

Penerapan Audio Amplifier Stereo Untuk Beban Bersama dan Bergantian dengan Menggunakan Saklar Ganda sebagai Pengatur Beban

Rahmat Hidayat

*Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang, 50229 Indonesia*

Abstrak— Driver audio amplifier mempunyai fungsi sebagai penguat penggerak yaitu menggerakkan daya isyarat masukan dan meneruskan ke bagian penguat akhir (*power amplifier*). Perangkat audio sangatlah penting, dimana penggunaannya sangat luas. Terutama digunakan untuk memungkinkan seseorang untuk mengatasi publik yang luas. Penguat audio atau alat penguat bunyi adalah penguat elektronik yang digunakan untuk menguatkan sinyal bunyi yang berfrekuensi rendah hingga ke tingkat yang bersesuaian untuk menggerakkan loudspeaker. Bagian-bagian Audio amplifier meliputi : Input atau Microfon (mic), Pre-Amplifier (penguat awal), Tone and Volume kontrol, Power Amplifier, dan Loudspeaker. Power amplifier ditetapkan sebagai penguat terakhir dalam rantai transmisi (tingkat keluaran) dan tahap penguat yang biasanya membutuhkan perhatian yang besar untuk efisiensi daya. Pertimbangan efisiensi menyebabkan berbagai kelas power amplifier berdasarkan bias dari transistor output atau tabung. Berdasarkan Kelasnya, power amplifier dibagi menjadi kelas A, B, AB dan C untuk desain analog, dan kelas D dan E untuk desain digital. Distorsi seberangan adalah sebuah distorsi yang disebabkan oleh pergantian antara peranti yang menjalankan beban. Istilah seberangan berarti pergantian penggerakan sinyal dari satu peranti ke peranti lainnya, jadi sinyal menyeberang antar peranti. Dalam konteks penguat kelas-B, yaitu dari transistor NPN ke transistor PNP, dan sebaliknya. Selain distorsi, sebuah sistem audio sangat mudah kemasukan derau (noise). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Variabel dalam penelitian ini adalah dengan mengamati karakteristik audio amplifier stereo untuk beban bersama dan bergantian dengan menggunakan saklar ganda sebagai pengatur beban yaitu tingkat kecacatan (*distorsi*), daya maksimal output serta bentuk sinyal input dan output rangkaian. Besarnya penguatan tegangan V_A (*Gain, G*) oleh rangkaian audio amplifier merupakan perbandingan tegangan keluar (V_{out}) dan tegangan masuk (V_{in}). Besarnya penguatan tegangan (*G*) suatu sistem audio amplifier untuk penguatan sinyal audio dapat dikonversikan dalam bentuk dB (desiBell) dengan menggunakan persamaan logaritma. Penguatan sebuah audio amplifier tergantung dari karakteristik transistor yang dipakai. Sebuah amplifier akan mengalami sebuah distorsi atau kecacatan dalam outputnya.

Keywords— Audio, amplifier, stereo

I. PENDAHULUAN

Penguat audio merupakan alat yang paling banyak digunakan dalam sistem elektronika. Rangkaian ini berfungsi menguatkan sinyal listrik lemah menjadi sedikit lebih kuat. Driver audio amplifier mempunyai fungsi sebagai penguat penggerak yaitu menggerakkan daya isyarat masukan dan meneruskan ke bagian penguat akhir (*power amplifier*).

Perkembangan teknologi audio yang sedemikian pesat telah membuat teknologi audio amplifier menjadi semakin canggih dan sempurna. Perkembangan ini tampak mengarah pada kesempurnaan suara yang dihasilkan dan penggunaan di berbagai peralatan elektronik. Seperti Compact Disk (CD) player, Tape Playback yang merupakan piranti audio yang sering dijumpai dimasyarakat kelas menengah ke bawah. Namun suara yang dihasilkan oleh perangkat tersebut masih standar dari pabrik.

Selain itu di masyarakat modern ini, perangkat audio sangatlah penting, dimana penggunaannya sangat luas.

