

**PENGEMBANGAN FUNGSI PERSONAL COMPUTER (PC)
SEBAGAI RADIO KOMUNIKASI 11 METER BAND**
tri karyadi ps - t101950619 - sub.jur.elektronika
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

ABSTRAKSI : Tujuan akhir penelitian menghasilkan suatu model perangkat keras radio komunikasi AMDSBFC 11 meter band (HF 27MHz) dilengkapi modem radio spesifikasi Bell 202S. Perangkat tersebut dapat digunakan untuk komunikasi data atau suara dengan pengendaliannya melalui port komunikasi RS 232C. Penelitian ini berangkat dari adanya desakan kebutuhan jalur penghubung dan perangkat pendukung yang murah untuk proses pertukaran informasi antar komputer (*host*) dari berbagai pengguna. Jalur penghubung dan perangkat tersebut diharapkan memberikan kemudahan dalam instalasinya, perawatan, jangkauan yang luas serta tidak mengubah spesifikasi komputer yang telah ada. Sebagai jawaban adalah memanfaatkan gelombang radio HF pada frekuensi 27MHz pada kanal CB (*citizen band*) yang mempunyai sistem modulasi AMDSBFC yang selama ini belum dimanfaatkan untuk membentuk jaringan komputer. Pembuatan pesawat *transceiver* relatif lebih mudah dan murah karena menggunakan sistem modulasi AMDSBFC dan dapat dibangun menggunakan komponen lokal. Untuk menanggulangi pengaruh EMI pada saat transmisi maka sinyal digital dikodekan dalam format FSK dengan kecepatan 1200bps.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu media penghubung yang dapat digunakan untuk komunikasi dengan biaya murah adalah gelombang radio. Penggunaan media ini menjadi pilihan dikarenakan kemudahan selama instalasi dan perawatan, yang lebih tepatnya hanya sekedar melakukan pengawasan pada perangkat dan tidak perlu biaya jasa atau sewa sebagaimana penggunaan saluran telepon, sehingga biaya instalasi menjadi terhutang murah dengan jarak tempuh informasi yang masih relatif jauh. Untuk dapat menggunakan media gelombang radio sebagai media transmisi, diperlukan perangkat pemancar dan penerima gelombang radio (*transceiver*). Pemilihan frekuensi kerja AM 27MHz sebagai gelombang pembawa dikarenakan propagasinya yang terbaik pada komunikasi radio AM (*amplitudo modulation*) di pita HF dengan pengaruh EMI (*elektromagnetik interference*) yang rendah serta karakteristik perangkat radio *transceiver* yang mudah dibangun karena tidak membutuhkan komponen dengan *speed* yang tinggi dan harga komponen yang relatif murah.

Untuk dapat mengirimkan data antar komputer pada jarak yang jauh diperlukan modem yang fungsinya mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog yang karakteristiknya sesuai dengan topologi jaringan yaitu mempunyai lebar bidang yang sempit tiap kanal. Dalam penelitian ini digunakan spesifikasi perancangan modem radio dengan format Bell 202S.

1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dengan menerapkan model perangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan fungsi komputer (PC) terutama generasi *low level* (286, 386, 486).
2. Aplikasi nyata diujicobakan untuk membentuk jaringan dengan sistem radio paket dan komunikasi suara.
3. Model perangkat mengikuti standar komunikasi sehinggadapat dihubungkan dengan PC maupun mikrokontroler untuk berbagai tujuan aplikasi dilapangan.

1.3 Batasan Masalah

Membahas perihal teori dan perancangan perangkat keras radio komunikasi 11 *meter band* beserta modem radio

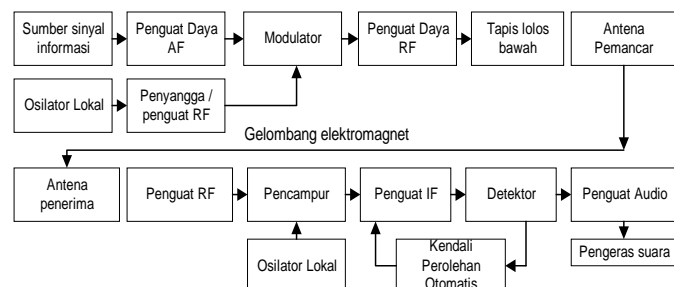
yang dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut :

1. Perancangan pesawat pancarima radio menggunakan frekuensi 27,095 MHz dengan sistem modulasi AMDSBFC dan daya RF-out 1 watt pada antenna model.
2. Komputer yang digunakan adalah IBM-PC AT yang bekerja pada lingkungan DOS.
3. Perancangan modem radio menurut spesifikasi Bell-202S dengan kecepatan 1200bps.
4. Pengujian dan pengoperasian dengan menggunakan sistem operasi NOS dan bahasa pemrograman PASCAL.
5. Aplikasi sebagai terminal radio paket (LAN) seperti setup TCP/IP tidak dibahas.

II. DASAR TEORI

2.1 Sistem Komunikasi Radio

Piranti elektronik yang digunakan untuk hubungan radio dikenal sebagai pesawat pancarima (*radio transceiver*). Diagram blok yang disederhanakan dari pemancar (Tx) dan penerima (Rx) super *heterodyne* untuk menggambarkan pengolahan sinyal RF dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Diagram blok pemancar dan penerima radio

Berdasarkan gambar diatas, fungsi masing-masing blok dapat dijelaskan secara garis besar sebagai berikut :

1. **Sumber sinyal informasi**, dapat berasal dari konverter sinyal atau transduser yang akan mengubah informasi menjadi sinyal listrik.
2. **Osilator RF lokal**, menentukan frekuensi pembawa/kelipatannya. Karena kestabilan frekuensi yang baik diperlukan oleh pemancar, osilator sebaiknya dikendalikan oleh kristal.

3. **Penyangga RF**, menguatkan tingkat daya sinyal RF dari osilator keaharga yang diperlukan untuk masukan modulator atau tingkat RF berikutnya.
4. **Modulator**, menggabungkan sinyal informasi dan komponen frekuensi pembawa untuk menghasilkan gelombang pembawa termodulasi.
5. **Penguat daya RF**, diperlukan untuk menghasilkan tingkat daya keluaran yang cukup besar hingga pada harga keluaran antena yang diinginkan.
6. **Tapis lolos bawah**, berguna untuk meredam frekuensi harmonisa yang tidak diharapkan akibat komponen RF yang bekerja pada frekuensi tinggi .
7. **Antena pemancar**, merupakan batang logam yang mengubah energi RF menjadi gelombang elektromagnetik terpolarisasi agar energi yang dipancarkan optimal.
8. **Antena penerima**, menangkap gelombang elektromagnetik yang diterima dan mengkonversi kembali menjadi tegangan listrik .
9. **Penguat RF**, pada ujung depan suatu pesawat radio diperlukan untuk menaikkan daya sinyal ketingkat yang sesuai untuk masukan pencampur.
10. **Osilator lokal (LO)**, dalam penerima ditala untuk menghasilkan frekuensi lokal yang berbeda dengan frekuensi yang diterima dengan sselisih frekuensi sebesar frekuensi IF (*intermediate frequency*).
11. **Pencampur**, merupakan piranti tidak linear yang berfungsi sebagai konverter frekuensi dari RF masukan dengan frekuensi tinggi menjadi IF.
12. **Penguat IF**, menaikkan sinyal RF termodulasi untuk deteksi sinyal pemodulasi dan sekaligus sebagai tapis keluaran pencampur.
13. **Detektor**, mendapatkan sinyal suara asli (pemodulasi) dari keluaran penguat IF. Pada bagian ini, tegangan searahkeluaran detektor dapat digunakan untuk masukan kendali perolehan otomatis.
14. **Penguat audio**, menguatkan sinyal dari hasil demodulator /detektor untuk masukan pengeras suara.

