

## Kegiatan Belajar 1

## RANGKAIAN BLOK PENERIMA RADIO AMPLITUDO MODULATION (AM)

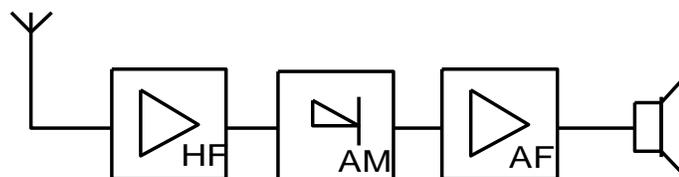
### 1. Tujuan Pembelajaran

- ⇒ Menyebutkan nama masing-masing blok dari rangkaian penerima radio AM langsung
- ⇒ Menyebutkan nama masing-masing blok dari rangkaian penerima radio AM superheterodin
- ⇒ Menyebutkan fungsi masing-masing blok dari rangkaian penerima radio AM Superheterodin

### 2. Uraian Materi

#### 2.1. RANGKAIAN BLOK PENERIMA RADIO AM

Gambar Blok Penerima langsung



**Gambar 1**

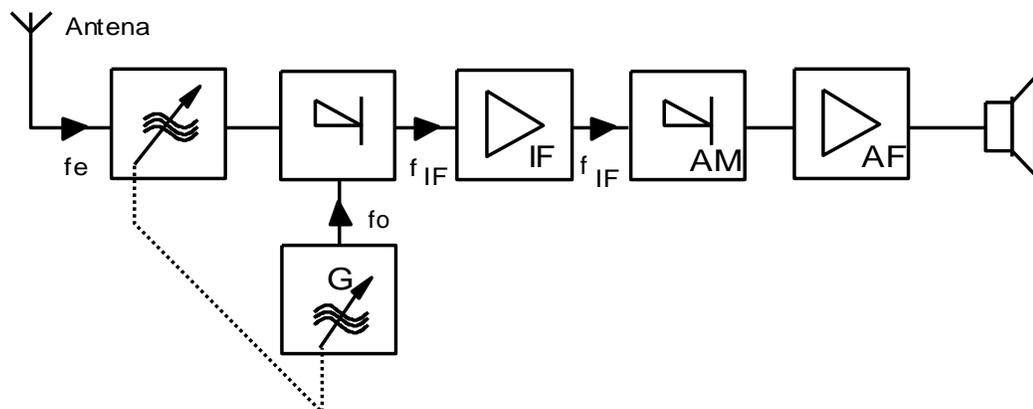
Gambar	Keterangan
	Penguat frekuensi tinggi merupakan penguat selektif, hanya frekuensi sinyal tertentu saja yang dikuatkan.
	Demodulator atau detektor, memisahkan sinyal berfrekuensi rendah dari sinyal berfrekuensi tinggi

	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal berfrekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loudspeaker
	Loudspeaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara

Penerima langsung menerima sinyal tanpa **PERUBAHAN BESAR FREKUENSI** sampai pada tingkat demodulator.

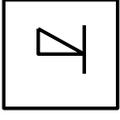
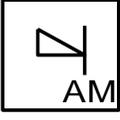
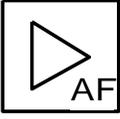
Kekurangan dari penerima ini bahwa : penguatan frekuensi tinggi tergantung pada lebar frekuensi . Untuk menerima dari pemancar lain rangkaian resonator dari penguat frekuensi tinggi harus **DITALA** lagi. Untuk leluasa menerima banyak pemancar dibutuhkan rangkaian resonator yang banyak pula.

Gambar rangkaian blok penerima radio superheterodin



**Gambar2**

Gambar	Keterangan
	Penala memilih sinyal radio dengan frekwensi yang diinginkan

	Osilator lokal membangkitkan getaran lokal , untuk MW kira-kira 900 kHz sampai 2000 kHz
	Pencampur, mencampur sinyal yang diterima ( dari penala ) dengan sinyal dari osilator sehingga diperoleh sinyal dengan frekuensi antara ( IF ). Frekuensi antara untuk semua sinyal penerimaan sama yaitu antara 455 kHz - 470 kHz
	Penguat frekuensi antara ( IF ) menguatkan sinyal dengan frekuensi antara ( IF )
	Demodulator atau detektor untuk mendapatkan sinyal frekuensi rendah dari sinyal frekuensi antara
	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal frekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loud speaker
	Loud speaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara

Pada penerima radio superheterodyne , frekuensi sinyal yang diterima diubah kedalam frekuensi yang lebih rendah yang disebut frekuensi antara ( IF = Intermediate Frequency ).

Frekuensi ini sama untuk semua sinyal yang diterima baik dari band MW , LW maupun SW yaitu antara 455 kHz - 470 kHz

Penguatan utama dari sinyal yang diterima berada pada penguat frekuensi antara , frekuensi antara besarnya konstan sehingga hanya diperlukan satu penguat untuk frekuensi IF.

### Frekuensi Antara

Besarnya frekuensi antara  **$IF = f_o - f_e$**

$f_o$  = Frekuensi osilator

$f_e$  = Frekuensi penerimaan

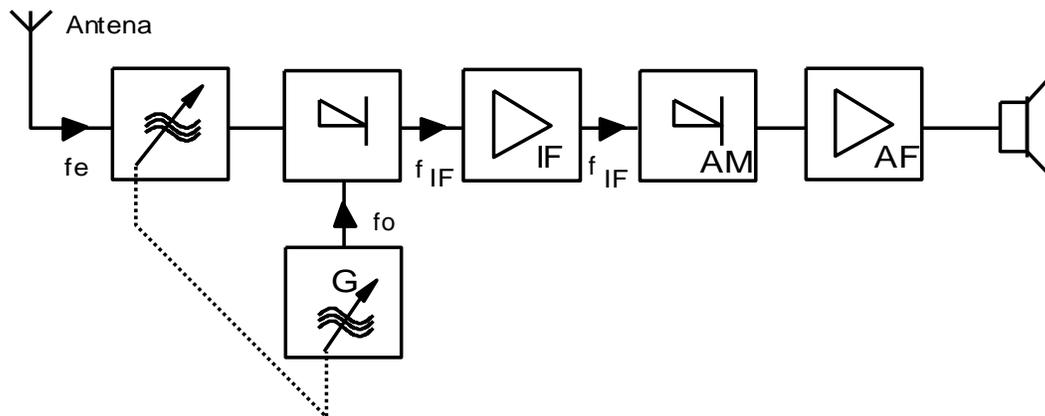
### Contoh :

Berapa besar perubahan frekuensi osilator MW jika pemancar berfrekuensi 530 kHz - 1300 kHz seharusnya diterima ?

Jawab 1.  $f_o = 530 \text{ kHz} + 455 \text{ kHz} = 985 \text{ kHz}$  ;  $f_{o_2} = 1300 \text{ kHz} + 455 \text{ kHz} = 1755 \text{ kHz}$

### 3. Lembar Latihan / Evaluasi

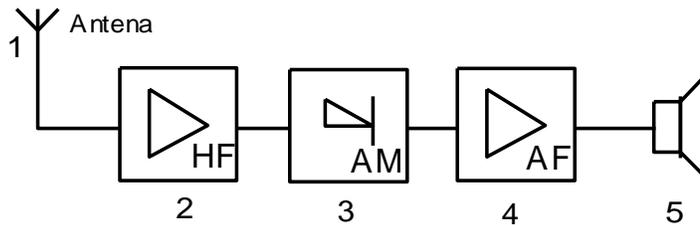
- Gambarkan blok penerima langsung radio AM ! serta sebutkan nama masing-masing blok
- Gambar dibawah ini adalah rangkaian blok radio superheterodin sebutkan nama masing-masing blok
- Dari pertanyaan nomor dua sebutkan nama fungsi dari masing-masing blok tersebut.



## 4. Lembar Jawaban

- a) Gambarkan blok penerima langsung penerimaan radio AM ! serta sebutkan nama masing-masing blok

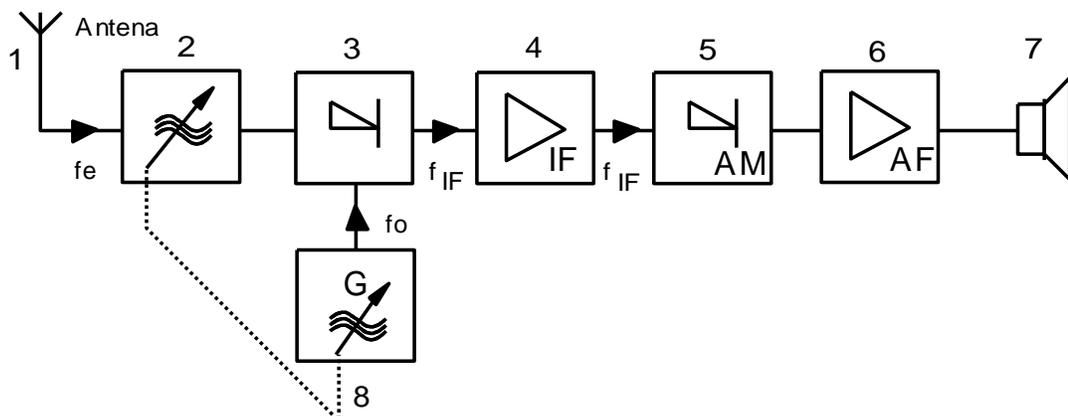
**Jawab :**



- 1 = Antena Penerima  
 2 = Penguat frekuensi tinggi  
 3 = Detektor AM  
 4 = Penguat frekuensi rendah ( suara )  
 5 = Loud Speaker

- b) Gambar dibawah ini adalah rangkaian blok radio superheterodin sebutkan nama masing-masing blok

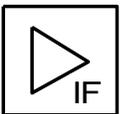
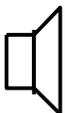
**Jawab :**



- 1 = Antena penerima  
 2 = Penala  
 3 = Pencampur ( Mixer )

- 4 = Pencampur frekuensi antara ( IF )  
 5 = Detektor AM  
 6 = Penguat frekuensi rendah ( suara )  
 7 = Loud Speaker  
 8 = Osilator Lokal

c) Dari pertanyaan nomor dua sebutkan nama fungsi dari masing-masing blok tersebut.

Gambar	Keterangan
	Penala memilih sinyal radio yang diinginkan
	Osilator lokal membangkitkan getaran , untuk MW kira-kira 900 kHz sampai 2000 kHz
	Pencampur, mencampur sinyal radio yang diterima ( dari penala ) dengan sinyal dari osilator sehingga diperoleh sinyal dengan frekuensi antara ( IF ). Frekuensi antara untuk semua sinyal penerimaan sama yaitu 455 kHz - 470 kHz
	Penguat frekuensi antara ( IF ) menguatkan sinyal dengan frekuensi antara ( IF )
	Demodulator atau detektor memisahkan sinyal frekuensi rendah dari sinyal frekuensi antara
	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal frekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loud speaker
	Loud speaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara

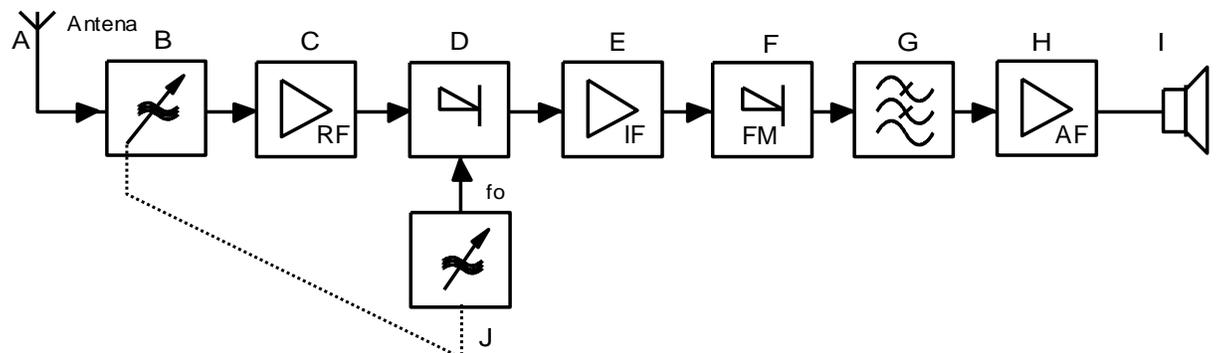
## Kegiatan Belajar 2

**RANGKAIAN BLOK PENERIMA RADIO FREQUENCY  
MODULATION (FM)****1. Tujuan Pembelajaran**

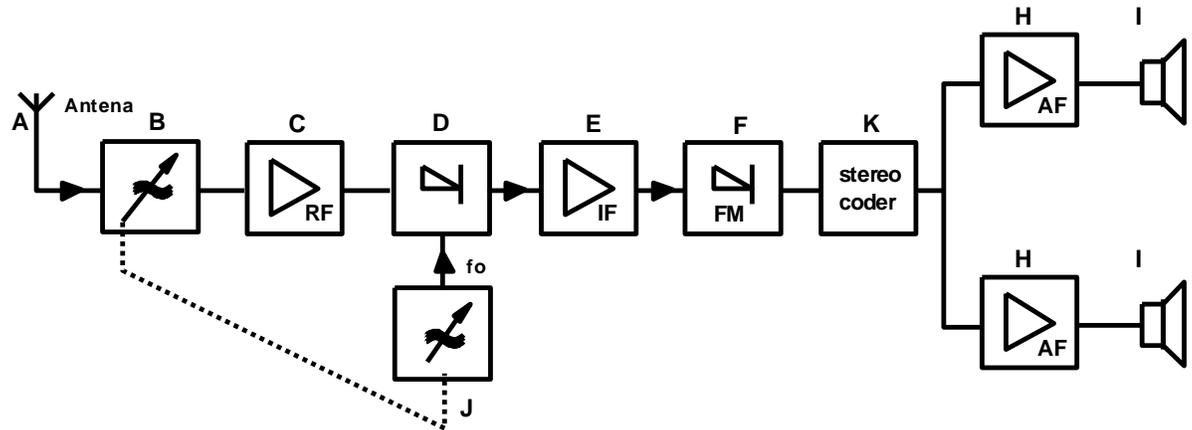
- ⇒ Menggambarkan blok dari rangkaian penerima radio FM.
- ⇒ Menggambarkan blok dari rangkaian penerima radio superheterodine.
- ⇒ Menghitung frekwensi osilator lokal jika frekwensi pemancar diketahui
- ⇒ Menghitung frekwensi pemancar jika frekwensi osilator lokal diketahui
- ⇒ Menyebutkan nama masing-masing blok dari rangkaian penerima radio FM
- ⇒ Menyebutkan perbedaan blok pemerima mono dan stereo

**2. Informasi****2.1. RANGKAIAN BLOK SECARA UMUM PENERIMA RADIO**

Gambar Rangkaian Blok Penerima FM MONO



**Gambar 3**

Gambar Rangkaian Blok Penerima FM STEREO**Gambar 4**

Secara gambar rangkaian blok , penerima FM hampir sama dengan penerima AM , perbedaan berada pada frekuensi yang diterima yaitu antara 88 Mhz - 100 Mhz dan frekuensi antara sebesar 10,7 Mhz serta cara demodulasinya serta bagian low pass filter pada penerima mono dan pada mode stereo dilengkapi dengan stereo decoder dan 2 power amplifier untuk sistem penerima FM stereo.

**Bagian dari blok diatas adalah :**

Gambar	Keterangan
	<p>Penala memilih sinyal yang diinginkan dengan cara membuat suatu rangkaian resonator yang frekwensi resonansinya dapat dirubah rubah (geser) daerah kerja penala ini tergantung dari frekwensi yang kan diterima dan menurut aturan internasional seperti misalnya untuk FM berada pada daerah frekwensi antara 88 MHz. sampai dengan 108 MHz.</p>

	<p>Osilator lokal membangkitkan gelombang listrik dengan frekwensi tertentu , pembangkitan ini ada beberapa jenis,mulai dari osilator LC dikenal dengan osilator hartley, colpitt, meissner dan lain lain serta pada osilator osilator dengan performa yang bagus baik tingkat kesetabilan maupun kerja frekwensinya yaitu dengan menggunakan PLL syntesizer . untuk FM kira-kira 98,7 MHz sampai 118,7 MHz.</p>
	<p>Pencampur, mencampur sinyal yang diterima ( dari penala ) setelah dikuatkan terlebih dahulu pada RF amplifier dengan sinyal dari osilator output dari mixer ini mempunyai keluaran yang kompleks karena terdiri dari banyak frekwensi , namun karena ditala pada frekwensi IF, sehingga diperoleh sinyal dengan frekuensi antara ( IF ) yang paling besar . Frekuensi antara untuk semua sinyal penerimaan sama yaitu 10,7 MHz. namun adakalanya frekuensi antara ini tidak sebesar 10,7 MHz , misalnya pada peralatan komunikasi VHF dan UHF menggunakan frekwensi antara yang lebih besar dari 10,7 MHz.</p>

	<p>Penguat frekuensi antara ( IF ) menguatkan sinyal dengan frekuensi antara ( IF ) frekwensi antara ini dikuatkan sampai beberapa kali dan tingkatan , hal ini diharapkan untuk mendapatkan performa yang baik, kualitas penguat IF ini akan mempengaruhi selektifitas dari penerima radio , pada penerima AM dibatasi daerah kerja (band width) sekitar 10 KHz, bahkan untuk penerima SSB kurang dari 5 KHz namun untuk FM lebih lebar karena daerah spektrum frekwensinya juga lebar pada peralatan komunikasi dengan sistem FM narrow band band width IF cukup sempit antara 10 ~ 15 KHz. Sedang pada FM brodcasting FM mono berkisar sampai dengan 20 KHz. Sedangkan untuk FM stereo mencapai 240 KHz.</p>
	<p>Demodulator atau detektor berfungsi mengembalikan sinyal informasi yang termodulasi FM pada frekwensi IF , metode demodulasi ini ada beberapa cara , secara rinci dapat dilihat pada bahan ajar berikutnya.</p>
	<p>Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal frekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loud speaker</p>
	<p>Loud spekaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara</p>
	<p>Stereo decoder berfungsi untuk mengkodekan atau mendapatkan kembali sinyal L dan sinyal R yang pada saat pengiriman sinyal tersebut dikodekan . stereo decoder ini akan berfungsi jika pemancar yang diterima juga pemancar stereo (informasi lebih lanjut ada pada LP selanjutnya).</p>

<p style="text-align: center;">LPF</p> 	<p>Pelalu frekwensi rendah, suatu blok bagian yang terdapat pada penerima FM mono yang berfungsi untuk membatasi daerah laluan LPF ini mempunyai frekwensi guling atas sekitar 19 KHz, ini dimungkinkan agar penerima mono dapat kompatibel jika menerima siaran stereo dan hanya menerima sinyal L + R.</p>
--	--

### Frekuensi Antara (IF) intermediate frequency

Frekwensi antara adalah proses conversi frekwensi dari frekwensi pemancar ( yang besarnya diantara 88 MHz. sampai dengan 108 MHz) yang ditangkap pada penerima menjadi satu frekwensi yang besarnya tetap.

Pada gaambar blok penerima FM dapat dilihat perubahan besar frekwensi osilator akan selalu disertai dengan perubahan penalaan pada rangkaian penala , ini dimaksudkan agar antara penala dan osilator perubahan selalu sinkron pada osilator frekwensi osilasi diset lebih tinggi 10,7 MHz dari resonansi rangkaian penala angka 10,7 tersebut adalah besarnya frekwensi antara.

Besarnya frekuensi antara IF = fo - fe

fo = Frekuensi osilator

fe = Frekuensi penerimaan

**Contoh** :

Berapa besar perubahan frekuensi osilator FM pada daerah penerimaan 88 Mhz - 108 Mhz

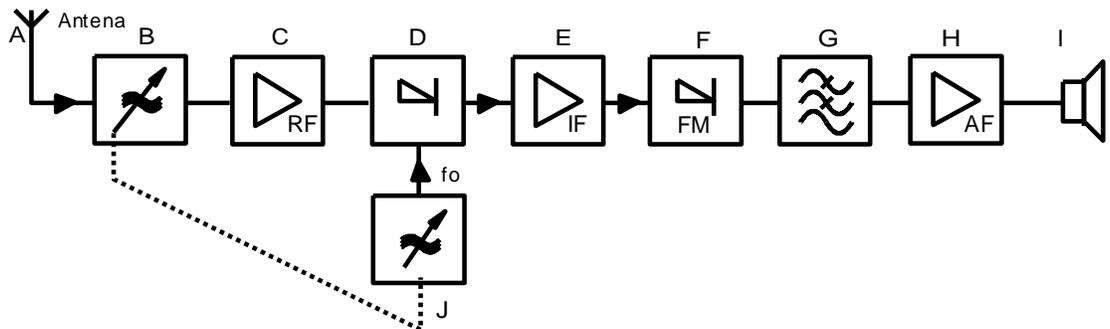
**Jawab** :

$$fo_l = 88 \text{ mHz} + 10,7 \text{ Mhz} = 98,7 \text{ kHz} ; fo_h = 108 \text{ Mhz} + 10,7 \text{ kHz} = 118,7 \text{ MHz}$$

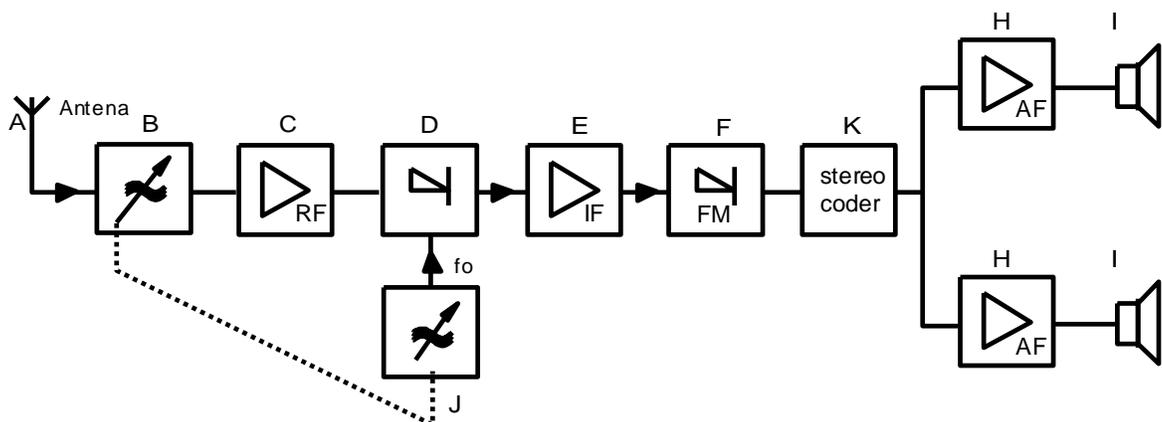
- fo\_l adalah frekwensi osilator low (terendah)
- fo\_h adalah frekwensi osilator high (tertinggi)

### 3. Lembar Latihan

- a) Gambar dibawah ini adalah rangkaian blok penerima radio FM mono sebutkan masing masing blok dari penerima FM mono tersebut beserta fungsinya.



- b) Gambar dibawah ini adalah rangkaian blok penerima radio FM stereo sebutkan masing masing blok dari penerima FM stereo tersebut beserta fungsinya.

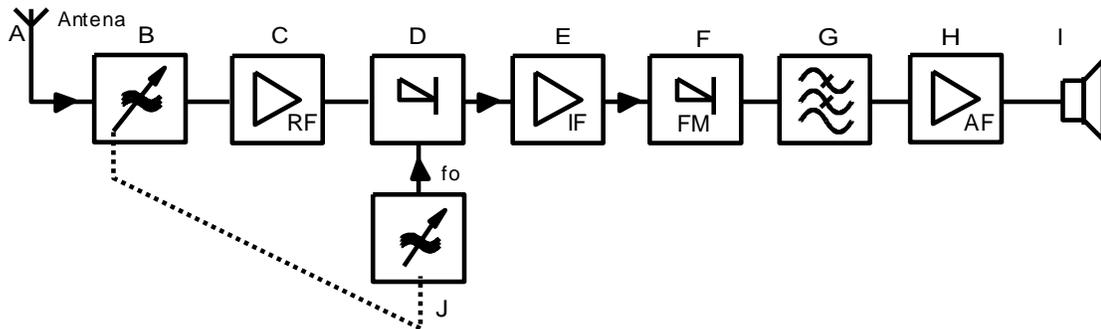


- c) Dapatkah frekwensi IF .dirubah dengan frekwensi yang lainnya, mengapa dipilih frekwensi IF sebesar itu, dan bagaimana jika frekwensi IF tersebut dibuat 455 KHz.?
- d) Di penerima radio FM yang menggunakan PLL disana tidak terlihat rangkaian penalanya , pada hal pada blok penerima disana ada , bagaimana hal ini dapat berfungsi dengan baik ?
- e) Apakah frekwensi osilator harus selalu lebih tinggi dari frekwensi pemancar yang diterima ? jelaskan jawabmu >

- f) Mengapa pada penerima FM mono setelah demodulator disisipkan LPF apakah fungsi LPF tersebut, dan bagaimana jika LPF dilepas ?
- g) dapatkah penerima FM mono dirubah ke stereo ? langkah apa saja yang harus dilakukan ?
- h) Jika penerima FM stereo setelah demodulator dipasang LPF apakah yang terjadi ?

## 4. Lembar Jawaban

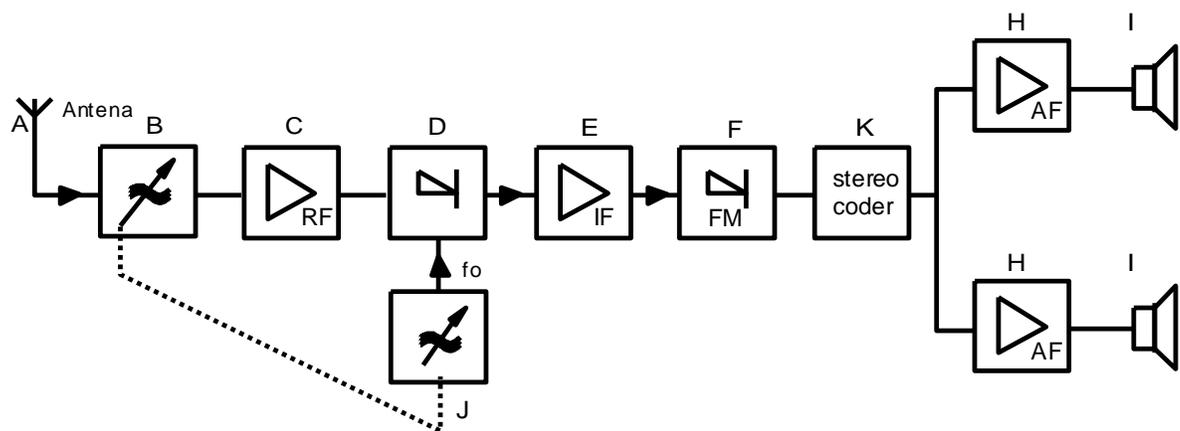
a) Gambarkan diagram blok penerima FM mono



A	Antena	Menangkap gelombang radio
B	Penala	Menyeleksi gelombang radio yang ditangkap oleh antena berdasarkan rangkaian resonansi dari bagian penala tersebut
C	RF Amplifier	Menguatkan sinyal RF yang telah terseleksi pada bagian penala sampai beberapa dB agar didapatkan kepekaan yang baik serta meningkatkan kinerja dari penerima itu sendiri.
D	Mixer	Menyampur sinyal yang berasal dari penguat RF amplifier dengan sinyal yang berasal dari osilator
E	IF Amplifier	Menguatkan sinyal selisih hasil pencampuran pada mixer dan dikenal sebagai penguat antara.
F	FM Demodulator	Demodulator atau detektor berfungsi mengembalikan sinyal informasi yang termodulasi FM pada frekwensi IF, metode demodulasi ini ada beberapa cara, secara rinci dapat dilihat pada bahan ajar berikutnya.

G	LPF	Pelalu frekwensi rendah, suatu blok bagian yang terdapat pada penerima FM mono yang berfungsi untuk membatasi daerah laluan LPF ini mempunyai frekwensi guling atas sekitar 19 KHz, ini dimungkinkan agar penerima mono dapat kompatibel jika menerima siaran stereo dan hanya menerima sinyal L + R.
H	Audio amplifier	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal frekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loud speaker
I	Speaker	Loud spekaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara
J	Osilator	Membangkitkan gelombang listrik dengan frekwensi tertentu yang besarnya osilasi dari 98,7 MHz sampai dengan 118,7 MHz.

b) Gambarkan diagram blok penerima FM stereo



A	Antena	Menangkap gelombang radio
B	Penala	Menyeleksi gelombang radio yang ditangkap oleh antena berdasarkan rangkaian resonansi dari bagian penala tersebut

C	RF Amplifier	Menguatkan sinyal RF yang telah terseleksi pada bagian penala sampai beberapa dB agar didapatkan kepekaan yang baik serta meningkatkan kinerja dari penerima itu sendiri.
D	Mixer	Menyampur sinyal yang berasal dari penguat RF amplifier dengan sinyal yang berasal dari osilator
E	IF Amplifier	Menguatkan sinyal selisih hasil pencampuran pada mixer dan dikenal sebagai penguat antara.
F	FM Demodulator	Demodulator atau detektor berfungsi mengembalikan sinyal informasi yang termodulasi FM pada frekwensi IF , metode demodulasi ini ada beberapa cara , secara rinci dapat dilihat pada bahan ajar berikutnya.
K	Stereo decoder	Stereo decoder berfungsi untuk mengkodekan atau mendapatkan kembali sinyal L dan sinyal R yang pada saat pengiriman sinyal tersebut dikodekan . stereo decoder ini akan berfungsi jika pemancar yang diterima juga pemancar stereo (informasi lebih lanjut ada pada LP selanjutnya).
H	Audio amplifier	Penguat frekuensi rendah menguatkan sinyal frekuensi rendah dari demodulator sehingga mampu menggerakkan Loud speaker
I	Speaker	Loud speaker mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara
J	Osilator	Membangkitkan gelombang listrik dengan frekwensi tertentu yang besarnya osilasi dari 98,7 MHz sampai dengan 118,7 MHz.

- c) Pada prinsipnya dapat karena metode yang digunakan hanyalah konversi frekwensi dari frekwensi yang berubah ubah di buat frekwensi yang tetap untuk memudahkan saat demodulasi ,dan dipilih frekwensi 10,7 MHz karena standard yang digunakan untuk frekwensi IF FM broadcasting adalah sebesar itu sedangkan komponen penunjangnya juga seperti ceramic filter dan filter yang lain yang tersedia juga sebesar itu, dan jika frekwensi IF dirubah ke 455 KHz itupun bisa namun ini digunakan pada demodulasi pada sistim FM narrow band pada FM komunikasi.
- d) Pada penerima radio yang tidak menggunakan penala pada bagian depannya biasanya dilengkapi dengan band pass filter yang membatasi daerah laluan . pada FM dibatasi daerah laluan adalah daerah kerja FM yaitu antara 88 MHz. sampai dengan 108 MHz. dengan demikian fungsi penala digantikan oleh BPF
- e) Tidak harus, untuk frekwensi VHF hal ini tidak menjadi masalah, karena untuk frekwensi osilator ditempatkan lebih tinggi atau lebih rendah dari frekwensi pemancar yang diterima secara teknis sama mudahnya. Tidak seperti pada penerima pada band MW yang bekerja pada 550 KHz. Sampai dengan 1800 KHz dengan frekwensi IF sebesar 455 KHz. Akan kesulitan jika frekwensi osilator berada dibawah frekwensi pemancar.
- f) Untuk membatasi frekwensi penerimaan, supaya dapat kompatibel sehingga disaat penerima mono tersebut menerima pancaran stereo hanya sinyal L+R saja (mono) yang dapat diterima , jika tidak ada LPF maka yang diterima dan yang terdengar adalah sinyal multiplex dan ini akan mengganggu penerimaan penerima mono.
- g) dapat dengan menambahkan bagian bagian yang tidak ada dari blok penerima stereo dan juga menambahkan satu lagi AF amplifier disamping juga speakernya. Secara lengkap lepas bagian LPF nya dan tambahkan stereo decoder.
- h) Penerima hanya akan mendapatkan sinyal L+R saja sehingga stereo decoder tidak dapat menjalankan tugasnya karena tidak adanya sinyal MPX yang masuk pada stereo decoder.



