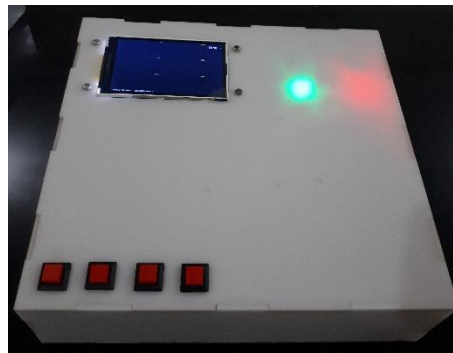


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi ECG Rancangan

Berikut ini merupakan spesifikasi dari hasil pembuatan alat *Electrocardiograph 6 Lead* Berbasis Arduino beserta Standar Operasional Prosedur (SOP).



Gambar 4.1 *Electrocardiograph 6 Lead* Berbasis Arduino

Nama : *Electrocardiograph 6 Lead* Berbasis Arduino

Input : 220V

Display : LCD TFT 320 x 480

System : Arduino

Dimensi : 220mm x 210mm x 60mm

Parameter : 6 *Leads*

(*Lead I, Lead II, Lead III, Lead AVR, Lead AVL, Lead AVF*)

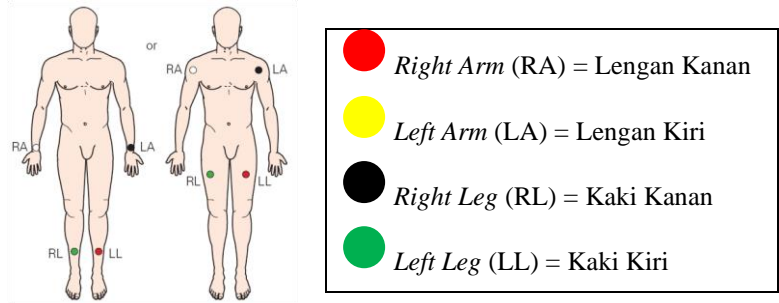
Tabel 4.1 Standar Operasional Prosedur (SOP) Pada *Phantom*

Electrocardiograph 6 Lead Berbasis Arduino	
Tujuan	Untuk mengetahui aktivitas kelistrikan Jantung

Kelengkapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electrocardiograph 6 Lead Berbasis Arduino 2. 1 Set kabel <i>lead</i>
Prosedur Penggunaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siapkan <i>phantom</i> 2. Hubungkan kabel <i>lead</i> pada konektor yang ada pada alat 3. Hubungkan kabel <i>lead</i> pada alat ECG ke <i>phantom</i>, sesuai dengan warna kabel <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> <i>Right Arm</i> (RA) = Lengan Kanan <i>Left Arm</i> (LA) = Lengan Kiri <i>Right Leg</i> (RL) = Kaki Kanan <i>Left Leg</i> (LL) = Kaki Kiri </div> 4. Hubungkan kabel alat ke <i>stop</i> kontak PLN 5. Hidupkan alat dengan menekan <i>switch power</i> ke posisi <i>ON</i> 6. Hidupkan <i>phantom</i> ECG 7. Atur sensitivitas dan BPM pada <i>phantom</i> sesuai kebutuhan
Prosedur Pasca Penggunaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Matikan <i>phantom</i> ECG 2. Matikan alat ECG dengan menekan <i>switch power</i> ke posisi <i>OFF</i> 3. Cabut kabel alat dari <i>stop</i> kontak PLN 4. Cabut kabel <i>lead</i> dari <i>phantom</i> 5. Cabut kabel <i>lead</i> dari alat 6. Rapikan kembali <i>phantom</i>, kabel <i>lead</i> dan alat ECG 7. Simpan unit alat pada tempat yang kering dan aman

Tabel 4.2 Standar Operasional Prosedur (SOP) Pada Pasien

Electrocardiograph 6 Lead Berbasis Arduino	
Tujuan	Untuk mengetahui aktivitas kelistrikan Jantung
Kelengkapan	1. Electrocardiograph 6 Lead Berbasis Arduino

	2. 1 Set kabel <i>lead</i>
Prosedur Penggunaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Siapkan Unit ECG 2. Siapkan elektroda dan gel (jika pasien menggunakan elektroda <i>bubble</i> atau elektroda jepit) 3. Posisikan pasien pada posisi tidur dan rileks 4. Buka baju pasien dan pastikan tidak ada bahan konduktor yang menempel pada pasien (gelang, cincin, kalung, jam tangan dan bahan konduktor lainnya) 5. Bersihkan kotoran yang mungkin menempel pada pasien serta bersihkan elektroda jika menggunakan elektroda <i>bubble</i> atau elektroda jepit 6. Hubungkan kabel <i>lead</i> pada konektor yang ada pada alat ECG 7. Gunakan gel pada pasien atau elektroda jika menggunakan elektroda <i>bubble</i> atau elektroda jepit 8. Hubungkan kabel <i>lead</i> pada alat ECG ke elektroda, lalu hubungkan ke pasien, sesuai dengan warna kabel <div style="text-align: center;">  </div> <ol style="list-style-type: none"> 9. Hubungkan kabel alat ke <i>stop</i> kontak PLN 10. Hidupkan alat dengan menekan <i>switch power</i> ke posisi <i>ON</i> 11. Atur sensitivitas pada alat ECG sesuai kebutuhan
Prosedur Pasca Penggunaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Matikan alat ECG dengan menekan <i>switch power</i> ke posisi <i>OFF</i> 2. Cabut kabel alat dari <i>stop</i> kontak PLN 3. Cabut kabel <i>lead</i> dari pasien 4. Cabut kabel <i>lead</i> dari alat

	<ol style="list-style-type: none"> 5. Bersihkan pasien dan elektroda dari gel (jika menggunakan elektroda <i>bubble</i> atau elektroda jepit) 6. Rapikan kembali <i>phantom</i>, kabel <i>lead</i>, alat ECG serta gel dan elektroda (jika menggunakan elektroda <i>bubble</i> atau elektroda jepit) 7. Simpan unit alat pada tempat yang kering dan aman
--	--

4.2 Spesifikasi Alat Penguji

Pengujian alat rancangan dilakukan dengan menggunakan alat pembanding berupa kalibrator ECG (*phantom*) dan ECG standar. Alat pembanding dibutuhkan untuk mengetahui amplitudo hasil sinyal jantung sekaligus lebar pulsa R-R (*peak to peak*) agar sesuai dengan kalibrator.

4.10.1 *Phantom* ECG

Phantom ECG merupakan kalibrator alat ECG yang digunakan untuk mengkalibrasi hasil sinyal alat ECG agar sesuai dengan standarnya. Kalibrasi ECG pada umumnya untuk mengukur kestabilan amplitudo sinyal yang ditampilkan oleh ECG yang dikalibrasi serta *peak to peak* amplitudo sinyal R ke R dalam satu menit atau dalam satuan ECG disebut dengan *heartrate* (BPM). Pengujian menggunakan *phantom* ECG dilakukan untuk menyesuaikan hasil sinyal serta mengetahui BPM atau lebar pulsa yang dihasilkan oleh rangkaian pengkondisi sinyal dan ECG standar. Berikut ini merupakan spesifikasi *phantom* ECG yang digunakan .



Gambar 4.2 *Phantom ECG*

Nama : *Phantom ECG Simulator*

Merk / Type : FLUKE / PS410

Input : *9V Battery*

Display : *2-Line LCD*

Dimensi : 11,2cm x 10cm x 3,3cm

Parameter : 1. *12 Leads (Lead I, Lead II, Lead III, Lead AVR, Lead AVL, Lead AVF, Lead V1, Lead V2, Lead V3, Lead V4, Lead V5, Lead V6).*

2. *15 BPM (30 BPM, 40 BPM, 60 BPM, 80 BPM, 100 BPM, 120 BPM, 140 BPM, 160 BPM, 180 BPM, 200 BPM, 220 BPM, 240 BPM, 260 BPM, 280 BPM, 300 BPM) Normal Rate 80 BPM.*

4.10.2 ECG Standar

ECG standar digunakan untuk mengetahui hasil sinyal standar pada kalibrator (*phantom*) dan selanjutnya hasil sinyal pada ECG standar tersebut dijadikan sebagai acuan untuk pengujian serta pengukuran pada ECG rancangan. Berikut ini merupakan spesifikasi ECG standar yang digunakan sebagai alat pembanding.



Gambar 4.3 ECG Standar

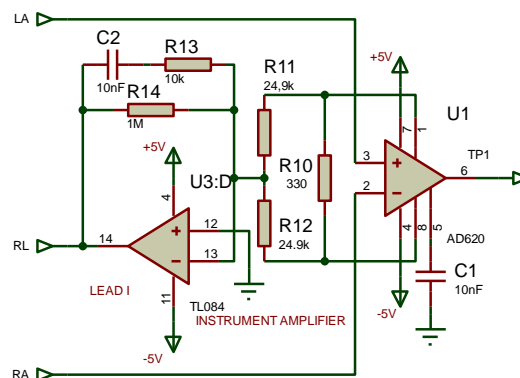
- Nama : ECG
- Merk / Type : Zoncare / ZQ-1203G
- Input : 220VAC \pm 22VAC
- Display : 4,3 inch LCD
- Dimensi : 400mm x 325mm x 235m
- Parameter : 12 Leads (*Lead I, Lead II, Lead III, Lead AVR, Lead AVL, Lead AVF, Lead V1, Lead V2, Lead V3, Lead V4, Lead V5, Lead V6*).

4.3 Hasil Pengukuran Rangkaian *Instrument Amplifier*

Pengukuran rangkaian *instrument amplifier* dilakukan untuk mengetahui hasil sinyal sadapan dari setiap ekstrimitas serta mengukur amplitudo pada setiap sinyal sadapan. Pengukuran dilakukan dengan cara memberi *inputan* setiap sadapan *instrument amplifier* pada setiap *lead* menggunakan *phantom ECG*, sedangkan hasil *outputnya* dilihat dan diukur dengan menggunakan *oscilloscope*.

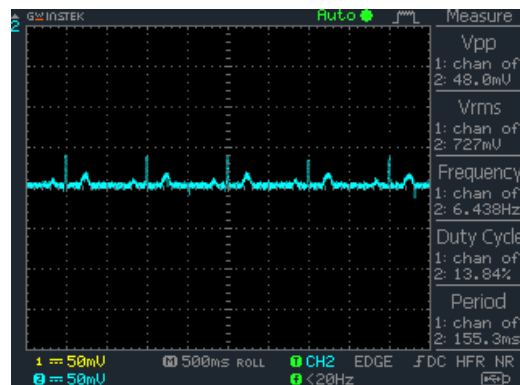
4.3.1 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead I*

Gambar 4.4 adalah gambar rangkaian *instrument amplifier* pada *lead I* yang berfungsi untuk memfilter sekaligus menguatkan sinyal awal dari hasil sadapan elektroda.



