

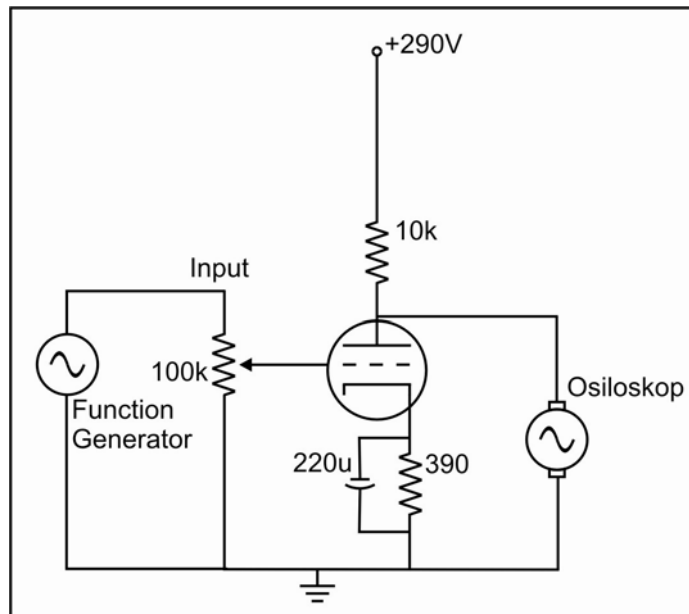
4. PENGUJIAN SISTEM

4.1. Pengujian Freskuensi Respon Rangkaian Power Amplifier Vacuum Tube Dengan Konfigurasi Paralel

Pengujian pada rangkaian *power amplifier vacuum tube* dengan konfigurasi paralel ini dilakukan untuk mengetahui grafik dari *gain* terhadap frekuensi respon. Pada pengujian ini, *power amplifier vacuum tube* dengan konfigurasi paralel diberi sinyal *input* sebesar $500 \text{ mV}_{\text{rms}}$.

4.1.1. Pengujian Frekuensi Respon Pada Penguat Driver

Pengujian ini menggunakan *function generator* merk Leader model 27A. *Function generator* ini akan memberikan *input* berupa sinyal sinus kepada *power amplifier*, sedangkan *output*-nya terpasang pada osiloskop (yang akan diamati perubahan V_p -nya). Rangkaian ujinya adalah sebagai berikut:



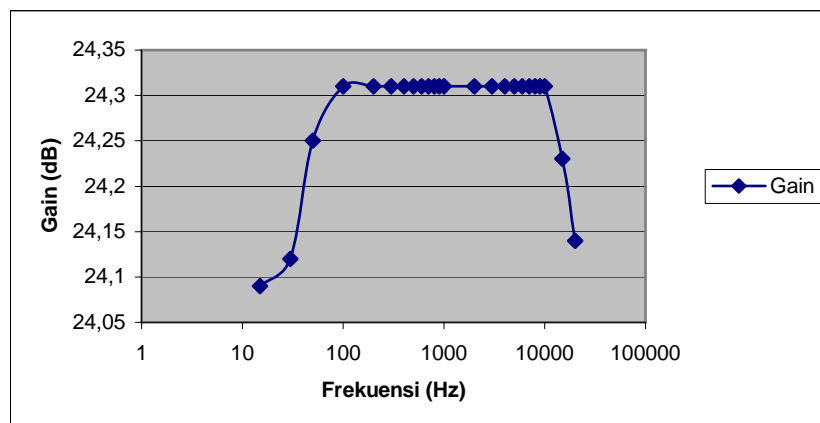
Gambar 4.1. Rangkaian Uji Frekuensi Respon Pada Penguat Driver

Hasil pengujian tampak pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Tabel Gain dan Frekuensi Respon Pada Penguat Driver

