

# Penguat Jembatan dengan Untai Pembalik Fase

Budihardja Murtianta<sup>1)</sup>, dan Erlinasari<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Semarang  
Jl. Soekarno Hatta, RT.7/RW.7, Kota Semarang, Indonesia 59160  
e-mail: [budihardja.murtianta@uksw.edu](mailto:budihardja.murtianta@uksw.edu)<sup>1)</sup>, [erlinasari@usm.ac.id](mailto:erlinasari@usm.ac.id)<sup>2)</sup>

## ABSTRACT

*The maximum output voltage of the audio amplifier is limited to the magnitude of the power supply voltage of the power transistor or the operational amplifier on the final amplifier. This limits the maximum power of the audio amplifier output. The way to enlarge the output power of the audio amplifier without increasing the voltage is the bridge method or bridged modes. With this method a bridge amplifier will be generated. This Bridge Amplifier is also known as Bridge-Tied Load (BTL) or Bridged Transformerless. The principle of Bridge Amplifiers is to use a pair of final amplifiers whose outputs have opposite phase each other. There are 3 ways to make a pair of power amplifiers have opposing phases: with internal modification, with an audio transformer (phase splitting audio input transformer) and with a simple active phase reversal splitter circuit). This paper will discuss Bridge Amplifiers with simple phase inverting circuits. A pair of audio power amplifiers using two TDA2050 chips which are operated at  $\pm 19$  Volt supply voltage. The phase inverting circuit using IC TL072. Sinusoidal signal with an amplitude of 200 mVp and a frequency of 1 KHz is used as an input signal. The results to be observed and measured are gain, input, output and bandwidth of the bridged amplifier compared to the usual amplifier.*

**Keywords:** Bridge amplifier, gain, phase inverter, sinusoid

## ABSTRAK

Tegangan keluaran maksimum penguat audio terbatas pada besar tegangan catu daya dari transistor daya atau penguat operasi pada penguat akhirnya. Hal tersebut yang membatasi daya maksimal dari keluaran penguat audio. Cara untuk memperbesar daya keluaran penguat akhir (*power amplifier*) audio tersebut tanpa menaikkan tegangannya yaitu dengan metode jembatan atau bridged modes. Dengan metode tersebut akan dihasilkan Penguat Jembatan. Penguat Jembatan ini juga dikenal dengan *Bridge-Tied Load* (BTL) atau *Bridged Transformerless*. Prinsip Penguat Jembatan adalah menggunakan sepasang penguat akhir yang masing-masing keluarannya mempunyai sinyal yang berlawanan fasenya. Ada 3 cara untuk menjadikan sepasang penguat daya tersebut mempunyai fase yang saling berlawanan, yaitu: dengan modifikasi internal (*internal modification*), dengan pembalik fase trafo audio (*phase splitting audio input transformer*) dan dengan untai pembalik fase aktif sederhana (*simple active phase splitter circuit*). Pada tulisan ini akan dibahas Penguat Jembatan dengan untai pembalik fase sederhana. Sepasang penguat daya audio menggunakan dua buah cepis TDA2050 yang dioperasikan pada tegangan catu  $\pm 19$  Volt. Untai pembalik fase menggunakan cepis TL072. Sinyal sinusoida dengan amplitudo 200 mVp dan frekuensi 1 KHz dipergunakan sebagai sinyal masukan. Hasil yang akan diamati dan diukur adalah bati, masukan, keluaran, dan lebar pita (bandwidth) Penguat Jembatan dibandingkan dengan penguat biasa.

**Kata kunci:** Bati, pembalik fase, penguat jembatan, sinusoida

## I. PENDAHULUAN

Penguat (*amplifier*) adalah rangkaian komponen elektronika yang dipergunakan untuk menguatkan daya. Penguat dalam bidang audio dipergunakan untuk menguatkan sinyal suara berbentuk analog dari sumber suara yaitu memperkuat sinyal listrik berbentuk arus dan tegangan AC dari masukannya menjadi arus dan tegangan listrik AC yang lebih besar serta dayanya akan menjadi lebih besar pada keluarannya. Besarnya penguatan ini sering dikenal dengan istilah bati (*gain*). Besarnya daya keluaran penguat ditentukan oleh besarnya arus dan tegangan pada keluaran tersebut. Jadi untuk memper besar daya keluaran dapat dilakukan dengan

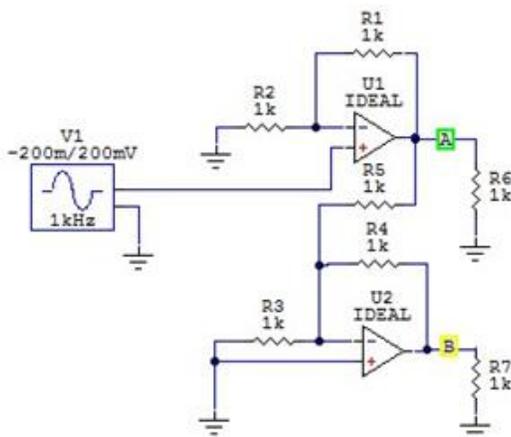
memperbesar arus keluaran atau memperbesar tegangan keluaran. Besar arus keluaran penguat ditentukan oleh besarnya beban pada keluaran penguat. Jika beban penguat dalam hal ini adalah penyuar mempunyai impedansi yang semakin kecil maka arus keluaran penguat akan semakin besar dan sebaliknya. Besarnya tegangan keluaran penguat ditentukan oleh besarnya tegangan catu karena besar tegangan keluaran penguat tidak mungkin lebih besar dari tegangan catu penguat. Permasalahan yang sering dihadapi adalah terbatasnya besar tegangan catu yang tersedia sehingga daya keluaran penguat terbatas tidak dapat menghasilkan daya keluaran yang sangat besar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dirancang Penguat Jembatan yang

akan dapat menghasilkan daya keluaran besar dengan menggunakan tegangan catu secara efisien.

