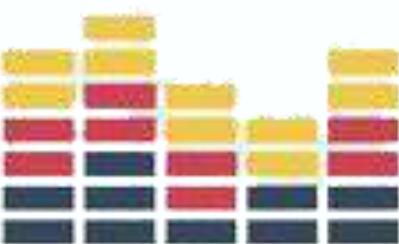
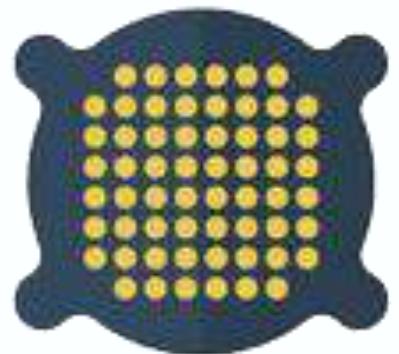
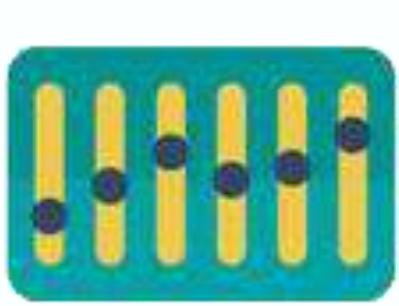


Rangkaian Penguat Depan Audio

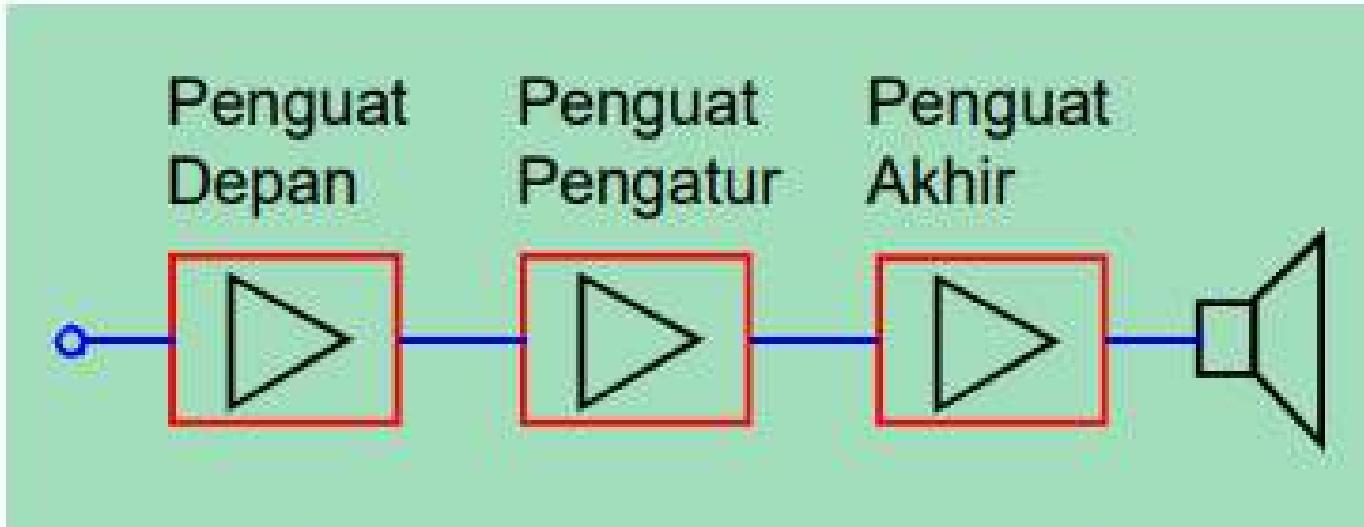
Oleh : Nola Febrina



Arsitektur Rangkaian Penguat Depan Audio (Universal Pre-Amplifier)

Secara rangkaian blok, sebuah system penguat suara dapat dilihat pada Gambar dibawah ini. Pada gambar tersebut memperlihatkan rangkaian blok mulai dari sumber sinyal, dapat berupa mikrophon, pemungut piringan hitam atau lainnya, hingga diakhiri loudspeaker.Penguat depan menguatkan sumber sinyal, selain memiliki penguatan tertentu,juga harus

menyediakan sumber sinyal jika memiliki tanggapan

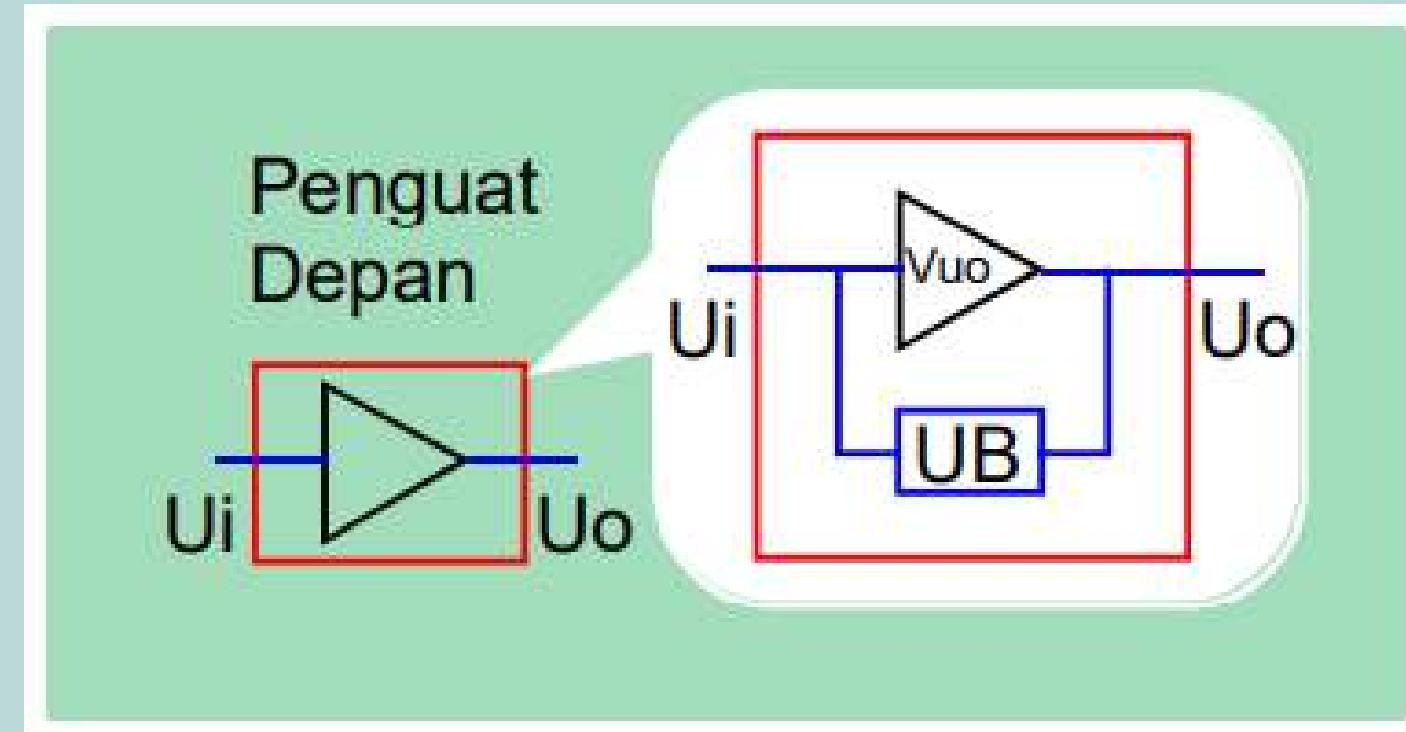


Gambar 4.1. Rangkaian Blok Penguat Suara Lengkap

Pada prinsipnya penguat depan memiliki fungsi untuk

- Menguatkan tegangan sumber sinyal :
- Menggunakan level sinyal yang berbeda
- Mengkompensasi cacat linier
- Mencampur sumber sinyal yang berlaianan

Pada penguat depan yang disebut universal, memiliki artian penguat ini dapat digunakan untuk menguatkan sumber sinyal dengan tanggapan frekuensi datar (seperti mikrophon) dan yang tidak datar (seperti sinyal dari pemungut suara magnetik).Pada prinsipnya, arsitektur sebuah penguat terdiri penguat dengan penguatan terbuka (open loop) V_A yang besar dan jaringan umpan balik negatif.



Gambar 4.2. Susunan penguat depan

Umpan balik (UB) negatif seperti gambar diatas adalah mengembalikan sebagian sinyal keluaran kemasukkan yang menyebabkan menurunnya penguatan. Penguat dengan harus memiliki penguatan terbuka yang besar

PENGUAT MIKROFON

“

Penstabilan dengan tahanan di emitor dapat pula dijelaskan sebagai berikut:

Jika oleh sebab panas maka tahanan rBE berubah mengecil maka arus yang melewatinya (I_B) membesar maka arus kolektor pun (I_C) akan naik maka tegangan emitor (U_E) akan naik karena ($U_E=I_C \times R_9$). Jika U_E naik maka U_{BE} akan mengecil ($U_{BE} = U_B - U_E$) dan dianggap konstan dalam kasus ini mengakibatkan arus basis mengecil yang kemudian akan mengakibatkan arus kolektor mengecil.

Dalam praktik U_9 dipilih sekitar $1\cdots 2$ Volt ($U_9 > U_{BE1}$) sehingga R_9 besarnya sekitar $0,1\cdots 1k\Omega$ untuk memperoleh ketstabilan yang baik. Permisalan dan pemikiran di atas berlaku juga untuk TR1. Tahanan $R_4 + R_5$ juga secara positif menyelesaikan penstabilan. Tetapi tegangan jatuh pada $R_4 + R_5$ terlalu kecil ($U_{E1} < U_{BE1}$) untuk mendapatkan stabilisasi yang cukup.

Penstabilan titik kerja melalui umpan balik negatif melalui R_2 .

Upaya Penstabilan kedua yang sangat efektif dicapai melalui umpan balik negatif tegangan TR2 Emitor - R_2 -

Basis TR1. Tegangan bias TR1 ditimbulkan melalui tegangan jatuh pada R_9 (U_9).

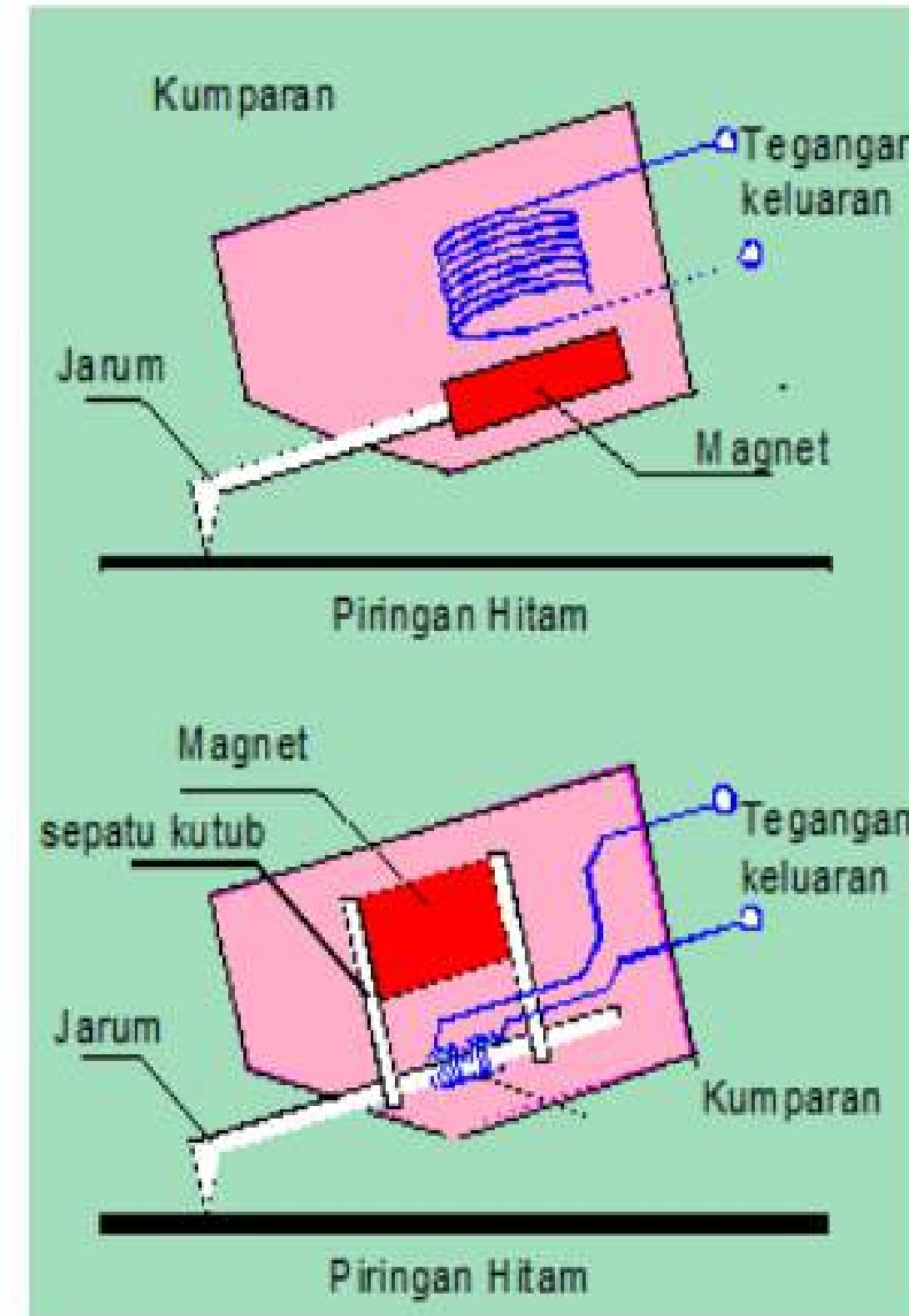
Cara kerja dibahas secara kualitatif :

Temperatur $\uparrow I_B \uparrow I_C \uparrow, U_E \uparrow U_{BE} \downarrow I_B \downarrow I_C \downarrow$

PENGUAT PEMUNGUT SUARA

Pemungut suara magnetik, atau juga disebut Pick Up (PU) ada beberapa macam jenisnya, tergantung pengubah (transducer) yang digunakan. Yang banyak digunakan berdasar induksi, secara kunstruksi terdiri dari kumparan dan magnet serta jarum. Pemungut dengan magnet yang terhubung dengan jarum disebut dengan moving magnet (MM) dan kumparan yang terhubung jarum disebut dengan moving coil (MC).