Frekuensi (Hz)	Input (V_{pp})	Output (V_{pp})	V_o/V_i	Gain (dB)
15	1,4	22,41	16,01	24,09
30	1,4	22,52	16,08	24,12
50	1,4	22,84	16,31	24,25
100	1,4	23,01	16,43	24,31
200	1,4	23,01	16,43	24,31
300	1,4	23,01	16,43	24,31
400	1,4	23,01	16,43	24,31
500	1,4	23,01	16,43	24,31
600	1,4	23,01	16,43	24,31
700	1,4	23,01	16,43	24,31
800	1,4	23,01	16,43	24,31
900	1,4	23,01	16,43	24,31
1000	1,4	23,01	16,43	24,31
2000	1,4	23,01	16,43	24,31
3000	1,4	23,01	16,43	24,31
4000	1,4	23,01	16,43	24,31
5000	1,4	23,01	16,43	24,31
6000	1,4	23,01	16,43	24,31
7000	1,4	23,01	16,43	24,31
8000	1,4	23,01	16,43	24,31
9000	1,4	23,01	16,43	24,31
10000	1,4	23,01	16,43	24,31
15000	1,4	22,78	16,27	24,23
20000	1,4	22,54	16,10	24,14

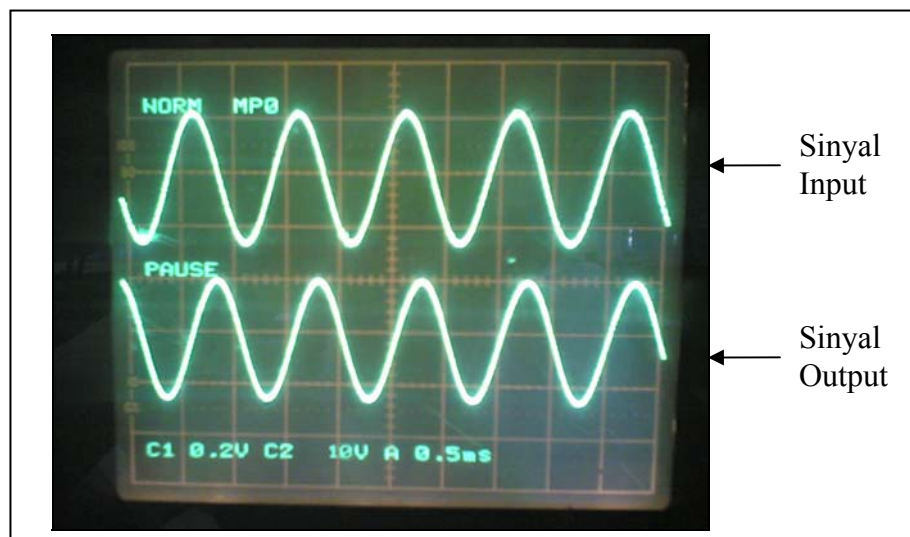
Gambar grafik dari tabel 4.1 tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2. Grafik Gain Terhadap Frekuensi Respon Pada Penguat Driver

Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa *gain* dari rangkaian penguat *driver* pada frekuensi 1kHz yaitu 24,31dB. Pada frekuensi 100Hz-10kHz besar *gain* tegangan konstan yaitu 24,31dB. Tetapi pada frekuensi dibawah 100Hz dan diatas 10kHz *gain* tegangan cenderung turun.