Penguat Jembatan pada prinsip dasarnya menggunakan sepasang (dua buah) penguat (*amplifier*) yang masing-masing keluaran penguat mempunyai fasa yang berlawanan (beda fasa =  $180^\circ$ ). Kedua buah penguat tersebut menggunakan catu daya yang sama dengan polaritas yang berlawanan sehingga tidak perlu untuk menggunakan kapasitor pemblokiran DC antara penguat dan beban [1]. Ini menghemat biaya & ruang, dan tidak ada pengurangan daya pada frekuensi rendah karena kapasitor. Reaktansi kapasitif berbanding terbalik dengan frekuensi dimana kapasitor akan bersifat hubung buka untuk frekuensi rendah  $\approx 0$  [2].

Sinyal masukan audio berlawanan fase dapat disediakan dalam beberapa cara yaitu:

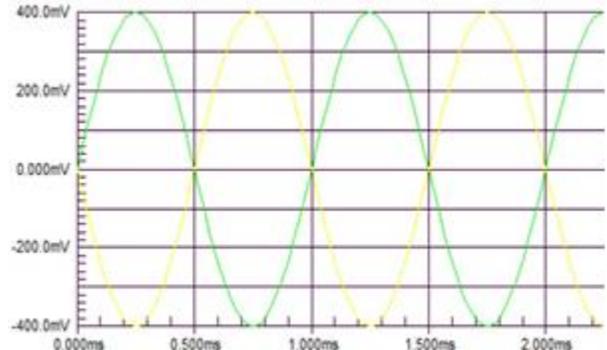
- Modifikasi internal [3]



Gambar 1. Modifikasikal internal.

Untai dasar Penguat Jembatan dengan metode modifikasi internal dapat dilihat pada Gambar 1 dan prinsip dasar kerjanya yaitu dengan meneruskan keluaran dari penguat daya I (atas) menuju ke masukan membalik (*inverting*) dari penguat daya II (bawah). Dengan demikian penguat daya jembatan ini tidak perlu ada untai tambahan dan masing-masing penguat sudah dapat menghasilkan keluaran yang berlawanan fase dengan daya besar. Penguat daya yang digunakan adalah penguat operasi. Sinyal masukan diumpankan pada masukan tak membalik yang mempunyai impedansi masukan tinggi. Hal ini dilakukan agar hambatan masukan penguat tidak akan membebani sinyal pada masukannya. Perlu diketahui impedansi masukan penguat akan memperkecil sinyal masukan sesuai dengan kaidah pembagian tegangan [4] antara impedansi masukan penguat dan impedansi keluaran sumber sinyal terhadap besar tegangan sinyal masukan tersebut. Keluaran penguat daya I diumpankan

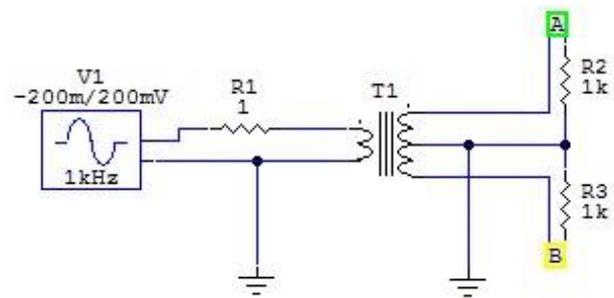
pada masukan membalik yang mempunyai impedansi masukan tidak setinggi impedansi masukan tak membalik karena impedansi masukan membalik ditentukan oleh besarnya hambatan R3. Tetapi hal ini tidak akan menjadi permasalahan pembebanan karena impedansi keluaran penguat operasi adalah sangat kecil sehingga pengaruh pembebanan oleh impedansi masukan membalik penguat operasi dapat dianggap tidak ada.



Gambar 2. Keluaran Penguat Jembatan modifikasi internal.

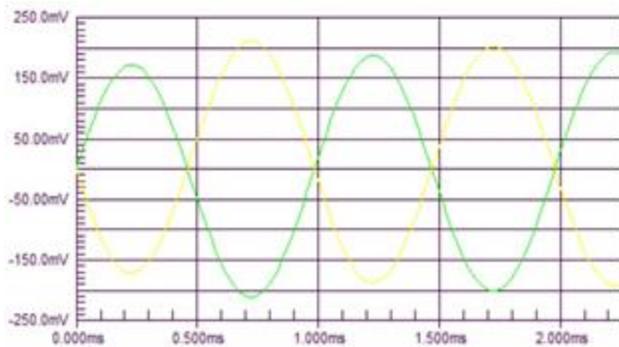
Gambar 2 menunjukkan keluaran dari masing-masing penguat yaitu keluaran penguat I (warna hijau) dan keluaran penguat II (warna kuning) yang saling berlawanan fase (beda fasa =  $180^\circ$ ).