## Kegiatan Belajar 3

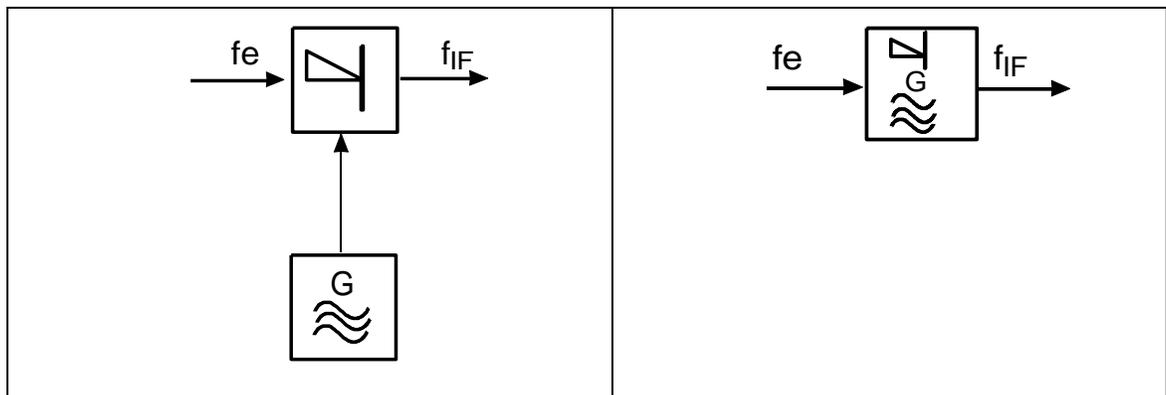
**OSILATOR****1. Tujuan Khusus Pembelajaran**

- ⇒ Menerangkan terjadinya frekuensi antara
- ⇒ Menerangkan proses pencampuran dua frekuensi secara penjumlahan
- ⇒ Menentukan besar frekuensi osilator

**2. Informasi****2.1. Osilator**

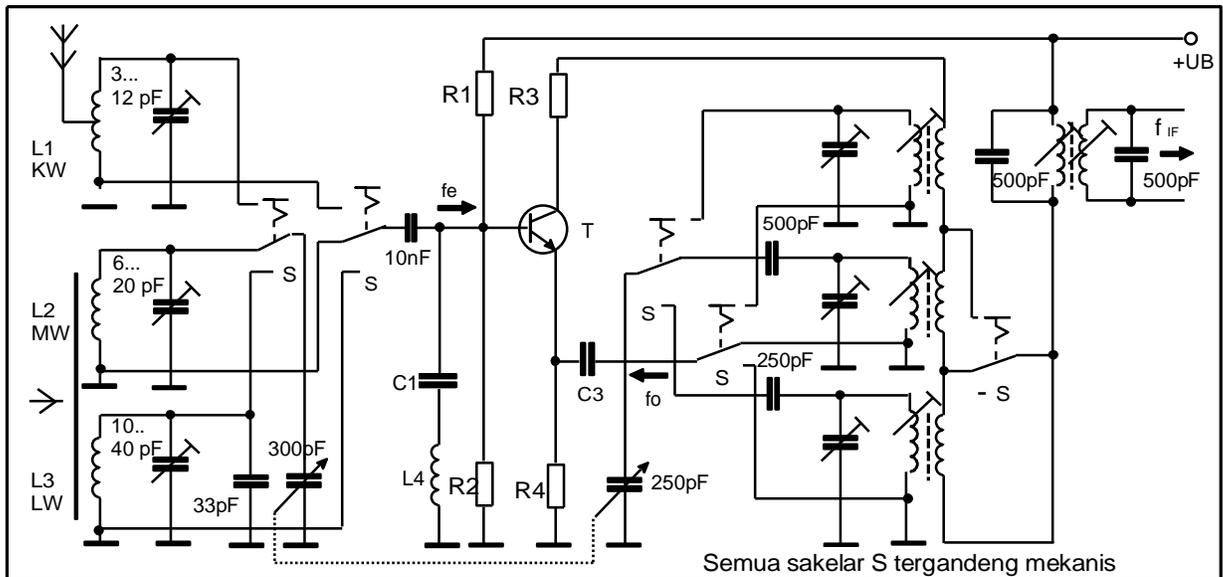
Radio superheterodin memerlukan osilator untuk membangkitkan frekuensi antara.

Osilator ini dapat berdiri sendiri atau menyatu dengan pencampur.



**Gambar 5**

Untuk mencampur dengan sistem pengali (multikatip) menggunakan rangkaian osilator yang tersendiri. Sedangkan pencampur dengan sistem penjumlah yang sederhana biasa digunakan osilator yang menyatu.



**Gambar 6**

Gambar 6 memperlihatkan rangkaian pencampur dengan transistor T yang sekaligus sebagai osilator, pencampur ini disebut PENCAMPUR YANG BEROSILASI SENDIRI, yang bekerja dengan dasar pencampur penjumlahan.

Untuk sinyal masukan, transistor T bekerja dalam rangkaian EMITOR BERSAMA, dan titik kerjanya diatur oleh R1 dan R2. Melalui tap kumparan sinyal masukan sampai di basis transistor. Tahanan masukan yang kecil melalui ini di transformasikan keatas sehingga rangkaian resonator hanya sedikit diredam.

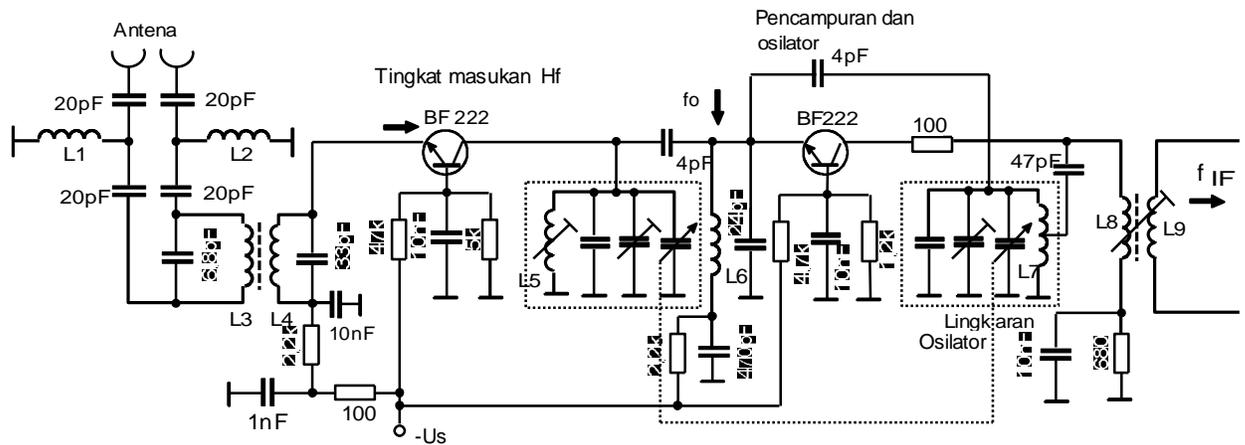
Kapasitor trimer digunakan untuk penyesuaian dengan band frekuensi. C1 dan L4 yang beresonansi pada 460 kHz ( $f_{IF}$ ) untuk menghilangkan gangguan yang berasal dari frekuensi antara.

Tegangan osilator sampai emitor T melalui C3.

Pencampuran dicapai pada dioda basis emitor, frekuensi osilator lebih tinggi dari frekuensi masukan, sehingga tahanan arus bolak-balik pada masukan dapat DIABAIKAN oleh sinyal dari osilator.

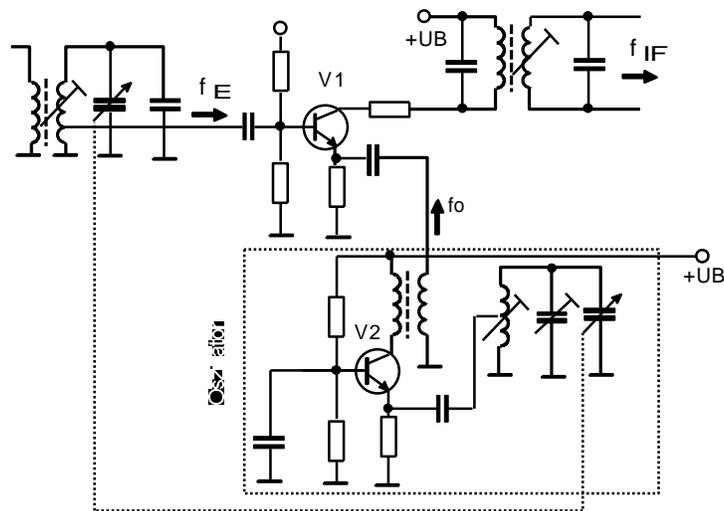
Untuk osilator, transistor bekerja dalam rangkaian BASIS BERSAMA. Sehingga sinyal masukan dan keluaran SEPASA. Kumparan osilator harus dipasang sedemikian rupa sehingga pasanya tidak berubah.

Untuk membatasi daerah frekuensi dipasang kapasitor seri dengan kumparan untuk MW = 500 pF, LW = 250 pF

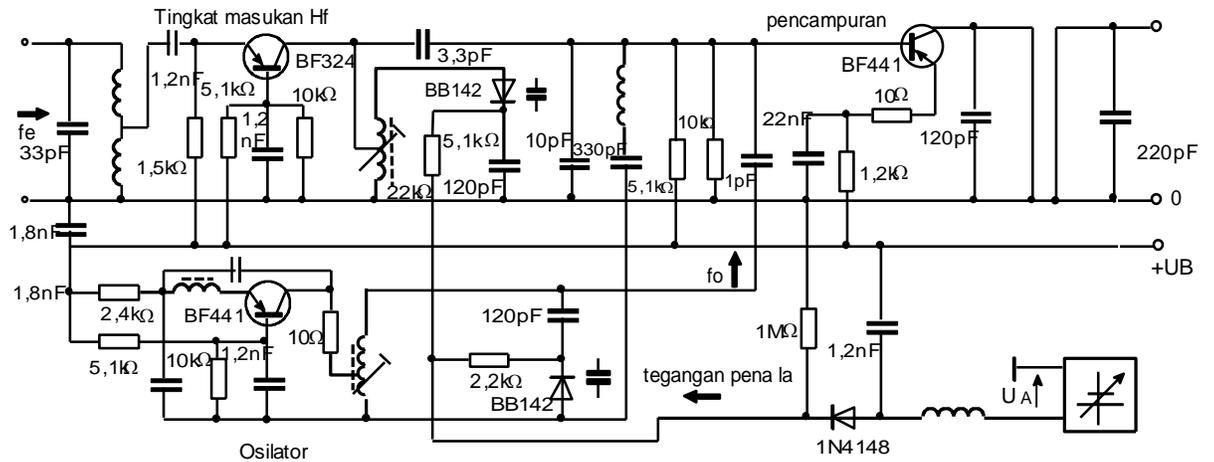


**Gambar 7**

Gambar 7 memperlihatkan “TUNER” FM dengan pencampur berosilasi sendiri.



**Gambar 8**

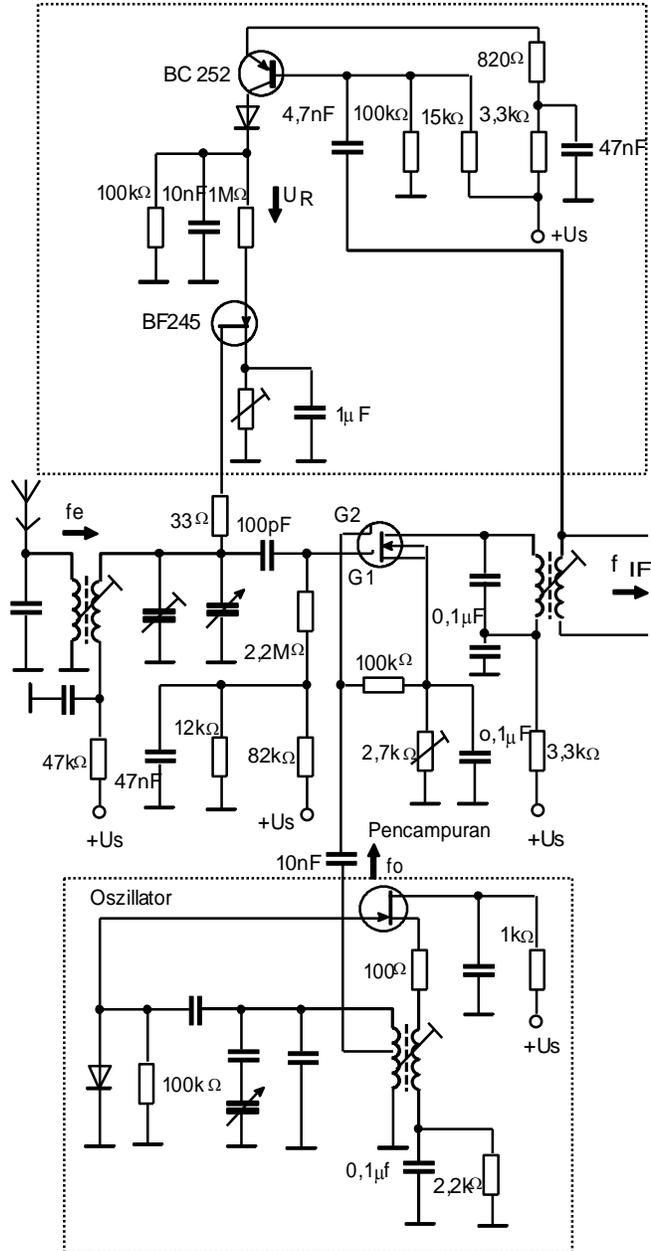
**Gambar 9**

Contoh rangkaian dengan osilator pisah, diperlihatkan oleh gambar 8 dan 9 transistor pencampur bekerja dengan prinsip PENJUMLAHAN.

Rangkaian osilator dibangun dengan transistor T2 membentuk rangkaian TITIK TIGA INDUKTIP (HARTLEY) dalam rangkaian BASIS BERSAMA.

Selain rangkaian gambar 8 dan 9 masih terdapat bermacam rangkaian osilator baik dengan transistor maupun transistor efek medan (FET)

Tingkat pengatur Hf



**Gambar 10**

### **3. Lembar Latihan**

- a) Terangkan terjadinya frekuensi antara
- b) Terangkan proses pencampuran dua frekuensi secara penjumlahan
- c) Tentukan besar frekuensi oscillator, apabila diketahui radio AM menerima siaran pada frekuensi 1500 kHz

#### 4. Lembar Jawaban

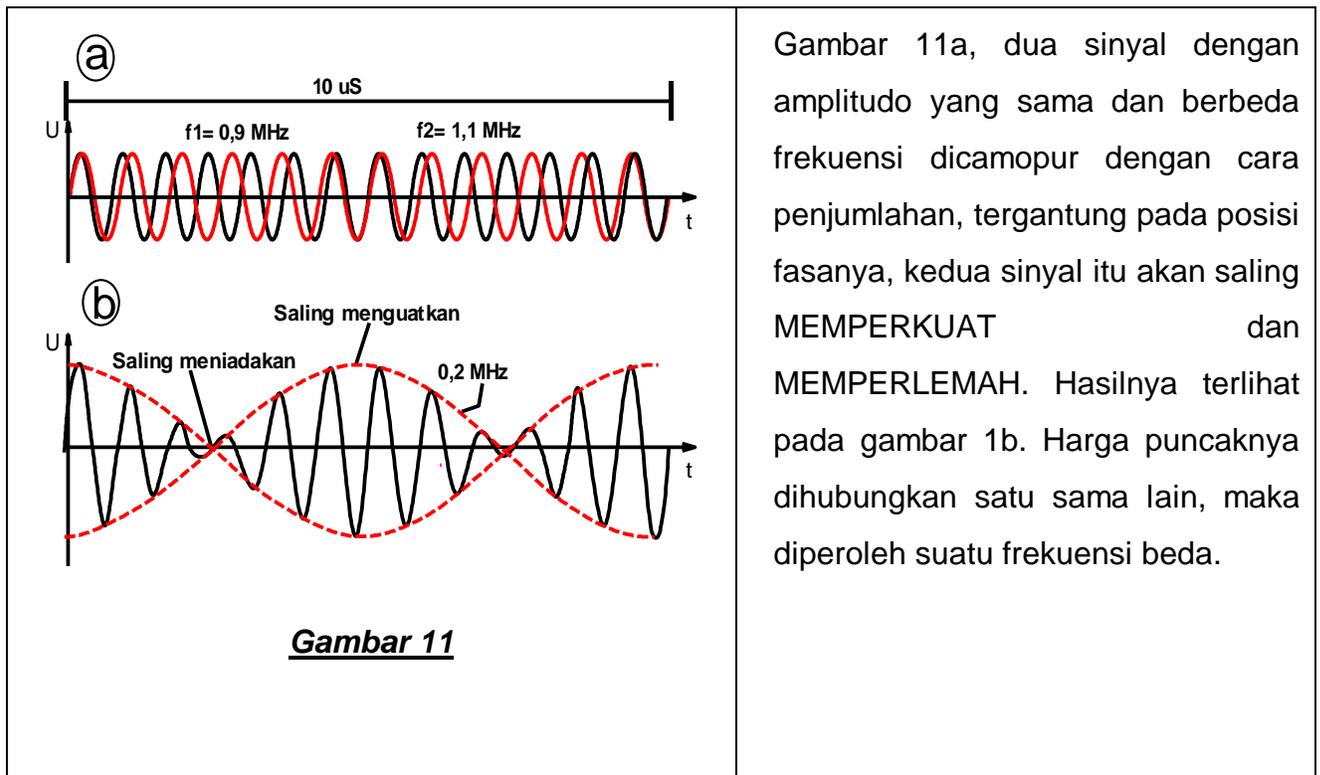
- a) Frekuensi antara adalah suatu frekuensi yang lebih besar dari frekuensi sinyal AF tetapi jauh lebih kecil dibanding frekuensi sinyal osilator atau frekuensi sinyal pembawa dan terjadinya karena akibat bercampurnya sinyal pembawa dan sinyal osilator.
- b) Pencampur yang hanya menggunakan 1 transistor untuk menggabungkan 2 besaran frekuensi . Kedua besaran frekuensi itu adalah input RF ( $f_e$ ) masuk melalui kaki basis dan in put dari osilator ( $f_o$ ) masuk melalui kaki emitor . Kedua signal input ini selalu mempunyai selisih sebesar sinyal antara.
- c)  $f_o = f_e + f_{IF} \Rightarrow f_{IF} = 460 \text{ kHz}$   
 $= 1500 \text{ kHz} + 460 \text{ kHz}$   
 $= 1960 \text{ kHz}$



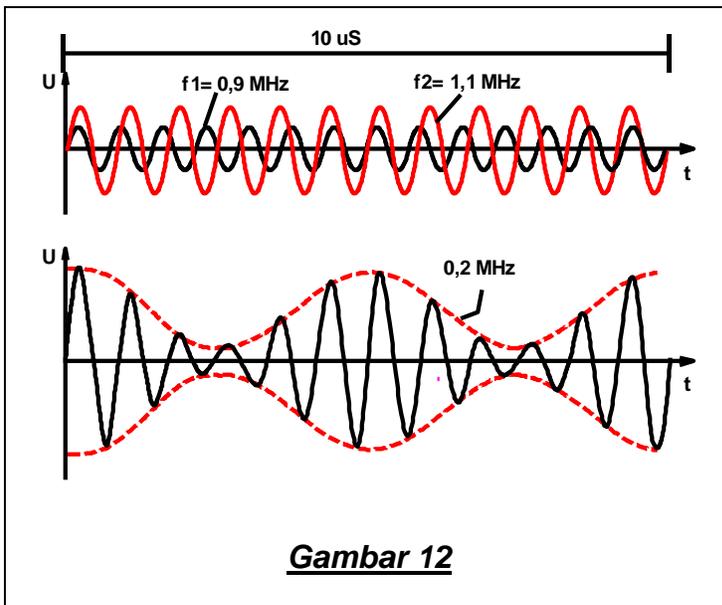
## Kegiatan Belajar 4

**PENYAMPUR****1. Tujuan Khusus Pembelajaran**

- ⇒ Menerangkan akibat pencampuran dua sinyal berbeda frekuensi, luar kepala
- ⇒ Menghitung besar frekuensi antara, tanpa melihat catatan
- ⇒ Menerangkan terjadinya frekuensi anantara, dengan hanya melihat rangkaian pencampuran

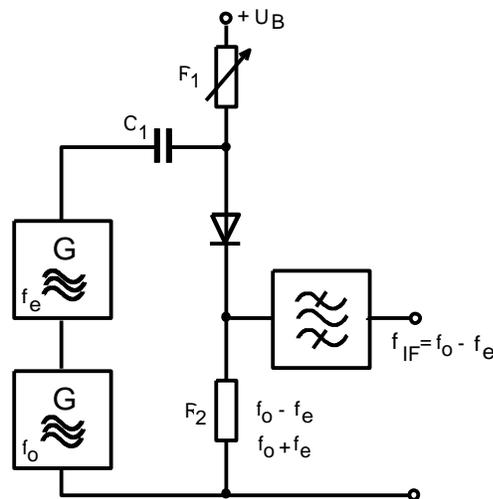
**2. Informasi****2.1. Pencampuran dua besaran frekuensi****Gambar 11**

Gambar 11a, dua sinyal dengan amplitudo yang sama dan berbeda frekuensi dicampurkan dengan cara penjumlahan, tergantung pada posisi fasanya, kedua sinyal itu akan saling **MEMPERKUAT** dan **MEMPERLEMAH**. Hasilnya terlihat pada gambar 1b. Harga puncaknya dihubungkan satu sama lain, maka diperoleh suatu frekuensi beda.



Gambar 12 memperlihatkan sinyal dengan amplitudo berbeda dan frekuensi yang berbeda pula. Terlihat pada sampulnya terdapat suatu sinyal dengan frekuensi baru ( frekuensi beda )

## 2.2. Terjadinya Frekuensi Antara



Frekuensi penjumlahan dilewatkan pada dioda maka akan diperoleh getaran setengah gelombang . Kurva bergetar dalam detakan frekuensi antara

$$f_{IF} = f_o - f_e$$

Untuk mendapatkan sinyal frekuensi antara dengan gelombang yang simetris dipasang filter band yang ditala pada FREKUENSI IF.

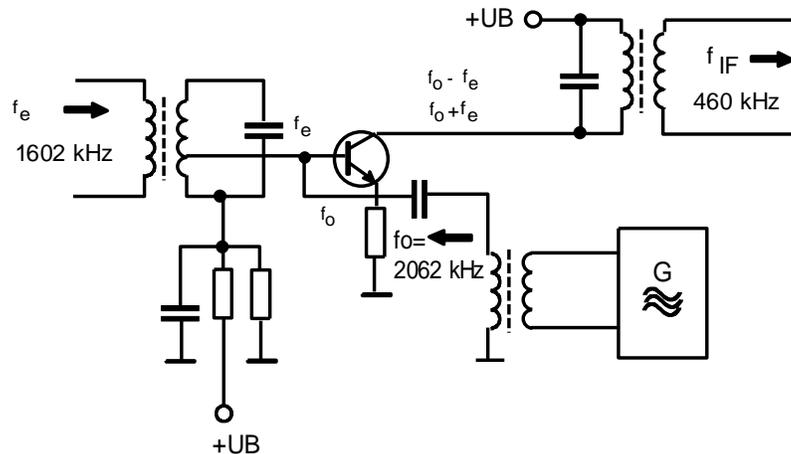
Jika diteliti lebih lanjut terdapat pula frekuensi  $f_o + f_e$ , tetapi karena filter band ditala

pada  $f_{IF}$  maka frekuensi IF inilah yang dilakukan

Pada pencampuran, pada kurva sampul masih terdapat frekuensi informasi yang dibawa oleh frekuensi masukan  $f_e$ .

Proses pencampuran sama persis dengan proses pemodulasian amplitudo, yang berbeda adalah besar frekuensi yang dicampurkan.

**Rangkaian :**



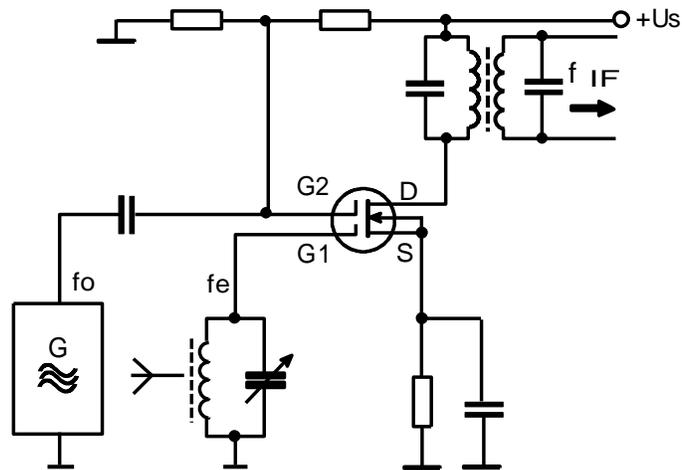
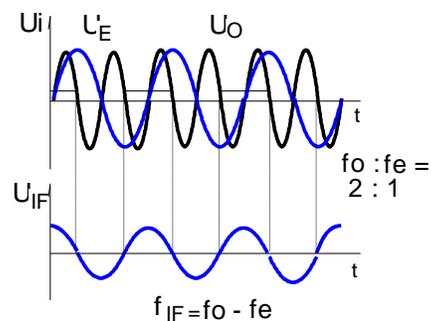
**Gambar 14**

Sinyal  $f_e$  dan  $f_o$  sampai pada basis transistor. Melalui dioda basis-emitor proses pencampuran diambil dan melalui rangkaian sinyal  $f_{IF}$  disaring keluar.

Untuk menandai tingkat pencampur digunakan penguatan pencampur  $V_M$ , yang merupakan perbandingan tegangan frekuensi antara  $U_{IF}$  dengan tegangan masukan  $U_e$ .

$$V_M = \frac{U_{IF}}{U_e}$$

Selain pencampuran penjumlahan ( additiv ) ada pula pencampuran perkalian ( multiplikatif ), dimana kedua sinyal itu saling diperkalikan. Misal dengan menggunakan FET dengan gate ganda, atau dua transistor dirangkai seri.

**Gambar 15****Gambar 16**

Akibat dari perubahan tegangan pada elektroda kendali arusnya mengalikan . Dengan ini terbangkit produk campuran yang tidak diinginkan dengan harmonisa yang lebih sedikit dibanding pencampuran penjumlahan. Lingkaran masukan dan lingkaran osilator terpisah dan terdapat sedikit harmonisa. Kekurangannya, diperlukan teknik rangkaian yang rumit melalui osilator tambahan sedang pada pencampuran penjumlahan dapat digunakan satu transistor untuk pencampur dan osilator ( perhatikan lembar osilator )

### 2.3. Frekuensi Osilator

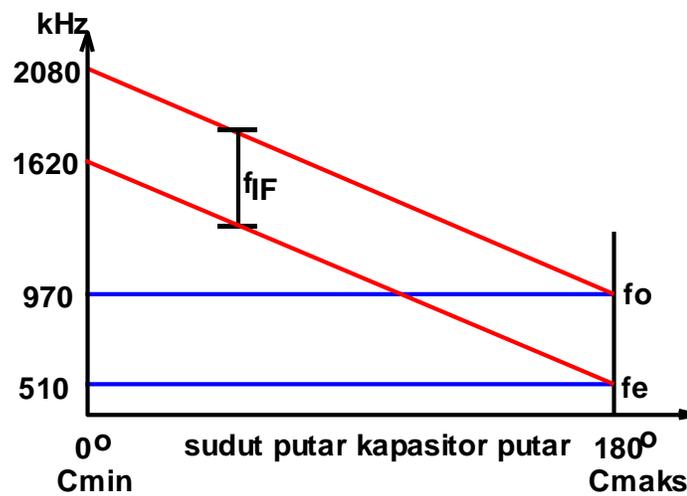
Untuk mendapatkan,, frekuensi osilator dapat lebih tinggi atau rendah , oleh karena itu pada suatu pengaturan osilator tertentu dapat didengar dua pemancar. Pemancar yang diinginkan terletak lebih rendah sekitar  $f_{IF}$  dari frekuensi osilator , pemancar yang mengganggu terletak lebih tinggi sekitar  $f_{IF}$  dari frekuensi osilator.

**Gambar 17**

Frekuensi ini disebut frekuensi bayangan  $f_s$

$$f_s = f_e + 2 \cdot f_{IF}$$

Untuk membuat besar frekuensi antara, tetap pada semua frekuensi penerimaan diperlukan osilator yang frekuensinya berubah. Perubahan frekuensi osilator harus serempak dengan perubahan frekuensi penerimaan.

**Gambar 18**

### 3 Latihan

- a) Terangkan akibat pencampuran dua sinyal yang berbeda frekuensi
- b) Hitung besarnya frekuensi antara dari soal dibawah
  - 1. Frekuensi sinyal input 1100 Khz ,Frekuensi Osilator 1555 Khz
  - 2. Frekuensi Osilator 1200 KHz, Frekuensi antara 455 Khz, berapa frekuensi input ?
- c) Terangkan terjadinya frekuensi antara
- d) Ada berapa macam prinsip pencampuran ?
- e) Dengan komponen apa dapat mencampur secara perkalian ?

#### 4 Lembar Jawaban

##### a) Terangkan akibat pencampuran dua sinyal berbeda frekuensi

**Jawab :**

Akan muncul sinyal selisih (  $f_1 - f_2$  ) sinyal selisih ( antara ) ini akan sebagai sampul dari sinyal selisih tersebut

##### b) Hitung besarnya frekuensi antara dari soal dibawah

**Jawab :**

1). Frekuensi sinyal input 1100 Khz ,Frekuensi Osilator 1555 Khz

$$\begin{aligned} f_{IF} &= f_o - f_e \\ &= 1555 \text{ Khz} - 1100 \text{ Khz} = 455 \text{ KHz} \end{aligned}$$

2). Frekuensi Osilator 1200 KHz ,Frekuensi antara 455 Khz, berapa frekuensi input ?

$$\begin{aligned} f_{IF} &= f_o - f_e , = 1200 \text{ Khz} - 455 \text{ Khz} \\ &= 745 \text{ KHz} \end{aligned}$$

##### c) Terangkan terjadinya frekuensi antara

**Jawab :**

Didalam mixer terdapat dua input , yaitu sinyal frekuensi osilator dan sinyal input  $f_e$  , Keduanya akan bergabung menjadi  $f_e + f_o$  dan  $f_o - f_e$ . Namun rangkaian sinyal IF ditera pada frekuensi antara, sehingga frekuensi yang terdapat pada bagian IF hanya  $f_o - f_e$ . Selain itu tidak akan dilalukan

##### d) Ada berapa macam prinsip pencampuran ?

**Jawab :**

Jawab : Ada 2 ( dua )  
Yaitu - Penjumlahan ( additiv )  
Perkalian ( multipliativ )

##### e) Dengan komponen apa dapat mencampur secara perkalian ?

**Jawab :**

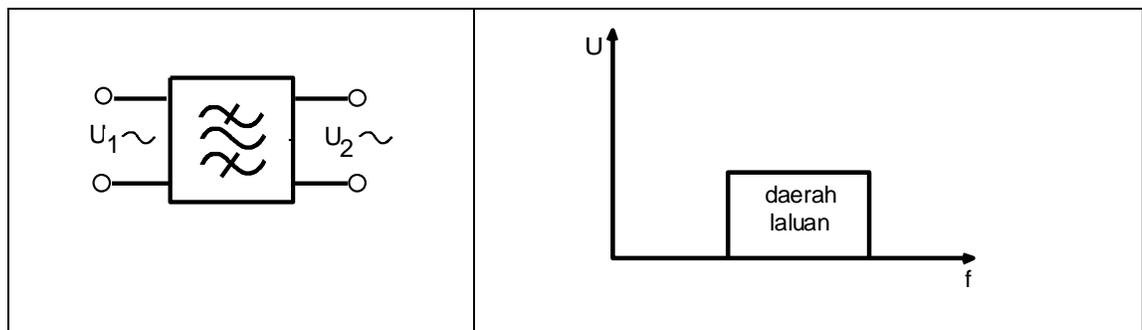
Dengan menggunakan FET dobel Gate

Dengan transistor dirangkai seri

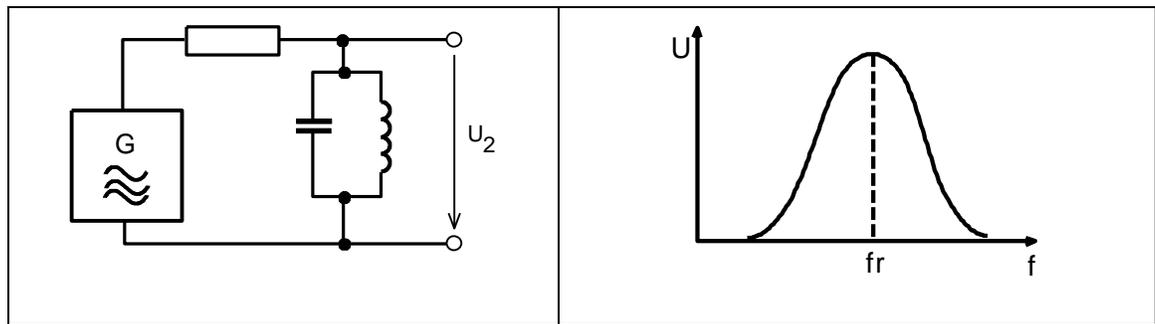
## Kegiatan Belajar 5

**FILTER (PENYARING)****1. Tujuan Pembelajaran**

- ⇒ Memilih kurva sesuai untuk pelalu yang digunakan dalam teknik pengiriman tanpa kawat
- ⇒ menerangkan cara kerja pelalu band dengan dua resonator ( penalaan ganda )
- ⇒ Membandingkan antara filter LC, keramik dan kristal
- ⇒ Menerangkan penggunaan filter LC, keramik dan kristal

**2. Informasi****2.1. Pelalu band (band pass)****Gambar 19**

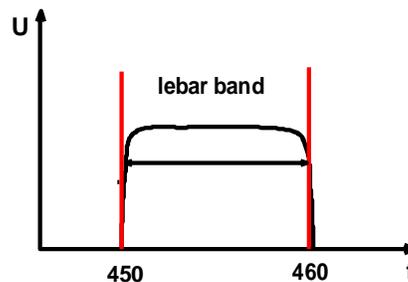
Pelalu band hanya melalukan frekuensi suatu daerah frekuensi terbatas pada keluaran, semua frekuensi diatas dan dibawahnya dihalangi. Dalam teknik pengiriman tanpa kawat (teknik radio) digunakan rangkaian filter LC karena dengan filter LC dapat diperoleh KEMIRINGAN YANG LEBIH TAJAM dari pada filter RC atau RL.



**Gb.20 Paralel LC dan kurva lalumannya**

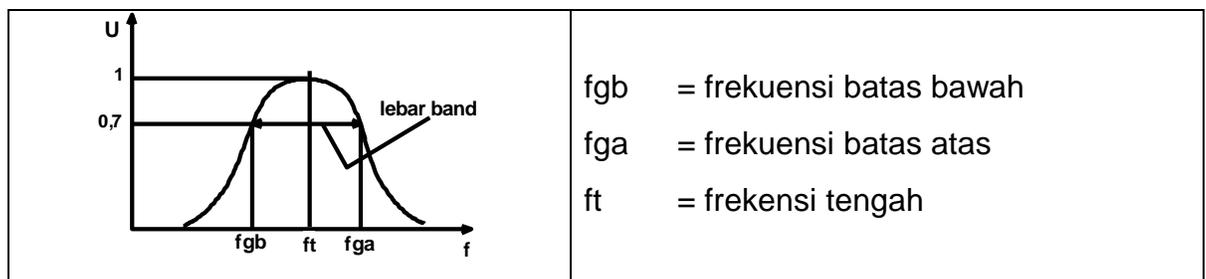
## 2.2. Lebar band

Lebar band, didalamnya suatu sinyal dilakukan tanpa cacat. Lebih lanjut lebar band dapat dijelaskan demikian, suatu peralatan dapat melakukan sinyal dengan frekuensi 450 kHz sampai 460 kHz, berarti peralatan itu mempunyai lebar band 10 kHz.