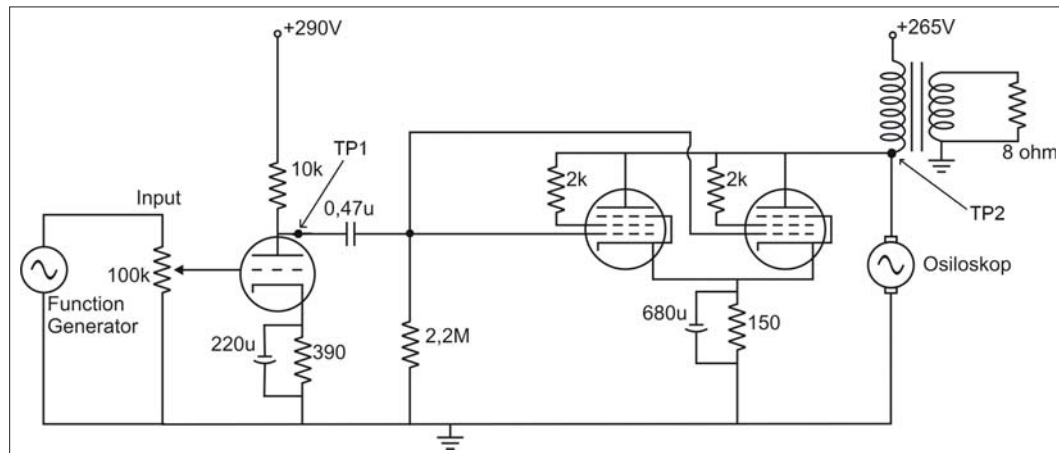
Pengujian terhadap frekuensi respon pada penguat *driver* ini juga dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* merk Kikusui tipe COR 5501U. Berikut ini adalah gambar hasil percobaan tersebut. *Channel 1* merupakan sinyal *input* dan *channel 2* merupakan sinyal *output* dari penguat *driver*.



Gambar 4.3. Sinyal Input Dan Sinyal Output Pada Penguat Driver

4.1.2. Pengujian Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Dengan Konfigurasi Paralel

Pengujian ini menggunakan *function generator* merk Leader 27A. *Function generator* ini akan memberikan *input* berupa sinyal sinus kepada *power amplifier vacuum tube*, sedangkan *output*-nya terpasang pada osiloskop (yang akan diamati perubahan V_{pp} -nya). Rangkaian ujinya adalah sebagai berikut:



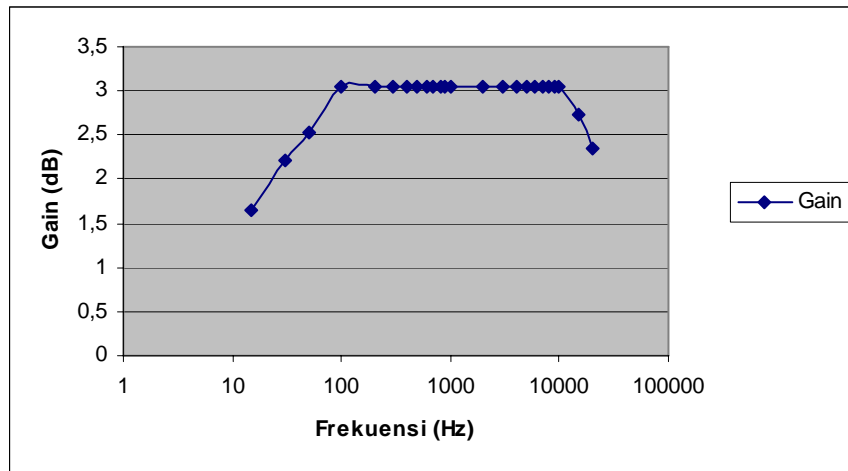
Gambar 4.4. Rangkaian Uji Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Dengan Konfigurasi Paralel

Hasil pengujian tampak pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2. Tabel Gain dan Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Dengan Konfigurasi Paralel

Frekuensi (Hz)	Input (V_{pp}) TP1	Output (V_{pp}) TP2	V_o/V_i	Gain (dB)
15	22,41	27,12	1,21	1,65
30	22,52	29,05	1,29	2,21
50	22,84	30,60	1,34	2,54
100	23,01	32,67	1,42	3,04
200	23,01	32,67	1,42	3,04
300	23,01	32,67	1,42	3,04
400	23,01	32,67	1,42	3,04
500	23,01	32,67	1,42	3,04
600	23,01	32,67	1,42	3,04
700	23,01	32,67	1,42	3,04
800	23,01	32,67	1,42	3,04
900	23,01	32,67	1,42	3,04
1000	23,01	32,67	1,42	3,04
2000	23,01	32,67	1,42	3,04
3000	23,01	32,67	1,42	3,04
4000	23,01	32,67	1,42	3,04
5000	23,01	32,67	1,42	3,04
6000	23,01	32,67	1,42	3,04
7000	23,01	32,67	1,42	3,04
8000	23,01	32,67	1,42	3,04
9000	23,01	32,67	1,42	3,04
10000	23,01	32,67	1,42	3,04
15000	22,78	31,21	1,37	2,73
20000	22,54	29,53	1,31	2,34