Gambar disamping memperlihatkan kunstruksi Kumparan Tegangan pemungut suara magnetik, MM (atas) keluaran dan MC (bawah). Secara prinsip, cara Jarum kerjanya berdasakan hukum induksi. Magnet Akan terbangkit tegangan induksi bila penghantar berada dalam medan Piringan Hitam magnet yang berubah. Artinya, bila Magnet jarum bergetar, maka magnet akan ikut sepatu kutub Tegangan bergetar (pada MM) dan akan keluaran terbangkit tegangan induksi. Pada MC,Jarum dengan bergetarnya jarum maka Kumparan kumparan bergetar, sehingga medan magnet yang mengenainya akan berubah-ubah, maka akan timbul tegangan induksi

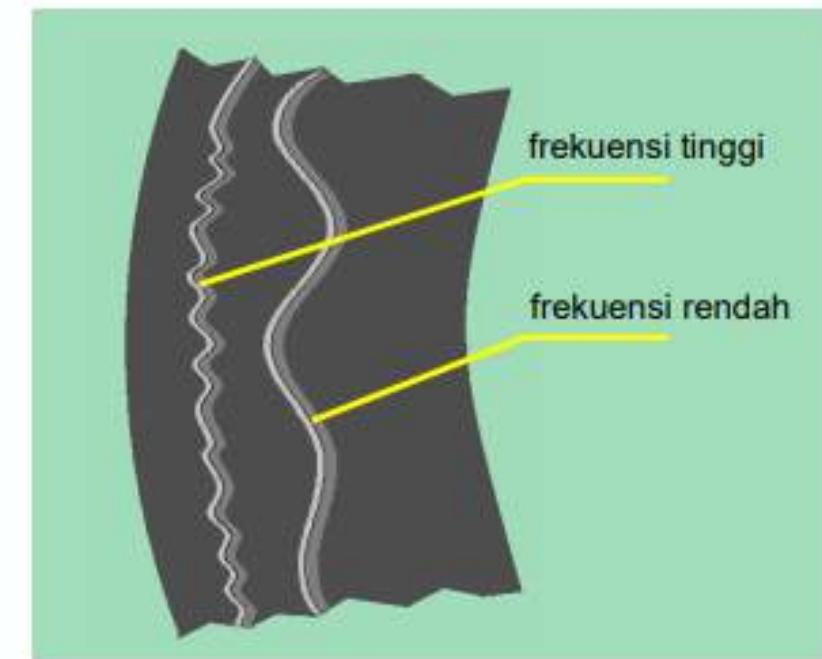


Gambar 4.3. Kunstruksi Pemungut Suara Magnetik tegangan induksi.

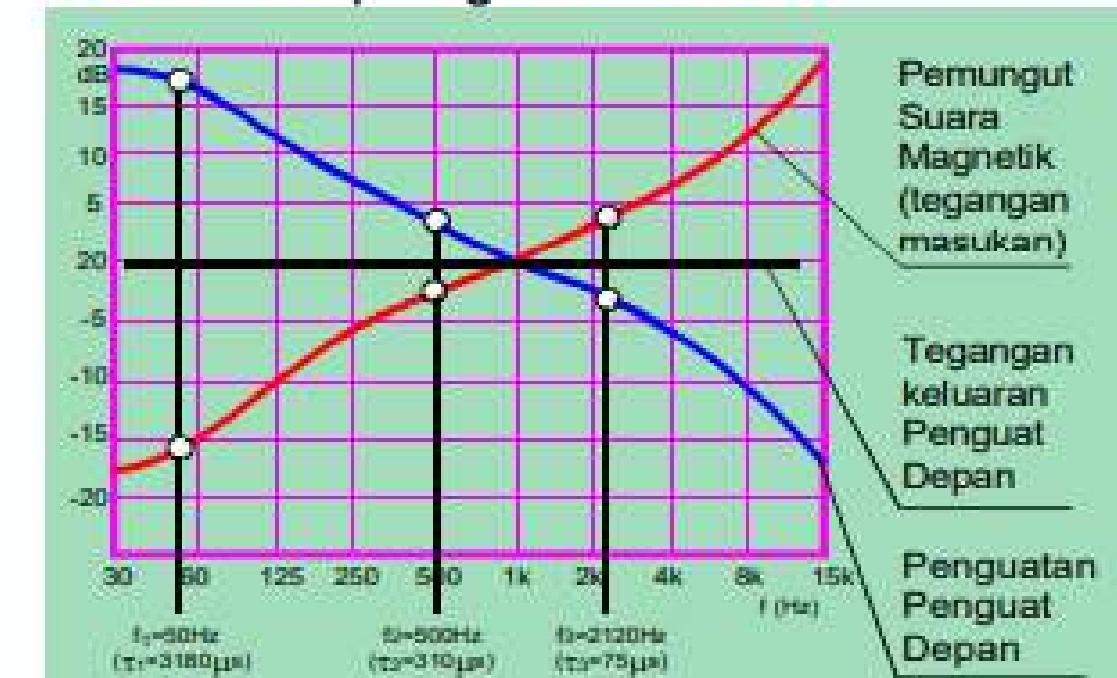
PENGUAT PEMUNGUT SUARA

Besar tegangan induksi yang terbangkit akan sebanding dengan frekuensi getaran jarum, getaran jarum tergantung pada frekuensi sinyal yang tercetak pada piringan hitam. Jadi tegangan keluaran pemungut suara magnetic akan naik dengan naiknya frekuensi suara. Selain itu, pada nada rendah (bass) memiliki tegangan yang besar (Gambar 5.4), sehingga ini akan menimbulkan alur yang besar pada piringan hitam, ini akan menghabiskan space pada piringan hitam, juga ketidakmampuan jarum untuk mengikuti alur tersebut. Maka pada sistem perekaman piringan hitam, frekuensi rendah juga ditekan. Secara internasional penekanan amplitude ini ditetapkan oleh RIAA (Record Industry Association of America) seperti diperlihatkan pada Gambar 4.5.

Penguat depan pemungut suara magnetis menguatkan sinyal frekuensi rendah lebih besar dari pada sinyal frekuensi tinggi. Sehingga tegangan keluaran penguat depan menjadi datar. Penguat depan ini disebut penyama (Equalizer Amplifier). Untuk ini, penguat harus memiliki umpan balik negatif yang besarnya terpengaruh oleh frekuensi sinyal. Maka digunakan komponen kapasitor yang nilai reaktansinya (tahanan secara arus bolak-balik) berubah dengan berubahnya frekuensi sinyal.



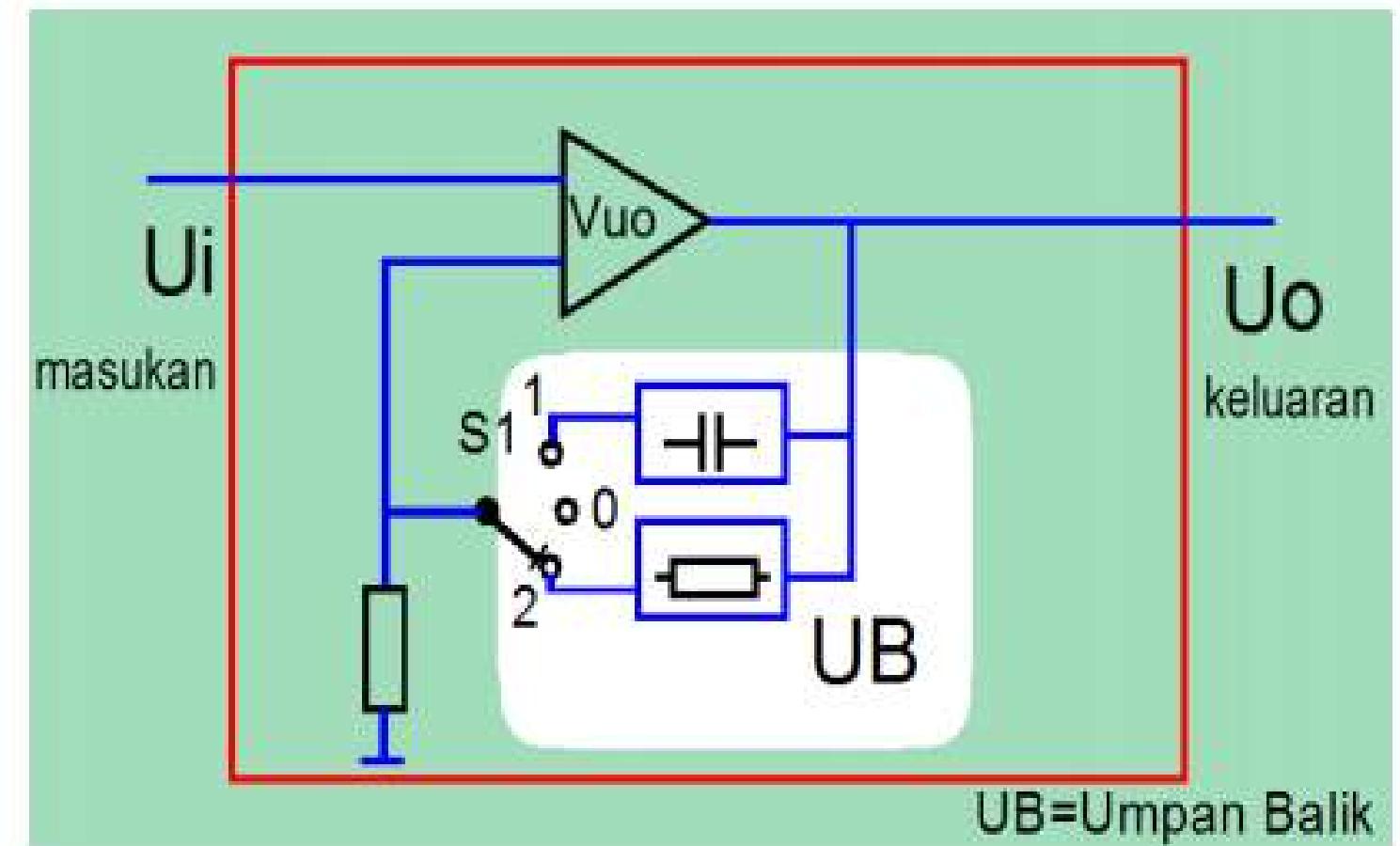
Gambar 4.4. Alur sinyal pada piringan hitam



Gambar 4.5. Kurva standar RIAA dan penguatan penguat penyama

PENGUAT DEPAN UNIVERSAL

Penguat depan universal yang kita bahas ini, merupakan sebuah penguat depan yang dapat sebagai penguat mikrophon dan dapat sebagai penguat penyama. Dengan mensaklarkan jaringan umpan balik S1 dari "1" ke "2", maka tanggapan frekuensi dari penguat depan ini akan berubah, dari linear ketidak linear. Atau dengan kata lain dari penguat depan mikrophon menjadi penguat depan pemungut suara magnetik.



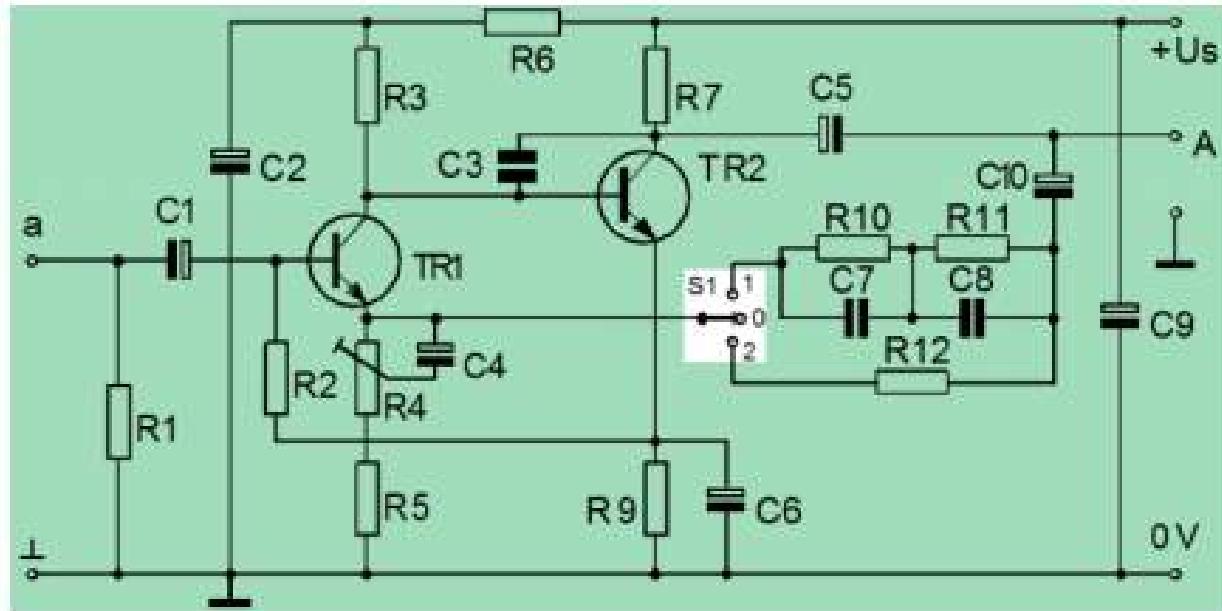
Gambar 4.6. Rangkaian blok penguat universal

Penguat depan yang dapat menguatkan tegangan 1mVef – 20mVef menjadi 1-1,4Vef dapat dibangun dengan satu atau dua buah transistor. Pada bahasan berikut dipilih penguat depan universal dua tingkat yang hubung secara DC (arus searah).

Mendimensikan komponen DC.

Rangkaian Arus Searah

Gambar skema rangkaian penguat depan universal yang akan dibahas diperlihatkan pada Gambar 4.7. Rangkaian terdiri dari 2 tingkat yang dibangun oleh transistor TR1 dan TR2. Antara keluaran penguat pertama dan kedua disambung secara DC. Umpang balik negatif yang menentukan tanggapan frekuensi, dari keluaran dihubungkan ke daerah masukan dengan penghubung S1, yang bisa dipilih sesuai yang diinginkan. Dengan S1 pada 0, ini berarti penguat tanpa umpan balik, atau open loop/terbuka. Jika S1 pada 1 maka umpan balik berupa jaringan R10-R11 dan C7-C8, penguat memiliki penguatan yang tidak linier berfungsi sebagai penguat pick-up/ pemungut suara. Jika S1 pada 2 umpan balik berupa R12, sehingga penguatan penguat linier berfungsi sebagai penguat mikrofon.



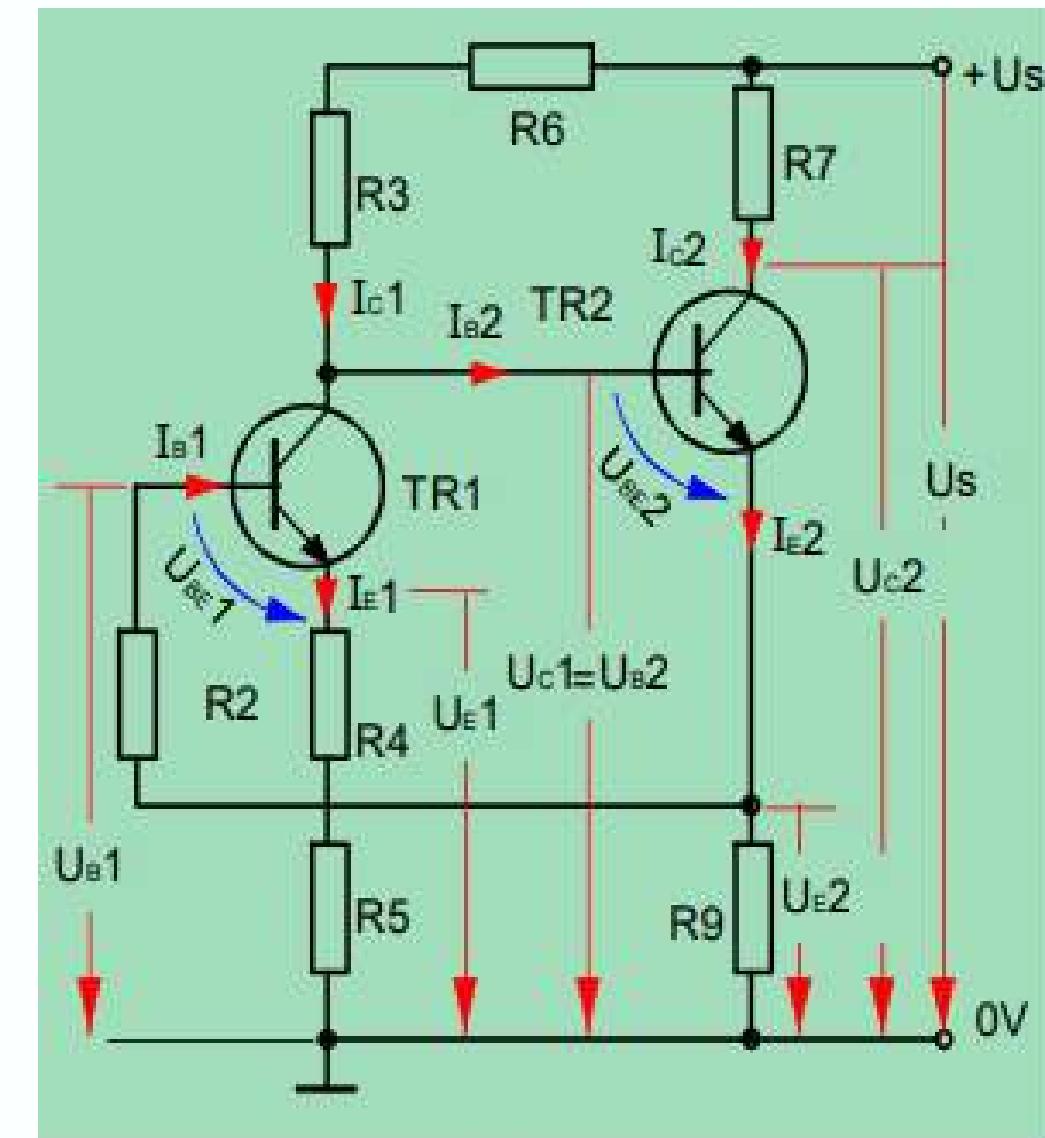
Gambar 4.7. gambar skema lengkap penguat depan universal.