**Gambar 21**

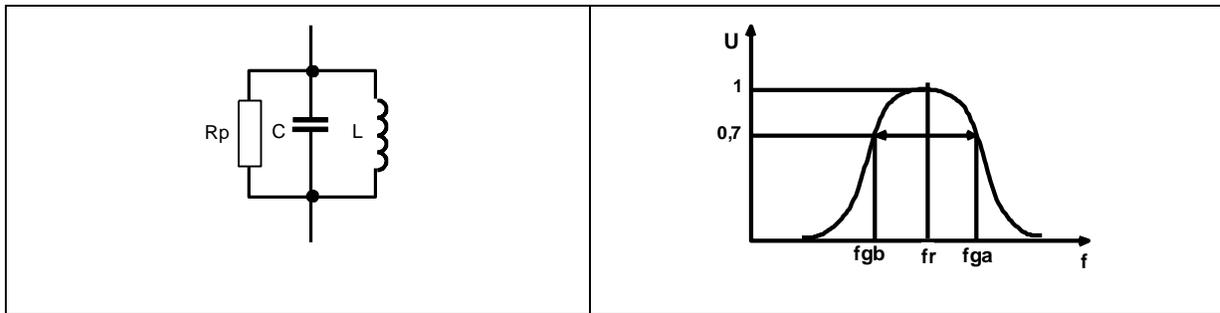
Gambar 21 menggambarkan sebuah band frekuensi ideal, dimana bentuk batas bawah dan atas tegak lurus secara kenyataan sebuah band frekuensi akan kira-kira seperti gambar 22



**Gambar 22.**

Frekuensi batas atas dan bawah dihitung, saat sinyal pada frekuensi itu sebesar 0,7 dari sinyal maksimum. Jadi lebar band dari band frekuensi gambar 4 sebesar  $f_{ga} - f_{gb}$ .

### 2.3. Lebar band rangkaian paralel LC



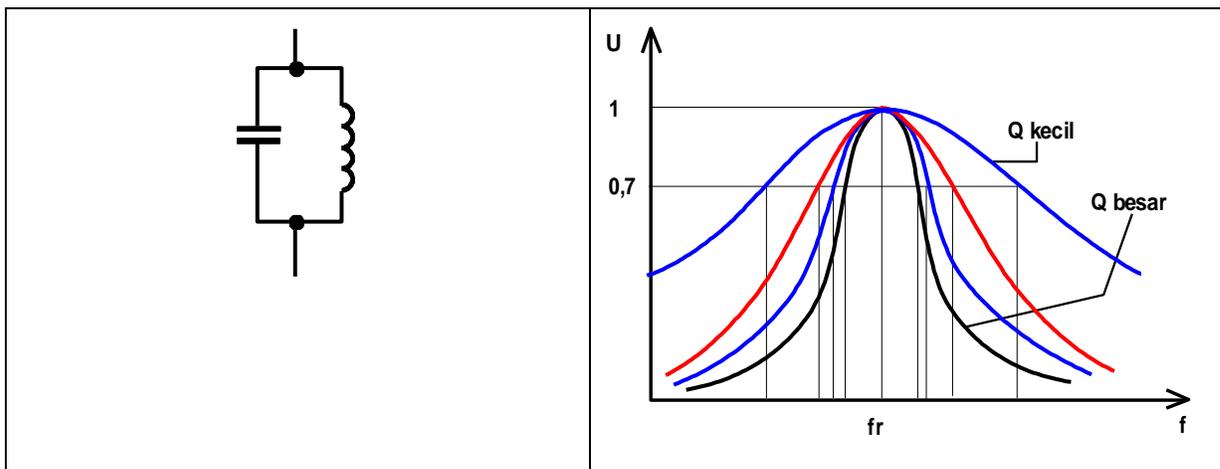
**Gambar 23.**

$B = \frac{f_r}{Q}$	<p><math>Q</math> = kualitas rangkaian</p> <p><math>f_r</math> = frekuensi resonansi</p> <p><math>B</math> = lebar band</p>
---------------------	---

Lebar band tergantung dari kualitas rangkaian, semakin kecil kualitas rangkaian,  $Q$  semakin lebar bandnya. Kualitas rangkaian  $Q$  semakin besar dengan semakin besarnya tahanan paralel rangkaian dalam perbandingan dengan tahanan butanya.

$Q \approx \frac{R_p}{X_o}$ $R_p \approx \frac{L}{R_v \cdot C}$	<p><math>R_p</math> = tahanan paralel rangkaian</p> <p><math>X_o</math> = tahanan buta kumparan atau kapa-sitor</p> <p><math>R_v</math> = tahanan rugi dari kumparan</p>
---	--

### 2.4. Pelalu band dengan rangkaian resonator LC



**Gambar 24.**

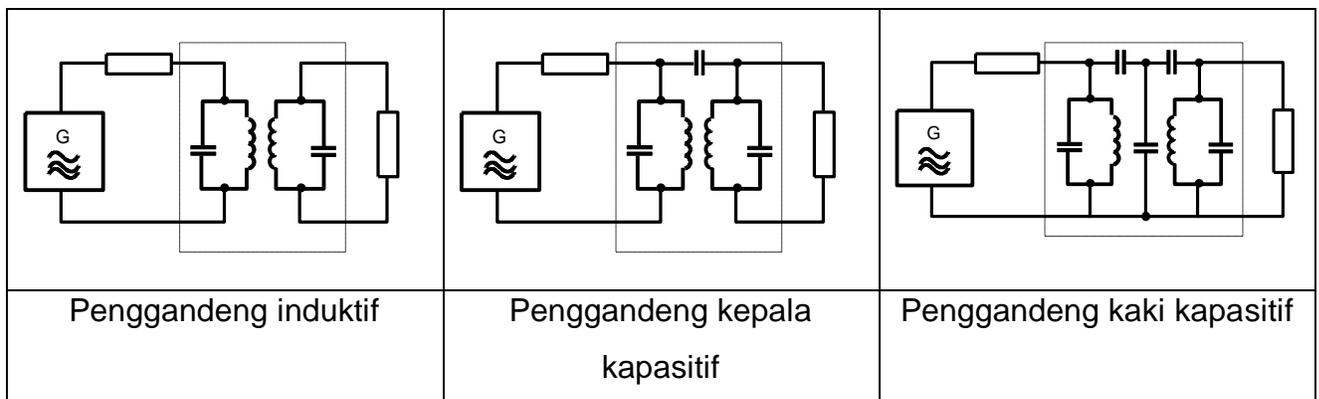
Dengan faktor kualitas ( $Q$ ) yang kecil dicapai suatu lebar band yang lebar, tetapi daya pilah ( selektifitas ) tidak baik, karena bentuk kemiringan kurva yang LANDAI. Sehingga tidak jelas batas frekuensi yang mana yang dilakukan dan yang mana ditahan.

Dengan faktor kuitas ( $Q$ ) yang besar dicapai suatu daya pilah yang BAIK, tetapi lebar bandnya SEMPIT. Suatu kurva laluan pelalu band yang diinginkan dengan daya pilah yang baik (curam) dan lebar yang besar (gambar 24)

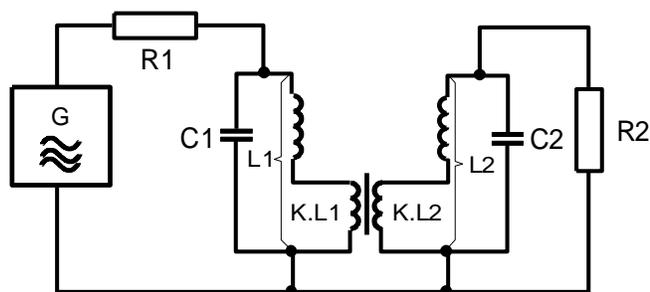
### 2.5. Pelalu band dengan dua rangkaian resonator LC

( Filter band = band filter )

Dua rangkaian resonator dapat dihubngkan secara induktif kapasitif



**Gambar 25.**

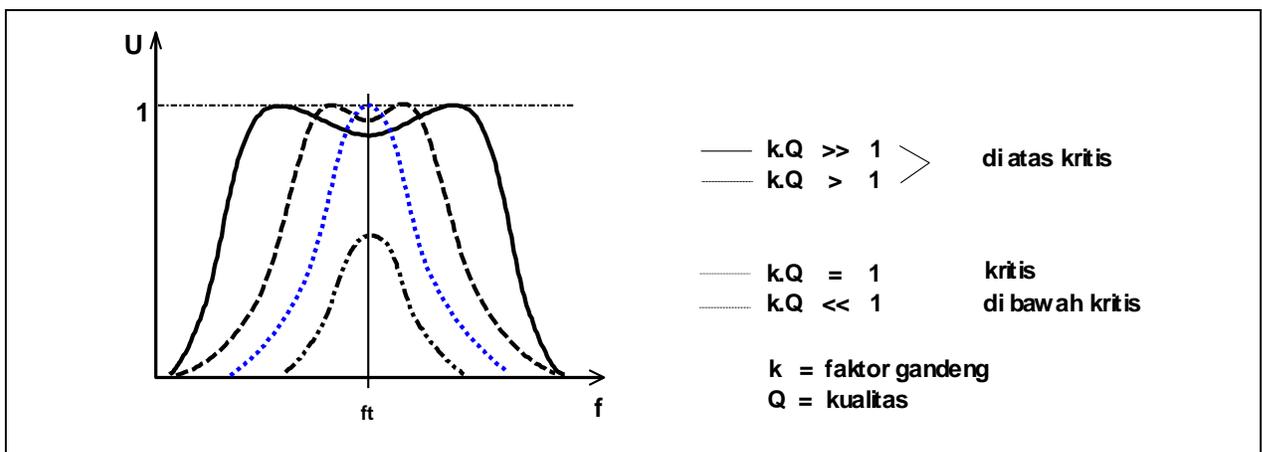


**Gambar 26. Rangkaian pengganti suatu filter band**

Pada filter band dengan penggangdeng induktif kedua kumparan digangdeng longgar. Dalam gambar rangkaian pengganti gambar 8 sebagian kecil kumparan (K.L)

digandeng kuat seperti transformator. Rangkaian kedua berfungsi sebagai rangkaian RESONATOR SERI.

Dibawah frekuensi tengah filter band, rangkaian kedua bekerja sebagai KAPASITANSI yang tergantung frekuensi (rangkaiian seri). Kapasitansi ini dipindahkan ke rangkaian pertama dan terletak PARALEL DENGAN C1. Frekuensi resonansi rangkaian pertama mengecil. Diatas frekuensi tengah rangkaian kedua bekerja sebagai INDUKTANSI yang tergantung frekuensi , induktansi ini dipindahkan ke rangkaian pertama, induktansi rangkaian pertama mengecil dan frekuensi resonansi NAIK. Pergeseran frekuensi resonansi yang sama melalui rangkaian pertama tampil pula pada rangkaian kedua.



**Gambar 27.**

Semakin kuat kedua rangkaian terdangeng maka rangkaian akan semakin kritis (diatas kritis), kurva laluan semakin TINGGI dan LEBAR. Akhirnya bagian atas kurva laluan berbentuk pelana.

Kurva laluan filter band tergantung pada besar gandengan dan kualitas rangkaian.

Pada gandengan diatas kritis  $k.Q > 1$  tertampil bentuk pelana

Pada gandengan dibawah kritis  $k.Q < 1$  tertampil bentuk seperti kurva resonansi.

Pergeseran fasa antara tegangan masukan dan tegangan keluaran filter band saat resonansi sebesar  $90^\circ$ , dibawah frekuensi resonansi lebih kecil dari  $90^\circ$  dan diatas frekuensi resonansi lebih besar dari  $90^\circ$ . Filter band yang banyak digunakan dalam

teknik radio dan televisi adalah yang terganggu induktif.

## 2.6. Filter kwarsa dan Filter Keramik

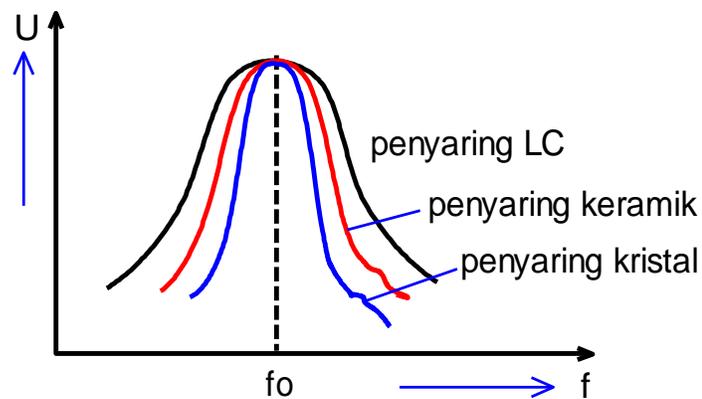
Selain filter dengan LC terdapat pula filter dengan menggunakan kwarsa (Quart) dan keramik.

Dengan filter kwarsa dapat dicapai kualitas Q antara 20000 sampai 200.000.

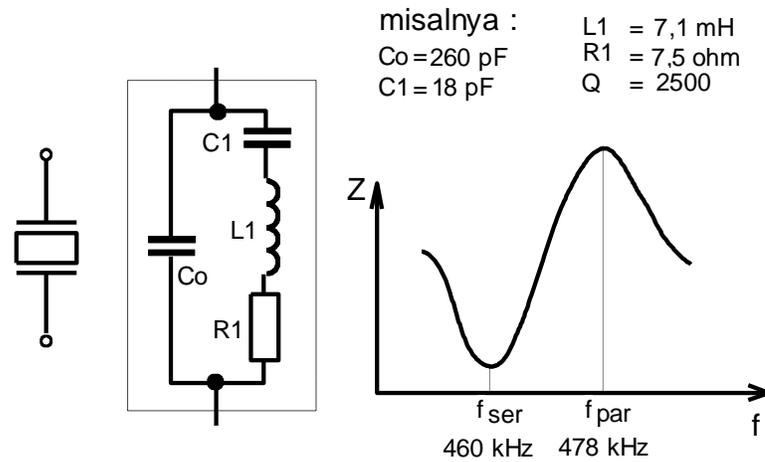
Sedang filter keramik dapat mencapai kualitas Q antara 70 sampai 3000, untuk memperbesar kualitas filter-filter keramik dapat dihubungkan seri. Selain kualitas Q yang besar, filter keramik tanpa MEDAN PENGENDALI MAGNETIS. Stabil terhadap PERUBAHAN SUHU dan lebih murah dibanding pada filter LC.

PENALAN tidak diperlukan pada filter-filter keramik. Filter-filter keramik bekerja berdasarkan atas EFEK PIEZO.

Dengan memberikan tegangan bolak-balik pada filter keramik akan diperoleh GETARAN MEKANIS. Pada frekuensi tertentu akan terdapat suatu resonansi.



**Gambar 28**



**Gambar 29**

Gambar 29 menunjukkan rangkaian pengganti suatu resonator keramik dan kurva laluannya. Kapasitansi  $C_0$  terbentuk oleh elektroda-elektrodanya.  $C_1$  dan  $L_1$  membentuk resonator seri. Dengan  $C_1$  dan  $C_0$  terhubung seri maka kumparan  $L_1$  akan terhubung paralel, dan terbentuklah resonator paralel.

Filter keramik dalam resonansi seri	
Rangkaian filter keramik dalam resonansi seri	
Filter keramik ganda dalam resonansi paralel	

**Gambar 30**

**3. Lembar Latihan.**

- a) Apa kelebihan yang dimiliki penyaring LC dibanding penyaring RC ?
- b) Bagaimana cara membuat kurva laluan rangkaian LC menjadi lebih curam ?
- c) Bergantung dari apa lebar band dari penyaring band ?

4. Lembar Jawaban

- a) Dengan penyaring LC dapat diperoleh batas band yang lebih tajam dari pada penyaring RC . Membuat faktor kualitas rangkaian besar yaitu dengan membuat hambatan terutama pada L dibuat kecil.
- b) Pada rangkaian resonansi menggunakan dua rangkaian LC kecuraman kurva laluan disamping ditentukan oleh faktor kualitas juga ditentukan oleh koping rangkaian LC. Semakin kuat kedua rangkaian tergendeng ( kritis atau diatas kritis ) semakin lebar bandnya, semakin kurang gandengannya semakin sempit bandnya.
- c) Lebar band dari penyaring band bergantung pada :
- Komponen penyaring yang dipergunakan
  - Faktor kualitas dari penyaring band
  - Faktor gandeng untuk penyaring band dengan menggunakan transformator
  - Tahanan buta dari penyaring ( $X_L$  atau  $X_C$ )

## Kegiatan Belajar 6

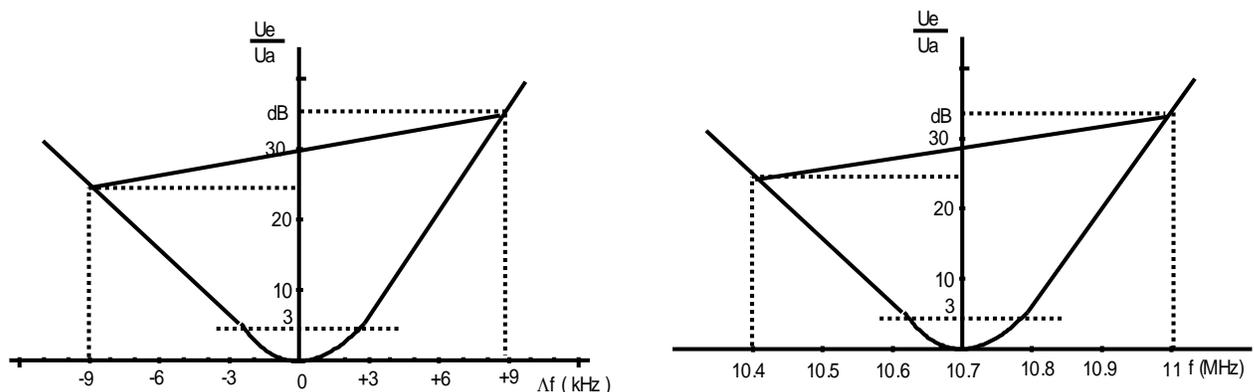
**PENGUAT FREKWENSI ANTARA (IF)****1. Tujuan Khusus Pembelajaran**

- ⇒ Menerangkan fungsi dari penguat frekuensi antara .
- ⇒ Menerangkan akibat pembebanan filter.
- ⇒ Menerangkan prinsip kerja sebuah penguat IF dengan hanya melihat gambar skema rangkaian.
- ⇒ Menerangkan tujuan netralisasi pada penguat IF.

**2. Informasi****2.1. Fungsi penguat frekuensi antara**

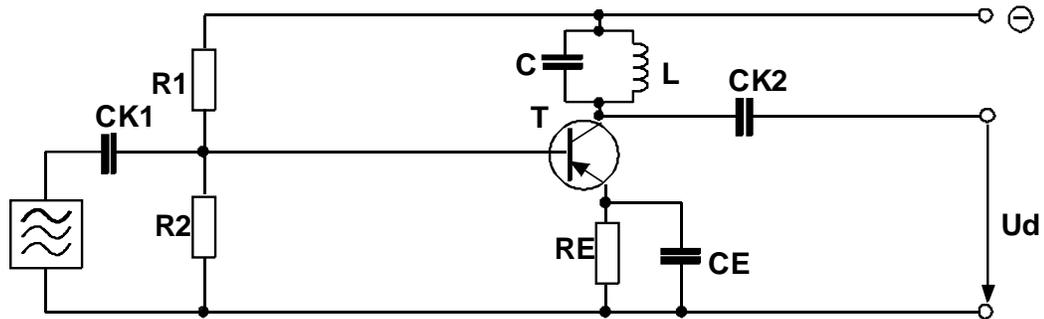
Penguat frekuensi antara adalah sebuah penguat FREKUENSI TINGGI SELEKTIF UNTUK FREKUENSI ANTARA ( $f_{IF}$ ).

Penyeleksian dicapai dengan rangkaian RESONATOR LC atau filter keramik. Penguat frekuensi antara bertugas MENGUATKAN SINYAL FREKUENSI ANTARA. Dengan lebar band yang diperlukan, lebar band untuk AM (MW,SW,LW) sekitar 5 kHz sampai 9 kHz dan untuk FM sekitar 150 kHz sampai 200 kHz ( stereo ). Selain itu penguat frekuensi antara harus mempunyai sisi yang curam pada batas band.



**Gambar 31 Kurva laluan frekuensi antara**

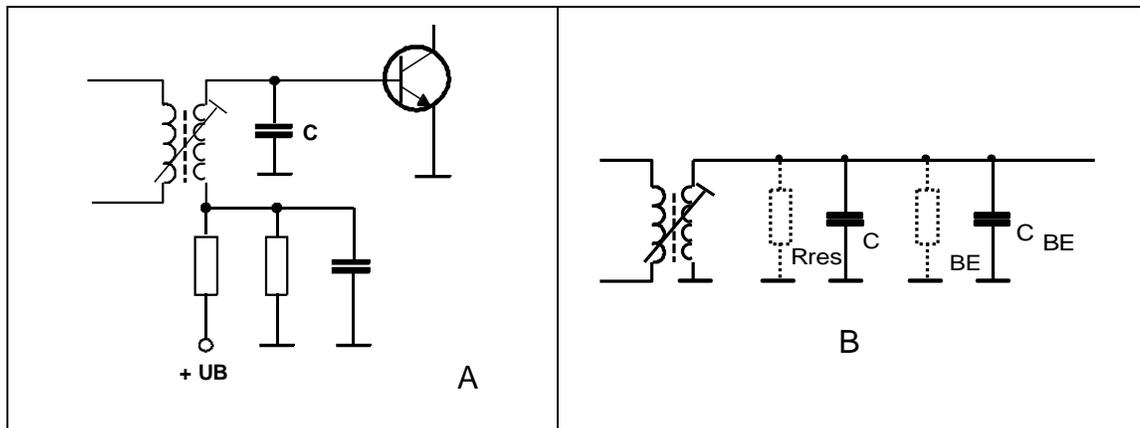
**2.2. Rangkaian dasar**



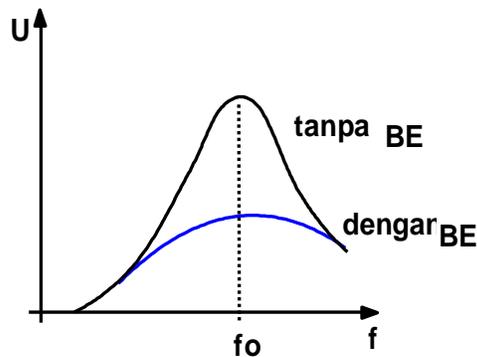
**Gambar 32**

Rangkaian penguat selektif menguatkan sinyal dengan frekuensi TERTENTU, frekuensi ditentukan oleh rangkaian PARALEL antara L dan C.

**2.3. Pembebanan filter band**



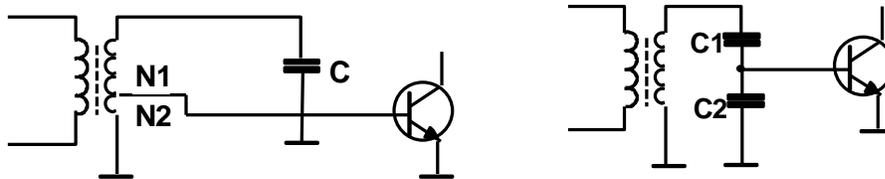
**Gambar 33**



**Gambar 34**

Tahanan basis emitor membebani rangkaian resonator atau filter band sehingga MEREDAM SANGAT KUAT ( gambar C ) gambar B adalah rangkaian pengganti dari rangkaian gambar A tahanan resonansi  $R_{res}$  terletak PARALEL dengan tahanan basis emitor  $r_{BE}$ .

Untuk menghindari hal diatas maka dibuatlah rangkaian sebagai berikut.



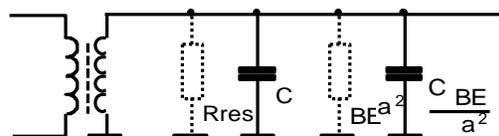
**Gambar 35**

$$a = \frac{N_1 + N_2}{N_2}$$

$$a = \frac{C_2}{C_1}$$

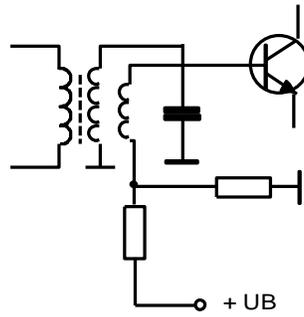
$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$C_t$  = Kapasitansi total

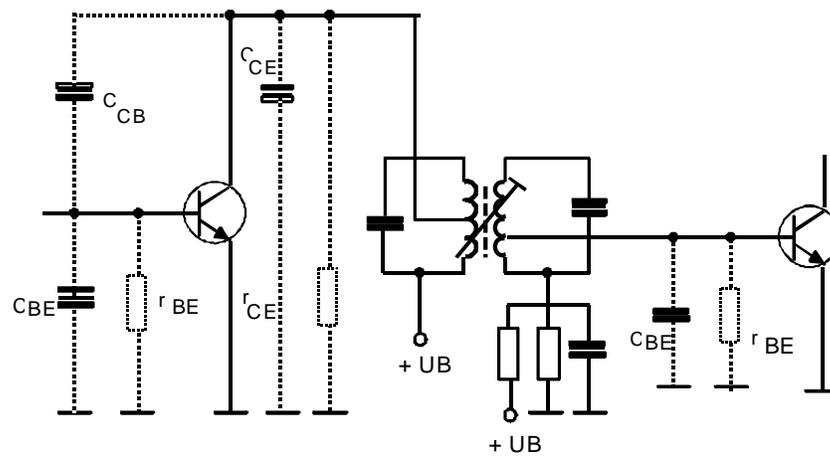


**Gambar 36**

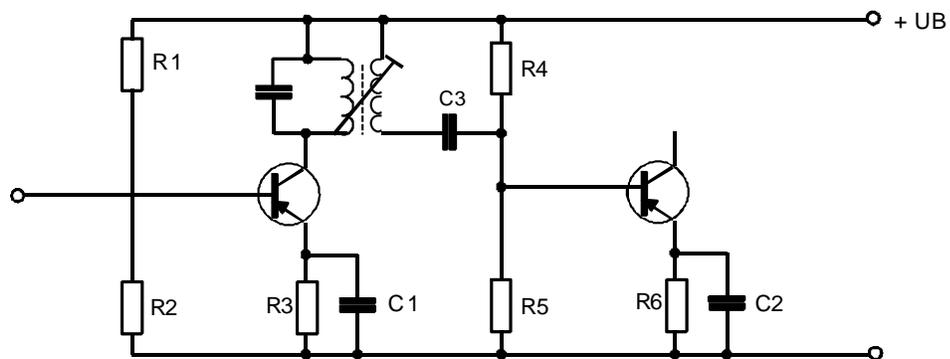
Maka tahanan dan tahanan buta  $X_c$  masuk transistor di transformasikan kedalam lingkaran, sehingga  $R_{BE}$  menjadi BESAR dan  $C_{BE}$  MENGECIL. Untuk hasil yang sama dapat pula dengan gulungan TERPISAH. Berdasarkan tahanan masukannya yang besar, transistor efek medan dapat dihubungkan LANGSUNG.

**Gambar 37**

Yang bertanggung jawab menentukan kurva laluan tidak hanya tingkat masukan melainkan juga tingkat yang terletak didepannya.

**Gambar. 38 Besaran pengganggu dalam penguat IF**

#### 2.4. Rangkaian penguat frekuensi antara penalaan tunggal

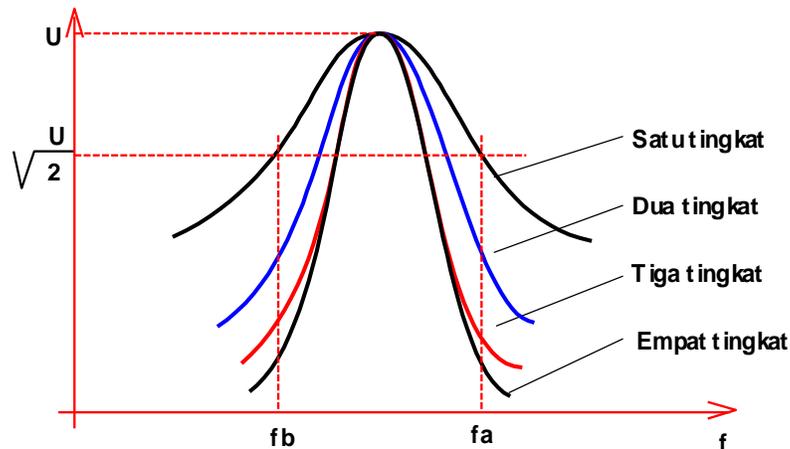
**Gambar. 39**

Lingkaran resonator penentu band frekuensi yang ditala dapat kapasitor atau kumparannya. Penalaan frekuensi yang diinginkan efektif dengan menala INTI FERIT DARI KUMPARAN.

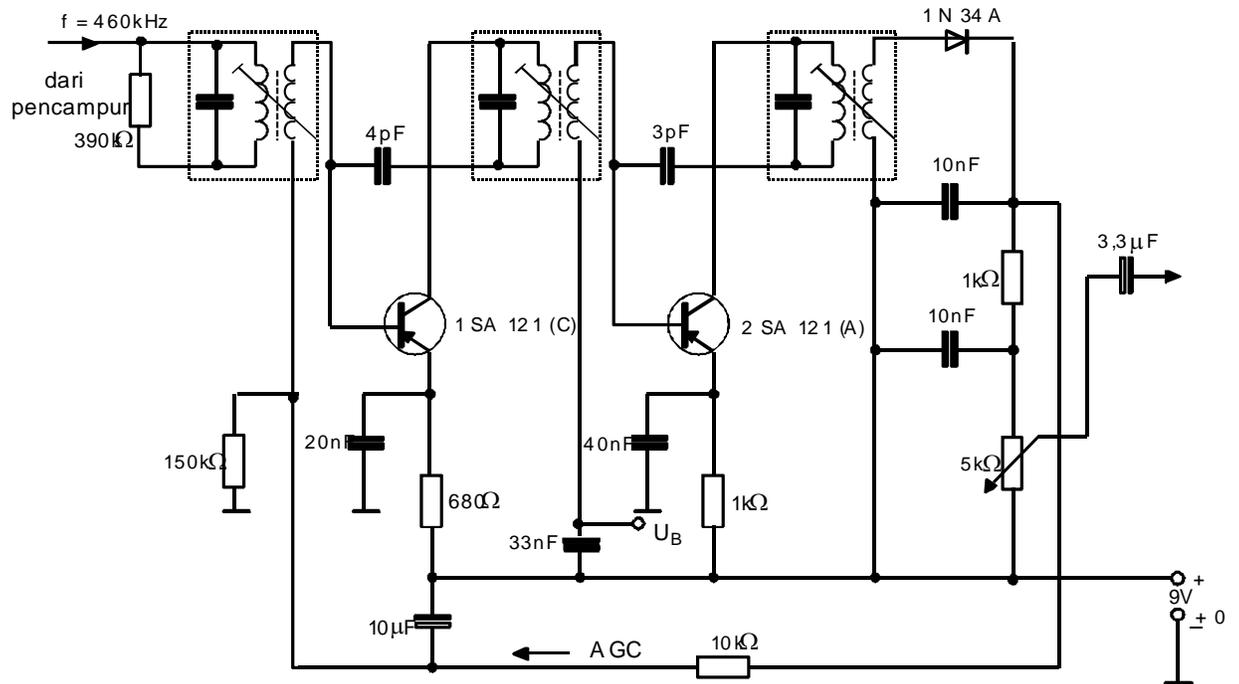
Seringkali diinginkan penguatan yang besar, ini dapat diperoleh dengan hanya satu tingkat, dua tingkat atau lebih yang digandeng dalam kaskade.

Penguatan keseluruhannya adalah hasil kali dari masing-masing penguatan tiap tingkat, misal penguat terdiri dari dua tingkat dengan penguatan masing-masing 10 kali maka penguatan keseluruhan  $10 \times 10 = 100$  kali.

Selain itu penguat tergandeng kaskade mempunyai efek PENGURANGAN lebar band 3 dB, semakin banyak penguat yang dirangkaikan, lebar band pada 3 dB semakin SEMPIT.



**Gambar. 40**

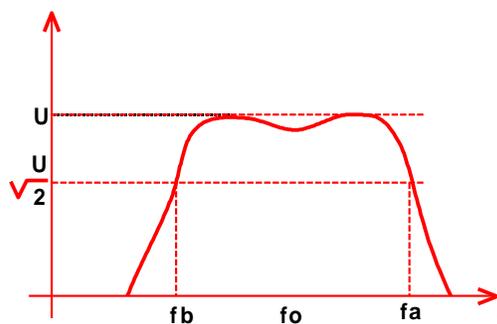
**Gambar. 41**

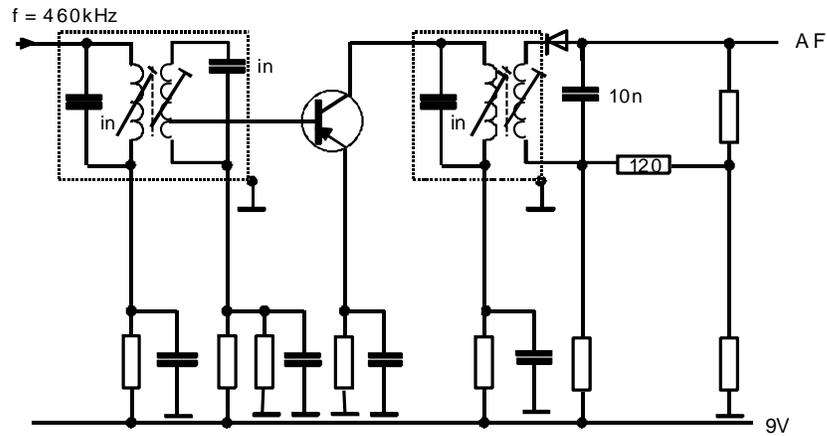
### Contoh rangkaian penguat IF penalaan tunggal dua tingkat

Sifat penguatan terhadap frekuensi resonansi berbentuk bulat, dan jatuh pada salah satu sisi resonansi. Hasilnya, penguat penalaan tunggal tidak dapat MEMBEDAKAN dengan tepat frekuensi yang diinginkan dengan yang tidak diinginkan.