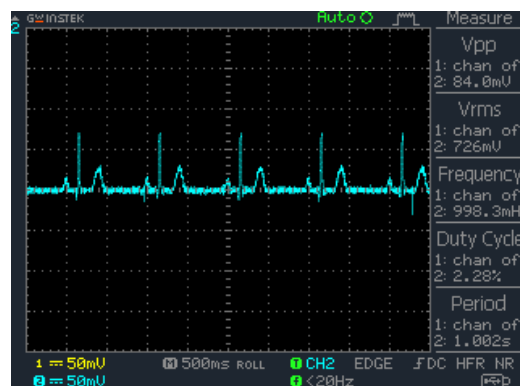
Gambar 4.4 Rangkaian *Instrument Amplifier Lead I*

Berikut merupakan hasil pengukuran pada rangkaian *instrument amplifier lead I* menggunakan alat kalibrator *phantom ECG* dengan mengatur sensitivitas sebesar 0,5mv, 1mv, 2mv.



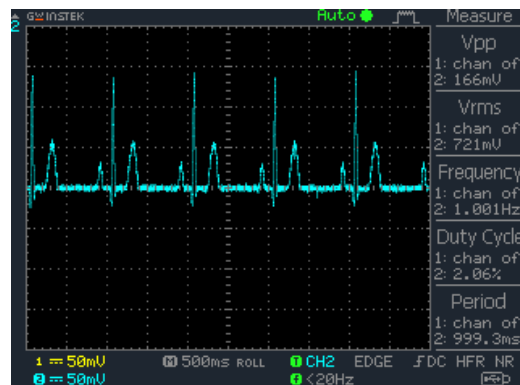
Gambar 4.5 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead I* Sensitivitas 0,5mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 0,8 \\
 &= 40\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.6 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead I* Sensitivitas 1mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 1,6 \\
 &= 80\text{mv}
 \end{aligned}$$



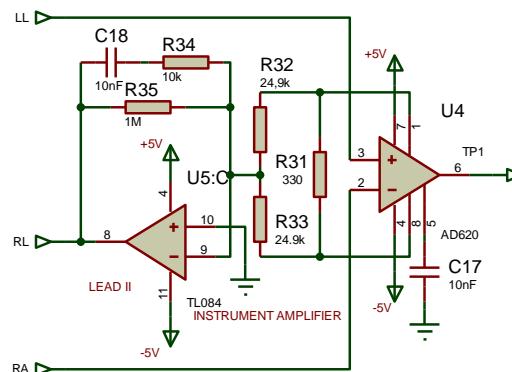
Gambar 4.7 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead I* Sensitivitas 2mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 3,2 \\
 &= 160\text{mv}
 \end{aligned}$$

Rangkaian *instrument amplifier* untuk sadapan awal sinyal jantung pada *lead I* menggunakan IC AD620 mengaplikasikan penguatan sebesar 74 kali, sinyal jantung didapatkan dari kalibrator ECG (*phantom ECG*). Hasil sinyal *output* dari rangkaian *instrument amplifier* diuji dan ditampilkan dengan *oscilloscope* digital telah menunjukkan sinyal atau gelombang jantung yang lengkap (P, Q, R, S, T). Hasil sinyal yang didapat dengan masing-masing sensitivitas yang berbeda menunjukkan angka perbandingan yang stabil, dimana dengan sensitivitas 0,5mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 40mv, pada sensitivitas 1mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 80mv dan pada sensitivitas 2mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 120mv. Hal tersebut menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan oleh *instrument amplifier* dengan menggunakan IC AD620 memiliki kestabilan yang cukup konstan, namun masih terdapat sedikit *noise*, sehingga diperlukan pengolahan *filter* lebih lanjut.

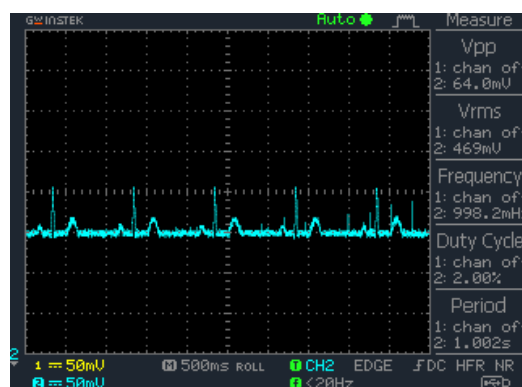
4.3.2 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead II*

Gambar 4.8 adalah gambar rangkaian *instrument amplifier* pada *lead II* yang berfungsi untuk memfilter sekaligus menguatkan sinyal awal dari hasil sadapan elektroda.



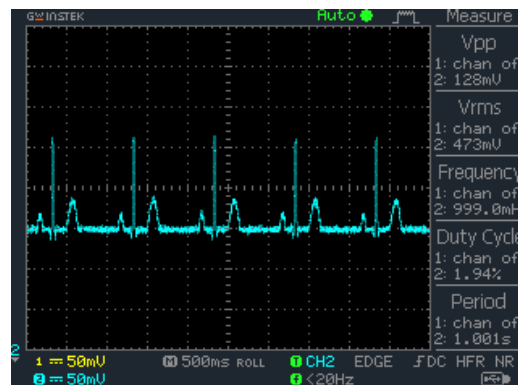
Gambar 4.8 Rangkaian *Instrument Amplifier Lead II*

Berikut merupakan hasil pengukuran pada rangkaian *instrument amplifier lead II* menggunakan alat kalibrator *phantom ECG* dengan mengatur sensitivitas sebesar 0,5mv, 1mv, 2mv.



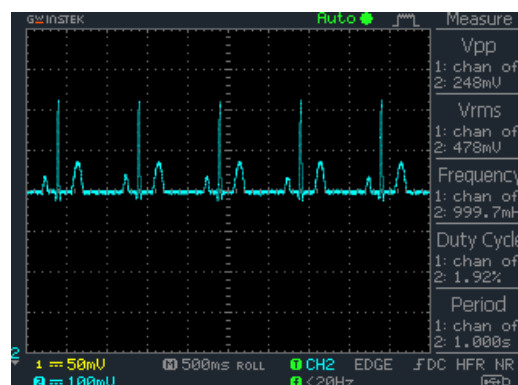
Gambar 4.9 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead II* Sensitivitas 0,5mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 1,2 \\
 &= 60\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.10 *Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead II Sensitivitas 1mv*

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 2,4 \\
 &= 120\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.11 *Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead II Sensitivitas 2mv*

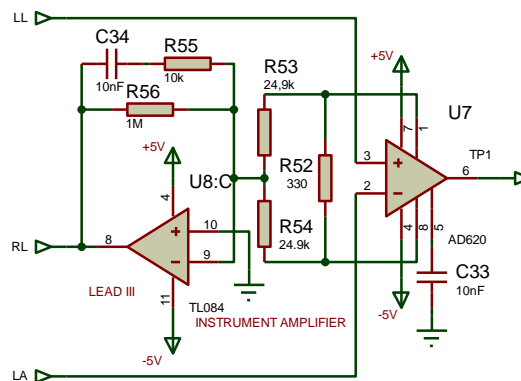
$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 100\text{mv} \times 2,4 \\
 &= 240\text{mv}
 \end{aligned}$$

Rangkaian *instrument amplifier* untuk sadapan awal sinyal jantung pada *lead* II menggunakan IC AD620 mengaplikasikan penguatan sebesar 74 kali, sinyal jantung didapatkan dari kalibrator ECG (*phantom ECG*). Hasil sinyal *output* dari rangkaian *instrument amplifier* diuji dan ditampilkan dengan *oscilloscope* digital telah menunjukkan hasil sinyal yang tidak jauh berbeda dengan *lead* I. Hasil sinyal

yang didapat dengan masing-masing sensitivitas yang berbeda menunjukkan angka perbandingan yang stabil, dimana dengan sensitivitas 0,5mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 60mv, pada sensitivitas 1mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 120mv dan pada sensitivitas 2mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 240mv. Hal tersebut menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan oleh *instrument amplifier* dengan menggunakan IC AD620 memiliki kestabilan yang cukup konstan, namun sama halnya dengan *lead I* yang masih terdapat sedikit *noise*, sehingga diperlukan pengolahan *filter* lebih lanjut.

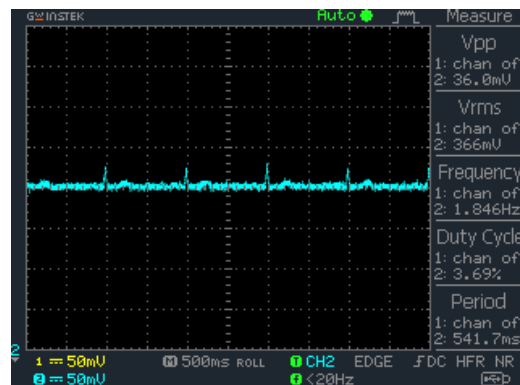
4.3.3 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead III*

Gambar 4.12 adalah gambar rangkaian *instrument amplifier* pada *lead III* yang berfungsi untuk memfilter sekaligus menguatkan sinyal awal dari hasil sadapan elektroda.



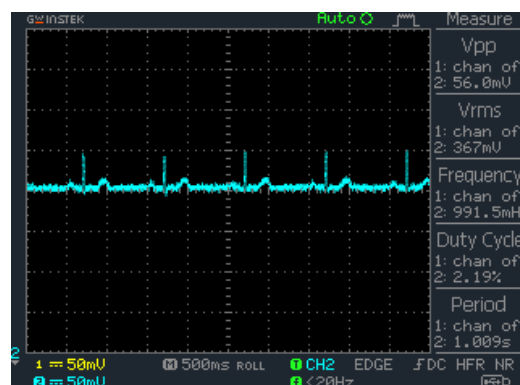
Gambar 4.12 Rangkaian *Instrument Amplifier Lead III*

Berikut merupakan hasil pengukuran pada rangkaian *instrument amplifier lead III* menggunakan alat kalibrator *phantom ECG* dengan mengatur sensitivitas sebesar 0,5mv, 1mv, 2mv.



