

# PENINGKAT HARMONISA, APLIKASI PENGOLAHAN SINYAL PADA AUDIO

*(Harmonics Enhancers, Signal Processing Applications in Audio)*

Albert Mandagi

Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Trisakti – Jakarta  
Jl. Kyai Tapa No. 1, Grogol, Jakarta Barat 11440  
albertmandagi@trisakti.ac.id

## Abstrak

Peningkat harmonisa merupakan sebuah alat yang bekerja berdasarkan konsep sistem pengolahan sinyal. Menurut Teori Fourier, suatu sinyal yang periodik merupakan kombinasi dari frekuensi dasar dan frekuensi harmonisanya. Dengan menggunakan konsep Fourier tersebut dibuat suatu alat yang dapat mengembalikan kualitas suara asli pada perangkat audio tanpa merubah karakteristik dasar suara aslinya. Peningkat harmonisa ini disusun oleh beberapa rangkaian elektronik yaitu: rangkaian penyangga depan, rangkaian penapis lulus atas, rangkaian pemotong, rangkaian penyangga akhir, rangkaian saklar analog, rangkaian penyearah setengah gelombang, rangkaian pembanding, rangkaian indikator, rangkaian pensaklaran, dan rangkaian penjumlah, baik kanal kiri, maupun kanal kanan. Pada dasarnya prinsip kerja dari alat ini adalah menjumlahkan sinyal asli dengan sinyal yang terdistorsi. Dengan demikian setelah terjadi perubahan harmonisa-harmonisa pada sinyal terdistorsi dan menjumlahkan dengan sinyal aslinya maka suara yang dihasilkan akan menjadi lebih indah, lebih nyaring dan lebih bersih kualitas suaranya.

**Kata Kunci:** harmonisa, pengolahan sinyal, Fourier, distorsi, kualitas audio

## Abstract

*Harmonic enhancer is a device that works based on the concept of signal processing systems. According to Fourier theory, a periodic signal is a combination of fundamental frequency and harmonic frequency. A device that can restore the original sound quality of the audio devices without changing the basic characteristics of the original sound can be made by using the Fourier concept. Harmonic enhancer consists of several electronic circuits namely front buffer circuit, high pass filter circuit, clipper circuit, end buffer circuit, analog switches circuit, half wave rectifier circuit, comparator circuit, indicator circuit, switching circuit, and summing circuit, either the left channel or the right channel. The basic working principle of this device is summing the original signal with the distorted signal. Through this device, the original signal and the distorted signal will be processed to produce a better sound quality.*

**Keywords:** harmonics, signal processing, Fourier, distortion, audio quality

**Tanggal Terima Naskah** : 29 Juli 2013  
**Tanggal Persetujuan Naskah** : 16 Oktober 2013

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan salah satu indikasi positif dalam menghadapi arus globalisasi yang terjadi dewasa ini. Salah satu objek yang

merupakan substansi dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terjadi pada bidang pengolahan sinyal. Menurut Teori Fourier, suatu sinyal periodik merupakan kombinasi dari frekuensi dasar dan frekuensi harmonisnya. Jadi, jika suatu sinyal mengalami distorsi akan mengakibatkan terjadi perubahan frekuensi harmonisa dari sinyal tersebut. Salah satu metode pengembangan teknologi pada peralatan *audio* dilakukan dengan merancang rangkaian elektronik yang dapat memodifikasi suara manusia atau instrumen musik dengan menggunakan konsep Teori Fourier. Dengan pengembangan teknologi tersebut, diharapkan teknologi *audio* dapat menampilkan kualitas terbaiknya. Kualitas dan warna suatu suara ditentukan oleh harmonik suara yang terdapat dalam spektrum frekuensi suara. Semakin tinggi frekuensi suara yang dihasilkan semakin baik dan jelas pula suara yang terdengar [1].

Seiring berjalannya waktu, kualitas dari rekaman *audio* tidak sebaik pada kondisi awalnya. Hal ini dikarenakan kualitas suara akan semakin melemah dan kehilangan dayanya seiring dengan pemutarannya yang berulang-ulang. Selain itu, kualitas *head* pada instrumen *playback* juga turut menentukan kualitas suara yang dihasilkan. Kualitas *head* yang buruk mengakibatkan sebagian dari spektrum frekuensi suara dengan nada harmonik tinggi tidak dapat terbaca dengan sempurna dan berdampak buruk pada kualitas suara yang dihasilkan.