Rangkaian penguat depan universal yang dibahas seperti terlihat pada gambar 4.7 dengan daftar komponen seperti berikut ini:

Daftar komponen:

Tahanan	Kapasitor	Transistor
R1 68kΩ	C1 10 µF	TR1 BC 549B
R2 220kΩ	C2 100µF	TR2 BC 549B
R3 120 kΩ	C3 33pF	
R4 VR 5 kΩ	C4 220µF	
R5 220 kΩ	C5 10µF	
R6 4,7 kΩ	C6 220µF	
R7 4,7 kΩ	C7 15000pF	
R9 1 kΩ	C8 4700 pF	
R10 330 kΩ	C9 100µF	
R11 15 kΩ	C10 10µF	
R12 15 kΩ		

Rangkaian arus searah sebuah penguat audio terlihat sangat sederhana, karena semua komponen yang berpengaruh pada frekuensi sinyal audio dapat diabaikan. Jadi semua kapasitor dapat diabaikan. Setelah proses pensaklaran berlalu, maka yang tertinggal adalah keadaan statis. Keadaan statis ini membangun titik kerja. Dalam keadaan ini semua kapasitor mempunyai potensial konstan, karena terisi penuh. Kapasitor yang terisi penuh untuk arus searah seakan terputus, tidak ada arus searah yang mengalir. Akibatnya, kapasitor tidak berpengaruh lagi pada rangkaian arus searah. Untuk penyederhanaan, dalam kondisi ini, semua kapasitor dihapus, sehingga rangkaian secara arus searah dapat dilihat pada Gambar 4.8. Untuk pembahasan selanjutnya, yang dimaksud dengan U_{CE} tegangan antara kaki kolektor dan emitor sebuah transistor, jika U_{CE2} artinya tegangan antara kaki kolektor dan emitor untuk transistor 2. Jika ditulis U_{C1} berarti tegangan kolektor transistor 1 diukur terhadap 0V (massa). Untuk I_{C2} , berarti arus kolektor transistir 2, demikian seterusnya.



Gambar 4.8. Rangkaian arus searah

Titik Kerja

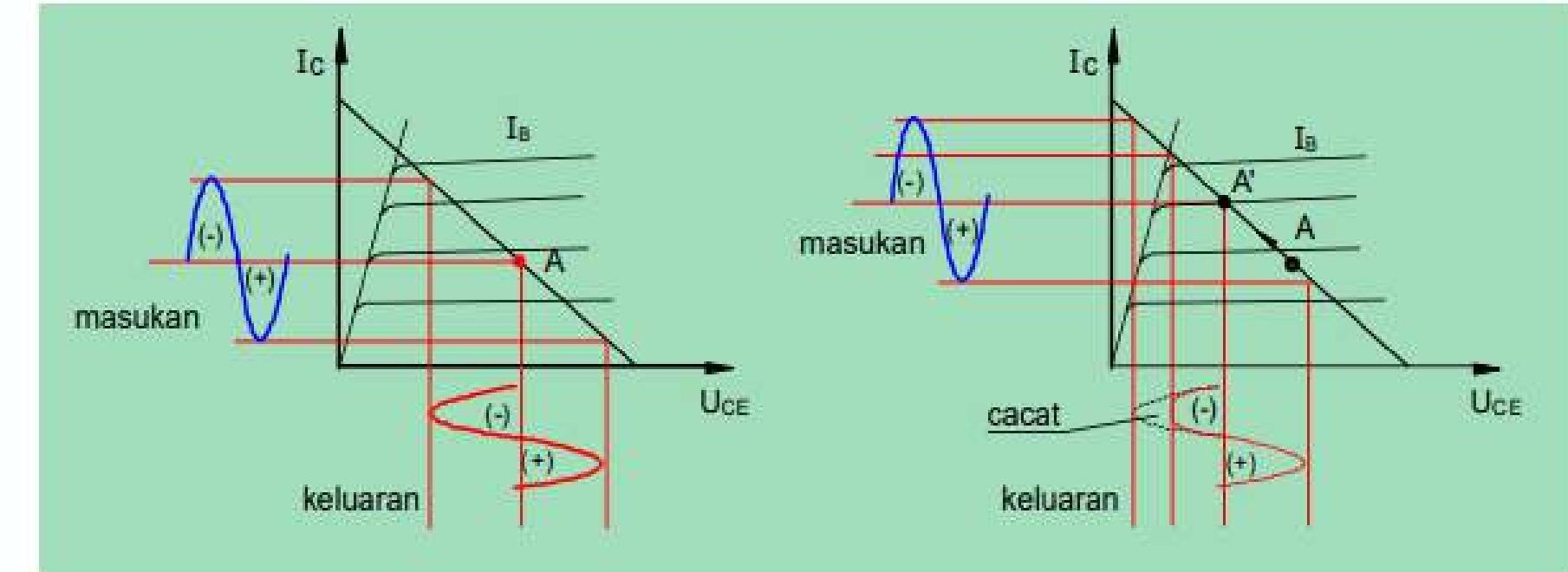
Tugas rangkaian arus searah adalah:

Menetapkan titik kerja.

Tujuan penetapan titik kerja adalah untuk membangkitkan arus kolektor IC sekaligus juga menetapkan tegangan kolektor (U_{CE}) yang konstan dan tidak bergantung temperatur. Dalam rangkaian yang dibahas, bekerja dua upaya penstabilan atas perubahan arus kolektor I_C yang disebabkan oleh perubahan temperatur.

- 1) Umpan balik negatif arus dengan R_9 pada Emitor TR2.
- 2) Penggandengan basis TR1 melalui R_2 ke emitor TR2 bekerja sebagai umpan balik negatif tegangan.

Penstabilan titik kerja dengan umpan balik negatif arus melalui tahanan emitor



Gambar 4.9. Akibat titik kerja bergeser

Titik kerja tepat (Gambar 4.9 kiri)

Sinyal dapat dikendalikan penuh baik amplitudo positif maupun negatif

Titik kerja tidak stabil (Gambar 4.9 kanan) (bergeser dari A ke A'). Sinyal hanya dapat dikendalikan penuh pada amplitudo positif. Pada amplitudo negatif U_{CE} mencapai tegangan jenuh

Akibatnya: **sinyal keluaran cacat**

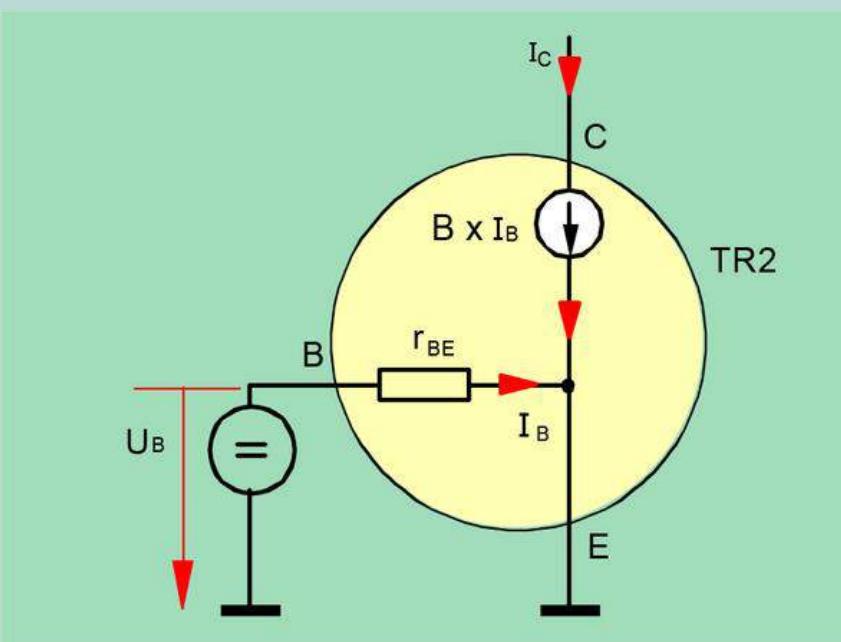
Penstabilan titik kerja dengan umpan balik negatif arus melalui tahanan emitor

Misal 1: - Titik kerja TR1 tidak tergantung TR2. Jadi tanpa R2.

$$- I_{C1} \gg I_{B2}$$

$$- R9 = 0$$

Jika $I_{C1} \gg I_{B2}$, tegangan basis atau tegangan kolektor U_{C1} hampir konstan, maksudnya tidak tergantung I_{B2} . Emotor terhubung langsung ke tanah, tanpa R9. Tahanan basis emotor TR2 dinamakan r_{be} dan tergantung temperatur, dengan demikian I_B tergantung temperatur. Maka diperoleh skema pengganti seperti berikut:



Gambar 4.10. Rangkaian pengganti transistor tanpa R_E

Dari rumus tersebut, I_B tergantung dengan r_{be} dan r_{be} sangat bergantung temperatur. Agar supaya I_B tidak atau sedikit bergantung temperatur, faktor r_{be} harus mempunyai pengaruh sesedikit mungkin

Misal 2: Seperti permisalan 1, hanya ditambahkan tahanan R9 pada emotor transistor TR2.

$$U_9 = I_B \cdot R9 + I_B \cdot B \cdot R9.$$

$$U_9 = I_B \cdot R9 (1 + B), \text{ karena } B \gg 1.$$

$$U_9 \approx I_B \cdot R9 \cdot B \text{ diperoleh :}$$

$$I_B \approx \frac{U_B - I_B \cdot R9 \cdot B}{r_{BE}}$$

$$I_B \cdot r_{be} \approx U_B - I_B \cdot R9 \cdot B$$

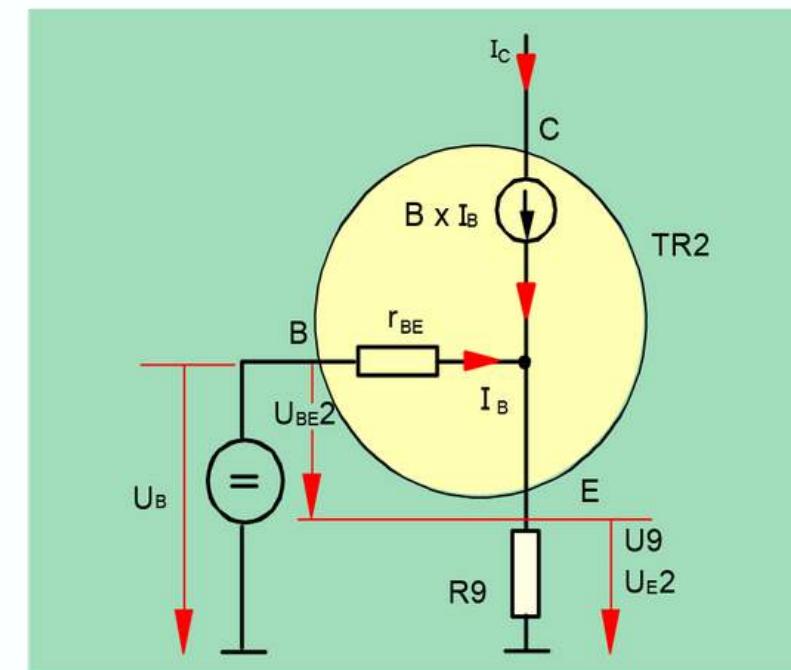
$$I_B \cdot r_{be} + I_B \cdot R9 \cdot B \approx U_B$$

$$I_B \cdot (r_{be} + B \cdot R9) \approx U_B$$

$$I_B \approx \frac{U_B}{r_{BE} + B \cdot R9} \text{ karena } B \cdot R9 \gg r_{BE} .$$

maka :

$$I_B \approx \frac{U_B}{B \cdot R9}$$



Gambar 4.11. Rangkaian pengganti transistor dengan R_E .

Dengan pemasangan tahanan R9, maka arus I_B praktis tidak lagi bergantung temperatur. Faktor pengganggu terbesar r_{be} hampir tidak lagi berpengaruh pada arus basis I_B (r_{be} tidak lagi terdapat dalam rumus). Untuk lajur basis-emitor R9 bekerja secara pengalian dengan penguatan arus, R basis emitor = $B \cdot R_9$. Dengan ini r_{be} dalam perbandingan sangat kecil, sehingga dapat diabaikan. Tahanan pada kaki emitor ini secara prinsip akan menyebabkan efek umpan balik, dan arena sifatnya mengurangkan maka tahanan pada kaki emitor disebut sebagai tahanan umpan balik negatif arus.

Penstabilan dengan tahanan di emitor dapat pula dijelaskan sebagai berikut: Jika oleh sebab panas maka tahanan r_{BE} berubah mengecil maka arus yang melewatkinya (I_B) membesar maka arus kolektor pun (I_C) akan naik maka tegangan emitor (U_E) akan naik karena ($U_E = I_C \times R_9$). Jika U_E naik maka U_{BE} akan mengecil ($U_{BE} = U_B - U_E \rightarrow U_B$ dianggap konstan dalam kasus ini) mengakibatkan arus basis mengecil yang kemudian akan mengakibatkan arus kolektor mengecil.

Temperatur $\uparrow I_B \uparrow I_C \uparrow, U_E \uparrow U_{BE} \downarrow I_B \downarrow I_C \downarrow$

Dalam praktik U_9 dipilih sekitar 1…2 Volt ($U_9 > U_{BE1}$) sehingga R_9 besarnya sekitar $0,1 \dots 1 k\Omega$ untuk memperoleh ketabilan yang baik. Permisalan dan pemikiran di atas berlaku juga untuk TR1. Tahanan $R_4 + R_5$ juga secara positif menyelesaikan penstabilan. Tetapi tegangan jatuh pada $R_4 + R_5$ terlampaui kecil ($U_E1 < U_{BE1}$) untuk mendapatkan stabilisasi yang cukup.

Penstabilan titik kerja melalui umpan balik negatif melalui R_2 .

