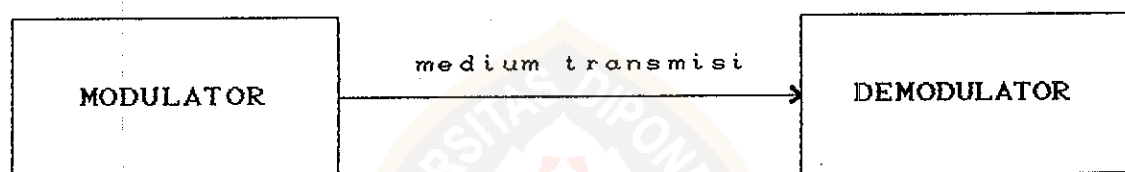


BAB III

PERANCANGAN ALAT DAN REALISASI RANGKAIAN

Pokok permasalahan dari peralatan modem adalah mentransmisikan data-data digital dan terhindar dari kerusakan data akibat dari penurunan tegangan sepanjang perkawatannya dengan menggunakan gelombang radio sebagai medium transmisi seperti terlihat pada gambar (3-1).

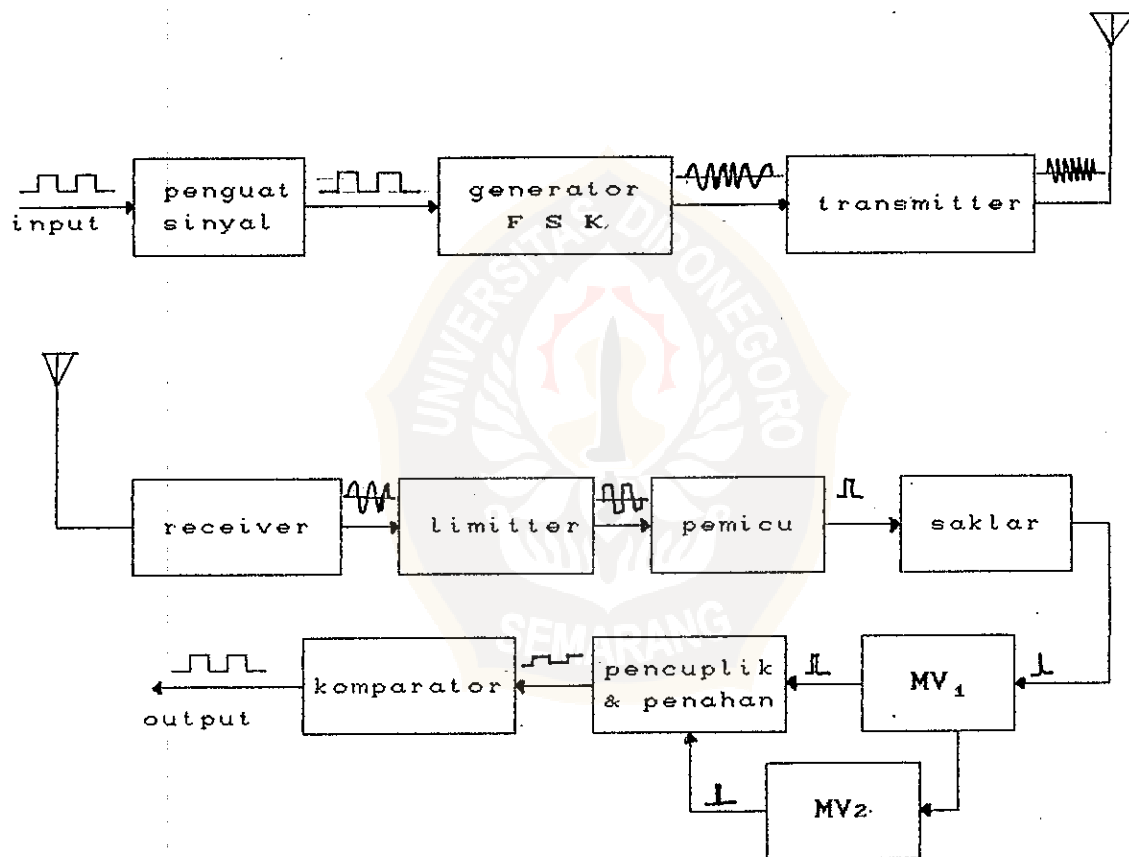


Gambar (3-1) Sistem transmisi data digital

Medium transmisi yang digunakan pada umumnya menggunakan kabel tetapi pada perkembangannya sekarang dapat menggunakan serat optik. Pada penelitian ini telah dicoba dengan menggunakan gelombang radio sehingga dikenal dengan sistem komunikasi data tanpa kabel (*wireless communication*).

3.1. Skema Blok Modulator-demodulator Frequency-Shift Keying

Peralatan modem FSK terdiri dari dua bagian yaitu bagian modulator dan demodulator. Pada peralatan ini kedua bagian tersebut dihubungkan dengan gelombang radio. Data-data yang dikirimkan pada peralatan ini adalah jenis data digital serial. Skema blok dari modulator dan demodulator FSK diperlihatkan gambar (3-2).



Gambar (3-2) Skema blok modulator (atas) dan demodulator (bawah) dari modem FSK.

3.2. Cara Kerja dari Skema Blok Modulator dan Demodulator Frequency-Shift Keying

Peralatan modulator dan demodulator jenis *Frequency-Shift Keying* dengan medium transmisi menggunakan gelombang radio, adalah sistem transfer data serial. Hal ini disebabkan karena antara bagian modulator dan demodulator dihubungkan dengan sistem satu perkawatan. Satu persatu bit yang membentuk sebuah karakter masuk dalam rangkaian modulator. Data digital yang akan ditransmisikan dimasukkan pada input rangkaian modulator dan dikuatkan oleh penguat tunggal transistor agar taraf tegangannya mampu menggerakkan rangkaian generator fungsi FSK di depannya. Penguatan tunggal tersebut dari sebuah transistor yang dengan jenis dan penguatan yang diperlukan. Keluaran dari penguat sinyal dimasukkan pada input generator fungsi FSK.

Generator fungsi FSK akan mengubah fungsi besaran tegangan digital menjadi gelombang listrik dengan dua frekuensi yang berlainan sesuai dengan masukannya. Pada logika tinggi akan dikeluarkan sinyal sinusoidal dengan frekuensi 2.400 Hz dan untuk logika rendah 1.200 Hz.

Keluaran dari generator fungsi FSK dimodulasi dengan *transmitter Frequency Modulation (FM)* dan dipancarkan sampai jarak yang diinginkan. Gelombang elektromagnetik radio diterima oleh rangkaian *receiver*. Rangkaian ini akan

mengeluarkan gelombang informasi sesuai dengan sinyal yang dikirim pada *transmitter*.

Sinyal keluaran dari *transmitter* akan didemodulasi atau dikodekan kembali menjadi data digital oleh demodulator. Bagian depan dari demodulator adalah rangkaian *limiter* yang berfungsi sebagai pemotong gelombang bagian atas dan bawah. Sinyal masukan dibuat mengambang pada tegangan DC. Keluaran penguat *limiter* dimasukkan ke rangkaian pemacu yang berintikan gerbang *not*. Jika masukan tegangan kurang dari tegangan ambang maka akan dikeluarkan tegangan logika rendah dan jika lebih besar dari tegangan ambang maka dikeluarkan tegangan logika tinggi. *Ground* dari rangkaian pemacu sama dengan *ground* dari tegangan DC pembawa sinyal sehingga rangkaian pemacu berfungsi juga sebagai pemisah sinyal dari tegangan DC pembawa.