Persyaratan berikut mutlak dimiliki sebuah penerima radio komunikasi (*communications receiver*), antara lain :

1. **Sensistivitas**, didefinisikan sebagai besarnya tegangan yang harus diberikan pada antena penerima agar menghasilkan keluaran optimal pada pesawat. Kepekaan radio AM berkisar $10\mu V - 10mV$ untuk radio komunikasi. Penerima radio *broadcasting* memiliki kepekaan sekitar $100\mu V - 10mV$.
2. **Selektivitas**, diartikan sebagai kemampuan memisahkan sinyal yang diinginkan dengan sinyal yang lain agar diperoleh sinyal informasi yang bersih.
3. **Kesetiaan (fidelitas)**, merupakan kemampuan penerima untuk menghasilkan suara dengan lebar pita mendekati aslinya.
4. **IRR (image rejection ratio)**, merupakan kemampuan penerima untuk menolak frekuensi bayangan.
5. **Penjejakan (tracking)**, merupakan kemampuan penerima untuk selalu mendapatkan sinyal RF pada frekuensi kerja.
6. **AVC (automatic volume control)**, adalah rangkaian yang secara otomatis mengatur keluaran konstan untuk tingkat variasi masukan tertentu.

2.2 Sistem Modulasi

Sistem modulasi yang paling banyak diterapkan dalam radio komunikasi adalah sistem modulasi AM dan FM. Modulasi diperlukan karena adanya kesulitan untuk mentransmisikan sinyal informasi (pemodulasi) secara langsung, disebabkan :

1. Karakteristik saluran transmisi pada frekuensi rendah tidak stabil karena mudah terpengaruh frekuensi yang relatif lebih besar.
2. Transmisi sinyal melalui media nonfisis membutuhkan antena, dengan ukuran ideal minimal adalah $\frac{1}{4}$ panjang gelombang. Sehingga sinyal *base band* (audio, gambar, data) membutuhkan antena dengan ukuran fisik sangat besar apabila hendak dipancarkan langsung.

2.2.1 Modulasi Amplitudo (diterapkan sebagai carrier)

Persamaan matematis dari modulasi amplitudo adalah sebagai berikut :

Sinyal pemodulasi = $A_m \cos(\omega_m t)$, A_m = amplituda pemodulasi.

Sinyal pembawa = $A_c \cos(\omega_c t)$, A_c = amplituda pembawa. Proses modulasi akan menghasilkan sinyal suatu modulasi AM dengan sinyal termodulasi $V_c(t)$:

$$V_c(t) = (A_c + A_m \cos(\omega_m t)) \cos(\omega_c t) \dots(2-1)$$

Suatu ukuran modulasi yang berguna dalam AM adalah indek modulasi (m) yang didefinisikan sebagai :

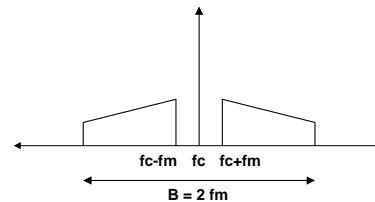
$$m = A_m/A_c \dots\dots(2-2)$$

dengan memakai fungsi m, persamaan diatas dapat dituliskan sebagai :

$$V_c(t) = A_c(1 + m \cos(\omega_m t)) \cos(\omega_c t) \dots\dots(2-3)$$

$$V_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) + \frac{1}{2} m A_c \cos(\omega_c - \omega_m) t + \frac{1}{2} m A_c \cos(\omega_c + \omega_m) t$$

Jika digambarkan spektrum frekuensinya, AM dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2 Spektrum gelombang AM

Lebar bidang modulasi AM adalah :

$$B_{AM} = (f_c + f_m) - (f_c - f_m) = 2 f_m \dots(2-4)$$

2.2.2 Energi Gelombang

Energi gelombang sebanding dengan kuadrat dari amplitudo gelombang pada beban yang diasumsikan sebagai R. Daya sesaat yang ditimbulkan oleh gelombang AM termodulasi pada sebuah beban R adalah:

$$P = A_c^2/R + (\frac{1}{2} m A_c)^2/R + (\frac{1}{2} m A_c)^2/R \dots\dots(2-5)$$

maka daya rata-rata total (PT) dari persamaan tersebut dapat dinyatakan :

$$P_T = P_c + \frac{1}{4} m^2 P_c + \frac{1}{4} m^2 P_c$$

$$P_T = P_c (1 + \frac{1}{2} m^2) \dots\dots(2-6)$$

2.2.3 Modulasi Frekuensi (diterapkan secara sebagai FSK)

Didalam modulasi frekuensi sinyal pemodulasi digunakan untuk mengubah frekuensi pembawa.

Sinyal pemodulasi = $A_m \sin \omega_m t$, A_m = amplitudo pemodulasi.

Sinyal pembawa = $A_c \cos \omega_c t$, A_c = amplitudo pembawa.
 Bila kedua sinyal dimasukkan pada sebuah modulator frekuensi, maka diperoleh sinyal FM:

$$V_{c\text{ FM}}(t) = A_c \cos(\omega_c t + K\omega A_m / \omega_m \sin \omega_m t) \dots(2-7)$$

$K\omega A_m$ = merupakan penyimpangan frekuensi yang berhubungan dengan puncak tegangan pemodulasi.

Penyimpangan puncak didefinisikan sebagai $\Delta\omega$, dimana

$$\Delta\omega = K\omega A_m \text{ (rad/s)} \dots\dots(2-8)$$

atau $\Delta f = K_f A_m$ (Hz), persamaan untuk gelombang FM menjadi :

$$V_{c\text{ FM}}(t) = A_c \cos(\omega_c t + \Delta\omega/\omega_m \sin \omega_m t) \dots\dots(2-9)$$

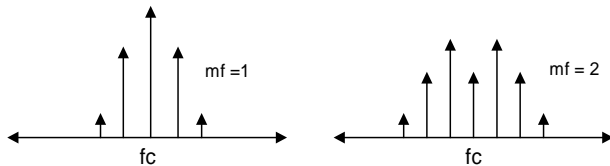
atau $V_{c\text{ FM}}(t) = A_c \cos(\omega_c t + \Delta f/f_m \sin \omega_m t)$

Kalau indek modulasi FM didefinisikan sebagai

$$mf = \Delta\omega/\omega_m = \Delta f/f_m$$

maka $V_{c\text{ FM}}(t) = A_c \cos(\omega_c t + mf \sin \omega_m t) \dots\dots(2-10)$

Dari nilai tersebut dapat dijelaskan bahwa amplitudo pembawa relatif dan amplitudo pita sisi dalam sinyal FM berubah menurut amplitudo sinyal dan frekuensi sinyal pemodulasi, tetapi daya total yang terkandung dalam gelombang termodulasi tetap besarnya.