#### ▮ Pembalik Fase Trafo Audio



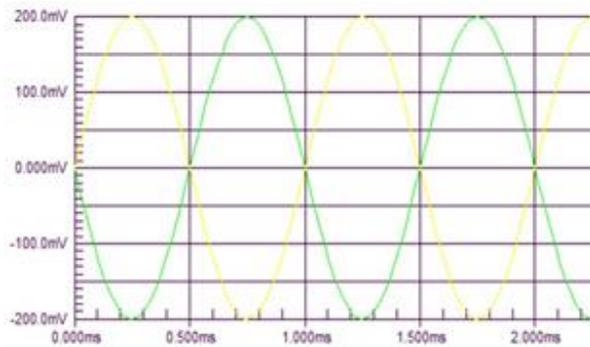
Gambar 4. Keluaran pembalik fase trafo audio.

Dengan menggunakan trafo CT sebagai pembalik fase pada Gambar 3 maka keluaran trafo bagian sekunder titik A akan berlawanan fase dengan titik B. Untai Pembalik Fase Trafo Audio ini sebagai untai tambahan dan keluarannya diumpankan ke masukan sepasang penguat daya yang akan dijadikan sebagai Penguat Jembatan.



Gambar 4. Keluaran pembalik fase trafo audio.

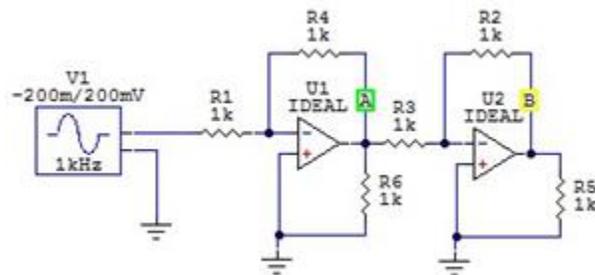
Gambar 4 adalah bentuk gelombang keluaran pembalik fase trafo audio yaitu keluaran pada titik A (warna hijau) dan keluaran pada titik B (warna kuning) yang saling berlawanan fase (beda fasa =  $180^\circ$ ).



Gambar 6. Keluaran Untai Pembalik fase aktif

Gambar 6 adalah bentuk gelombang keluaran Untai Pembalik Fase aktif yaitu keluaran pada titik A (warna hijau) dan keluaran pada titik B (warna kuning) yang saling berlawanan fase (beda fasa =  $180^\circ$ ).

· Untai Pembalik Fase



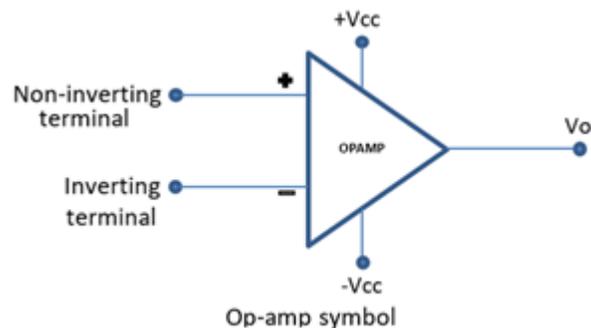
Gambar 5. Untai Pembalik Fase aktif.

Untai dasar Penguat Jembatan dengan metode modifikasi internal dapat dilihat pada Gambar 5 dan prinsip dasar kerjanya yaitu dengan meneruskan keluaran dari penguat I menuju ke masukan pembalik (*inverting*) dari penguat II. Kedua penguat ini masukannya pada masukan pembalik dan masing-masing keluarannya akan berlawanan fasenya. Untai ini sebagai untai tambahan dan masing-masing keluarannya diumpankan ke masukan sepasang penguat daya yang akan dijadikan sebagai Penguat Jembatan. Dalam hal ini sinyal masukan diumpankan pada masukan pembalik dari penguat I. Oleh sebab itu penggunaan hambatan R1 pada masukan pembalik penguat I tidak boleh terlalu kecil mengingat hambatan tersebut akan sebagai beban dari sinyal masukan penguat.

**II. TINJAUAN PUSTAKA**

Op-Amp kependekan dari *Operasional Amplifier* atau penguat operasi adalah tulang punggung elektronika analog. Penguat operasi adalah komponen elektronik sambungan DC yang memperkuat tegangan dari masukan diferensial menggunakan umpan balik resistor. Op-Amp terkenal karena fleksibilitasnya dan dapat dikonfigurasi dalam banyak cara dan dapat digunakan dalam berbagai aspek. Sebuah rangkaian

Op-Amp terdiri dari beberapa variabel seperti lebar pita, impedansi masukan, dan impedansi keluaran, bati, dan lain lain. Kelas Op-Amp yang berbeda memiliki spesifikasi yang berbeda tergantung pada variabel-variabel tersebut. Ada banyak Op-Amp yang tersedia dalam bentuk cepis (IC) yang berbeda, beberapa cepis Op-Amp memiliki dua atau lebih Op- Amp dalam satu paket. LM358, LM741, LM386 adalah beberapa cepis Op-Amp yang umum digunakan. Simbol Op-Amp dapat dilihat pada Gambar 7.