Keluaran pemacu digunakan sebagai pengaktif saklar transistor. Keluaran dari transistor berupa sinyal *trigger* yang digunakan untuk mengaktifkan rangkaian multivibrator yang berfungsi sebagai penghasil pulsa dengan lebar yang dapat diatur.

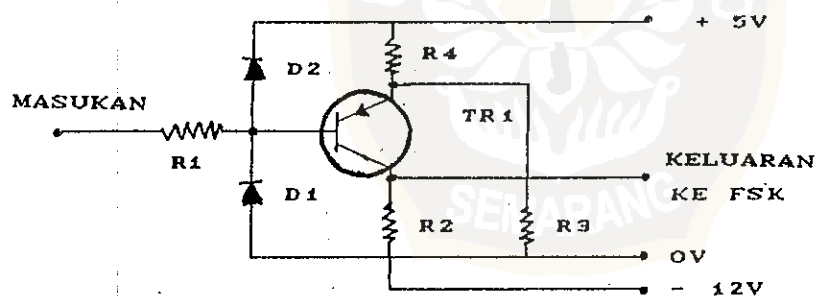
Pulsa keluaran multivibrator digunakan untuk mengisi kapasitor dan pulsa komando rangkaian pencuplik dan penahan. Kapasitor pada rangkaian ini akan mengubah frekuensi gelombang listrik menjadi tegangan digital.

Untuk menegaskan besarnya tegangan digital yang

dikeluarkan rangkaian pencuplik dan penahan dipasang rangkaian komparator. Komparator merupakan bagian akhir dari demodulator. Sinyal yang dihasilkan memiliki frekuensi dan tegangan sesuai dengan masukan data digital yang dikirimkan.

3.3. Rangkaian Penguat Sinyal

Pada modem rangkaian penguat sinyal merupakan bagian terdepan dari modulator yang berfungsi sebagai penguat tegangan digital agar dapat menggerakkan rangkaian yang ada didepannya. Penguat digital yang digunakan adalah penguat satu tingkat dengan sebuah transistor.



Gambar (3-3) Rangkaian penguat tunggal dengan menggunakan transistor.

Transistor yang digunakan adalah tipe BC 557 jenis PNP dan diberi tegangan bias positif 2.7 volt pada kaki emitornya agar penguatan beroperasi diatas tegangan konduksi. Kaki kolektor diberi tegangan balik -12 volt agar transistor dapat bekerja. Keluaran hasil penguatan transistor pada kaki kolektor.

Sinyal digital yang akan dikuatkan dimasukkan pada kaki basis. Jika tegangan digital tinggi (5 volt) maka mengakibatkan tegangan bias terbalik pada basis-kolektor dan basis emitor sehingga transistor tidak bekerja dan keluaran transistor 0 volt. Jika tegangan basis rendah maka arus emitor mengalir menuju basis dan keluar pada kaki kolektor. Besarnya tegangan keluaran pada kaki kolektor dapat dihitung:

$$I_E = \frac{V_E - V_e}{R_3 + R_4} = \frac{2,7 - 0,6}{4700 + 5600} = 2.10^{-4} \text{ A}$$

karena I_B sangat kecil maka $I_E = I_C$ dan tegangan keluaran adalah:

$$\begin{aligned} V_c &= V_{cc} + I_c R_c = V_{cc} + I_e R_4 \\ &= -12 + (2.10^{-4} \cdot 12000) \\ &= -9.6 \text{ volt.} \end{aligned}$$

Keterangan :

V_e = tegangan bias emitor

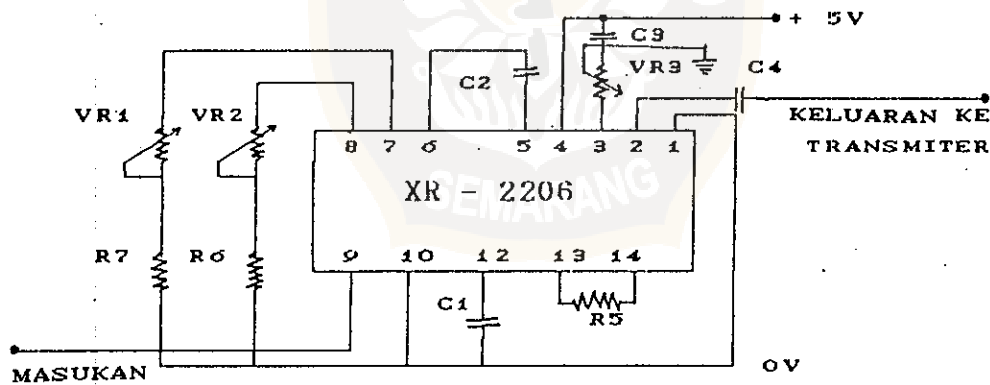
V_c = prategangan emitor

V_{cc} = tegangan sumber kaki kolektor

R_c = Hambatan kolektor.

3.4. Generator Fungsi FSK

Keluaran dari penguat sinyal dimasukkan pada pin 9 generator fungsi FSK dari IC XR-2206 sebagai pin masukan. Keluaran dari generator ini adalah gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang berlainan sesuai dengan logika digital yang dimasukkan yaitu 1200 Hz untuk logika rendah dan frekuensi 2400 Hz untuk logika tinggi. Rangkaian generator fungsi FSK diperlihatkan gambar(3-4).



Gambar (3-4) Rangkaian generator fungsi FSK dengan IC XR-2206

Pada saat tegangan digital berlogika rendah maka pin 7 akan aktif dan frekuensi yang dikeluarkan tergantung pada kapasitor eksternal C_2 27 nF dan resistor eksternal ($R_7 + VR_1$) pada pin tersebut. Sesuai dengan data IC maka pada $R_7 = 22$ K Ω , VR_1 dapat dihitung sebagai berikut (Data IC linier) :

$$f = \frac{1}{R C} \quad \dots(3-1)$$

$$f_1 = \frac{1}{(R_7 + VR_1) + C_7}$$

$$VR_1 = \frac{1 - f_1 C_2 R_7}{f_2 C_2} = \frac{1 - 1200 \cdot 22 \cdot 10^3 \cdot 27 \cdot 10^{-9}}{1200 \cdot 27 \cdot 10^{-9}}$$