Terutama digunakan untuk memungkinkan seseorang untuk mengatasi publik yang besar. Sehingga amplifier audio electronics adalah media terbaik untuk menyampaikan suara Anda sebanyak sejauh yang Anda inginkan. Bahwa mekanisme ini sangat berguna bagi mereka seminar, pesta dan fungsi di mana sejumlah besar masyarakat yang tersedia dan ingin mendengarkan dan berpartisipasi dalam acara tertentu. Teknologi yang merupakan hasil pemecahan suara yang berbeda mencapai masalah dalam fungsi. Amplifier Audio Elektronik adalah perangkat yang sangat berguna karena ini tokoh-tokoh politik dapat menyampaikan suara mereka atau pesan kepada masyarakat melalui perangkat ini menakjubkan. Amplifier Audio Elektronik dan penggunaan dan fungsionalitas diterima oleh setiap individu. Berkat teknologi yang besar dan menakjubkan yang memberi kita perangkat yang begitu mengagumkan.

II. LANDASAN TEORI

A. Komponen - Komponen Elektronika

1) Komponen Pasif

• Resistor

Resistor adalah komponen dua terminal listrik pasif yang berfungsi untuk menghambat besarnya arus listrik yang mengalir pada rangkaian listrik/elektronik. Arus yang melalui resistor dalam proporsi langsung dengan tegangan di terminal resistor tersebut. Dengan demikian, rasio dari tegangan yang diterapkan di terminal resistor untuk intensitas arus melalui sirkuit yang disebut resistensi. Hubungan ini diwakili oleh hukum Ohm. Satuan resistansi sebuah Resistor adalah ohm.

Ada dua macam Resistor yang dipakai pada teknik listrik dan elektronika, yaitu Resistor tetap dan Resistor variable. Resistor tetap adalah Resistor yang mempunyai nilai hambatan yang tetap. Resistor variable disebut juga dengan potensiometer atau yang besarnya resistansi dapat diubah-ubah. Potensiometer mempunyai tiga sambungan, dua buah untuk ujung-ujungnya dan sebuah untuk pejalannya.

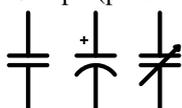


Gambar 1. Simbol Resistor

• Kapasitor

Sebuah kapasitor (kondensator) adalah komponen dua terminal pasif listrik yang digunakan untuk menyimpan energi dalam medan listrik. Pada dasarnya sebuah kapasitor terdiri dari dua konduktor listrik yang dipisahkan oleh dielektrik (isolator), misalnya,

Energi kapasitor disimpan dalam medan elektrostatis. Sebuah kapasitor yang ideal ditandai dengan nilai konstan tunggal, kapasitansi, diukur dalam farad. Ini adalah rasio muatan listrik pada setiap konduktor dengan perbedaan potensial antara mereka. Satu Farad = $10^6 \mu\text{F}$ (mikro farad) = 10^9nF (nano farad) = 10^{12}pF (piko farad).



Gambar 2. Simbol Kapasitor

2) Komponen Aktif

• Dioda

Dioda adalah komponen dua terminal elektronik dengan karakteristik transfer asimetris, dengan rendah (idealnya nol) resistensi terhadap aliran arus dalam satu arah, dan tinggi (idealnya tak terbatas) resistensi yang lain. Elektroda dioda atau terdiri dari Anoda (A), yang terbuat dari semikonduktor P, dan Katoda (K), yang terbuat dari semikonduktor N (P - N Junction). Kedua semikonduktor P dan N.

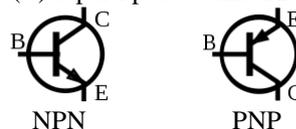


Gambar 3. Simbol Dioda

Berdasarkan jenisnyadioda dibagi menjadi dioda kontak titik (point contact diode), dioda hubungan (junction diode), dioda bridge, dioda zener, dan LED (Light Emiting Diode).

• Transistor Bipolar

Pada dasarnya, struktur suatu transistor bipolar merupakan gabungan dari dua gandingan P-N yang saling bertolak belakang yang disatukan dalam satu keping tunggal bahan semikonduktor. Dengan bersatunya kedua gandingan P-N tersebut, maka terbentuklah tiga daerah berjajar yaitu P-N- P atau N-P-N yang masing-masing dinamakan Emiter (E), Base (B) dan Kolektor (C) seperti pada Gambar 2.4.