Gambar 2.3 Spektrum dari gelombang FM dengan indek modulasi berbeda

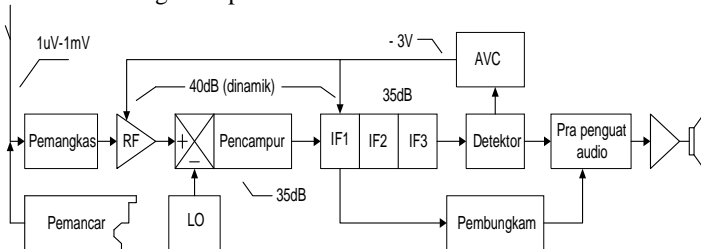
III. Implementasi

3.1 Penerima

Perancangan rangkaian penerima radio AM memperhatikan acuan dasar aplikasi, diantaranya adalah :

- ❖ Sistem modulasi yang digunakan adalah AMDSBFC.
- ❖ Frekuensi kirim 27.095 MHz diluar 40 kanal CB.
- ❖ Besar Vcc rangkaian adalah 12V.
- ❖ Trafo IF 455KHz memiliki lilitan primer 100N tap 40N, sekunder 20N dan kapasitor tala sebesar 180p.
- ❖ Transistor yang digunakan pada rangkaian penerima radio, mempunyai spesifikasi standar : disipasi daya 350mW, hfe 100, Veb 4V, Vce 20V dan Vcb 30V (data diperoleh dengan mengamati radio transistor merk Nasional, Johnshon, Video dan 2N-Icom).
- ❖ Sensitivitas sistem ditentukan 10µV-1mV.

Berdasarkan acuan tersebut, realisasi rancangan sistem dengan memanipulasi switch operasi dapat dijabarkan dalam blok rangkaian penerima radio komunikasi berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram blok penerima dengan nilai penguatan sistem

Transistor menggunakan jenis NPN dengan dioda detektor diusahakan mendapatkan tegangan sampil negatif untuk memperoleh pengemudian penguatan dinamis. Perbandingan trafo IFT yang digunakan adalah 40:20 maka dengan catu 12V diperoleh tegangan sekunder sebesar 6Vpp. Keluaran detektor menghasilkan tegangan negatif -3Vpp pada modulasi maksimum. Agar diperoleh 3V pada keluaran detektor dengan sensitivitas masukan 10µV diperlukan penguatan sistem yang diperoleh dengan persamaan berikut :

$$dB = 20 \log (V_{out}/V_{in}) \dots\dots(3-1)$$

$$20 \log (3V/10\mu V) = 109,5dB \approx 110dB \text{ (mak)}$$

Agar keluaran detektor tetap stabil sebesar 3V maka pada saat masukan penerima Vsensitivitas mak = 1mV, penguatan sistem harus berkurang menjadi :

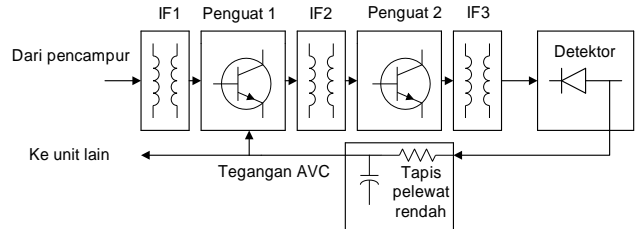
$$20 \log (3V/1mV) = 69,5dB \approx 70dB \text{ (min)}$$

Penguatan dinamis sistem diperoleh dengan rumus :

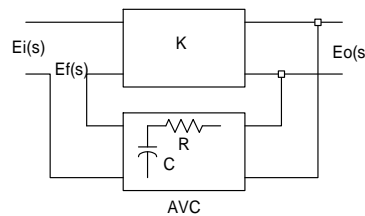
$$dB \text{ (dinamis)} = dB(\text{sistem mak}) - dB(\text{sistem min}) \dots\dots (3-2)$$

$$110dB - 70dB = 40dB.$$

Penguatan dinamis sebesar 40dB ditetapkan sebagai perolehan dari penguat depan RF dan penguat IF1, yang berubah berkurang secara bertahap menjadi -40dB saat sinyal RF masukan 1mV dan menjadi 40dB saat sinyal masukan 10µV. Hasil perancangan tersebut bila direalisasikan dalam suatu tahapan rangkaian IF menggunakan kelas A tertala tampak seperti pada gambar berikut :



Gambar 3.2 Tahapan IF dengan umpan balik



Gambar 3.3 Blok diagram kendali perolehan otomatis (AGC)

Dari gambar diatas dapat dianalisa sistem umpan balik sebagai berikut :

$$E_r(s)/E_o(s) = 1/RC(s) + 1 \dots\dots(3-3)$$

$$[E_i(s) - E_r(s)]K = E_o(s) \dots\dots(3-4)$$

$$E_i(s) = (E_o(s) + E_r(s) K) / K$$

$$E_r(s) = E_o(s) / (RC(s) + 1)$$

$$E_o(s) = K[RC(s) + 1] \dots\dots(3-5)$$

$$E_o(s)/E_i(s) = K (RC(s) + 1) / (RC(s) + 1 + K)$$

$$= KRC(s) + K / (RC(s) + 1 + K) \dots\dots (3-6)$$

Apabila keadaan sinyal masukan mencapai level terbesar (1mV) sebagai nilai sensitivitas maksimal maka perolehan AVC menjadi sangat negatif untuk mengurangi penguatan dinamis hingga harga penguatan menjadi 1. Bila keadaan ideal ini dipenuhi maka nilai $E_o(s)/E_i(s)=1$. Dengan memasukan kembali persamaan pada keadan tersebut pada persamaan diatas :

$$1 = KRC(s) + K / (RC(s) + 1 + K)$$

$$= KT(s) + K / (T(s)+1+K)$$

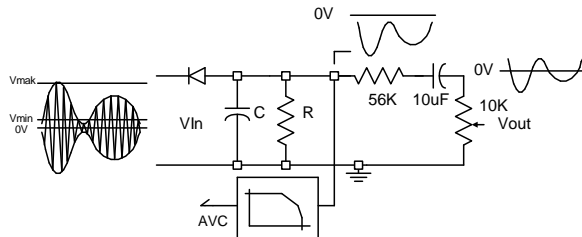
$$T(s)+1+K = KT(s)+K$$

$$T(s)+1+K = KT(s)+K$$

$$T(s)- KT(s) = -1$$

$$T(s) = 1/(K-1) \dots\dots(3-7)$$

Dengan mengasumsikan penguatan rata-rata sistem adalah 90dB (harga tengah) untuk sensitivitas yang berada pada harga 10µV dan 1mV maka nilai penguatan dinamis sistem yang diperlukan sebesar 20dB atau terjadi penguatan tegangan dengan pengendalian AGC/AVC sebesar 10 kali. Harga 10 tersebut dijadikan sebagai nilai K yang dengan persamaan (3-7) dapat diperoleh harga T sebesar 0,11. Dengan iterasi terhadap harga yang lain sebagai harga kedinamisan sistem diperoleh harga T yang proporsional lainnya. Pada harga (K=9;T=0,125), (K=8;T=0,148) (K=7;T=0,16) dan pada (K6;T=0,2). Batasan perancangan pada -3dB sebagai konsekuensi yang perlu dipertimbangkan menjadikan pilihan T jatuh pada harga 0,15.