$$VR_1 = 8,86 \text{ K}\Omega$$

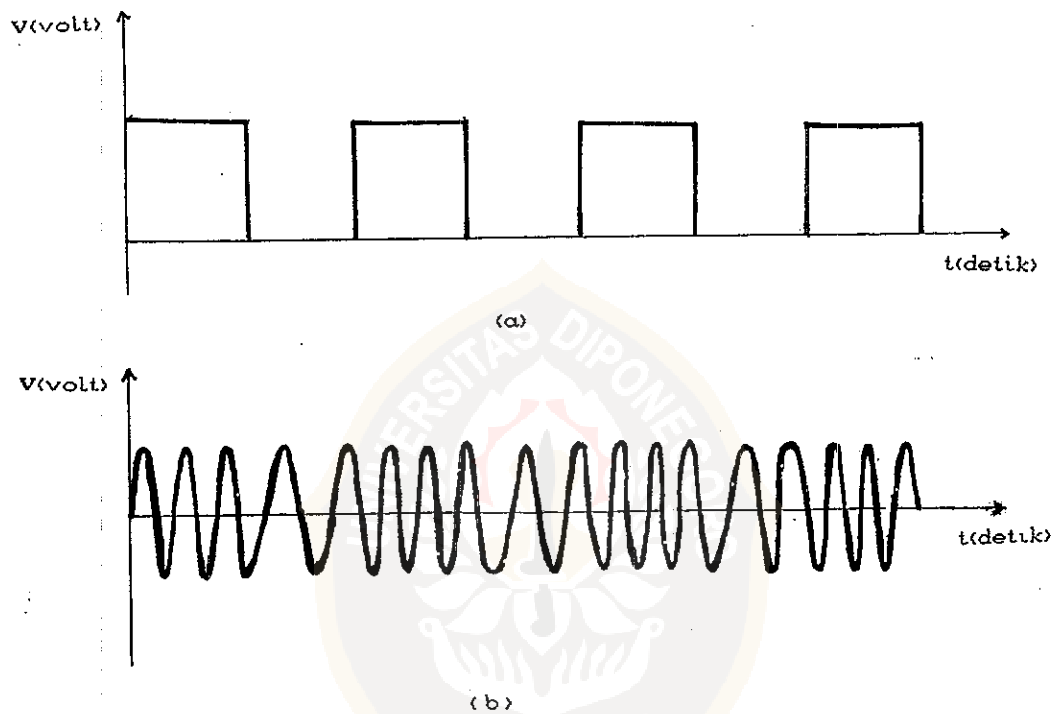
Sehingga untuk pengesetan frekuensi diperlukan variabel resistor dengan harga sekitar 10 K Ω .

Pada saat tegangan digital mempunyai logika rendah maka pin 8 akan aktif dengan frekuensi keluaran 2400 Hz. Besarnya frekuensi ini tergantung dari kapasitor C_2 dan resistor ($R_8 + VR_2$). Untuk $R_8 = 12$ K Ω maka harga VR_2 dapat dihitung :

$$VR_2 = \frac{1 - f_2 C_2 R_8}{C_2 C_2} = \frac{1 - 2400 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 27 \cdot 10^{-9}}{2400 \cdot 27 \cdot 10^{-9}}$$

$$VR_2 = 3,43 \text{ K}\Omega$$

Besar tegangan keluaran dari gelombang sinus diatur melalui VR_3 pada pin 3. Bentuk keluaran dari generator fungsi FSK diperlihatkan seperti gambar (3-5.b) dibawah ini.



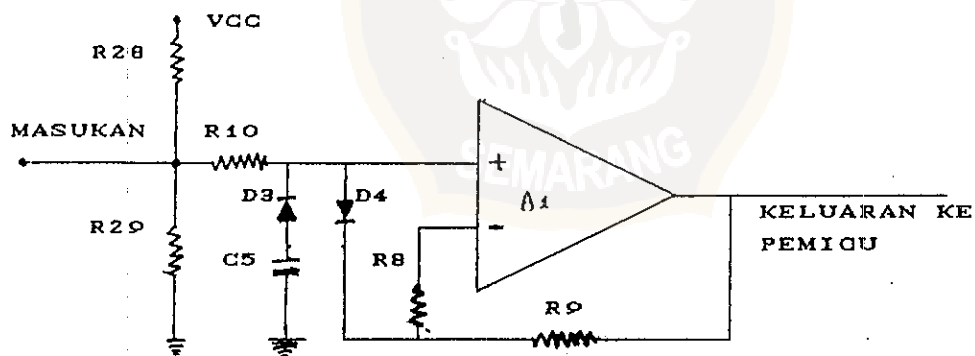
Gambar (3-5) Bentuk masukan (a) dan keluaran (b) dari generator fungsi FSK.

Keluaran dari generator fungsi FSK pada pin 1 ini kemudian dimodulasi dengan gelombang pembawa menggunakan sistim modulasi frekuensi oleh transmitter radio dengan frekuensi 92,25 MHz dan diterima oleh receiver pada jarak

tertentu sesuai jangkauan dari *transmitter* yang digunakan. Bentuk sinyal dari keluaran *receiver* sesuai dengan masukannya.

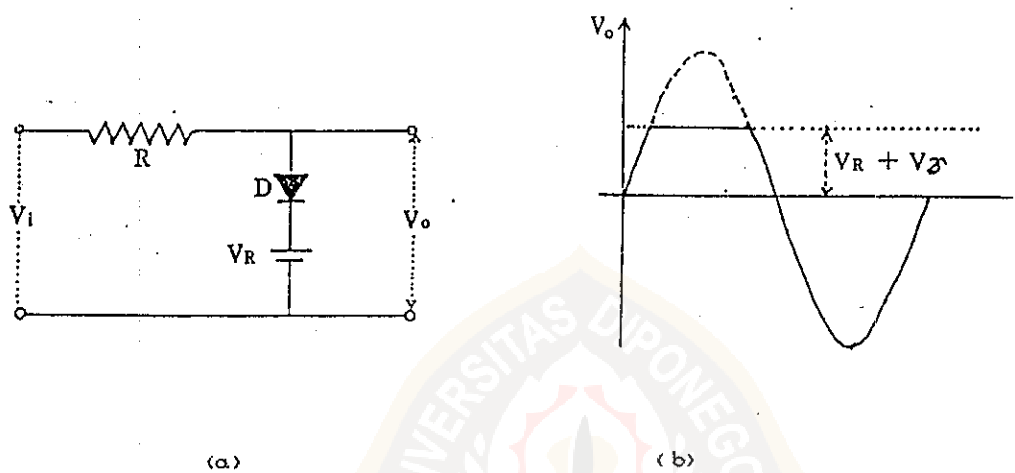
3.5. Rangkaian Limiter

Rangkaian *limiter*, *amplitudo selector*, *licer* atau pembatas merupakan rangkaian terdepan dari modulator berfungsi sebagai pembatas atau pemotong gelombang sinus bagian atas dan bawah sehingga diperoleh tegangan keluaran yang stabil. Rangkaian ini menggunakan dioda IN 4148 sebagai komponen utama. Setelah melewati *limiter* akan terjadi pemotongan amplitudo dan masukkan ke rangkaian penyangga dengan op-amp CA 3060 agar tegangan keluaran stabil. Rangkaian limiter diperlihatkan pada gambar (3-6).



Gambar (3-6) Rangkaian limiter.