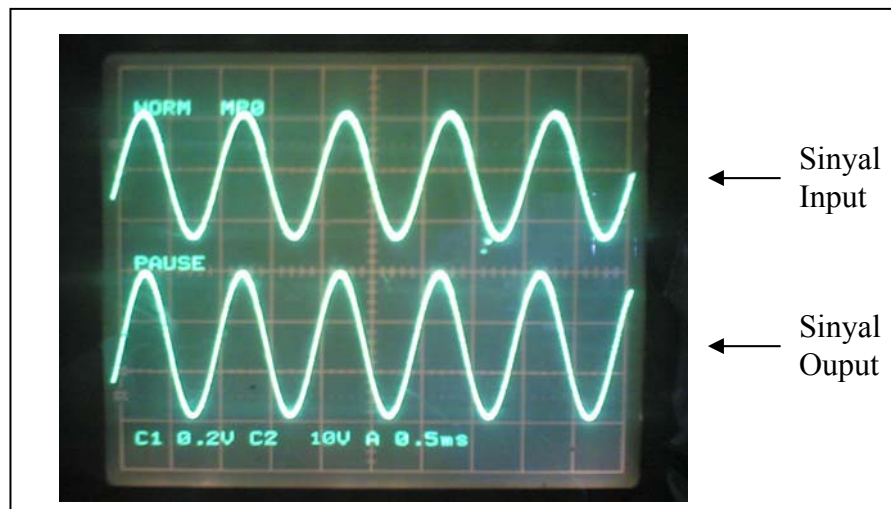
Gambar grafik dari tabel 4.2 tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5. Grafik Gain Terhadap Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Dengan Konfigurasi Paralel

Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa *gain* dari rangkaian *power amplifier vacuum tube* adalah merata, yaitu 3,04dB pada frekuensi 100Hz sampai 10kHz. Tetapi pada frekuensi di bawah 100Hz dan di atas 10kHz *gain* mulai menurun.

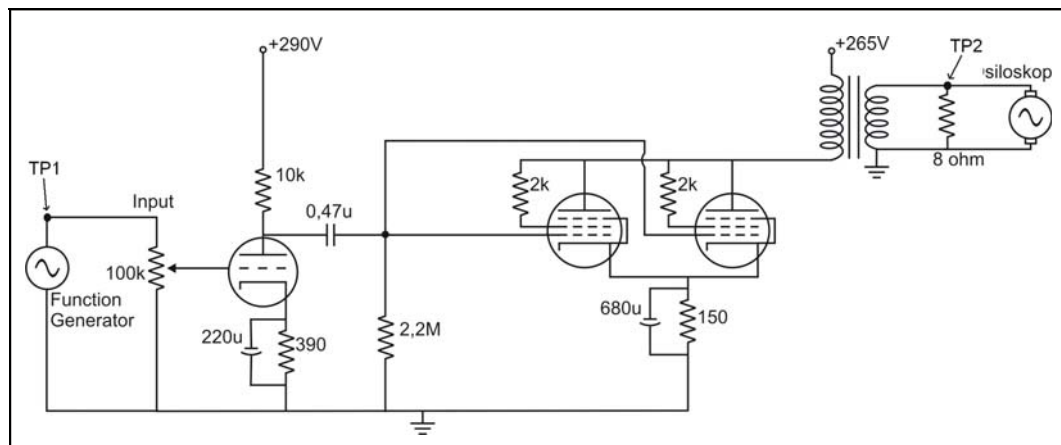
Pengujian terhadap frekuensi respon pada penguat akhir dengan konfigurasi paralel ini juga dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* merk Kikusui tipe COR 5501U. Berikut ini adalah gambar hasil percobaan tersebut. *Channel 1* merupakan sinyal *input* dan *channel 2* merupakan sinyal *output* dari penguat akhir dengan konfigurasi paralel.



