

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka akan dijelaskan beberapa hal mengenai teori yang berkaitan dengan sistem yang diimplementasikan. Hal ini ditujukan untuk memberikan gambaran secara umum terhadap sistem yang akan dibuat.

2.1 Penelitian Terdahulu

Hasil pengukuran daya serta efisiensi dari *Amplifier* kelas AB dan B ditunjukkan pada Tabel 2.1 Nilai efisiensi daya diperoleh dari presentase perbandingan daya keluaran (*output*) dengan daya masukan (*input*). Efisiensi power *Amplifier* kelas AB sebanding dengan daya keluaran, semakin besar daya keluarannya maka semakin efisien. Efisiensi tertinggi audio *Amplifier* kelas AB sebesar 73% pada daya *output* maksimal 250 watt. Hasil dari pengukuran efisiensi power *Amplifier* kelas D didapatkan pada daya *output* 1 watt - 100 watt mengalami kenaikan yang signifikan sedangkan setelah 100 watt ke atas mencapai efisiensi yang stabil. Efisiensi tertinggi audio *Amplifier* kelas D sebesar 87% pada daya *output* maksimal 250 watt [4].

Cara kerja *Amplifier* kelas AB istimewa yaitu penguat daya linier untuk sistem komunikasi wireless, yaitu menawarkan

kinerja antara linier dan efisien. Mempertimbangkan cara kerja *Amplifier* kelas AB murni, biasanya untuk menghilangkan harmonik pada keluaran dari perangkat aktif untuk mencapai efisiensi kolektor maksimal, idealnya 78,5% [2].

Penelitian ini membandingkan efisiensi daya antara *Amplifier* kelas AB dan kelas D dalam aplikasi *sound system* lapangan. Hasilnya menunjukkan bahwa *Amplifier* kelas D memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas AB. Meskipun penelitian ini tidak secara langsung membahas *Amplifier* OCL, informasi mengenai kinerja *Amplifier* kelas AB dapat memberikan gambaran yang berguna [6].

Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk membuat dan mengembangkan suatu produk berupa media pembelajaran. Media pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti adalah sebuah Pengembangan Trainer Penguat Jurnal Menurut Sugiyono (2017: 297), metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa inggrisnya *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Langkah-langkah dari proses penelitian ini secara umum disebut dengan siklus R&D yang terdiri atas beberapa langkah pelaksanaan [7].

2.2 Landasan Teori

Amplifier atau penguat daya merupakan rangkaian elektronik yang digunakan untuk memperkuat sinyal listrik berdaya rendah menjadi sinyal dengan daya lebih tinggi, sehingga mampu menggerakkan beban seperti speaker. Dalam sistem audio, *amplifier* menjadi komponen penting karena berpengaruh langsung terhadap kualitas suara, efisiensi energi, serta kestabilan kerja perangkat. Dua jenis amplifier yang banyak digunakan adalah *amplifier tipe OCL (Output Capacitor-Less)* dan *amplifier Class AB*, yang masing-masing memiliki karakteristik, kelebihan, dan kekurangan tersendiri dalam penerapannya.

Amplifier tipe OCL tidak menggunakan kapasitor kopling pada jalur keluarannya, sehingga mampu menghasilkan suara yang lebih jernih dan rentang frekuensi yang lebih luas. Dengan catu daya simetris, *OCL* menjaga titik kerja *output* pada sekitar 0V DC. Namun, desain ini juga menjadikan *amplifier OCL* lebih sensitif terhadap perubahan suhu, dan lebih rentan terhadap fenomena *thermal runaway* jika tidak didukung sistem pendinginan yang memadai. Oleh karena itu, perancangan *amplifier tipe OCL* memerlukan perhatian khusus terhadap

stabilitas termal dan pengaturan bias transistor yang akurat agar tetap bekerja dalam kondisi aman [2].

Sementara itu, *amplifier Class AB* merupakan bentuk hibrida antara kelas A dan kelas B, yang dirancang untuk mencapai efisiensi daya yang lebih baik dengan tetap menjaga kualitas suara yang cukup tinggi. Dengan menggunakan konfigurasi push-pull transistor dan penambahan bias kecil, *amplifier Class AB* mampu mengurangi *distorsi crossover* yang menjadi kelemahan utama pada kelas B. Efisiensi *amplifier Class AB* secara praktis berada pada kisaran 50-70%, dan stabilitas suhunya relatif baik karena transistor hanya aktif sesuai beban sinyal. Karena itulah, *amplifier Class AB* banyak digunakan pada perangkat *audio portable*, sistem tata suara ruangan, dan sistem *home theater* [3].