### 2.5. Rangkaian penguat frekuensi antara penalaan ganda

Untuk mengatasi keburukan dari penguat IF penalaan tunggal digunakan transformator penggandeng dengan penalaan ganda.

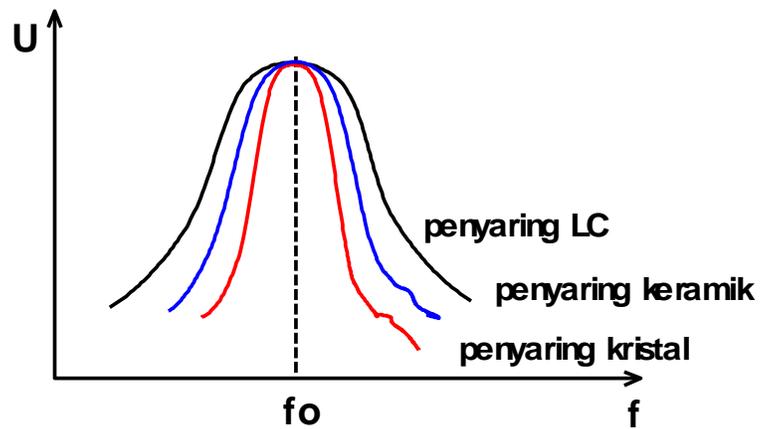
**Gambar. 42**



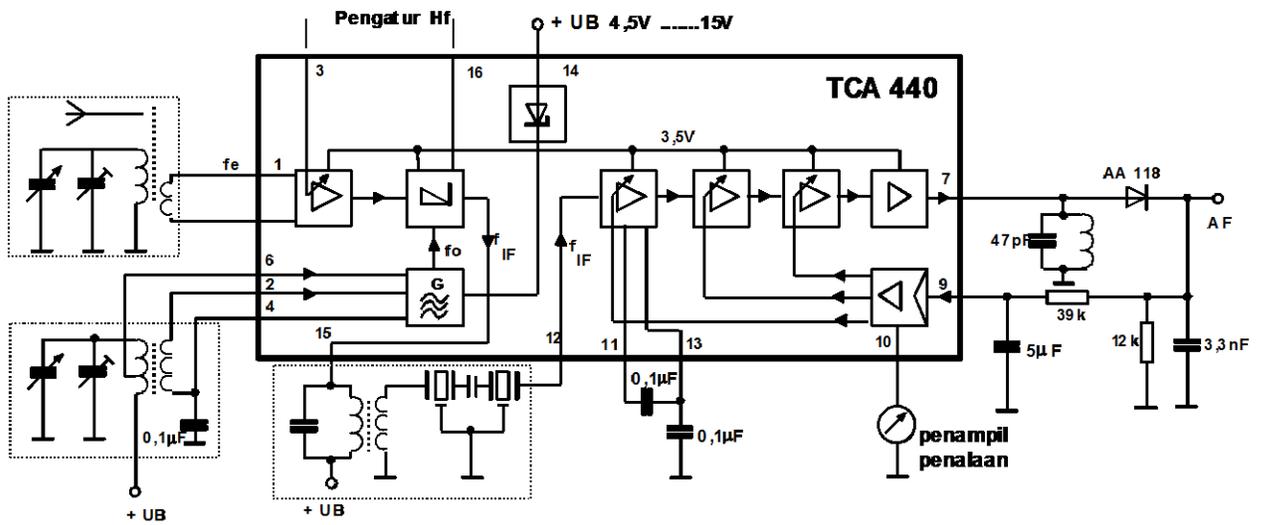
**Gambar. 43**

## 2.6. Penguat antara IF menggunakan filter keramik

Selain filter band dengan LC, dipakai juga filter kwarsa ( quarz ) dan filter keramis untuk mendapatkan daya pilah yang tinggi.



**Gambar. 44**



**Gambar. 45**

**3. Lembar Latihan.**

- a) Terangkan fungsi penguat frekuensi antara
- b) Terangkan akibat pembebanan filter
- c) Terangkan prinsip kerja sebuah penguat IF

---

#### 4. Lembar Jawaban

- a) Terangkan fungsi penguat frekuensi antara

**Jawab :**

Penguat frekuensi antara mempunyai fungsi menguatkan sinyal frekuensi antara, dengan lebar band yang diperlukan.

Lebar band untuk AM ( MW, SW, LN ) = 5 KHZ - 9 KHZ

Lebar band untuk FM = 150 KHZ - 200 KHZ

- b) Terangkan akibat pembebanan filter

**Jawab :**

Pembebanan filter band oleh kompon RBE ( hambatan antara kaki basis-Emitor) transistor berakibat menurunnya tegangan kurva tanggapan IF.

Sebelum transistor dipasang, tegangan kurva adalah tinggi, namun setelah transistor dipasang kurva ditunjukkan oleh garis putus-putus.

- c) Terangkan prinsip kerja sebuah penguat IF

**Jawab :**

Penalaan lingkaran resonator dapat dilakukan pada kapasitor atau kumparannya. Penalaan frekuensi yang diinginkan akan sangat efektif apabila dengan menala inti ferit dari kumparan.

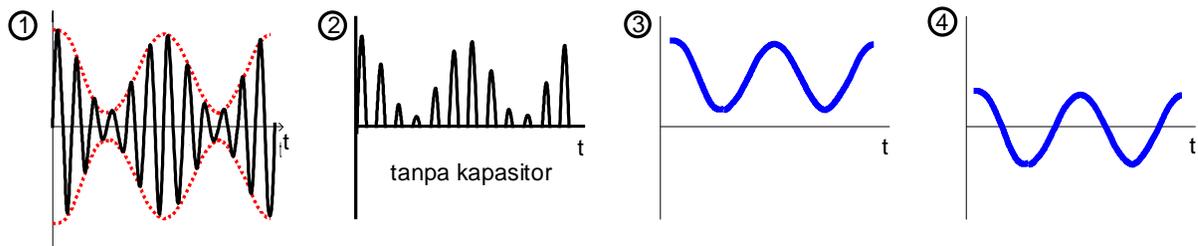
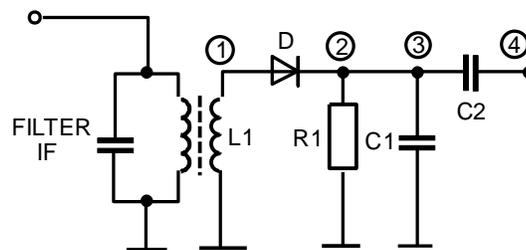
Penguatan sinyal dapat besar diperoleh dengan hanya 1 tingkat, 2 tingkat atau lebih yang digandengan secara kaskade.

Penguatan keseluruhan adalah hasil kali dari masing-masing penguatan tiap tingkat.

## Kegiatan Belajar 7

**DEMODULATOR AM****1. Tujuan Khusus Pembelajaran**

- ⇒ Menerangkan proses pendemodulasian AM dengan benar.
- ⇒ Menerangkan fungsi masing - masing komponen demodulasi AM dengan benar
- ⇒ Menyebutkan nama - nama demodulator AM sedikitnya 2 macam .

**2. Informasi****2.1. Demodulasi sinyal AM , dengan demodulasi sampul .****Ga****mbar 46**

L1 = Untuk menyesuaikan impedansi

D = Menyearahkan sinyal AM

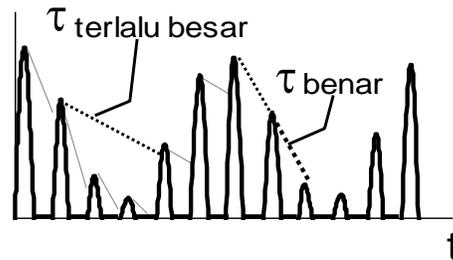
R1 = Untuk lingkaran arus searah dari dioda D dan untuk mengosongkan C1

C1 = Untuk memfilter sinyal frekwensi tinggi yang disearahkan

C2 = Menghadang arus searah.

Dioda yang digunakan dari bahan **GERMANIUM** , arah dioda untuk mendapatkan

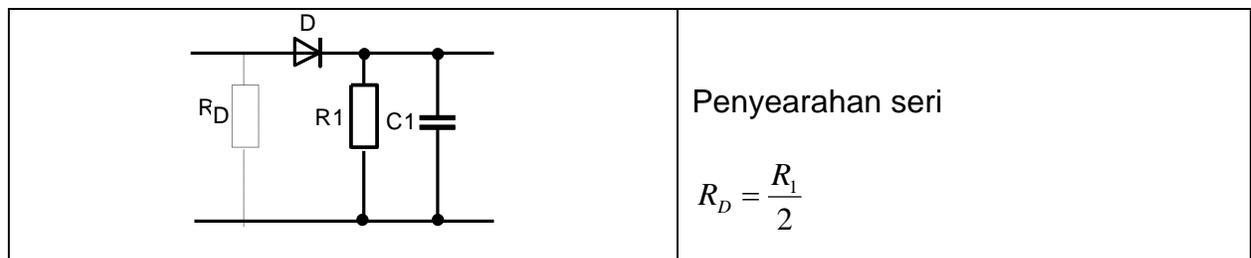
**POLARITAS TEGANGAN PENGATUR** tertentu ( 53 73 03 07 ) , karena tidak ada pengaruhnya untuk pendemodulasian sinyal sisi ganda ( DSB = double side band ).  
Tetapan waktu  $\tau$  dari C1 , R1 harus cukup besar untuk periode Hf ( 455 KHz ) dan cukup kecil untuk periode sinyal AF tertinggi ( 4,5 KHz ) .



**Gambar 47**

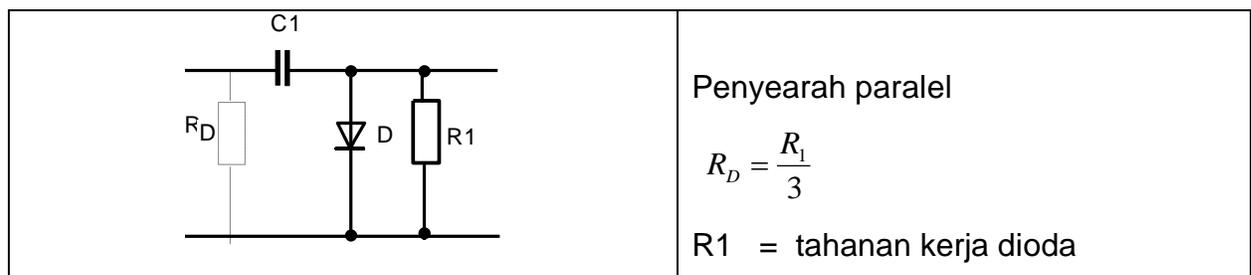
Dalam prakteknya T berharga  $5 \mu s - 30 \mu s$

## 2.2. Tahanan peredam RD



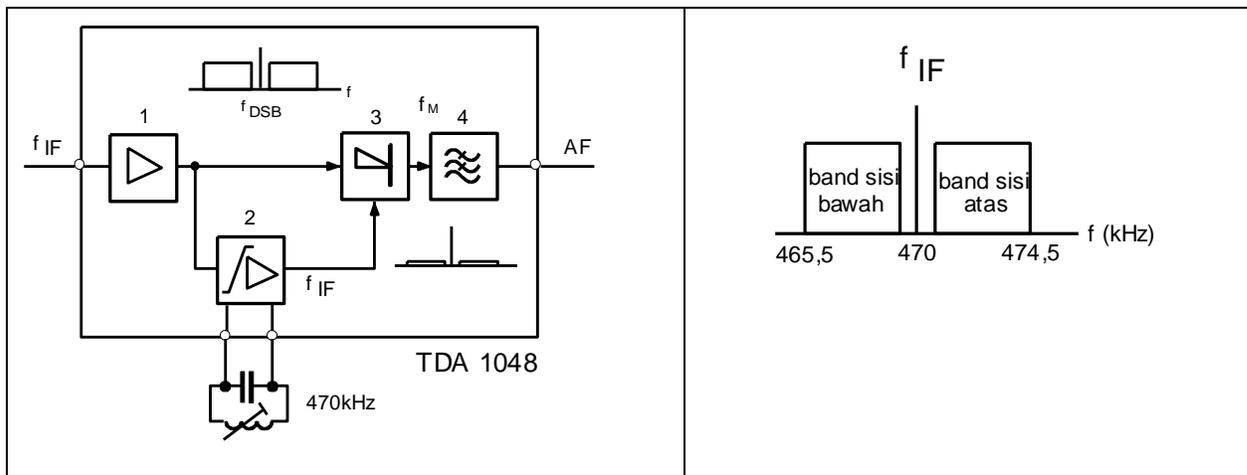
**Gambar 48**

Tahanan peredam RD ini adalah tahanan masukkan demodulator secara arus searah dan membebani lingkaran filter band ( RD ditransformasi ke lingkaran primer ) .



**Gambar 49**

### 2.3. Demodulasi sinyal AM demodulator produk



**Gambar 50**

1		Penguat frekuensi antara
2		Penguat dengan pembatas , dimana pada keluarannya hanya sinyal dengan frekuensi antara f <sub>IF</sub>
3		Pencampuran mencampur sinyal f <sub>IF</sub> dengan sinyal f <sub>IF</sub> lengkap dengan sisi sinus sehingga didapat : $f_M = ( f_{IF} + f_{DSB} ) - f_{IF} = f_{DSB} \approx f_{AF}$
4		Filter pelalu bawah melakukan sinyal suara .

Kelebihan demodulator ini adalah :

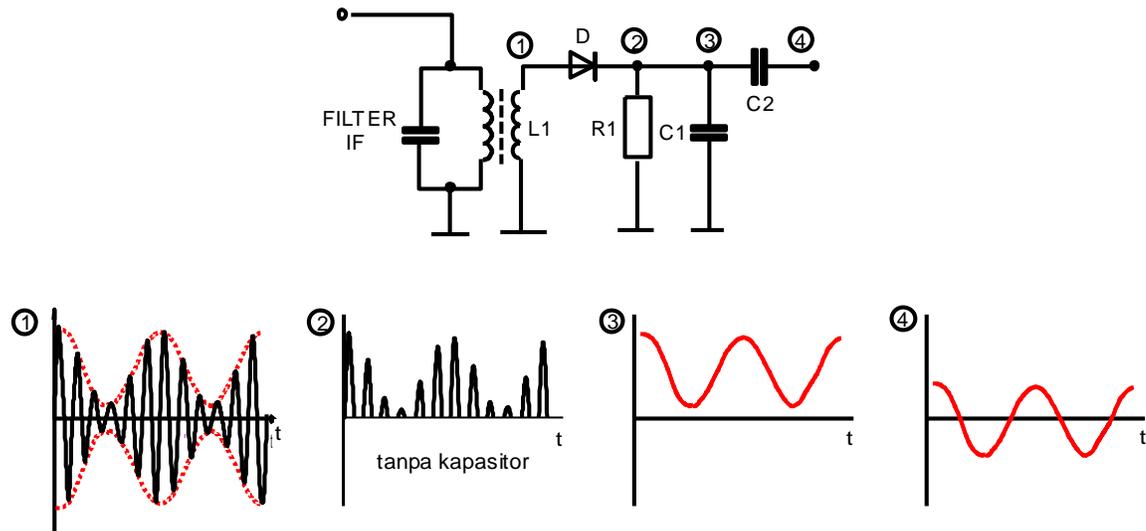
- ➔ DEMODULASI YANG LINEAR PADA DERAJAD MODULASI TINGGI .
- ➔ TIDAK PEKA TERHADAP GOYANGAN AMPLITUDO SINYAL PEMBAWA IF .

**3. Lembar Evaluasi**

- a) Terangkan proses pendemodulasian AM
- b) Terangkan fungsi masing - masing komponen demodulator AM

## 4. Lembar Jawaban

## a) Terangkan proses pendemodulasian AM !

**Jawab : < demodulator sampul >**

sinyal IF tingkat akhir disearahkan oleh sebuah dioda germanium . Kemudian sinyal hasil penyearahan yang masih mengandung frekuensi tinggi 455 KC mengisi koindesator ini sekaligus membuang frekuensi tinggi 455 KC .komponen R berfungsi untuk mengosongkan kondesator filter .Dengan demikian tinggal sinyal AF + DC supaya hanya sinyal AF saja yang diteruskan ke penguat AF , maka tugas C koplinglah ( C2 ) yang mencegah kuatnya tegangan DC .

**b) Terangkan fungsi masing - masing komponen demodulator AM !****Jawab : [ lihat gambar demodulator sampul ]**

- L1 : Penyesuaian impedansi
- D : Menyearah sinyal Am
- R1 : Untuk mengosongkan C1 dan untuk lingkaran arus searah .
- C1 : Untuk memfilter sinyal berfrekuensi tinggi yang telah disearahkan .
- C2 : Untuk memblokir arus searah .

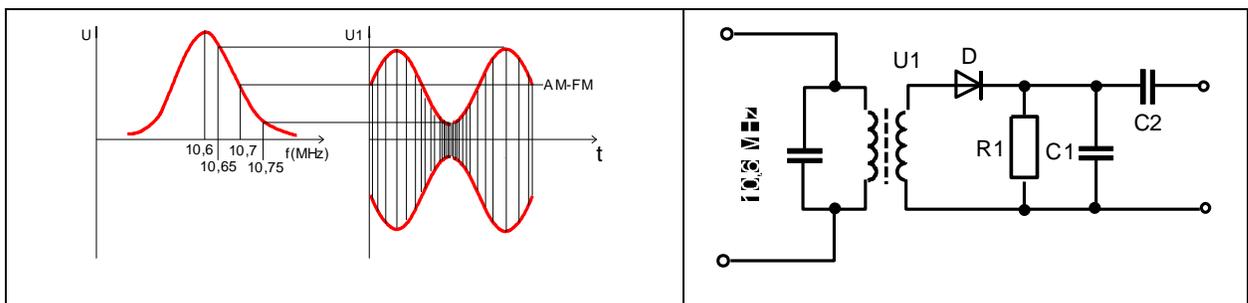
## Kegiatan Belajar 8

## DEMODULATOR FM

## 1. Tujuan Khusus Pembelajaran

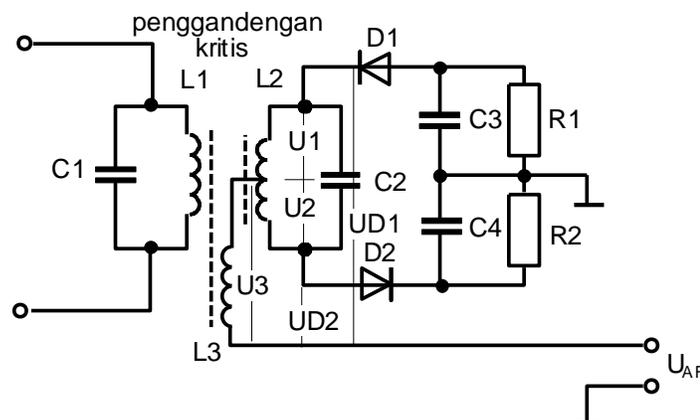
- ⇒ Menerangkan proses pendemodulasian FM dengan benar.
- ⇒ Menerangkan fungsi masing - masing komponen demodulasi dengan benar .
- ⇒ Menerangkan pembatasan amplitudo pada FM .
- ⇒ Menerangkan tujuan diterapkannya pre emphasis - de emphasis pada sistem FM .
- ⇒ Menyebutkan nama - nama demodulator FM sedikitnya 4 macam .

## 2. Informasi

2.1. Demodulasi sinyal FM dengan demodulator lereng .

Gambar 51

Kelemahan :	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DEMODULASI TIDAK LINEAR</li> <li>- DINAMIK AF YANG KECIL</li> </ul>
-------------	--

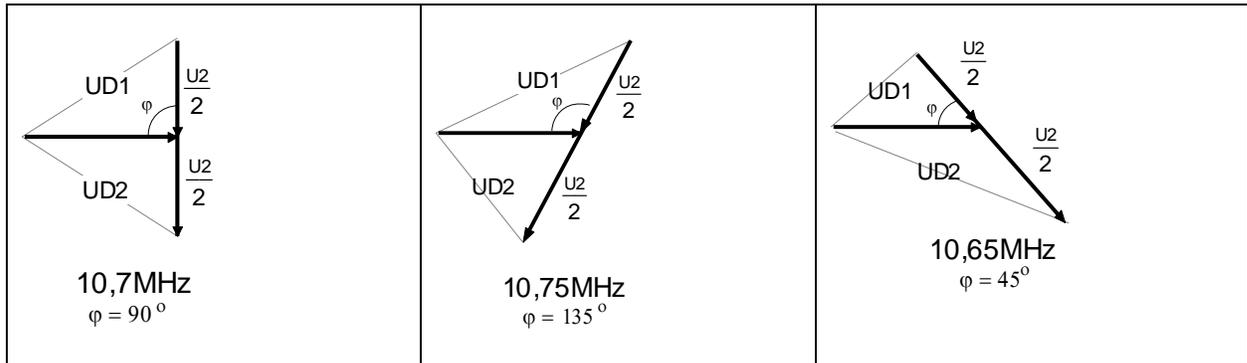
2.2. Demodulasi sinyal FM dengan diskriminator rasio

**Gambar 52**

U3 sepasa dengan U1

Saat resonansi  $f_r = 10,7 \text{ MHz}$  U1 dan U2 bergeser pisa  $\varphi = 90^\circ$ ,

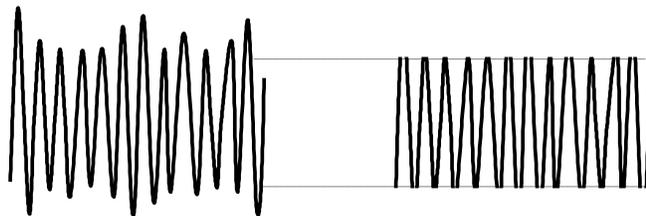
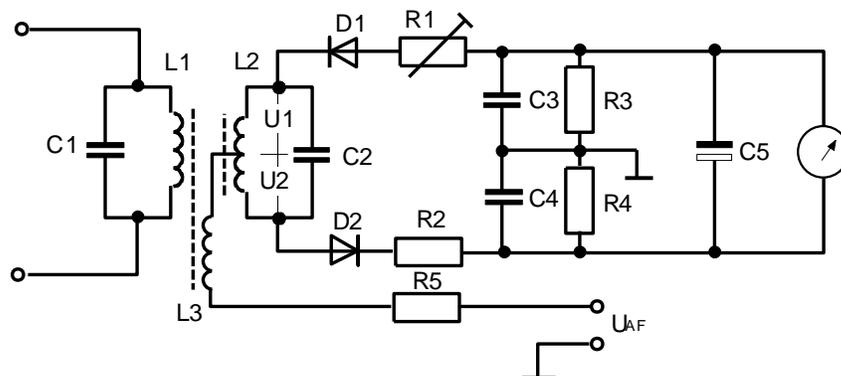
Saat frekuensi lebih besar atau kecil dari  $f_r$  maka pergeseran pisa antara U1 dan U2 lebih besar atau lebih kecil dari  $90^\circ$

**Gambar 53**

Tetapan waktu demodulasi C3, R1  $T = 3 \mu s - 6 \mu s$  (mono)

$T = 1 \mu s - 3 \mu s$  (stereo)

### 2.3. Pembatas amplitudo

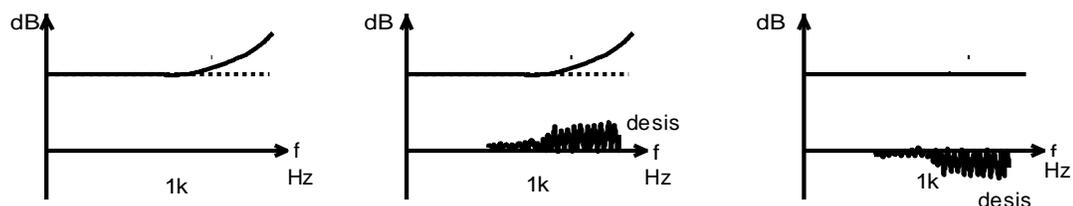
**Gambar 54**

**Gambar 55**

Pembatasan dilakukan oleh C5 . Pada tahanan R3 dan R4 terdapat tegangan ( arus ) searah yang besarnya tergantung tegangan IF , tegangan ini mengisi C5 .

Jika terdapat gangguan ( Gangguan AM ) , dioda D1 dan D2 mencoba terus mengisi C5 . Dengan demikian resonator L2 dan C2 TEREDAM KUAT dengan begitu gangguan berkurang . Jika sinyal IF mengecil , kedua dioda mati ( revers ) disebabkan tegangan C5 , dengan demikian resonator sedikit teredam . Tetap waktu pembatas TB = 100 mS - 500mS .

Tegangan pada C5 dapat digunakan sebagai penampil kuat penerimaan .

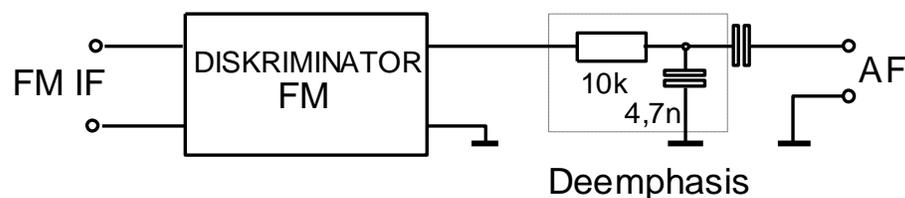
**2.4. Deemphasis****Gambar 56**

a. Preemphasis	b.sebelum deemphasis	c.de emphasis
----------------	----------------------	---------------

Untuk memperbaiki jarak desis dengan sinyal AF , maka sinyal frekuensi tinggi 1 kHz - 20kHz pada pemancar diangkat sekitar + 12 dB ( pre emphasis ) gambar a.

Desis terjadi pada frekuensi tinggi , lebih besar dari 1 kHz ( gambar b ) .

Dalam radio penerima , setelah diskriminator ( demodulator ) dirangkai rangkaian R.C untuk menekan sinyal frekuensi tinggi ( 1 kHz - 20 kHz ) sehingga tanggapan frekuensinya secara keseluruhan menjadi DATAR . Dengan tertekannya sinyal terpakai maka sinyal desispun akan tertekan lebih jauh .

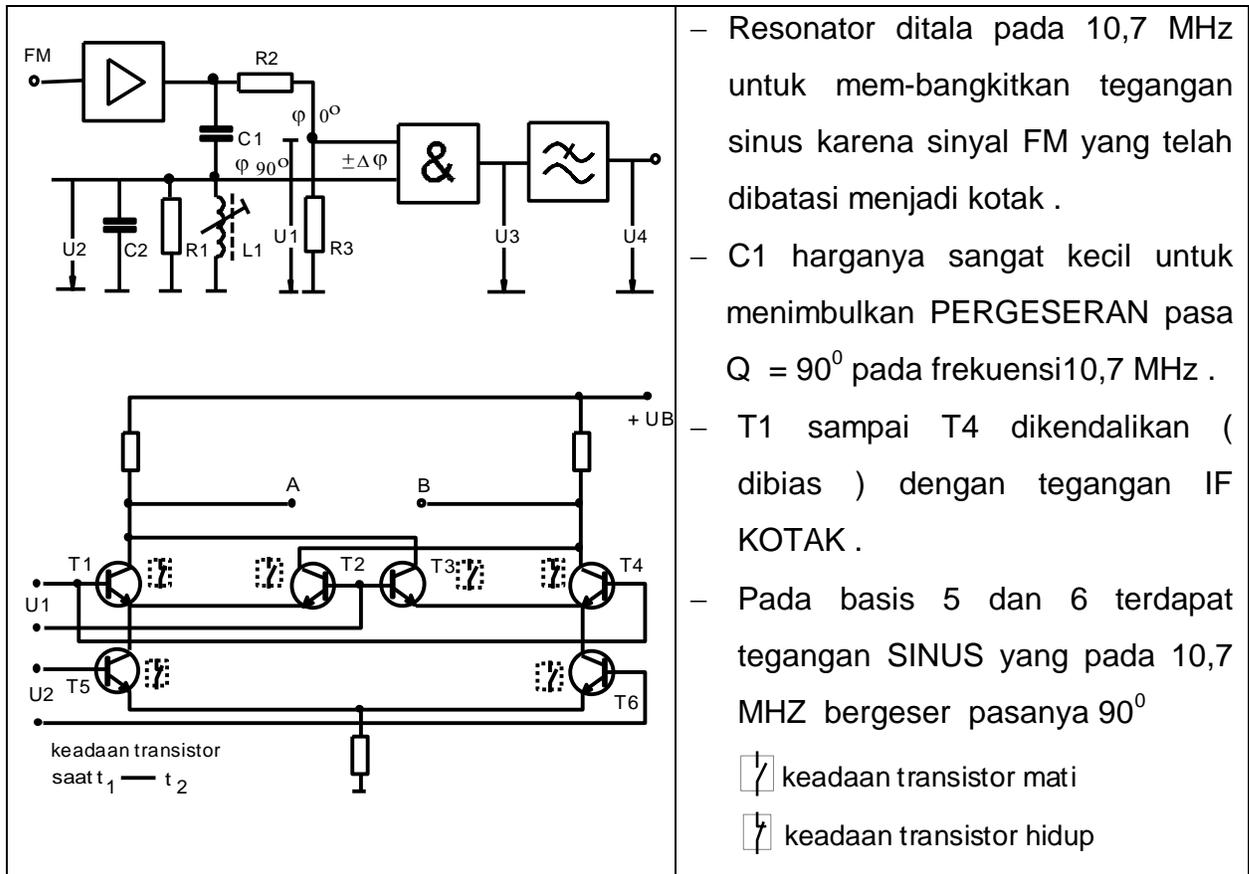


**Gambar 57**

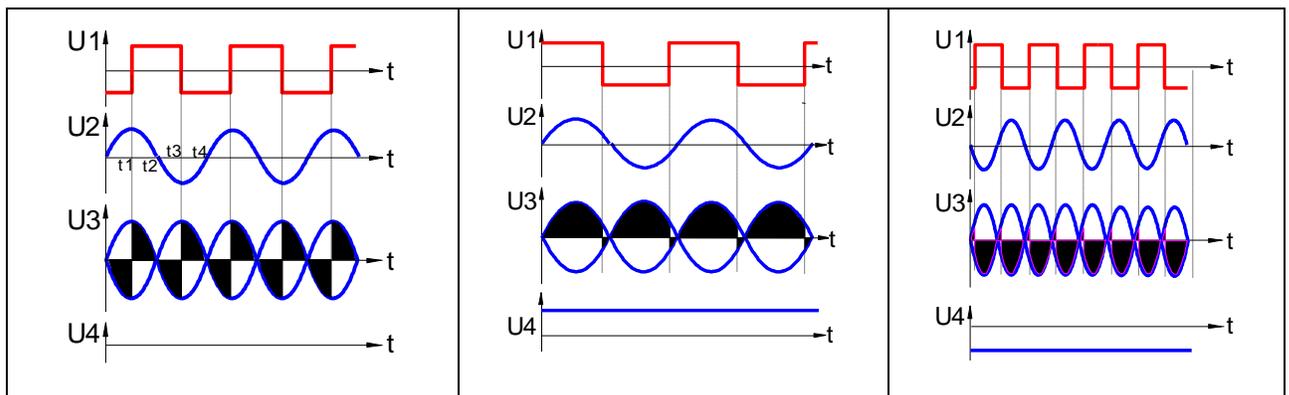
Rangkaian RC merupakan rangkaian pelatu bawah dengan tetapan waktu deemphasis  $TE = 50 \mu s$ .

**2.5. Demodulasi sinyal FM dengan demodulator Koinsidenz .**

Diinginkan penggunaan rangkaian LC sedikit mungkin , karena melajunya pembuatan rangkaian terpadu IC .



