

# MODEL SISTEM PENGUAT DAYA AUDIO RAGAM TERSAKLAR METODE DELTA MODULASI

Wiwit Andriyanto Ir. Nugroho AD, MT Rachmat Atianto, ST  
e-mail: [andre95@plasa.com](mailto:andre95@plasa.com)  
Jurusan Teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
JL. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang  
e-mail: [eeundip@indosat.net.id](mailto:eeundip@indosat.net.id)

## Abstraksi

Dewasa ini perkembangan dunia elektronika begitu pesat. Berbagai bagian dari bidang elektronika selalu menciptakan terobosan-terobosan baru yang memungkinkan peningkatan kualitas maupun efisiensi dari output yang dihasilkan, tak ketinggalan dalam perancangan sistem penguat daya audio. Sekarang ini masih banyak digunakan model penguat daya audio ragam linier yang walaupun mempunyai linieritas yang sangat bagus akan tetapi sangat boros dalam pemakaian daya. Dalam tugas akhir ini, diketengahkan suatu model alternatif dalam pembuatan penguat daya audio yang mempunyai efisiensi jauh lebih baik dari model penguat daya ragam linier. Model penguat daya audio ragam tersaklar metode delta modulasi memanfaatkan komponen-komponen aktif transistor sebagai saklar, bukan sebagai sumber arus. Transistor hanya beroperasi pada dua kondisi yaitu kondisi on dan off. Dengan pengkondisian transistor hanya pada dua keadaan ini mengakibatkan pencapaian efisiensi daya bisa terjadi. Dalam sistem yang akan dibuat terdapat sebuah D flip flop yang mengemudikan pensaklaran komponen-komponen aktif. Pada bagian akhir dari sistem dipasang sebuah induktor yang terpasang seri dengan tahanan speaker, dan sebuah ikal umpan balik. Karena adanya sinyal umpan balik ini maka sistem akan berupaya agar bentuk sinyal keluaran semirip mungkin dengan sinyal masukan, sehingga linieritas sistem cukup memadai.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Pada penguat daya ragam linier, banyak terjadi hamburan daya karena komponen-komponen aktif difungsikan sebagai sumber arus. Untuk masalah linieritas penguat daya dengan ragam linier terasa sangat memadai.

Dalam penelitian ini dirancang suatu sistem penguat daya audio dengan efisiensi daya yang lebih baik dari penguat daya linier dan dengan linieritas yang cukup memadai. Efisiensi ini bisa diperoleh dengan cara pensaklaran pada komponen-komponen aktifnya. Penguat daya kelas D terdiri atas bagian-bagian; rangkaian masukan analog, rangkaian pensaklaran, rangkaian pengemudi saklar beserta sinyal osilator dan bagian rangkaian out put.

Salah satu metode yang bisa dilakukan yaitu dengan metode delta modulasi yang merupakan dasar dari ADC sigma-delta.

### 1.2 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu model sistem penguat daya audio yang mempunyai efisiensi lebih baik dari penguat daya linier.

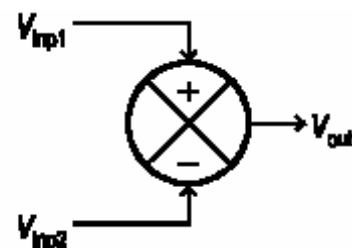
Sedangkan manfaat bisa diperoleh adalah memberikan salah satu alternatif dalam perancangan penguat daya audio.

## 2. Konsep Dasar

Beberapa konsep dasar yang terkait dengan pembuatan tugas akhir ini akan dibahas secara sederhana dan ringkas meliputi: pembanding tegangan, D flip-flop, mosfet dasar, dan filter.