Gambar 3.4 Perancangan detektor dan tapis RC

Untuk menentukan nilai RC hasil penyearahan ditentukan oleh faktor kelendutan RC dan batas frekuensi komunikasi radio AM (10KHz). Menunjuk pada persamaan (2-3) bahwa sinyal AM terpancar adalah:

$$V_c(t) = A_c(1 + m \cos(\omega_m t)) \cos(\omega_c t)$$

Selubung sinyal pemodulasi (*envelope*) adalah :

$$V_c(t) = A_c(1 + m \cos(\omega_m t))$$

dengan tidak mengubah arti, sinyal selubung tersebut dimisalkan sebagai $V_c(t) = A_c(1 + m \sin(\omega_m t))$.

Kelengkungan tegangan hasil detektor dinyatakan sebagai turunan :

$$dV_e(t)/dt = \omega_m A_c m \cos(\omega_m t) \dots\dots(3-8)$$

Kemiringan perosotan tegangan kapasitor C ialah :

$$V_o(t) = V_e^{-t/RC} \dots\dots(3-7)$$

Batas atas dari konstanta waktu RC agar dihasilkan lerengan yang dapat menutupi riak keluaran dioda sebagai berikut :

$$RC \leq \text{Tegangan sampel} / \text{Tegangan Kelengkungan}$$

$$RC \leq \frac{1}{\omega_m} \left(\frac{1}{m} \right), \text{ pada harga } t \text{ minimum } \dots(3-9)$$

Apa bila harga frekuensi tertinggi 5KHz ($B_{AM}=10KHz$), indek modulasi rata-rata ($m=50\%$) dan harga R ditentukan 10K diperoleh nilai C sebesar :

$$C \leq 1/(2 \cdot \pi \cdot 5K \cdot 10K \cdot 0,5) = 6 \text{ n} (\approx 10\text{n})$$

3.2 Pemancar

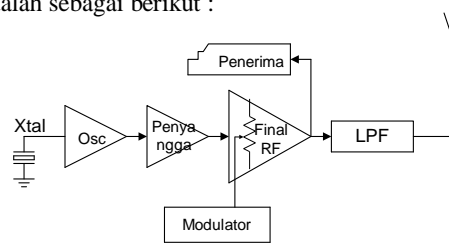
Realisasi rangkaian pemancar lebih kompleks dibandingkan dengan rangkaian penerima. Penggunaan rangkaian tala LC dan komponen yang dioperasikan pada daya dan frekuensi tinggi menjadikan muncul nilai kapasitansi dan induktansi tersebar (*stray*) sebagai beban tambahan pada rangkaian, yang cukup rumit untuk dibawa kebentuk persamaan matematis sederhana. Aplikasi hanya

dapat dilakukan dengan metoda uji coba yang pada akhirnya menghasilkan 2 rangkaian penguat RF yang tidak bisa identik persis. Dikehendaki daya keluaran pemancar maksimal sebesar 4 Watt dengan keluaran osilator 100mW maka besar penguatan yang diperlukan adalah 16 dB. Perancangan kaskade untuk mengatasi hfe aplikasi RF<10 berikut pertimbangan efisiensi dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Perancangan perolehan penguatan pada Tx

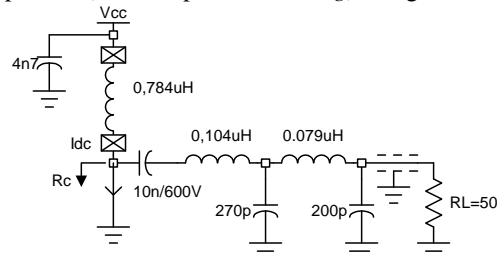
Kelas penguat	Gp	Po	Efisiensi	Pi-dc
Osc kelas A	-	100 mW	50 %	200mW
Penyangga C	6 dB	400 mW	60 %	640mW
Penguat akhir C	10dB	4 W	60%	6,4 W

Susunan kaskade tingkat penguat RF secara berurutan dari tingkat daya terendah ketingkat yang lebih besar adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Blok rangkaian pemancar AMDSBFC

Rangkaian osilator dibangun dengan penguat kelas A tertala (*tuned amplifier*) yang pada penelitian ini digunakan sebagai osilator Tx dan osilator lokal Rx dengan basis rangkaian osilator Pierce. Bw osilator diperoleh sebesar 10,6 MHz dengan efisiensi 53,99% menggunakan kristal 27,095MHz-Tx dan 26,640 MHz-Rx (selisih 455KHz sebagai frekuensi kerja IF). Transistor yang digunakan bertipe 2N2222 (350mW) untuk memperoleh bati tegangan sebesar 40 (Osc.Rx) dan tipe 2N2222A (500mw) (osc.Tx) sehingga diperoleh bati tegangan 400. Penyangga menggunakan transistor 2N2219 (800mW) dengan perolehan BW rangkaian sebesar 5MHz dan efisiensi sebesar 50%. Rangkaian penguat akhir menggunakan transistor C2029(10W) yang memberikan efisiensi sebesar 83% pada seting daya keluaran sebesar 4W *matched*. LPF dipilih karena dianggap tidak ada frekuensi rendah pemodulasi yang dapat mencapai antena dan hanya frekuensi larasan (UHF dan VHF) yang perlu ditapis. Dengan memperhatikan beban 50 Ohm dan frekuensi patahan -3db pada 30MHz dan 40MHz. Rangkaianya diwujudkan dalam 2 tahapan LC (sebelum proses *matching*) sebagai berikut:

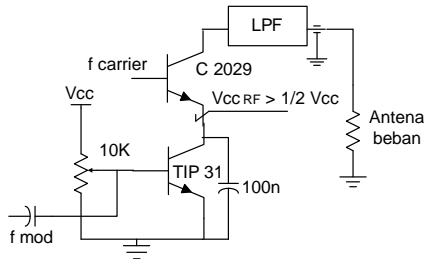


Gambar 3.6 Nilai awal rangkaian LC untuk LPF

3.3 Modulator AM

Modulator AM yang secara umum menggunakan trafo modulasi pada penelitian ini diupayakan dapat dimanipulasi dengan menggunakan rangkaian diskrit agar dimensi trafo yang besar, harga trafo linear yang mahal dan kebutuhan penguat AF berdaya besar dapat ditiadakan.

Keuntungan yang diberikan adalah rangkaian menjadi lebih kompak, sesuai tujuan perancangan yang memanipulasi saklar relai meskipun harus merelakan keluaran tegangan termodulasi sesaat hanya mampu mencapai $2V_{cc}$, tidak mampu mencapai $4V_{cc}$.