Dalam studi performa *amplifier*, beberapa parameter teknis yang umum dijadikan acuan adalah efisiensi daya, daya *output*, penguatan sinyal (*gain*), respons frekuensi, dan kestabilan suhu. Efisiensi daya menunjukkan seberapa besar daya input yang dikonversi menjadi daya *output*, sedangkan *gain* menggambarkan seberapa besar sinyal dikuatkan dari input ke *output*. Respons frekuensi yang baik diperlukan agar sinyal suara dari frekuensi rendah hingga tinggi tetap dapat diproses dengan

akurat, sementara kestabilan termal penting untuk menjamin keandalan jangka panjang perangkat, terutama saat digunakan secara intensif di lingkungan panas atau beban tinggi.

Rancangan *amplifier* dengan karakteristik yang seimbang antara linearitas, efisiensi, dan stabilitas termal akan memberikan performa optimal dalam sistem audio. Pemilihan jenis *amplifier* sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi. *Amplifier OCL* lebih cocok untuk kebutuhan daya besar seperti sistem audio lapangan, sedangkan *Class AB* lebih ideal untuk penggunaan jangka panjang yang mengutamakan kestabilan suhu dan efisiensi daya, seperti pada ruangan *indoor* [4].

Dengan memahami prinsip kerja dan karakteristik masing-masing jenis *amplifier*, maka dapat dilakukan perancangan dan analisis yang lebih tepat dalam mengembangkan sistem audio yang efisien, berkualitas tinggi, dan sesuai dengan kondisi lingkungan penggunaannya.

2.3 Jenis-Jenis *Amplifier* dan karakteristiknya

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis *Amplifier* dan Karakteristik

Jenis <i>Amplifier</i>	Karakteristik
<i>Class A</i>	<p>Mampu menghasilkan sinyal <i>output</i> yang identik dengan Input tanpa pemotongan bentuk gelombang, sehingga memiliki distorsi harmonik sangat rendah. Semua komponen aktif (biasanya transistor) tetap aktif sepanjang waktu, menyebabkan konsumsi daya tinggi walaupun tanpa sinyal. Efisiensi teoritis hanya sekitar 25–30%. Cocok digunakan pada sistem audio high-end dan instrumentasi karena keakuratan reproduksi sinyal sangat baik</p>
<i>Class B</i>	<p>Menggunakan dua transistor yang bekerja secara bergantian untuk memperkuat masing-masing setengah siklus sinyal (positif dan negatif). - Efisiensi lebih baik dibanding <i>Class A</i>, bisa mencapai 70%.</p> <p>Memiliki distorsi crossover karena kedua transistor tidak aktif secara bersamaan saat peralihan sinyal.</p> <p>Kurang cocok untuk aplikasi audio fidelitas tinggi, namun baik untuk penguat RF atau aplikasi umum yang tidak terlalu menuntut kualitas suara.</p>

<p>Class AB</p>	<p>Kombinasi antara <i>Class A</i> dan <i>B</i> dengan menambahkan bias kecil pada transistor sehingga keduanya bekerja sebagian dalam waktu yang bersamaan. Mengurangi <i>distorsi crossover</i> yang menjadi kelemahan utama pada <i>Class B</i>. Efisiensi lebih tinggi dari <i>Class A</i>, umumnya sekitar 50–70%. Banyak digunakan pada sistem audio profesional, <i>Amplifier</i> mobil, dan speaker aktif rumahan karena keseimbangan antara efisiensi dan kualitas suara.</p>
<p>Class C</p>	<p>Transistor hanya aktif dalam sebagian kecil siklus input, menghasilkan efisiensi sangat tinggi (hingga 80%). Menghasilkan distorsi tinggi sehingga tidak cocok untuk audio. Sering digunakan pada pemancar frekuensi tinggi seperti RF dan komunikasi gelombang mikro. Tidak cocok untuk penguat sinyal berbasis audio atau suara manusia.</p>
<p>Class D</p>	<p>Menggunakan teknik modulasi lebar pulsa (PWM) dan switching transistor yang sangat cepat.</p>