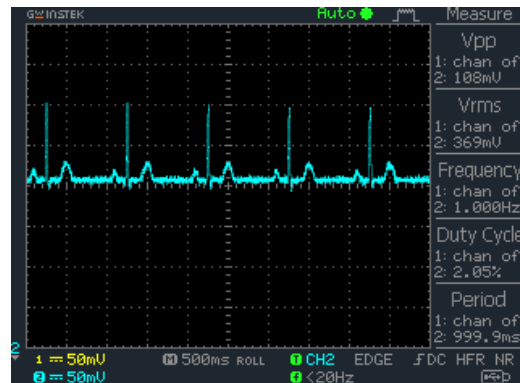
Gambar 4.13 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead III* Sensitivitas 0,5mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 0,5 \\
 &= 25\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.14 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead III* Sensitivitas 1mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 1 \\
 &= 50\text{mv}
 \end{aligned}$$



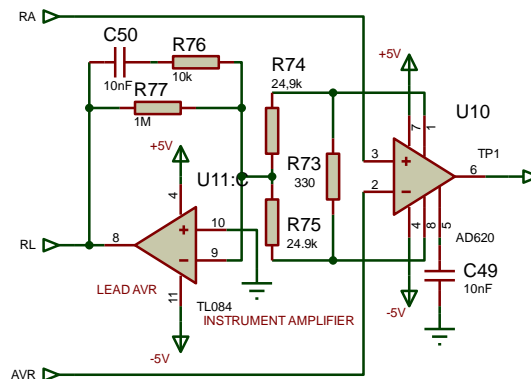
Gambar 4.15 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead III* Sensitivitas 2mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 2 \\
 &= 100\text{mv}
 \end{aligned}$$

Rangkaian *instrument amplifier* untuk sadapan awal sinyal jantung pada *lead III* menggunakan IC AD620 mengaplikasikan penguatan sebesar 74 kali, sinyal jantung didapatkan dari kalibrator ECG (*phantom ECG*). Hasil sinyal *output* dari rangkaian *instrument amplifier* diuji dan ditampilkan dengan *oscilloscope* digital menunjukkan hasil sinyal yang kurang lebih sama-sama stabil dengan hasil sinyal yang didapat pada *lead-lead* sebelumnya. Hasil sinyal yang didapat dengan masing-masing sensitivitas yang berbeda menunjukkan angka perbandingan yang stabil, dimana dengan sensitivitas 0,5mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 25mv, pada sensitivitas 1mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 50mv dan pada sensitivitas 2mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 100mv. Hal tersebut menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan oleh *instrument amplifier* dengan menggunakan IC AD620 memiliki kestabilan yang cukup konstan, namun masih terdapat sedikit *noise*, sehingga diperlukan pengolahan *filter* lebih lanjut.

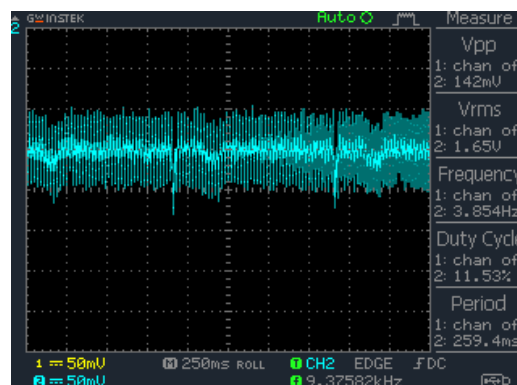
4.3.4 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVR*

Gambar 4.16 adalah gambar rangkaian *instrument amplifier* pada *lead III* yang berfungsi untuk memfilter sekaligus menguatkan sinyal awal dari hasil sadapan elektroda.



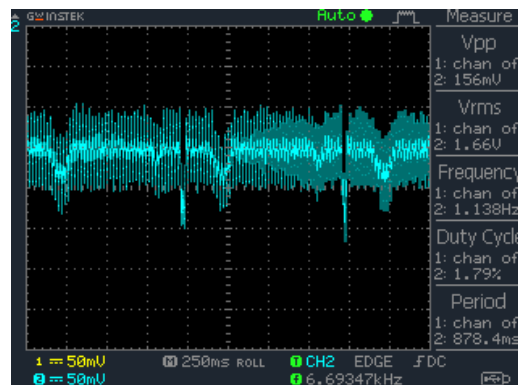
Gambar 4.16 Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVR*

Berikut merupakan hasil pengukuran pada rangkaian *instrument amplifier lead AVR* menggunakan alat kalibrator *phantom ECG* dengan mengatur sensitivitas sebesar 0,5mv, 1mv, 2mv.



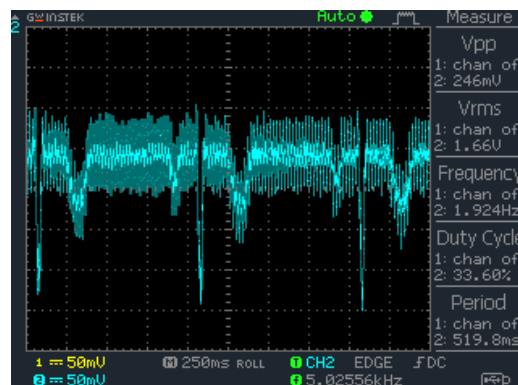
Gambar 4.17 *Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVR* Sensitivitas 0,5mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 1.4 \\
 &= 70\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.18 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVR* Sensitivitas 1mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 2,4 \\
 &= 120\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.19 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVR* Sensitivitas 2
mv

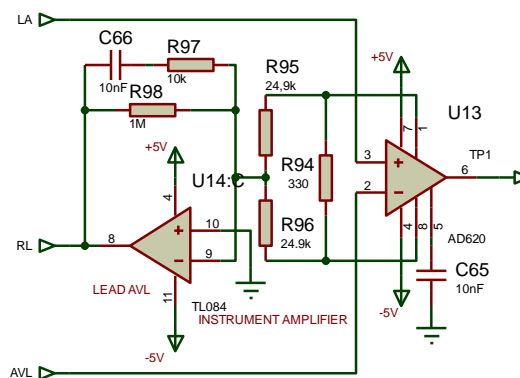
$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 4 \\
 &= 200\text{mv}
 \end{aligned}$$

Rangkaian *instrument amplifier* untuk sadapan awal sinyal jantung pada *lead AVR* menggunakan IC AD620 mengaplikasikan penguatan sebesar 74 kali, sinyal jantung didapatkan dari kalibrator ECG (*phantom ECG*). Hasil sinyal *output* dari rangkaian *instrument amplifier* diuji dan ditampilkan dengan *oscilloscope* digital menunjukkan sinyal yang masih kurang stabil namun bentuk gelombang sudah

sedikit tergambar, begitu pula hasil sinyal yang didapat dengan masing-masing sensitivitas yang berbeda menunjukkan angka perbandingan yang kurang stabil, dimana dengan sensitivitas 0,5mv didapatkan amplitudo puncak sinyal kurang lebih sebesar 70mv, pada sensitivitas 1mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 120mv dan pada sensitivitas 2mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 200mv. Hal tersebut menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan oleh *instrument amplifier* dengan menggunakan IC AD620 mampu mendeteksi sinyal pada *lead AVR*, namun masih terdapat *noise*, sehingga diperlukan pengolahan *filter* lebih lanjut.

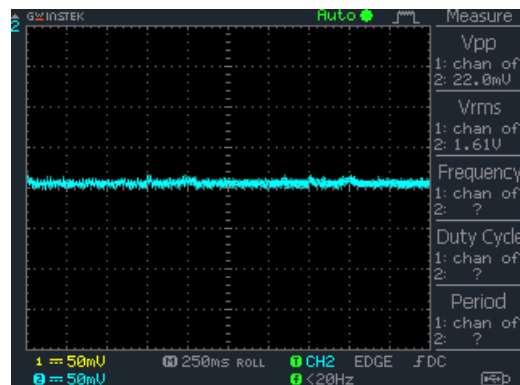
4.3.5 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVL*

Gambar 4.20 adalah gambar rangkaian *instrument amplifier* pada *lead AVL* yang berfungsi untuk memfilter sekaligus menguatkan sinyal awal dari hasil sadapan elektroda.



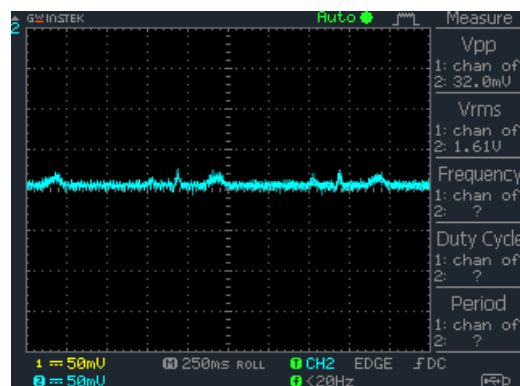
Gambar 4.20 Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVL*

Berikut merupakan hasil pengukuran pada rangkaian *instrument amplifier lead AVL* menggunakan alat kalibrator *phantom ECG* dengan mengatur sensitivitas sebesar 0,5mv, 1mv, 2mv.



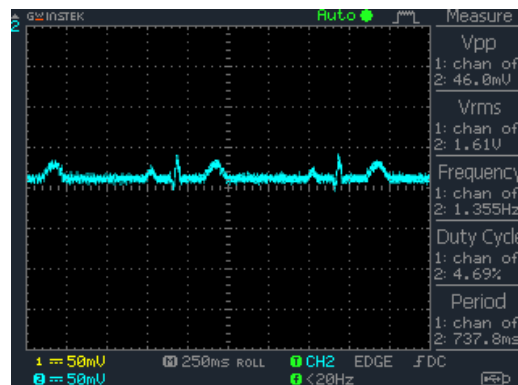
Gambar 4.21 *Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVL Sensitivitas 0,5mv*

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 0,4 \\
 &= 20\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.22 *Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVL Sensitivitas 1mv*

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 0,6 \\
 &= 30\text{mv}
 \end{aligned}$$



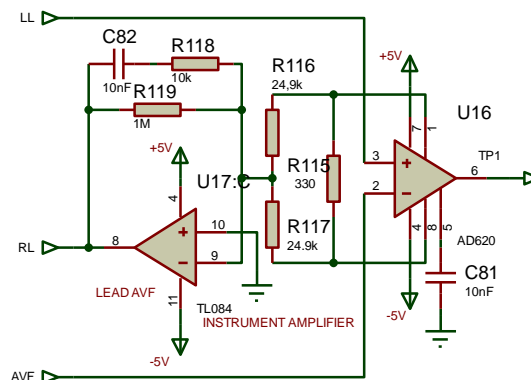
Gambar 4.23 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVL* Sensitivitas 2mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 0,9 \\
 &= 45\text{mv}
 \end{aligned}$$

Rangkaian *instrument amplifier* untuk sadapan awal sinyal jantung pada *lead* AVL menggunakan IC AD620 mengaplikasikan penguatan sebesar 74 kali, sinyal jantung didapatkan dari kalibrator ECG (*phantom ECG*). Hasil sinyal *output* dari rangkaian *instrument amplifier* diuji dan ditampilkan dengan *oscilloscope* digital menunjukkan sinyal yang lebih stabil dibandingkan dengan *lead* AVR dengan bentuk gelombang sudah sedikit tergambar. Hasil sinyal yang didapat dengan masing-masing sensitivitas yang berbeda menunjukkan angka perbandingan yang masih kurang stabil, dimana dengan sensitivitas 0,5mv didapatkan amplitudo puncak sinyal kurang lebih sebesar 20mv, pada sensitivitas 1mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 30mv dan pada sensitivitas 2mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 45mv. Hal tersebut menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan oleh *instrument amplifier* dengan menggunakan IC AD620 mampu mendeteksi sinyal pada *lead* AVR, namun sinyal yang didapat masih berorde sangat kecil dan masih terdapat *noise*, sehingga diperlukan pengolahan *filter* lebih lanjut.