**Gambar 58**



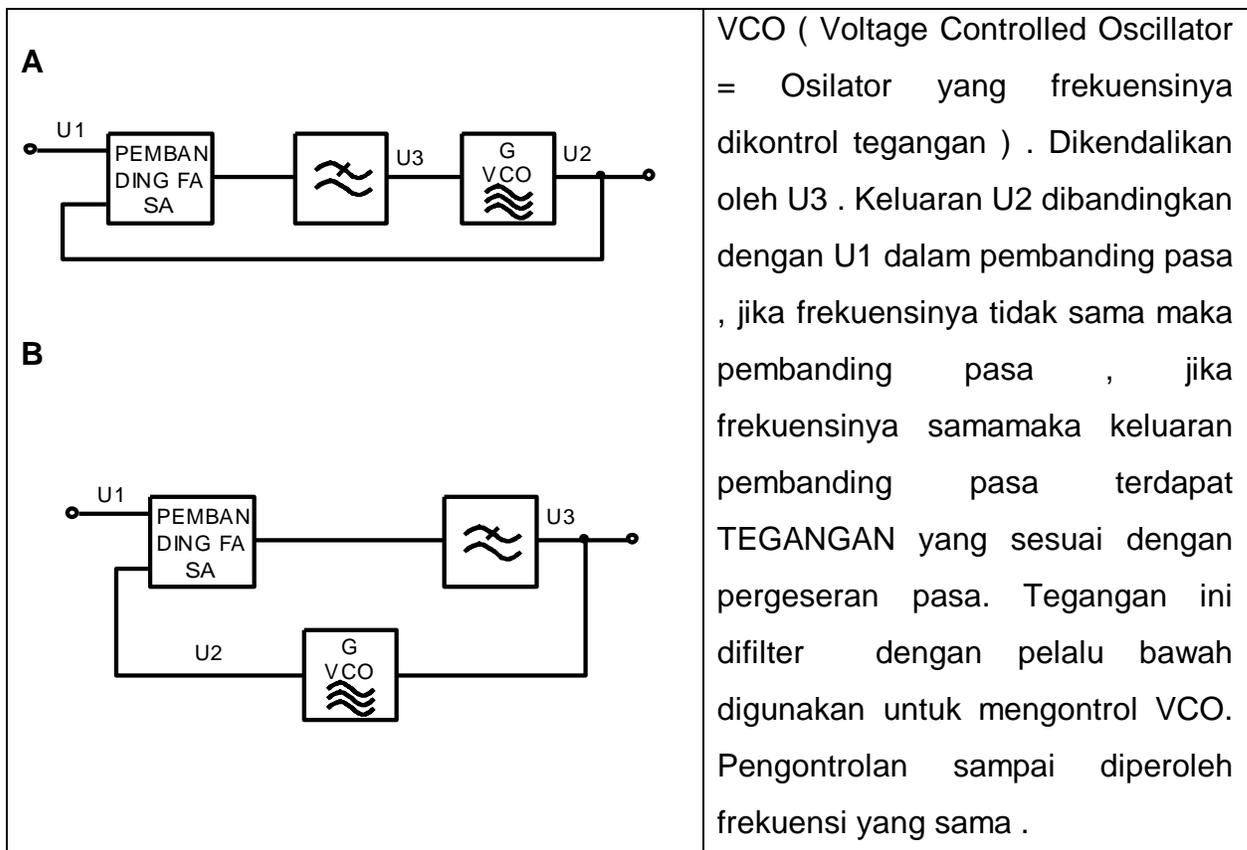
saat $f = 10,7 \text{ MHz}$	saat $f < 10,7 \text{ MHz}$	saat $f > 10,7 \text{ MHz}$
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

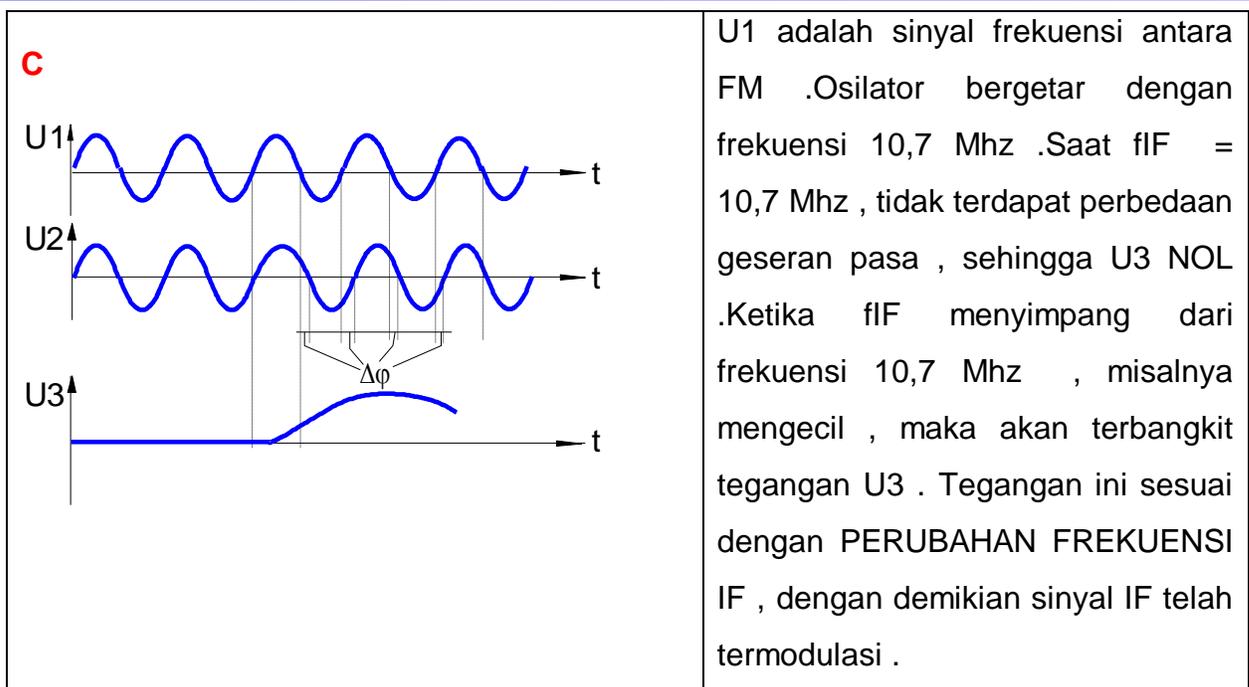
**Gambar 59**

Dari  $t_1 - t_3$  , transistor T1 dan T4 HIDUP transistor T2 dan T3 MATI . Dari  $t_1 - t_2$  transistor 5 HIDUP (  $U_2$  positif ). maka pada R1 mengalir arus . Jika  $U_2$  negatif (  $t_2 - t_3$  ) transistor T6 HIDUP mengalir arus melewati R2 dan T4 . Pada  $t_2$  polaritas  $U_3$  BERUBAH Saat  $t_3$  ,  $U_1$  berubah polaritasnya T2 dan T3 menjadi HIDUP . T6 disebabkan  $U_2$  tetap HIDUP maka mengalir arus lewat R1 dan T3 sehingga polaritas  $U_3$  BERUBAH .Demikian seterusnya setelah pelalu bawah didapat  $U_4$  . Saat  $f < 10,7 \text{ MHz}$  atau  $f > 10,7 \text{ MHz}$  pergeseran pаса  $U_1$  dan  $U_2$  berubah .

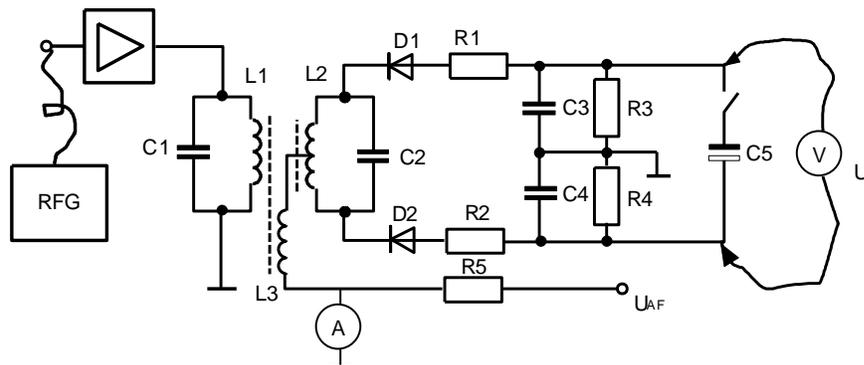
## 2.6. Demodulasi sinyal FM dengan diskriminator PLL

Diskriminator PLL adalah suatu demodulator dengan sebuah lingkaran pengunci pаса .  
PLL = Phase - Locked - Loop ( lingkaran pengunci pаса ) .

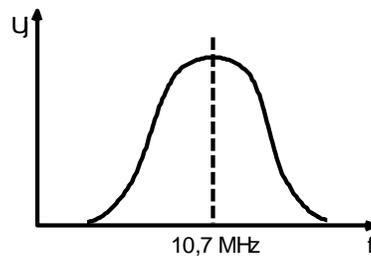


**Gambar 60**

### 2.7. Kurva diskriminator ( kurva S )

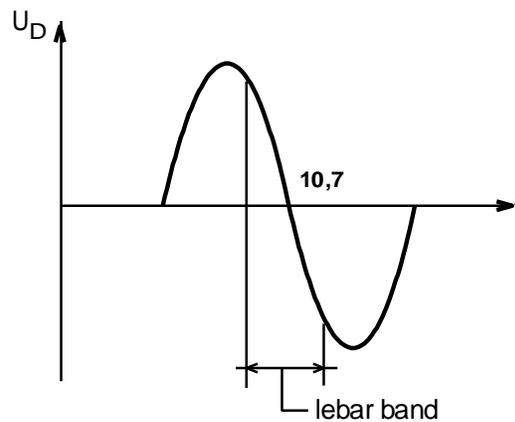
**Gambar 61**

RF generator diatur frekuensinya dari 10,5 MHz sampai 10,9 MHz maka akan didapat kurva tegangan jumlah sebagai berikut .



**Gambar 62**

Pada titik A akan diperoleh suatu kurva S terdiri dari harga tegangan positif dan negatif yang disebut kurva diskriminator .



**Gambar 63**

Kurva ini terjadi dari tegangan perbedaan antara  $U_{D1}$  dan  $U_{D2}$  . Pada penalaan yang benar , saat  $f = 10,7$  MHz tegangan perbedaannya harus sama dengan NOL .

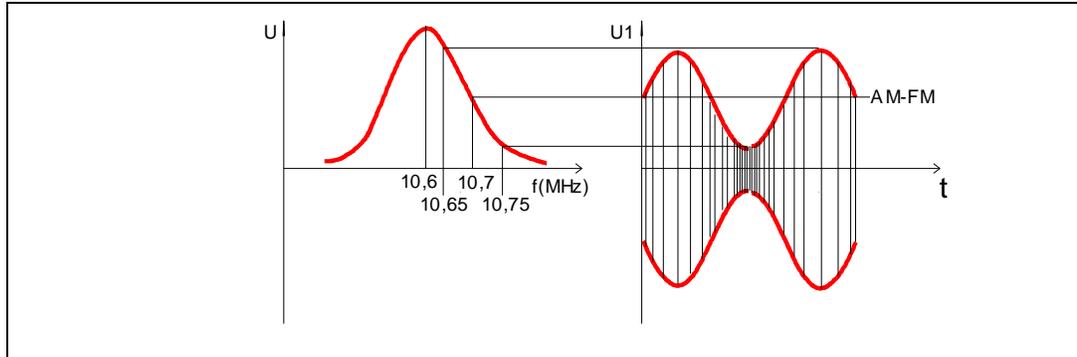
**3. Lembar Latihan.**

- a) Terangkan dengan gambar proses pendemodulasian FM yang paling sederhana.
- b) Terangkan fungsi masing-masing komponen demodulator FM yang paling sederhana.
- c) Terangkan pembatasan amplitudo pada FM.
- d) Terangkan tujuan diterapkannya pre emphasis - deemphasis pada sistem FM.
- e) Sebutkan nama - nama demodulator FM sedikitnya 4 macam.

## 4. Lembar Jawaban

- a) Terangkan dengan gambar proses pendemodulasian FM yang paling sederhana.

Jawab : Demodulasi FM yang sederhana adalah demodulasi lereng

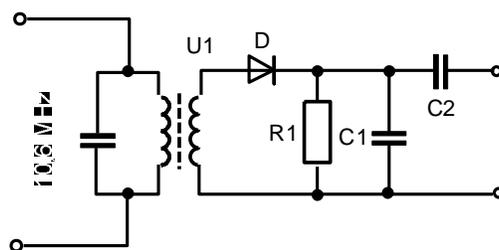


penyaring LC ditala pada frekuensi di bawah frekuensi antara FM 10,7 MHz yaitu pada 10,6 MHz, faktor kualitas penyaring cukup tinggi sehingga didapatkan kecuraman lereng yang cukup dapat menghasilkan sinyal AM dari FM yang baik.

Saat frekuensi berayun turun, sinyal yang dihasilkan besar, sebaliknya saat berayun naik sinyal yang dihasilkan rendah. Sehingga dari proses penerimaan FM oleh penyaring yang beresonansi di bawah frekuensi IF FM standard dihasilkan sinyal AM, selanjutnya dideteksi menggunakan dioda dan penyaring RC.

- b) Terangkan fungsi masing-masing komponen demodulator FM yang paling sederhana

Jawab :



Transformator penyaring

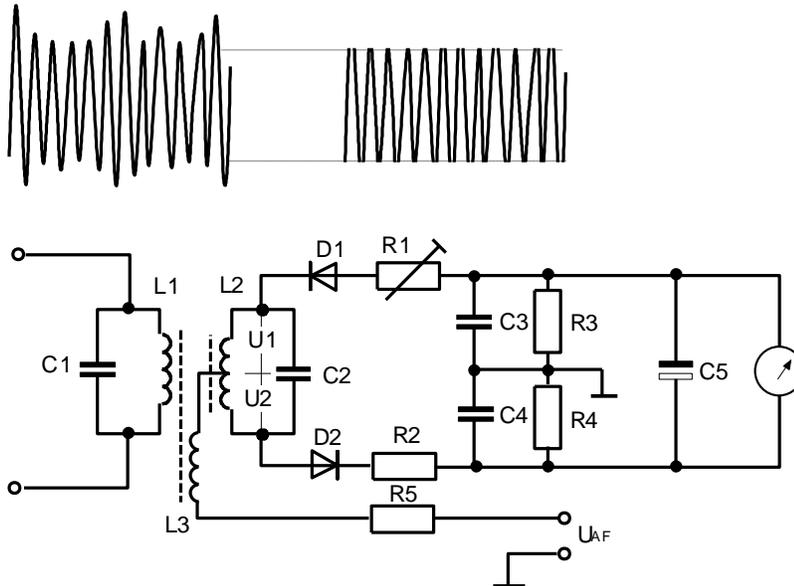
$L_p$  bersama  $C_1$  berfungsi sebagai penyaring band yang resonansi pada

frekuensi .10,6 MHz

- Ls menerima transformasi sinyal dari Lp berupa sinyal AM dari FM
- D Dioda penyearah, mengambil hanya sinyal positif dari sinyal AM.
- R1 Tahanan beban untuk menstabilkan sinyal hasil penyearahan.
- C1 Kapasitor penyaring, berfungsi menghubungkan singkatkan frekuensi tinggi ke tanah/ground
- C2 Kapasitor kopling, berfungsi mengkopel sinyal suara ke penguat suara.

**c) Terangkan pembatasan amplitudo pada FM**

**Jawab : Perhatikan gambar .**



C3 yang berkapasitas besar dihubung ke ujung kaki R3 dan R4 . Tegangan yang berada diujung R3 dan R4 adalah DC dan kestabilan amplitudonya dipertahankan oleh pengisian dan pengosongan C3 .

**d) Terangkan tujuan diterapkannya pre emphasis - deemphasis pada sistem FM .**

**Jawab :**

Pre emphasis adalah suatu rangkaian yang terdapat di permanen .Tujuannya adalah memperkuat range suara yang berfrekuensi tinggi dengan demikaian

mencegah turunnya perbandingan S/N .

De emphasis adalah suatu rangkaian yang terdapat di penerima .Tujuannya untuk memperlemah sinyal dalam range tinggi supaya tidak mendapat penguatan yang lebih .

**e) Sebutkan nama - nama demodulator FM sedikitnya 4 macam**

**Jawab :**

- demodulator lereng
- demodulator dengan diskriminator rasio
- demodulator koinzidenz
- demodulator dengan diskriminator PLL .

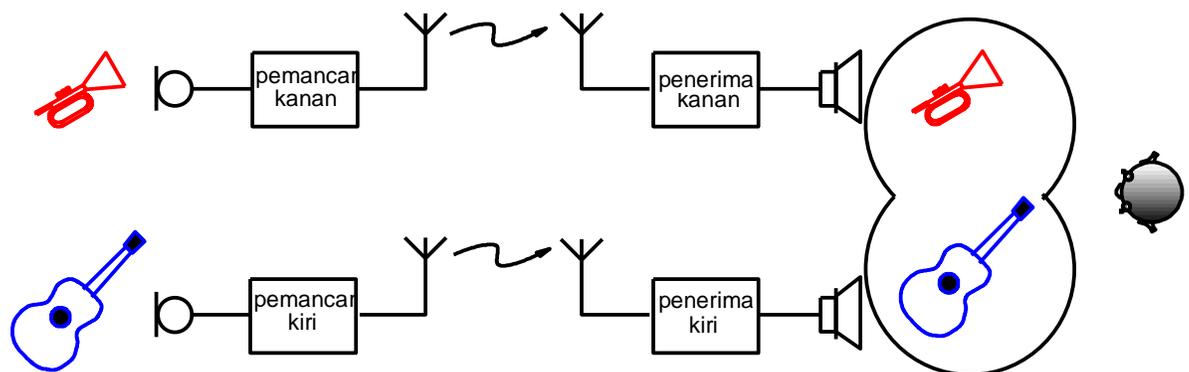
## Kegiatan Belajar 9

## FM STEREO

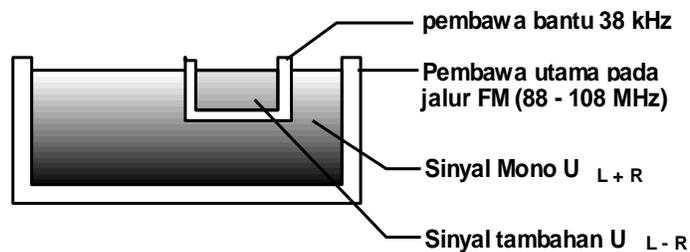
## 1. Tujuan Pembelajaran

- ⇒ Menerangkan dasar pengiriman stereo
- ⇒ Menggambarkan spektrum frekuensi sinyal multiplek stereo
- ⇒ Menggambarkan gambar pembangkitan sinyal multiplek stereo
- ⇒ Menyebutkan 4 macam dekoder stereo
- ⇒ Menerangkan cara kerja dekoder stereo

## 2. Informasi

2.1. FM Stereo (Bagian 1)2.2. Prinsip pengiriman stereo**Gambar 64**

Gambar menunjukkan prinsip pengiriman stereo dengan jalan terpisah. Untuk penghematan maka dikembangkan suatu modulasi dimana informasi kiri dan kanan dipancarkan melalui pemancar dengan sebuah jalur frekuensi

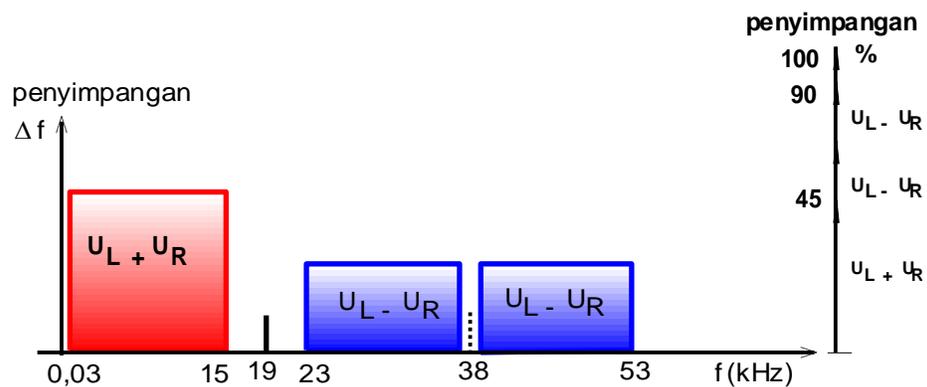


**Gambar 65**

Karena tidak semua pesawat penerima FM semuanya stereo maka pemancar harus mengirimkan SINYAL MONO  $U_L + U_R$  (KOMPATIBELITAS). Untuk keperluan stereo dikirimkan sinyal TAMBAHAN STEREO ( $U_L - U_R$ ) untuk memperoleh kembali sinyal informasi kiri dan kanan.

Pemancar bekerja dengan multipleks FM - AM

### 2.3. Spektrum frekuensi sinyal multipleks stereo

**Gambar 66**

**$U_L + U_R$**  = Sinyal utama, sinyal mono, sinyal kompatibel dengan lebar band 30 Hz - 15 kHz dan amplitudonya 45% dari keseluruhan

**$U_L - U_R$**  = Sinyal perbedaan antara sinyal  $U_L$  dan  $U_R$  yang membentuk band sisi dari modulasi amplitudo dengan pembawa bantu yang ditekan  $f_T = 38$  kHz. Lebar band 30 kHz - 15 kHz

**SINYAL MODULASI AMPLITUDO 38 kHz** = sinyal tambahan stereo dengan lebar band 23 kHz - 53 kHz

**SINYAL 38 kHz** = Pembawa bantu yang amplitudonya ditekan hingga kurang dari 1% dari keseluruhan  $f$ , untuk menghindari modulasi lebih

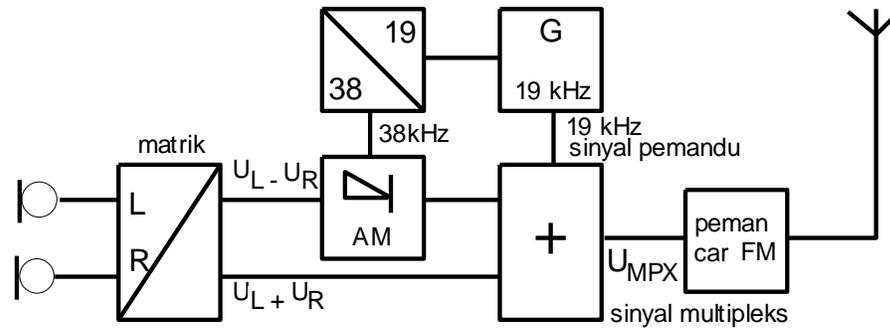
**SINYAL 19 kHz** = Sinyal pemandu dengan amplitudo sebesar 10% dari seluruh  $f$  untuk sinkronisasi dekoder stereo dalam pesawat penerima

Keseluruhan sinyal disebut **SINYAL MULTIPLEKS STEREO**, untuk memodulasi sinyal dalam band frekuensi VHF BAND II antara 87,5 MHz - 104 MHz dengan cara modulasi frekuensi FM. Misalnya pada kanal 50 dengan frekuensi 102,00 MHz . Jika  $f = \pm 75$  kHz

(untuk kuat suara) maka lebar band untuk stereo adalah  $B \approx \pm 75 \text{ kHz} + 53 \text{ kHz} = \pm 120 \text{ kHz} = 256 \text{ kHz}$ .

### 2.4. Pembangkitan sinyal multipleks stereo

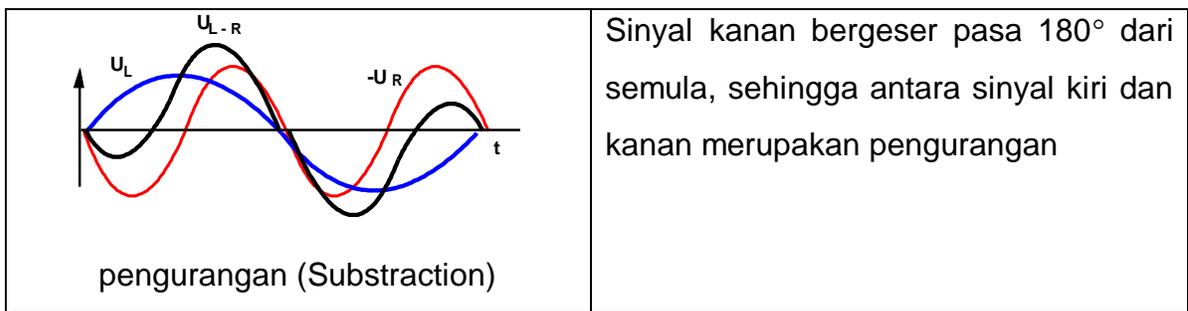
Gambar blok :



**Gambar 67**

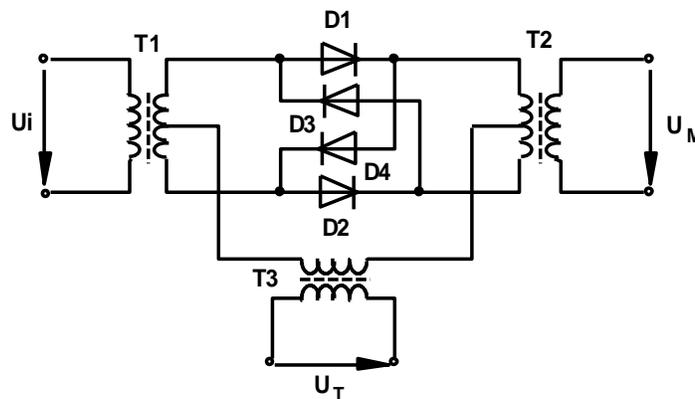
Matrik pengubah  $U_L$ ,  $U_R$  menjadi  $U_L - U_R$  dan  $U_L + U_R$  :

<p>Matrik dengan transformator</p>	<p>Matrik dengan transistor</p>
<p>penjumlahan (Addition)</p>	<p>misalkan :</p> <p>Sinyal kanan mempunyai frekuensi dua kali frekuensi sinyal kiri</p> <p>Sinyal tebal pada gambar atas adalah hasil jumlahnya</p>

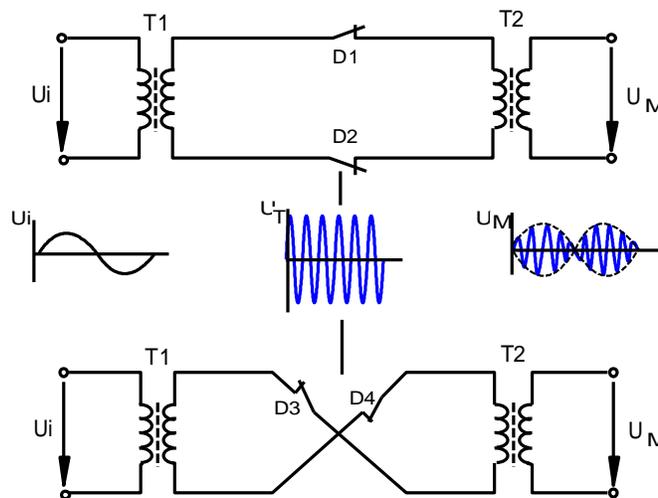
**Gambar 68**

### 2.5. Modulasi amplitudo dengan pembawa yang ditekan

untuk modulasi dengan pembawa yang ditekan dapat digunakan modulator push pull seperti modulator ring.

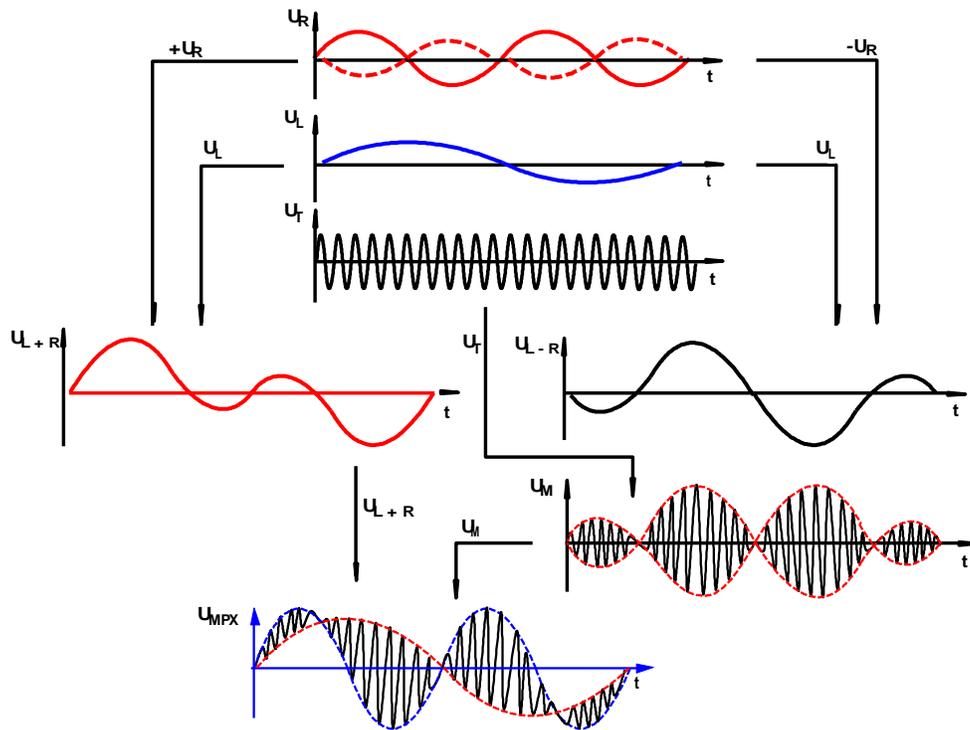
**Gambar 69**

cara kerja :

**Gambar 70**

Dioda D1 dan D2 hidup saat tegangan  $U_T$  POSITIP, maka tegangan  $U_i$  dilalukan ke keluaran. Saat tegangan  $U_T$  negatip D3 dan D4 hidup, maka tegangan  $U_i$  dilalukan ke keluaran dengan polaritas yang terbalik. Setiap  $U_T$  berbalik polaritas maka tegangan keluarannya pun akan BERBALIK. Ditengah-tengah terdapat lompatan pasa, karena getaran negatip belum berpindah ke positip tetapi diikuti bagian negatip lagi. Hal ini terjadi saat sinyal HF dan LF BERSAMA-SAMA MELEWATI GARIS NOL.

## 2.6. Terjadinya sinyal multipleks stereo



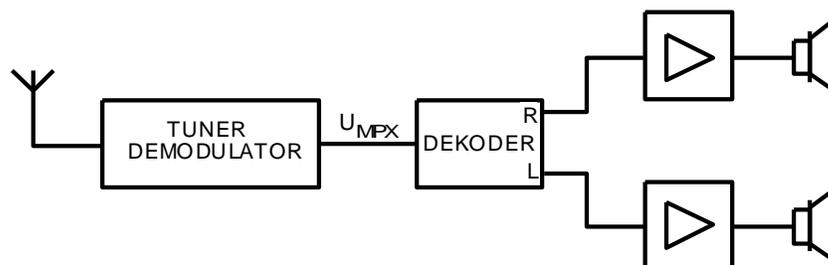
**Gambar 70**

sinyal multipleks stereo terdiri dari :SINYAL MONO ( $U_L + U_R$ ). SINYAL TAMBAHAN STEREO ( $U_M$ ) DAN SINYAL PEMANDU ( 19 kHz)

### 3.1. FM Stereo (bagian 2)

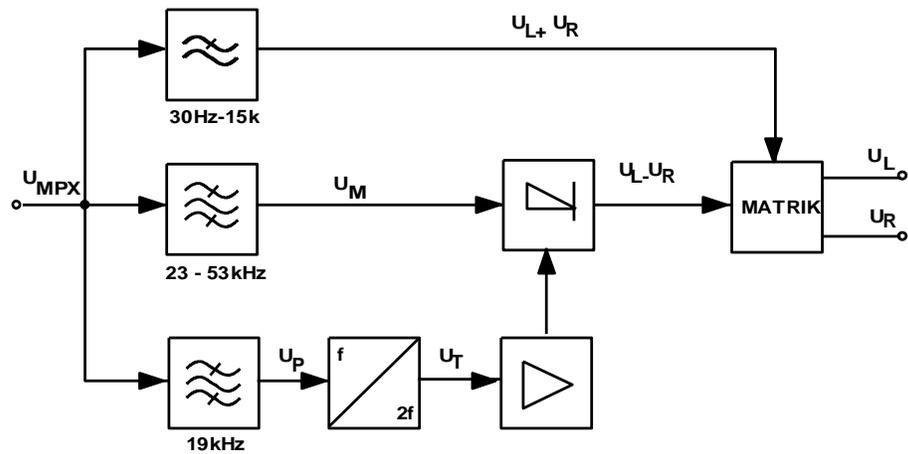
### 3.2. Dekoder Stereo

Untuk memperoleh kembali sinyal kanan dan kiri, pada pesawat penerima setelah demodulator dipasang Dekoder stereo

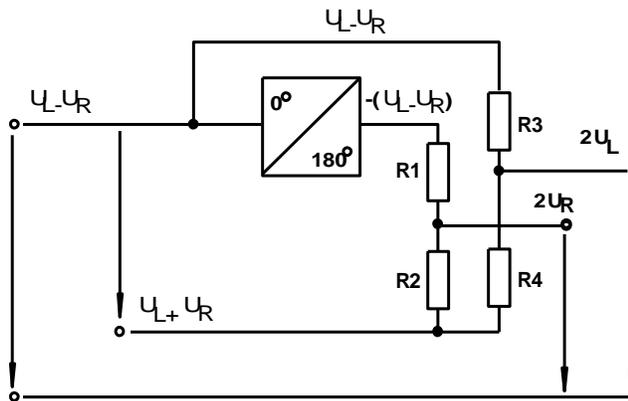


**Gambar 71**

3.3. Dekoder matrik :



**Gambar 72 blok dekoder matrik**

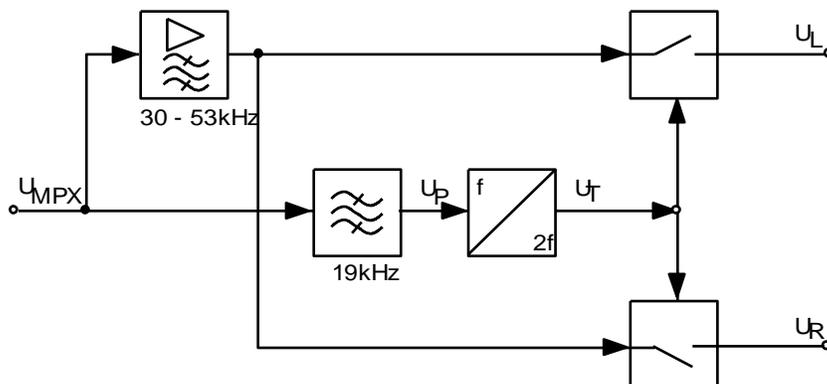


**Gambar 73 matrik tahanan**

$$U_L + U_R + (U_L - U_R) = 2 U_L$$

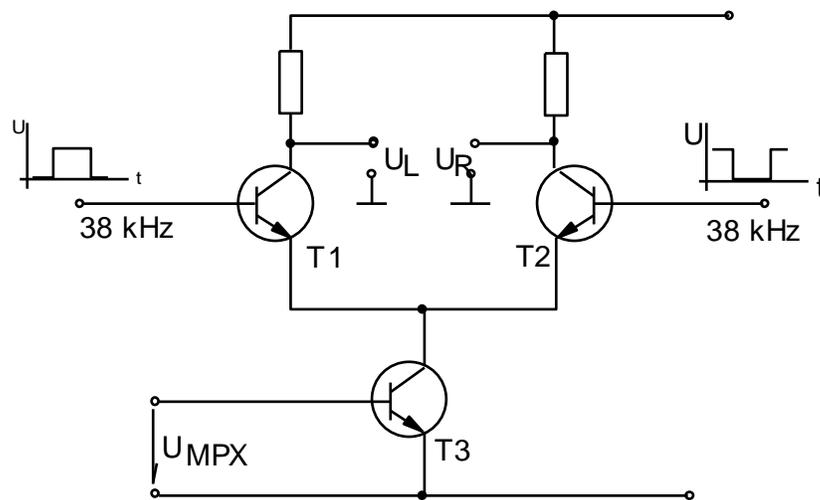
$$U_L + U_R - (U_L - U_R) = 2 U_R$$

3.4. Dekoder saklar :

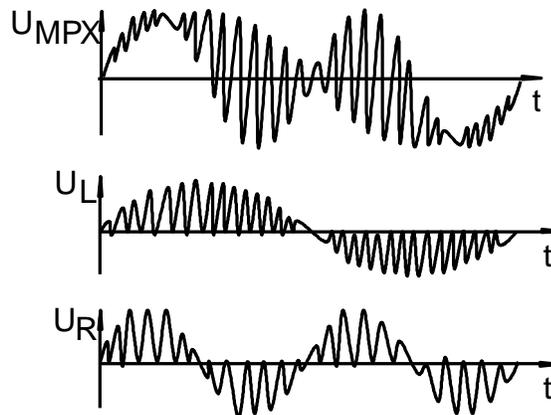


**Gambar 74 blok dekoder saklar**

Sinyal multipleks stereo tidak dibagi-bagi, tetapi langsung diletakkan dalam saklar elektronik, yang dihubungkan dalam irama pembawa bantu stereo (38 kHz)

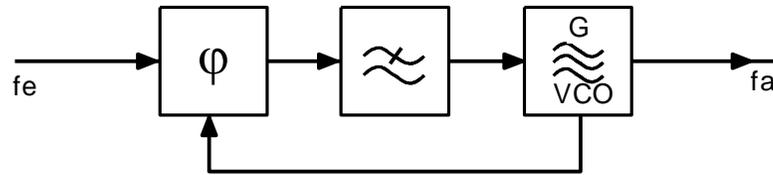
**Gambar 75 Saklar elektronika**

Transistor T1 dan T2 hidup dan mati bergantian dalam irama 38 kHz. Sinyal multipleks yang diletakkan pada basis T3 bergantian pula berada dijalur keluaran.