Gambar 4.6. Sinyal Input Dan Sinyal Output Pada Penguat Akhir Dengan Konfigurasi Paralel

4.1.3. Pengujian Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Pada Transformator Output

Pengujian ini menggunakan *function generator* merk Leader 27A. *Function generator* ini akan memberikan *input* berupa sinyal sinus kepada *power amplifier vacuum tube*, sedangkan *output*-nya terpasang pada osiloskop (yang akan diamati perubahan V_{pp} -nya). Rangkaian ujinya adalah sebagai berikut:



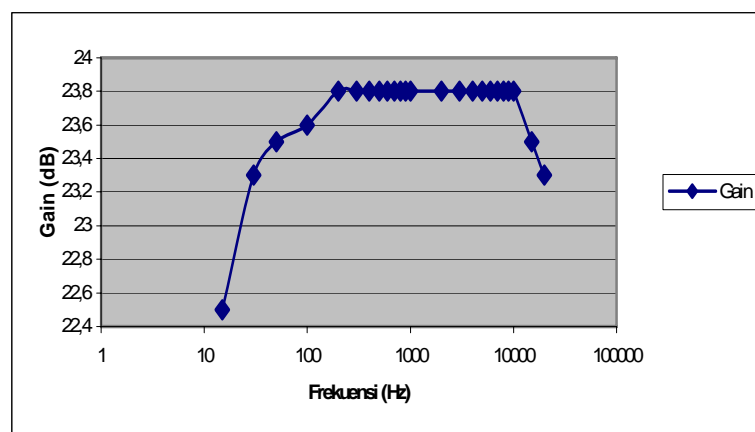
Gambar 4.7. Rangkaian Uji Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Pada Transformator Output

Hasil pengujian tampak pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3. Tabel Gain dan Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Pada Transformator Output

Frekuensi (Hz)	Input (V_{pp}) TP1	Output (V_{pp}) TP2	V_o/V_i	Gain (dB)
15	1,4	18,59	13,28	22,5
30	1,4	20,49	14,64	23,3
50	1,4	20,94	14,96	23,5
100	1,4	21,11	15,08	23,6
200	1,4	21,56	15,40	23,8
300	1,4	21,56	15,40	23,8
400	1,4	21,56	15,40	23,8
500	1,4	21,56	15,40	23,8
600	1,4	21,56	15,40	23,8
700	1,4	21,56	15,40	23,8
800	1,4	21,56	15,40	23,8
900	1,4	21,56	15,40	23,8
1000	1,4	21,56	15,40	23,8
2000	1,4	21,56	15,40	23,8
3000	1,4	21,56	15,40	23,8
4000	1,4	21,56	15,40	23,8
5000	1,4	21,56	15,40	23,8
6000	1,4	21,56	15,40	23,8
7000	1,4	21,56	15,40	23,8
8000	1,4	21,56	15,40	23,8
9000	1,4	21,56	15,40	23,8
10000	1,4	21,56	15,40	23,8
15000	1,4	20,94	14,96	23,5
20000	1,4	20,49	14,64	23,3

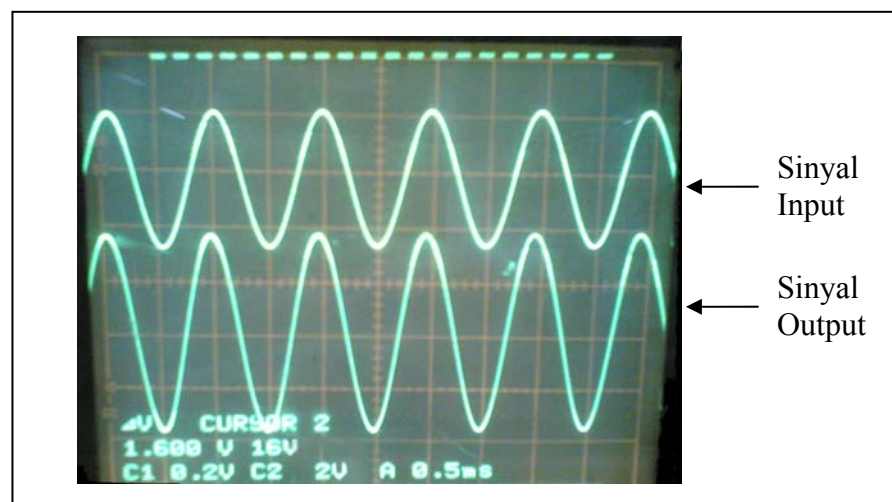
Gambar grafik dari tabel 4.3 tersebut dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8. Grafik Gain Terhadap Frekuensi Respon Pada Penguat Akhir Pada Transformator Output