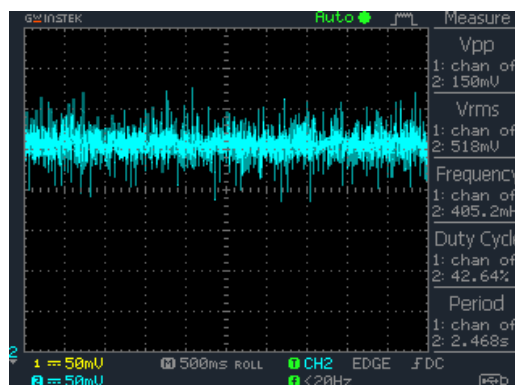
4.3.6 Output Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVF*

Gambar 4.24 adalah gambar rangkaian *instrument amplifier* pada *lead AVF* yang berfungsi untuk memfilter sekaligus menguatkan sinyal awal dari hasil sadapan elektroda.



Gambar 4.24 Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVF*

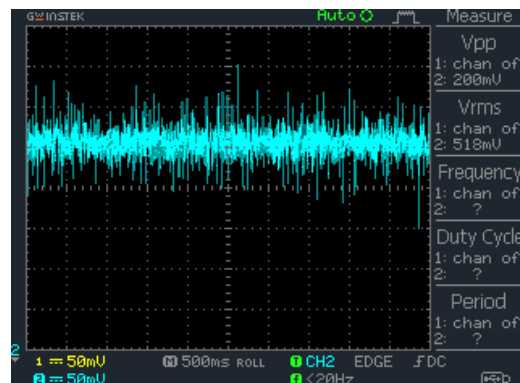
Berikut merupakan hasil pengukuran pada rangkaian *instrument amplifier lead AVF* menggunakan alat kalibrator *phantom ECG* dengan mengatur sensitivitas sebesar 0,5mv, 1mv, 2mv.



Gambar 4.25 *Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVF*

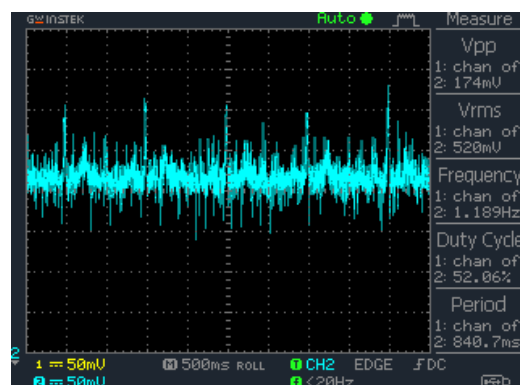
Sensitivitas 0,5mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 1,2 \\
 &= 60\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.26 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVF* Sensitivitas 1mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 2 \\
 &= 100\text{mv}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.27 *Output* Rangkaian *Instrument Amplifier Lead AVF* Sensitivitas 2mv

$$\begin{aligned}
 \text{Amplitudo} &= \text{Volt/Div} \times \text{Kotak Horizontal} \\
 &= 50\text{mv} \times 3,6 \\
 &= 180\text{mv}
 \end{aligned}$$

Rangkaian *instrument amplifier* untuk sadapan awal sinyal jantung pada *lead AVF* menggunakan IC AD620 mengaplikasikan penguatan sebesar 74 kali, sinyal jantung didapatkan dari kalibrator ECG (*phantom ECG*). Hasil sinyal *output* dari rangkaian *instrument amplifier* diuji dan ditampilkan dengan *oscilloscope* digital menunjukkan sinyal yang tidak stabil dan bentuk gelombang sulit terbaca, begitu

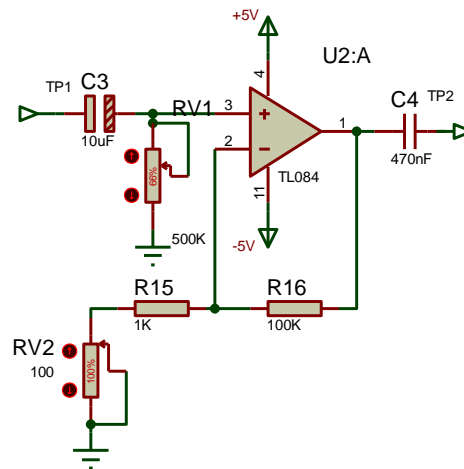
pula hasil sinyal yang didapat dengan masing-masing sensitivitas yang berbeda menunjukkan angka perbandingan tidak stabil, dimana dengan sensitivitas 0,5mv didapatkan amplitudo puncak sinyal kurang lebih sebesar 60mv, pada sensitivitas 1mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 100mv dan pada sensitivitas 2mv didapatkan amplitudo puncak sinyal sebesar 180mv. Gambaran sinyal mulai terlihat pada sensitivitas 2mv. Hal tersebut menunjukkan bahwa sinyal yang dihasilkan oleh *instrument amplifier* dengan menggunakan IC AD620 mampu mendeteksi sinyal pada *lead AVL*, namun masih terdapat banyak *noise*, sehingga sinyal sulit terbaca dan diperlukan pengolahan *filter* lebih lanjut.

4.4 Hasil Pengukuran Rangkaian *High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031 Hz

Pengukuran rangkaian HPF aktif bertujuan untuk mengetahui kesesuaian respon frekuensi terhadap *cut-off* yang telah ditetapkan yaitu 0,031Hz. Pengukuran dilakukan dengan cara memberi *inputan* pada rangkaian menggunakan *function generator* yang dapat diatur frekuensinya, sedangkan hasil pengukuran dapat diketahui melalui *oscilloscope*.

4.4.1 Output Rangkaian *High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031 Hz *Lead I*

Gambar 4.28 adalah gambar rangkaian *high pass filter* Aktif pada *lead I* yang berfungsi untuk memfilter frekuensi sinyal tubuh dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan sekaligus menguatkan sinyal dari hasil *instrument amplifier*.



Gambar 4.28 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead I*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

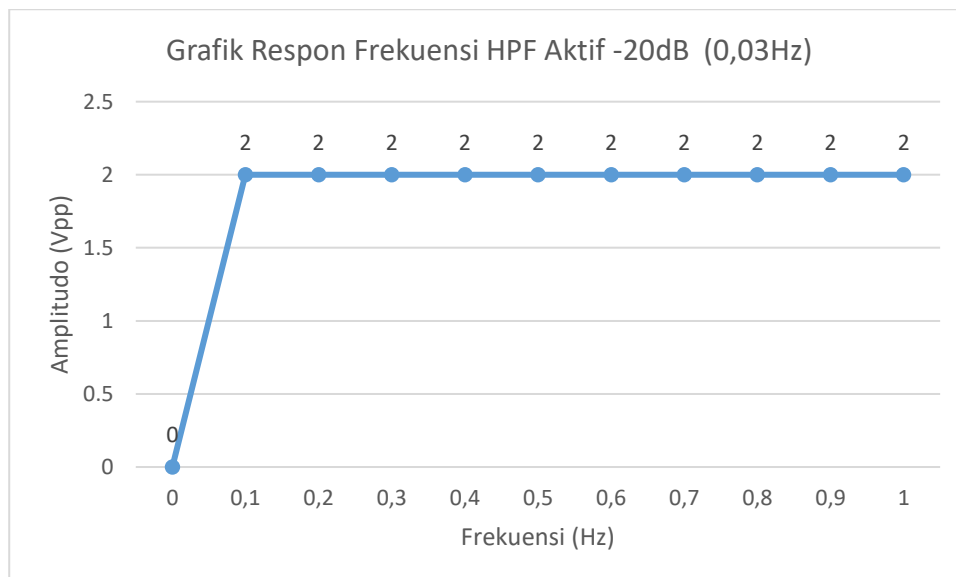
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV1 \cdot C3} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31,4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan respon grafik pada Gambar 4.29.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran *Output High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031Hz *Lead I*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2



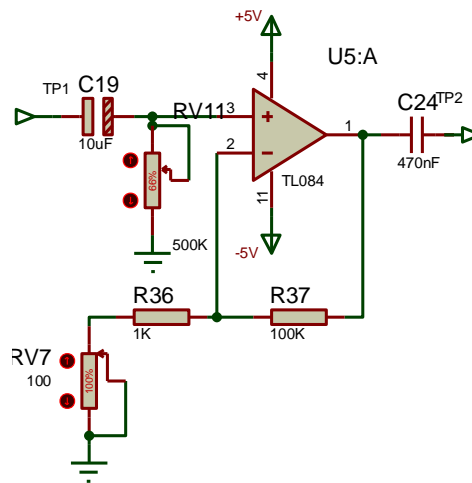
Gambar 4.29 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *Lead I*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.1 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.29, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi

dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.4.2 Output Rangkaian *High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031 Hz Lead II

Gambar 4.30 adalah gambar rangkaian *high pass filter* Aktif pada *lead II* yang berfungsi untuk memfilter frekuensi sinyal tubuh dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan sekaligus menguatkan sinyal dari hasil *instrument amplifier*.



Gambar 4.30 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead II*

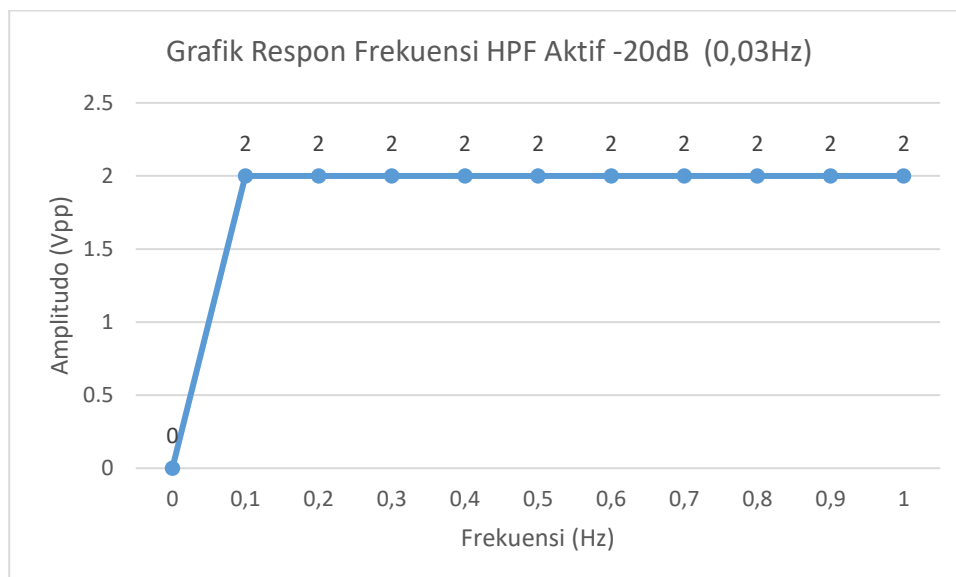
Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV11 \cdot C19} \\
 &= \frac{1}{2\pi \cdot 14.500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2\pi \cdot 14.500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31.4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan respon grafik pada Gambar 4.31.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran *Output High Pass Filter Aktif -20dB 0,031Hz Lead II*

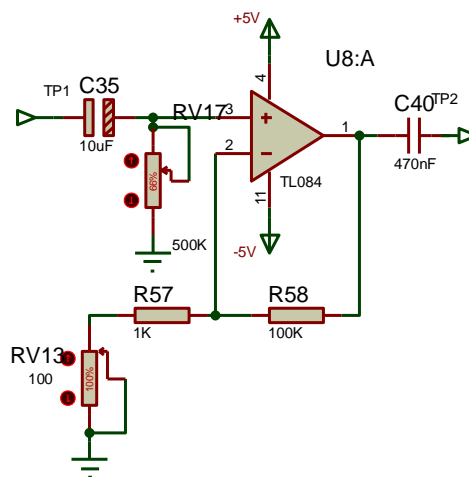
F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

Gambar 4.31 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *Lead II*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.2 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.31, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.4.3 Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,031 Hz Lead III

Gambar 4.32 adalah gambar rangkaian *high pass filter* Aktif pada *lead III* yang berfungsi untuk memfilter frekuensi sinyal tubuh dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan sekaligus menguatkan sinyal dari hasil *instrument amplifier*.