Gambar 3.7 Modulator AM dengan penguat kelas A

Efisiensi keseluruhan dari modulator kelas A (Pimod) dan penguat daya RF (Pomak) menjadi sama dengan :

$$P_{o_{mod}} = P_{o_{mak}} / \eta_{RF} \dots(3-11)$$

$$P_{i_{mod}} = P_{o_{mod}} / \eta_{AF} \dots(3-12)$$

$$P_{o_{mak}} / P_{i_{mod}} = \eta = \eta_{RF} \eta_{AF} \dots(3-13)$$

Menggunakan persamaan

$$\eta_{AF} = P_{o_{mod}} / P_{i_{mod}} = V_{ccRF} / V_{cc}$$

dan menentukan terlebih dahulu nilai yang menyusunnya sebagai berikut : Untuk mendapatkan keluaran modulasi yang linear harga V_{ccRF} diatur lebih besar dari $1/2 V_{cc}$. $V_{cc} = 11,3V$ karena ada tegangan V_e transistor final, maka V_{ccRF} diatur pada harga $6V$. Menggunakan persamaan berikut :

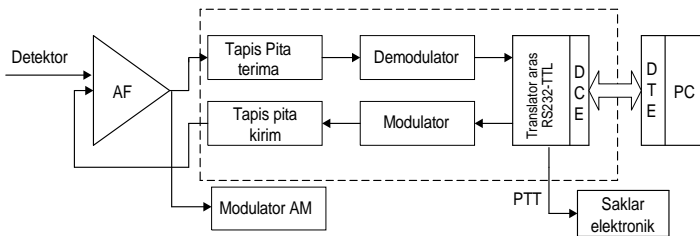
$$\eta_{AF} \text{ Kelas A} = 6V / 11,3V = 53\% \text{ (tanpa modulasi)}$$

Efisiensi keseluruhan rangkaian pemancar AMDSBFC dan modulator diperoleh dengan persamaan (3-13), adalah :

$$\eta_{RF} \eta_{AF} = 83\% \cdot 53\% = 44\%$$

3.4 Modem

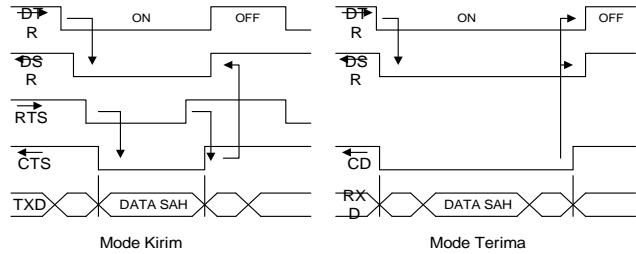
Rancangan modem radio berpijak pada standarisasi modem Bell System 202S (1200Bps, half duplex, asinkron, 2 saluran, FSK frekuensi 1200 Hz dan 2200Hz. Realisasi perancangan modem secara garis besar digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.8 Diagram blok modem radio

3.4.1 Translator Tegangan

Diperlukan untuk mengubah aras RS 232 menjadi TTL atau sebaliknya yang diperlukan untuk menterjemahkan sinyal jabat tangan dan peralihan data antara DCE dan DTE. Untuk dapat mengaplikasikan IC line driver 1489 (RS-232 ke TTL) dan 1488 (TTL ke RS-232) atau IC persamaan lainnya perlu memahami diagram pewaktuan berikut ini :



Gambar 3.9 Diagram pewaktuan mode kirim dan terima

Dari gambar diatas bila dicermati nampak bahwa keadaan ON RS-232 diwakili oleh kuasi stabil logika rendah (O) dan tegangan pada keadaan harus berada pada harga $5V$ hingga $12V$. Pada keadaan sebaliknya keadaan OFF = logika tinggi (1) = level tegangan $-5V$ sampai $-12V$.

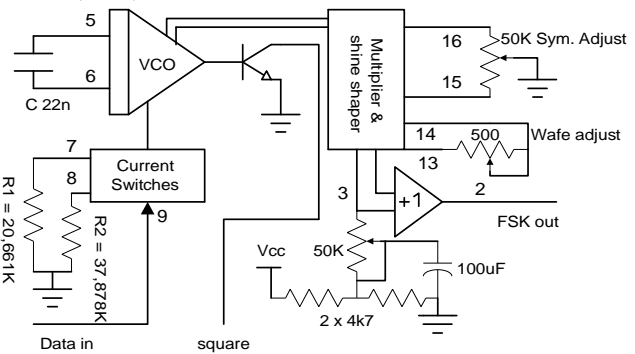
3.4.2 Modulator FSK

Dipilih keping generator sinyal IC XR2206 buatan Exar yang dirangkai sebagai sebuah saklar frekuensi sinusoidal dipicu tegangan sebagai berikut:

$$f_1 = 1/R_1C, \text{ masukan logika } \ll 1V \text{ (3-14)}$$

$$f_2 = 1/R_2C, \text{ masukan logika } \gg 2V \text{ (3-15)}$$

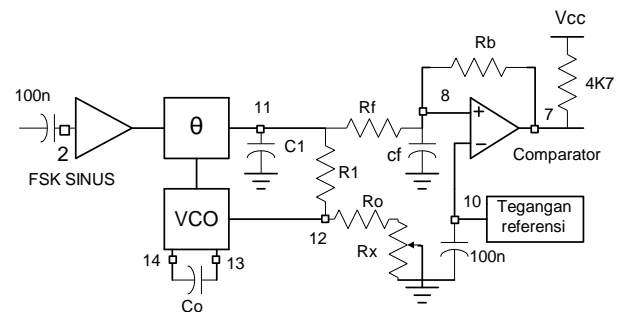
Menggunakan $C=22n$, $R_1 = 20,661K$ dan $R_2 = 37,878K$ maka pada saat DTE ON, disetel agar diperoleh frekuensi $2200Hz$ (space) dan status DTE OFF dihasilkan frekuensi $1200Hz$ (mark).



Gambar 3.10 Rangkaian modulator FSK Bell 202 XR2206

3.4.3 Demodulator FSK

Untuk memperoleh sinyal space dan mark kembali dipilih keping IC PLL XR2211. Perancangan memilih menggunakan PLL dibandingkan dengan tapis aktif dikarenakan IC ini telah dilengkapi pin deteksi sinyal. Harga komponen eksternal diturunkan dari rumus aplikasi (data sheet).



Gambar 3.11 Demodulator FSK dengan XR2211

Perolehan fungsi alih orde dua dari rangkaian lengkap demodulator tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{\theta o(s)}{\theta s(s)} = \frac{\omega n^2}{S^2 + 2\xi\omega n S + \omega n^2} = \frac{5569,47}{S^2 + 74,628S + 5569,47}$$

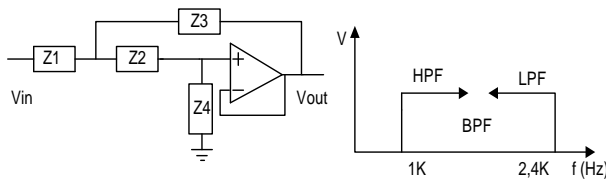
Persamaan tersebut menghasilkan 2 kutub pada sisi sebelah kiri sumbu imajiner dengan kedudukan akar sebesar $-37,31 \pm j64,63$.

3.4.4 Tapis Aktif Modem

Dasar perancangan menggunakan tapis chebyshev yang mempunyai kecuraman (*roll-off*) paling tajam meskipun diikuti tegangan *ripple* 0,5 dB. Realisasi menggunakan tapis orde 2x2 yang dikaskade pada HPF=1000Hz dan LPF=2200Hz. Berdasarkan tabel diperoleh tetapan $k1=1,949$ dan $k2=0,653$.

LPF : (R ditetapkan) $k1 = RC1\omega$ $k2 = RC2\omega$ (3-16)

HPF : (C ditetapkan) $1/k1 = R1C\omega$ $1/k2 = R2C\omega$ (3-17)



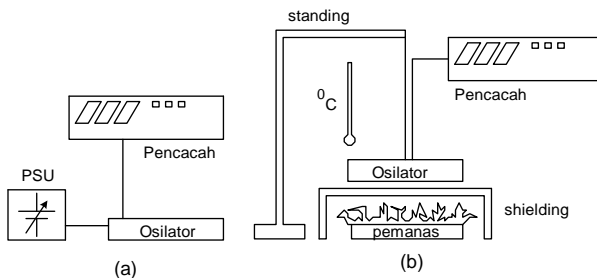
Gambar 3.12 Rangkaian dasar tapis aktif untuk membangun BPF

IV. Hasil Implementasi

Setelah sistem dapat direalisasikan berdasarkan konsep yang mendasarinya, selanjutnya dilakukan pengujian untuk menganalisa unjuk kerja sistem.