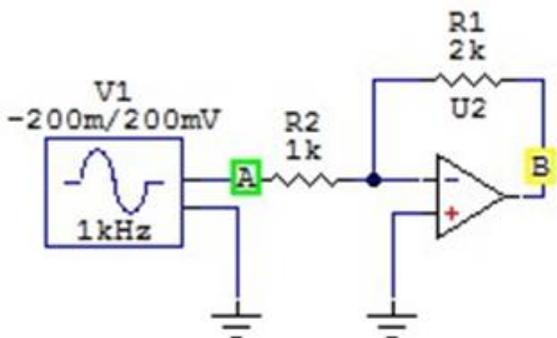


Gambar 7. Simbol Op-Amp.

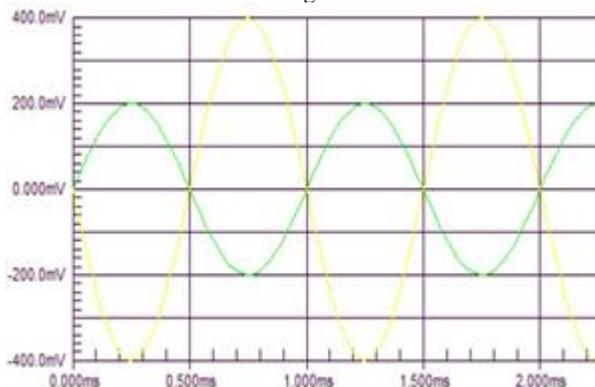
Sebuah Op-Amp memiliki dua pin masukan dan satu pin keluaran serta dua pin daya. Kedua pin masukan adalah pin masukan pembalik atau pin negatif dan pin masukan tak pembalik atau pin positif. Sebuah Op-Amp

memperkuat beda tegangan antara dua pin masukan tersebut dan memberikan keluaran yang diperkuat di pin keluarannya. Tergantung pada tipe masukan, Op-Amp dapat diklasifikasikan sebagai Penguat Membalik atau Penguat Tak Membalik.

A. Penguat Membalik[5]



Gambar 8. Penguat Membalik

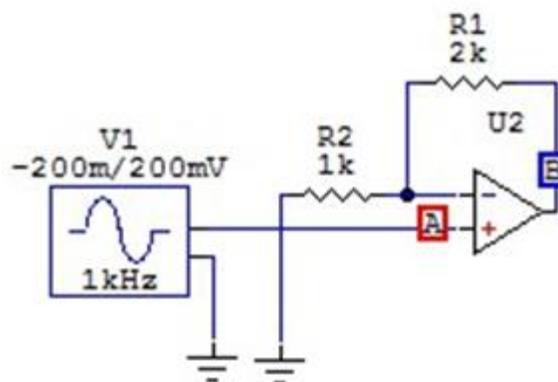


Gambar 9. Sinyal masukan dan keluaran Penguat Membalik.

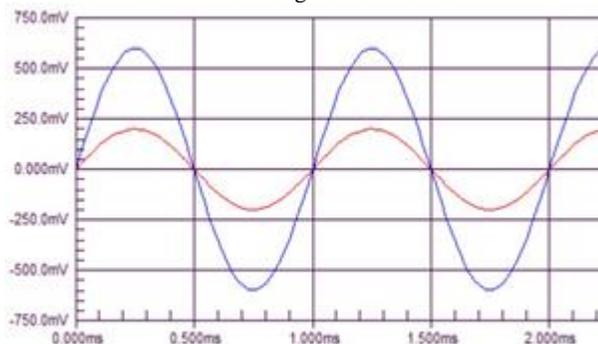
Gambar 8 adalah untai dasar penguat Op-Amp sebagai Penguat Membalik dan bentuk dan besaran sinyal masukan  $V_i$  pada titik A (warna hijau) dan keluarannya  $V_o$  pada titik B ( warna kuning) ditunjukkan pada Gambar 9. Sinyal keluaran dan masukan Penguat Membalik berlawanan fase (beda fase =  $180^\circ$ ). Impedansi masukan Penguat Membalik ditentukan oleh hambatan  $R_2$  dan besarnya impedansi masukan =  $R_2$  [6]. Besarnya penguatan tegangan Penguat Membalik adalah:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -R_1/R_2 \tag{1}$$

B. Penguat Tak Membalik[7]



Gambar 10. Penguat Tak Membalik



Gambar 11. Sinyal masukan dan keluaran Penguat Tak Membalik.

Gambar10 adalah untai dasar penguat Op-Amp sebagai Penguat Tak Membalik dan bentuk dan besaran sinyal masukan  $V_i$  pada titik A (warna merah) dan keluarannya  $V_o$  pada titik B ( warna biru) ditunjukkan pada Gambar 11. Sinyal keluaran dan masukan Penguat Membalik adalah sefase (beda fase =  $0^\circ$ ). Impedansi masukan Penguat Tak Membalik adalah sangat besar dan idealnya adalah tak berhingga. Besarnya penguatan tegangan Penguat Tak Membalik adalah