Gambar 4.32 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz Lead III

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$F_c = \frac{1}{2\pi \cdot RV17 \cdot C35}$$

$$= \frac{1}{2.3,14.500K.10\mu F}$$

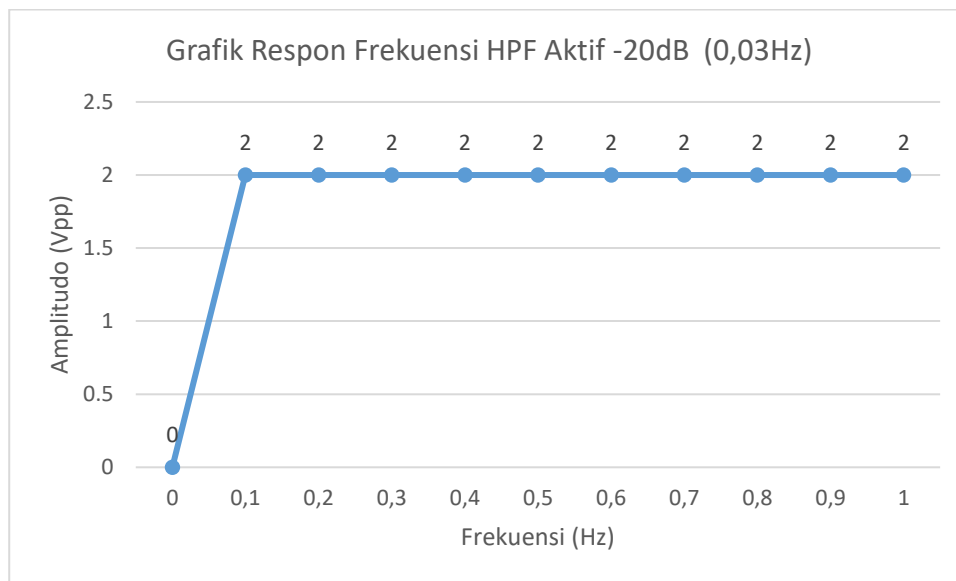
$$= \frac{1}{2.3,14.500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{1}{31.4} = 0,031 \text{ Hz}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan respon grafik pada Gambar 4.33.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran *Output High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031Hz *Lead III*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

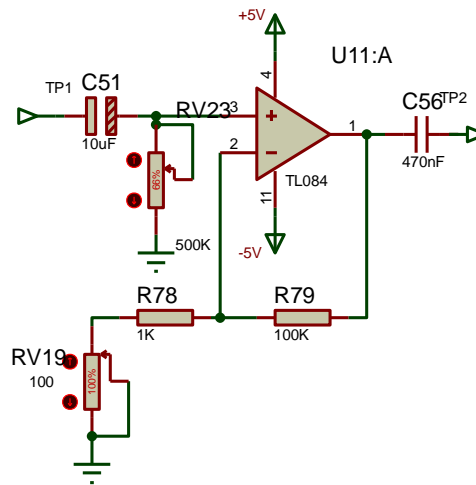


Gambar 4.33 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *Lead III*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.3 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.33, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.4.4 Output Rangkaian *High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031 Hz *Lead AVR*

Gambar 4.34 adalah gambar rangkaian *high pass filter* Aktif pada *lead AVR* yang berfungsi untuk memfilter frekuensi sinyal tubuh dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan sekaligus menguatkan sinyal dari hasil *instrument amplifier*.



Gambar 4.34 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead AVR*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

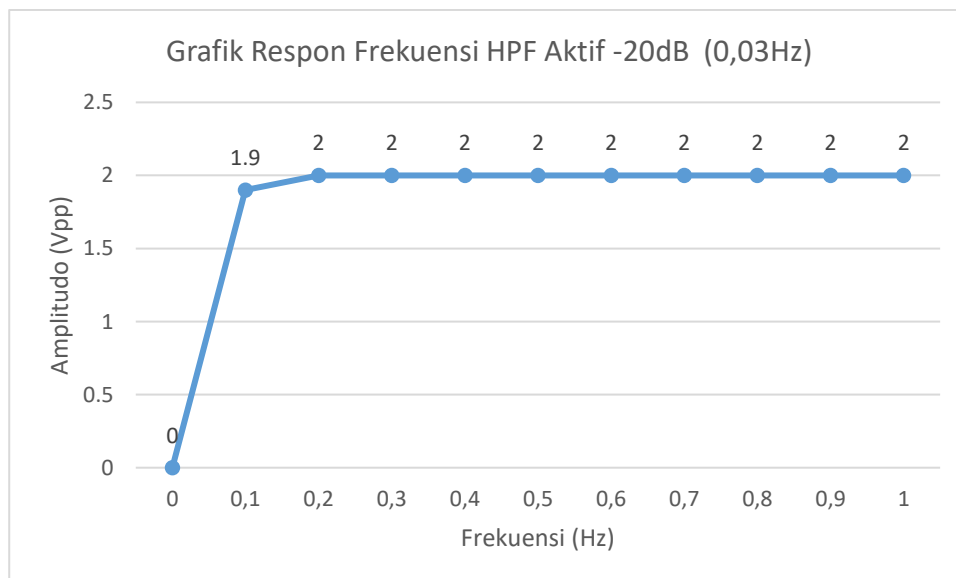
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV233 \cdot C51} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31,4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan respon grafik pada Gambar 4.35.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran *Output High Pass Filter Aktif -20dB 0,031Hz Lead AVR*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	1,9
0,2	2
0,3	2

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2



Gambar 4.35 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *Lead*

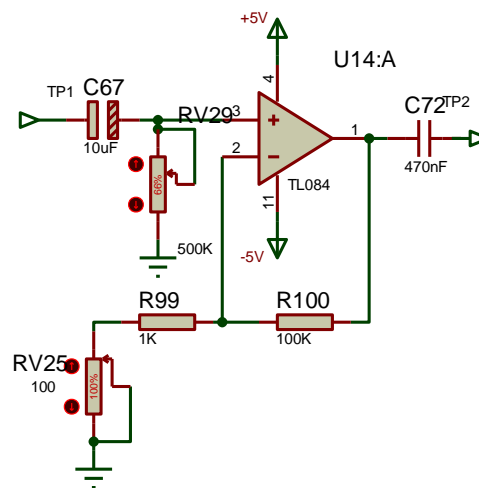
AVR

Berdasarkan hasil pada tabel 4.4 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.35, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *outputnya* akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator*

dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.4.5 Output Rangkaian *High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031 Hz *Lead AVL*

Gambar 4.36 adalah gambar rangkaian *high pass filter* Aktif pada *lead AVL* yang berfungsi untuk memfilter frekuensi sinyal tubuh dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan sekaligus menguatkan sinyal dari hasil *instrument amplifier*.



Gambar 4.36 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead AVL*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

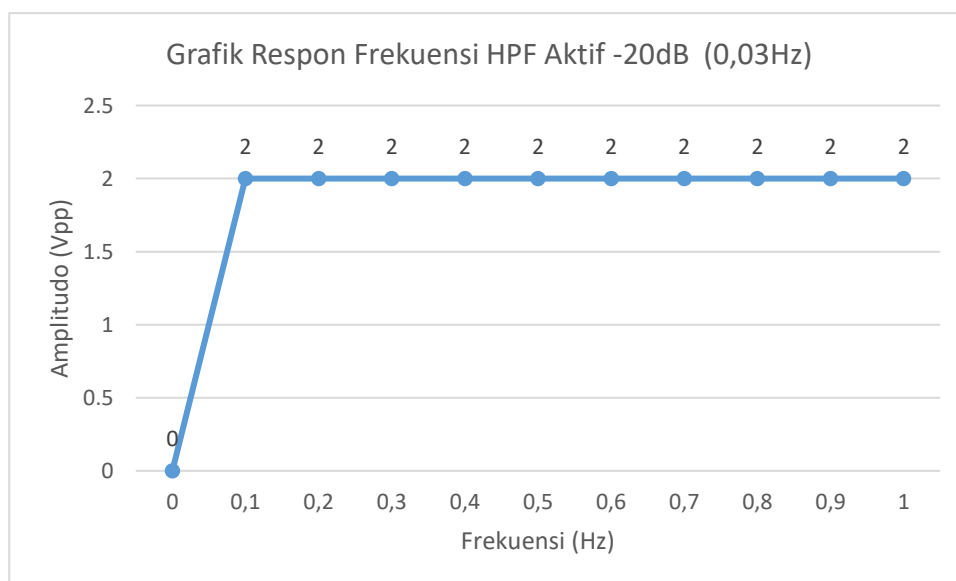
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV29 \cdot C67} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31,4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan respon grafik pada Gambar 4.37.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran *Output High Pass Filter Aktif -20dB 0,031Hz Lead*

AVL

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

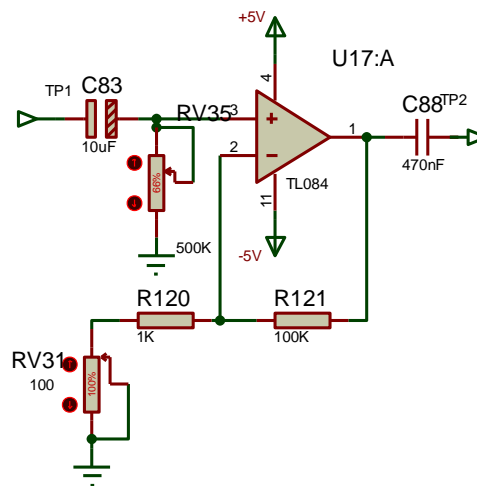
Gambar 4.37 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *Lead*

AVL

Berdasarkan hasil pada tabel 4.5 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.37, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.4.6 Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,031 Hz Lead AVF

Gambar 4.38 adalah gambar rangkaian *high pass filter* Aktif pada *lead AVF* yang berfungsi untuk memfilter frekuensi sinyal tubuh dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan sekaligus menguatkan sinyal dari hasil *instrument amplifier*.



