures 4 and 5 are examples of some possibilities.

In the aircraft synthesizer of Figure 5, the VHF loop stage will provide a 50 kHz, 360 channel system with 10.7 MHz R/F offset which only the 11 050 MHz (transmit) and 12 120 MHz (received) frequencies are provided to

mixer #1. When these signals are provided with crystal oscillators, the result is a three crystal, 360 channel, 50 kHz step synthesizer. When using the offset loop (bottom) in Figure 5 to provide the indicated injection frequencies for mixer #1 (two for transmit and two for receive) 360 additional channels are possible. This results in a 720 channel, 25 kHz step synthesizer which requires only two crystals and provides R/T offset capability. The receive offset value is determined by the 11.31 MHz crystal frequency and is 10.7 MHz for the example.

The VHF marine synthesizer in Figure 4 depicts a single loop approach for FM transceivers. The VCO operates on frequency during transmit and is offset downward during receive. The offset corresponds to the receiver IF (10.7 MHz) for channels having identical receive/transmit frequencies (simplex), and is $(10.7 - 4.6 = 6.1)$ MHz for duplex channels. Carrier modulation is introduced in the loop during transmit.

FIGURE 3 - SINGLE CRYSTAL CD SYNTHESIZER FEATURING ON FREQUENCY VCO DURING TRANSMIT



Circuit diagrams utilizing Motorola products are included as a means of illustrating typical semiconductor applications; consequently, complete information sufficient for construction purposes is not necessarily given. The information has been carefully checked and

is believed to be entirely reliable. However, no responsibility is assumed for inaccuracies. Furthermore, such information does not convey to the purchaser of the semiconductor devices described any license under the patent rights of Motorola Inc. or others.

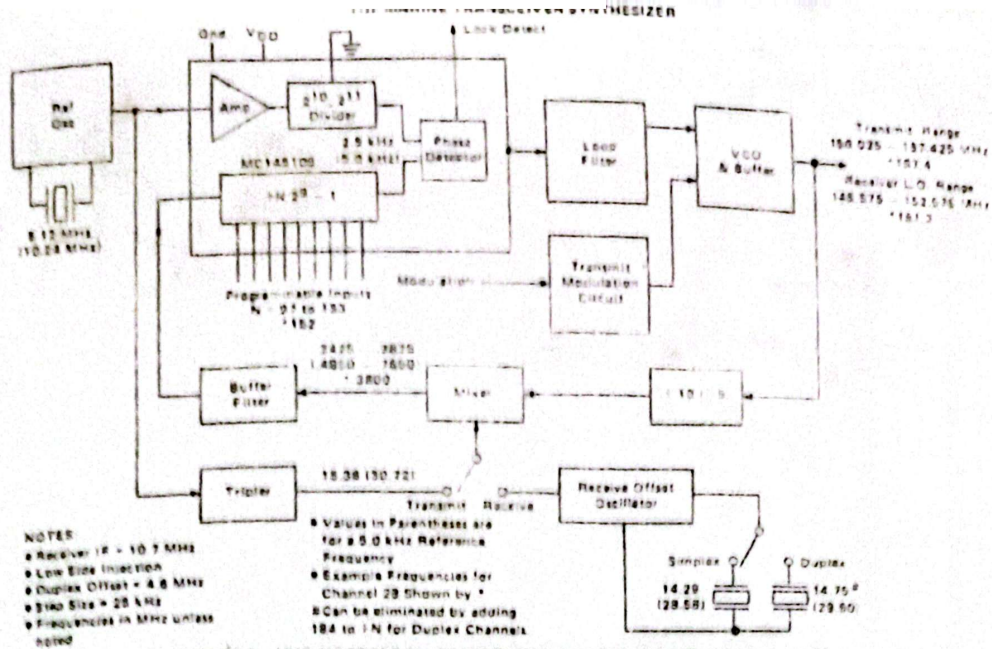
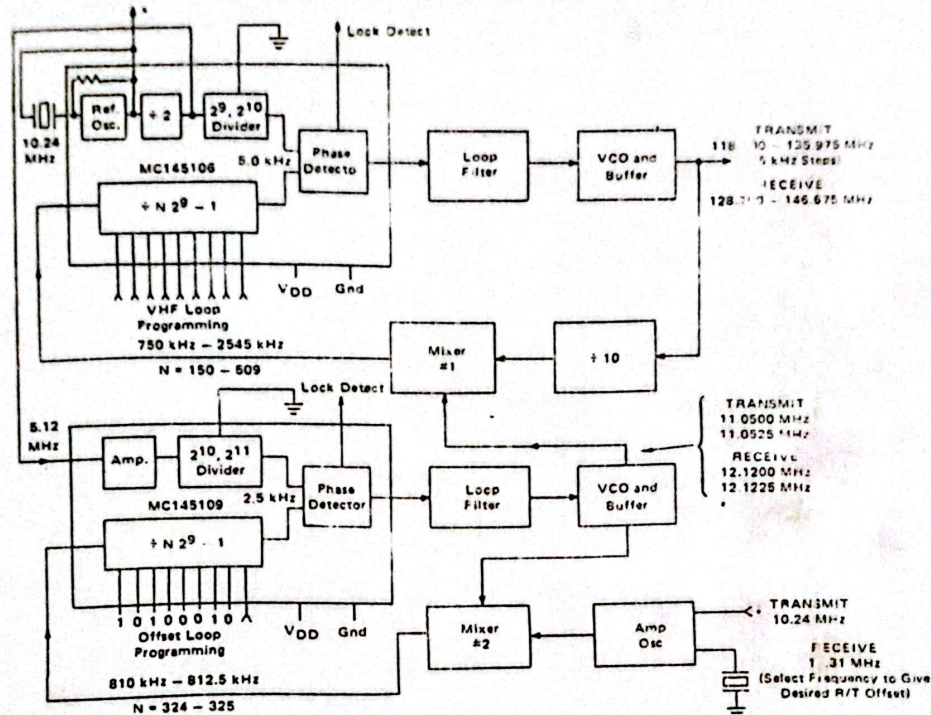