<p>Class D</p>	<p>Efisiensi daya sangat tinggi, bisa mencapai 90% atau lebih karena transistor tidak pernah berada dalam keadaan setengah aktif (minim rugi daya).</p> <p>Memerlukan filter <i>low-pass</i> untuk menghaluskan sinyal <i>output</i>.</p> <p>Ringkas dan ringan, cocok untuk perangkat <i>portabel</i>, <i>subwoofer</i>, dan sistem audio nirkabel.</p>
<p>Class E dan F</p>	<p>Dirancang untuk aplikasi RF dengan efisiensi maksimum hingga 90% menggunakan prinsip resonansi harmonik dan pemilihan bentuk gelombang khusus.</p> <p>Komponen dirancang agar bekerja hanya dalam kondisi <i>switching ekstrem (on/off)</i>.</p> <p>Sangat efisien namun tidak cocok untuk aplikasi audio karena tidak menjaga linearitas sinyal.</p> <p>Digunakan dalam pemancar komunikasi digital dan sistem radio berfrekuensi tinggi.</p>
<p>OCL (Output Capacitor-Less)</p>	<p>Tidak menggunakan kapasitor kopling pada <i>output</i> sehingga sinyal DC tetap seimbang di sekitar 0V, menghasilkan rentang frekuensi lebih luas.</p>

	<p>Memungkinkan respon frekuensi yang lebih datar dan minim distorsi harmonik. Menggunakan catu daya simetris (+Vcc dan -Vcc), sehingga memerlukan <i>power supply</i> yang lebih kompleks. Lebih sensitif terhadap gangguan termal (<i>thermal runaway</i>), sehingga perlu sistem pendingin yang baik. Umumnya digunakan dalam sistem audio profesional dan speaker lapangan.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.4 Amplifier Tipe OCL (*Output Capacitor Less*)

Amplifier OCL merupakan jenis penguat daya yang tidak menggunakan kapasitor kopling pada bagian *output*-nya. Sebagai gantinya, *Amplifier* ini mengandalkan suplai daya *dual-polarity* (+Vcc dan -Vcc) untuk menjaga keseimbangan sinyal keluaran.

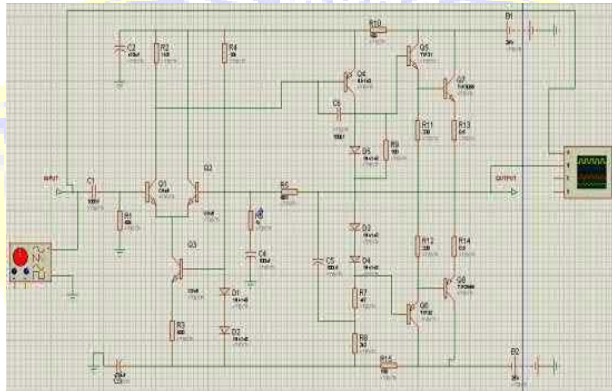
Keunggulan *Amplifier* OCL

- Memiliki respons frekuensi yang lebih luas karena tidak ada pematangan frekuensi rendah akibat kapasitor kopling.
- Distorsi harmonik lebih rendah, sehingga mampu menghasilkan kualitas suara yang lebih jernih.

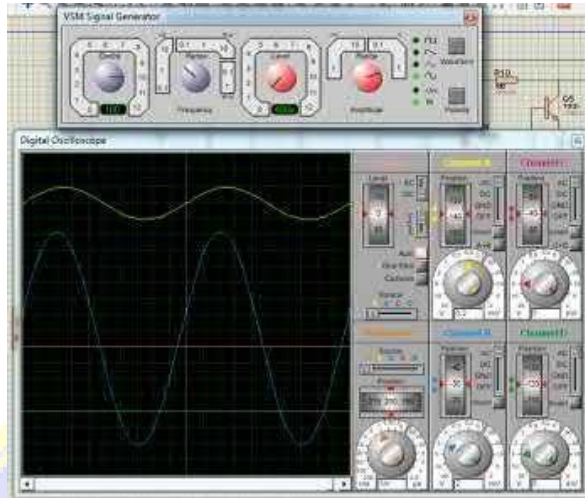
- Dapat menghasilkan daya keluaran yang lebih besar tanpa gangguan frekuensi rendah.