Gambar 4.38 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz Lead AVF

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$F_c = \frac{1}{2\pi \cdot RV35 \cdot C83}$$

$$= \frac{1}{2.3,14.500K.10\mu F}$$

$$= \frac{1}{2.3,14.500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}}$$

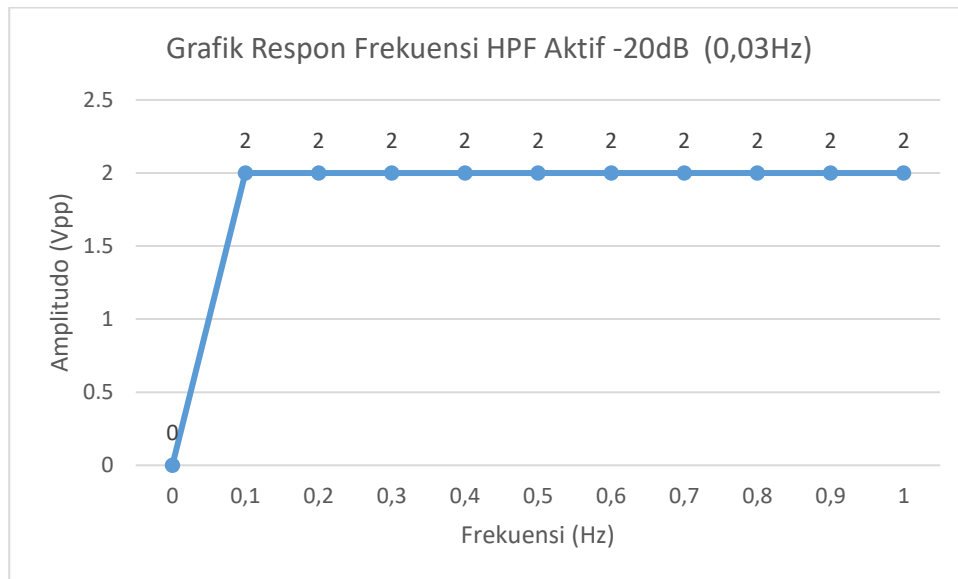
$$= \frac{1}{31.4} = 0,031 \text{ Hz}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan respon grafik pada Gambar 4.39.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran *Output High Pass Filter* Aktif -20dB 0,031Hz *Lead*

AVF

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2



Gambar 4.39 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *Lead*

AVF

Berdasarkan hasil pada tabel 4.6 tabel serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.39, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

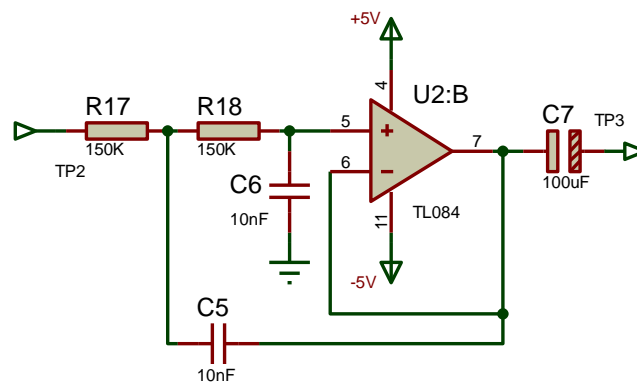
4.5 Hasil Pengukuran Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157Hz

Pengukuran rangkaian LPF aktif bertujuan untuk mengetahui kesesuaian respon frekuensi terhadap *cut-off* yang telah ditetapkan yaitu 106,157Hz. Pengukuran dilakukan dengan cara memberi *inputan* pada rangkaian menggunakan

function generator yang dapat diatur frekuensinya, sedangkan hasil pengukuran dapat diketahui melalui *oscilloscope*.

4.5.1 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157Hz Lead I

Gambar 4.40 adalah gambar rangkaian *low pass filter* Aktif pada *lead I* yang berfungsi untuk memfilter *noise* dan frekuensi sinyal tubuh diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.40 Rangkaian LPF Aktif -40dB 106,157Hz *Lead I*

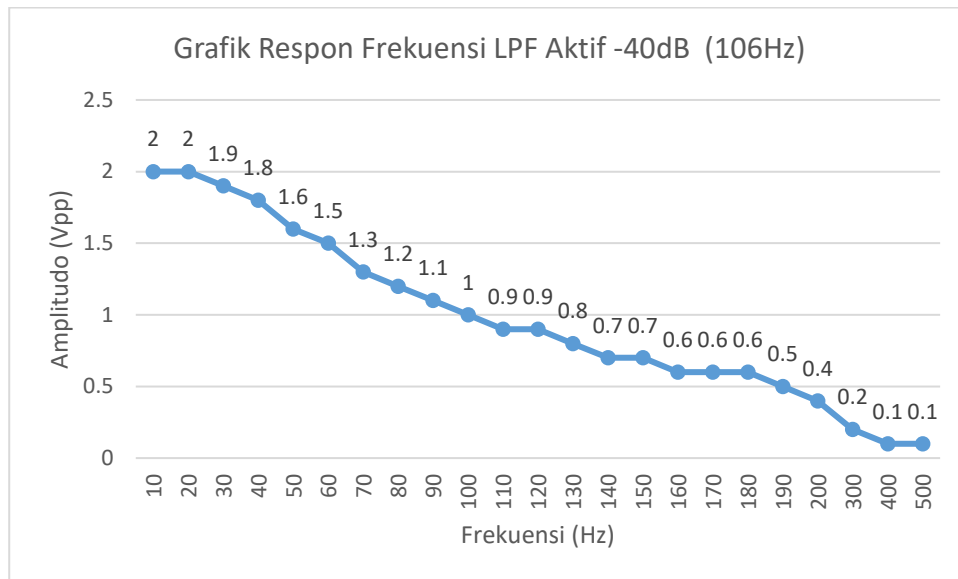
Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R17.R18.C6.C5}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3.150 \times 10^3.10 \times 10^{-9}.10 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* aktif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan respon grafik pada Gambar 4.41.

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157 Hz*Lead I*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,9
40	1,8
50	1,6
60	1,5
70	1,3
80	1,2
90	1,1
100	1
110	0,9
120	0,9
130	0,8
140	0,7
150	0,7
160	0,6
170	0,6
180	0,6
190	0,5
200	0,4
300	0,2
400	0,1
500	0,1

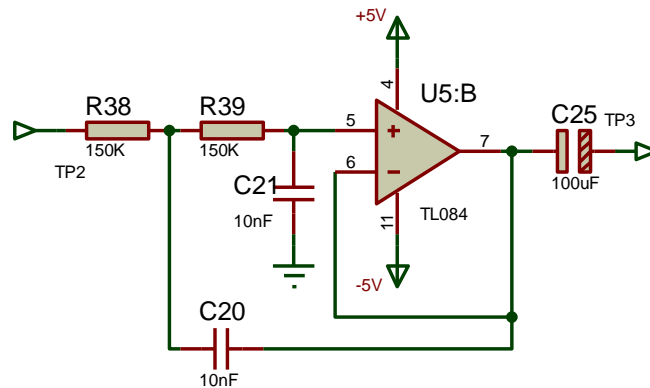


Gambar 4.41 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40dB 106,157 Hz *Lead I*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.7 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.41 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.5.2 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157Hz *Lead II*

Gambar 4.42 adalah gambar rangkaian *low pass filter* Aktif pada *lead II* yang berfungsi untuk memfilter *noise* dan frekuensi sinyal tubuh diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.42 Rangkaian LPF Aktif -40dB 106,157Hz *Lead II*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R38.R39.C20.C21}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150x10^3.150x10^3.10x10^{-9}.10x10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

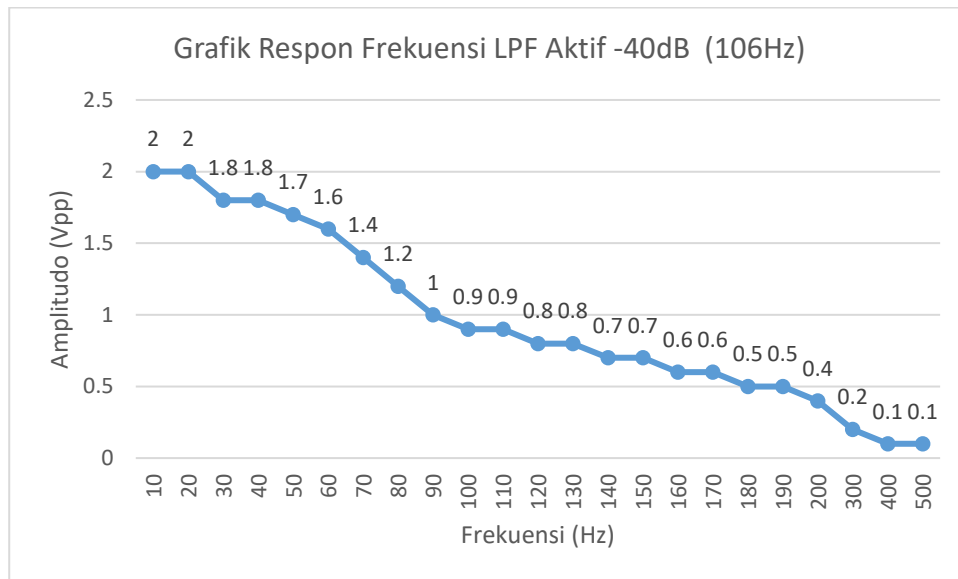
Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* aktif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.8 dan respon grafik pada Gambar 4.43.