**Gambar 76 Tegangan-tegangan pada dekoder saklar****3.5. Dekoder saklar PLL**

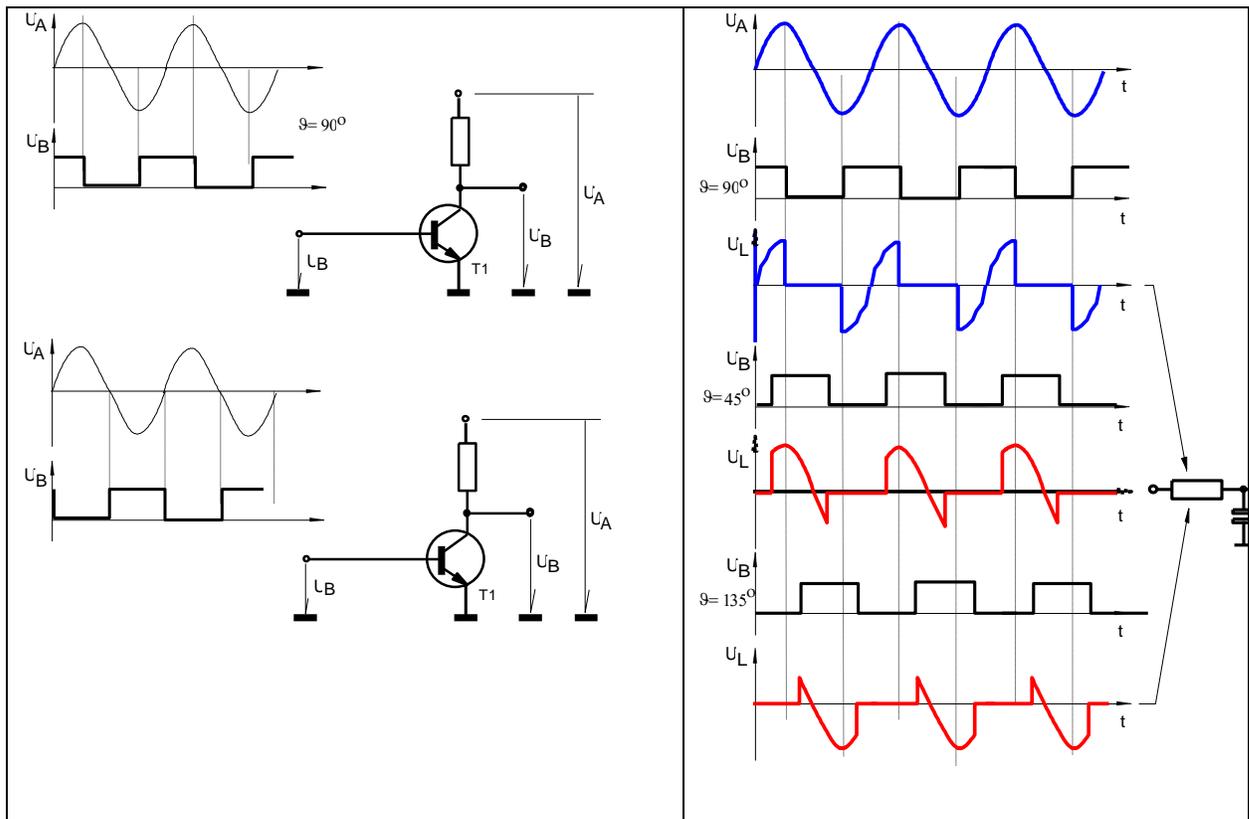
Didalam dekoder stereo didapatkan kembali frekuensi pembawa 38 kHz. Posisi fasa antara frekuensi pemancar, yang diberikan melalui sinyal pemandu 19 kHz, dengan frekuensi yang dibangkitkan dalam pesawat radio harus SAMA. maka digunakanlah

rangkaian PLL (Phase Locked Loop = lingkaran pengunci fasa)



**Gambar 77**

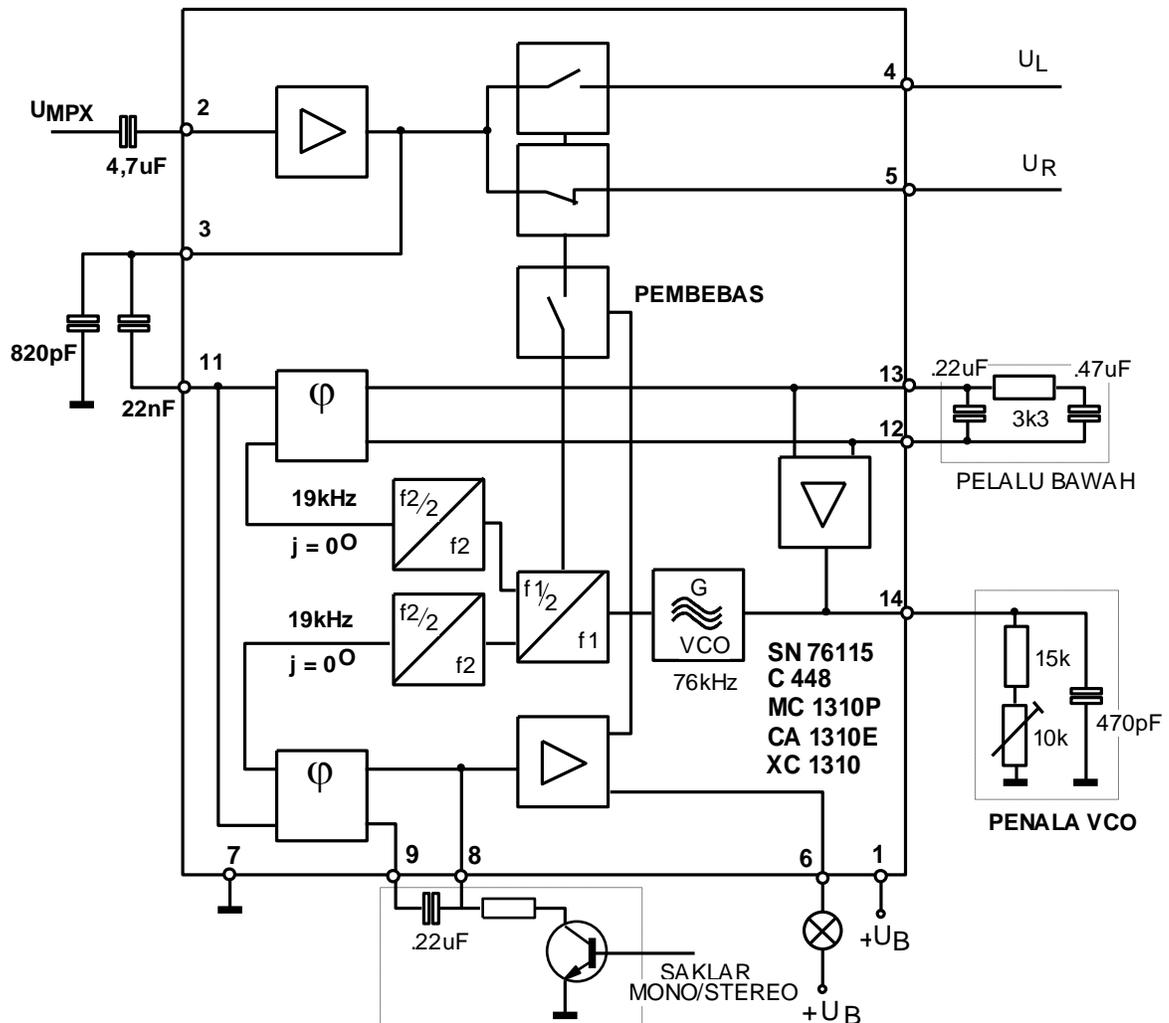
Rangkaian PLL terdiri dari osilator yang dikendalikan oleh tegangan (VCO), yang disinkronisasikan dengan frekuensi yang masuk.



**Gambar 78**

Cara kerja pembanding pаса,  $U_A$  adalah tegangan dengan frekuensi seharusnya,  $U_B$  adalah tegangan dengan frekuensi yang terjadi dari VCO. Jika pergeseran pаса  $\varphi = 90^\circ$  maka  $U_L$  mempunyai tegangan bagian positif dan negatif yang sama. Dan melalui rangkaian filter tegangan ini menjadi nol volt. Jika pergeseran pаса  $\varphi$  lebih besar atau lebih kecil dari  $90^\circ$  maka akan terdapat tegangan negatif atau positif setelah di filter..

Tegangan ini untuk mengatur VCO hingga sefasa.



**Gambar 79**

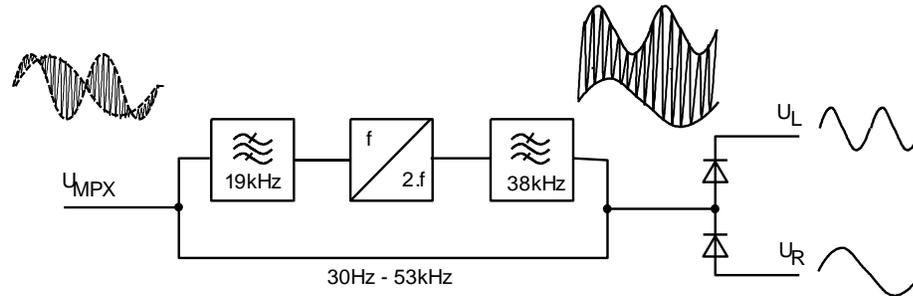
Pendekoderan sinyal stereo dicapai dengan dua saklar elektronik, yang bekerja dalam irama 38 kHz.

Penalaan frekuensi 76 kHz oleh rangkaian RC pada kaki 14. Frekuensi 76 kHz, oleh flip-flop dibagi menjadi 38 kHz dan 19 kHz.

Pembanding pasa yang ke 2 bertugas untuk mengenal adanya penerimaan stereo atau mono. Tegangan yang dihasilkan melalui sebuah penguat untuk membebaskan dekoder stereo unuk bekerja dan menghidupkan lampu penampil stereo.

Selain pengoperasian mono secara otomatis, jika sinyal yang diterima TANPA PEMANDU 19 kHz maka dekoder stereo bekerja dalam posisi mono, dapat pula secara manual. Pensaklaran melalui kaki 8

### 3.6. Dekoder kurva sampul



**Gambar 80**

Sinyal multipleks stereo dilewatkan dalam dua jalur. Satu jalur harus melewati palau 19 kHz, sehingga hanya sinyal PEMANDU STEREO 19 kHz yang dilewatkan.

Oleh pengganda frekuensi sinyal 19 kHz frekuensi sinyal 19 kHz digandakan frekuensinya menjadi 38 kHz. Kemudian melalui pelau 38 kHz sehingga hanya sinyal berfrekuensi 38 kHz saja yang lewat. Sinyal ini digabungkan dengan sinyal multipleks yang melewati jalur yang lain sehingga diperoleh getaran yang termodulasi amplitudo melalui sinyal  $L + R$  dan  $L - R$ .

Pada kurva sampul bergeser sekitar  $180^\circ$ , pada pencampuran sinyal multipleks dengan pembawa bantu diperoleh kurva sampul yang berlainan, masing-masing

$$(L + R) + (L - R) = 2L$$

$$(L + R) - (L - R) = 2R$$



**4. Lembar Latihan**

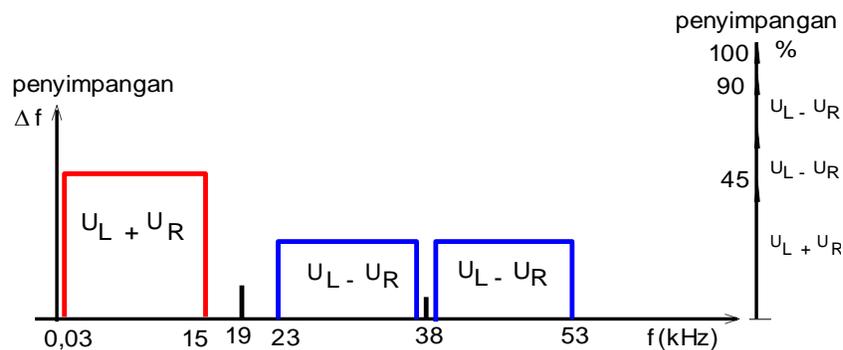
- a) Jelaskan bagaimana kita dapat mengkait sinyal komposisi stereo dalam pemancar ?
- b) Gambarkan spektrum frekuensi sinyal komposisi status dari proses multipleks status dimana : Frekuensi sinyal informasi 30 Hz - 12 kHz
- c) Berapa frekuensi maksimum sinyal komposisi ?
- d) Dari soal no.2 (sinyal komposisinya) akan dimodulasi FM dengan deviasi maksimum frekuensi pembawa = 70 kHz. Hitung lebar panel pemancar FM stereo
- e) Bagaimana cara mendapatkan kembali sinyal L dan R dari pemancar FM stereo agar kita dengar kembali didalam penerima radio
- f) Jelaskan macam-macam dekoder stereo

## 5. Lembar Jawaban

### a) Menggunakan rangkaian MPX stereo/ multiplek stereo.

Dimana sinyal (L-R) dimodulasi secara AM DSB SC dengan frekuensi sub pembawa 38 kHz didalam rangkaian modulator seimbang (Balan Modulator). Sinyal AM DSB SC dimodulasi dengan sinyal pemancar 19 kHz atau pilot. Oleh karena sinyal sub pembawa 38 kHz dipisahkan dari penggandaan 19 kHz (pilot, maka jika dalam rangkaian MPX sinyal pilot 19 kHz mati/tidak kerja maka pada keluaran MPX tidak terjadi bentuk sinyal komposisi dan hanya terjadi pencampuran L dan R biasa yang berupa sinyal mono dengan demikian sinyal yang dipancarkan hanya sinyal mono

### b) Spektrum frekuensi sinyal komposisi stereo



( $f_i = 12$  kHz)

### c) Frekuensi maksimum sinyal komposisi (Fmax comp)

$$= f_{\text{Sub}} + f_i$$

$$= 38 + 12 = 50 \text{ kHz}$$

### d) Untuk FM stereo

Sinyal diferensinya berupa sinyal komposisi (F comp)

Jadi lebar Band stereo ( B )

$$B_{\text{st}} = 2 (\Delta f + F_{\text{comp}})$$

$$= 2 ( 70 + 50 )$$

$$= 240 \text{ kHz}$$

- e) Pada penerima radio FM stereo perlu kita lengkapi dengan Dekoder Stereo yang berfungsi untuk memisahkan kembali sinyal L dan R dari sinyal komposisi stereo.
- f) Dekoder Matrik
  - Dekoder Sakelar
  - Dekoder PLL
  - Dekoder Kurva Sampul

## Kegiatan Belajar 10

## PENGATUR PENGUAT OTOMATIS

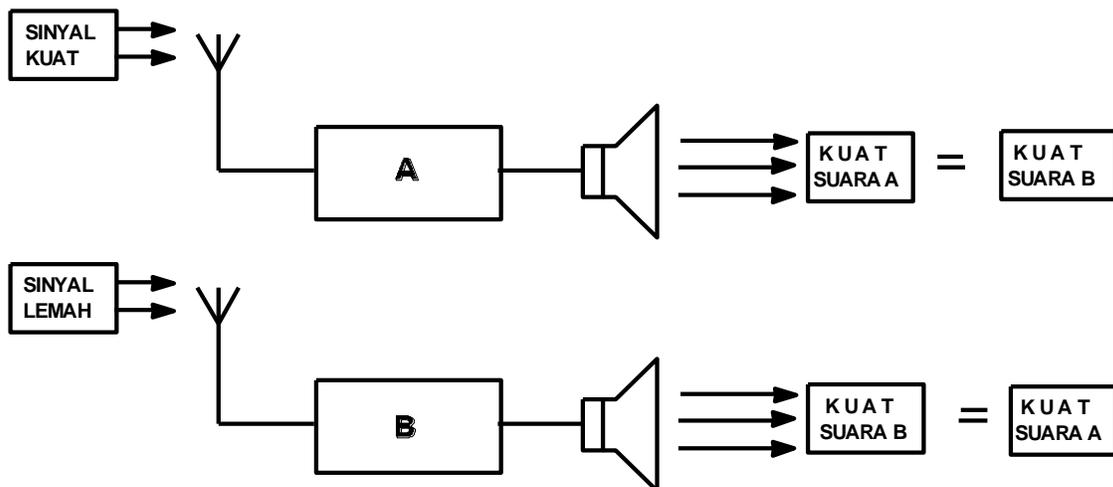
## 1. Tujuan Khusus Pembelajaran

- ⇒ Menerangkan fungsi pengaturan penguatan otomatis
- ⇒ Menyebutkan 2 macam tegangan pengatur dan menggambarkan rangkaiannya
- ⇒ menggambarkan rangkaian pengaturan otomatis

## 2. Informasi

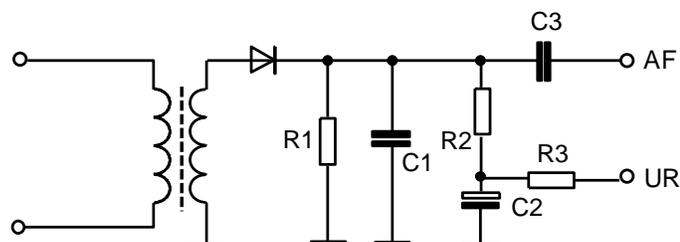
## 2.1. Pengatur Penguatan Otomatis

## 2.2. Fungsi :

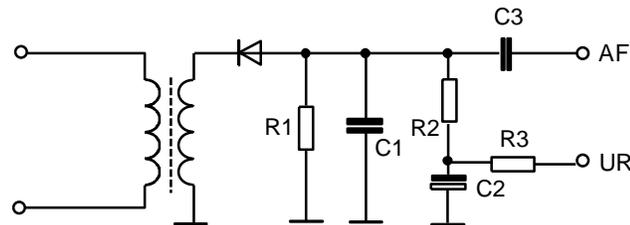
**Gambar 82**

Untuk mendapatkan KUAT SUARA yang pada sinyal masukan yang berbeda beda diperlukan pengaturan penguatan otomatis ( AGC = Automatic Gain Control )

## 2.3. Pencapaian Tegangan Pengatur

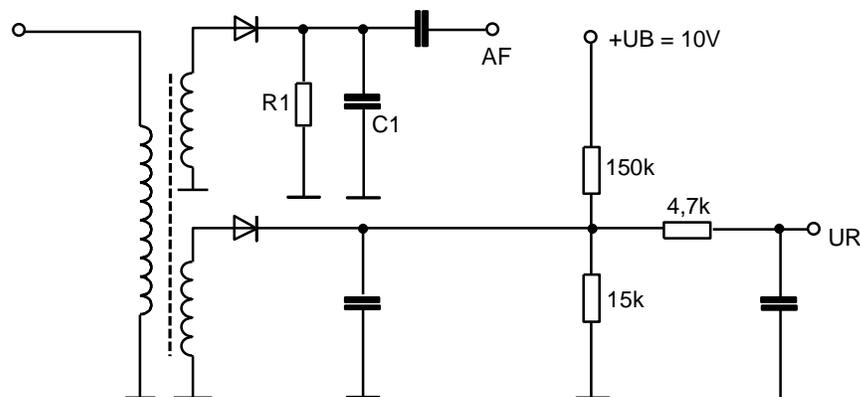
**Gambar 83**

$U_R$  adalah tegangan pengatur yang merupakan tegangan searah yang berayun dalam irama frekuensi suara. Tetapan waktu  $\tau$  yang dimiliki filter RC sebesar 0,1 detik.  $U_R$  dari gambar 3 merupakan tegangan pengatur POSITIP terhadap tanah. Untuk mendapatkan tegangan  $U_R$  negatif, dioda dirangkai seperti gambar dibawah.



**Gambar 84**

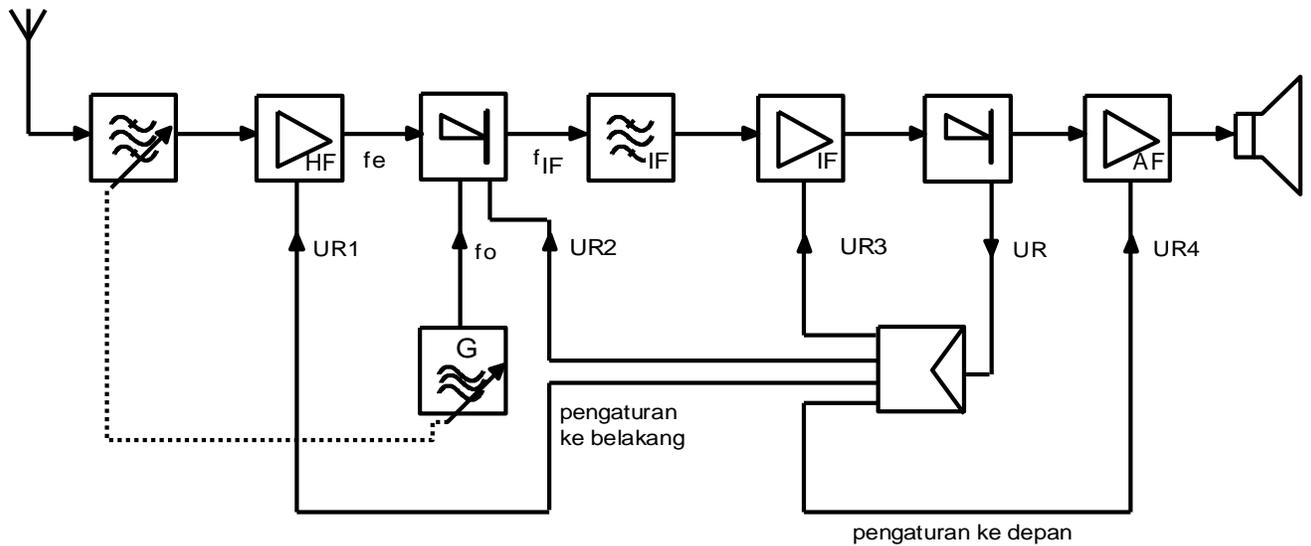
Saat ini terdapat pula pengaturan tertunda, dimana pengaturannya terjadi setelah mencapai harga kuat medan tertentu rangkaiannya seperti berikut.



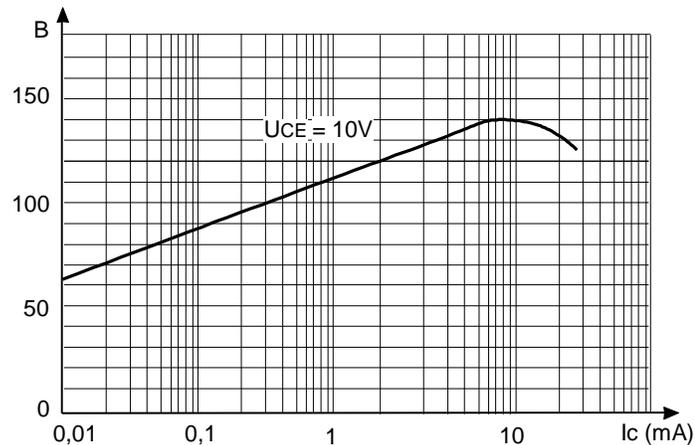
**Gambar 85**

Dioda  $D_2$  dalam keadaan BIAS MUNDUR dengan tegangan BIAS MUNDUR sebesar 1 Volt. Maka pengaturan terjadi setelah dioda TERBIAS MAJU dengan tegangan 1,3 Volt, maka terjadilah tegangan pengatur yang bergantung kuat medan.

## 2.4. Pengaturan :



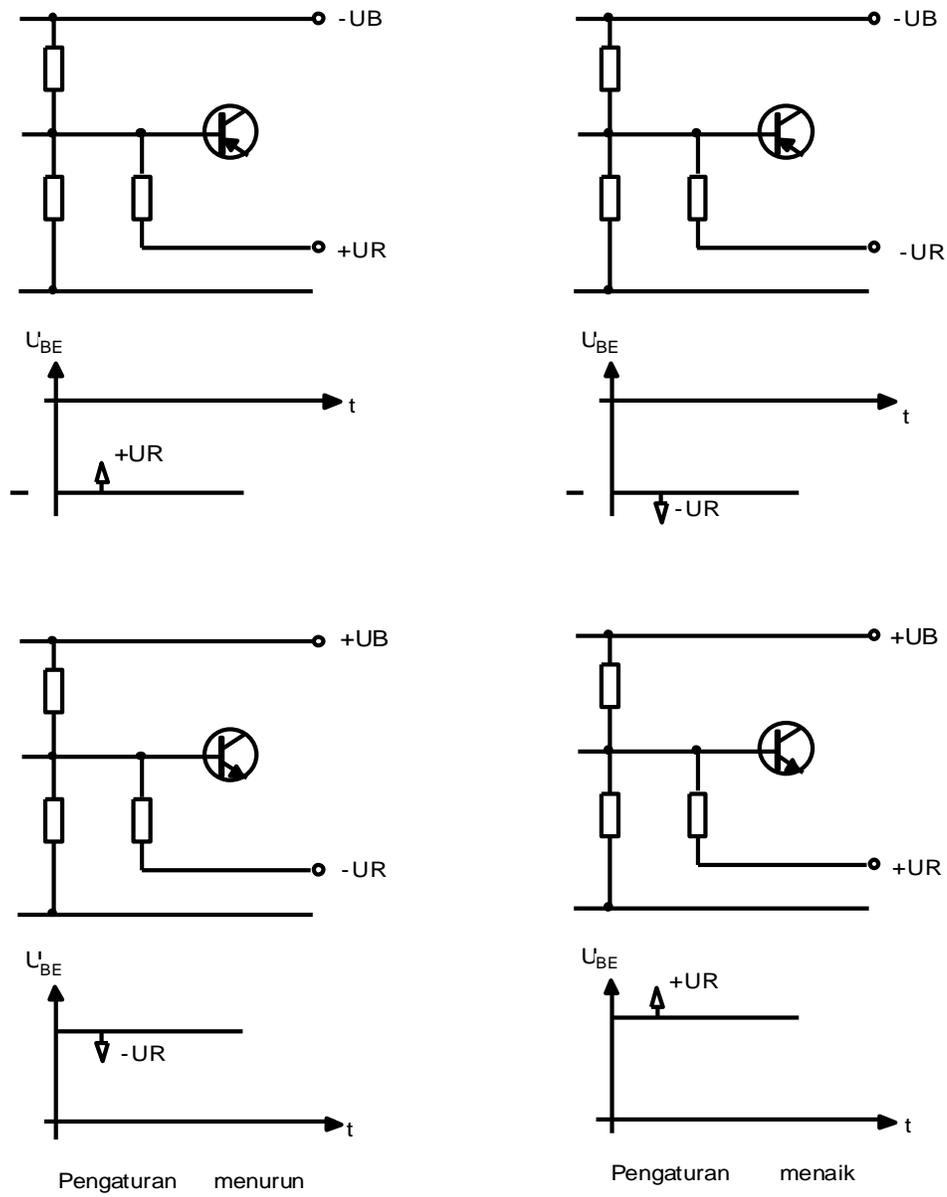
**Gambar 86**



**Gambar 87**

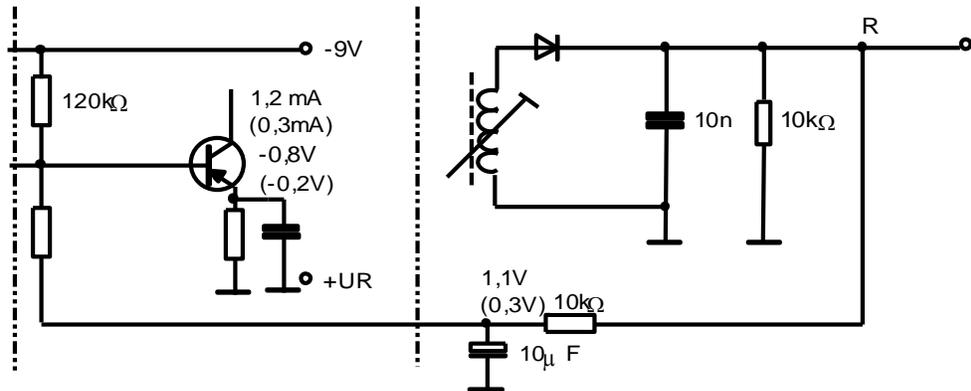
Penguatan arus bolak-balik  $\beta$  bergantung pada arus kolektor. Pada  $I_c = 9 \text{ mA}$  penguatan berada pada nilai puncaknya dengan  $\beta = 140$ .

Ada dua kemungkinan pengaturan. Melalui pengecilan arus basis, arus kolektor berkurang dan penguatanpun akan berkurang. Ini dinamakan pengaturan MENURUN. Kemungkinan kedua, dengan memperbesar arus basis maka arus kolektor akan membesar jika  $I_c = 20 \text{ mA}$ , maka penguatan akan turun sampai 130. Pengaturan ini dinamakan pengaturan MENAIK.



**Gambar 88**

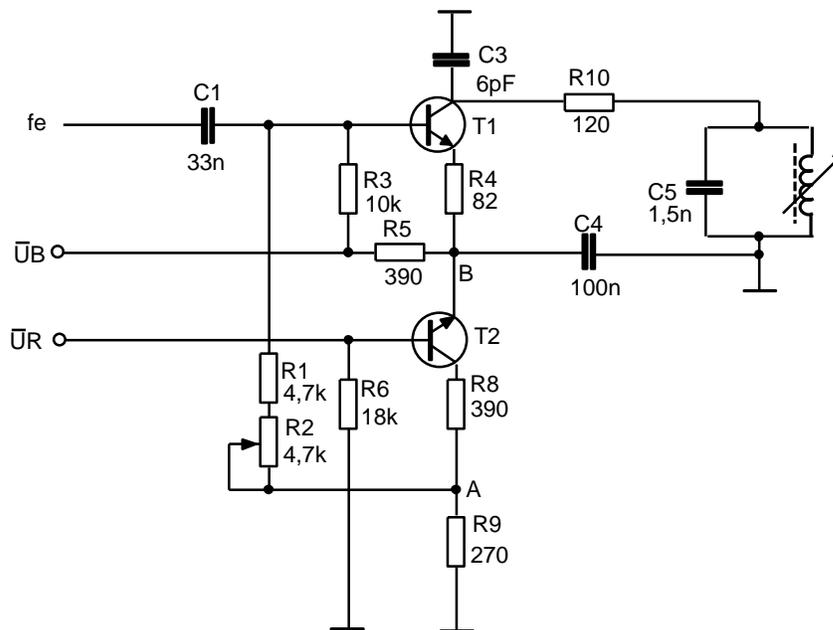
## 2.5. Contoh Pengatur Penguatan Otomatis Menurun



**Gambar 89**

Dioda penyearah ( Dioda detektor ) disambung sedemikian sehingga dengan naiknya sinyal masukan tegangan pada titik R semakin POSITIP . Maka tegangan basis transistor MENGECIL dan dengan demikian penguatannyaupun MENGECIL.