Kelemahan Amplifier OCL

- Memerlukan catu daya simetris yang lebih kompleks dan stabil.
- Rentan terhadap *thermal runaway*, sehingga membutuhkan sistem pendinginan yang baik untuk menjaga suhu tetap stabil.[3].



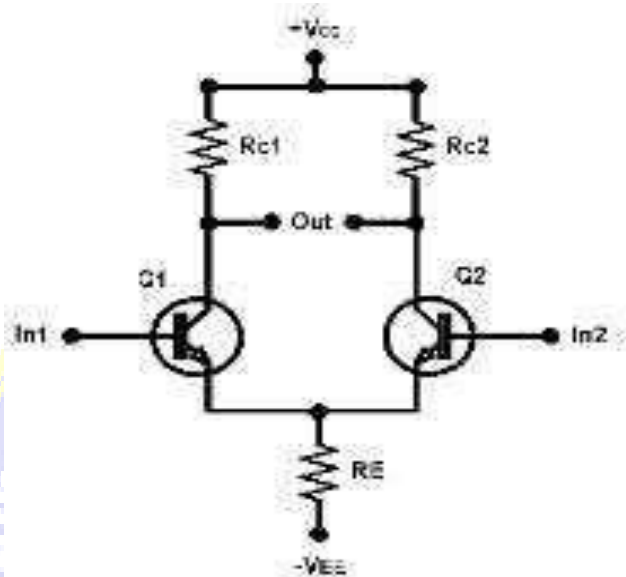
Gambar 2.1 Rangkaian simulasi penguat kelas OCL [2].



Gambar 2.2 Sinyal *amplifier OCL* [2].

Rangkaian penguat akhir sistem OCL tersusun dari beberapa jenis rangkaian penguat, yaitu rangkaian penguat diferensial, rangkaian penguat driver, dan rangkaian penguat akhir. Untuk penguat akhir menggunakan penguat kelas AB.

1. Penguat diferensial

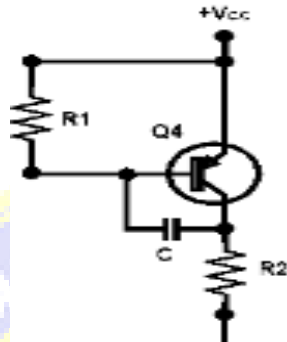


Gambar 2.3 Rangkaian Penguat Diferensial [2].

Penguat diferensial adalah suatu penguat yang bekerja dengan memperkuat sinyal yang merupakan selisih dari kedua masukannya.

2. Rangkaian Driver

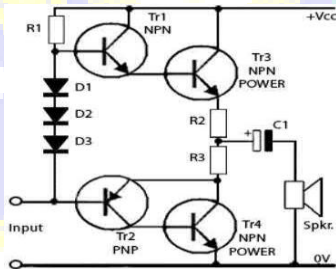
Rangkaian penguat driver disusun dengan menggunakan transistor dengan konfigurasi *common emitter*.



Gambar 2.4 Rangkaian Penguat Driver [2].

3. Rangkaian Penguat Akhir

Rangkaian penguat akhir pada sistem OCL menggunakan penguat akhir kelas AB.



Gambar 2.5 Penguat Kelas AB

2.5 Amplifier Class AB

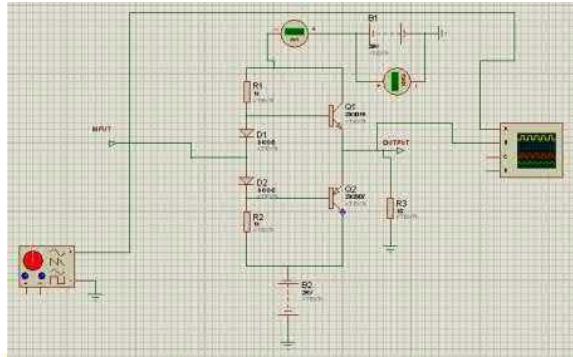
Amplifier Class AB merupakan kombinasi dari *Class A* dan *Class B*, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi daya sekaligus mempertahankan kualitas suara yang optimal. *Amplifier* ini menggunakan dua transistor yang bekerja bergantian untuk mengurangi *distorsi crossover* yang sering terjadi pada *Class B*.