Upaya Penstabilan kedua yang sangat efektif dicapai melalui umpan balik negatif tegangan TR2 Emitor - R_2 - Basis TR1. Tegangan bias TR1 ditimbulkan melalui tegangan jatuh pada R_9 (U_9).

Cara kerja dibahas secara kualitatif :

TR1:

Temperatur $\uparrow I_{B1} \uparrow U_{C1}, U_{B2} \downarrow I_{B2} \downarrow I_{C2} \downarrow U_9 \downarrow I_{B1} \downarrow$

Kenaikan I_{B1} yang diakibatkan kenaikan temperatur, melalui lingkaran pengatur berakibat suatu penurunan $I_{B1} \cdot TR2$:

Temperatur $\downarrow I_{B2} \downarrow I_{C2} \downarrow U_9 \downarrow I_{B1} \downarrow I_{C1} \downarrow U_{C1}, U_{B2} \uparrow I_{B2} \uparrow$

Penurunan I_B yang disebabkan oleh temperatur turun, melalui lingkaran pengatur berakibat suatu penaikan I_B .

Proses stabilisasi ini terjadi terus menerus sehingga diperoleh arus kolektor yang tidak lagi tergantung temperatur dan dengan demikian dicapai pula titik kerja yang stabil.

Perhitungan tegangan DC dan arus DC

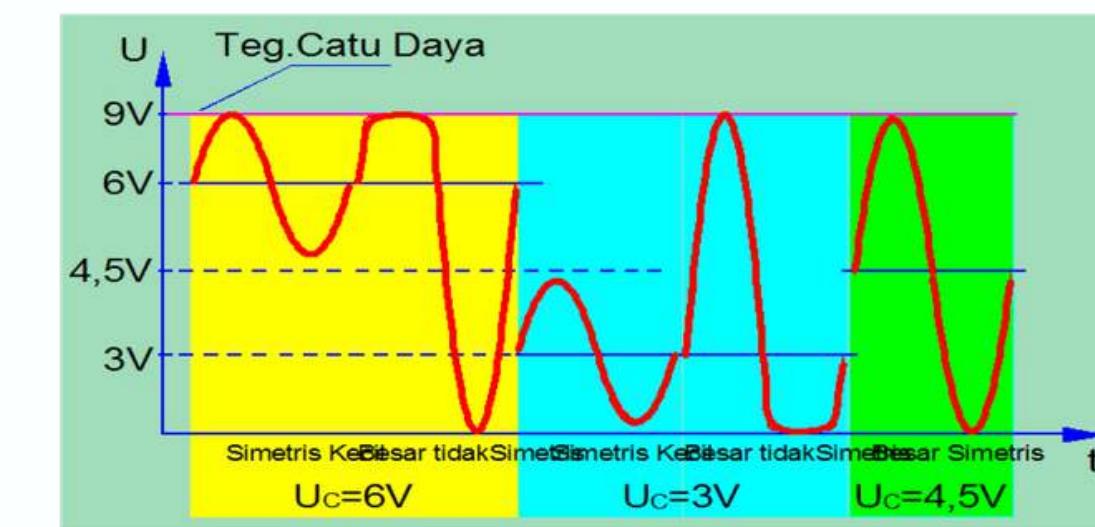
Perhitungan dibentuk sedemikian rupa, dengan penaksiran perbandingan tegangan dan arus setepat mungkin. Dalam hubungan dengan praktisnya perhitungan/penaksiran besaran ini menggambarkan kemampuan fungsi sebuah rangkaian. Harga perhitungan/penaksiran dan harga terukur nantinya dapat dibandingkan dan diinterpretasi.

Permisalan:

- 1) Semua harga komponen sesuai dengan gambar rangkaian dan sem⁶⁵ benar.
- 2) Rangkaian berfungsi dengan benar.
- 3) Penyederhanaan : $I_E = I_C$. karenal_B sangat kecil dibanding I_C
- 4) Data TR1, TR2 :(BC 549) Digambarkan dalam grafik, bahwa besarnya tegangan basis-emitor (U_{BE}) besarnya penguatan (B) sangat tergantung dari penetapan arus kolektor (I_C).

- 1) U_{C2} : Agar dihasilkan pengendalian yang simetris, U_{C2} , dimana pada titik ini diambil sinyal keluaran, besarnya kira-kira harus terletak di tengah-tengah harga tegangan catu. Dengan demikian :

$$U_{C2} = \frac{U_S}{2} = \frac{9V}{2} = 4,5V$$



Gambar 4.12. pengaruh penetapan tegangan kolektor U_C terhadap tegangan sinyal yang dihasilkan

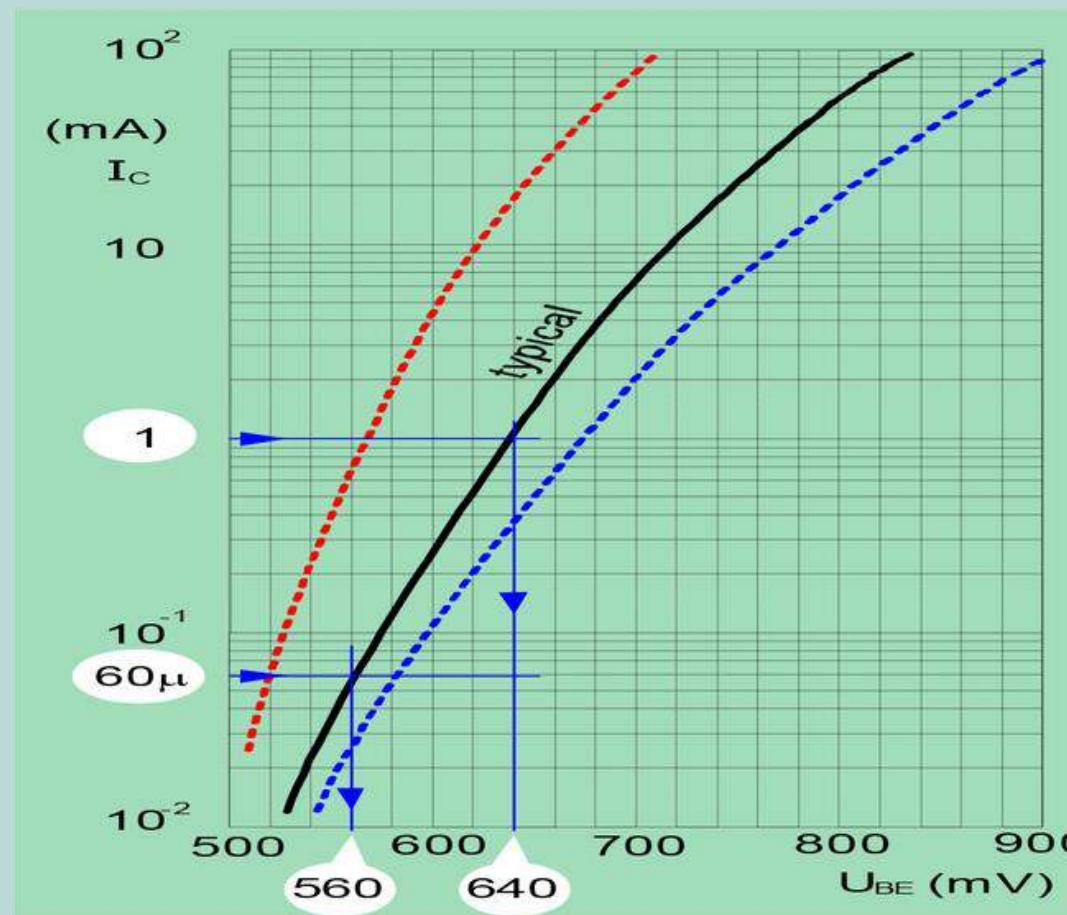
Jika tegangan kolektor transistor terakhir ditetapkan 6V maka tegangan sinyanya sisi positif akan terbatasi oleh tegangan maksimum catu daya. Jika ditetapkan 3V bagian negatif sinyal akan dibatasi oleh 0V. pada penetapan $U_C = 4,5 V$ (setengah tegangan catu), maka akan diperoleh tegangan sinyal yang besar dan simetris, seperti Gambar 4.12.

$$2) I_{C2} = \frac{U_7}{R7} = \frac{U_s - U_{C2}}{R7} = \frac{4,5V}{4,7k\Omega} = 0,96mA$$

$$3) U_9(U_E2) = I_{C2} \cdot R9 = 0,96 mA \cdot 1k\Omega = 960 mV$$

U₉ harus sedikitnya 1V dan tentu lebih besar dari pada U_{BE1} = 0,6 V

$$4) U_{C1} = U_B2 = U_9 + U_{BE2} = 960mV + 640mV = 1,60V \Rightarrow \text{Tegangan basis-emitor } U_{BE1}=640mV \text{ (Ic=1mA)}$$



Gambar 4.13. Grafik tegangan basis-emitor (U_{BE}) fungsi arus kolektor (I_c) (Philips Data handbook, Semiconductor Part 3 Nov 1982)

Tegangan basis-emitor U_{BE} sebuah transistor tergantung pada arus kolektor I_c. jika arus kolektor I_c ditetapkan 1mA, maka pada arus 1mA dalam grafik Gambar 4.13 ditarik garis kekanan dan berpotong pada grafik (pilih yang typical) lalu ditarik ke bawah. Maka ditemukanlah besarnya tegangan U_{BE}, dalam hal ini ditemukan U_{BE} sebesar 640mV untuk transistor TR2. Sedang untuk kondisi transistor TR1 dengan I_c=60μA maka diperoleh U_{BE}=560mV

$$5) I_{C1} = \frac{U_s - U_{C1}}{R3 + R6} = \frac{9V - 1,6V}{120k\Omega + 4,7k\Omega} = 59\mu A$$

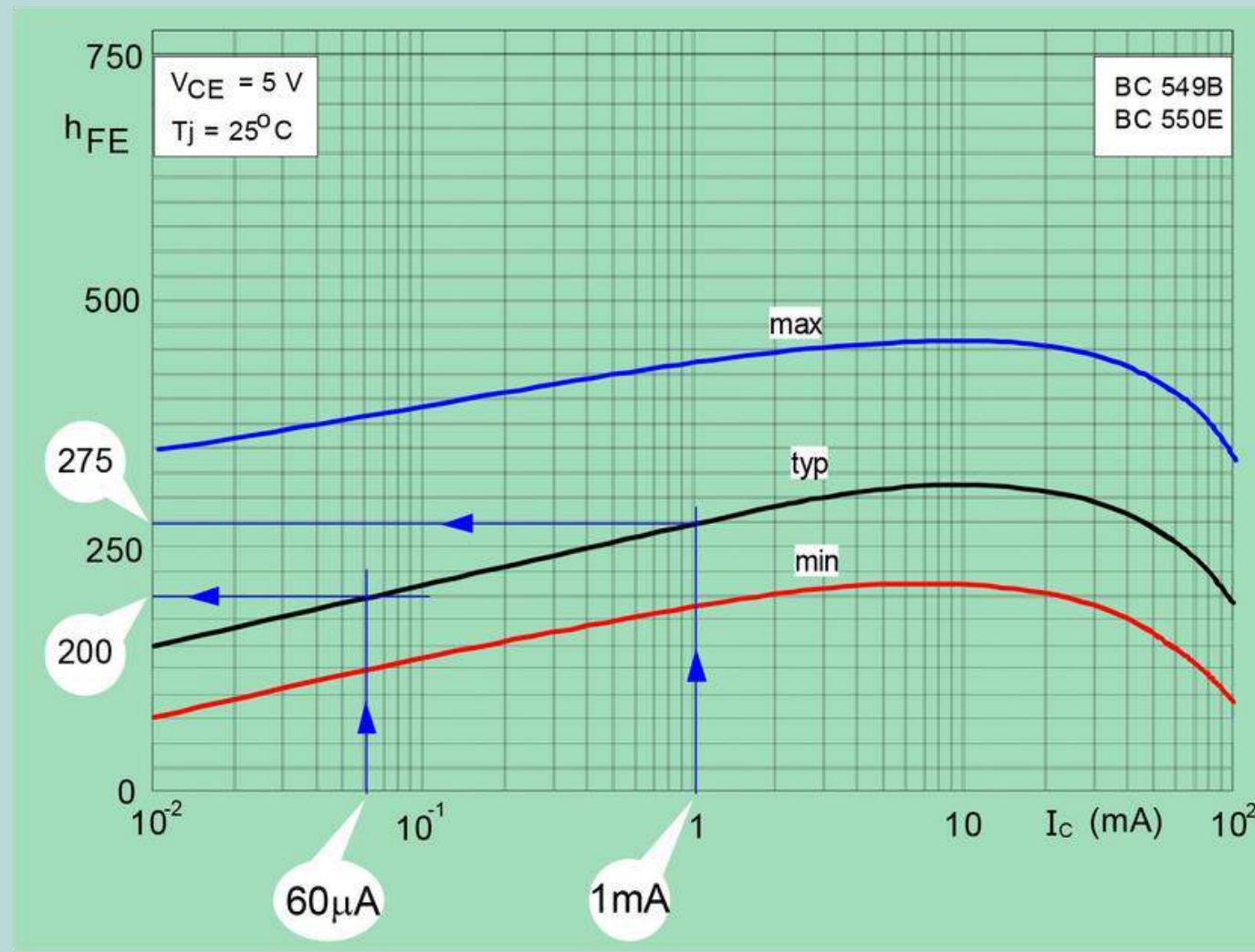
$$6) U_E1 = I_{C1} \cdot (R4 + R5) = 59\mu A \cdot 5,22 k\Omega = 308 mV.$$

$$7) U_B1 = U_E1 + U_{BE1} = 308mV + 560mV = 868 mV. \Rightarrow \text{Tegangan basis-emitor } U_{BE1}=560mV \text{ (Ic=60μA)}$$

U_{B1} harus lebih kecil dari U₉ agar arus basis dapat mengalir. Dengan sangat kecilnya arus basis I_{B1} dan sangat lebih kecil dari I_{C2}, maka hanya terdapat tegangan jatuh yang kecil pada R2.

$$8) I_{B1} = \frac{U_9 - U_B1}{R2} = \frac{960mV - 868mV}{220k\Omega} = 0,41\mu A$$

$$9) I_{B2} = \frac{I_{C2}}{B2} = \frac{0,96mV}{275} = 3,5\mu A$$



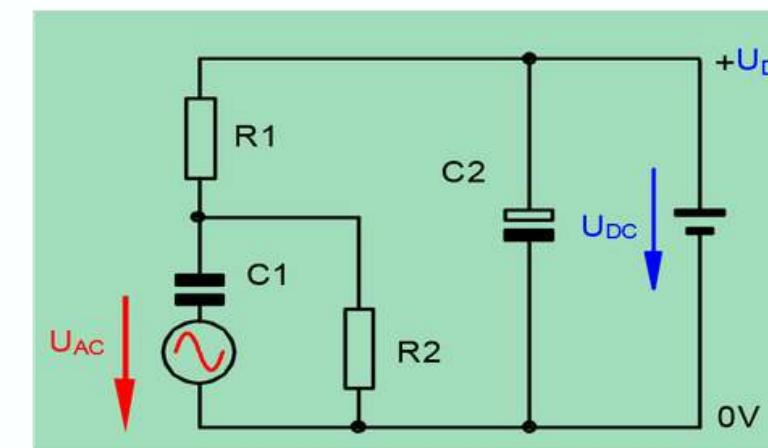
Gambar 4.14. Penguatan (h_{FE}) fungsi arus kolektor (I_C)
(Philips Data handbook, Semiconductor Part 3 Nov 1982)

Dari Gambar 4.14. dapat dibaca penguatan arus B (untuk arus searah) atau h_{FE} , untuk transistor TR2 sebesar 275 karena $I_C=0.96\text{mA}$. Untuk transistor TR1 penguatannya sebesar 200 karena $I_C=60\mu\text{A}$. Dengan menggunakan lembar data dan tanpa teori yang rumit memungkinkan perhitungan tegangan dan arus dengan ketepatan yang cukup. Perhitungan tidak harus persis seperti langkah-langkah yang dibicarakan di atas. Untuk diperhatikan, bahwa seharusnya dilakukan permisalan sedikit mungkin, untuk mendapatkan ketepatan hasil yang masih dapat diterima.

b. Mendimensikan komponen AC.