## 2.6. Contoh Pengatur Penguatan Otomatis Menaik



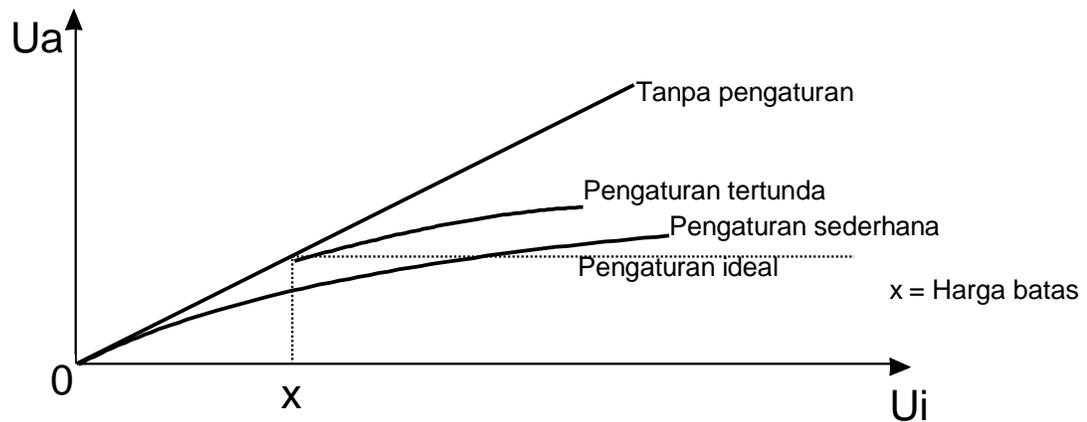
**Gambar 90**

Dengan naiknya sinyal masukan tegangan pengaturan naik ( negatif ) maka arus kolektor T2 TURUN. Tegangan A menjadi lebih POSITIP dan titik B lebih NEGATIP . Maka basis T1 melalui R2 terletak di TITIK A dan emitor terletak DITITIK B . Sehingga dengan naiknya sinyal masukan , tegangan basis emitor T1 NAIK dan arus kolektornya NAIK dan dengan penguatannya TURUN.

### 2.7. Perbandingan Pengaturan Menurun dan Menaik

	Pengaturan Menurun	Pengaturan Menaik
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Daerah pengaturan yang lebar</li> <li>– Diperlukan daya pengaturan yang kecil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pengendalian yang besar</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Daerah pengendalian yang kecil, pada tegangan BE yang kecil dikhawatirkan terjadi demodulasi sinyal IF pada dioda BE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diperlukan daya pengaturan yang besar, daerah pengaturan yang kecil</li> </ul>
Penggunaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pada tingkat IF pertama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pada tingkat pencampur</li> </ul>

### 2.8. Karakteristik Pengaturan



**Gambar 91**

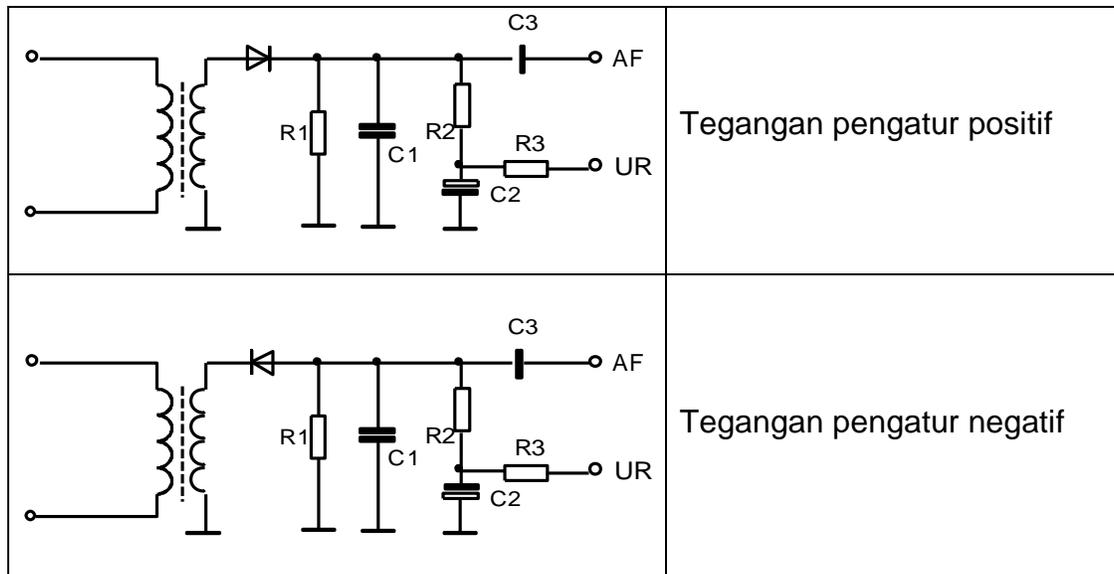
**3. Lembar Latihan**

- a) Terangkan fungsi pengaturan penguatan otomatis ?
- b) Sebutkan dua macam tegangan pengatur dan gambarkan rangkaiannya ?
- c) Gambarkan rangkaian pengaturan otomatis menurun dan menaik ?

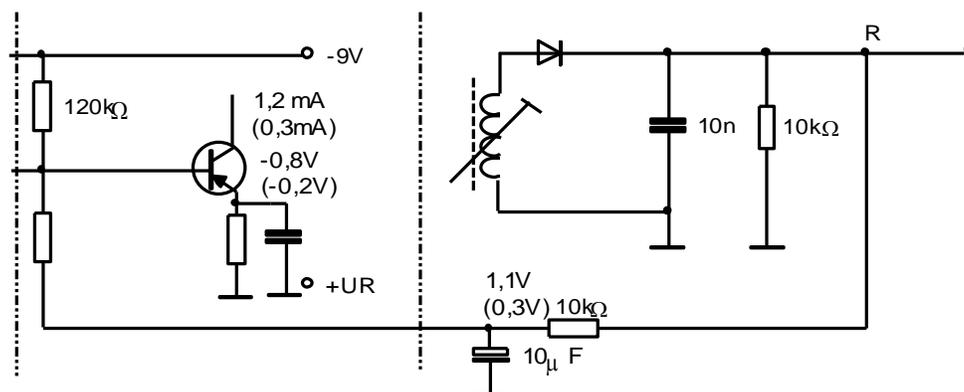
## 4. Lembar Jawaban

- Fungsi pengaturan otomatis adalah untuk mendapatkan kuat suara yang konstan pada sinyal masukan yang berbeda-beda
- Adapun dua macam tegangan pengatur adalah tegangan pengatur positif dan tegangan pengatur negatif

Gambar rangkaiannya sebagai berikut :



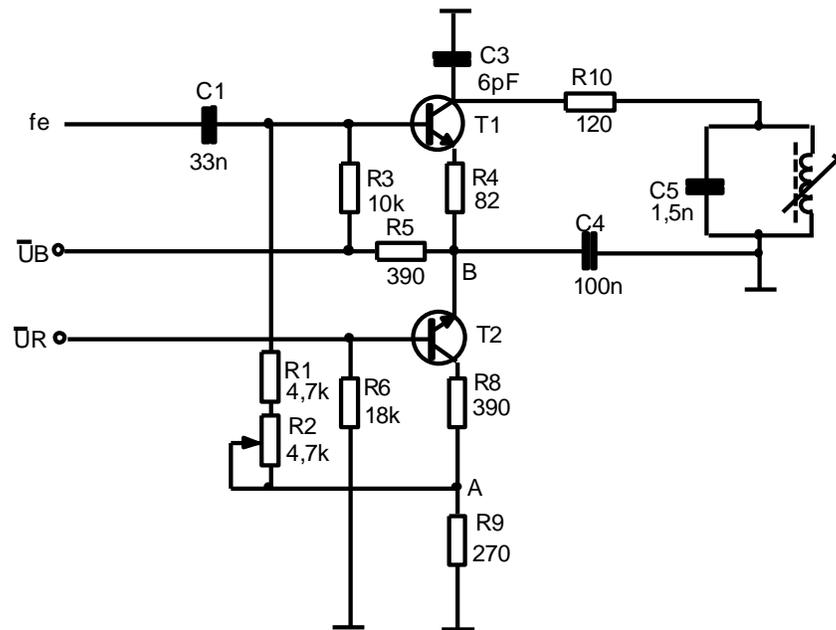
- Gambar rangkaian pengaturan otomatis menurun sebagai berikut :



Dioda penyearah ( Dioda detektor ) disambung sedemikian sehingga dengan naiknya sinyal masukan tegangan pada titik R semakin POSITIP . Maka tegangan

basis transistor MENGECIL dan dengan penguatannya pun MENGECIL.

Gambar rangkaian pengaturan otomatis menaik sebagai berikut :



Dengan naiknya sinyal masukan tegangan pengaturan naik ( negatif ) maka arus kolektor T2 TURUN. Tegangan A menjadi lebih POSITIP dan dititik B lebih NEGATIP . Maka basis T1 melalui R2 terletak di TITIK A dan emitor terletak DITITIK B . Sehingga dengan naiknya sinyal masukan , tegangan basis emitor T1 NAIK dan arus kolektornya NAIK dan penguatannya TURUN.

---

## Kegiatan Belajar 11

### ACSESSORIES

#### 1. Tujuan Pembelajaran

- ⇒ Menerangkan cara kerja suatu penalaan
- ⇒ Menerangkan cara kerja pemilih stasiun dan band elektronik
- ⇒ Menerangkan cara kerja AFC pada penerima FM
- ⇒ Menerangkan prinsip kerja tuner synthesizer
- ⇒ Menerangkan kerja penampilan frekuensi dengan peraga 7 segmen
- ⇒ Menerangkan prinsip kerja sistem pelacakan pemancar otomatis dan pensintesaan tegangan
- ⇒ Menerangkan prinsip kerja pembantu penalaan
- ⇒ Menerangkan prinsip kerja rangkaian pematik
- ⇒ Menerangkan prinsip kerja pengendali jarak jauh

#### 2. Informasi

##### 2.1. Rangkaian khusus

##### 2.2. Pengantar

Apa yang telah dibicarakan dalam bahasan-bahasan terdahulu adalah bagian-bagian dasar yang selalu ditemui pada semua pesawat penerima.

Perbedaan utama saat ini hanya terletak pada sistem PENALAN dan PENAMPILAN serta PELAYANAN

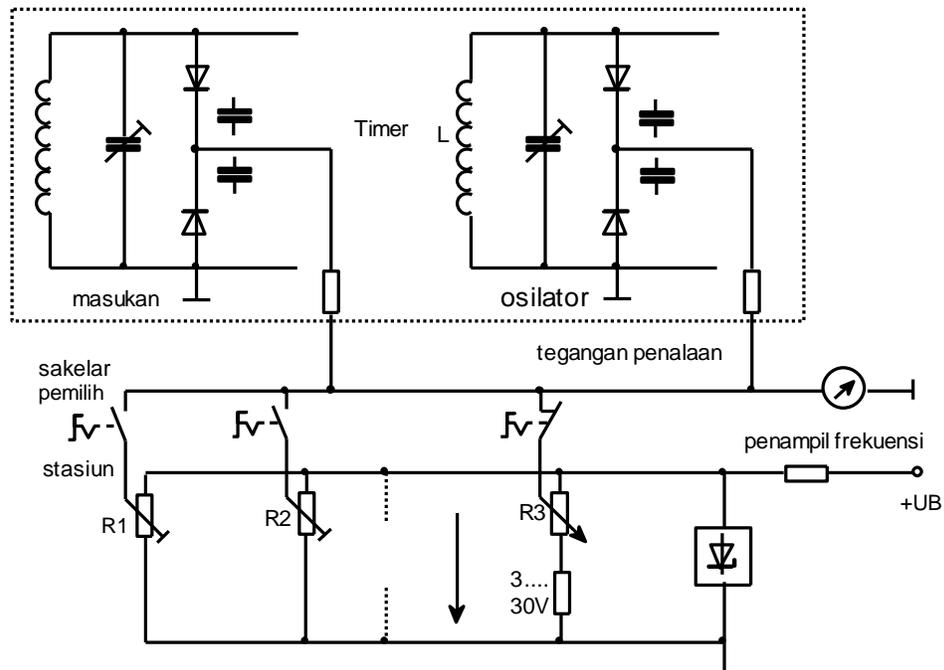
##### 2.2.1. Penalaan

Penalaan pesawat atas frekuensi penerimaan yang diinginkan dicapai dengan mengubah frekuensi resonansi dari RESONATOR OSILATOR TINGKAT MASUKAN. Dengan mengubah tahanan semu (reaktansi) kumparan dengan jalan menggeser inti kumparan, komponen penala yang biasanya digunakan adalah kapasitor variabel sebelum digunakan dioda kapasitor. Saat ini pun masih digunakan pada pesawat yang bermutu baik dengan kapasitor variabel 4 sampai 6 tingkat.

Dengan itu dapat dibangun kualitas lingkaran LC lebih tinggi dan sinyal yang lebih

besar daripada dikerjakan dengan dioda kapasitor.

Dioda kapasitor mempunyai keuntungan-keuntungan untuk PELAYANAN dan PENGEMBANGAN peralatan



**Gambar 92.**

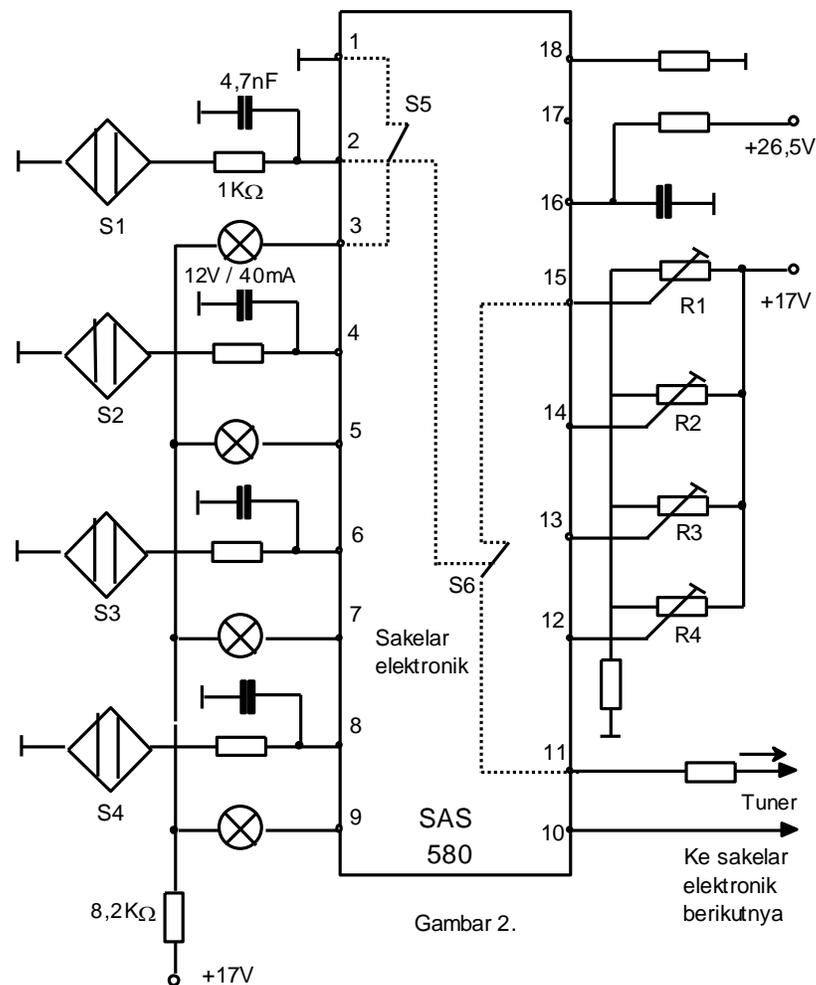
Penalaan dapat menggunakan POTENSIOMETER dengan posisi yang dikehendaki. Dan dapat dengan sederhana menmpatkan stasiun-stasiun tetap . Dengan potensio meter. Dalam gambar 1 dapat disaklarkan tegangan tetap yang disyaratkan untuk suatu frekuensi pemancar pada dioda-dioda kapasitor.

Dengan menggunakan PENGUKUR TEGANGAN dapat ditampilkan frekuensi penerimaan secara analog

### 2.2.2. Pemilihan stasiun dan band

Pemilihan stasiun dan band seperti juga proses pensaklaran lainnya didalam penerima dipasang saklar. Biasanya bagian-bagian yang memerlukan saklar dirancang dengan saklar untuk MEMPERPENDEK PENGHANTAR SEPENDEK MUNGKIN.

Dengan saklar elektronik kesulitan diatas dapat dipecahkan, baik dengan saklar mekanis atau saklar sentuh



Gambar 2.

**gambar 93**

Gambar menunjukkan rangkaian saklar sentuh untuk 4 kanal. Modul jenis ini dapat dikembangkan jumlah saklarnya sesuai kehendak kita dengan merangkaikan satu kanal dengan kanal lainnya

Selain penggunaan seperti gambar 2 masih terdapat penggunaan yang lain.

Jika saklar sentuh S1 disentuh dengan tangan, sinyal akan diperkuat dan mengubah keadaan flip flop yang berada dalam IC. Pada keluaran flip flop diletakkan saklar elektronik, yang kemudian rangkaian disederhanakan sebagai saklar.

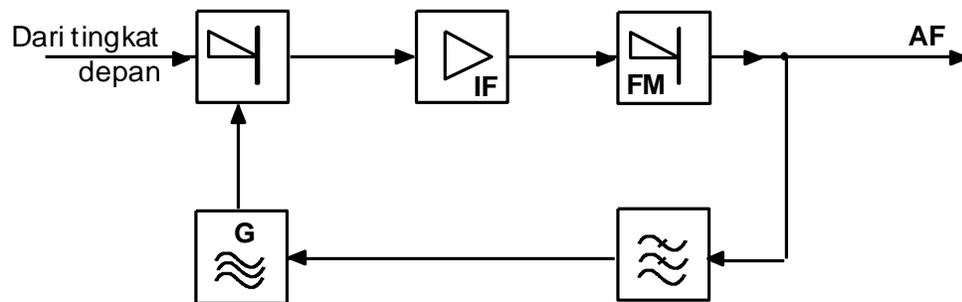
Dengan S5 lampu atau dioda LED dinyalakan sebagai penanda keadaan

Dengan S6 tegangan yang telah dipilih sebelumnya melalui R1 untuk kanal yang sesuai diletakkan pada keluaran (kaki 11). Rangkaian dalam IC telah dicancang sedemikian dengan pemberian catu pertama kali secara otomatis kanal 1 (S1) terhubung. Serta tidak mungkin terdapat dua kondisi saklar dapat terhubung

bersamaan

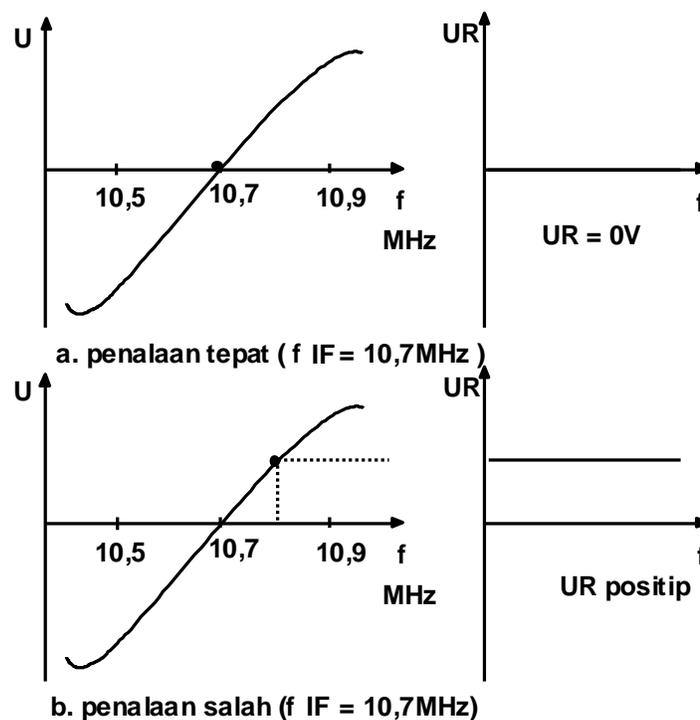
### 2.2.3. Pengatur frekuensi otomatis AFC pada penerima FM

Keterpengaruhannya temperatur mungkin dapat terjadi pada penerima, frekuensi osilatornya BERUBAH frekuensi IF BERGESER dari frekuensi tengahnya 10,7 MHz. Hasilnya merupakan penerimaan yang terganggu (cacat). Tugas pengatur frekuensi otomatis ialah untuk mengembalikan frekuensi IF menjadi 10,7 MHz kembali dengan jalan merubah frekuensi osilator.



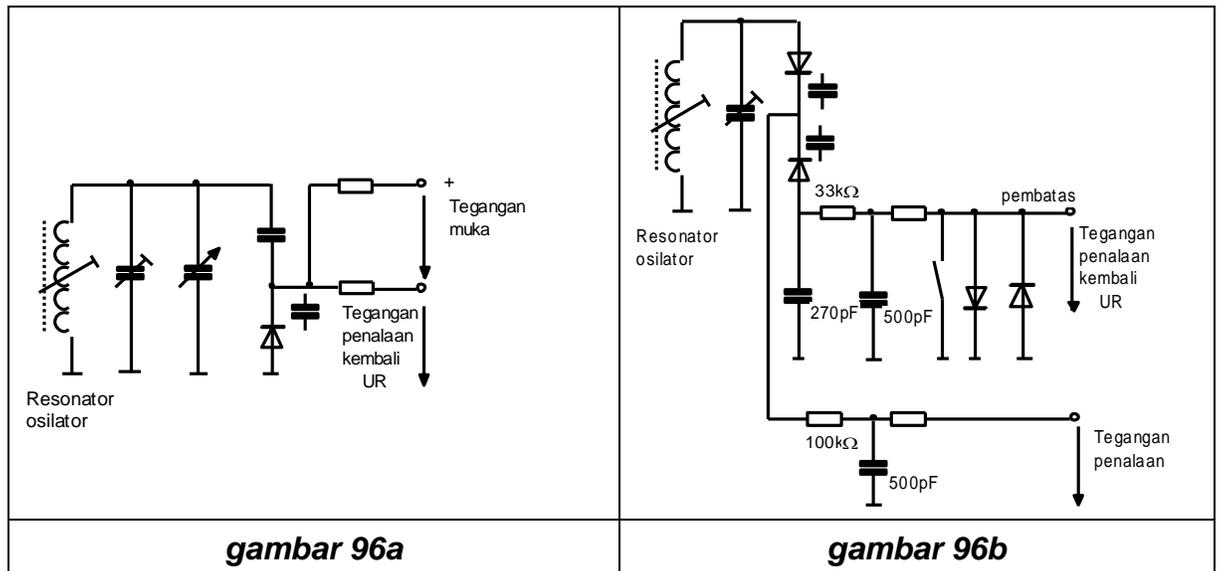
**Gambar 94**

Tegangan yang diperlukan untuk pengatur frekuensi otomatis (AFC = Automatic Frekuensi Control) diperoleh dari



**Gambar 95**

Gambar 4 memperlihatkan demodulator FM (kurva S) , Jika osilator ditala sedemikian rupa, bahwa frekuensi IF berharga 10,7 Mhz, akan menimbulkan tegangan pengatur  $U_R = 0 \text{ VOLT}$  . Jika frekuensi menyimpang keatas maka akan diperoleh tegangan  $U_R$  POSITIP



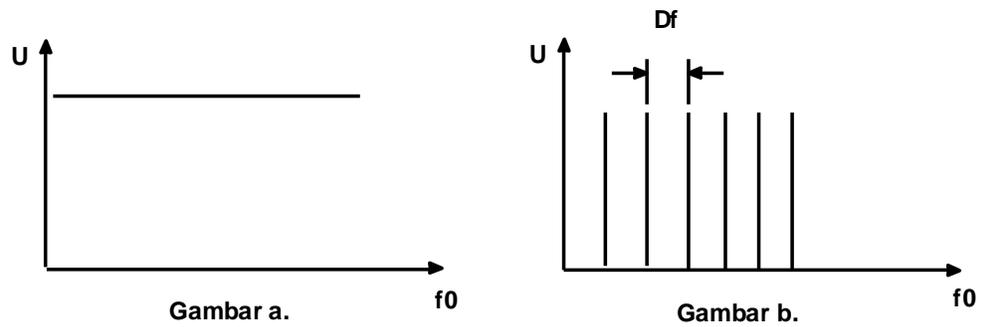
gambar 96a memperlihatkan penalaan kembali pada pesawat yang menggunakan kapasitor variabel. Dan gambar 96b memperlihatkan penalaan kembali pada pesawat dengan dioda kapasitor

Gambar 96b, jika  $U_R$  positif maka total tegangan dioda MENGECIL dan kapasitasnya NAIK.

Dengan demikian frekuensi osilator MENURUN dan frekuensi IF juga ikut TURUN , AFC dapat mengkoreksi hingga  $\pm 140 \text{ khz}$

#### 2.2.4. Tuner Synthesizer

Dengan kapasitor variabel dan dioda kapasitor dapat merubah frekuensi osilator secara KONTINYU . Dalam tuner sythensizer, perubahan frekuensi dapat dicapai dalam interval yang kecil (tuner adalah pesawat penerima tanpa penguat AF)

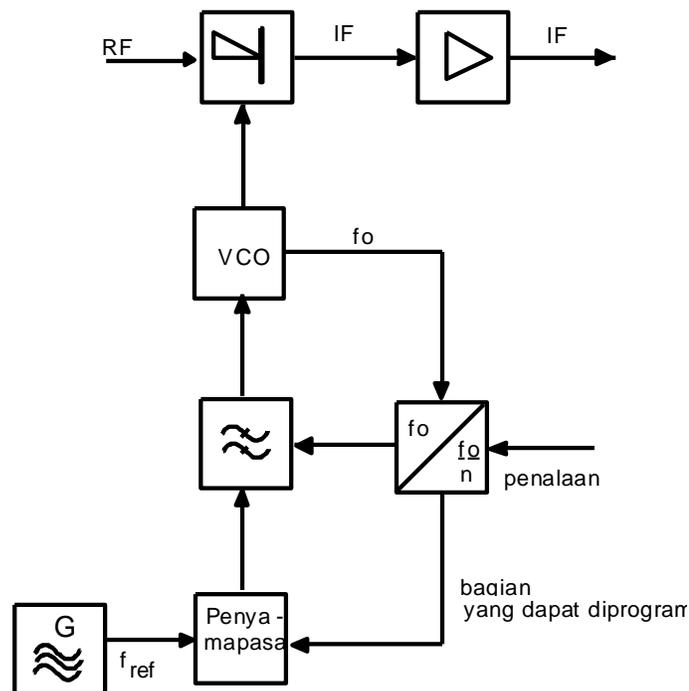


**gambar 97a** , penalaan pada kapasitor variabel

**gambar 97b** , penalaan pada tuner synthesizer

Tuner - synthesizer mempunyai kelebihan dalam hal pelayanan dibanding tuner model lama seperti :

- ◇ Penerimaan pemancar dapat diprogram secara tepat dalam melacak suatu pemancar dapat dilakukan dengan mudah
- ◇ Penalaan dapat dilakukan oleh komputer mikro



**Gambar 98**

Gambar diatas menunjukkan penyederhanaan osilator sebuah tuner syntesizer dengan rangkaian PLL (phase lock loop). Kemudian saat pada daerah penerimaan frekuensi

osilator dibagi (perbandingan dalam pembagian dapat diprogram) kemudian disamakan dengan osilator kristal dalam penyama pаса. Saat terjadi penyimpangan frekuensi akan dihasilkan TEGANGAN PENGATUR yang kemudian digunakan untuk mengendalikan OSILATOR VCO (voltage controlled oscillator= osilator yang frekuensinya diatur tegangan) setelah melalui pelalu bawah dengan cara itu VCO diserempakan dengan osilator kristal.

Dengan mengubah besaran pembagi, frekuensi osilator VCO akan BERUBAH pula.

Dengan berubahnya frekuensi osilator yang dibarengi dengan perubahan FREKUENSI RESONANSI pada tingkat depan maka berubah pula FREKUENSI PENERIMAAN.

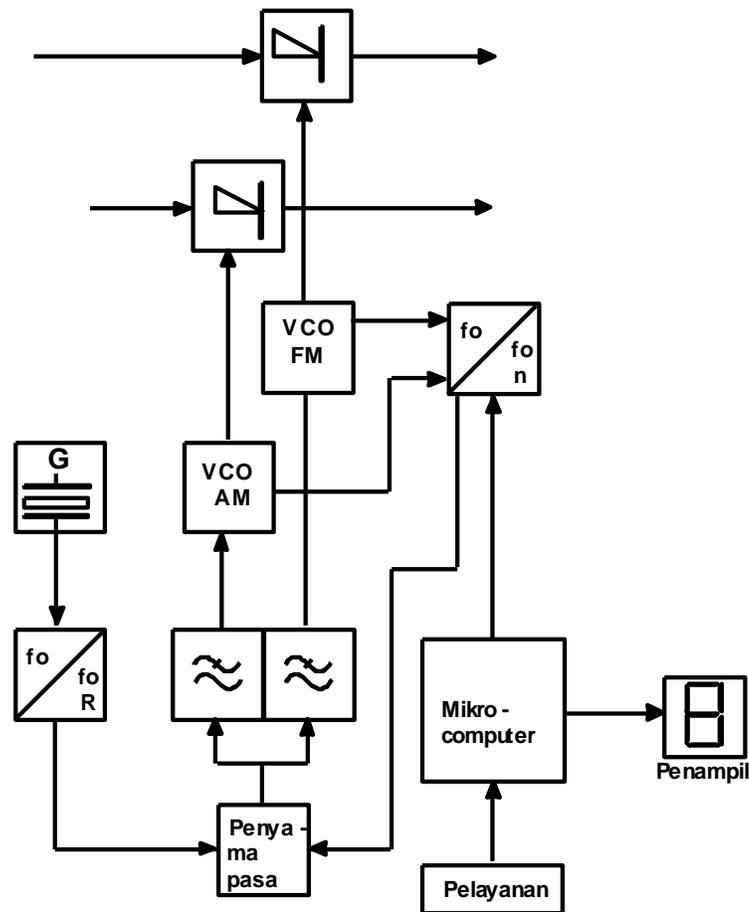
Frekuensi referensi biasanya untuk AM = 1 khz; 0,5 khz

FM = 25khz; 10khz

TV = 125 khz; 62,5 khz

Biasanya digunakan osilator kristal dengan frekuensi dalam satuan Mega Hertz,.

Untuk mendapatkan frekuensi referensi diperlukan pembagian frekuensi dengan besaran tetap untuk tiap band.



Gambar 99

Karena frekuensi referensi untuk FM dan AM berbeda sangat besar, sehingga tetapan waktunya berbeda pula, maka diperlukan dua filter pelalu bawah.