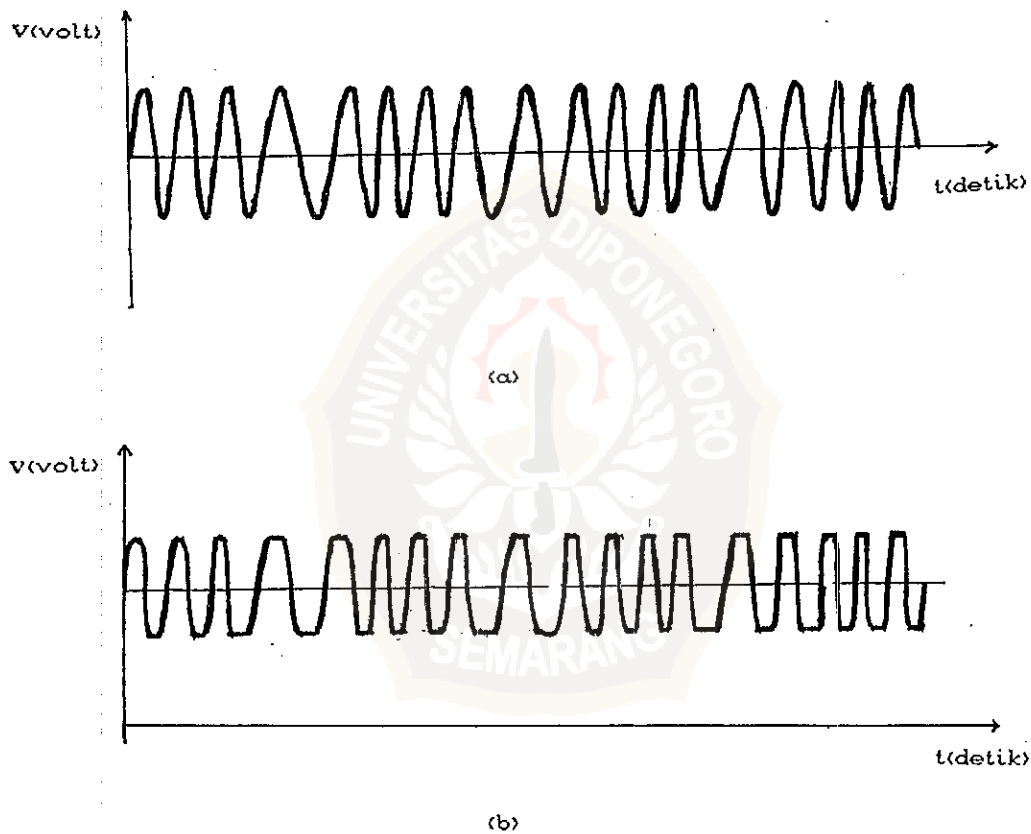
Sinyal masukan dari limiter ditumpangkan pada tegangan DC dengan cara dilewatkan pada resistor simetri R_{2B} dan R_{2D} yang dipasang antara tegangan positif dan tegangan negatif catu daya. Hal ini bertujuan agar gelombang sinyal masukan tetap utuh dan mengambang pada tegangan DC. Prinsip dari kerja *limitter* dijelaskan seperti rangkaian dioda gambar (3-7).



Gambar (3-7) Rangkaian dioda limiter (a). Bentuk pemotongan limiter (b).

V_i adalah gelombang sinus, V_D merupakan tegangan bias dioda, V_R sumber tegangan DC yang dipasang pada dioda. Jika $V_i < (V_D + V_R)$ maka dioda belum terlewati arus. Jika $V_i > (V_D + V_R)$ maka dioda akan menghantarkan arus dan keluaran tegangannya adalah $(V_D + V_R)$ yang terpotong dan lebih kecil dari V_i .

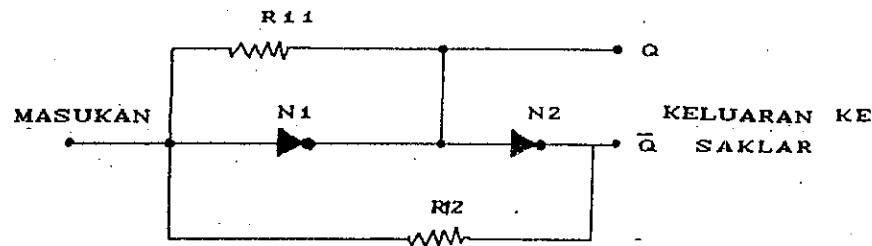
Pada demodulator, *limitter* bekerja pada bagian atas dan bagian bawah gelombang sehingga diperlukan dua dioda yaitu D_3 dan D_4 yang dipasang paralel dan berlawanan arah. Sebagai titik referensi tegangan kerja *limitter* dipasang kapasitor C_5 . Tegangan keluaran dari *limitter* disangga dengan op-amp A_1 dari IC Op-amp CA3060. Keluaran dari *limitter* mempunyai frekuensi sama dengan masukannya seperti ditunjukkan gambar (3-8b).



Gambar (3-8) Bentuk sinyal masukan (a) dan keluaran (b) dari rangkaian limiter.

3.6. Rangkaian Pemicu

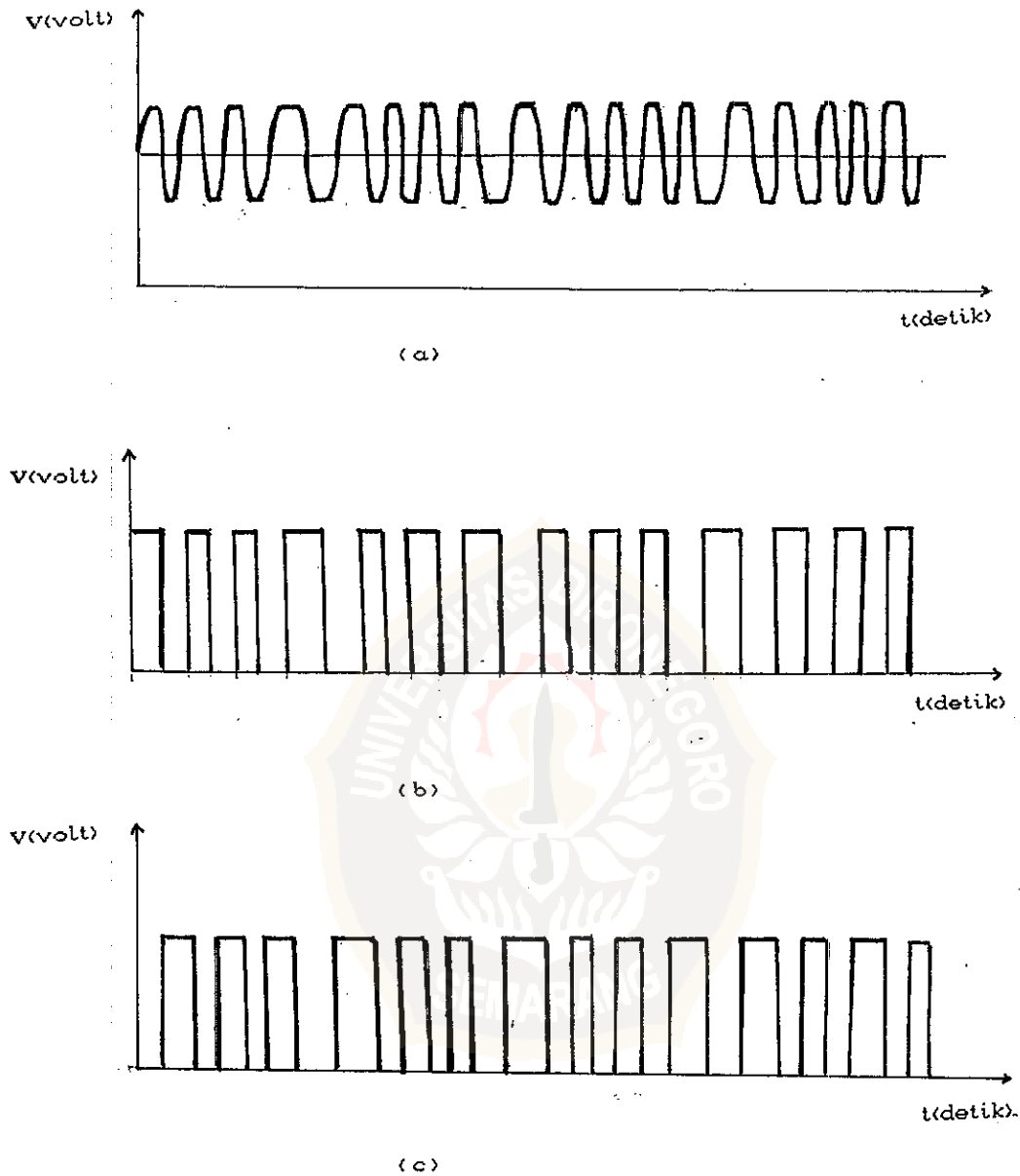
Rangkaian kedua dari demodulator adalah rangkaian pemicu. Rangkaian ini berintikan gerbang Not dari IC TTL 7409 yang hanya memiliki dua macam tegangan keluaran yaitu 0 volt atau 5 volt seperti diperlihatkan gambar (3-9).