Dari grafik tersebut di atas, dapat dilihat bahwa *gain* dari rangkaian *power amplifier* adalah merata, yaitu 23,8dB pada frekuensi 200Hz sampai 10kHz. Tetapi pada frekuensi di bawah 200Hz dan di atas 10kHz *gain* mulai menurun.

Pengujian terhadap frekuensi respon pada penguat akhir pada transformator *output* ini juga dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* merk Kikusui tipe COR 5501U. Berikut ini adalah gambar hasil percobaan tersebut. *Channel 1* merupakan sinyal *input* dan *channel 2* merupakan sinyal *output* dari penguat akhir pada transformator *output*.



Gambar 4.9. Sinyal Input Dan Sinyal Output Pada Penguat Akhir Pada Transformator Output

Dari hasil pengujian bisa didapatkan besarnya daya *output* dari rangkaian *power amplifier vacuum tube* dengan konfigurasi paralel. Besarnya daya *output* ditentukan dengan frekuensi sebesar 1kHz yang sesuai dengan standar pengujian *audio*. Besarnya $P_{o(rms)}$ yaitu:

- $V_{out} = 21,56 V_{pp}$ (dengan frekuensi 1kHz)
- $R = 8\Omega$

$$V_{out-rms} = \frac{V_{pp}}{\sqrt{2} \times 2}$$

$$V_{out-rms} = \frac{21,56}{\sqrt{2} \times 2}$$

$$V_{out-rms} = 7,6226V_{rms}$$

$$P_{o(rms)} = \frac{V_{out-rms}^2}{R}$$

$$P_{o(rms)} = \frac{7,6226^2}{8}$$

$$P_{o(rms)} = 7,263W$$

Pada hasil pengujian didapatkan $P_{o(rms)}$ sebesar 7,263W, sedangkan sesuai *data sheet* seharusnya *amplifier* ini mampu menghasilkan $P_{o(rms)}$ sebesar 11W. Tidak sesuainya daya *output* yang dihasilkan bisa disebabkan karena tidak cocoknya impedansi *output* pada transformator *output*. Oleh sebab itu dilakukan pengujian pada transformator *output*, yang menguji impedansi pada bagian primer dan sekunder. Sesuai perancangan pada bab 3 yang menjelaskan bahwa impedansi *output* pada rangkaian *final* harus mendapatkan impedansi *output* sebesar 68,6665 Ω .

Berikut ini adalah perhitungan efisiensi daya dari *power amplifier vacuum tube* dengan konfigurasi paralel.

$$\eta = \frac{P_{o(rms)}}{P_{in}} \times 100\% \text{ dimana } P_{in} = P_{in_{driver}} + P_{in_{akhir}}$$

Pada bab 3 diketahui penguat *driver* bekerja pada tegangan *input* 130V dan membutuhkan arus sebesar 5mA. Sedangkan untuk penguat akhir bekerja pada tegangan *input* 250V dan membutuhkan arus 100mA.