4.1 Stabilitas Osilator

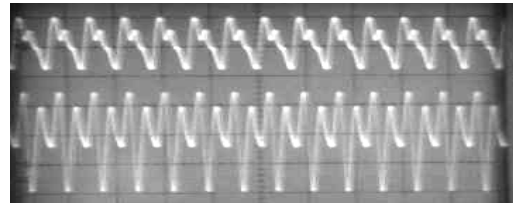
Osilator dengan keluaran stabil diperlukan oleh radio komunikasi agar frekuensi pemancar tidak terperosok pada kanal frekuensi lain dan pesawat radio hanya bekerja pada kanal yang telah ditetapkan.



Gambar 4.1 Pengujian Osilator terhadap tegangan dan suhu

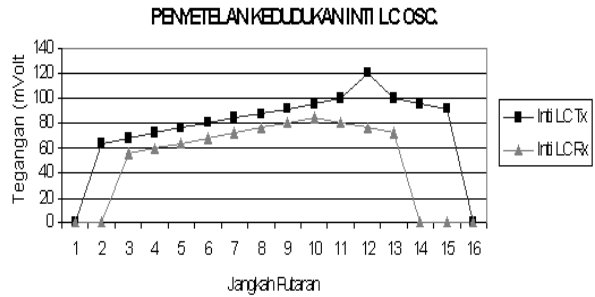
Metoda pengujian dilakukan dengan mengatur jarak terhadap pemanas sehingga diperoleh suhu 27-400C seperti pada gambar diatas diperoleh layangan (*drift*) frekuensi sebesar 0,073 ppm (Tx) dan 0,15 ppm (Rx) ($ppm = 1/sepjuta$). Pengujian terhadap perubahan tegangan kerja dilakukan dengan memberikan tegangan DC variabel dari PSU mulai tegangan 4,5-15V dengan jangkah kenaikan 0,5V memberikan nilai kestabilan sebesar 0,29 ppm (Tx) dan 0,15 ppm (Rx). Dari pengujian terhadap tegangan kerja menunjukkan bahwa rangkaian osilator kristal Pierce dengan

komponen aktif transistor hanya dapat bekerja pada tegangan minimal 6 Volt.



Gambar 4.2 Sinyal perolehan osilator pada basis dan bejana LC

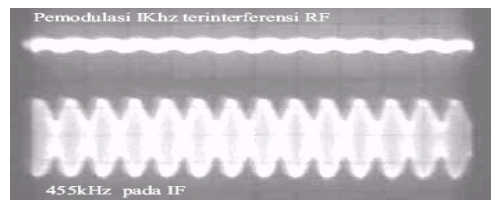
Dari pola sinyal yang ditunjukkan osiloskop nampak bahwa sinyal osilator 27,095 MHz yang dihasilkan berupa larasan kelipatan *third over tone* dari frekuensi fundamental 9MHz. Meskipun telah menghasilkan frekuensi yang mantap, osilator masih memerlukan penyetelan titik kerja operasi agar rangkaian dapat langsung *start* saat catu diberikan dan tidak mengalami *dropped* pada daerah jatuh akibat lewatan suhu dan tegangan setelah osilator diaktifkan selama 2x24 jam.



Gambar 4.3 Titik penyetelan osilator hasil pengujian

4.2 Sensitivitas

Kepekaan pesawat radio komunikasi AM dirancang pada kisaran 10uV-1mV. Untuk mengetahui kemampuan *receiver* menerima sinyal yang lemah dilakukan dengan memberikan sinyal pada pengirim dengan sumber sinyal 1KHz dan indek modulasi =50%. Penerima dijauhkan secara bertahap hingga jarak 10m dan dilakukan penyetelan tahapan bejana LC secara ketat hingga diperoleh sinyal audio yang paling jelas.



Gambar 4.4 Sinyal AM termodulasi (1Khz, m=50%) pada IF

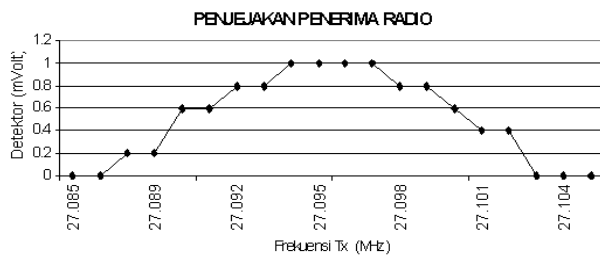
4.3 Kesetiaan

Kesetiaan (*fidelity*) diartikan sebagai kemampuan untuk mereproduksi sinyal kembali dengan lebar pita sesuai dengan aslinya. Karena batasan lebar kanal tiap frekuensi sebesar 10KHz maka perancangan tapis pada detektor membatasi sebesar 5KHz. Pengujian dilakukan dengan memberikan sinyal sapuan menggunakan function generator

PM5138 mode LINE-SWAP-FSTART500HZ-FSTOP5KHz-T2s. Dengan mengamati keluaran pada sepeaker dan osiloskop dapat diamati penurunan perolehan detektor pada frekuensi mendekati batas atas. Pengujian dengan sumber sinyal berasal dari tape (musik) menunjukkan bahwa reproduksi suara pada sisi penerima mengalami banyak kehilangan nada-nada tinggi.

4.4 Penjejakan

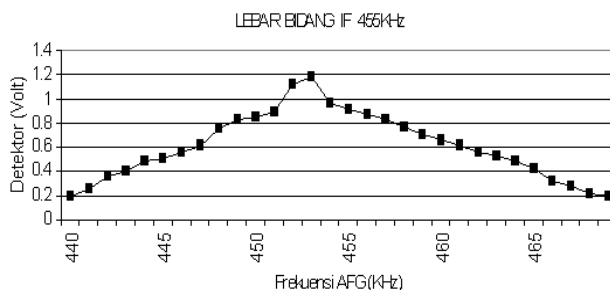
Penjejakan (*tracking*) penerima radio merupakan kemampuan untuk mendapatkan sinyal RF pada frekuensi kerja kanal. Untuk memperoleh pengujian daerah penjejakan digunakan sumber sinyal berasal dari RFG dimodulasi 1KHz sebagai pengganti pemancar. Untuk mendapatkan batas kanal yang tegas (10KHz) pada sisi penerima dilakukan dengan menyetel trafo IFT 455KHz (kuning-putih-hitam) secara ketat.



Gambar 4.5 Daerah penjejakan penerima

4.5 Selektivitas

Pengujian tingkat IF akan memberikan selektivitas atau kemampuan penerima memisahkan sinyal yang di inginkan dengan sinyal pada kanal lain. Penyetelan diusahakan mampu memberikan nilai BW pada harga 9-10KHz .



Gambar 4.6 Lebar bidang penguat IF

Dari gambar diatas diperoleh pelemahan - 3dB pada frekuensi 448KHz dan 459KHz, sehingga diperoleh BW pada -3dB = 459 - 448 = 11 kHz. Harga tersebut menunjukkan bahwa trafo IF belum disetel pada kisaran 9 KHz-10KHz. Daya pilah penguat IF tidak akan berubah meskipun penguat RF dan pencampur ditala pada frekuensi lain karena frekuensi kerja IF tidak berubah talaannya.