Aliran Sinyal pada AC

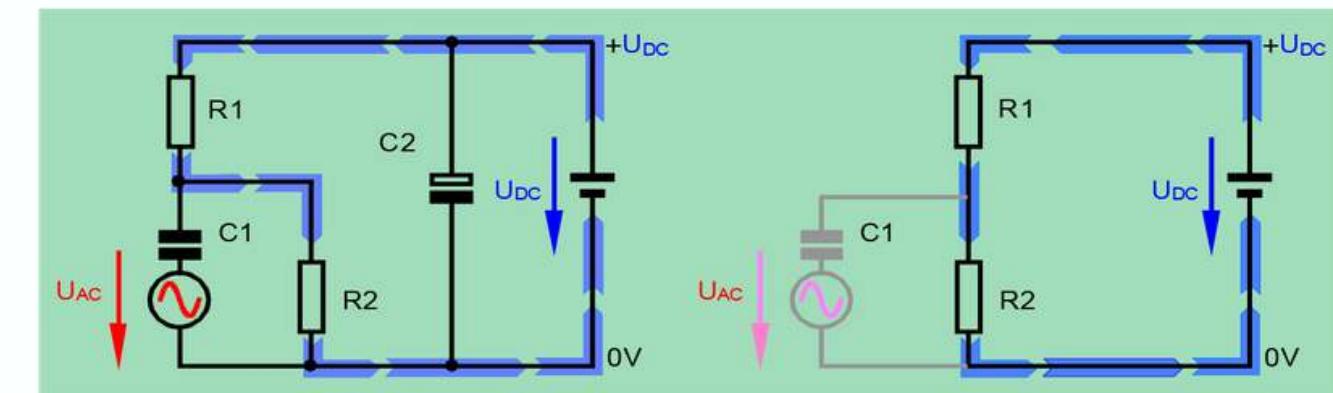
Dalam sebuah rangkaian penguat audio jalannya aliran sinyal untuk AC dan DC tidak sama. Sumber tegangan DC untuk sinyal AC membentuk sebuah hubung singkat. Tahanan dalam sumber tegangan idealnya sama dengan 0Ω ! Dengan demikian elemen-elemen yang terletak antara potensial positif dan negatif untuk sinyal AC terletak paralel.



Gambar 4.15. Rangkaian 2 tahanan dalam arus searah dan bolak-balik

Untuk I_{DC} , R_1 dan R_2 terhubung seri. Sehingga $R_t = R_1 + R_2$.

Untuk i_{AC} , R_1 dan R_2 terhubung paralel. Sehingga $R_t = R_1 // R_2$.



Gambar 4.16 Rangkaian tahanan pada tegangan DC

Gambar sebelah kanan pada Gambar 4.16 merupakan rangkaian pengganti pada saat rangkaian dialiri arus searah (DC). Demikian pula pada Gambar 4.17 sebelah kanan merupakan rangkaian pengganti pada saat rangkaian dialiri arus bolak-balik (AC).

Pemilahan jaringan penguat, jaringan umpan balik negatif.

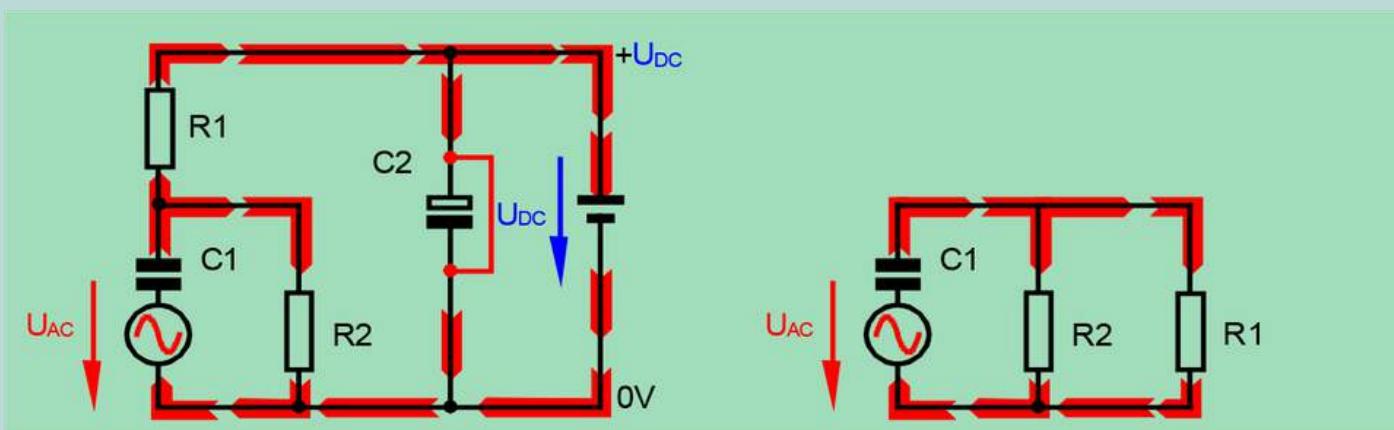
Rangkaian dalam penguat depan universal yang dibahas dapat dipilih dalam:

A : Jaringan penguat.

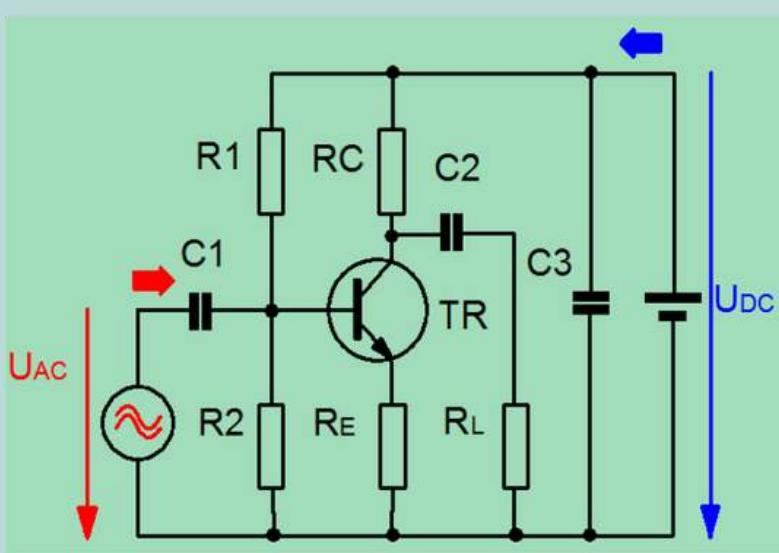
B : Jaringan umpan balik negatif

Pemilahan dapat dilihat pada Gambar 4.19,

Umpan balik negatif maksudnya adalah, mengembalikan sebagian tegangan keluaran ke rangkaian masukan dengan efek memperkecil, jika memperbesar disebut dengan umpan balik positif. Cara untuk memperoleh umpan balik negatif, fasa tegangan keluaran yang dikembalikan ke masukan harus berbalikan fasa dengan fasa tegangan masukan. Sehingga akan berakibat sebuah pengurangan.



Gambar 4.17 Rangkaian tahanan pada tegangan AC



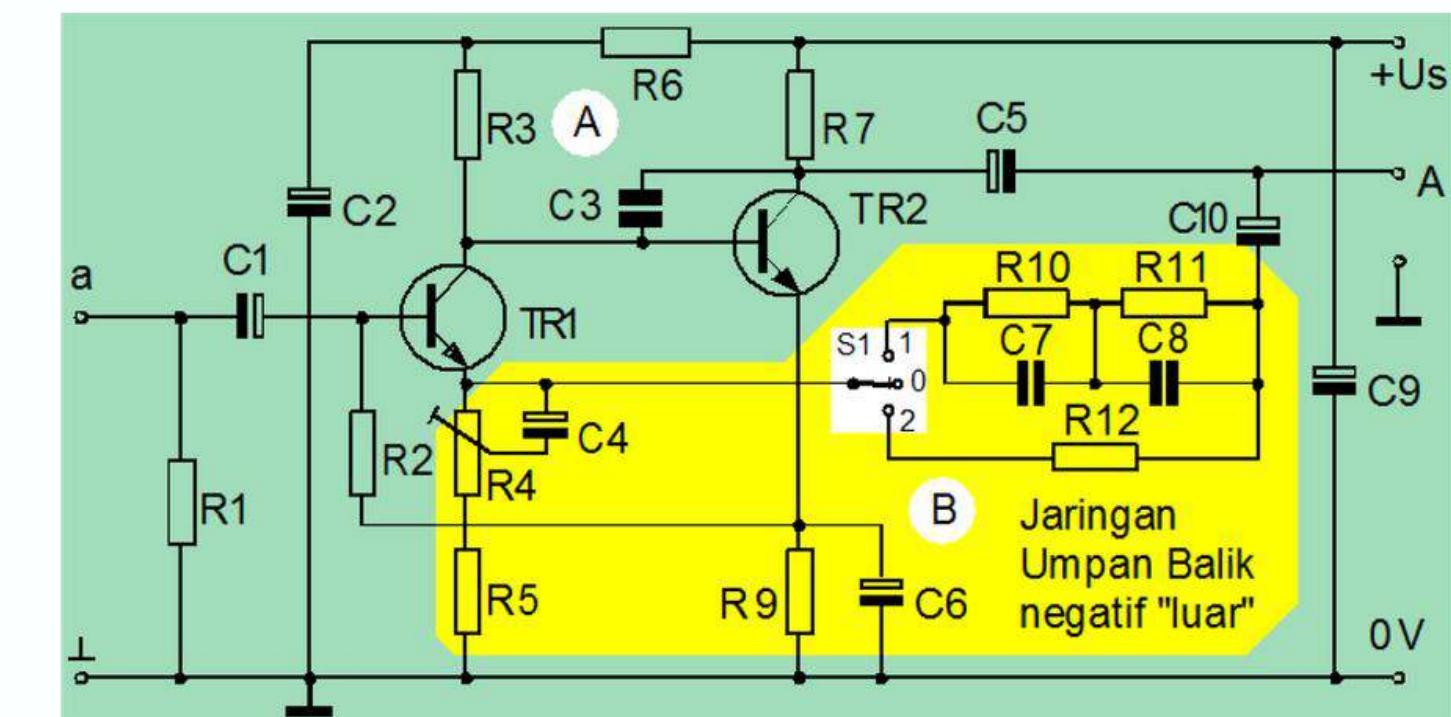
Gambar 4.18. Arus AC dan DC pada rangkaian penguat transistor

Masukan

Untuk U_{AC} pembagi tegangan R_1 , R_2 terletak paralel sehingga:
 $R_{tB} = R_1 // R_2$.

Keluaran

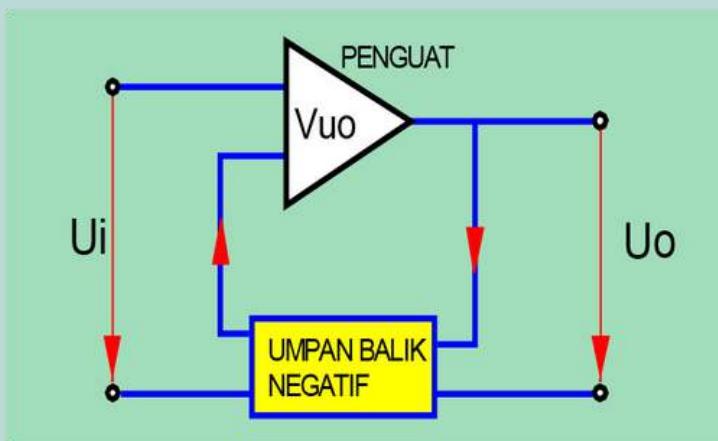
Untuk sinyal AC R_L terletak paralel ke R_C . Dengan demikian R_{tc} dikolektor untuk sinyal AC:
 $R_{tc} = R_C // R_L$.



Gambar 4.19. Pemilahan antara jaringan umpan balik negatif dan penguat

Umpan balik negatif akan mempengaruhi penampilan keseluruhan rangkaian.

Umpan balik negatif akan mempengaruhi penampilan keseluruhan rangkaian.



Gambar 4.20. Rangkaian blok penguat

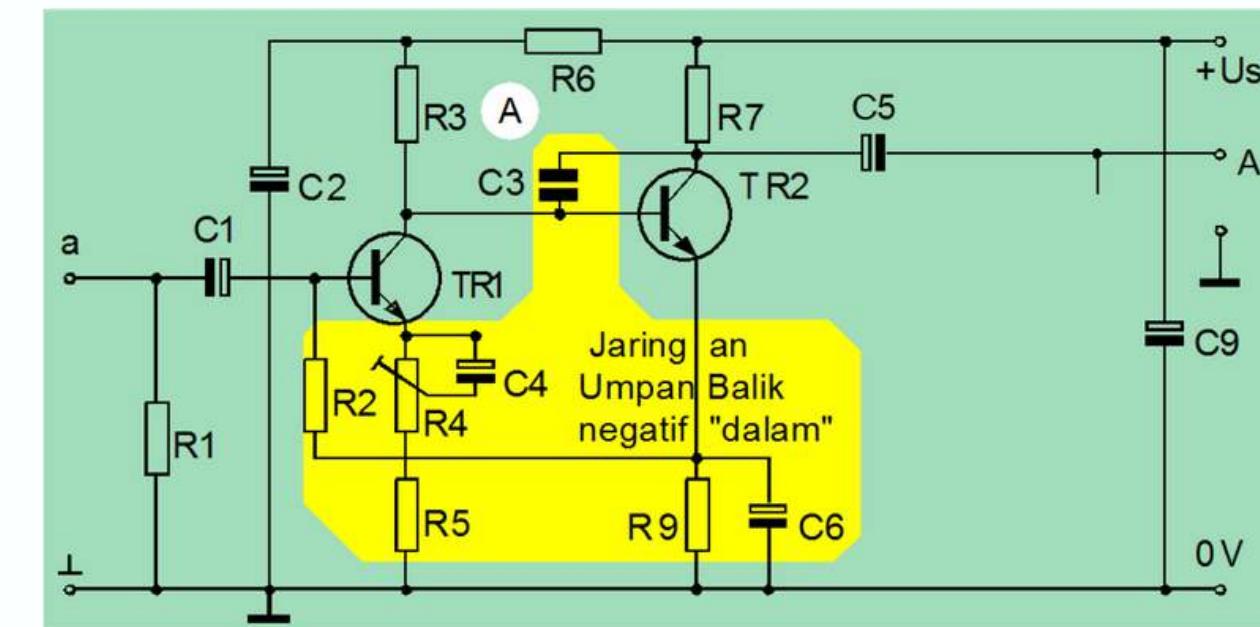
Jaringan penguat dengan umpan balik "dalam"

Dalam bahasan berikut rangkaian penguat dalam Gambar 4.19 dianalisa dan penampilannya dihitung secara kualitatif. Dalam bahasan sebelumnya telah dihitung dan diterangkan berakibat apa tahanan-tahanan emitor R9, R4, R5.