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157 Hz

Lead II

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,8
40	1,8

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
50	1,7
60	1,6
70	1,4
80	1,2
90	1
100	0,9
110	0,9
120	0,8
130	0,8
140	0,7
150	0,7
160	0,6
170	0,6
180	0,5
190	0,5
200	0,4
300	0,2
400	0,1
500	0,1

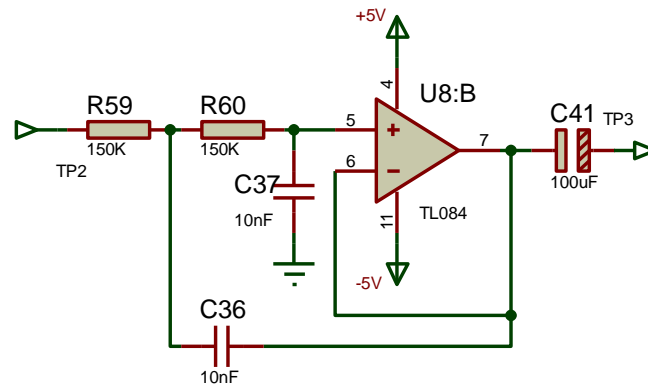


Gambar 4.43 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40dB 106,157 Hz *Lead II*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.8 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.43 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.5.3 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157Hz *Lead III*

Gambar 4.44 adalah gambar rangkaian *low pass filter* Aktif pada *lead III* yang berfungsi untuk memfilter *noise* dan frekuensi sinyal tubuh diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.44 Rangkaian LPF Aktif -40dB 106,157Hz *Lead III*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R59.R60.C36.C37}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3.150 \times 10^3.10 \times 10^{-9}.10 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

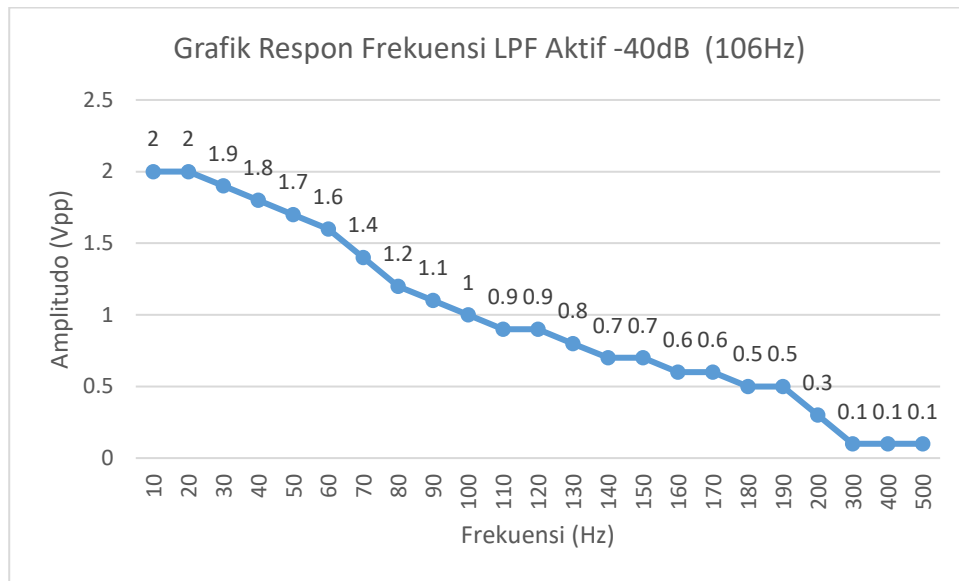
Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* aktif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.9 dan respon grafik pada Gambar 4.45.

Tabel 4.11 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157 Hz

Lead III

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,9
40	1,8

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
50	1,7
60	1,6
70	1,4
80	1,2
90	1,1
100	1
110	0,9
120	0,9
130	0,8
140	0,7
150	0,7
160	0,6
170	0,6
180	0,5
190	0,5
200	0,3
300	0,1
400	0,1
500	0,1

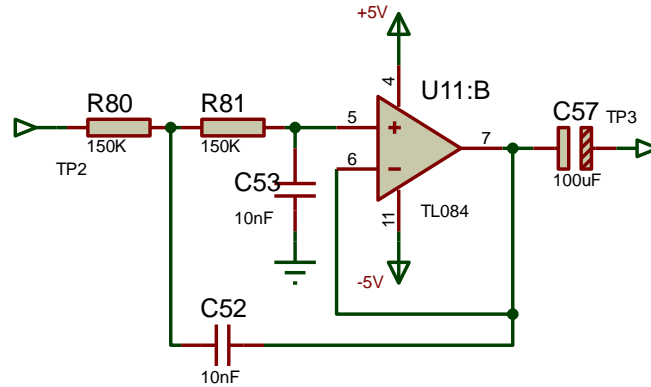


Gambar 4.45 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40dB 106,157 Hz *Lead III*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.9 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.45 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.5.4 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157Hz *Lead AVR*

Gambar 4.46 adalah gambar rangkaian *low pass filter* Aktif pada *lead AVR* yang berfungsi untuk memfilter *noise* dan frekuensi sinyal tubuh diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.46 Rangkaian LPF Aktif -40dB 106,157Hz *Lead* AVR

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

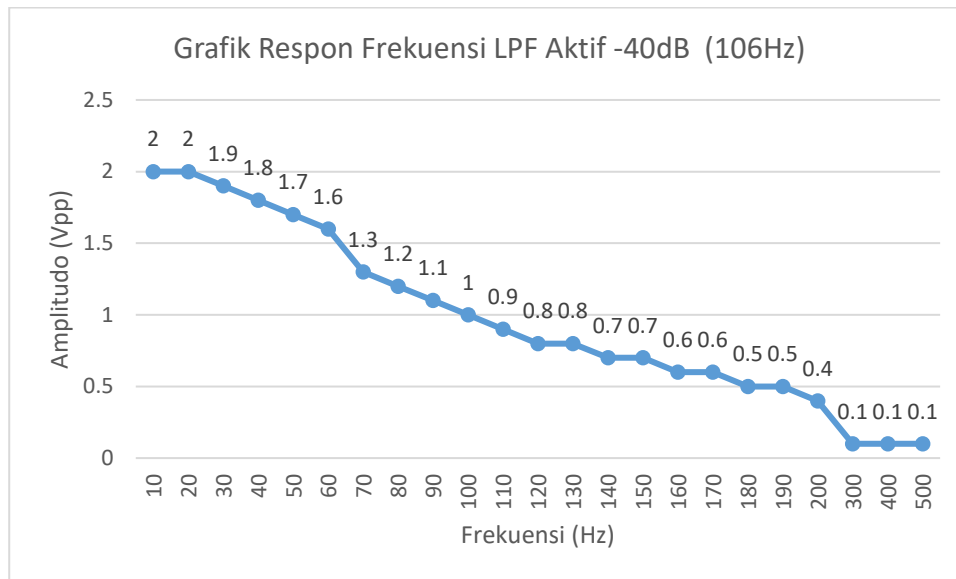
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R80.R81.C52.C53}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3.150 \times 10^3.10 \times 10^{-9}.10 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* aktif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.10 dan respon grafik pada Gambar 4.47.

Tabel 4.12 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157 Hz *Lead* AVR

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,9
40	1,8

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
50	1,7
60	1,6
70	1,3
80	1,2
90	1,1
100	1
110	0,9
120	0,8
130	0,8
140	0,7
150	0,7
160	0,6
170	0,6
180	0,5
190	0,5
200	0,4
300	0,1
400	0,1
500	0,1

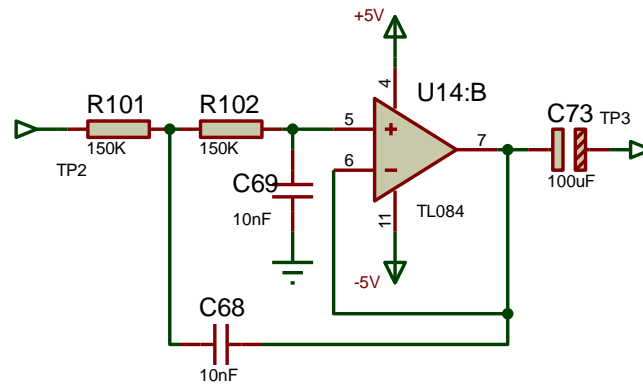


Gambar 4.47 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40dB 106,157 Hz *Lead* AVR

Berdasarkan hasil pada tabel 4.10 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.47 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.5.5 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157Hz *Lead* AVL

Gambar 4.48 adalah gambar rangkaian *low pass filter* Aktif pada *lead* AVL yang berfungsi untuk memfilter *noise* dan frekuensi sinyal tubuh diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.48 Rangkaian LPF Aktif -40dB 106,157Hz *Lead* AVL

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

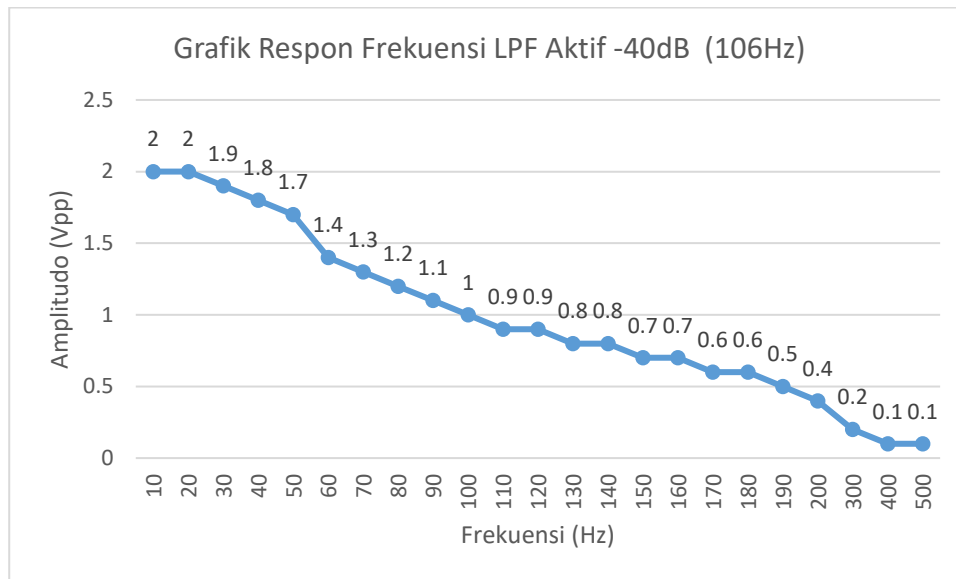
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R101.R102.C68.C69}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150x10^3.150x10^3.10x10^{-9}.10x10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* aktif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.11 dan respon grafik pada Gambar 4.49.