Keunggulan Amplifier Class AB

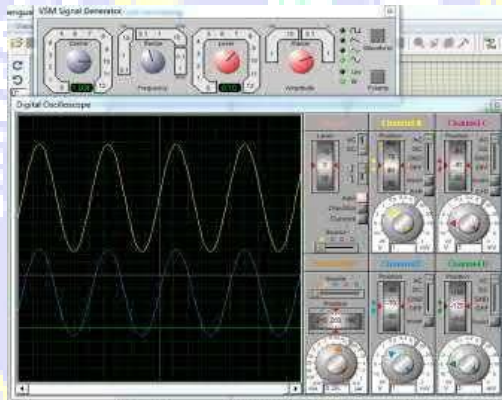
- Lebih efisien dibandingkan *Class A*, dengan efisiensi daya berkisar antara 50-70%.
- Mengurangi distorsi crossover, yang menjadi kelemahan utama pada *Amplifier Class B*.
- Lebih stabil terhadap suhu dibandingkan OCL, karena transistor hanya bekerja sesuai kebutuhan sinyal.

Kelemahan Amplifier Class AB

- Masih memiliki sedikit distorsi harmonik, meskipun lebih rendah dibandingkan *Class B*.
1. Memiliki desain yang lebih kompleks dibandingkan *Class A* atau *Class B* [8]. Gambar 2.6 menunjukkan rangkaian simulasi penguat kelas AB.



Gambar 2.6 Rangkaian Penguat Kelas AB [2].



Gambar 2.7 Sinyal amplifier kelas AB [2].

Tidak nampak terjadinya *crossover-distortion* atau jeda waktu antara sinyal *push* dan *pull*. Perbedaan rangkain penguat kelas B dan kelas AB terletak pada penempatan deretan dioda yang diletakkan pada basis transistor, sehingga menyebabkan

salah satu transistornya bekerja pada kelas AB dan yang satu lainnya bekerja pada kelas B. Teknik ini memberi bias konstan pada salah satu transistornya (jenis PNP) yang bekerja pada kelas AB.

Efisiensi dari penguat kelas AB dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

$$P_{out} = \frac{V_{rms}^2}{R_{load}} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

$$P_{in} = V_{supply} \times I_{supply} \quad : \text{Daya input dari power supply} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

P_{in} : Daya masukan (*input power*) yang disuplai ke *amplifier* (Watt)

P_{out} : Daya keluaran (*output power*) yang dikirim ke beban load (Watt)

P_s : Daya masukan (*supply power*) yang disuplai ke *amplifier* (Watt)

V (RMS) : Tegangan *RMS* (*root mean square*) pada beban (*Output Amplifier*) (Volt)

R Load : Impedansi beban (resistansi speaker atau beban lainnya) (Ω)

V_s : Tegangan rata-rata dari catu daya (*power supply*) (Volt)

I_s : Arus rata-rata yang diambil dari catu daya (A)

η : Efisiensi *Amplifier* (%)

2.6 Frekuensi

Frekuensi merupakan gejala fisis objektif yang dapat diukur oleh instrumen- instrumen akustik. Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam selang waktu yang diberikan untuk memperhitungkan frekuensi, seseorang menetapkan jarak waktu, menghitung jumlah kejadian peristiwa, dan membagi hitungan ini dengan panjang jarak waktu. Hasil perhitungan ini dinyatakan dalam satuan hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman *Heinrich Rudolf Hertz* yang menemukan fenomena ini pertama kali. Frekuensi yang dapat didengar oleh Manusia berkisar 20 sampai 20.000 Hz dan jangkauan frekuensi ini dapat mengalami penurunan pada batas atas rentang frekuensi sejalan dengan bertambahnya umur manusia. Jangkauan

frekuensi audio manusia akan berbeda jika umur manusia juga berbeda.[9]

Besarnya frekuensi ditentukan dengan rumus :

$$f = \frac{1}{T} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

f : Frekuensi (Hz)

t : Waktu (s)

Periode adalah banyaknya waktu per banyaknya getaran, sehingga periode berbanding terbalik dengan frekuensi.

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

f : Frekuensi (Hz)

t : Waktu (s)

Gain adalah parameter penting dalam sistem penguat (*amplifier*) yang menunjukkan seberapa besar sinyal *input* dikuatkan menjadi sinyal *output*. Secara umum, *gain* dinyatakan sebagai perbandingan antara besarnya tegangan *output* terhadap tegangan *input* dari suatu rangkaian. Dalam sistem audio, *gain* menentukan kekuatan suara yang keluar dari *speaker* berdasarkan

sinyal yang masuk dari sumber audio seperti mikrofon, DAC, atau perangkat musik lainnya.