4.6 Penolakan Frekuensi Bayangan

Frekuensi bayangan pada penerima radio adalah sinyal dengan frekuensi selisih 455KHz. Frekuensi bayangan yang diujikan dengan menginjeksikan sinyal RFG dengan frekuensi berikut :

$$f_{TX1} = f_{LO} + f_{IF} = 26.640 + 455\text{MHz} = 27.095 \text{ MHz}$$

$$f_{TX2} = f_{LO} - f_{IF} = 26.640 \text{ MHz} - 455 \text{ KHz} = 26.185 \text{ MHz}$$

$$f_{TX3} = \frac{1}{2} f_{TX1} = \frac{1}{2} 27.095 \text{ MHz} = 13.547,5 \text{ MHz}$$

$$f_{TX4} = \frac{1}{2} f_{TX2} = \frac{1}{2} 26.185 \text{ MHz} = 13.092,5 \text{ MHz}$$

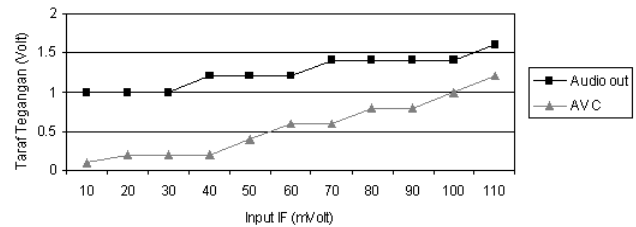
$$f_{TX5} = 2 f_{TX1} = 2 \times 27.095 \text{ MHz} = 54.190 \text{ MHz}$$

$$f_{TX4} = 2 f_{TX2} = 2 \times 26.185 \text{ MHz} = 52.370 \text{ MHz}$$

Dengan menyetel penguat tala dan tapis pada penguat RF dan pencampur kembali, hanya dapat ditangkap sinyal dengan frekuensi 27.095MHz dan 26.185MHz meskipun dengan sinyal perolehan yang lemah.

4.7 Perolehan Kendali Otomatis

Mengatur masukan AFG 1KHz dengan m=50% pada pembawa 455KHz, diperoleh tegangan AVC dan keluaran penguat detektor sebagai berikut :



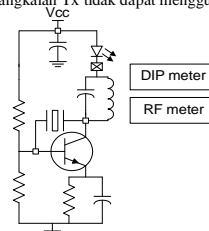
Gambar 4.7 Grafik tegangan AVC terhadap sinyal masukan Sinyal masukan dari AFG kedalam IF dengan jangkah linear akan ditanggapi AVC dengan mengatur penguatan tetap berada pada harga yang hampir konstan, dalam gambar diatas diperlihatkan dengan kemiringan /gradien sinyal audio yang landai sebagai hasil kerja dari penguatan dinamis sistem secara otomatis.

4.8 Pemancar

Membangun unit pemancar merupakan hal yang paling sulit meskipun jumlah komponen yang digunakan lebih sedikit dibanding penerima. Pada penelitian terpaksa mengganti PCB hingga 8 kali dan membangun rangkaian osilator hingga puluhan kali akibat adanya faktor yang tidak terdefiniskan. Diperlukan kejelian dalam memilih PCB, komponen dan *lay out* pcb untuk mengatasinya selain kerapian pada saat *mountain*. Transistor dengan seri sama kadang belum tentu dapat digunakan sebagai pengganti. Perlu memilih transistor dari pabrik yang berbeda namun sama tipe. Untuk mempercepat perakitan diperlukan alat DIP-meter.

4.8.1 Osilator

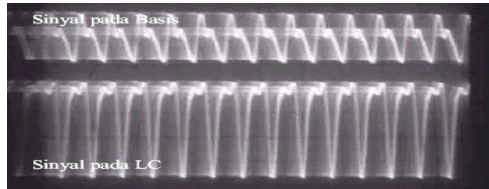
Rangkaian pemancar harus dibangun secara bertahap mulai dari osilator kemudian tingkat berikutnya. Apabila osilator sudah bekerja dengan baik seperti perolehan daya yang besar (diketahui dengan RF-meter), perolehan frekuensi yang sesuai, stabilitas yang mantap terhadap pengaruh suhu dan tegangan serta dapat spontan aktif saat catu dihidupkan maka rangkaian osilator dapat dikatakan telah selesai dan tahapan penguat RF berikutnya dapat dibangun. (Pengujian rangkaian Tx tidak dapat menggunakan Volt-meter analog)



Gambar 4.8 Pengujian rangkaian RF (osilator)

4.8.2 Penyangga RF

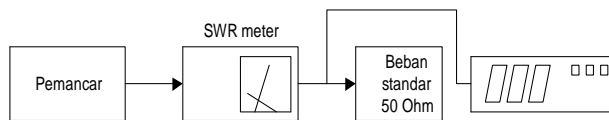
Pengujian pada penyangga dilakukan dengan menggunakan RF-meter yang diletakan disekitar bejana LC tahapan ini. Keluaran jarum meter harus lebih besar dari bagian osilator dan bagian penyangga tidak boleh bekerja apabila kristal dilepas. Bila keadaan ini tidak berlaku maka dipastikan telah terjadi osilasi parasit, perlu dilakukan perbaikan *lay-out* pcb agar tidak terjadi umpan balik RF.



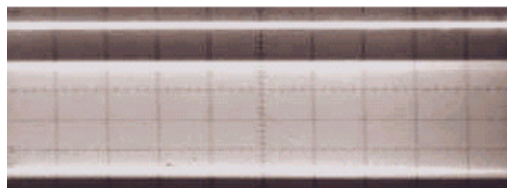
Gambar 4.9 Sinyal RF perolehan tingkat penyangga

4.8.3 Penguat Akhir RF

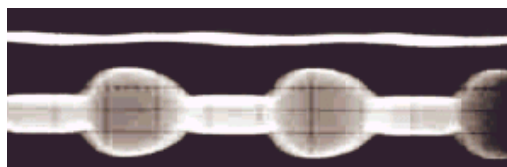
Pengujian penguat akhir (*final RF*) harus menggunakan beban yang mempunyai impedansi 50 Ohm agar tidak terjadi pemanasan diluar batas kerja transistor akibat tidak sepadannya rangkaian. Instrumen yang diperlukan pada tahap ini adalah SWR & Power -Meter, DIP-Meter ,RF-Meter dan *Dummy Load* 50 Ohm. Pengujian dilakukan untuk memperoleh penyetalan yang berguna untuk menyepadankan / penjodohan antara pemancar, saluran transmisi dan antenna. RF keluaran menuju antenna ditala jodoh pada daya 1Watt.