Semua itu mengakibatkan penstabilan arus kolektor supaya titik kerja tidak bergeser. Dimana yang disebut umpan balik negatif arus, yang mana tegangan umpan balik U_9 (U_E2), U_4 , 5 (U_E1) sebanding dengan arus I_E1 , I_E2 . Umpan balik negatif ini bekerja atas setiap perubahan sinyal. Bila kita letakkan tegangan sinyal pada masukan a, menyimpanglah arus basis dalam irama sinyal masukan. Umpan balik negatif akan menstabilkan "penyimpangan" ini, dengan demikian *sinyal dari masukan tidak dikuatkan*. Padahal penguatan sinyal diperlukan. Maka umpan balik negatif untuk tegangan sinyal harus *diperkecil*.

Hal yang dipengaruhi :

- Penguatan V_U (penguatan tegangan), V_i (penguatan arus).
- Lebar band.
- Tahanan masukan r_e .
- Tahanan keluaran r_A .
- Faktor cacat.



Gambar 4.21. Penguat hanya dengan umpan balik negatif "dalam"

Dalam rangkaian yang dibahas, umpan balik negatif melalui R9 untuk tegangan sinyal akan diperkecil dengan cara R9 dihubung singkat dengan C6, dengan demikian arus bolak-balik sinyal *tidak membangkitkan tegangan AC* umpan balik melalui R9. Kapasitor C6 membuat suatu hubung singkat untuk sinyal AC. Dengan kata lain C6 berfungsi sebagai peniada umpan balik untuk sinyal AC.

Sedang R4 (trimpot) untuk sinyal AC akan dihubung singkat tergantung posisinya. Umpan balik negatif maksimum bila penggeser trimpot berada paling atas, sehingga tahanan yang berada di emitor sebesar 5,220 kΩ. Tahanan atur R4 digunakan untuk mengatur besarnya umpan balik negatif, tetapi hal ini *hanya berlaku untuk sinyal AC*.

Untuk DC semua kapasitor membentuk rangkaian terputus atau $X_C=\infty$, sehingga pada tahanan atur R4 besarnya tidak akan berubah walau penggeser tahanan atur diubah-ubah. Dengan demikian R4 bertugas untuk pengatur penguatan sinyal.

Rangkaian R6, C2 bertugas untuk menyaring (mem-filter) tegangan catu TR1, karena tingkat penguatan keseluruhan mempunyai penguatan yang besar. Jika tidak disaring (difilter), tegangan dengung akan sangat terdengar di keluarkan A. Kapasitor C1, C5 adalah kapasitor penggandeng dan bertugas untuk memisahkan tegangan DC. Tahanan R1 mempunyai pengaruh paling besar dalam menentukan besarnya tahanan masukan rangkaian. Kapasitor C3 adalah umpan balik negatif yang lain dan bekerja pada frekuensi tinggi. Sinyal frekuensi tinggi akan dikembalikan ke basis TR2, maka penguatanpun menurun. Kapasitor C3 bekerja pada frekuensi di atas 20 kHz. Kapasitansi seluruhnya $C_3' = \beta \times C_3$, jadi dengan penguatan arus yang lebih besar nilai C_3' akan sangat besar.

Perhitungan penguatan V_{UO} dengan tahanan emitor R9, R4, R5.

Rangkaian yang dimaksud seperti seperti diperlihatkan Gambar 4.20, rangkaian tanpa jaringan umpan balik C7,C8,R10,R11 dan R12. Besar perbandingan tegangan keluaran dengan tegangan masukan, V_U karena ini tanpa umpan balik tersebut, maka perbandingan ini disebut pula penguatan terbuka atau “open loop” atau penguatan tanpa umpan balik, dengan notasi V_{UO} . Besarnya:

$$V_{UO} = \frac{U_A}{U_i}$$

Dari rumus umum tersebut, untuk penguat emitor bersama diperoleh hitungan penguatan sebagai berikut:

$$V_{UO} = \frac{\beta \times R_t}{r_{be} + (\beta+1) R_E'}$$

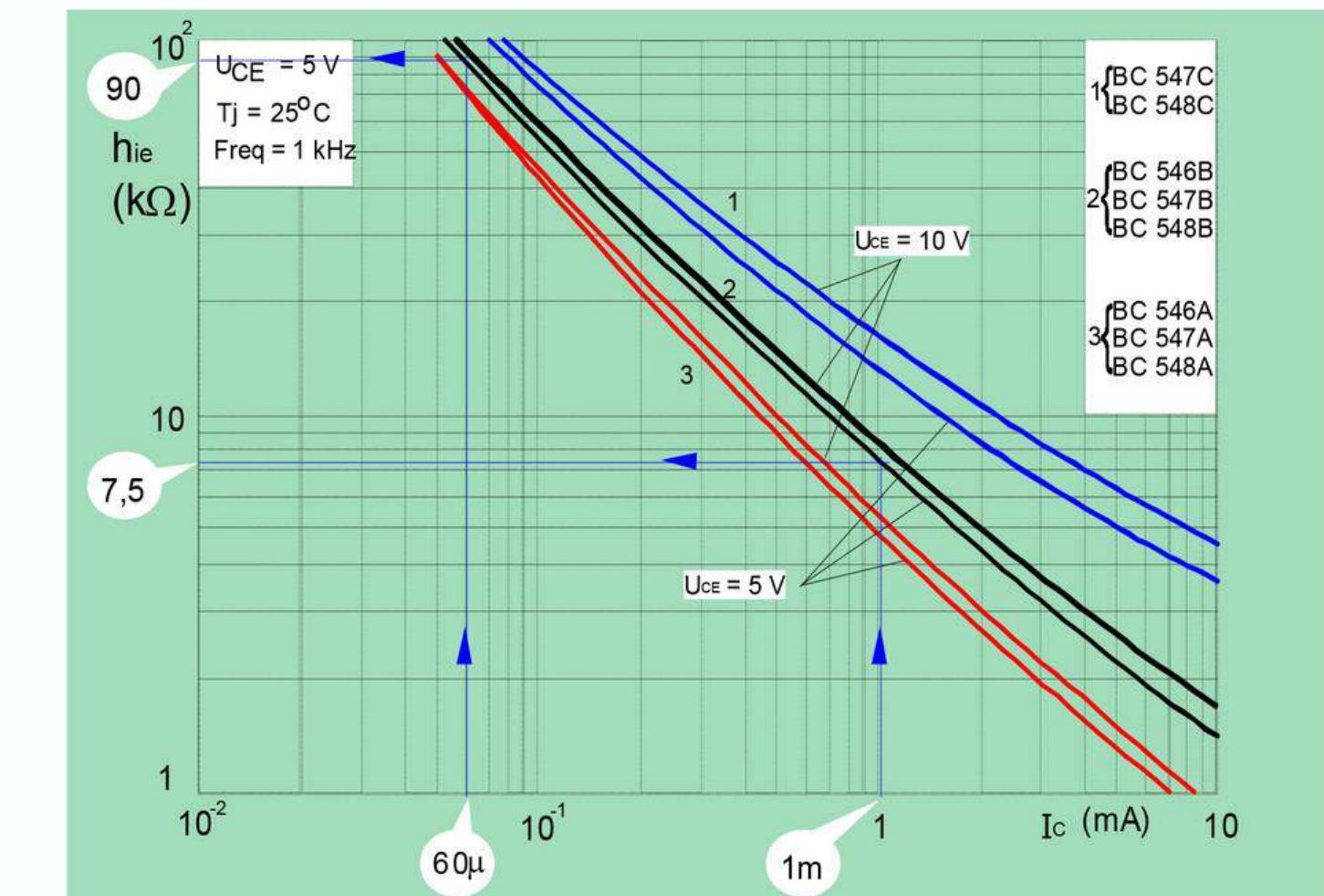
β = Penguatan arus untuk AC $\approx B$
 R_t = Tahanan di kolektor untuk AC.
 r_{be} = Tahanan basis-emitor
 R_E' = Tahanan umpan balik negatif di emitor

Jika $r_{be} \ll \beta \times R_E'$ dan $\beta \gg 1$.

$$|V_U| \approx \frac{R_t}{R_E'}$$

Untuk TR1 terdapat keadaan sebagai berikut:

Paralel dengan R3 terletak tahanan r_{be2} dari transistor TR2. r_{be2} berharga sekitar $7,5 \text{ k}\Omega$ untuk $I_{C2} = 1 \text{ mA}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (dari lembar data).



Gambar 4.22. Impedansi masukan (h_{ie}) fungsi arus kolektor (I_c)
(Philips Data handbook, Semiconductor Part 3 Nov 1982)

Sehingga:

$$- R_t = R3 // r_{be2} = 120 \text{ k}\Omega // 7,5 \text{ k}\Omega \approx 7 \text{ k}\Omega \Rightarrow // = \text{paralel}$$

$$- \beta \approx 220 \text{ untuk } I_{C1} = 50 \mu\text{A} \text{ dan } f = 1 \text{ kHz} \text{ (dari lembar data)}$$

$$- R_E' = R5 \text{ sampai } (R4 + R5) \text{ sesuai posisi trimpot R4.}$$

$$- r_{be1} = 90 \text{ k}\Omega \text{ untuk } I_{C1} = 50 \mu\text{A} \text{ dan } f = 1 \text{ kHz} \text{ (dari lembar data).}$$

Untuk V_U maks untuk TR1 rumus sederhana tidak boleh digunakan, karena $r_{be1} \gg \beta \times R_E'$

Sehingga:

$$|V_u \text{ maks(TR1)}| = \frac{220 \times 7,5 \text{k}\Omega}{90 \text{k}\Omega + (220+1) \times 220} = 11,9 \text{ kali}$$

Untuk $V_u \text{ min } r_{be1} \ll \beta \times R_E'$ sehingga rumus yang disederhanakan dapat digunakan.

$$|V_u \text{ min(TR1)}| = \frac{7,5 \text{k}\Omega}{5,22 \text{k}\Omega} \approx 1,4 \text{ kali}$$

TR2 tanpa umpan balik negatif, karena R9 dihubung singkat oleh C6 untuk AC. Di kaki kolektor ditemui hanya R7, karena tidak terdapat tahanan beban yang dihubungkan.

- $R_t = R7 = 4,7 \text{k}\Omega$

- $\beta \approx 275$ untuk $I_C2 = 1 \text{ mA}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (data Gambar 4.13).

- $r_{be2} = 7 \text{k}\Omega$ untuk $I_C2 = 1 \text{ mA}$ dan $f = 1 \text{ kHz}$ (data).

Maka:

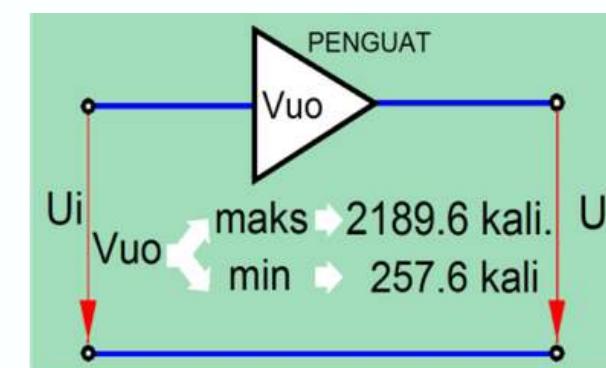
$$V_u = \frac{275 \times 4,7 \text{k}\Omega}{7 \text{k}\Omega} = 184 \text{ kali}$$

Untuk penguatan keseluruhan terdapat penguatan:

$$V_{uo} \text{ maks} = V_u \text{ maks (TR1)} \times V_u \text{ (TR2)} = 11,9 \times 184 = 2189,6 \text{ kali.}$$

$$V_{uo} \text{ min} = V_u \text{ min (TR1)} \times V_u \text{ (TR2)} = 1,4 \times 184 = 257,6 \text{ kali.}$$

Hasil dari perhitungan sangat tergantung dari data transistor! β dapat menyimpang hingga $\pm 50\%$ dari harga (menyebar).



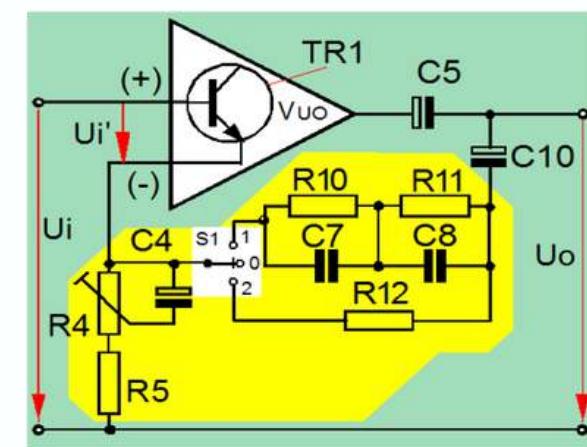
Gambar 4.23. Penguat dengan penguatan V_{uo} .

Selain itu β dan r_{be} tergantung dari arus kolektor. Harga yang telah dihitung hanya dapat digunakan sebagai pengarah. Penguat yang dibahas sekarang dapat dipandang seperti Gambar 4.23

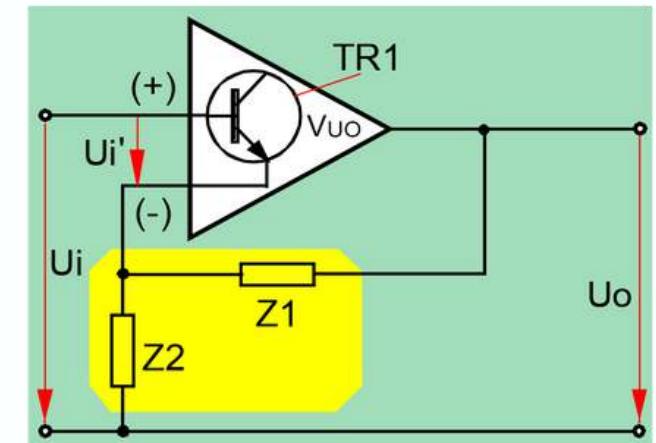
Penguat mempunyai sifat menguatkan sinyal dengan penguatan beban kosong atau terbuka atau $open loop V_{uo}$ 257,6 kali sampai 2189,6 kali (tergantung pengaturan posisi R4).

Sudah barang tentu penguatan beban kosong V_{uo} tidak sama besar dari $f=0 \text{ Hz}$ (DC) sampai $f = \infty$. Frekuensi batas bawah f_{bb} ditentukan oleh kapasitor C1, C5. Kapasitor C1 bersama dengan tahanan masukan TR1 membentuk pelalu atas. Kapasitor C5 bersama tahanan beban R_L membentuk sebuah pelalu atas. R_L dapat merupakan tahanan masukan tingkat berikutnya.

Penguatan dengan umpan balik negatif "luar"



Gambar 4.25. Umpan Balik "luar"



Gambar 4.26. Penguat dengan umpan balik Z_1 dan Z_2

Dalam umpan balik negatif pada gambar 4.25 elemen ini bekerja kembali.

Penguatan tanpa umpan balik $V_{uo} = \frac{U_o}{U_i}$ dengan $U_{i'} = U_i - U_o \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right)$ dimana

$U_A \frac{Z_1}{Z_1+Z_2}$ merupakan tegangan yang dikembalikan dari keluaran ke masukan.