### 2.1 Pembanding Tegangan

Sistem pengaturan otomatis ikal tertutup dan terapan audio juga sering melibatkan blok penguat selisih yang menyelisihkan sinyal-sinyal masukan seperti diperlihatkan gambar di bawah ini:

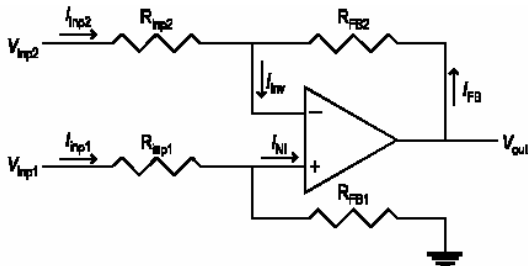


Gambar 2.1 Pembanding tegangan

Tegangan keluaran  $V_{out}$  merupakan fungsi selisih dari tegangan sinyal masukan sinyal masukannya. Bila diekspresikan secara matematis akan mengikuti pola

$$V_{out} = K_1 \cdot V_{inp1} - K_2 \cdot V_{inp2} \dots\dots\dots (2.1)$$

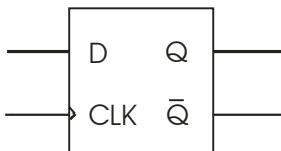
dengan  $K_1$  dan  $K_2$  adalah konstanta proporsional. Rangkaian dasar konfigurasi ini diperlihatkan gambar 2.2



Gambar 2.2 Penguat pembanding

2.2 D Flip-Flop

Rangkaian pemsaklaran yang akan digunakan pada hakekatnya adalah pemodulasi PWM, dalam rancangan sistem yang akan dibuat, rangkaian pemsaklaran terdiri atas sebuah D flip-flop dan sinyal osilator sebagai sumber *clock*. Sub bagian ini akan membahas sedikit mengenai D flip-flop dan pembangkit *clock*.



Gambar 2.2 Simbol dari D flip-flop

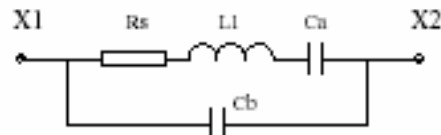
D flip-flop merupakan rangkaian logika yang mempunyai dua buah masukan dan dua buah keluaran. Satu masukan merupakan masukan *synchronous*, yaitu sebagai masukan data, dan satu jalur masukan lagi merupakan masukan sinyal detak/*clock*. Keluaran D flip-flop yaitu Q dan  $\bar{Q}$ . Proses kerja dari D flip-flop diatur oleh sinyal *clock*. Jika *clock* dalam kondisi tinggi, masukan D akan mengendalikan keluaran. Dalam keadaan ini penahan akan diset oleh D yang tinggi, dan direset oleh D yang rendah. Jika *clock* dalam kondisi rendah maka gerbang masukan menjadi tak aktif dan mencegah perubahan keadaan pada penahan. Dengan kata lain, pada waktu *clock* rendah, penahan berada pada keadaan tak aktif dan rangkain bisa dikatakan dalam keadaan menyimpan. Gambar 3.1 memperlihatkan simbol dari sebuah D flip-flop dan tabel 3.1 adalah tabel kebenaran dari D flip-flop.

Tabel 2.1 Tabel kebenaran

Clock	D	Q
0	X	NC
1	0	0
1	1	1

2.3 Pembangkit Sinyal Kotak

Istilah osilator digunakan untuk menyatakan piranti-piranti yang dapat membangkitkan sinyal-sinyal periodik yang kebanyakan frekuensi dan amplitudonya bisa di atur. Osilator banyak digunakan dalam sintem mikrokontroler sebagai pembangkit sinyal internal sehingga semua fungsi sistem bisa berjalan. Rating frekuensi dari pulsa *clock* bisa di atur dengan penambahan komponen luar, contoh rangkaian sederhana adalah sebuah rangkaian seri LC atau sebuah rangkaian seri RC yang bisa digunakan untuk mengatur frekuensi yang diinginkan. Apabila dibutuhkan frekuensi tinggi dengan stabilitas yang lebih baik, bisa digunakan osilator dengan menggunakan resonator keramik, untuk stabilitas terbaik dianjurkan untuk menggunakan osilator kristal. Osilator kristal tersedia dalam kisaran frekuensi 1 MHz sampai 100 MHz atau lebih. Rangkaian ekuivalen sebuah kristal adalah seperti gambar di bawah ini:

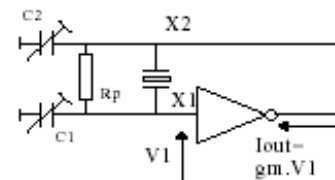


Gambar 2.3 Rangkaian ekuivalen sebuah kristal

Dari gambar bisa dilihat bahwa sebuah kristal merupakan rangkaian seri dari  $R_s$ ,  $L_1$ , dan  $C_a$  paralel terhadap  $C_b$ . Persamaan yang bisa diambil dari rangkaian tersebut untuk menentukan nilai Z kristal adalah:

$$Z_{XTAL} = \frac{1}{j\omega C_b} \left( R_s + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_a} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$R_s + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_a} + \frac{1}{j\omega C_b}$$



Gambar 2.4 Rangkaian osilator Pierce

Gambar 2.4 memperlihatkan sebuah osilator pierce, pada gambar di atas kapasitor beban seri merupakan

resultan seri dari  $C_1$  dengan  $C_2$  sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$C_{SL} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Bila ditetapkan  $C_1=C_2=C_{XL}$  maka kapasitor beban seri dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$C_{SL} = \frac{(C_{XL})^2}{2 \cdot C_{XL}} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$C_{SL} = \frac{1}{2} \cdot C_{XL}$$

$$C_{XL} = 2 \cdot C_{SL} \dots\dots\dots (2.5)$$

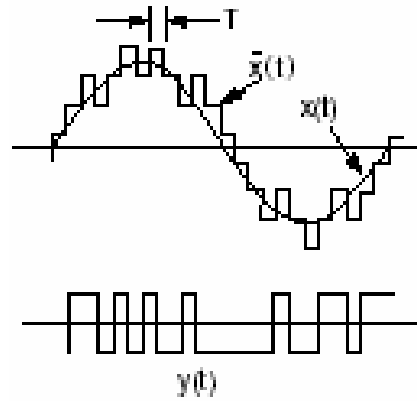
Resistor  $R_o$  sebesar 1 K $\Omega$  membatasi daya yang dihamburkan oleh kristal. Bila daya yang dihamburkan terlalu besar akan memperburuk stabilitas frekuensi acuan dan memperpendek masa kerja kristal.

**2.4 Pembangkitan Sinyal Modulasi Lebar Pulsa**

Penguat kelas D mengolah sinyal analog menggunakan teknik PWM, yang merupakan kunci dari penguat ini untuk melakukan efisiensi. Sinyal PWM ini diumpankan ke rangkaian kemudi mosfet, yang menyediakan arus keluaran yang besar. Sinyal gelombang persegi frekuensi tinggi dengan amplitudo tetap dan lebar yang bervariasi, merupakan keluaran dari bagian PWM ini. Sinyal pulsa-pulsa ini berisi informasi audio.

Seperti diperlihatkan dari gambar di bawah ini. Sinyal sinusoidal merupakan sinyal masukan audio, sedangkan sinyal kotak dari sebuah osilator, gambar 2.5 (atas). Apabila sinyal tersebut diumpankan ke sebuah D flip-flop, maka keluaran yang dihasilkan adalah seperti pada gambar 2.5 (bawah).

Dapat terlihat bahwa sinyal tersebut berupa pulsa-pulsa yang lebarnya sebanding dengan aras tegangan sesaat sinyal sinusoidal. Dengan cara inilah dihasilkan sinyal PWM untuk masukan random sinyal informasi audio. Untuk menambah besaran tegangan, sinyal keluaran dari D flip-flop masih perlu diumpankan lagi ke sebuah gerbang NOR sebelum diumpankan lagi transistor penguat sinyal, agar mampu digunakan sebagai kemudi MOSFET.