FIGURE 5 - VHF AIRCRAFT 720 CHANNEL TWO CRYSTAL FREQUENCY SYNTHESIZER



Item Number	Part Number	Manufacturer	Technology	f Max (Hz)	Modulus Max	Min	Number of Stages	Vcc Nominal (V)	Operating Temperature Min (°C)	Max	Package Style	Pinout See Appendix
Frequency Dividers, Programmable (Cont'd)												
5	SP8690B	Plessey Semi	ECL	200M	11	10	4	5.0	-30	70	DIP	18-182
	SP8695A	Plessey Semi	ECL	200M	11		4	5.0	-55	125	DIP	18-187
	SP8695B	Plessey Semi	ECL	200M	11		4	5.0	0	70	DIP	18-187
	SP8799ADG	Plessey Semi	BIP	200M	11	10	1	5.0	-55	125	DIP	8-204
	SP8795ADG	Plessey Semi	BIP	200M	33	32	1	5.0	-55	125	DIP	8-204
	SP8793A	Plessey Semi	CMOS	200M	41	40	1	5.0	-30	70	DIP	8-117
	PC1912B	Western Dig		200M	60		4	-14	0	70	DIP	40-53
	PC1912F	Western Dig		200M	60		4	-14	0	70	DIP	40-53
	SP8702A	Plessey Semi	CMOS	200M	81	80	1	5.0	-30	70	DIP	8-113
	MS4466L	MitsubiElec		200M	110		2	5.0	-20	70	SIP	8-19
10	SP8795DP	Plessey Semi	BIP	225M	11	10	1	5.0	-40	85	DIP	8-204
	SP8799MP	Plessey Semi	BIP	225M	11	10	1	5.0	-40	85	SO	8-204
	OS8614N	Natl Semi	TTL	225M	21	20		15	-30	70	DIP	8-41
	MC12019L	Motorola	ECL	225M	21	20		8.0	-40	85	DIP	8-50
	MC12019P	Motorola	ECL	225M	21	20		8.0	-40	85	DIP	8-50
	SP8789DP	Plessey Semi	BIP	225M	21	20	1	5.0	-40	85	DIP	8-204
	SP8789MP	Plessey Semi	BIP	225M	21	20	1	5.0	-40	85	SO	8-204
	OS8615N (A)	Natl Semi	TTL	225M	33	32		15	-30	70	DIP	8-41
	MC12015L	Motorola	ECL	225M	33	32		10	-40	85	DIP	8-47
	MC12015P	Motorola	ECL	225M	33	32		10	-40	85	DIP	8-47
20	SP8795DP	Plessey Semi	BIP	225M	33	32	1	5.0	-40	85	DIP	8-204
	SP8799MP	Plessey Semi	BIP	225M	33	32	1	5.0	-40	85	SO	8-204
	OS8616N (A)	Natl Semi	TTL	225M	41	40		15	-30	70	DIP	8-41
	MC12016L	Motorola	ECL	225M	41	40		10	-40	85	DIP	8-47
	MC12016P	Motorola	ECL	225M	41	40		10	-40	85	DIP	8-47
	SP8793	Plessey Semi	CMOS	225M	41	40	1	5.0	-30	70	DIP	8-116
	OS8617N (A)	Natl Semi	TTL	225M	65	64		15	-30	70	DIP	8-42
	MC12017L	Motorola	ECL	225M	65	64		10	-40	85	DIP	8-47
	MC12017P	Motorola	ECL	225M	65	64		10	-40	85	DIP	8-47
	SP8792	Plessey Semi	CMOS	225M	81	80	1	5.0	-30	70	DIP	8-1
30	SP8647ADG	Plessey Semi	ECL	250M	11	10	4	-5.2	-55	125	DIP	16-180