Gambar (3-9) Rangkaian pemicu.

Sinyal masukan rangkaian pemicu adalah gelombang sinus yang sudah dibatasi amplitudonya dengan limiter dan masih menumpang pada tegangan DC. Fungsi dari rangkaian pemicu adalah memisahkan sinyal dari gelombang DC pembawa dan menguatkan sinyal menjadi 5 volt untuk logika tinggi. Jika gerbang Not ini mendapat masukan di atas tegangan ambang maka akan mengeluarkan tegangan 5 volt sebagai logika 1 pada keluaran Q. Tegangan ambang digital antara 2 - 3,5 volt. Keluaran ini juga diinversikan kembali dengan gerbang Nz sebagai keluaran \bar{Q} sehingga pemicu memiliki dua keluaran

yang saling berkebalikan. Frekuensi dari keluaran tersebut masih tetap 2400 Hz dan 1200 Hz seperti pada gambar (3-10).

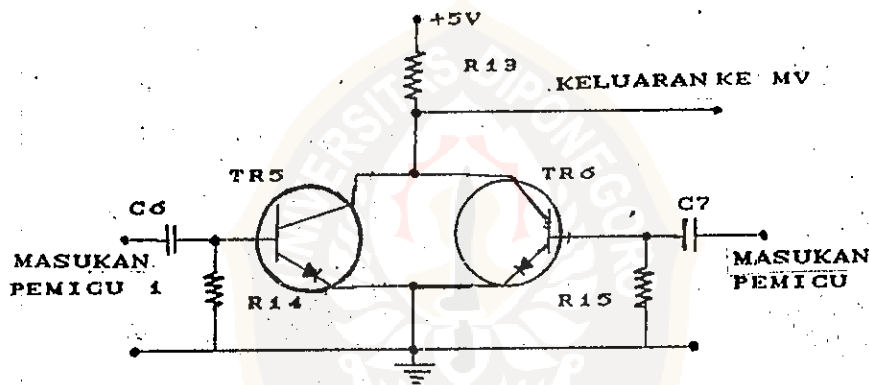


Gambar (3-10) Masukan rangkaian pemicu yang mengambang pada tegangan DC (a). Keluaran pemicu (b). Keluaran komplemen pemicu (c).

Pulsa keluaran digital yang dihasilkan oleh pemacu kemudian digunakan sebagai masukan saklar transistor pada rangkaian selanjutnya.

3.7. Rangkaian Saklar Transistor

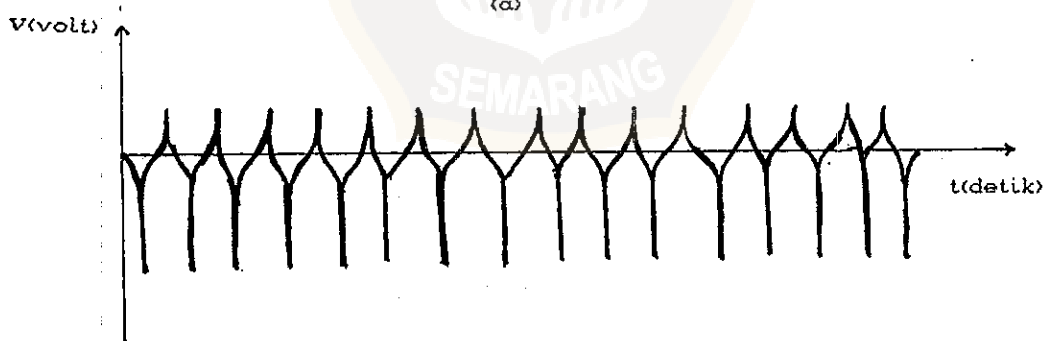
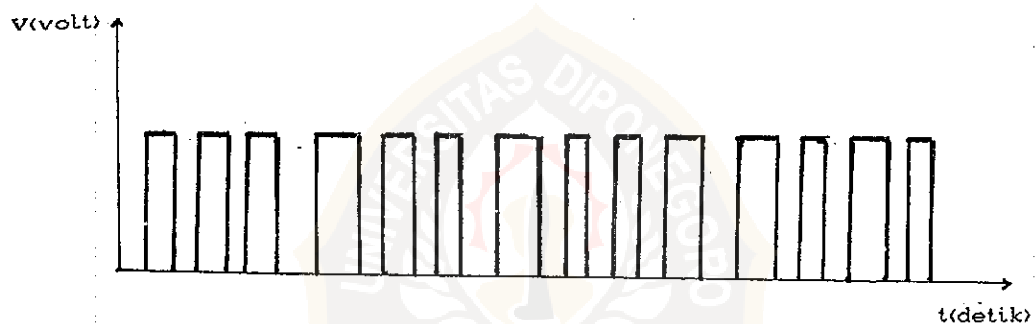
Rangkaian saklar yang digunakan adalah gabungan dari dua transistor simetris BC 547 Jenis NPN yang menerima masukan dari pemacu dan dikeluarkan pada kaki kolektornya. Rangkaian dari saklar transistor ditunjukkan gambar (3-11).



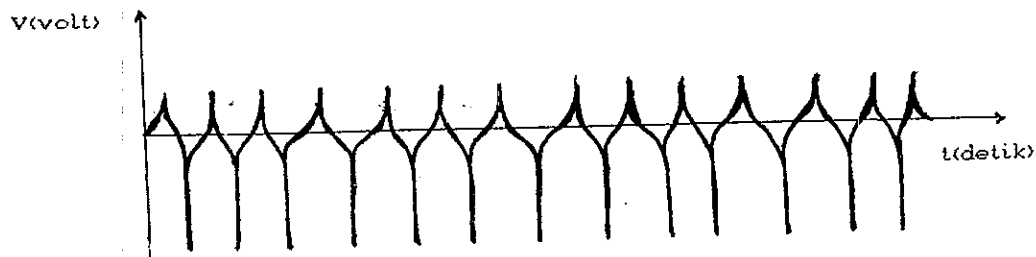
Gambar (3-11) Rangkaian saklar dari transistor.