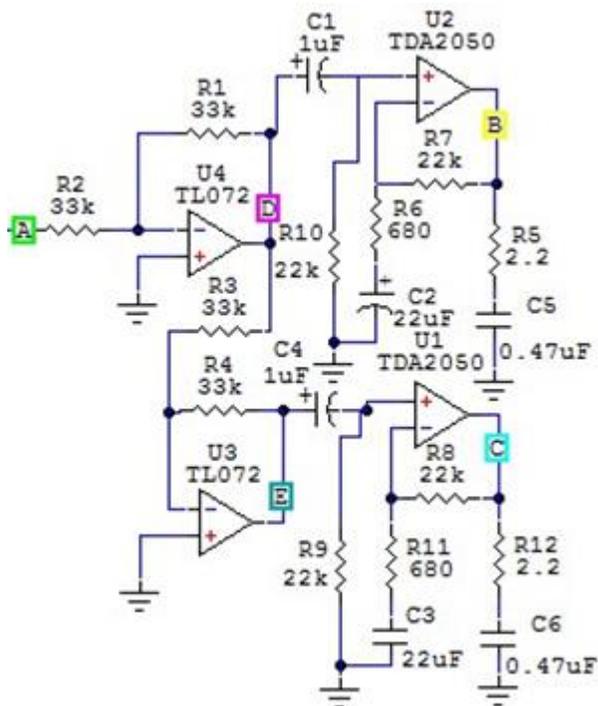
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = 1 + R_1/R_2 \tag{2}$$

Penguatan tegangan penguat dapat diperbesar dengan mengubah rasio resistor, namun, tidak disarankan untuk menggunakan resistansi  $R_2$  yang rendah karena  $R_2$  menentukan impedansi masukan Penguat Membalik. Karena nilai resistansi yang lebih rendah menurunkan impedansi masukan dan menjadi beban bagi sinyal masukan. Pemilihan hambatan  $R_2$  juga tidak boleh terlalu besar karena dengan penguatan tegangan besar akan harus meningkatkan nilai resistor umpan balik  $R_1$ . Resistansi umpan balik yang lebih tinggi memberikan bati penguat yang tidak stabil dan lebar pita penguat akan menurun. Nilai khas dari  $R_1$  adalah antara 4,7K hingga 10K bahkan lebih besar dan  $R_2$  adalah tidak lebih dari sekitar 100K.

Pengaturan bati penguat tinggi akan menyebabkan distorsi dan pengaturan bati penguat rendah mungkin tidak

memberikan volume yang cukup. Nilai yang baik digunakan untuk mendengarkan audio di rumah adalah sekitar 27 hingga 30 dB. Pengaturan dengan nilai tersebut akan sangat kecil menyebabkan distorsi dan akan memberi rentang volume yang baik [8].

### C. Penguat Jembatan dengan Untai Pembalik Fase



Gambar 12. Penguat Jembatan dengan Untai Pembalik Fase

Penguat Jembatan dengan Untai Pembalik Fasa pada Gambar 12 terbagi menjadi dua bagian yaitu Untai Pembalik Fase yang terdiri dari cepis TL072 dan Penguat Daya yang terdiri dari cepis daya TDA2050. Pembalik Fase berfungsi sebagai pembalik fasa dari sinyal yang diumpangkan pada masukan membalikinya. Pembalik Fase tidak memperkuat sinyal masukan karena  $R1 = R2$  dan  $R3 = R4$ . Sinyal masukan pada titik A (warna hijau) akan dibalik fasenya pada keluaran di titik D (warna merah) kemudian sinyal keluaran tersebut diteruskan ke masukan membalik berikutnya dan menghasilkan sinyal yang berlawanan fasenya pada keluaran titik E (warna biru). Jadi sinyal pada masing-masing keluaran titik D dan E saling berlawanan fasenya dan diumpangkan ke masing- masing masukan Penguat Daya untuk dihasilkan sinyal dengan daya besar pada masing-masing keluaran titik B (warna kuning) dan titik C (warna biru muda). Sinyal pada titik B dan titik C diperkuat 33 kali dan saling berlawanan fasenya. Dengan demikian sinyal antara keluaran pada titik B dan C akan diperkuat dua kalinya

menjadi 66 kali karena fasa antara kedua keluaran tersebut saling berlawanan. Besar beban pada keluaran penguat =  $8 \Omega$ . Daya keluaran penguat berbanding lurus dengan kuadrat dari tegangan keluarannya sesuai dengan rumus:

$$P = \frac{V^2}{R} \tag{3}$$

Dimana P adalah daya keluaran, V adalah tegangan keluaran dan R adalah hambatan beban. Jika tegangan naik menjadi dua kali lipat maka daya akan naik menjadi 4 kali lipat. Konfigurasi penguat pada Untai Pembalik Fase adalah Penguat Membalik yang penguatannya 1 kali sehingga dengan nilai hambatan masukan yang disesuaikan dengan impedansi masukan relatif besar maka nilai hambatan umpan balik juga relatif tidak besar karena nilainya sama dengan nilai hambatan masukan sesuai. Konfigurasi penguat pada Penguat Daya adalah Penguat Tak Membalik yang mempunyai sifat impedansi masukan besar. Penguatan dari Penguat Daya relatif besar sehingga dengan pemasangan nilai hambatan umpan balik yang tidak boleh terlalu besar mengakibatkan nilai hambatan masukan pembalik juga tidak besar. Tetapi hal ini tidak mempengaruhi impedansi masukan Penguat Tak Membalik.