	SP8647ADP	Plessey Semi	ECL	250M	11	10	4	-5.2	-55	125	DIP	16-180
	SP8647BDG	Plessey Semi	ECL	250M	11	10	4	-5.2	-30	70	DIP	16-180
	SP8647BDP	Plessey Semi	ECL	250M	11	10	4	-5.2	-30	70	DIP	16-180
	SP8720A	Plessey Semi	ECL	300M	4	3	2	-5.2	-55	125	DIP	16-180
	SP8720B	Plessey Semi	ECL	300M	6	3	2	-5.2	-30	70	DIP	16-180
	SP8740A	Plessey Semi	ECL	300M	6	3	3	-5.2	-55	125	DIP	16-180
	SP8740B	Plessey Semi	ECL	300M	7	6	3	-5.2	-30	70	DIP	16-180
	SP8741A	Plessey Semi	ECL	300M	7	6	3	-5.2	-30	70	DIP	16-181
	SP8741B	Plessey Semi	ECL	300M	7	6	3	-5.2	-30	70	DIP	16-181
40	SP8643A	Plessey Semi	ECL	350M	11	10	4	-5.2	-55	125	DIP	16-180
	SP8743A	Plessey Semi	ECL	450M	9	8	1	-5.2	-55	125	DIP	16-180
	UPB571C	NECElecSinc	CMOS	500M	4	6	3	5.0	0	70	DIP	8-442
	UPB572C	NECElecSinc	CMOS	500M	4	6	3	5.0	0	70	DIP	N/A
	SP8743B	Plessey Semi	ECL	500M	9	8	1	-5.2	-30	70	DIP	16-180
	SP8685A	Plessey Semi	ECL	500M	11	10	4	5.0	-55	125	DIP	16-357
	SP8685B	Plessey Semi	ECL	500M	11	10	4	5.0	0	70	DIP	16-357
	S89	Siemens Akt	ECL	500M	202	8		5.0	-30	85	DIP	14-136
	SP8716	Plessey Semi	CMOS	520M	41	40		5.0	-30	70	DIP	8-22
	SP8716ADG	Plessey Semi	BIP	520M	41	40	1	5.0	-55	125	DIP	8-202
50	SP8718	Plessey Semi	CMOS	520M	65	64		5.0	-30	70	DIP	8-22
	SP8718ADG	Plessey Semi	BIP	520M	65	64	1	5.0	-55	125	DIP	8-202
	SP8719	Plessey Semi	CMOS	520M	65	80		5.0	-30	70	DIP	8-22
	SP8719ADG	Plessey Semi	BIP	520M	81	80	1	5.0	-55	125	DIP	8-202
	MC12018L	Motorola	ECL	520M	129	128		8.0	-40	85	DIP	8-48
	MC12018P	Motorola	ECL	520M	129	128		8.0	-40	85	DIP	8-48
	SP8680A	Plessey Semi	ECL	600M	11	10	4	-5.2	-55	125	DIP	16-181
	SP8680B	Plessey Semi	ECL	600M	11	10	4	-5.2	0	70	DIP	16-181
	F11C91DC	Natl Semi	ECL	650M	6	5		-5.2	0	75	DIP	16-833
	F11C91DM	Natl Semi	BIP	650M	6			-5.2	-55	125	DIP	16-765
60	F11C90DC	Natl Semi	ECL	650M	11	10		-5.2	0	75	DIP	16-833
	F11C90DM	Natl Semi	BIP	650M	11	10		-5.2	-55	125	DIP	16-765
	8660	R S Cmpls	ECL	650M	11		4	8.0	0	70	DIP	16-181
	SP8704DP (A)	Plessey Semi	BIP	950M	129	64	1	5.0	-40	85	DIP	8-201
	SP8704MP (A)	Plessey Semi	BIP	950M	129	64	1	5.0	-40	85	SO	8-201
	UPB566AC	NECElecSinc	CMOS	1G	7	6	3	5.0	0	70	DIP	N/A