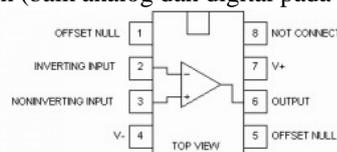


Gambar 4. Simbol Transistor

• IC (Integrated Circuits)

IC (Integrated Circuits) atau sirkuit terpadu adalah sebuah sirkuit elektronik yang diproduksi oleh litografi, atau difusi berpola dari elemen ke permukaan substrat tipis bahan semikonduktor. Bahan tambahan disimpan dan berpola untuk membentuk interkoneksi antar perangkat semikonduktor.

IC dapat diklasifikasikan ke dalam sinyal analog, digital dan campuran (baik analog dan digital pada chip yang sama).



Gambar 5. IC (Integrated Circuit)

B. Audio Amplifier

Penguat audio atau alat penguat bunyi adalah penguat elektronik yang digunakan untuk menguatkan sinyal bunyi yang berfrekuensi rendah hingga ke tingkat yang bersesuaian untuk menggerakkan loudspeaker.

Bagian- bagian Audio amplifier meliputi :

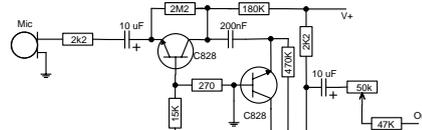
1) Input atau Microfon (mic).

Input sinyal merupakan bagian audio amplifier yang berfungsi sebagai pengubah getaran mekanik berupa bunyi menjadi getaran-getaran listrik berupa sinyal.

2) Pre-Amplifier (penguat awal).

Preamplifier (preamp) adalah sebuah penguat elektronik yang mempersiapkan sinyal listrik kecil untuk dikuatkan.

Preamplifier menyediakan gain tegangan (misalnya dari 10 milivolt untuk 1 volt) tapi tidak ada penguatan arus yang signifikan. Power amplifier menyediakan arus lebih tinggi yang diperlukan untuk mengaktifkan pengeras suara.



Gambar 6. Rangkaian Pre-Amp Mic

3) *Tone and Volume.*

Tone control adalah jenis pemerataan digunakan untuk membuat frekuensi dalam audio tertentudimanasinyal lebih lembut atau lebih keras.

Pengatur nada (tone control) adalah bagian yang berfungsi untuk mempengaruhi (mengubah-ubah) tanggapan frekuensi dari sistem penguat.

Dengan pengaturan nada ini di buat agar :

- Semua frekuensi dari yang terendah sampai yang tertinggi dikuatkan oleh pengatur yang sama.
- Nada-nada rendah (bass) dan nada-nada tinggi (treble) dapat lebih dikuatkan.
- Suara (volume) yang keluar dapat diatur kuat lemahnya.

C. *Power Amplifier.*

Poweramplifier sebagai penguat terakhir dalam rantai transmisi (tingkat keluaran) dan tahap penguat yang biasanya membutuhkan perhatian yang besar untuk efisiensi daya. Pertimbangan efisiensi menyebabkan berbagai kelas power amplifier berdasarkan biasing dari transistor output.

Rangkaian penguat daya (tahap output) diklasifikasikan sebagai A, B, AB dan C untuk desain analog, dan kelas D dan E untuk desain digital berdasarkan sudut konduksi atau sudut aliran, Θ , dari sinyal input yang melalui output penguatan perangkat, yaitu, bagian dari siklus sinyal input di mana perangkat penguatan melakukan. Sudut aliran berkaitan erat dengan efisiensi daya penguat.

Berdasarkan Kelasnya, power amplifier dibagi menjadi :

1) *Kelas A*

Contoh dari penguat class A adalah rangkaian dasar common emitter (CE) transistor. Penguat tipe kelas A dibuat dengan mengatur arus bias yang sesuai di titik tertentu yang ada pada garis bebannya dan titik kerja efektifnya setengah dari tegangan VCC penguat.

2) *Kelas B*

Penguat kelas B adalah penguat yang bekerja berdasarkan tegangan bias dari sinyal input yang masuk. Titik kerja penguat kelas B berada dititik cut-off transistor.

3) *Kelas AB*

Kelas AB adalah penengah antara kelas A dan B, dengan efisiensi daya yang lebih baik dari distorsi kelas A dan kurang dari kelas B. Dua elemen aktif melakukan lebih dari separuh waktu, menghasilkan distorsi kurang cross-over dari kelas-B amplifier.