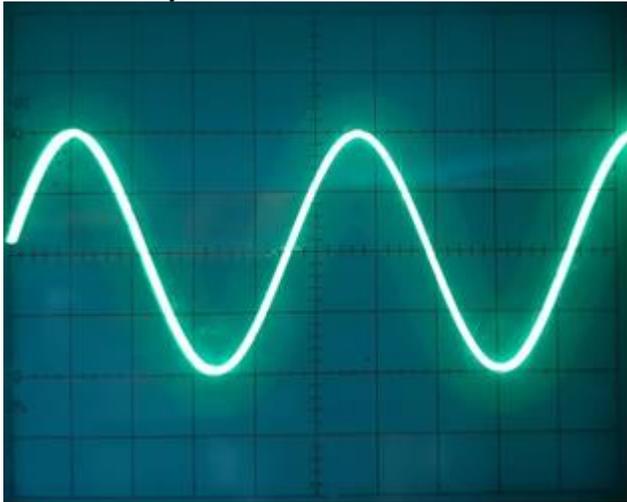
### III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan dengan melihat permasalahan yang ada yaitu terbatasnya daya keluaran penguat karena penggunaan tegangan catu yang terbatas. Permasalahan akan di atasi dengan menggunakan Penguat Jembatan dan pada penelitian ini dirancang Penguat Jembatan yang menggunakan metode Untai Pembalik Fase. Untai yang direalisasi menggunakan komponen-komponen pasif resistor dan kapasitor serta komponen aktif penguat operasi yang tersedia banyak di pasaran. Nilai komponen-komponen dan hasil dihitung dengan dasar teori dan rumus pada kajian pustaka. Dan hasil keluaran untai pembalik fasa diukur dengan menggunakan simulator *circuit maker*. Untuk realisasi untai Penguat Jembatan dengan Untai Pembalik Fase menggunakan komponen-komponen yang ada dipasaran dan hasil keluaran penguat diukur dengan menggunakan alat-alat ukur yang tersedia di laboratorium seperti generator fungsi, osiloskop dan sebagainya. Bati penguat diperoleh dengan membagi amplitudo sinyal keluaran terhadap amplitudo sinyal masukan penguat dan besaran amplitudo sinyal tersebut diukur dengan osiloskop. Penentuan titik penggal frekuensi bawah dan frekuensi atas penguat dicari frekuensi sinyal yang bati tegangannya jatuh sebesar 3 dB di bawah bati tegangan pada pita frekuensi tengah [9]. Sesuai dengan konversi satuan bati tegangan penguat dalam satuan dB menjadi

rasio tegangan keluaran terhadap masukan maka titik frekuensi penggal - 3 dB dapat ditentukan pada frekuensi sinyal keluaran yang mempunyai amplitudo 0,707 atau 70,7% dari amplitudo sinyal maksimal [10], yaitu amplitudo sinyal pada pita frekuensi tengah.

#### IV. HASIL PEMBAHASAN

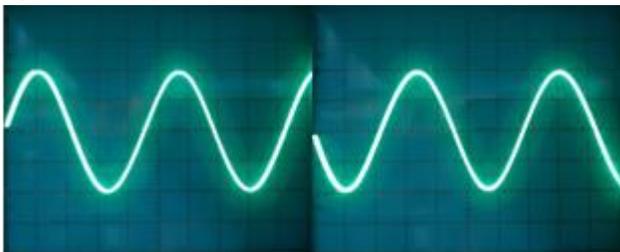
##### A. Sumber Sinyal Masukan



Gambar 13. Sumber sinyal masukan:  $V_i = 200\text{mVp}$ ,  $f = 1\text{ KHz}$ .

Sumber sinyal berupa sinusoida dengan amplitudo 200 mV dan frekuensi 1 KHz dipergunakan sebagai masukan Untai Pembalik Fase berupa komponen utama cepis TL072.

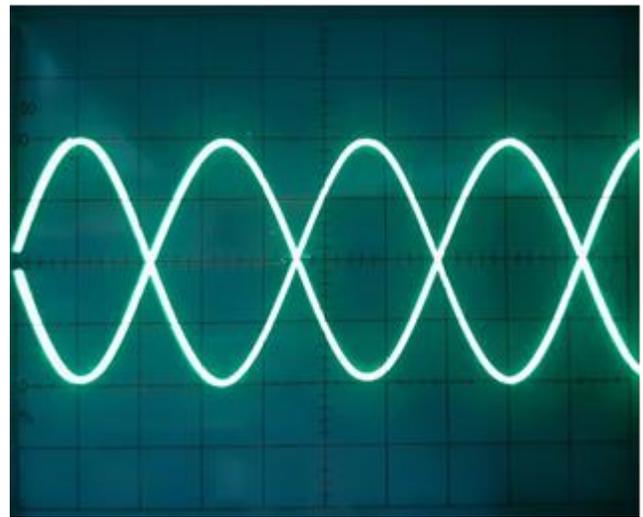
##### B. Untai Pembalik Fase



Gambar 14a. Sinyal keluaran Untai Pembalik Fase.