Gambar 2.5 Sinyal analog dan sinyal osilator (atas) Sinyal keluaran D flip-flop (bawah)

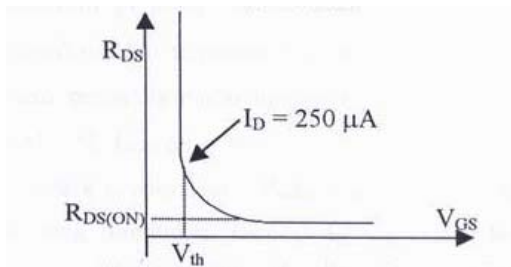
**2.5 Mosfet**

Mosfet merupakan piranti unipolar terkontrol tegangan, dengan mayoritas pembawa muatan elektron, tanpa injeksi minoritas. Konsep dasarnya sebagai piranti terkendali tegangan, mengakibatkan daya yang diperlukan cukup kecil untuk mengendalikan MOSFET pada ragam pensaklaran, serta hampir tidak ada tundaan untuk mematikan transistor dibandingkan dengan transistor bipolar yang memerlukan waktu untuk mengosongkan daerah basisnya. Karena itulah MOSFET ini lebih cocok untuk digunakan dalam pensaklaran dibandingkan dengan transistor bipolar. Di samping itu, dibandingkan transistor bipolar, MOSFET lebih unggul dalam pemakaian frekuensi tinggi saat rugi-rugi pensaklaran merupakan faktor yang diperhatikan.

Saat MOSFET digunakan sebagai saklar, faktor dominan yang menjadi sumber rugi-rugi pensaklaran adalah  $R_{DS(ON)}$ . Komponen ini berbanding lurus dengan peningkatan suhu lingkungan. Semakin besar suhu,  $R_{DS(ON)}$  akan semakin meningkat, dan mencegah pemusatan arus pada satu komponen saat piranti dipekerjakan secara paralel.

$R_{DS}$ , resistansi melintas penguras sumber, yang membatasi arus penguras pada ragan linier atau dalam daerah aktif, adalah fungsi dari  $V_{GS}$  dan  $V_{th}$ , dengan  $V_{th}$  adalah tegangan ambang yang diperlukan untuk membuat terciptanya kanal antara penguras dan sumber, yaitu saat arus mulai mengalir dari sumber ke penguras, biasanya diukur untuk nilai arus penguras sebesar 250  $\mu A$ . Nilai  $R_{DS}$  akan menurun dengan peningkatan  $V_{GS}$ , hingga mencapai nilai sekitar m $\Omega$ , yaitu saat arus penguras tidak terpengaruh oleh perubahan tegangan gerbang. Pendekatan terhadap nilai  $R_{DS}$  ditunjukkan pada persamaan 2.6 dan gambar 2.5.

$$R_{DS} = R_{DS(ON)} \frac{V_{GSMaks} - V_{th}}{V_{GS} - V_{th}} \Big|_{V_{th} \leq V_{GS} < V_{GSMaks}} \dots\dots\dots (2.6)$$



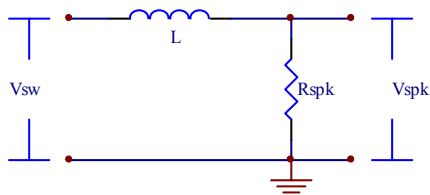
Gambar 2.5  $R_{DS}$  sebagai fungsi  $V_{GS}$  dan  $V_{th}$

**2.6 Tapis Keluaran**

Tapis keluaran berupa tapis orde satu sederhana, jenis RL yang dirancang menggunakan pendekatan butterworth. Tapis ini digunakan karena tanggapan pass band-nya yang relatif datar dan sedikit jumlah komponen yang diperlukan. Fungsi alih order satu pendekatan butterworth adalah:

$$H(s) = \frac{1}{s + 1} \dots\dots\dots (2.7)$$

Langkah pertama untuk menentukan tapis keluaran adalah realisasi rangkaian dan menurunkan fungsi alih, dimulai dengan setengah model rangkaian dan diarahkan ke rangkain jembatan penuh, jika diinginkan penguat model bridge. Model setengah rangkain dari keluaran BTL diperlihatkan pada gambar dibawah ini, dengan setengah dari beban dc yang diinginkan ( $R_{SPK}$ ) dari speaker yang diperlihatkan. Sinyal masukan  $V_{SW}$  adalah gelombang persegi keluaran dari penguat kelas D, dengan keluaran  $V_{SPK}$  adalah tegangan yang diterapkan pada speaker.