Metode sintesa harmonik merupakan salah satu metode yang dipandang tepat dalam menghadapi penurunan kualitas suara dalam peralatan-peralatan *audio*. Metode ini dipandang dapat memperbaiki warna suara instrumen musik yang dikehendaki tanpa harus mengubah karakteristik dasar instrumen. Dengan membangkitkan dan memperkuat nada harmonik yang hilang tersebut kemudian digabungkan kembali dengan sinyal aslinya akan menyebabkan terjadinya peningkatan harmonik frekuensi tinggi pada keseluruhan spektrum suara dan suara terdengar lebih jelas, lebih jernih, dan indah [2].

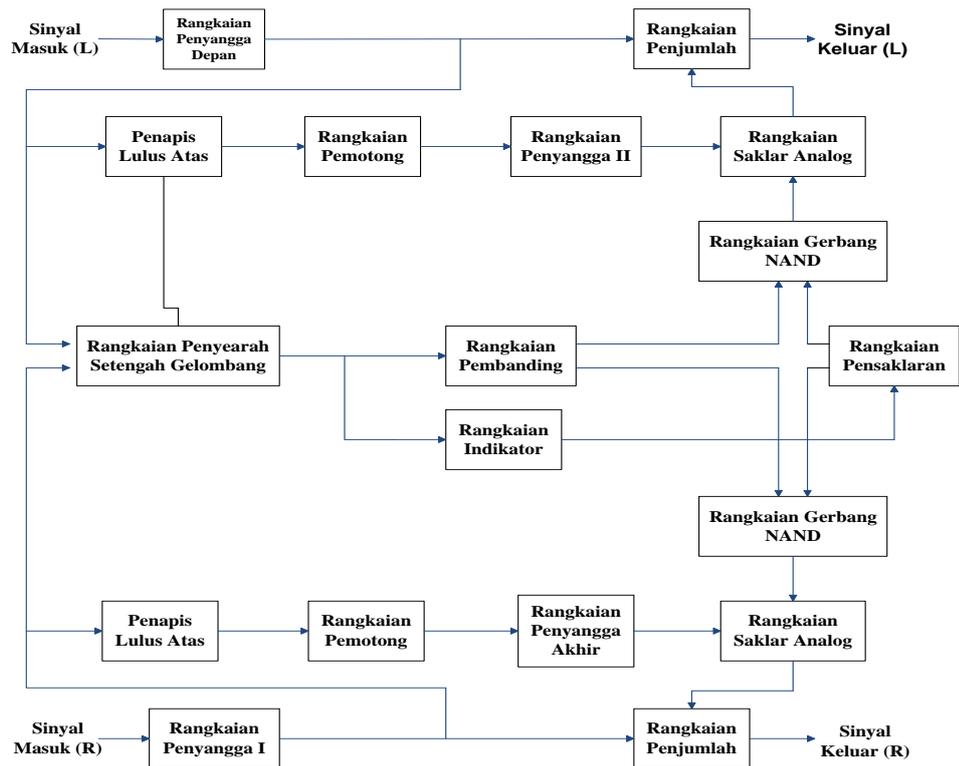
## 2. REALISASI RANGKAIAN

Secara garis besar, konsep dasar alat Peningkat Harmonisa ini digambarkan pada diagram blok Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram blok konsep dasar peningkat harmonisa

Prinsip kerja dari alat peningkat harmonisa ini adalah dengan mencampur (*mixer*) atau menjumlahkan suatu sinyal *audio* terdistorsi dengan suatu sinyal sumber *audio* kanal kiri maupun kanal kanan [3]. Peningkat harmonisa ini dapat menghasilkan kualitas suara aslinya, tanpa mengubah karakteristik dasar suara aslinya. Rangkaian peningkat harmonisa ini bekerja apabila mendapat masukan berupa sinyal musik atau sinyal *audio*. Keluaran dari alat peningkat harmonisa ini dihubungkan pada sebuah penguat daya *audio* sebelum diteruskan ke sebuah penguat suara. Secara keseluruhan alat ini dapat dibentuk dalam suatu diagram blok yang terdiri atas beberapa rangkaian, dimana setiap rangkaian tersebut memiliki fungsi tersendiri. Diagram blok dari alat peningkat harmonisa ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Diagram blok alat peningkat harmonisa