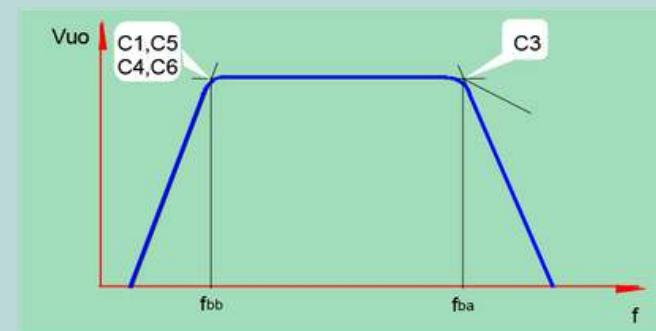
$$V_{uo} = \frac{U_o}{U_i - U_o \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right)}$$

$$V_{uo} \left(U_i - U_o \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right) \right) = U_o$$

$$V_{uo} \times U_i - V_{uo} \times U_o \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right) = U_o$$

$$V_{uo} \times U_i = U_o + V_{uo} \times U_A \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right) = U_o \left(1 + V_{uo} \times \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right) \right)$$

Untuk frekuensi rendah X_C dari C_4 , C_6 selalu semakin besar. Dengan demikian umpan balik negatif naik dan penguatan menurun, lihat Gambar 4.24.



Gambar 4.24. Pembatasan tanggapan frekuensi

Penguatan dari hasil perhitungan di atas berlaku hanya untuk daerah frekuensi tengah saja (dalam daerah 20 Hz.....20 kHz).

Jaringan umpan balik negatif "luar"

Pengertian *jaringan umpan balik "luar"* adalah jaringan antara *keluaran penguat* (C_{10}) ke *masukan penguat* (emitor TR1 untuk memperoleh *umpan balik negatif*). Komponen umpan balik dapat diganti dengan memindahkan saklar penghubung umpan balik S1. Jika saklar S1 pada 2 sinyal keluaran diumpan balikkan melalui tahanan R12, dimana komponen ini tidak terpengaruh oleh frekuensi, melalui C_{10} (C_{10} nilainya terlalu besar untuk sinyal audio). Jika saklar S1 pada 1, umpan balik negatif akan bergantung frekuensi dan sesuai dengan penyama (ekualisasi = *equalization*) untuk piringan hitam RIAA (*Recording Industry Association of America* = Asosiasi Industri Rekaman Amerika), komponen itu terdiri dari jaringan R10,R11 dan C7 serta C8.

Model dari gambar 4.21 diubah. Basis dipisah menjadi masukan (+) dan emitor menjadi masukan (-). Tegangan kendali keseluruhan terletak antara basis (+) dan emitor (-) dari TR1 dan dinyatakan sebagai $U_{i'}$ lihat gambar 4.25. Untuk perhitungan penguatan model dari gambar 4.25

disederhanakan menjadi seperti Gambar 4.26. Impedansi Z_2 adalah umpanbalik negatif antara keluaran dan emitor TR1. Impedansi Z_1 adalah umpan balik antara emitor TR1 dan massa (0V). Elemen R4 dan R5 telah dijelaskan pada umpan balik negatif arus dalam "jaringan penguat".

$$\frac{U_A}{U_i} = \frac{V_{uo}}{1 + V_{uo} \times \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \left(\frac{Z_1}{Z_1+Z_2} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)}}$$

$$V_u = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)}}$$

Jika $V_{uo} \gg 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$

Maka

$$V_u = \frac{1}{1 + \frac{1}{Z_2}} \rightarrow V_u = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$$

Dari sini terlihat bahwa penguatan V_u tidak lagi tergantung dari penguatan beban kosong (*open loop Gain*) V_{uo} ! Tetapi ditentukan oleh Z_1 dan Z_2 . Jadi jaringan umpan balik negatif Z_1 dan Z_2 menentukan sifat penguat.

Sisi baiknya : sifat yang berbeda dari transistor TR1, TR2 praktis tidak mempengaruhi sifat dari penguat keseluruhan.

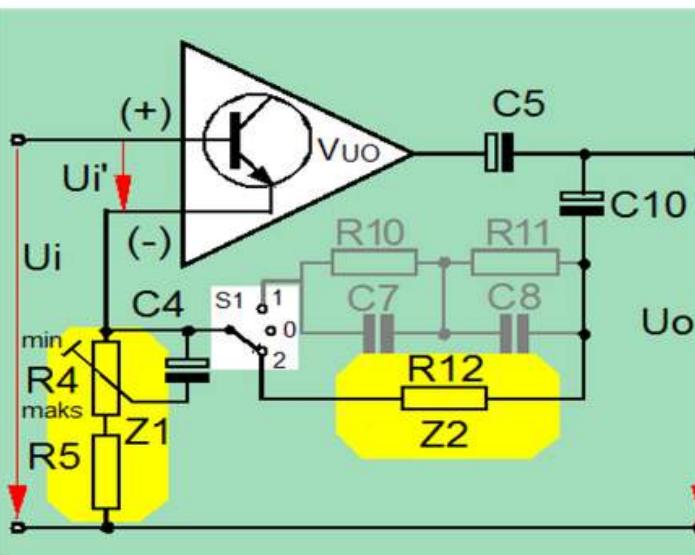
Dengan syarat $V_{uo} \gg 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$ dalam praktek persyaratan ini hampir selalu terpenuhi. dengan demikian penguatan penguat dapat dihitung dengan rumus sederhana.

Perhitungan penguatan V_u dengan umpan balik negatif "luar"

Data: V_{uo} maks = 2189.6 kali

V_{uo} min = 257.6 kali

Saklar S1 pada posisi 2, berarti umpan balik linier. Umpan balik berupa tahanan R_{12} sebesar $15\text{k}\Omega$ lihat Gambar 4.27.



Gambar 4.27. Penguat dengan umpan balik S1 pada "2"

$$Z_2 = R_{12}$$

$$Z_1 = R_4 + R_5,$$

V_u maks jika $R_4 = 0 \Omega$
(hubung singkat)

V_u min jika $R_4 = 5\text{k}\Omega$

$$V_u \text{ min} = 1 + \frac{R_{12}}{R_4 + R_5} = 1 + \frac{15\text{k}\Omega}{5\text{k}\Omega + 220\Omega} = 3,8 \text{ kali}$$

Tabel 5.1.Penghitungan impedansi |Z2|

($V_{uo \ min} = 257.6$ berarti $V_{uo} >> 3,8$)

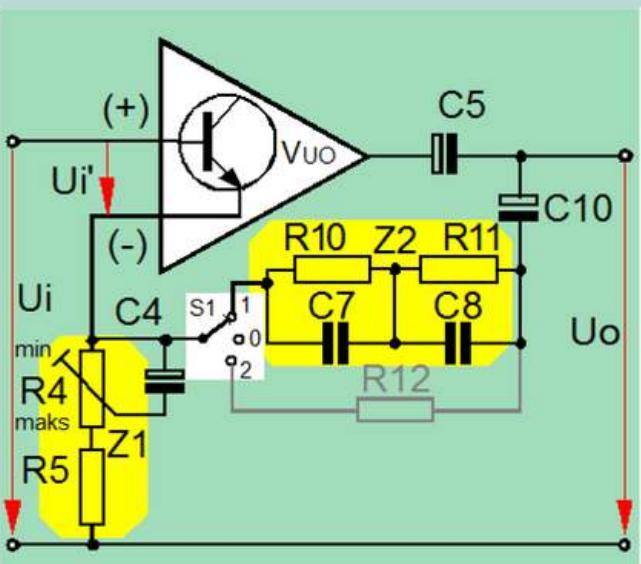
$$V_{u \ maks} = 1 + \frac{R_{12}}{R_4 + R_5} = 1 + \frac{15k\Omega}{0\Omega + 220\Omega} = 69 \text{ kali}$$

($V_{uo} = 2189.6$ berarti $V_{uo} >> 68$)

Penghubung umpan balik S1 pada kedudukan 1, berarti jaringan umpan balik tergantung frekuensi seperti Gambar 4.28.

Z_2 = terdiri dari R_{11} paralel C_8 disambung seri dengan R_{10} paralel C_7

Z_1 = R_4 disambung seri R_5 .



Gambar 4.28. Penguat dengan umpan balik S1 pada "1"

maka dipilih 3 besaran frekuensi.Kemudian impedansi Z_2 dapat dihitung yang selanjutnya penguatan untuk masing-masing besaran frekuensi dapat dihitung.

Pada tabel 5.1 dihitung besar impedansi Z_2 pada masing-masing frekuensi dan pada tabel 5.2 dihitung besar penguatan tanpa beban V_{uo} dan penguatan rangkaian dengan umpan balik luar V_u .Perhitungan $|Z_2|$ hanya pendekatan dengan tidak memperhitungkan sudut fasa, sekedar untuk mempermudah analisis kerja rangkaian.

f (Hz)	R11 (Ω)	Xc8 (Ω)	R10 (Ω)	Xc7 (Ω)	Rumus Z_2	Z_2 (Ω)
50	15k	670k	330k	212k	$\Rightarrow R_{11} \ll X_{c8}$ $\Rightarrow R_{10} // X_{c7}$ $\gg R_{11}$	$\approx R_{10} // X_{c7}$ $\approx 129k$
1k	15k	34k	330k	10,6k	$\Rightarrow X_{c7} \ll R_{10}$ $\Rightarrow R_{11} // X_{c8} \approx X_{c7}$	$\approx R_{11} // (X_{c8} + X_{c7})$ $\approx 21k$
20k	15k	1,7k	330k	530k	$\Rightarrow X_{c8} \ll R_{11}$ $\Rightarrow (R_{10} // X_{c7}) \ll R_{11}$	$\approx X_{c8} \approx 1,7k$

Tabel 5.2. Perhitungan penguatan $V_u \ min$

f (Hz)	Z_2 (Ω) dari tabel 5.1	$Z_1 =$ $R_4 + R$ 5 (Ω)	$V_u \min \approx 1 + \frac{z_2}{z_1}$	$V_u = \frac{1}{\frac{1}{V_{uo}} + \frac{1}{1 + \frac{z_2}{z_1}}}$	V_{uo}	$1 + \frac{z_2}{z_1}$	$\frac{V_{uo}}{1 + \frac{z_2}{z_1}}$
50	129k	5,22k	25,7	23,4	257,6	25,7	10,0
1k	21k	5,22k	5,0	4,9	257,6	5,0	51,3
20k	1,7k	5,22k	1,3	1,3	257,6	1,3	194,3

Dalam tabel 5.2 dapat dilihat, bahwa perhitungan untuk V_u pada frekuensi 50 Hz terdapat penyimpangan antara hasil yang didapat dengan rumus pendekatan dan rumus. Untuk frekuensi lainnya persyaratan $V_{uo} \gg 1 + \frac{z_2}{z_1}$ terpenuhi. dalam tabel 5.3 perhitungan V_u maksimum pada frekuensi 50Hz hasil kedua rumus masih berbeda. Karena perbandingan $V_{uo}: 1 + \frac{z_2}{z_1}$ sangat kecil, hanya 3,7 saja.

dan akan dapat menghemat daya. Hal ini dapat pula suatu hal yang diinginkan, misalnya dalam penguat selektif seperti penguat frekuensi antara (IF=Intermediate Frequency), atau penyelesaian gangguan misalnya dalam penguat video.Paling mengganggu adalah pada ujung daerah ω_{bb} , ω_{ba} . Selain penurunan amplitudo timbul pula pergeseran phasa φ yang tergantung dari frekuensi.

Komponen yang membatasi daerah frekuensi

Dalam rangkaian penguat depan universal yang dibahas (Gambar 4.7 paragraf 4.2.1) bekerja 4 untaian RC sebagai pelalu atas.

- 1) C1 dengan tahanan masukan r_1 dari TR1.
- 2) C5 dengan tahanan beban R_L pada A.
- 3) C4 dengan R4, R5. Semakin tinggi frekuensi, umpan balik semakin kecil (penampilan pelalu atas).
- 4) C6 dengan R9 (berpenampilan seperti C4).

Frekuensi batas bawah ω_{bb} ditentukan oleh 4 untaian RC. Kemiringan garis a (gambar 4.29) berharga hanya 20dB pada sebuah untaian RC.

Dalam rangkaian penguat depan universal yang dibahas (Gambar 4.7paragraf 4.2.1) bekerja 2 kombinasi RC sebagai pelalu bawah.

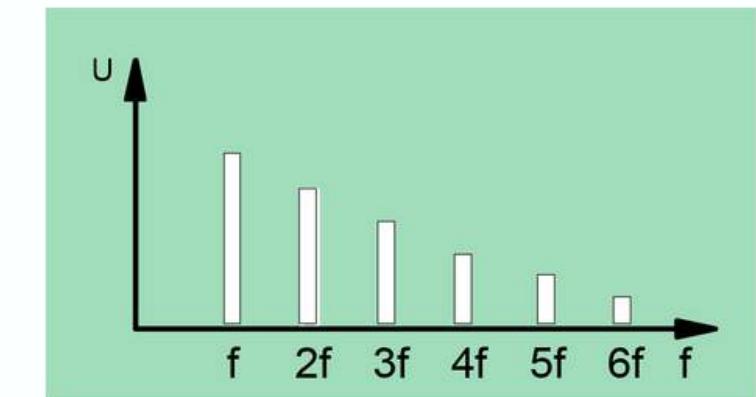
- 5) Kapasitansi kolektor basis C_{CB} (TR 1) dengan tahanan masukan r_1, r_2 .
- 6) Kapasitansi kolektor basis C_{CB} (TR 2)//C3 dengan tahanan masukan r_2 dan $R7 // RL$.

Semakin tinggi frekuensi, semakin besar umpan balik melalui C_{CB} juga $C_{CB}//C3$, ini merupakan penampilan pelalu bawah.

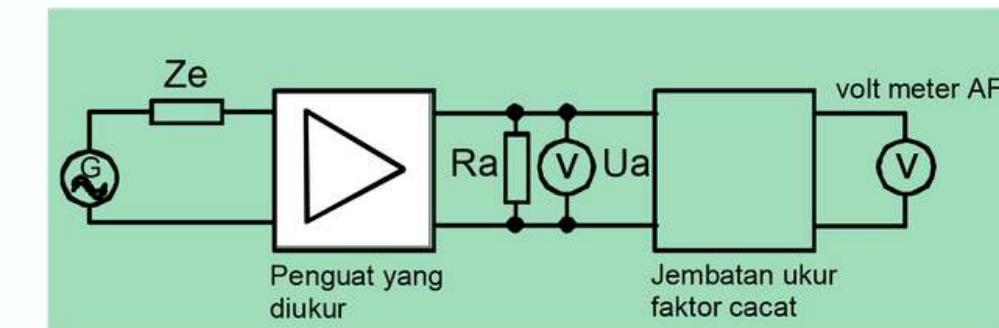
4. Pengukuran Kualitas Penguat Suara

Untuk dapat meletakkan suatu penguat dalam suatu kelas mutu, harus mengetahui data tekniknya. Biasanya pembuat peralatan menyertakan data-data teknik antara lain untuk sebuah penguat suara, berikut diuraikan data-data yang harus ada pada penguat depan:

a. Faktor cacat



Gambar 4.31. Frekuensi harmonisa (2f 3f dan seterusnya) yang ditimbulkan



Gambar 4.32. Tata cara mengukur faktor cacat

Faktor cacat adalah ukuran untuk cacat sebuah getaran sinus melalui harmonis sehingga disebut pula cacat harmonis (Gambar 4.43). Idealnya penguat hanya menguatkan sinyal frekuensi asli atau dasar, tapi karena dalam penguat terdapat komponen aktif yang bekerja tidak linier, maka selain sinyal asli timbul sinyal baru dengan frekuensi lain.Frekvensi baru merupakan kelipatan frekuensi dasar (harmonisa).Sinyal-sinyal harmonis ini turut dikuatkan bersama sinyal dasar, sehingga pada keluaran tertampil jumlah seluruh sinyal. Maka sinyal keluaran tidak sesuai lagi dengan sinyal masukan.