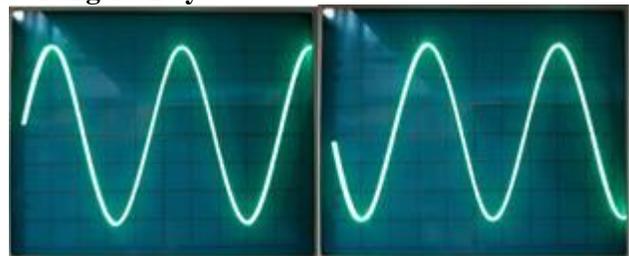
Untai Pembalik Fase terdiri dari komponen utama berupa cepis TL072 yang terdiri dari 2 buah Op-Amp yang akan menghasilkan sinyal keluaran bagian kiri ( $V_{OL}$ ) dan sinyal keluaran bagian kanan ( $V_{OR}$ ). Pada Gambar 14a menunjukkan hasil keluaran Untai Pembalik Fase yang telah terpisah menjadi sisi kiri dan kanan, yaitu masing-masing  $V_{OL}$  dan  $V_{OR}$  dengan amplitudo 200 mV dan saling berlawanan fase (beda fase =  $180^\circ$ ). Pada Gambar 14b adalah sinyal keluaran dari Untai Pembalik Fase yang dilihat dengan gabungan dua keluaran  $V_{OL}$  dan  $V_{OR}$

dimana masing-masing keluaran berlawanan fase mempunyai amplitudo 200 mV dan frekuensi 1 KHz. Pengaturan osiloskop yang digunakan adalah Volt/div = 0,1 V dan Time/div = 0,2 mS.



Gambar 14b. Gabungan keluaran Untai Pembalik Fase  $V_{OL}$  dan  $V_{OR}$ .

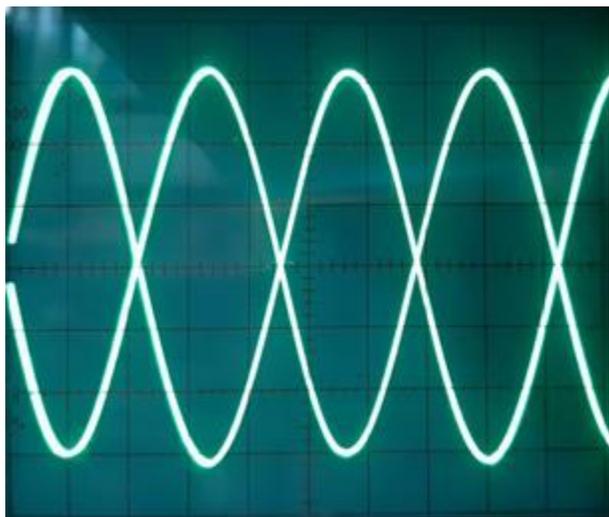
##### C. Penguat Daya



Gambar 15a. Sinyal keluaran Penguat Daya.

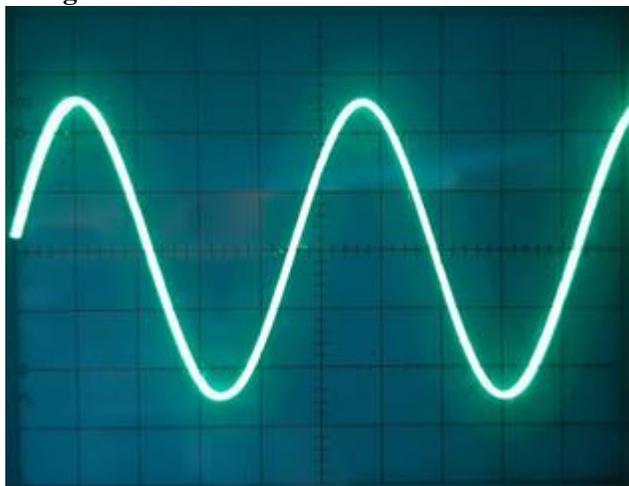
Penguat Daya terdiri dari komponen utama berupa 2 buah cepis daya TDA2050 yang berfungsi menghasilkan sinyal keluaran dengan daya besar. Gambar 15a menunjukkan masing-masing Op-Amp daya menghasilkan sinyal keluaran bagian kiri ( $V_{OL}$ ) dan sinyal keluaran bagian kanan ( $V_{OR}$ ) dengan amplitudo 6,4 V dan saling berlawanan fase (beda fase =  $180^\circ$ ). Pada Gambar dilihat 15b adalah sinyal keluaran dari Penguat Daya yang dilihat dengan gabungan dua keluaran  $V_{OL}$  dan  $V_{OR}$  dimana masing-masing keluaran berlawanan fase mempunyai amplitudo 6,4 V dan frekuensi 1 KHz. Pengaturan osiloskop yang digunakan adalah Volt/div = 2 V dan Time/div = 0,2 mS. Untuk pengukuran frekuensi penggal dilakukan dengan cara mengatur frekuensi sinyal masukan lebih rendah dari 1 KHz sampai besar amplitudo keluaran turun menjadi 70,7% dari awal dan diperoleh frekuensi penggal bawah = 44 Hz dan mengatur frekuensi

sinyal masukan lebih tinggi dari 1 KHz sampai besar amplitudo keluaran menjadi 70,7% dari awal dan diperoleh frekuensi penggal atas = 78KHz.



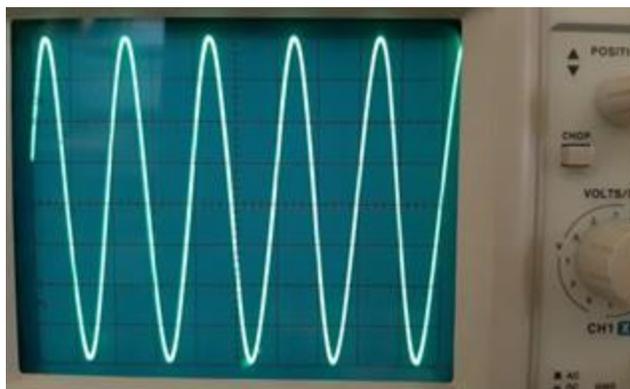
Gambar 15b. Gabungan keluaran Penguat Daya  $V_{OL}$  dan  $V_{OR}$ .