Misal frekuensi kristal = 4 MHz maka: pembagi R untuk FM =

$$\frac{4 \text{ MHz}}{25 \text{ kHz}} = 160$$

R untuk AM =

$$\frac{4 \text{ MHz}}{0,5 \text{ kHz}} = 8000$$

Pembagi frekuensi osilator VCO; N min untuk FM =

$$\frac{f_{e_{\min}} + f}{f_{\text{ref}}} = \frac{87,5 \text{ MHz} + 10,7 \text{ MHz}}{25 \text{ kHz}} = 3928$$

N mak untuk FM =

$$\frac{f_{e_{\min}} + f}{f_{ref}} = \frac{108 \text{ MHz} + 10,7 \text{ MHz}}{25 \text{ kHz}} = 4748$$

N min untuk AM = 1940 (MW) dan 1220 (LW)

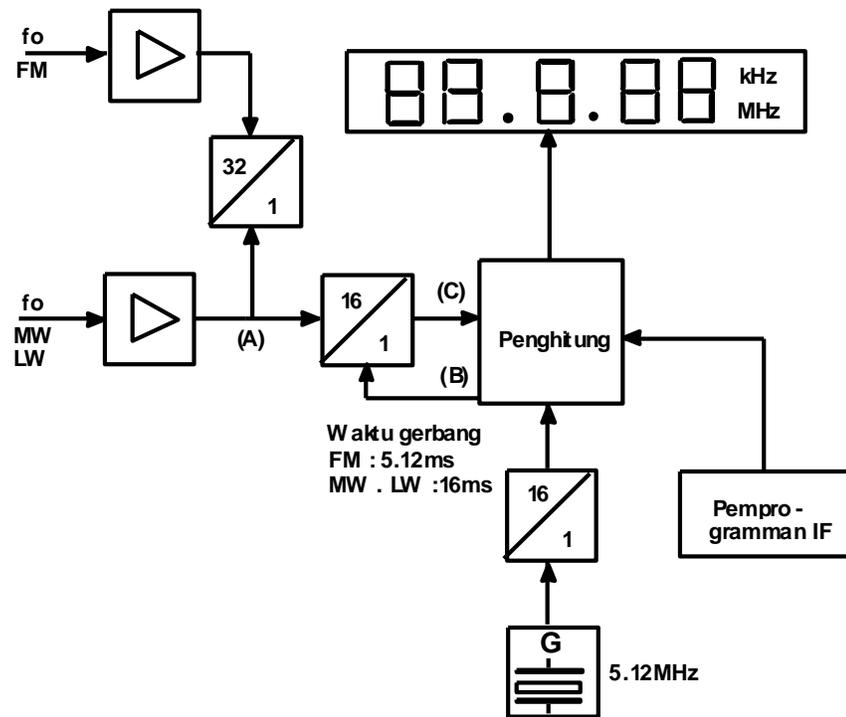
N mak untuk AM = 4160 (MW) dan 1620 (LW) dengan f IF = 470 KHz

Untuk tiap frekuensi penerimaan yang diinginkan diperlukan besar pembagi N yang berlainan. Tugas pembagian diambil alih oleh komputer mikro, selain itu komputer mikro juga mengambil alih dalam hal :

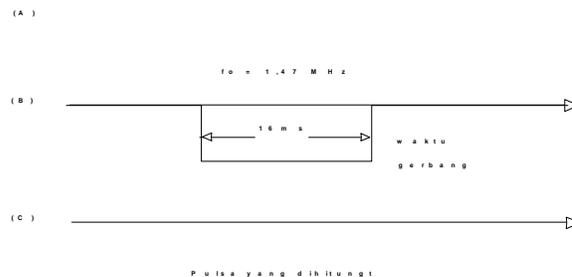
- Pengendalian PENAMPIL FREKUENSI
- MENYIMPAN frekuensi stasiun pemancar
- Pengendalian ELEMEN PENAMPIL LAINNYA
- Pengendalian saklar ; band FM, MW, LW, saklar Mono/ stereo, pematik (muting)
- Pemogram saat hidup dan mati
- Penampil waktu
- dan sebagainya]

### 2.2.5. Penampil frekuensi

Penampil frekuensi dengan peraga 7 segmen dapat menunjukkan frekuensi penerimaan secara tepat dibanding dengan sistem jarum penunjuk



Gambar 100



Gambar 101 prinsip penampil frekuensi

Besaran ukur diambil dari frekuensi OSILATOR pada penerima FM,  $f_o$  dibagi dua kali, (32 dan 16) sedang pada AM,  $f_o$  hanya dibagi dengan 16

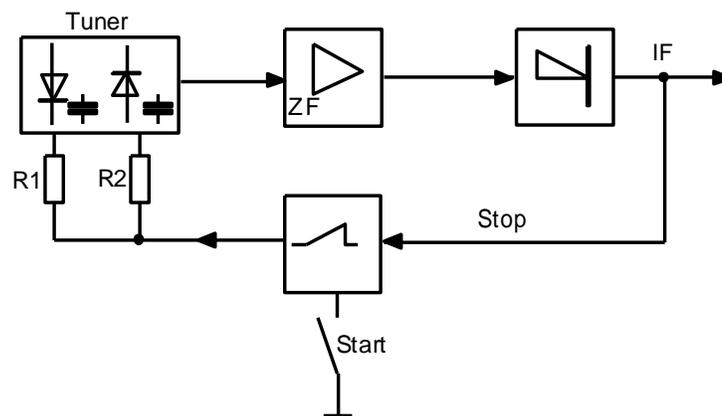
Penghitung mengirim waktu gerbang untuk proses perhitungan, yang besarnya 16 ms untuk AM dan 51,2 ms untuk FM. Hanya sinyal dalam waktu gerbang saja yang dihitung  
 Contoh : frekuensi penerimaan 1 MHz,  $f_o = 1,47 \text{ MHz}$  kemudian frekuensi ini dibagi dengan 16 sama dengan 91,875 KHz. Selama waktu gerbang terdapat

$$\frac{16\text{ms}}{1000} \times 91,875\text{kHz} = 1470 \text{ sinyal}$$

Penghitung tidak akan menghitung frekuensi osilator, hanya frekuensi penerimaan saja maka harus dikurang dengan frekuensi IF

### 2.2.6. Pelacak pemancar otomatis dan sintesa tegangan

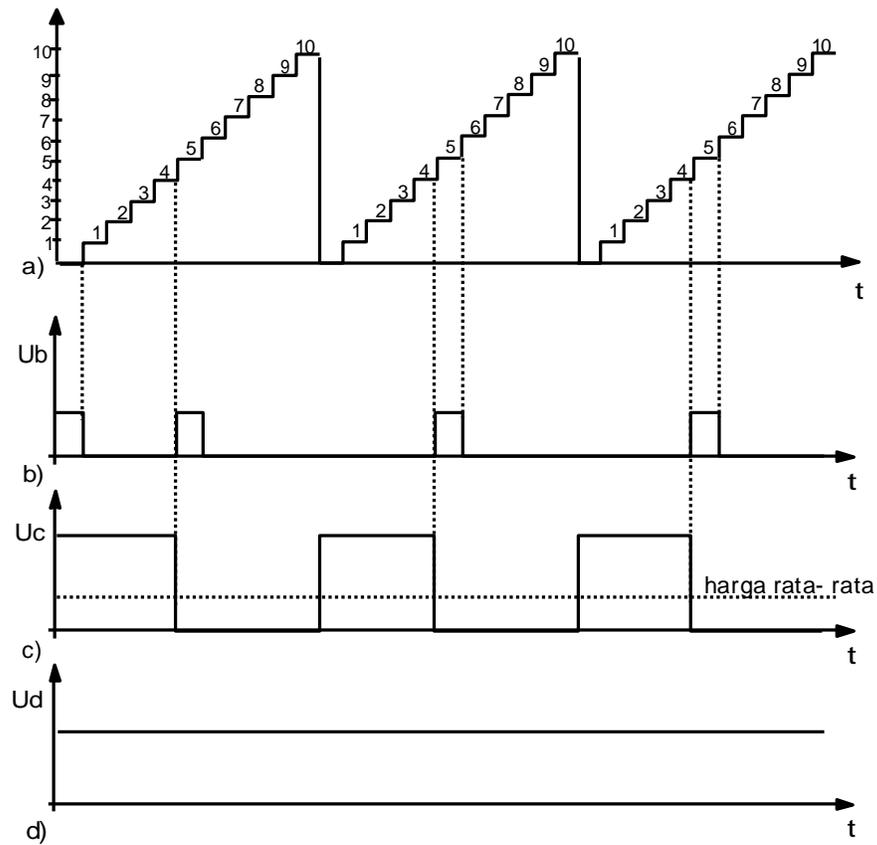
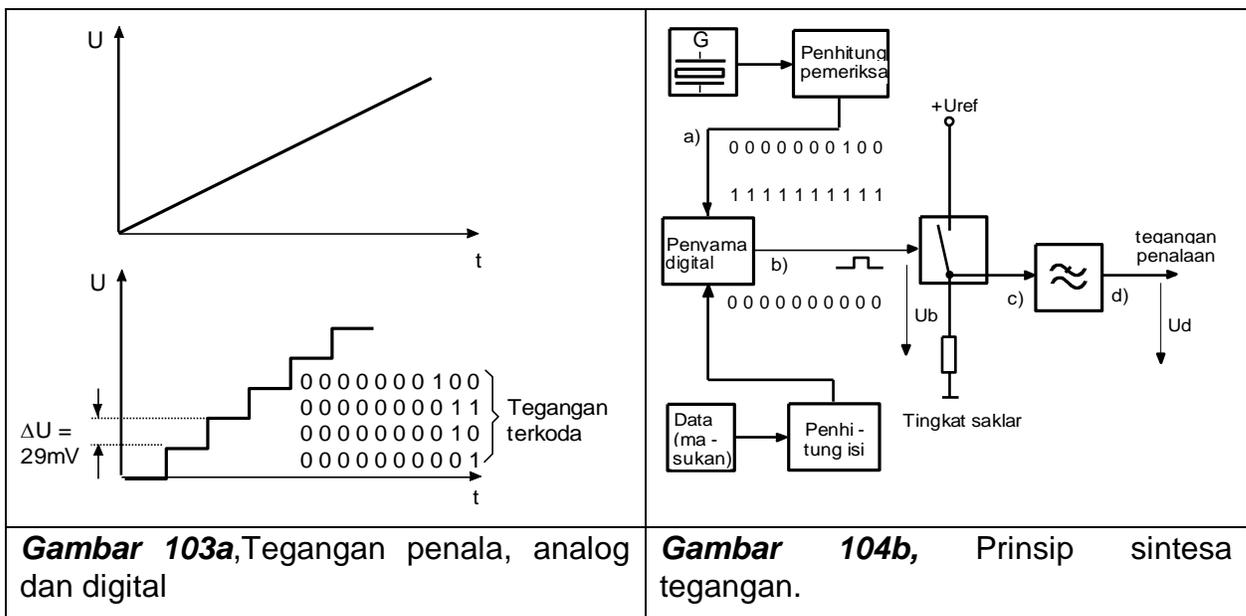
Untuk memudahkan pengoperasian dan lebih aman dalam lau lintas, biasanya dalam radio mobil menggunakan penalaan dengan pelacak pemancar elektronik otomatis. Dalam perkembangannya digunakan pula pada peralatan rumah yang menggunakan pengendali jarak jauh (remote control). Dioda kapasitor tuner dikendalikan oleh TEGANGAN YANG NAIK secara perlahan (DARI GENERATOR GIGI GERGAJI). Proses ini dapat dimulai (di start) dengan knop ataupun dengan saklar sentuh



**Gambar 102**

Jika sebuah pemancar telah diterima dengan baik, demodulator FM akan memberikan sinyal stop pada lintasan nol. Pemancar telah ditemukan dan tetap ada jika di start lagi, maka tegangan penala akan naik sampai ditemukan pemancar baru lagi. Selain pelacakan keatas (frekuensi diturunkan ke harga yang rendah), sehingga dalam tuner terdapat UP dan DOWN tuning (penalaan keatas dan kebawah).

Apa yang telah dibicarakan diatas dengan sistim DIGITAL. Pada penalaan digital besaran tegangan penala analog diubah menjadi besaran BINER dan selanjutnya diubah lagi dalam sebuah pengubah DIGITAL KE ANALOG D/A



**Gambar 105**

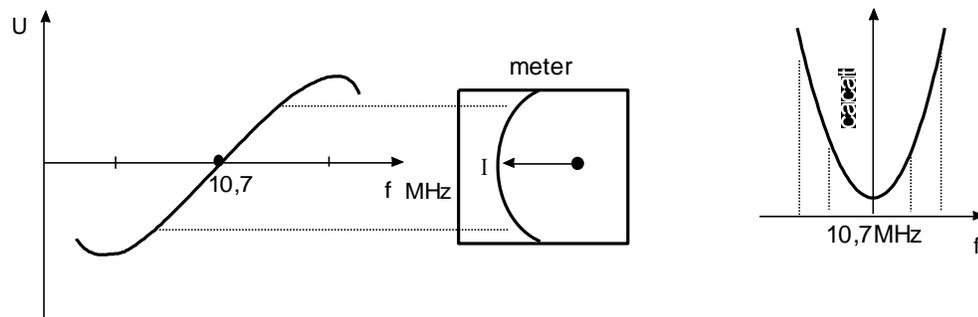
Gambar 104b memperlihatkan prinsip sintesa tegangan , dan proses tegangan didalamnya dicontohkan gambar 105, dimana tegangan penala hanya dicacah dalam 10 tingkat.Misalnya sinyal masukan adalah 0000010000. Didalam penyama

sinyal dari penghitung isi dibandingkan dengan sinyal dari penghitung pemeriksa, maka hasilnya sinyal  $U_b$ . Sinyal ini akan menggerakkan tingkat saklar, sehingga diperoleh tegangan kotak  $U_c$  yang selanjutnya diambil harga rata-ratanya oleh FILTER PELALU BAWAH

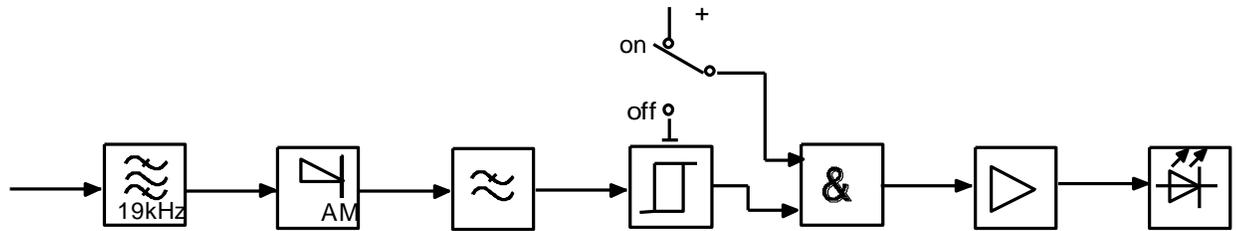
Maka diperoleh tegangan searah  $U_d$  guna penalaan, dimana besarnya  $U_d$  akan menyebabkan osilator BERGETAR PADA FREKUENSI YANG DIKEHENDAKI sesuai data yang dimasukkan

### 2.2.7. Pembantu penalaan

- ➔ Pengukur kuat medan, juga dinamakan S - meter menunjukkan besar tegangan masukan relatif. Biasanya diukur TEGANGAN IF
- ➔ Penanda kanal dalam pesawat FM menunjukkan LINTASAN NOL kuva demodulator



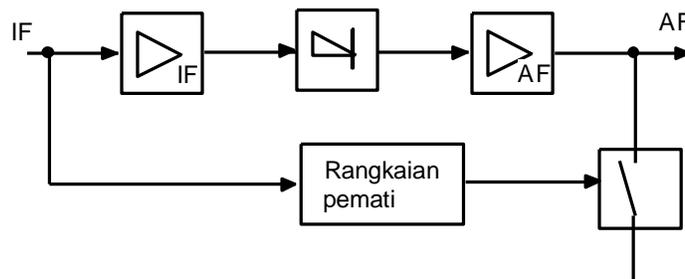
- ➔ Penanda stereo akan menyala jika menerima siaran stereo, sebagai penanda digunakan SINYAL PEMANDU 19 KHz
- ➔ Filter desis stereo digunakan untuk meredam desis pada frekuensi tinggi, karena sinyal multiplex berfrekuensi hingga 53 KHz
- ➔ Filter ini bekerja dengan jalan mencampur sinyal kanan dan kiri, sehingga sedikit akan MEMPER BURUK pemisahan kanal pada frekuensi tinggi
- ➔ Penanda multipath, sinyal dari pemancar FM kadang tidak diterima dari satu arah tapi juga menerima sinyal dari PANTULAN. Pesawat yang menerima sinyal dari banyak arah (multipath) ini tidak diperbolehkan, karena itu antena harus disearahkan dengan tepat. Penanda multipath memanfaatkan sinyal pemandu stereo 19 KHz



### 2.2.8. Rangkaian pemati (muting)

Saat dihidupkan dan dimatikan pada pesawat akan timbul gangguan (desis). Untuk itu digunakan rangkaian yang dapat menghentikan sinyal ke loud speaker saat ada gangguan. Selain itu rangkaian juga bereaksi saat :

- ➔ Pemindahan DAERAH GELOMBANG
- ➔ Pemindahan PEMANCAR
- ➔ Sinyal antena TERLAMPAU KECIL
- ➔ Tidak ada PEMANCAR YANG DITANGKAP (desis FM antar pemancar)



Bila terjadi gangguan pemati akan bekerja menggerakkan saklar dan menghubungkan SINYAL AF KE TANAH, sehingga tidak ada sinyal yang sampai ke LOUD SPEAKER.

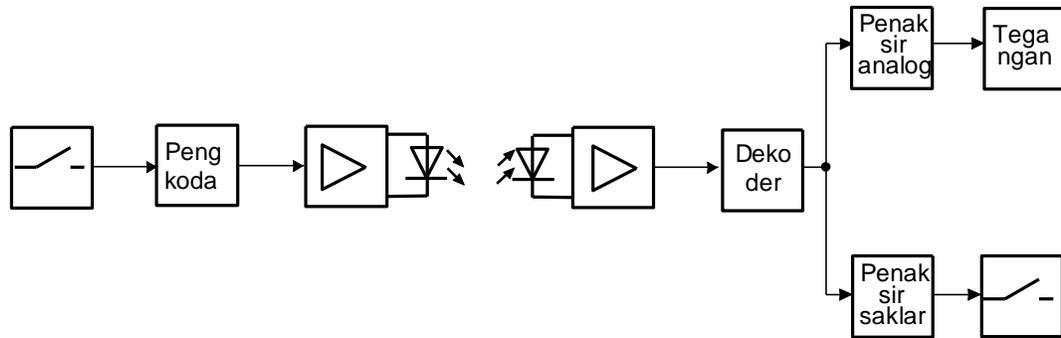
### 2.2.9. Pengendali jarak jauh (Remote Control)

Dengan menggunakan pengendali jarak jauh kita dapat mengoperasikan peralatan audio maupun video dari tempat duduk.

Selain dengan bunyi ultra dapat pula menggunakan cahaya infra merah dengan panjang gelombang 950 nm ( $f = 3,15 \cdot 10^5$  GHZ)

Sebagai pemancar digunakan dioda infra merah dan sebagai penerima menggunakan

dioda foto peka infra merah.



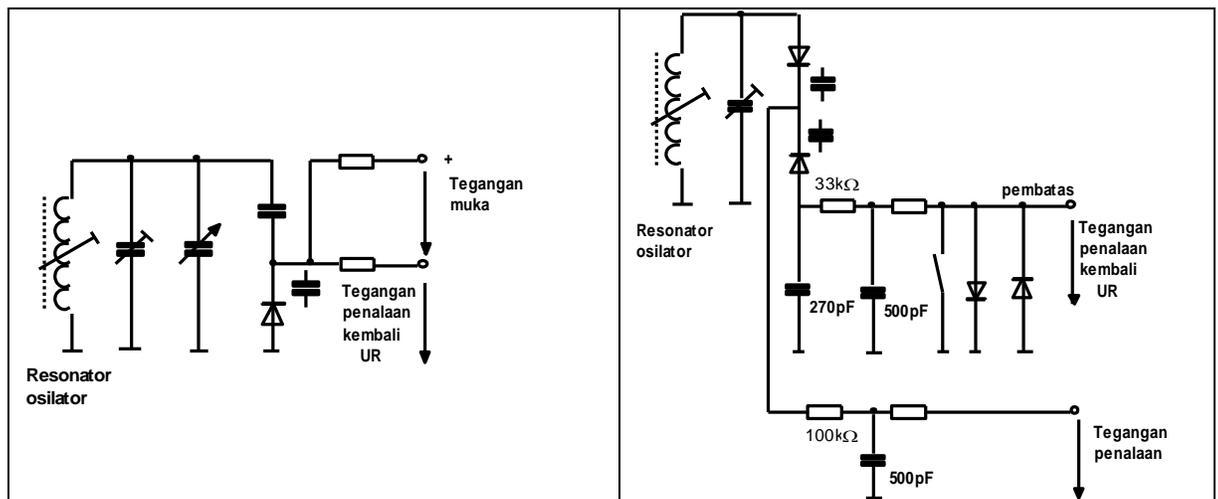
Sinyal masukan setelah dikoda dipancarkan oleh dioda, selanjutnya diterima oleh dioda peka infra merah.

Dalam penerima, sinyal kembali di dekode. Dibedakan dalam dua daerah fungsi, pertama untuk mengatur misalnya kuat suara diperlukan tegangan yang berubah terhadap waktu (FUNGSI ANALOG)

Kedua untuk pensaklaran, pemilihan program dan sebagainya (FUNGSI SAKLAR)

### 3. Lembar latihan

- Jelaskan prinsip penalaan frekuensi dengan menggunakan dioda varaktor.
- Apakah yang mempengaruhi perubahan frekuensi osilator ?
- Jelaskan tugas pengatur frekuensi otomatis (AFC)
- Gambarkan kurva S dari demodulator FM dengan penalaan yang tepat dan penalaan yang salah, yang dapat menghasilkan tegangan pengatur ( $U_R$ ) pada rangkaian AFC

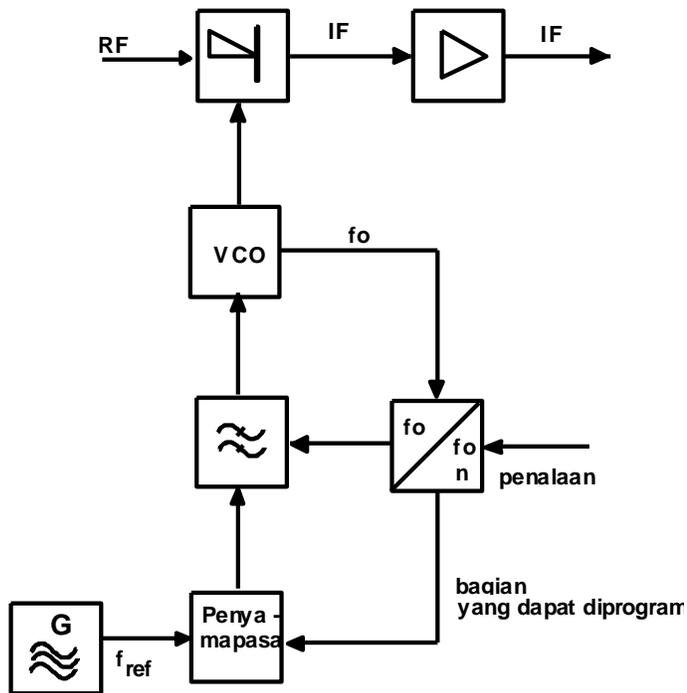


**Gambar A**

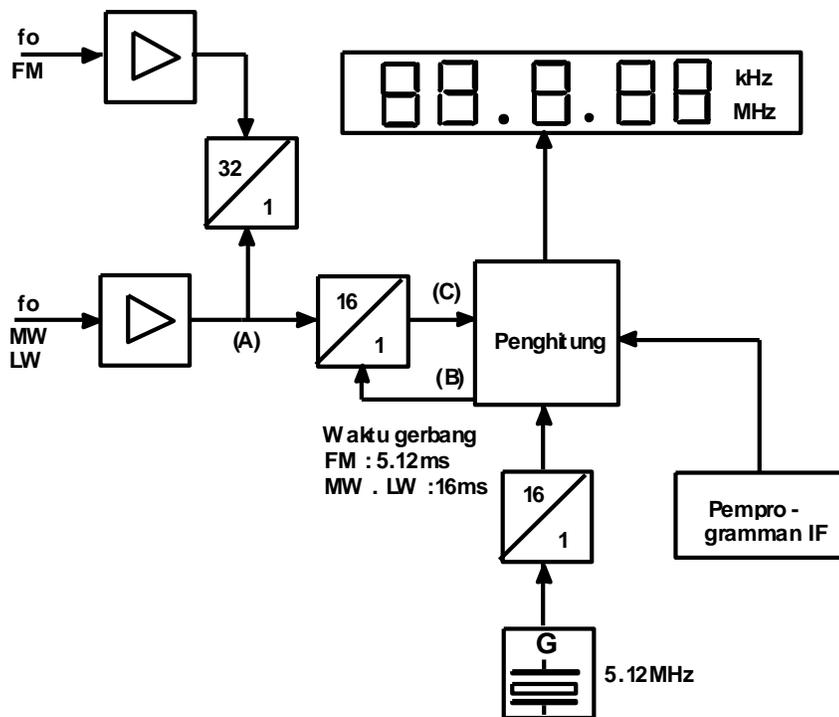
Gambar A : Penalaan kembali pada penerima yang menggunakan Kapasitor Variabel

Gambar B : Penalaan kembali pada penerima yang menggunakan Dioda Kapasitor

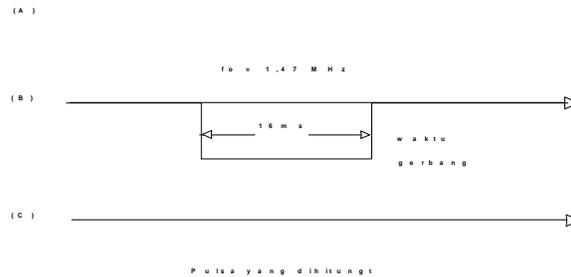
Jelaskan cara kerja Gambar B jika  $U_R$  bernilai positif Sebutkan keuntungan Tuner Synthesizer dibanding Tuner type yang lama Gambar



e) Jelaskan prinsip kerja blok Tuner Synthesizer yang dilengkapi rangkaian PLL (Phase Lock Loop)

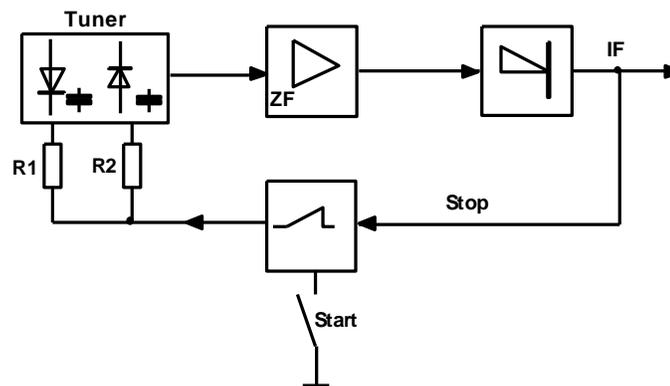


f) Gambar diatas adalah Blok diagram penampil frekuensi dengan peraga 7 segment. jelaskan prinsip kerjanya ?



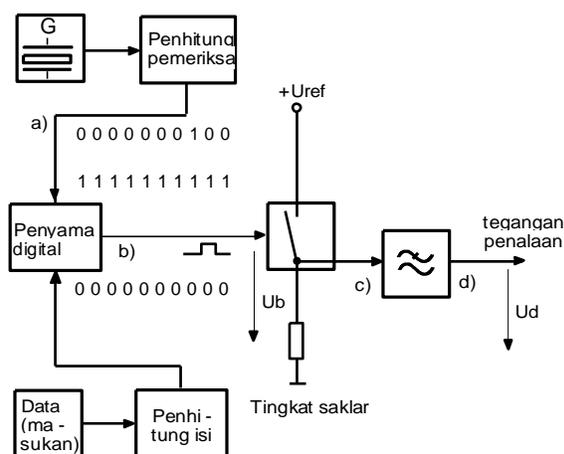
g) Apakah keuntungan penampil frekuensi dengan peraga 7 segment dibandingkan jarum penunjuk.

h) Prinsip pelacak pemancar otomatis ditunjukkan pada blok diagram dibawah ini :

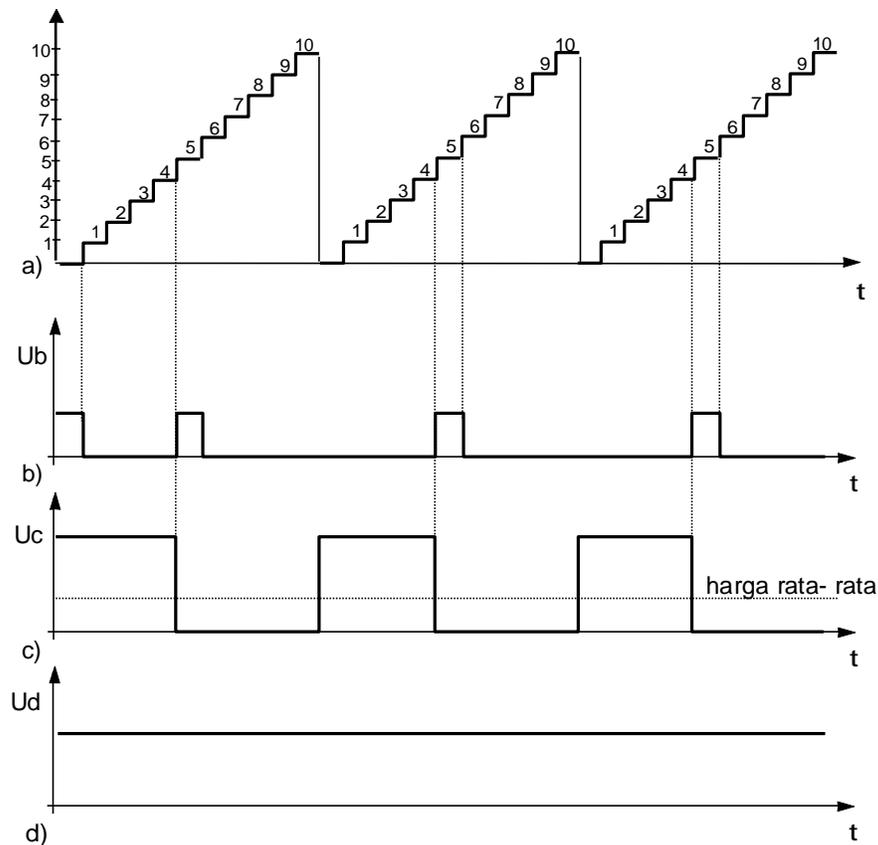


Jelaskan prinsip kerjanya

i) Prinsip kerja synthesizer tegangan



Gambar Blok Rangkaian sintesa tegangan

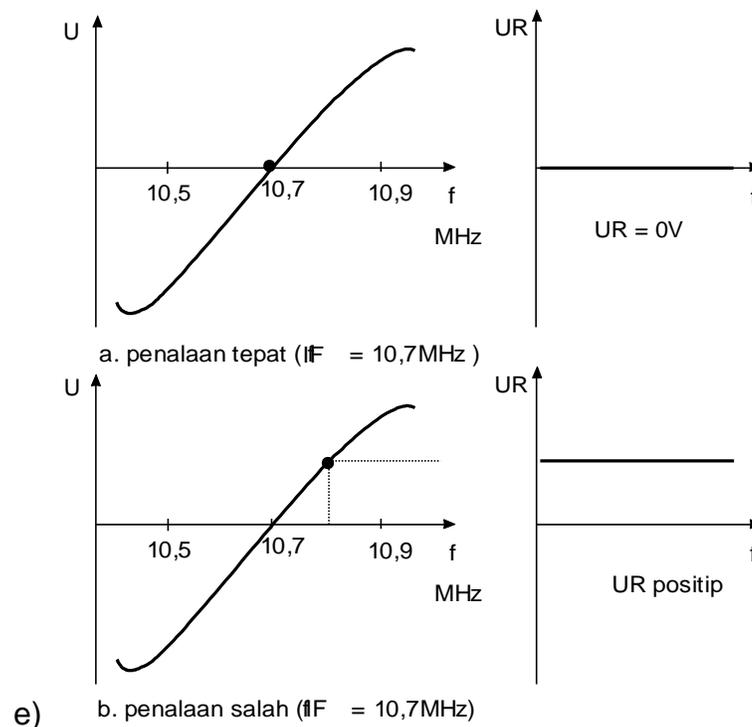


Gambar proses sintesa tegangan

- i. 1) Sebutkan kegunaan penyama digital
- i. 2) Sinyal apakah yang dihasilkan penyama digital
- i. 3) Sinyal dari penyama digital akan menggerakkan tingkat saklar, sehingga diperoleh tegangan bentuk kotak ( Sinyal C)
- i. 4) Rangkaian apakah yang digunakan untuk mengambil harga rata-rata sinyal Uc sehingga tegangan searah Ud
- i. 5) Jelaskan kegunaan tegangan searah Ud
- j) Sebutkan rangkaian rangkaian pembantu untuk penalaan
- k) Apa kegunaan rangkaian pemati (muting)
- l) Komponen apa yang digunakan untuk pemancar dan penerima pengendali jarak jauh ?

## 4. Lembar Jawaban

- Penalaan menggunakan potensiometer dengan mengatur potensiometer kita dapat menempatkan stasiun-stasiun pemancar yang dikehendaki. Pengaturan potensiometer akan merubah tegangan yang diberikan pada dioda-dioda varaktor dengan begitu frekuensipun ikut berubah maka dapat dipilih frekuensi suatu pemancar yang kita kehendaki.
- Yang mempengaruhi perubahan frekuensi osilator adalah temperatur yang timbul dari komponen
- Tugas AFC untuk mengembalikan frekuensi IF yang telah bergeser dari 10,7 MHz, dengan cara mengontrol frekuensi osilator
- Kurva S demodulator FM



- Jika UR positif maka total tegangan dioda mengecil dan kapasitansinya naik, dengan demikian frekuensi osilator menurun dan frekuensi IF juga ikut turun
- Keuntungannya :
- Penerima pemancar dapat diprogram secara tepat
- Dalam melacak suatu pemancar dapat dilakukan dengan mudah

- 
- Penalaan dapat dilakukan oleh komputer mikro
- e) Saat pada daerah penerimaan, frekuensi osilator dibagi (perbandingan dalam pembagian dapat diprogram) kemudian disamakan dengan osilator kristal dalam penyama fasa. Saat terjadi penyimpangan frekuensi akan dihasilkan tegangan pengatur yang kemudian digunakan untuk mengendalikan osilator VCO (Voltage Controlled Oscillator = Osilator yang frekuensinya diatur tegangan) setelah melalui pelalu bawah. Dengan cara itu VCO diserempakan dengan osilator kristal. Dengan berubahnya frekuensi osilator yang dibarengi dengan perubahan frekuensi resonansi pada tingkat depan, maka berubah pula frekuensi penerimaan. Besaran ukur diambil dari frekuensi osilator. Pada penerima FM,  $f_o$  dibagi dua kali (32 dan 16) sedangkan pada AM,  $f_o$  hanya dibagi dengan 16
- f) Penghitung mengirim waktu gerbang untuk proses perhitungan, yang besarnya 16 ms untuk AM dan 51,2 ms untuk FM . Hanya sinyal dalam waktu gerbang saja yang dihitung.  
Contoh : frekuensi penerimaan 1 MHz,  $f_o = 1,47$  MHz .Kemudian frekuensi ini dibagi dengan 16 = 91,875 KHZ. Selama waktu gerbang terdapat  $16 \text{ ms}/1000 \times 91,875 \text{ KHZ} = 1470$  sinyal. Penghitung tidak akan menghitung frekuensi penerimaan, maka harus dikurangi dengan frekuensi IF
- g) Keuntungan penampil dengan peraga 7 segmen :dapat menunjukkan frekuensi penerimaan secara tepat
- h) Dioda kapasitor tunner dikendalikan oleh tegangan yang naik secara perlahan dari generator gigi gergaji. Proses ini dapat dimulai dengan knop ataupun dengan saklar sentuh. Jika sebuah pemancar telah diterima, demodulator FM akan memberikan sinyal stop , dengan demikian pemancar akan tetap ada.
- i) Prinsip kerja sistem tegangan :
- 1) Membandingkan penghitung isi dengan penghitung pemeriksa
  - 2) Sinyal Ub
  - 3) Rangkaian filter pelalu bawah
  - 4) Untuk mengendalikan frekuensi osilator
- j) Untuk pemancar :Dioda Infra Merah Untuk penerima: Dioda Foto Peka Infra Merah
-

## DAFTAR PUSTAKA

1. Basic Electronic Circuit and System “ Vol IV , C. T. I. Education Products , inc.
2. Heinz Haeberle , Elektronik 3 Nachrichtenelektronik, verlag Europa - Lehrmittel , Wuppertal , 1984
3. Huebscher, Elektrotechnik Fachstufe2, Westermann, Braunschweig, 1986.
4. Dennis Roddy, John Coolen, Komunikasi Elektronika, edisi ketiga Penerbit Erlangga Jakarta.