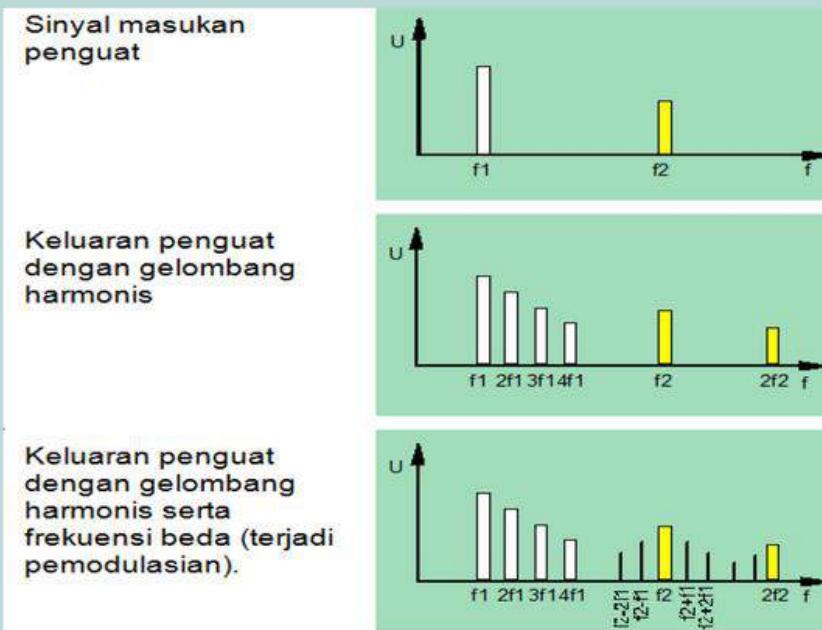
$$\text{Faktor cacat } k = \frac{\sqrt{U^2 f_2 + U^2 f_3 + \dots}}{\sqrt{U^2 f_1 + U^2 f_2 + U^2 f_3 + \dots}} \times 100\%$$

Gambar 4.44 menunjukkan pengukuran faktor cacat, penguat dikendalikan mencapai harga tegangan nominal pada R_a .Jembatan ukur faktor cacat ditala pada frekuensi yang sama dengan frekuensi generator, gunanya untuk

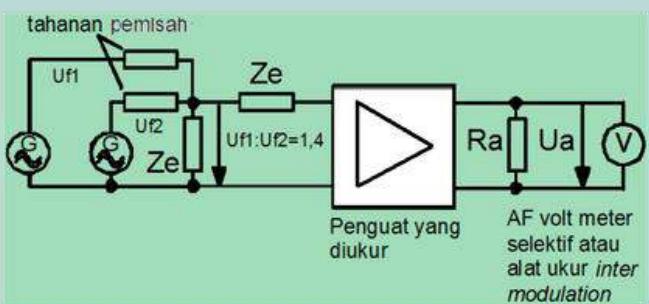
menekan frekuensi dasar. Setelah jembatan ukur dipasang milivoltmeter mengukur amplitudo gelombang harmonis keseluruhan, yang kemudian dikalibrasi sebagai faktor cacat dalam %.

b. Cacat intermodulasi

Bila sebuah penguat dikendalikan secara penuh dengan dua frekuensi maka akan timbul bagian dari semua frekuensi jumlah dan beda. Hal ini terjadi dari pencampuran melalui garis kurva bengkok (Gambar 4.45).



Gambar 4.33. Cacat intermodulasi



Pengukuran derajad intermodulasi sesuai peraturan DIN, penguat diberi dua sinyal dengan frekuensi $f_2 = 8000$ Hz dan $f_1 = 250$ Hz dengan perbandingan amplitudonya adalah 1: 4. Jumlah harga puncak dari f_1 dan f_2 seharusnya mengendalikan penguat secara penuh, dimana dengan itu tegangan f_1 jatuh sebanyak empat bagian atau 80% dari tegangan masukan. Pada Ra akan

terukur tegangan-tegangan $U_{f2}-U_{f1}$ dan $U_{f2} + U_{f1}$ juga $U_{f2} - 2U_{f1}$ dan $U_{f2} + 2U_{f1}$ dan seterusnya.

Maka derajad intermodulasi m dihitung dengan rumus

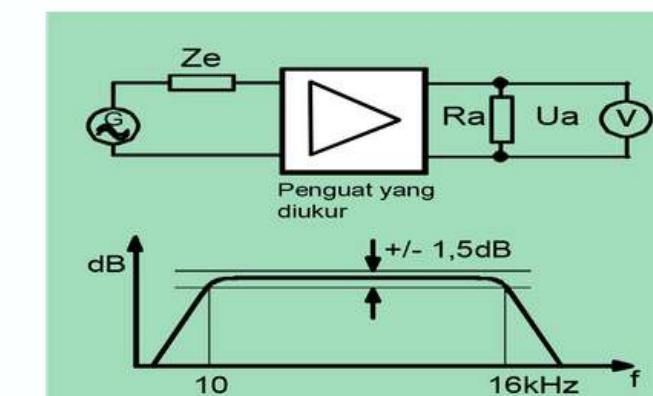
$$m = \frac{\sqrt{[(U_{f2} - U_{f1}) + (U_{f2} + U_{f1})]^2 + [(U_{f2} - 2U_{f1}) + (U_{f2} + 2U_{f1})]^2 + \dots}}{U_{f2}} \times 100\%$$

c. Daerah pemindahan (tanggapan frekuensi)

Daerah pemindahan sebuah penguat adalah daerah frekuensi, dimana penguat menindahkan tanpa cacat linier pada harga nominal. Pada frekuensi batas penguatan turun sekitar 3 dB (30%). Tentu dicita-citakan daerah pemindahan yang besar. Walaupun pendengaran manusia hanya sampai sekitar 15 kHz, perlu dikembangkan penguat sampai misalnya 30.000 Hz.

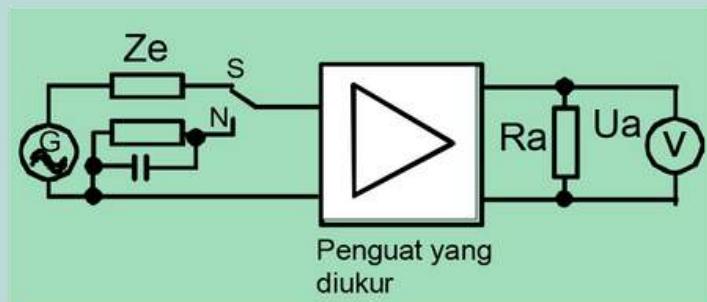
Bunyi suatu instrumen ditentukan oleh harmonisnya, misalnya suatu instrumen bergetar pada 10.000 Hz maka harmonis pertama terletak pada 20.000 Hz, harmonis kedua pada 30.000 Hz. Walau orang tidak bisa mendengar gelombang harmonis, tetapi perbedaan antara frekuensi dasar dan harmonis berada pada daerah pendengaran.

Gambar 4.47 memperlihatkan rangkaian pengukuran untuk mengukur tanggapan frekuensi. Dengan pengatur kuat suara dibuka penuh, penguat dikendalikan oleh generator suara dengan frekuensi 1000 Hz dan tegangannya 10 dB di bawah harga tegangan masukan nominal. Tegangan keluaran pada Ra dengan kondisi ini diambil sebagai tegangan patokan 0 dB. Frekuensi generator diubah-ubah dari minimum maksimum.



d. Perbandingan sinyal ke desis(signal to noise ratio S/N)

Jarak sinyal dengan desis atau lebih dikenal perbandingan sinyal ke desis adalah perbandingan antara sinyal yang berguna dengan sinyal pengganggu



Gambar 4.36. Tata cara pengukuran S/N

yang dapat terdengar. Dan perbandingan ini ukur dalam dB, sinyal pengganggu ini termasuk desis dan brum. Gambar 4.48 memperlihatkan rangkaian pengukuran S/N.

Penguat dikendalikan oleh generator dengan frekuensi 1000 Hz dan dengan tegangan masukan minimum, kuat suara dilemahkan sehingga daya keluaran pada Ra sebesar 100 mW (pada $R_a = 4 \Omega$, 630 mV).

Untuk stereo 2×50 mW (pada $R_a = 4 \Omega$, 2×450 mV).

Pengatur nada pada kondisi datar, geseran tidak boleh lebih dari + 4dB sekitar harga patokan pada 1 kHz. Tegangan keluaran pada kondisi sebagai patokan tegangan patokan 0dB. Kemudian generator dilepas, masukan diganti dengan komponen penutup, kemudian diukur lagi. Pada kondisi terakhir adalah pengukur sinyal gangguan yang ditimbulkan dari penguat sendiri.

$$S/N = 20 \log \frac{U_a}{U_{\text{gangguan}}} \quad (\text{dB})$$

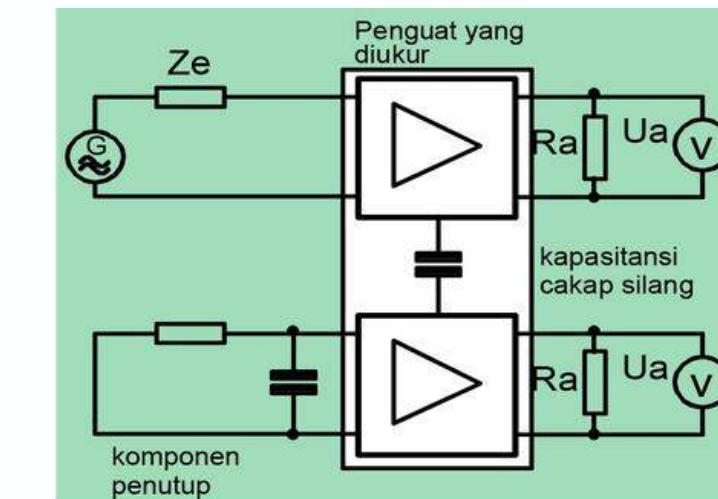
e. Cakap silang(cross talk)

1) Cakap silang antar kanal

Pada peralatan stereo cakap silang antar kanal adalah ikut bersuaranya kanal yang lain jika kanal yang satu sedang beroperasi. Gambar 4.49 memperlihatkan rangkaian pengukurannya.

Kedua kanal pada keluaran dipasang tahanan murni sebesar impedansi keluarannya. Kanal yang satu dikendalikan oleh generator hingga tegangan keluaran nominalnya dengan frekuensi 1000 Hz dan antara 250 Hz sampai 10.000 Hz. Keduanya diukur dengan voltmeter AF. Besarnya

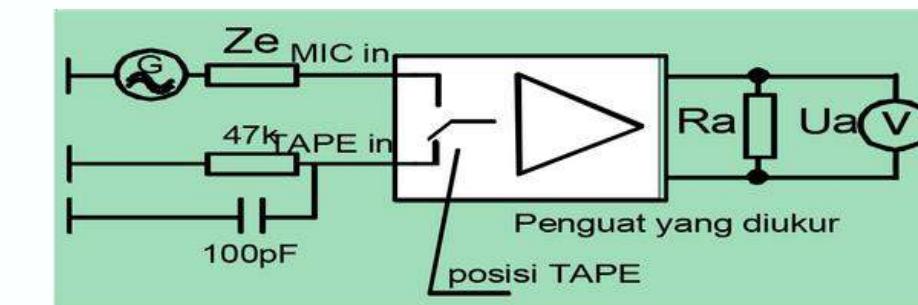
$$\text{redaman cakap silang} = 20 \log \frac{U_1}{U_2} \quad (\text{dB})$$



Gambar 4.37. Pengukuran cakap silang

2) Cakap silang antar masukan yang berlainan

Cakap silang antar masukan adalah timbulnya cakap silang antar masukan yang satu dengan yang lainnya. Gambar 4.50 merupakan rangkaian pengukuran untuk itu. Satu masukan penguat dikendalikan oleh generator suara, sedang yang lainnya ditutup dengan komponen penutup. Penguat dihubungkan antara masukan satu dengan yang lainnya, masing-masing diukur keluarannya. Perbandingan tegangan keluaran dengan tegangan keluaran nominal disebut cakap silang.



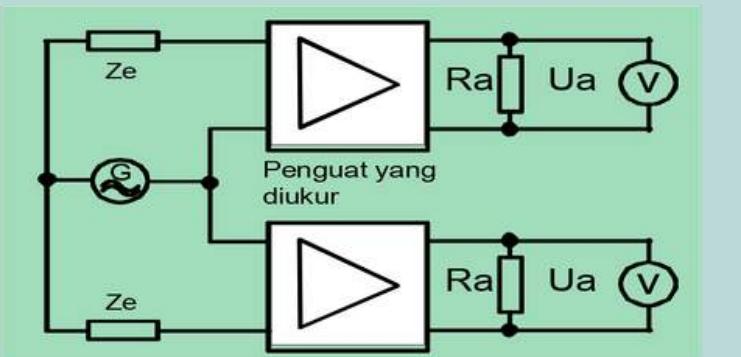
Gambar 4.38. Pengukuran cakap silang

$$\text{Besarnya cakap silang} = 20 \log \frac{U_{sa}}{U_{na}} \quad (\text{dB}) \quad U_{sa} = \text{tegangan keluaran terukur} \\ U_{na} = \text{tegangan keluaran nominal}$$

f. Keseimbangan kanal

Pada peralatan stereo, kekuatan suara kanal kanan dan kiri hanya boleh berbeda pada batas tertentu (≤ 3 dB). Sedang pada peralatan stereo dengan pengatur keseimbangan (balance) perbedaan boleh sampai 6dB. Gambar 4.51 memperlihatkan rangkaian pengukuran keseimbangan kanal, kedua

masukan (kanal kanan dan kiri) diberi masukan yang sama dengan frekuensi 250Hz-6.300Hz dengan level -10dB dari harga nominalnya. Pengaturan-pengaturan pada kedua kanan penguat yang diukur pada posisi yang sama, kemudian diukur kedua tegangan keluarannya.



Gambar 4.39. Tata cara mengukur keseimbangan kanal

5. Persyaratan Norma Hi-Fi

Sebuah penguat suara dapat dikategorikan Hi-Fi (*High Fidelity*) jika hasil pengukuran kualitas penguat tidak melebihi ketentuan. Standar DIN (*Deutsches Institut für Normung*) untuk Hi-Fi seperti tertuang pada Norm DIN 45 500 untuk penguat suara seperti ditampilkan dalam Tabel 5.6 berikut ini:

Tabel 5.5. Persyaratan Hi-Fi

Jenis pengukuran	Harga batas	
Tanggapan Frekuensi	40 ..16 kHz	±1,5dB untuk masukan linear ±2dB untuk masukan panyama (<i>equlizer</i>)
Faktor Cacat	≤ 1 %	pada 40-12.500 Hz Pada daerah batas daya turun 50 %
Intermodulasi	3 %	Pada frekuensi 250Hz+8.000 Hz skala penuh & amplitudo 4:1
Ketidakimbangan kanal	≤ 3 dB	250 6.300 Hz
Cakap silang (<i>Crosstalk</i>)	> 40 dB > 30 dB	pada 1 kHz pada 25010.000 Hz
S/N	> 50 dB	Pada output total 100mW