Pulsa yang dimasukkan dari Q dan \bar{Q} pemacu selalu bergantian maka saklar ini juga bekerja secara bergantian. Tegangan masukan dikopel dengan kapasitor C_6 dan C_7 sebelum dimasukkan ke basis transistor TR_6 dan TR_7 berfungsi untuk

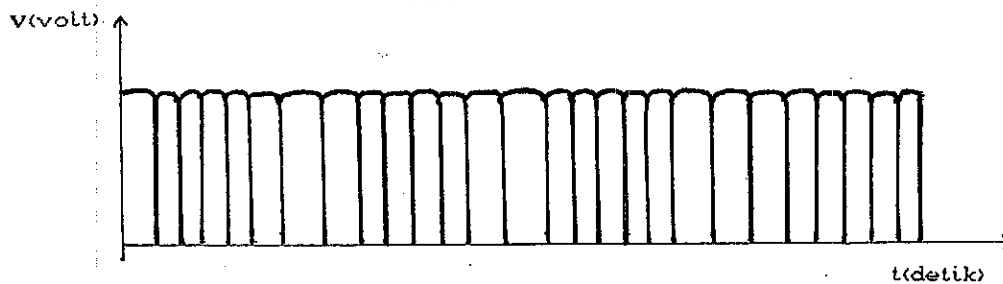
mengubah tegangan kotak menjadi transient karena sifat dari kapasitor yang dapat dilalui oleh arus bolak-balik dan tidak dapat dilalui arus searah. Tegangan transient ini yang menyebabkan transistor dalam keadaan saturasi atau cut-off. Pada saat kapasitor C_6 dilewati tegangan maka mengakibatkan transistor T_2 pada basis-emitor terbias maju dan keluaran kolektor rendah begitu pula jika kaki basis T_3 diberi tegangan transient dari kapasitor C_7 tegangan keluaran dari kolektor ini adalah tegangan denyut dengan kecuraman tinggi seperti ditunjukkan gambar (3-12d).



(b)



(c)



(d)

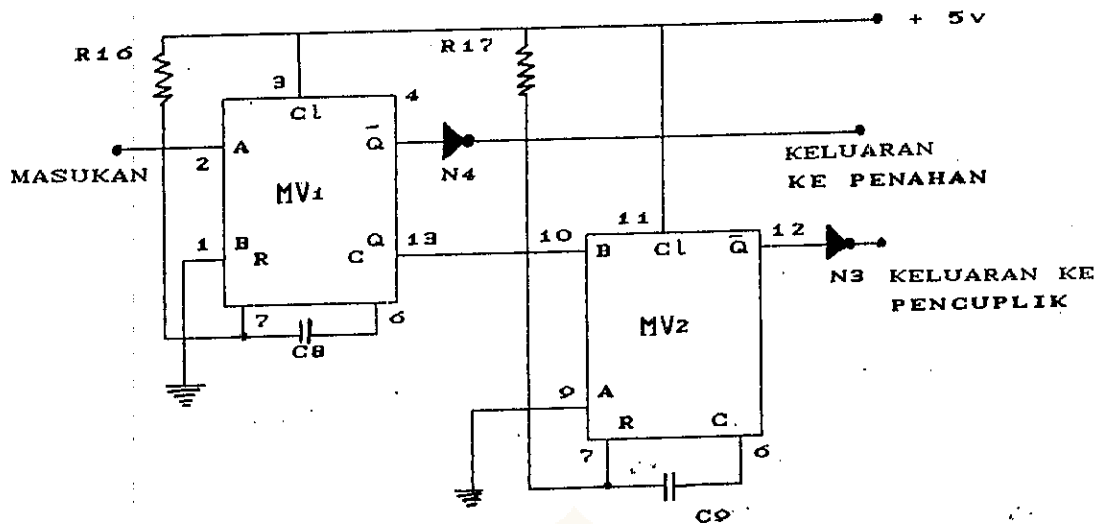
Gambar (3-12) Bentuk masukan saklar transistor(a). Bentuk tegangan pada masukan kaki basis T1(b). Bentuk tegangan masukan pada kaki basis T2(c). Bentuk keluaran rangkaian saklar transistor(d).

Tegangan keluaran dari saklar transistor memiliki frekuensi dua kali lipat frekuensi masukan karena hasil kerja dari dua masukan yang digabung menjadi satu. Keluaran ini digunakan sebagai masukan dari multivibrator monostabil sebagai trigger.

3.8. Rangkaian Monostabil Multivibrator

Rangkaian monostabil multivibrator berfungsi sebagai penghasil pulsa yang lebarnya dapat diatur melalui kapasitor dan resistor eksternalnya. Rangkaian ini akan aktif

mengeluarkan pulsa jika mendapat *trigger* sisi naik dan dalam demodulator ini dihasilkan oleh saklar transistor.



Gambar (3-13) Rangkaian monostabil multivibrator.

Dalam rangkaian diperlukan dua buah monostabil multivibrator yang keduanya dikemas dalam satu IC TTL 74123. Rangkaian monostabil multivibrator diperlihatkan gambar (3-13). Pada saat mendapat *trigger* sisi naik maka MV_1 mengeluarkan pulsa pada keluaran Q dan \bar{Q} sebagai keluaran komplemen. Untuk memantapkan tegangan dibutuhkan gerbang pembalik *Not* sehingga keluaran diambil dari komplemennya. Berdasarkan data IC lebar pulsa yang dikeluarkan dapat dihitung (Data IC linier) :

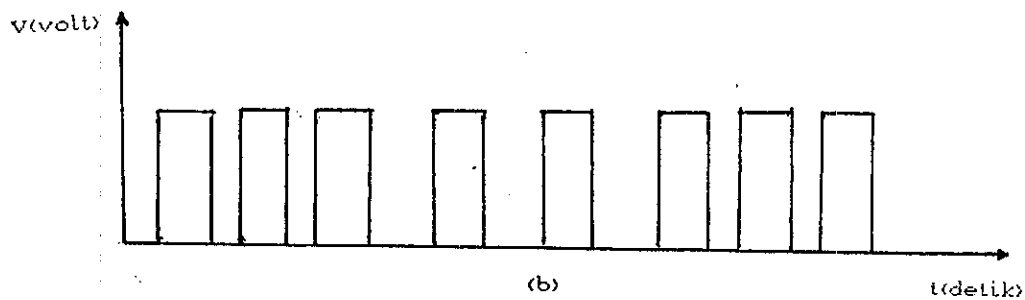
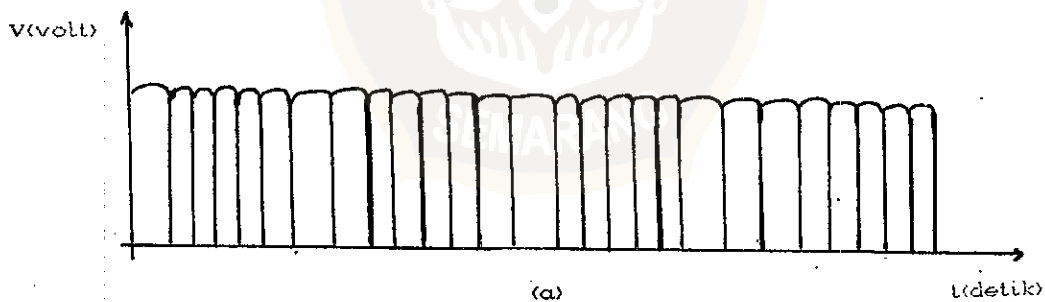
$$t_v = K R_t C_{ext} (1 + 0,7/R_t) \quad \dots(3-2)$$