4) *Kelas C*

Penguat kelas C mirip dengan penguat kelas B, yaitu titik kerjanya berada di daerah cut-off transistor. Bedanya adalah penguat kelas C hanya perlu satu transistor untuk bekerja normal sedangkan kelas B yang harus menggunakan dua transistor (sistem push-pull).

5) *Kelas D*

Penggunaan ini beralih untuk mencapai efisiensi daya yang sangat tinggi (lebih dari 90% pada desain modern).

D. *Loudspeaker.*

Loudspeaker (speaker) adalah sebuah *transducer electroacoustic* yang memproduksi suara dalam menanggapi masukan sinyal listrik audio.

E. *Distorsi dan Derau*

Distorsi atau kecacatan sering terjadi pada rangkaian sistem audio. Distorsi seberangan adalah sebuah distorsi yang disebabkan oleh pergantian antara peranti yang menjalankan beban. Distorsi ini sering terdapat pada tingkat komplementer atau push-pull dari penguat kelas-B dan beberapa sirkuit lainnya.

Istilah seberangan berarti pergantian penggerakan sinyal dari satu peranti ke peranti lainnya, jadi sinyal menyeberang antar peranti. Dalam konteks penguat kelas-B, yaitu dari transistor NPN ke transistor PNP, dan sebaliknya.

1) *Macam – Macam Distorsi*

Macam-macam tipe distorsi dapat mempengaruhi bentuk sinyal output dari sebuah penguat (Handayani, dkk. 2008), yaitu:

- Distorsi Amplitudo

Sinyal output terpotong pada bagian salah satu puncaknya atau kedua puncaknya. Distorsi ini dapat terjadi pada saat penguat diberi input yang terlalu besar, kondisi bias berubah, karakteristik transistor yang tidak linier.

- Distorsi Frekuensi

Distorsi ini terjadi ketika penguatan amplifier berubah secara serentak (drastis pada frekuensi-frekuensi tertentu). Distorsi ini dapat berbentuk penurunan penguatan pada frekuensi rendah atau tinggi dapat juga berbentuk kenaikan penguatan pada frekuensi rendah atau tinggi.

- Distorsi Crossover

Distorsi ini terdapat pada output penguat push-pull kelas B, dimana transistor pertama sudah off tetapi transistor yang kedua belum on.

- Distorsi Fasa

Kenaikan frekuensi sinyal akan menimbulkan perubahan fasa sinyal output terhadap input secara relatif. Tipe distorsi ini menyusahkan ketika sinyal input berbentuk gelombang kompleks, karena tersusun dari beberapa komponen gelombang sinus yang mempunyai frekuensi yang berbeda. Hasilnya adalah bentuk output takkan serupa dengan bentuk input.

- Distorsi Intermodulasi

Distorsi intermodulasi dapat diukur dengan memberikan dua buah sinyal 400 Hz dan 1 kHz ke dalam amplifier yang biasanya dengan sebuah ratio kira-kira 4:1. Kemudian dengan menggunakan sebuah filter pada 1 kHz hasil dari beberapa intermodulasi akan dinyatakan penggunaan metoda yang diuraikan terdahulu.

2) *Derau Pada Sistem Audio.*

Berikut ini beberapa penyebab derau (Handayani, dkk. 2008), yaitu:

- Derau termal

Derau termal adalah tegangan yang dihasilkan melalui terminal beberapa resistansi yang disebabkan oleh vibrasi

thermal acak dari atom yang menyusunnya. Spektrum frekuensi derau termal membentang dari dc hingga batas frekuensi teknik penguatan elektronik. Puncak gelombang derau biasanya mencapai empat kali lipat nilai rms. Semua komponen resistor bias, antenna penerima, strain gages, semikonduktor menghasilkan derau thermal. Hal ini dapat dikurangi dengan mengurangi lebar pita penguat atau dengan menurunkan temperatur komponen terhadap sinyal.

• Derau shot

Derau ini terdapat pada beberapa sambungan atau interferensi yang disebabkan oleh pembawa muatan. Derau Shot dapat dikurangi dengan mengoperasikan penguat yang sensitif pada arus bias rendah.