Gambar 2.6 Tapis menggunakan rangkaian RL

Persamaan yang berlaku pada rangkaian diatas yaitu:

$$V_{SPK} = \frac{R}{R + j\omega L} V_{SW}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{j\omega L}{R}} V_{SW} \dots\dots\dots (2.8)$$

Konversi induktans ke domain s ( $L \rightarrow Ls$ ) memecahkan fungsi alih, dan manipulasi suku-suku tersebut ke bentuk persamaan 2.43 memberikan fungsi alih model setengah rangkaian.

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_{IN}(s)}$$

$$= \frac{1}{\frac{L}{R}s + 1}$$

$$= \frac{R}{L} \times \frac{1}{s + \frac{R}{L}}$$

$$= R \frac{1}{sL + R} \dots\dots\dots (2.9)$$

Menyamakan suku s dan suku real persamaan 2.8 dan 2.9 menyediakan nilai-nilai *mono single ended* masing-masing untuk R dan L. Nilai-nilai ini adalah untuk kasus dengan  $\omega_o = 1$  rad/detik dan seharusnya diskalakan dengan membagi  $\omega_o = 2\pi f_c$

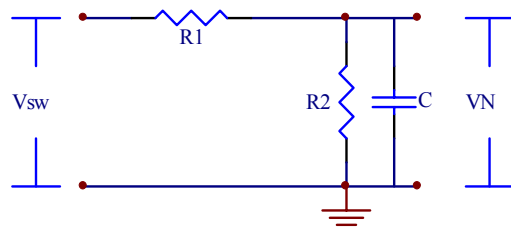
$$L = R \rightarrow L = \frac{R}{2\pi f_c} \dots\dots\dots (2.10)$$

Frekuensi pancung -3 dB untuk filter LR ini, dapat langsung diturunkan dari persamaan 2.10 yaitu:

$$f_c = \frac{R}{2\pi.L} \dots\dots\dots (2.11)$$

**2.7 Umpam Balik**

Gambar 2.7 memperlihatkan rangkaian yang digunakan untuk umpam balik.



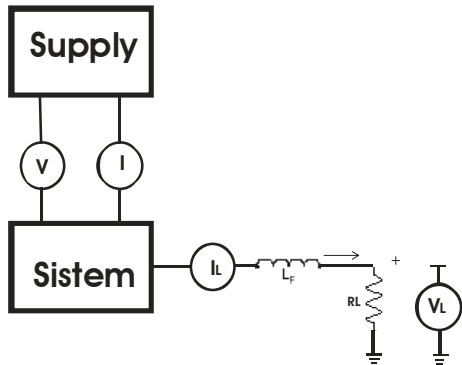
Gambar 2.7 Rangkaian umpam balik

Persamaan yang berlaku untuk rangkaian di atas adalah sebagai berikut:

$$V_N = \frac{\frac{R_2}{j\omega C}}{R_1 + R_2 + \frac{1}{j\omega C}} V_{SW}$$

$$= \frac{R_2}{j\omega C(R_1 + R_2) + 1} V_{SW} \dots\dots\dots (2.12)$$

2.8 Daya dan Efisiensi



Gambar 2.8 Pengukuran daya dan efisiensi sistem

Daya nyata keluaran :

$$P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (2.13)$$

Daya yang masuk ke sistem adalah:

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (2.14)$$

Efisiensi yang dihasilkan adalah:

$$Efisiensi = \eta = \frac{P_{L(rms)}}{P_{Supply}} = \frac{V_{L(rms)} \cdot I_{L(rms)}}{V_{sup ply} \cdot I_{sup ply}} \dots\dots\dots (2.15)$$

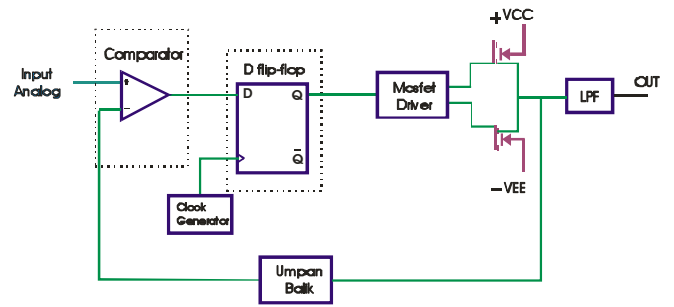
Daya keluaran maksimum  $P_{maks}$  merupakan kuadrat tegangan pada saat amplitudo maksimum di bagi dengan besar tahanan beban.