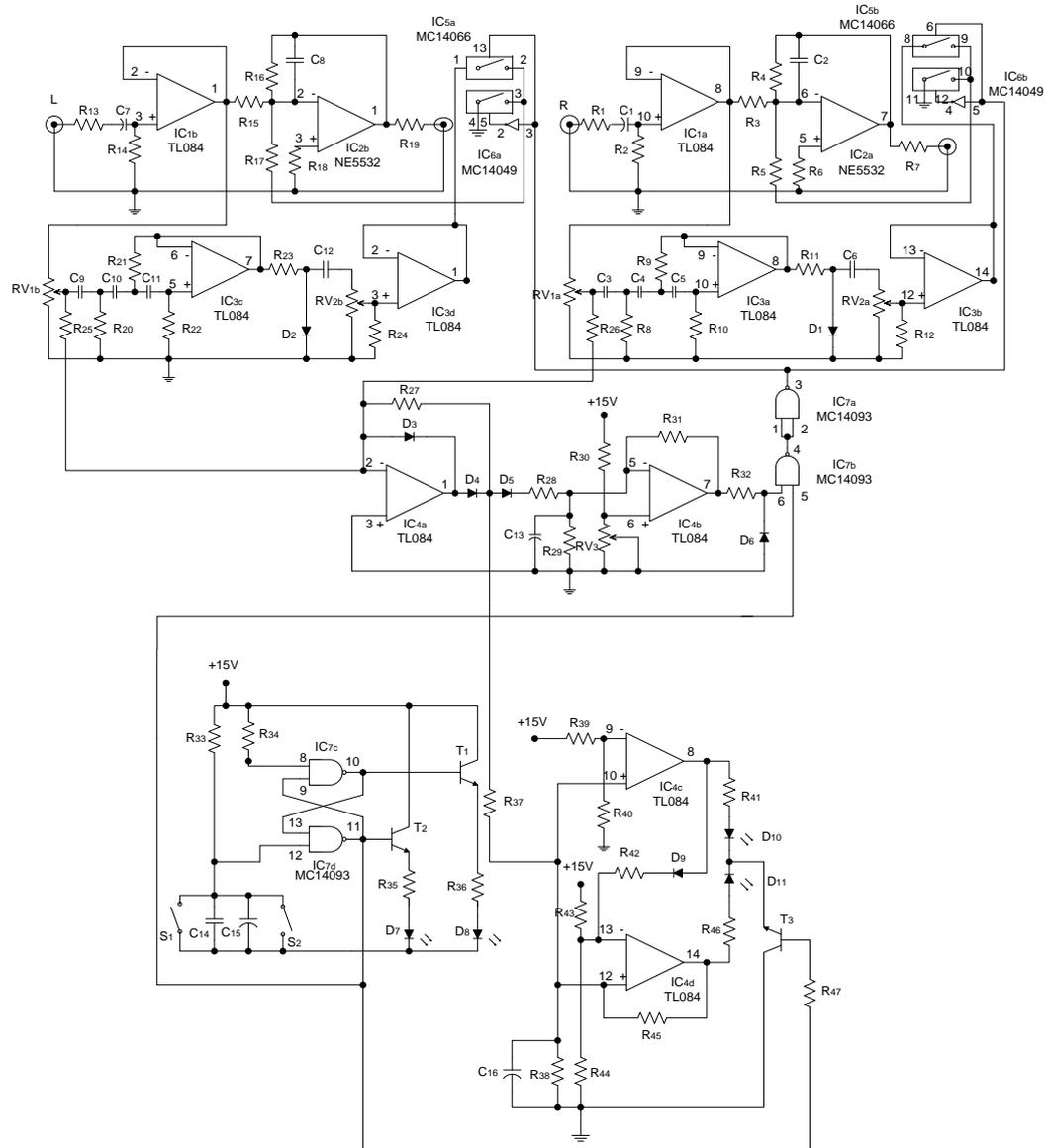
Fungsi dari tiap-tiap blok pada diagram blok alat peningkat harmonisa adalah sebagai berikut [4]:

- 1) Rangkaian penguat penyangga depan dan penyangga akhir  
Rangkaian penguat penyangga depan dan penyangga akhir ini berfungsi untuk menghilangkan efek pembebanan.
- 2) Rangkaian penapis lulus atas  
Rangkaian penapis lulus atas berfungsi untuk melewatkan nada dengan frekuensi di atas 3,4 kHz dan menahan nada dengan frekuensi di bawah 3,4 kHz.
- 3) Rangkaian pemotong  
Rangkaian pemotong berfungsi untuk memotong bagian sinyal yang positif sampai tegangan + 0,7 Volt.
- 4) Rangkaian saklar analog  
Rangkaian saklar analog ini berfungsi sebagai saklar analog yang mampu melakukan pensaklaran dengan kecepatan tinggi dan tidak memiliki tegangan *off-set*.
- 5) Rangkaian penyearah setengah gelombang  
Rangkaian penyearah setengah gelombang berfungsi untuk memotong siklus negatif pada sebuah gelombang dan berfungsi sebagai detektor puncak untuk menghilangkan *noise*.
- 6) Rangkaian pembanding  
Rangkaian pembanding berfungsi untuk membandingkan sinyal masukan pada Rangkaian penyearah setengah gelombang, sehingga sinyal yang masuk akan mempunyai fasa yang sama dengan sinyal yang keluar.
- 7) Rangkaian Indikator  
Rangkaian Indikator berfungsi sebagai indikator yang menggambarkan besarnya sinyal yang masuk ke penapis dan dapat diatur melalui potensiometer.
- 8) Rangkaian pensaklaran  
Rangkaian pensaklaran berfungsi untuk memberikan indikasi melalui sebuah saklar.

9) Rangkaian penjumlah

Rangkaian penjumlah berfungsi untuk menjumlahkan sinyal yang berasal dari Rangkaian penyangga depan dengan sinyal keluaran dari rangkaian saklar analog.

Realisasi rangkaian lengkap dari alat peningkat harmonisa dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Rangkaian lengkap alat peningkat harmonisa

Pada Gambar 3 di atas, analisis cara kerja rangkaian alat peningkat harmonisa adalah sebagai berikut: sinyal *audio* yang dihasilkan oleh sumber *audio* dibagi menjadi dua jalur keluaran, yaitu jalur kiri dan jalur kanan. Sinyal audio masuk melalui Rangkaian penyangga depan untuk menghilangkan efek pembebanan. Keluaran dari rangkaian penyangga depan akan diteruskan menuju tiga rangkaian, yaitu rangkaian penjumlah, rangkaian penapis lulus atas, dan rangkaian penyearah setengah gelombang. Rangkaian Penapis lulus atas akan menahan sinyal-sinyal masukan berfrekuensi lebih rendah dari frekuensi potong sebesar 3,4 kHz dan melewatkan sinyal-sinyal masuk yang lebih tinggi dari frekuensi potong. Keluaran dari rangkaian penapis lulus atas tadi akan diteruskan ke rangkaian pemotong. Rangkaian pemotong akan memotong sebagian dari amplitudo

positif dari sinyal, sehingga sinyal akan mengalami gangguan (distorsi). Besarnya amplitudo sinyal yang terpotong bisa diatur dengan menggunakan potensiometer [5]. Keluaran dari rangkaian pemotong akan diumpankan ke rangkaian penyangga akhir agar tidak terjadi efek pembebanan, sebelum diteruskan ke saklar analog. Keluaran dari rangkaian penyangga depan dan keluaran dari rangkaian penapis lulus atas setelah melalui potensiometer akan diteruskan ke rangkaian penyearah setengah gelombang yang berfungsi untuk memotong sinyal negatif dan membatasi *noise*. Keluaran dari penyearah setengah gelombang diumpankan ke dua rangkaian, yaitu rangkaian pembanding untuk menggerakkan saklar analog melalui rangkaian gerbang NAND dan rangkaian indikator.