• Derau Flicker

Derau ini disebabkan oleh fluktuasi arus bias, terutama pada frekuensi rendah. Untuk mengurangi efek tersebut penggunaan frekuensi 100 Hz atau lebih rendah hendaknya dihindari untuk peralatan yang sensitif. Untuk penggunaan frekuensi 1 KHz atau lebih, efek derau mungkin masih dapat diabaikan.

III. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan kegiatan penelitian di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES, dimana peneliti dengan sengaja mengubah sebuah atau lebih factor pada situasi yang terkontrol dengan tujuan mempelajari pengaruh dari perubahan faktor itu. Penelitian dilakukan dengan cara membuat rangkaian Audio amplifier stereo.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang dimaksud ini adalah segala sesuatu yang akan menjadi obyek pengamatan penelitian. Variabel juga dapat diartikan sebagai faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini adalah dengan mengamati karakteristik audio amplifier stereo untuk beban bersama dan bergantian dengan menggunakan saklar ganda sebagai pengatur beban yaitu tingkat kecacatan (distorsi), daya maksimal output serta bentuk sinyal input dan output rangkaian.

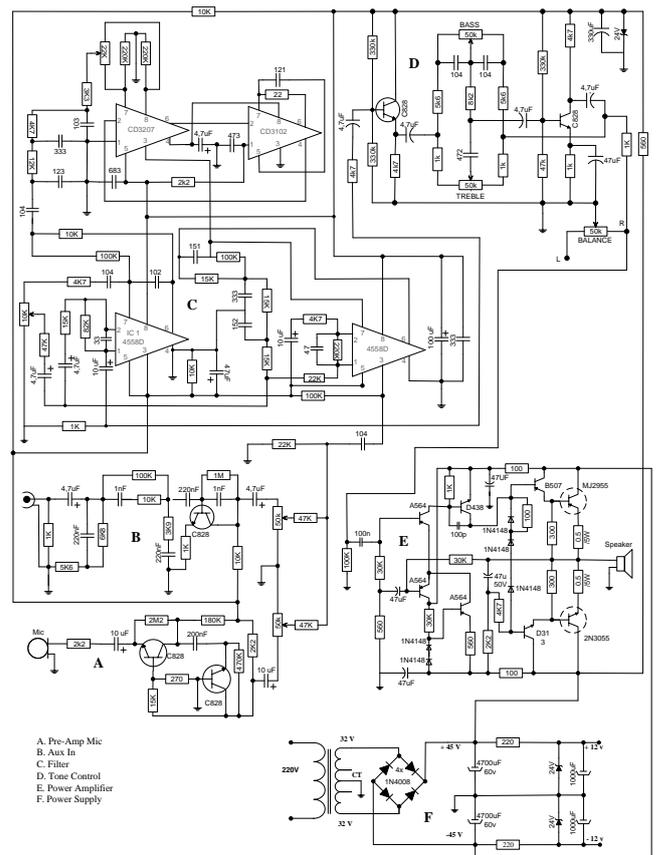
C. Prosedur Penelitian

1) Mempersiapkan Alat dan Bahan

Mempersiapkan bahan dan peralatan sebagaimana pada gambar 7.

2) Pembuatan Layout PCB

Rangkaian pembangkit pulsa seperti yang terlihat pada gambar 7, selanjutnya dirancang layout dan tata letak PCB-nya. Peneliti merancang menggunakan bantuan komputer untuk membuat layout dan tata letak PCB. Selanjutnya, Hasil rancangan yang telah dibuat dipindahkan ke PCB untuk selanjutnya dilarutkan



Gambar 7. Rangkaian Audio Amplifier Stereo Beserta Power Supply.

3) Pelarutan PCB

Siapkan alat dan bahan untuk melarutkan PCB, larutkan ferri chloride ke dalam air panas, tuang larutan ke dalam bak tempat melarutkan, selanjutnya masukan PCB yang sudah tergambar, goyang-goyangkan sampai PCB yang tidak tergambar terkelupas.

Selanjutnya cuci PCB yang sudah dilarutkan dengan menggunakan air, gosoklah menggunakan abu gosok atau amplas sampai tinta gambar menghilang.