$$P_{maks} = \frac{V_{Amp.Maks}^2}{R_{spk}} \dots\dots\dots (2.16)$$

3. Perancangan Sistem

Perancangan dilakukan per blok, meliputi blok pembanding tegangan, blok sinyal generator dan D flip-flop, blok mosfet driver, blok filter output dan blok sinyal umpan balik. Sebelum dilakukan perancangan terlebih dahulu ditetapkan parameter-parameter seperti frekuensi kerja, amplituda maksimum, impedansi *speaker*, dan impedansi masukan.

- Frekuensi kerja : 20 Hz – 20 KHz
- Amplitudo maks : 20 Volt
- Impedansi speaker : 8 Volt
- Impedansi masukan : 47 KΩ



Gambar 3.1 Blok rangkaian

4. Data Hasil Pengujian

Setelah sistem direalisasikan perlu dilakukan pengujian dan analisis data yang dihasilkan. Pengujian dilakukan per-blok di mulai dari blok pembanding tegangan, blok pencuplik sinyal masukan, blok mosfet driver, blok filter keluaran dan blok umpan balik. Tabel berikut memperlihatkan data-data hasil pengujian.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian untuk penguat kelas D dan kelas AB

Frekuensi (Hz)	Penguat kelas D	Penguat Kelas AB
	Arus Catu positif (A)	Arus catu positif (A)
30	0,132	0,452
50	0,132	0,452
100	0,132	0,453
1K	0,134	0,453
5K	0,134	0,453
7K	0,135	0,454
12K	0,135	0,454

Tabel 4.2 Data efisiensi untuk beberapa frekuensi masukan

Frekuensi (Hz)	Penguat kelas D		Penguat Kelas AB	
	Arus Catu positif (A)	H (%)	Arus catu positif (A)	η (%)
30	0,132	85,6	0,452	25
50	0,132	85,6	0,452	25
100	0,132	85,8	0,453	25
1K	0,134	84,5	0,453	25
5K	0,134	84,5	0,453	25
7K	0,135	84	0,454	25
12K	0,135	84	0,454	25

Tabel 4.3 Data hasil pengujian tegangan keluaran untuk beberapa frekuensi masukan

Frekuensi (Hz)	$V_{o,rms}$ (Volt)	Gain (V/V)
20	5,62	16
30	7,28	20,5
50	9,22	26
100	10,61	30
500	11,15	31,5
1K	11,03	31
5K	9,07	25,5
7K	8,15	23
12K	6,43	18
16K	5,65	16
20K	5,14	14,5

## 5. PENUTUP

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian sistem terhadap penguat daya audio ragam tersaklar metode delta modulasi ini, maka dapat di tarik beberapa kesimpulan dan beberapa saran untuk perbaikan sistem agar lebih baik lagi.

### 5.1 Kesimpulan

1. Penguat daya audio ragam tersaklar metode delta modulasi merupakan salah satu alternatif konfigurasi metode perancangan penguat daya audio yang bisa dikembangkan untuk memperoleh suatu penguat audio dengan efisiensi yang tinggi dan linieritas yang cukup memadai.
2. Terdapat dua orientasi dalam perancangan sistem penguat yang saling berlawanan, yaitu orientasi pada efisiensi penguat dan orientasi pada linieritas yang dihasilkan. Penguat kelas D ini mengorientasikan diri pada efisiensi yang baik, namun tetap memperhatikan linieritas keluaran. Untuk mencapai hal tersebut maka keluaran sistem selalu dibandingkan dengan sinyal masukan.
3. Efisiensi yang diperoleh disebabkan karena piranti aktif transistor dioperasikan sebagai saklar, bukan pada kondisi liniernya, sehingga mengurangi rugi-rugi daya yang di hamburkan. Saat pengujian penguat daya kelas D ini mempunyai efisiensi sebesar 85%.
4. Dari keluaran audio yang kita dengar dari speaker, didapatkan kualitas audio yang dihasilkan masih sangat rendah. Hal ini disebabkan karena *noise* akibat pensaklaran frekuensi tinggi yang masih cukup besar, bisa dimungkinkan karena sistem yang di buat belum stabil, sehingga masih perlu penambahan bagian lain, agar sistem menjadi lebih stabil.