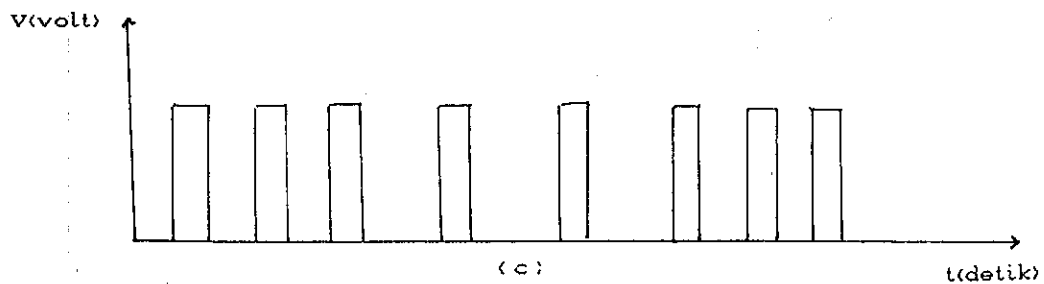
$$\begin{aligned}
 t_v &= 0,28 R_{16} C_p (1 + 0,7/R_{16}) \\
 &= 0,28 \cdot 22 \cdot 10000 (1 + 0,7/22) \\
 &= 63.560 \text{ n detik} \\
 &= 63,560 \mu \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Keluaran Q digunakan sebagai trigger pada MV_2 . Pulsa pada keluaran kedua diambil pada \bar{Q} dan diinverter dengan gerbang Not. Lebar pulsa yang dikeluarkan pada MV_2 dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_v &= K R_{17} C_p (1 + 0,7/R_{17}) \\
 &= 0,28 \cdot 22 \cdot 47000 (1 + 0,7/22) \\
 &= 298.7 \text{ n detik} \\
 &= 2,987 \mu \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Bentuk keluaran dari monostabil multivibrator ditunjukkan pada gambar (3-14).





Gambar (3-14) Bentuk masukan monostabil multivibrator (a). Bentuk keluaran MV_1 (b). Bentuk keluaran MV_2 (c).

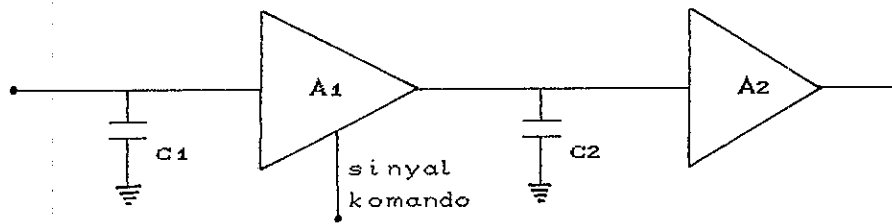
Pulsa keluaran MV_1 akan digunakan untuk pengisian muatan kapasitor dan pulsa MV_2 sebagai sinyal komando pada rangkaian pencuplik dan penahan.

3.9. Rangkaian Pencuplik dan Penahan

Rangkaian pencuplik dan penahan merupakan rangkaian pengubah pulsa yang berkaitan dengan besaran frekuensi menjadi besaran tegangan sehingga rangkaian ini bisa dikatakan sebagai rangkaian pengubah sinyal analog (frekuensi) menjadi sinyal digital (tegangan). Skema blok rangkaian pencuplik dan penahan ditunjukkan gambar (3-15).

Sederetan pulsa yang diberikan pada MV_1 dengan lebar $63,560 \mu s$ akan digunakan untuk pengisian muatan kapasitor C_{10} . Setiap sekali pengisian akan dicuplik oleh sinyal komando dari MV_2 dengan mengaktifkan penguat operasional A_2

oleh sinyal komando tersebut.



Gambar (3-15) Skema blok rangkaian pencuplik dan penahan.

Untuk meningkatkan kepresisian dari perubahan frekuensi pulsa ke tegangan maka dipasang kapasitor C_{11} dan penguat dengan transistor digital BC 557. Rangkaian pencuplik dan penahan diperlihatkan gambar (3-25).

Besarnya tegangan yang dicuplik pada kapasitor tergantung pada frekuensi pengisian oleh pulsa MV_1 . Semakin tinggi frekuensi pengisiannya maka tegangan kapasitor semakin besar. Frekuensi yang diberikan pada pulsa MV_2 adalah 1200 dan 2400 Hz. Hal ini yang akan membedakan besarnya tegangan pada logika tinggi dengan frekuensi 2400 Hz dan logika rendah 1200 Hz. Hal ini sesuai dengan rumus pengisian kapasitor :

$$V_c = \frac{1}{R C} \int V_i dt \quad \dots(3-4)$$

V_c = tegangan pengisian kapasitor.

- R = hambatan sumber arus
- C = kapasitansi kapasitor
- V_i = tegangan masukan
- t = waktu pengisian

V_i adalah tegangan pulsa masukan dengan persamaan yang diselesaikan dengan deret Fourier (Dennis Roddy, 1986) :

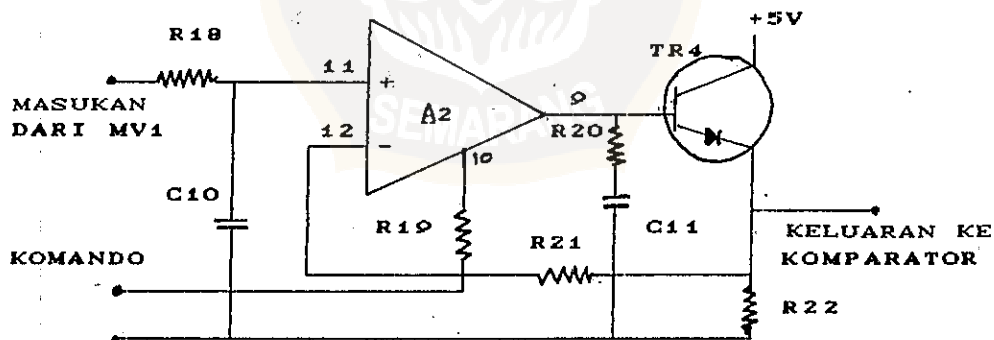
$$V_i = A_0 + (A_n \text{ Cos } 2\pi ft + B_n \text{ sin } 2\pi ft) \quad \dots(3-5)$$