4) Pemasangan Komponen pada PCB

Siapkan komponen yang diperlukan untuk membuat rangkain pembangkit pulsa dengan menggunakan transformator, pasang komponen sesuai dengan tata letak pada PCB, selanjutnya disolder semuanya, lalu rapikan.

5) Melakukan Pengukuran dari Rangkaian Pembangkit Pulsa

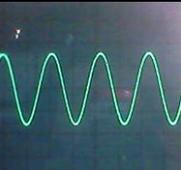
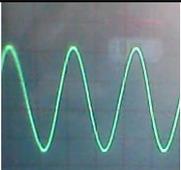
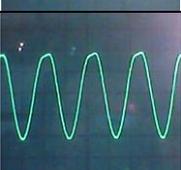
Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sinyal generator dan Volt meter, serta osiloskop. Pengujian menggunakan Volt meter bertujuan untuk mengukur besarnya tegangan yang ada pada rangkaian audio amplifier. Pengujian menggunakan osiloskop bertujuan untuk melihat bentuk sinyal keluaran serta besarnya penguatan dari rangkaian audio amplifier, mengamati perubahan output yang terlihat ketika merubah input sinyal yang diberikan oleh sinyal generator.

IV. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Sinyal Output Audio Amplifier Tanpa Beban

Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop untuk melihat bentuk sinyal output pada setiap perubahan volume suara. Pengukuran rangkaian audio amplifier stereo dilakukan pada dua bagian yaitu pada output rangkaian Pre-amp dan power amplifier.

TABEL I
 HASIL PENGUKURAN SINYAL OUTPUT PADA AUDIO AMPLIFIER TANPA BEBAN

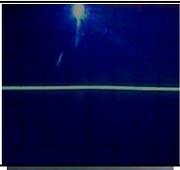
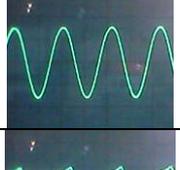
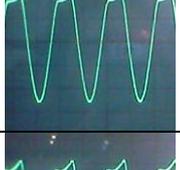
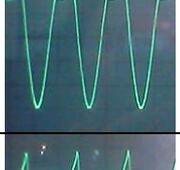
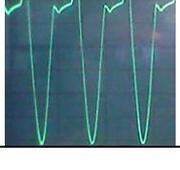
Putaran Potensiometer (volume)	Bentuk Gelombang
0	
1/4	
1/2	
3/4	
1	

B. Hasil Pengujian Sinyal Output Audio Amplifier Dengan Beban Speaker

Hasil pengukuran bentuk gelombang output audio amplifier dengan beban speaker 200 watt diukur dengan menggunakan osiloskop dapat dilihat pada tabel 2.

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa pada penguatan awal (Pre-amp) bentuk sinyal input sama dengan output namun mengalami penguatan yang rendah. Setelah sinyal input melalui bagian *Power Amplifier*, sinyal input mengalami penguatan yang cukup besar. Perubahan posisi potensiometer pada bagian Pre-amp, output audio amplifier mengalami perubahan bentuk sinyal output terutama pada putaran potensiometer $\frac{3}{4}$ dan posisi maksimal dimana mulai terjadi distorsi amplitudo.

TABEL II
 HASIL PENGUKURAN SINYAL OUTPUT PADA AUDIO AMPLIFIER DENGAN BEBAN SPEAKER 200 WATT

Putaran Potensiometer (volume)	Bentuk Gelombang
0	
1/4	
1/2	
3/4	
1	

C. Hasil Pengamatan Rangkaian Audio Amplifier Stereo

Pada pengujian ini, rangkaian diberi sumber tegangan 220 Volt AC dengan frekuensi 50 Hz dan input Mic. Pengukuran dilakukan pada output speaker dengan menggunakan osiloskop dan tegangan yang terdapat pada beban Speaker.