#### D. Penguat Jembatan



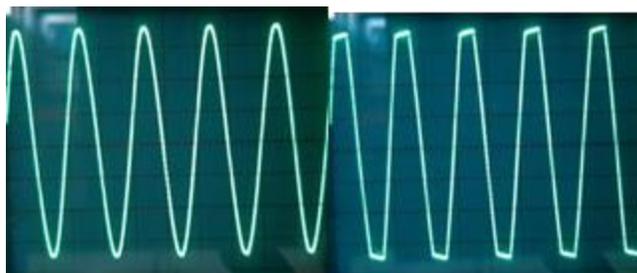
Gambar 16. Keluaran Penguat Jembatan.

Untuk menghasilkan penguat menjadi Penguat Jembatan yaitu dengan menggabungkan beban atau penyuar pada kedua keluaran penguat  $V_{OL}$  dan  $V_{OR}$  yang fasanya saling berlawanan tersebut. Gabungan keluaran akan menjadi penjumlahan tegangan keluaran dan hasil sinyal keluaran Penguat Jembatan dapat dilihat pada Gambar 16. Tegangan keluaran mempunyai amplitudo = 12,75 V dan frekuensi = 1 KHz. Pengaturan osiloskop yang digunakan adalah Volt/div = 5 V dan Time/div = 0,2 mS. Untuk pengukuran titik penggal Penguatan Jembatan diperoleh besar frekuensi penggal bawah = 44 Hz dan frekuensi penggal atas = 75 KHz.



Gambar 17. Keluaran Penguat Jembatan di atas tegangan catu.

Pada Gambar 17 adalah keluaran Penguat Jembatan yang dibuat melewati batas tegangan catu dayanya dengan menaikkan tegangan masuknya. Dalam hal ini besar tegangan catu  $\pm 19$  V dan amplitudo tegangan keluaran = 20  $V_p$  (Volt/div = 5 V).



Gambar 18. Gambar Keluaran Jembatan pada maksimal.

Gambar 18 menunjukkan bentuk dan besar tegangan keluaran Penguat Jembatan jika tegangan masukan diperbesar hingga bentuk tegangan keluaran pada batas cacat. Berdasar pengukuran diperoleh tegangan keluaran maksimal adalah 35  $V_p$  (Volt/div = 1V x 10). Bentuk tegangan keluaran akan cacat jika lebih besar dari 35  $V_p$ . Dengan demikian Penguat Jembatan dapat menghasilkan amplitudo keluaran yang besarnya hampir 2x tegangan catunya.

#### V. KESIMPULAN

Penguat Jembatan dengan Untai Pembalik Fase mempunyai bati tegangan mendekati dua kali dari penguat biasa, mempunyai lebar pita mendekati sama dengan penguat biasa dan dapat menghasilkan amplitudo tegangan keluaran hampir dua kali besar tegangan catu sehingga Penguat Jembatan tersebut dapat menghasilkan daya keluaran hampir empat kali penguat biasa dengan besar tegangan catu dan beban yang sama. Tegangan keluaran Penguat Jembatan tidak dapat mencapai dua kali tegangan catu karena adanya rugi-rugi pada komponen penguat dayanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Self, Douglas, "Audio Power Amplifier Design Handbook", edisi kelima, Focal Press, 2009, hal 367.
- [2] Allan H. Robbins and Wilhelm C. Miller, "Circuit Analysis: Theory and Practice", Delmar Cengage Learning, edisi kelima, 2012, hal. 554-558.
- [3] Rod Elliott. (Juli 2018). Simplest Ever Bridging Adapter for Power Amps. Elliott Sound Products. [Online]. Tersedia: <https://sound-au.com/project20.htm>
- [4] William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly and Steven M. Durbin, "Engineering Circuit Analysis, edisi kedelapan, McGraw-Hill Companies, Inc., 2012, hal. 62-63.
- [5] Sourav Gupta. (31 Juli 2018). Inverting Operational Amplifier. CircuitDiges. [Online]. Tersedia: <https://circuitdigest.com/tutorial/inverting-operational-amplifier-op-amp>
- [6] Albert Malvino, David J. Bates, "Electronic principles", edisi kedelapan, McGraw-Hill Education, 2016, hal. 682.
- [7] Clayton, George & Winder, Steve, "Operational Amplifiers", Elsevier Science, Burlington, 2003, hal 14 – 17.
- [8] Scott Campbell. (Februari 2017). How to Design and Build an Amplifier with the TDA2050. Circuit Basics. [Online]. Tersedia: <https://www.circuitbasics.com/tda2050-diy-amplifier-build-guide/>
- [9] Adel S. Sedra and Kenneth C. Smith, "Microelectronic circuits", edisi ketujuh, Oxford University Press, 2015, hal. 698.
- [10] James A. Svoboda and Richard C. Dorf, "Introduction to Electric Circuits", edisi kesembilan, John Wiley & Sons, Inc., 2014, hal. 617-620.