Keluaran rangkaian indikator akan diumpankan ke rangkaian gerbang NAND yang diatur melalui rangkaian *multivibrator* bistabil yang berfungsi sebagai penyedia sinyal masukan ke rangkaian gerbang NAND. Jika saklar analog berada pada posisi *off* maka sinyal tidak akan diteruskan ke rangkaian penjumlah dan jika saklar analog berada pada posisi *on* maka sinyal akan diteruskan ke rangkaian penjumlah [6].

Dengan demikian sinyal yang berasal dari rangkaian penyangga depan dan sinyal masukan dari saklar analog akan dijumlahkan pada rangkaian penjumlah. Sinyal keluarannya merupakan sinyal keluaran dari rangkaian alat peningkat harmonisa [7].

### 3. HASIL PENGUJIAN RANGKAIAN

Setelah rangkaian alat peningkat harmonisa ini direalisasikan, maka dilakukan pengujian terhadap beberapa bagian rangkaian dari alat tersebut dengan tujuan untuk mengetahui kinerja alat ini. Titik-titik pengujian dari alat alat peningkat harmonisa meliputi:

**Titik uji 1:** Pengujian pada rangkaian penyangga depan.

**Titik uji 2:** Pengujian pada rangkaian penapis lulus atas.

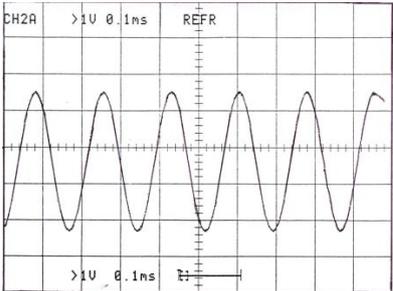
**Titik uji 3:** Pengujian pada rangkaian pemotong.

**Titik uji 4:** Pengujian pada rangkaian penyearah setengah gelombang.

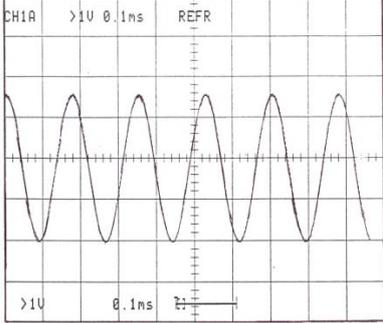
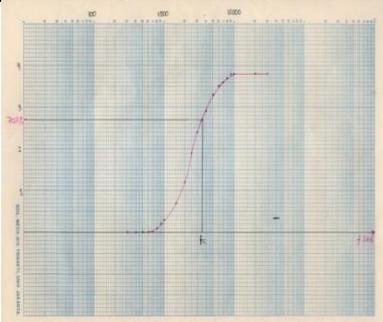
**Titik uji 5:** Pengujian pada rangkaian penjumlah.

Hasil pengujian rangkaian alat peningkat harmonisa dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

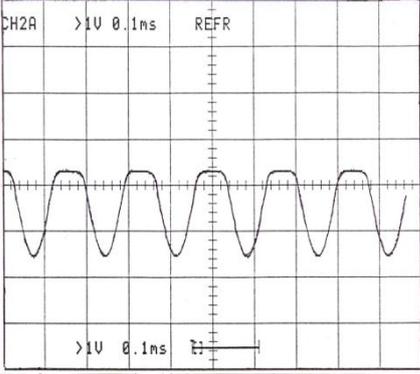
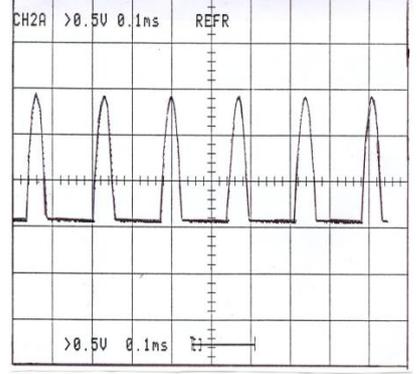
Tabel 1. Hasil pengujian alat peningkat harmonisa