f = frekuensi pengisian

t = waktu

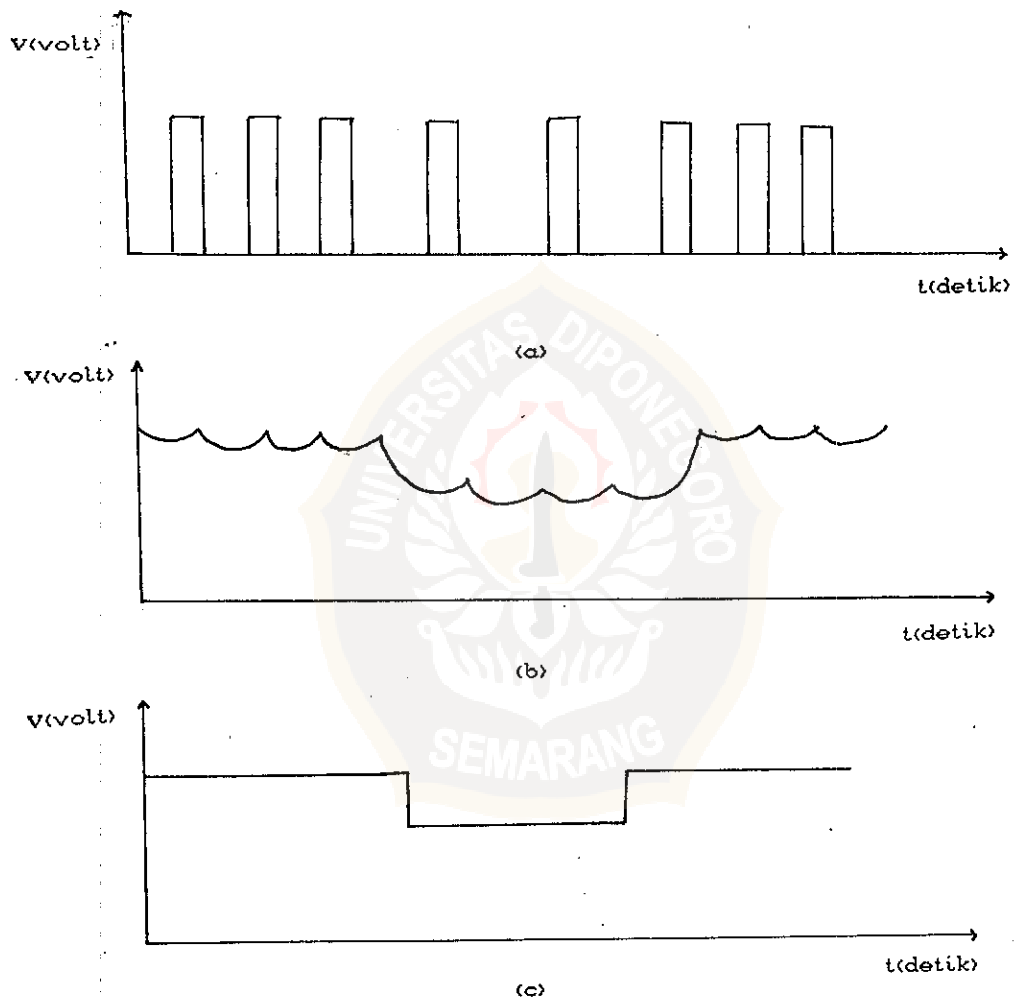
A_0 , A_n , B_n adalah koefisien penyelesaian deret Fourier.

Dari rumus diatas diketahui bahwa semakin tinggi frekuensi pulsa pengisian yang digunakan maka semakin tinggi tegangan kapasitor.



Gambar (3-16) Rangkaian pencuplik dan penahan.

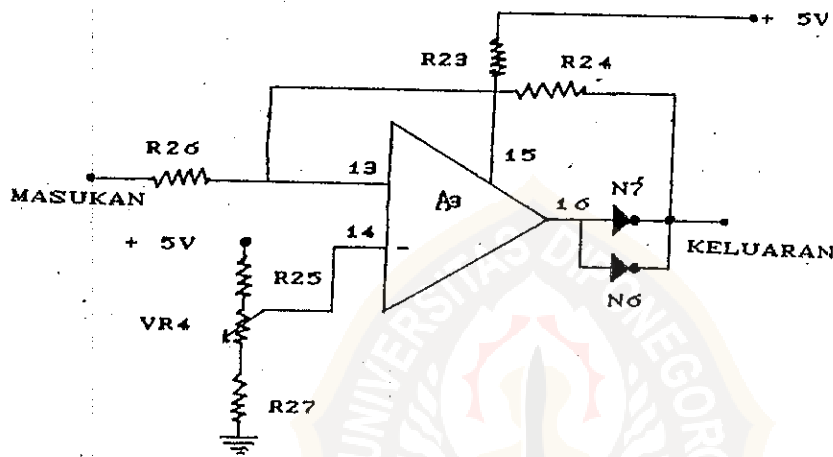
Keluaran dari pencuplik dan penahan sudah berbentuk pulsa digital dengan frekuensi sesuai dengan data yang dikirimkan tetapi tegangannya belum memenuhi syarat sebagai data digital sehingga dimasukkan ke rangkaian komparator. Bentuk keluaran dari rangkaian pencuplik dan penahan seperti ditunjukkan pada gambar (3-17).



Gambar (3-17) Pulsa masukan kapasitor pencuplik dan penahan (a). Bentuk tegangan Kapasitor $C10$ (b). Bentuk keluaran pencuplik dan penahan (c).

3.10. Rangkaian Komparator

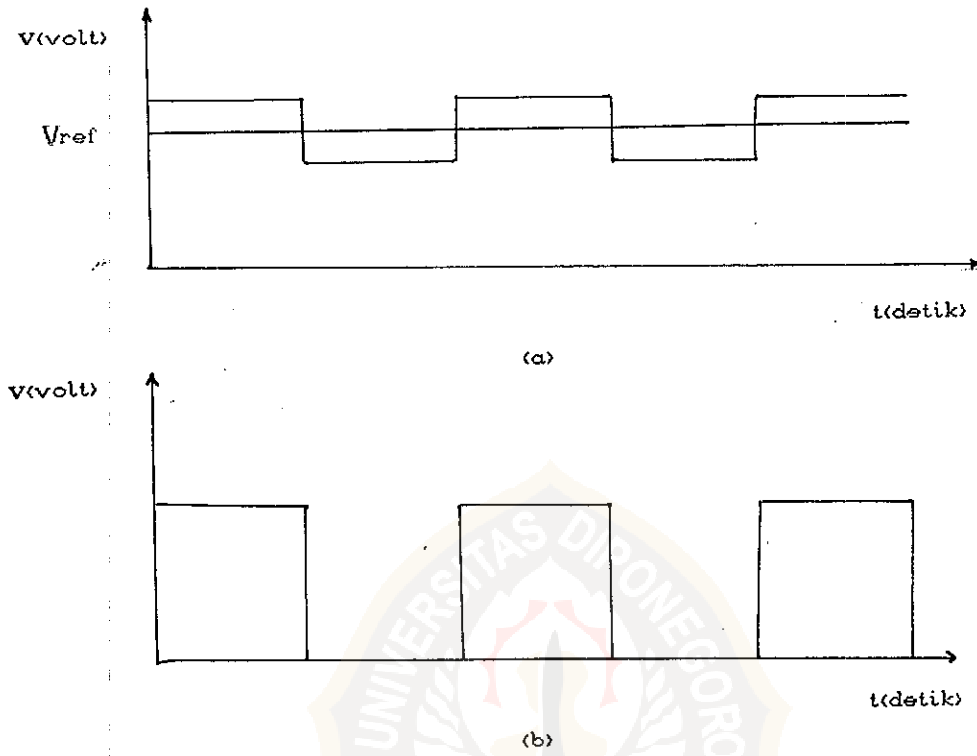
Rangkaian komparator merupakan bagian akhir dari peralatan demodulator. Rangkaian ini berfungsi sebagai penegas keluaran tegangan 0 volt atau 5 volt dari masukan yang diberikan oleh pencuplik dan penahan. Rangkaian pencuplik dan penahan diperlihatkan seperti gambar (3-18).



Gambar (3-18) Rangkaian komparator.

Komparator menggunakan Op-amp A₃ dari IC CA 3060 dengan sistem operasi membalik. Jika tegangan referensi lebih besar dari tegangan masukan maka keluarannya akan rendah (0 volt). Jika tegangan masukan lebih kecil dari V_{ref} maka keluarannya akan berlogika tinggi (5 volt). Untuk mendapatkan hasil yang tidak membalik digunakan gerbang *Not* sekaligus untuk membuat

tegangan sesuai pada tegangan digital. Agar mendapatkan arus yang mantap digunakan dua gerbang *Not* yang disusun secara paralel dari IC TTL 7409.



Gambar (3-19) Masukan rangkaian komparator (a). Bentuk keluaran dari rangkaian komparator (b).