Gambar 4.10 Pengujian RF keluaran pemancar



Gambar 4.11 AMDSBFC pada antenna dengan modulasi DC (tanpa pemodulasi)



Gambar 4.12 AMDSBFC dengan $m > 100\%$ menyebabkan cacat silang intermodulasi



Gambar 4.13 AMDSBFC dengan pemodulasi sinyal persegi 1kHz

4.9 Modem Radio

4.9.1 Modulator FSK

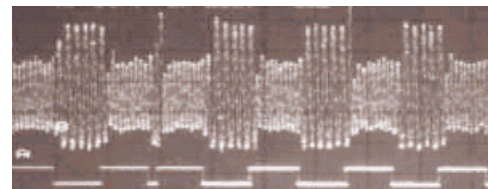
FSK sinusoidal keluaran dari IC pada pin (2) diamati dengan menggunakan osiloskop dan counter. Pin (9) dihubungkan dengan tahanan 20K kejalur tanah. Harga frekuensi keluaran ditetapkan sebesar 2200Hz dengan mengatur cermet yang sederet dengan pin (7). Selanjutnya dengan memberikan tegangan 2,4V dc pada pin (9) sebagai masukan logika tinggi, cermet pada pin (8) disetel sehingga frekuensi keluaran menjadi sebesar 1200Hz.



Gambar 4.14 FSK keluaran XR2206 pada 1200bps

4.9.2 Demodulator FSK

Batasan masukan IC XR2211 sebesar 3V rms maka jalan masuk IC dibatasi dengan menggunakan 3 dioda silikon yang akan memangkas sinyal FSK masukan yang besarnya lebih dari 2,1V. Sinyal data digital dapat diperoleh kembali pada pin (7) dan logika rendah sebagai deteksi adanya masukan sinyal FSK dapat diamati pada pin (5).



Gambar 4.15 FSK masukan setelah ditapis dan perolehan data kembali

4.9.3 Tapis Pelewat Pita

Pola tanggapan tapis yang tajam dapat dilakukan dengan frekuensi *swap* mulai dari 500Hz -5KHz dengan $T_{0,5s}$. Penampakan hasil pada metode ini menghasilkan gambar sinyal seperti berikut.



Gambar 4.16 Tanggapan BPF pada frekuensi 500Hz-5KHz

4.9.4 Translator Tegangan

Pengujian dilakukan untuk memenuhi ketentuan hubungan logika DTR dengan DTE.

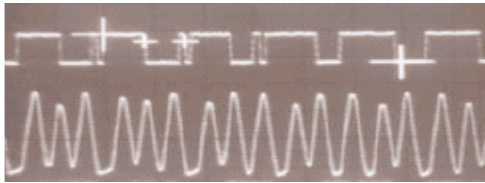
Tabel 4.1 Perolehan pengujian translator tegangan

MC1488		MC1489		74LS00	
Input	Output	Input	Output	Input	Output
0V	12V	12V	0V	5V	0V
5V	-12V	-12V	5V	0V	4,5V

Pengujian keseluruhan bagian modem harus memenuhi ketentuan berikut ini agar tidak terjadi kesalahan logika.

Tabel 4.2 Hasil perolehan logika dan frekuensi modem

IN RS232	Translator	Modulator	Demodulator	Sinyal
ON/ L/ 5V	OFF/L/0V	2200Hz	LOW/0V	Space
OFF/H/-5V	ON/H/5V	1200Hz	HIGH/5V	Mark



Gambar 4.17 Perolehan FSK dan data pada sisi penerima setelah mengalami propagasi

Pada pengujian terhadap sistem secara keseluruhan nampak bahwa sinyal perolehan mengalami distorsi. Pada transmisi suara (*voice*) yang terdistorsi masih dapat diterka maksudnya sehingga transmisi informasi dalam bentuk suara lebih efektif digunakan apabila jalur propagasi mengalami banyak gangguan. Adanya gangguan semacam *jamming* (kanal tertimpa oleh pemancar lain) dan *splatter* catu daya tidak merusak informasi data secara dominan apabila jarum tegangan sebagai akibat secara langsung pada sinyal persegi perolehan seperti ditunjukkan pada gambar tidak mengubah daur aktifnya.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melaksanakan perancangan, realisasi dan analisa pada bagian penerima pesawat radio, pemancar radio dan modem, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. AMDSBFC dapat dimodulasi dengan mengubah besar tegangan pada kaki emitor transistor penguat RF tingkat akhir tanpa menggunakan trafo modulator.
2. Perancangan pada penerima radio memerlukan sistem umpan balik tertutup pada beberapa blok penyusunnya agar penguatan sistem stabil.
3. Manipulasi sejumlah saklar pengoperasian kirim-terima dengan hubungan langsung, dan rekayasa trafo modulator dengan transistor daya audio memudahkan dalam perancangan dan hasil akhir rangkaian yang lebih ringkas.
4. Pesawat radio komunikasi 11 meter band dengan sistem modulasi AMDSBFC selain dapat dimodulasi sinyal suara dapat juga dimodulasi dengan sinyal digital dalam format FSK dengan kecepatan pengiriman 1200bps.
5. Modem FSK dengan spesifikasi Bell 202S dapat dibangun dengan komponen utama IC XR2206 sebagai modulator dan IC XR2211 sebagai demodulator.
6. Penyederhanaan beberapa parameter dalam perancangan dapat dilakukan untuk mempermudah realisasi rangkaian, parameter tidak tetap seperti kapasitansi dan induktansi tersebar perlu diantisipasi secara serius.
7. Membangun rangkaian pemancar memerlukan tingkat perhatian yang lebih khusus terhadap pemilihan transistor, PCB, desain *lay-out* PCB, letak Induktansi

yang berjauhan dan saling tegak lurus, proses *matching*, pemilihan tipe kapasitor .

5.2 Saran

Agar sistem dapat digunakan dan bermanfaat, penulis menyampaikan saran sebagai berikut :

1. Perancangan dan realisasi pesawat radio komunikasi 11 meter band untuk mengembangkan fungsi PC pada Tugas Akhir ini masih dalam taraf model. Untuk memenuhi piranti yang sesuai dengan standar komersial perlu dilakukan pembenahan pada pemilihan kualitas komponen, PCB dan pengemasan akhir.
2. Untuk memenuhi kebutuhan *multitasking* dan kemudahan *plug and play*, aplikasi perangkat lunak radio paket berbasis window dapat diperoleh pada alamat [http:// www.afthd.tu-darmstadt.de/~flexnet/index.html](http://www.afthd.tu-darmstadt.de/~flexnet/index.html).
3. Perangkat keras ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk keperluan telemetri (akuisisi data) dan pengiriman gambar *slow scan*.
4. Kecepatan modem radio dapat ditingkatkan menjadi 9600bps dengan biaya pengembangan yang relatif murah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Allison. John, **Electronic Integrated Circuit**, MicGraw-Hill Kogakusha, Ltd.,1975.
2. John L. Hilburn and Johnson. David E., **Manual Of Active Filter Design**, McGraw-Hill Book Company,1938.
3. Derenzo. Stephen E., **Interfacing A Laboratory Approach Using The Microcomputer For Instrumentation, Data Analysis and Control**, Prentice-Hall, New Jersey ,1990.
4. Couch II. Leon W., **Digital and Analog Communication System**, Fourth Edition, Macmillan Publishing Company, New York, 1993.
5. Krauss H.L., Bostian C.W., Raab F.H., **Teknik Radio Benda Padat**, Universitas Indonesia, Jakarta,1991.
6. Krauss. John D., **Antennas**, Second Edition, McGraw-Hill Book Company.
7. S.Wasito,**Vademikum Elektronika**, Edisi Kedua, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta,1995.
8. Purbo. Onno W., Basamalah. Affan, **Internet Radio Paket**, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2000.
9. Williams. Arthur B., **Electronic Filter Design Handbook**, MicGraw-Hill Book Company, US, 1981.

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Sudjadi, MT.
NIP.131 558 569

Imam Santoso, ST
NIP.132 162 546