Titik Uji	Hasil Pengujian	Alat yang digunakan/ Analisa hasil pengujian
1.	 <p style="text-align: center;">Sinyal masukan Rangkaian Penyangga I</p>	<p><b>Alat yang digunakan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Osiloskop Metrix OX 8027</li> <li>2) Sinyal Generator Kenwood AG-203</li> </ol> <p><b>Analisa Hasil Pengujian:</b> Pada sinyal masukan dan keluaran rangkaian penyangga I terjadi pengurangan amplitudo sebesar 5,5 %.</p>

Tabel 1. Hasil pengujian alat peningkat harmonisa (lanjutan)

	 <p>Sinyal keluaran rangkaian penyangga I</p>																																																																						
<p>2.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tanggapan Frekuensi Penapis Lulus Atas</b></p> <table border="1" data-bbox="402 743 829 1541"> <thead> <tr> <th>Frekuensi Masukan (Hz)</th> <th>Tegangan Masukan (V<sub>D-D</sub>)</th> <th>Tegangan Keluaran (V<sub>D-D</sub>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>300</td><td>3,8</td><td>0</td></tr> <tr><td>400</td><td>3,8</td><td>0</td></tr> <tr><td>500</td><td>3,8</td><td>0</td></tr> <tr><td>600</td><td>3,8</td><td>0</td></tr> <tr><td>700</td><td>3,8</td><td>0</td></tr> <tr><td>800</td><td>3,8</td><td>0,1</td></tr> <tr><td>900</td><td>3,8</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>1000</td><td>3,8</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>1500</td><td>3,8</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>2000</td><td>3,8</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>2500</td><td>3,8</td><td>1,9</td></tr> <tr><td>3000</td><td>3,8</td><td>2,4</td></tr> <tr><td>4000</td><td>3,8</td><td>3</td></tr> <tr><td>5000</td><td>3,8</td><td>3,3</td></tr> <tr><td>6000</td><td>3,8</td><td>3,5</td></tr> <tr><td>7000</td><td>3,8</td><td>3,6</td></tr> <tr><td>8000</td><td>3,8</td><td>3,7</td></tr> <tr><td>9000</td><td>3,8</td><td>3,8</td></tr> <tr><td>10000</td><td>3,8</td><td>3,8</td></tr> <tr><td>20000</td><td>3,8</td><td>3,8</td></tr> <tr><td>30000</td><td>3,8</td><td>3,8</td></tr> <tr><td>40000</td><td>3,8</td><td>3,8</td></tr> </tbody> </table>  <p style="text-align: center;">Kurva tanggapan frekuensi penapis lulus atas</p>	Frekuensi Masukan (Hz)	Tegangan Masukan (V <sub>D-D</sub> )	Tegangan Keluaran (V <sub>D-D</sub> )	300	3,8	0	400	3,8	0	500	3,8	0	600	3,8	0	700	3,8	0	800	3,8	0,1	900	3,8	0,2	1000	3,8	0,3	1500	3,8	0,7	2000	3,8	1,2	2500	3,8	1,9	3000	3,8	2,4	4000	3,8	3	5000	3,8	3,3	6000	3,8	3,5	7000	3,8	3,6	8000	3,8	3,7	9000	3,8	3,8	10000	3,8	3,8	20000	3,8	3,8	30000	3,8	3,8	40000	3,8	3,8	<p><b>Alat yang digunakan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Osiloskop Metrix OX 8027</li> <li>2) Sinyal Generator Kenwood AG-203</li> </ol> <p><b>Analisa Hasil Pengujian:</b> Rangkaian penapis lulus atas dapat bekerja dengan baik dan memiliki frekuensi <i>cut-off</i> sebesar 3,6 kHz. Terdapat perbedaan sebesar 5,8 % dari frekuensi <i>cut-off</i> 3,4 kHz dari hasil perancangan.</p>
Frekuensi Masukan (Hz)	Tegangan Masukan (V <sub>D-D</sub> )	Tegangan Keluaran (V <sub>D-D</sub> )																																																																					
300	3,8	0																																																																					
400	3,8	0																																																																					
500	3,8	0																																																																					
600	3,8	0																																																																					
700	3,8	0																																																																					
800	3,8	0,1																																																																					
900	3,8	0,2																																																																					
1000	3,8	0,3																																																																					
1500	3,8	0,7																																																																					
2000	3,8	1,2																																																																					
2500	3,8	1,9																																																																					
3000	3,8	2,4																																																																					
4000	3,8	3																																																																					
5000	3,8	3,3																																																																					
6000	3,8	3,5																																																																					
7000	3,8	3,6																																																																					
8000	3,8	3,7																																																																					
9000	3,8	3,8																																																																					
10000	3,8	3,8																																																																					
20000	3,8	3,8																																																																					
30000	3,8	3,8																																																																					
40000	3,8	3,8																																																																					