Untuk mempermudah perhitungan dan perbandingan, gain biasanya dinyatakan dalam satuan desibel (dB), yaitu satuan logaritmik yang menggambarkan rasio antara dua besaran tegangan. Satuan desibel digunakan karena memberikan cara yang lebih representatif untuk menunjukkan perubahan besar atau kecil dalam penguatan sinyal secara efisien, terutama ketika nilainya sangat besar atau sangat kecil.

Rumus Gain (dalam satuan desibel / dB)

$$\text{Gain(dB)} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana

V_{out} = Tegangan *output* (keluaran *Amplifier*)

V_{in} = Tegangan input (masukan *Amplifier*)

2.7 Prinsip Kerja *Amplifier* OCL

Amplifier tipe OCL bekerja berdasarkan prinsip penguatan sinyal menggunakan konfigurasi penguat diferensial, driver, dan penguat akhir tanpa menggunakan kapasitor kopling pada bagian output. Rangkaian ini dirancang untuk menghasilkan sinyal output AC murni tanpa terdistorsi oleh pemutusan

frekuensi rendah akibat kapasitor, sehingga menghasilkan respons frekuensi yang lebih luas, terutama di frekuensi rendah.

Alur kerja *amplifier OCL* dimulai dari **sinyal input** berupa sinyal audio bertegangan rendah yang berasal dari sumber seperti pemutar musik, mikrofon, atau DAC. Sinyal ini masuk ke tahap awal, yaitu penguat diferensial, yang bertugas memperkuat selisih tegangan antara input dengan referensi ground. Selanjutnya, sinyal diperkuat kembali oleh *driver transistor*, dan kemudian masuk ke tahap penguat akhir (*final stage*) berupa sepasang *transistor komplementer* (NPN dan PNP) dalam konfigurasi *push-pull*.

Untuk kontrol suara seperti volume, biasanya disisipkan potensiometer di bagian input atau setelah tahap awal penguatan. Potensiometer ini mengatur besar kecilnya sinyal yang masuk ke tahap penguat berikutnya, sehingga pengguna dapat mengatur tingkat penguatan suara secara manual.

Setelah melalui seluruh tahap penguatan, sinyal akan keluar dalam bentuk sinyal output bertegangan lebih tinggi yang mampu menggerakkan speaker secara langsung. Karena *OCL* tidak menggunakan kapasitor di jalur *output*, sinyal *DC* harus dikontrol dengan baik agar tidak mengalir ke speaker, yang dapat menyebabkan kerusakan [10].

2.8 Prinsip Kerja *Amplifier Class AB*

Amplifier Class AB merupakan kombinasi dari kelas A dan kelas B yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi daya sekaligus mengurangi *distorsi crossover*. Pada konfigurasi *Class AB*, dua transistor (PNP dan NPN) digunakan dalam bentuk *push-pull*, dengan pemberian bias kecil agar keduanya sedikit aktif saat sinyal melewati titik nol volt. Ini membuat transisi antara transistor lebih halus, mengurangi cacat sinyal yang umum terjadi pada amplifier kelas B.

Sama seperti OCL, proses dimulai dari sinyal input audio bertegangan rendah. Sinyal ini kemudian masuk ke tahap penguat awal, yang dapat berupa transistor atau *op-amp*, dan selanjutnya diperkuat oleh driver sebelum masuk ke tahap penguat akhir. Dalam *Class AB*, tahap akhir inilah yang bekerja paling keras dalam memperbesar sinyal hingga cukup kuat untuk menggerakkan speaker.

Pada bagian kontrol suara, pengaturan volume umumnya dilakukan sebelum sinyal masuk ke tahap penguatan akhir. Potensiometer digunakan untuk mengontrol level sinyal *input*, sehingga besar kecilnya sinyal *output* dapat dikendalikan sesuai kebutuhan pengguna.

Hasil dari seluruh proses penguatan ini adalah sinyal *output* bertegangan tinggi yang akurat, bebas dari *distorsi crossover*, dan cukup kuat untuk menggerakkan beban berupa speaker. Karena karakteristik kerjanya yang efisien namun tetap menjaga kualitas sinyal [11].