### 5.2 Saran

1. Perancangan dari realisasi penguat daya audio ini masih dalam taraf *prototipe hipotesa*, untuk menunjukkan bahwa konsep sistem yang di buat telah berlaku. Untuk mendapatkan persyaratan komersial masih perlu beberapa penyempurnaan seperti, penggunaan komponen-komponen berderau rendah, penggunaan komponen-komponen dengan karakteristik yang lebih baik, pengaturan tata letak komponen yang baik, sehingga bisa menekan derau yang timbul akibat penggunaan frekuensi tinggi pada pensaklaran.
2. Tapis keluaran merupakan bagian yang cukup vital karena berfungsi membentuk kembali sinyal masukan yang telah dicuplik, sehingga dalam pembuatan induktor perlu dilakukan secara teliti. Untuk ketelitian dalam pembuatan induktor, akan lebih baik apabila digunakan alat ukur induktor, sehingga nilai induktor yang di buat akan sesuai dengan nilai yang dibutuhkan sesuai dengan perhitungan.
3. Untuk mengurangi *noise*, bisa ditambahkan rangkaian *dither*, yaitu suatu penambahan *noise* pada sistem, sehingga sistem yang dihasilkan akan lebih stabil dan relatif mempunyai *noise* yang rendah.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Barkhordarian, Vrej; "*Power MOSFET Basics*"; Internatioanal Rectifier.
2. Bohn, Dennis; "*Digital Dharma of Audio AD Converter*"; Rane Corporation; 1997.
3. Boser, Bernhard E; "*The Design of Sigma-Delta Modulation Analog-to-Digital Converters*" IEEE journal of solid-state circuits vol 23 no 6 December 88.
4. Cuk, Slobodan & Ericsson, Robert W; "*A Conceptually New High Frekuensi Switched Mode Power Amplifier Technique Eliminates Current Ripple*"; Power Concept Inc; 1978.
5. D'Azzo, John J. & Houpis, Constantine H; "*Feedback Control System Analysis and Synthesis*"; second edition; McGraw-hill Inc. 1966.
6. Jasper, Andy & Truax, Davids; "*Pulse Width Mudulation Amplifier*".
7. Karki, Jim; "*Understanding Operational Amplifier Specifications*" Texas Insrtument; 1998
8. Malvino, Paul Albert; "*ElectronicsPrinciples*"; third Edition, McGrawa-Hill Inc; 1984
9. Millman, Jacob & Halkias, Christos C; Integrated Electronics: "*Analog and Digital Circuit ans Systems*"; McGraw-Hill: 1971

10. Millman, Jacob & Taub, Herbert; ***“Pulse, Digital, and Switching Waveforms”***; McGraw-Hill.
11. Palmer, Richard; ***“Design Considerations for Class D Audio Power Amplifier”***; Texas Instruments Inc. 1999.
12. Phillips, Charles L & Nagle, H.Troy; ***“Digital Control System Analysis and Design”***; second edition; Prentice-Hall Inc.
13. Park, Sangil, Ph. D; ***“Prinsiples of Sigma-Delta Modulation for Analog-to-Digital Converters”***; Motorola
14. Tocci, Ronald J; ***“Digital Systems Principles an Applications”***; fifth edition; Prentice-Hall.
15. Tsividis, Yannis T; ***“Operation and Modelling of The MOS Transistor”***; McGraw-Hill, 1987.
16. Williams, Arthur B; ***“Electronic Filter Design Handbook”***; McGraw-Hill; 1981.
17. \_\_\_\_\_, ***“Audio Power Amplifier Data Book”***; Texas Instruments; 2000.
18. \_\_\_\_\_, ***“Hitachi Power MOSFET Data Book”***; HITACHI.

**Mengetahui  
Pembimbing II**

**Rachmat Arianto, ST**  
NIP. 132.163.758