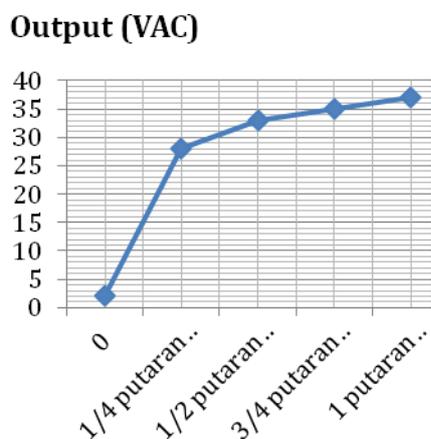
Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk melihat bentuk sinyal output rangkaian audio amplifier stereo, dalam hal ini adalah mengukur tegangan pada beban serta melihat perubahan keadaan suara output jika dilakukan perubahan volume suara input. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.

Dari tabel 3 tersebut dapat dijelaskan bahwa bentuk gelombang output audio amplifier mengalami perubahan atau distorsi dimana salah satu ujungnya mengalami perubahan bentuk sinyal. Selain itu, perubahan volume suara input digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan output pada speaker. Semakin besar volumenya, maka menghasilkan tegangan output pada speaker semakin besar pula, perubahan ini berpengaruh juga pada suara output yang dihasilkan, yaitu menjadi semakin keras.

TABEL III
 HASIL PENGUKURAN BENTUK GELOMBANG DAN TEGANGAN OUTPUT BEBAN

Putaran Potensio meter	Bentuk Gelombang Pada Output Audio Amplifier (Scala 2 V/div 2 mS/div)	Tegangan Beban (Volt AC)	Output Suara
0		2 V	Tidak ada
1/4		28 V	Kualitas suara bagus
1/2		33 V	Kualitas suara terjadi sedikit derau
3/4		35 V	Derau terdengar jelas
1		37 V	Derau terdengar sangat jelas

Maka dari hasil data pada tabel 3, dapat di buat grafik sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik penguatan VACOut terhadap putaran potensio meter

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian rangkaian audio amplifier stereo, dapat disimpulkan bahwa :

1) Penguatan sebuah audio amplifier tergantung dari karakteristik transistor yang dipakai.

2) Rangkaian audio amplifier menghasilkan sinyal output yang sama dengan input hanya saja mengalami penguatan yang lebih besar.

3) Pengujian rangkaian audio amplifier menggunakan beban speaker 200 Watt menunjukkan hasil bahwa perubahan volume dihasilkan rangkaian audio amplifier mengalami distorsi pada putaran volume 3/4 dan maksimal.

4) Penguatan dengan amplifier dimana $V_{ac\ in}$ sebesar 0,2 Volt dengan putaran potensio meter minimal (0 Ω) akan mengalami penguatan sebesar 22 dB pada outputnya.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan dari hasil penelitian ini, peneliti memberikan saran sebagai berikut :

1) Sebuah amplifier akan mengalami sebuah distorsi atau kecacatan dalam outputnya, untuk mengatasinya biasanya dipergunakan grounding.

2) Pada pemasangan tipe audio amplifier dengan power amplifier tipe OCL harus degan teliti, karena Transistor power amplifier sangat rentan terjadi konsleting.

3) Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan pengujian yang lebih teliti pada output beban dan suara.

REFERENSI

- [1] Arikunto, Suharsimi. *Prosedur Penelitian Pendekatan Suatu Praktik*. Jakarta : Rineka Cipta. 2006
- [2] Handayani, Peni., dkk.. *Teknik pemeliharaan dan Perbaikan Sistem Elctronika jilid 1 Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuaruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. 2008
- [3] Handayani, Peni., dkk.. *Teknik pemeliharaan dan Perbaikan Sistem Elctronika jilid 2 Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuaruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. 2008.
- [4] <http://www.alldatasheet.com/>. (4 Agustus2012).
- [5] Susanto. *Dasar Elektronik*. Jakarta: UI-Press. 1989
- [6] Susanto. *Seri Catatan Kuliah Rangkaian Elektronika Analag*. Jakarta: UI-Press. 1993
- [7] Susanto. *Rangkaian Elektronik Analog dan Digital*. Jakarta: UI-Press. 1996
- [8] Waluyanti, Sri., dkk. *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 1 untuk SMK*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuaruan, DirektoratJenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional,. 2008
- [9] Waluyanti, Sri., dkk. *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran Jilid 2 untuk SMK*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuaruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008
- [10] Wibowo, M.E., dkk. *Panduan Penulisan Karya Ilmiah*. Semarang: UNNES Press. 2007.