Tabel 1. Hasil pengujian alat peningkat harmonisa (lanjutan)

<p>3.</p>	 <p>Sinyal keluaran rangkaian pemotong</p>	<p><b>Alat yang digunakan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) OsiloskopMetrix OX 8027</li> <li>2) Sinyal Generator Kenwood AG-203</li> </ol> <p><b>Analisa hasil pengujian:</b> Berdasarkan hasil pengujian di atas terlihat bahwa sinyal keluaran pada Rangkaian pemotong terpotong pada periode positifnya.</p>
<p>4.</p>	 <p>Keluaran rangkaian penyearah setengah gelombang</p>	<p><b>Alat yang digunakan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) OsiloskopMetrix OX 8027</li> <li>2) Sinyal Generator Kenwood AG-203</li> </ol> <p><b>Analisa hasil pengujian:</b> Sinyal keluaran pada rangkaian penyearah setengah gelombang terpotong pada periode negatifnya.</p>
<p>5.</p>	 <p>Spektrum keluaran rangkaian penyangga I</p> <p>Spektrum keluaran rangkaian penjumlah</p>	<p><b>Alat yang digunakan:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Penganalisa Spektrum Hewlett-Packard 182 T Display</li> <li>2) Sinyal Generator Kenwood AG-203</li> </ol> <p><b>Analisa hasil pengujian:</b> Keluaran rangkaian penjumlah terdapat frekuensi harmonisa sedangkan masukannya tidak terdapat harmonisa.</p>

#### 4. KESIMPULAN

Setelah alat peningkat harmonisa ini direalisasikan, kemudian diuji, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Keluaran pada rangkaian penyangga depan terdapat penurunan amplitudo sebesar 5,5 % dengan perancangan.
- 2) Frekuensi *cut off* pada rangkaian penapis lulus atas terdapat perbedaan frekuensi sebesar 5,8 % dengan perancangan.
- 3) Rangkaian pemotong bekerja sesuai dengan perancangan, yaitu terpotongnya sinyal pada periode positif.
- 4) Rangkaian penyearah setengah gelombang bekerja sesuai dengan perancangan, yaitu terpotongnya sinyal pada periode negatif.
- 5) Keluaran dari rangkaian penjumlah terlihat adanya frekuensi harmonisa, jadi alat bekerja sesuai dengan perancangan.

#### REFERENSI

- [1]. Ballou, Glen. 2008. Handbook for Sound Engineers. 4<sup>th</sup> ed. Burlington Elsevier Inc..
- [2]. Boylestad, Robert, dan Louis Nalhelksy. 2012. Electronic Devices and Circuit Theory. 11<sup>th</sup> ed. New Jersey: Pearson Education Inc..
- [3]. Dailey, Denton J.. 1989. Operational Amplifier and Linier Integrated Circuit, Theory and Applications. Pennsylvania: McGraw-Hill Book.
- [4]. Eller, M. 1993. "Harmonic Enhancer". *Electron Electronic* (September): 14-17.
- [5]. Malvino, Albert Paul. dan David J. Bates. 2011. Electronic Principles. 7<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill Inc.
- [6]. Ramakant, A. Gayakwad. 2009. Op-Amp and Linier Integrated Cicuit. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall International Inc.
- [7]. Williams, Arthur B. dan Fred J.Taylor. 2006. Electronic Filter Design Handbook: LC, Active, and Digital Filters. 4<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Book Co.