$$\begin{aligned} P_{in_{driver}} &= V_{in_{driver}} \times I_{in_{driver}} \\ &= 130 \times 5 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$P_{in_{driver}} = 0,65W$$

$$\begin{aligned} P_{in_{akhir}} &= V_{in_{akhir}} \times I_{in_{akhir}} \\ &= 250 \times 100 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$P_{in_{akhir}} = 25W$$

$$P_{in} = 0,65 + 25$$

$$P_{in} = 25,65W$$

$$\eta = \frac{P_{o(rms)}}{P_{in}} \times 100\%$$

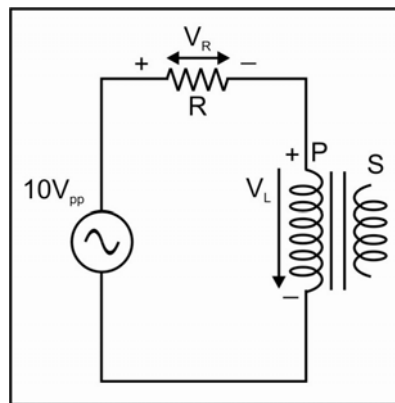
$$\eta = \frac{7,263}{25,65} \times 100\%$$

$$\eta = 28,32\%$$

4.2. Pengujian Impedansi Output Power Amplifier Vacuum Tube Dengan Konfigurasi Paralel Pada Transformator Output

4.2.1. Pengujian Impedansi Pada Bagian Primer Transformator Output

Berikut ini gambar rangkaian yang digunakan untuk menguji impedansi transformator *output*. Beserta nilai dari hasil pengujian.



Gambar 4.10. Rangkaian Uji Impedansi Pada Bagian Primer Transformator Output

Dari gambar 4.10 didapatkan data sebagai berikut :

- $V_R = 6,4 V_{pp}$
- $R = 1K\Omega$
- $V_L = 9,94V_{pp}$
- $V_{in} = 10V_{pp}$

Dari data diatas didapatkan nilai

$$I = \frac{V_R}{R}$$

$$I = \frac{6,4}{1K\Omega}$$

$$I = 6,4mA$$

$$X_L = \frac{V_L}{I}$$

$$X_L = \frac{9,94}{6,4 \times 10^{-3}}$$

$$X_L = 1553,125 \Omega$$

$$\tan \theta = \frac{X_L}{R}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{1553,125}{1000} \right)$$

$$\theta = 57,22^\circ$$

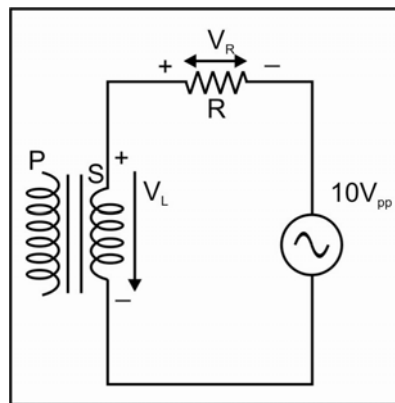
$$|V_S| = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$|V_S| = \sqrt{6,4^2 + 9,94^2}$$

$$|V_S| = 11,822V$$

4.2.2. Pengujian Impedansi Pada Bagian Sekunder Transformator Output

Berikut ini gambar rangkaian yang digunakan untuk menguji impedansi transformator *output*.



Gambar 4.11. Rangkaian Uji Impedansi Transformator Output Pada Bagian Sekunder

Dari gambar 4.11 didapatkan data sebagai berikut :

- $V_R = 40,4m V_{pp}$
- $R = 1,5 \Omega$
- $V_L = 3,39V_{pp}$
- $V_{in} = 10V_{pp}$