	SP8785A	Plessey Semi	ECL	1.0G	22	20	4	-5.2	-55	125	DIP	16-180
	SP8785B	Plessey Semi	ECL	1.0G	22	20	4	-5.2	-30	70	DIP	16-180
	SP8785M	Plessey Semi	ECL	1.0G	22	20	5	-5.2	-40	85	DIP	16-180
	SP8782ADG	Plessey Semi	BIP	1.0G	33	16	1	5.0	-55	125	DIP	8-201
70	SP8782BDP	Plessey Semi	BIP	1.0G	33	16	1	5.0	-40	85	DIP	8-201
	10G070-3C	Gigabit Lgc	GaAs	1.0G	41	5	4	-5.2	0	85	LDCC	40-72
	10G070-3L36	Gigabit Lgc	GaAs	1.0G	41	5	4	-5.2	0	85	LLCC	40-72
	10G070K-C	Gigabit Lgc	GaAs	1.0G	41	5	4	-5.2	-40	100	LDCC	40-72
	10G070K-F	Gigabit Lgc	GaAs	1.0G	41	5	4	-5.2	-40	100	OFF	36-3
	10G070K-L	Gigabit Lgc	GaAs	1.0G	41	5	4	-5.2	-40	100	LLCC	40-72
	10G070K-L36	Gigabit Lgc	GaAs	1.0G	41	5	4	-5.2	-40	100	LLCC	40-72
	MS4465SP	MitsubiElec		1.0G	64		3	5.0	-10	70	DIP	14-228
	MS6672L	MitsubiElec		1.0G	64		4	5.0	-20	70	SIP	8-20
	SP8703	Plessey Semi	CMOS	1.0G	129	128		5.0	-30	70	DIP	8-21
80	MS4477AP	Mitsubishi	ECL	1.0G	136	128	6	5.0	-10	70	DIP	8-17
	MS4477L	Mitsubishi	ECL	1.0G	136	128	6	5.0	-10	70	SIP	8-17
	MS4477P	Mitsubishi	ECL	1.0G	136	128	6	5.0	-10	70	DIP	8-17
	UPB562C	NECElecSinc	CMOS	1G	136	128	3	5.0	0	70	DIP	N/A
	F11C83DC	Natl Semi	BIP	1.0G	256	248		-5.2	0	70	DIP	14-228
	MS4462AL	MitsubiElec	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-20	70	SIP	14-228
	MS4462AP	Mitsubishi	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	DIP	8-20
	MS4462AP	MitsubiElec	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	DIP	14-228
	MS4462P	MitsubiElec	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	DIP	14-228
	MS4468AL	MitsubiElec		1.0G	256	64	6	5.0	-20	70	SIP	8-20
90	MS4471L	Mitsubishi	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	SIP	8-20
	MS4471L	MitsubiElec	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	SIP	8-20
	MS4471P	Mitsubishi	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	DIP	8-20
	MS4471P	MitsubiElec	TTL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	DIP	8-20
	MS4472L	Mitsubishi	ECL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	SIP	8-128
	MS4472L	MitsubiElec	ECL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	SIP	8-128
	MS4473P	Mitsubishi	ECL	1.0G	256	64	6	5.0	-10	70	DIP	8-128