Dari data diatas didapatkan nilai

$$I = \frac{V_R}{R}$$

$$I = \frac{40,4 \times 10^{-3}}{1,5}$$

$$I = 25,93mA$$

$$X_L = \frac{V_L}{I}$$

$$X_L = \frac{3,39}{25,93 \times 10^{-3}}$$

$$X_L = 130,74\Omega$$

$$\tan \theta = \frac{X_L}{R}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{130,74}{1,5} \right)$$

$$\theta = 89,34^\circ$$

$$|V_s| = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$|V_s| = \sqrt{(40,4 \times 10^{-3})^2 + 3,39^2}$$

$$|V_s| = 3,39V$$

Pada pengujian diatas didapatkan impedansi pada transformator *output* bagian primer sebesar 1553,125 Ω . Sedangkan pada perancangan system seharusnya impedansi pada transformator *output* bagian primer sebesar 68,6665 Ω . Pada pengujian diatas juga didapatkan impedansi pada transformator *output* bagian sekunder sebesar 130,74 Ω . Sedangkan beban berupa speaker yang biasa digunakan adalah sebesar 8 Ω . Dari hasil pengujian pada transformator *output* diketahui bahwa adanya ketidaksesuaian (*ismatch*) pada impedansi *output*.

4.3. Pengujian V_{out} Pada Rangkaian Power Amplifier Vacuum Tube Dengan Konfigurasi Paralel Dengan V_{in} Yang Diubah-ubah

Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui seberapa besar V_{in} sehingga pada V_{out} tidak terjadi cacat. Pada pengujian ini, *power amplifier* diberi sinyal

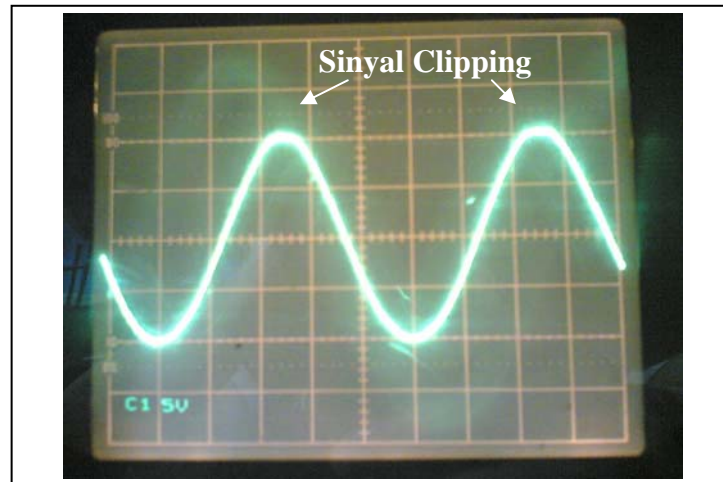
input yang besarnya diubah-ubah yaitu dengan V_{in} dimulai dari 500 mV_{pp}. Sinyal *input* berasal dari *function generator* merk Leader 27A, dengan frekuensi sebesar 1kHz. Hasil pengujian tampak pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4. Tabel V_{in} dan V_{out} Power Amplifier Vacuum Tube

Input (mV _{pp})	Output (V _{pp})
500	7,70
600	8,55
700	10,00
800	12,20
900	12,60
1000	13,05
1100	14,20
1200	15,05
1300	16,70
1400	17,55
1500	19,20
1600	21,15
1750	22,60
1800	21,30
1900	20,15
2000	19,70

Dari tabel 4.4 diatas, dapat dilihat bahwa V_{out} dari rangkaian *power amplifier vacuum tube* mulai mengalami cacat pada saat V_{in} sebesar 1800mV_{pp}.

Pengujian terhadap tegangan *input* maksimal pada *power amplifier vacuum tube* dengan konfigurasi paralel ini juga dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* merk Kikusui tipe COR 5501U. Berikut ini adalah gambar hasil percobaan tersebut. Sinyal *output* yang dihasilkan dari *power amplifier vacuum tube* terjadi *clipping* (sinyal terpotong).



Gambar 4.12. Sinyal Output Yang Terpotong (Clipping)

Analisa sensitivitas *input* pada 1750mVpp :

$$V_{\text{sensitivitas}} = \frac{1750\text{mV}}{2\sqrt{2}}$$

$$V_{\text{sensitivitas}} \approx 600\text{mV}$$

Power amplifier vacuum tube ini mampu bekerja dengan sensitivitas *input* sampai dengan 600mV_{rms}, lebih besar dari spesifikasi yang ada pada bab 1 yaitu 500mV_{rms}.