Tabel 4.13 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157 Hz
Lead AVL

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,9
40	1,8

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
50	1,7
60	1,4
70	1,3
80	1,2
90	1,1
100	1
110	0,9
120	0,9
130	0,8
140	0,8
150	0,7
160	0,7
170	0,6
180	0,6
190	0,5
200	0,4
300	0,2
400	0,1
500	0,1

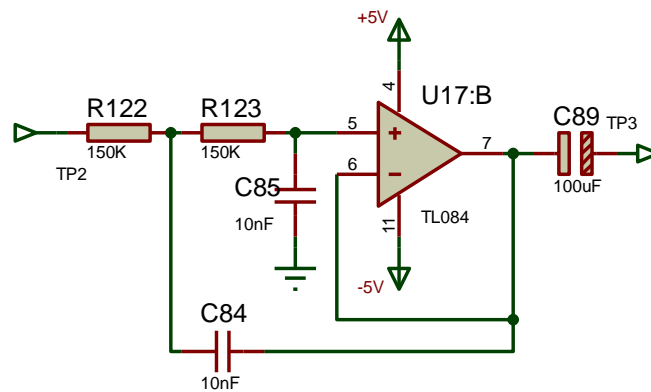


Gambar 4.49 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40dB 106,157 Hz *Lead AVL*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.11 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.49 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.5.6 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157Hz *Lead AVF*

Gambar 4.50 adalah gambar rangkaian *low pass filter* Aktif pada *lead AVF* yang berfungsi untuk memfilter *noise* dan frekuensi sinyal tubuh diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.50 Rangkaian LPF Aktif -40dB 106,157Hz *Lead* AVF

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

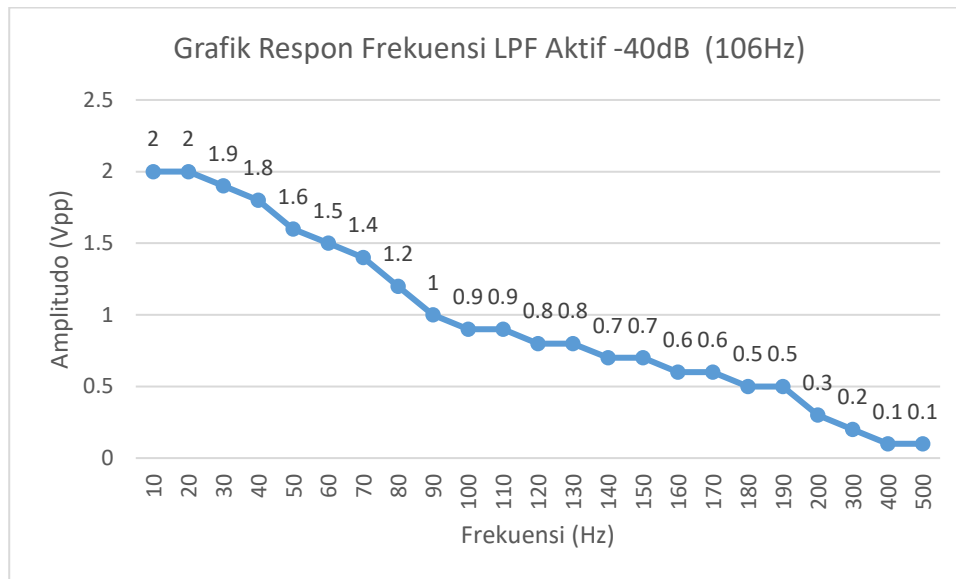
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R122.R123.C84.C85}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3.150 \times 10^3.10 \times 10^{-9}.10 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* aktif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.12 dan respon grafik pada Gambar 4.51.

Tabel 4.14 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Aktif -40dB 106,157 Hz
Lead AVF

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,9
40	1,8

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
50	1,6
60	1,5
70	1,4
80	1,2
90	1
100	0,9
110	0,9
120	0,8
130	0,8
140	0,7
150	0,7
160	0,6
170	0,6
180	0,5
190	0,5
200	0,3
300	0,2
400	0,1
500	0,1



Gambar 4.51 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40dB 106,157 Hz *Lead* AVF

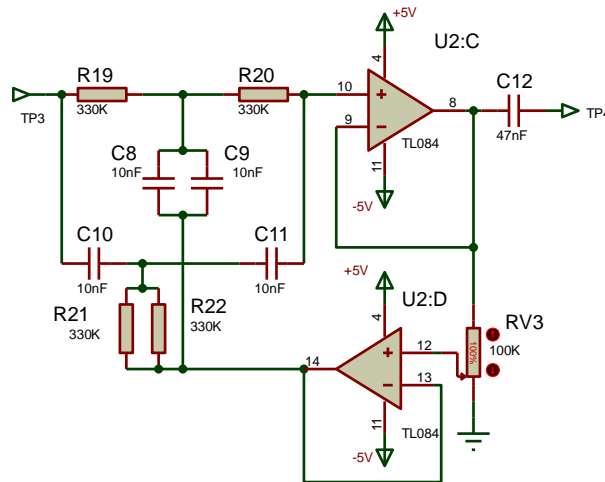
Berdasarkan hasil pada tabel 4.12 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.51 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.6 Hasil Pengukuran Rangkaian *Notch Filter* 48,309Hz

Pengukuran rangkaian *notch filter* bertujuan untuk mengetahui kesesuaian respon frekuensi terhadap *cut-off* yang telah ditetapkan yaitu 48,309Hz. Pengukuran dilakukan dengan cara memberi *inputan* pada rangkaian menggunakan *function generator* yang dapat diatur frekuensinya, sedangkan hasil pengukuran dapat diketahui melalui *oscilloscope*.

4.6.1 Output Rangkaian Notch Filter 48,309Hz Lead I

Gambar 4.52 adalah gambar rangkaian *notch filter* pada *lead I* yang berfungsi untuk memfilter gangguan frekuensi AC yang terdapat pada jala-jala PLN dengan meloloskan frekuensi diatas sekaligus dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.52 Rangkaian *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead I*

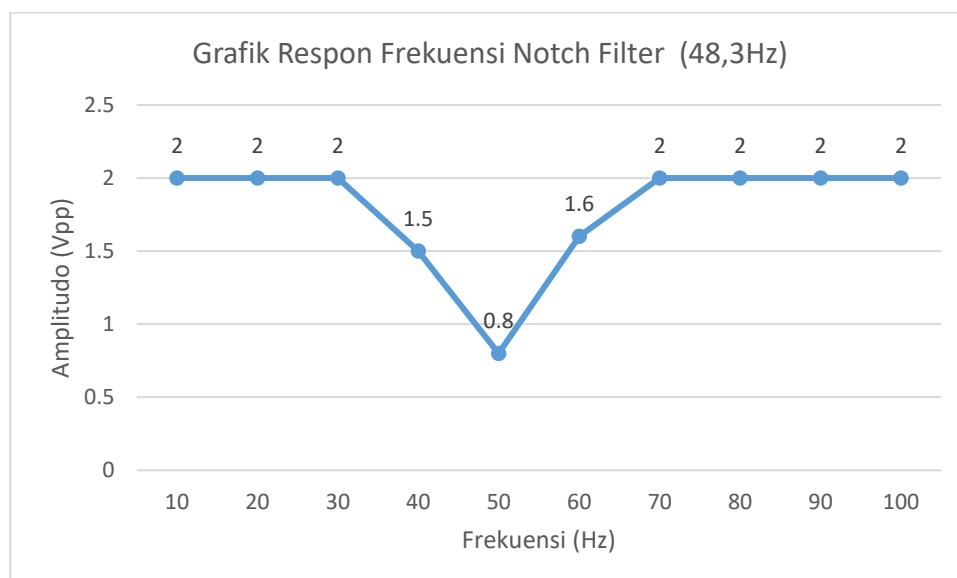
Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 FN &= \frac{1}{4\pi RC} \\
 &= \frac{1}{4.3,14.165K.10nF} \\
 &= \frac{1}{2.3,14.165 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-9}} \\
 &= \frac{1}{0,0207} = 48,309 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *notch filter* dengan frekuensi *cut-off* sebesar 48,309 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.13 dan respon grafik pada Gambar 4.53.

Tabel 4.15 Hasil Pengukuran *Output Notch Filter 48,309 Hz Lead I*

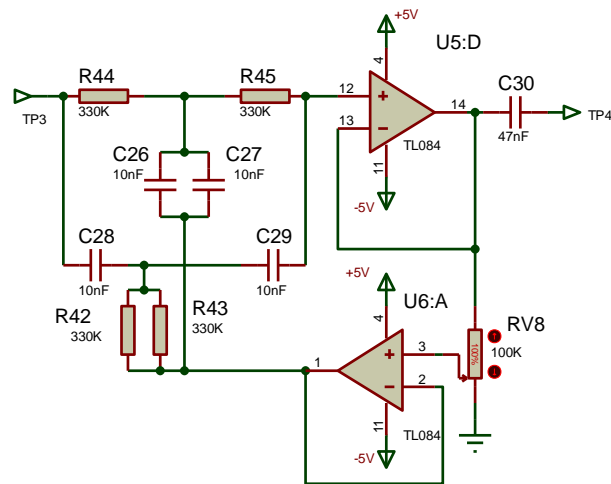
F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	2
40	1,5
50	0,8
60	1,6
70	2
80	2
90	2
100	2

Gambar 4.53 Grafik Respon Frekuensi *Notch Filter 48,309 Hz Lead I*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.15 serta hasil grafik responsi pada gambar 4.53 menunjukkan bahwa rangkaian *notch filter* berfungsi meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan yaitu kurang lebih pada frekuensi 50Hz (48,3Hz). Dengan *inputan* sebesar 2Vpp pada *function generator* tegangan diredam pada frekuensi 50Hz menjadi sebesar 0,8Vpp, sehingga rangkaian *notch filter* bekerja sesuai dengan teori, dimana tegangan akan diredam pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan.

4.6.2 Output Rangkaian Notch Filter 48,309Hz Lead II

Gambar 4.54 adalah gambar rangkaian *notch filter* pada *lead II* yang berfungsi untuk memfilter gangguan frekuensi AC yang terdapat pada jala-jala PLN dengan meloloskan frekuensi diatas sekaligus dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.54 Rangkaian *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead II*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$FN = \frac{1}{4\pi RC}$$

$$= \frac{1}{4,3,14.165K.10nF}$$

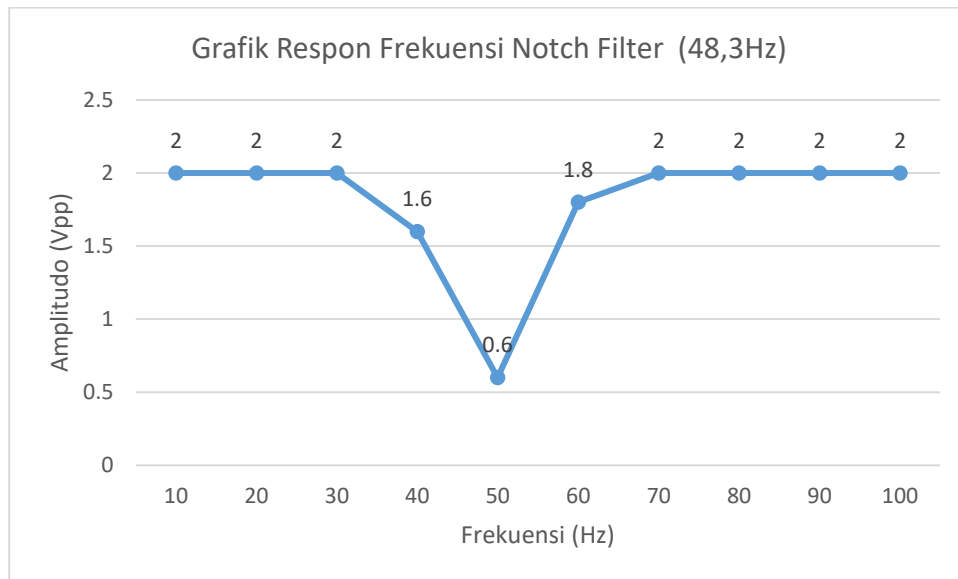
$$= \frac{1}{2,3,14.165 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-9}}$$

$$= \frac{1}{0,0207} = 48,309 \text{ Hz}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *notch filter* dengan frekuensi *cut-off* sebesar 48,309 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.14 dan respon grafik pada Gambar 4.55.

Tabel 4.16 Hasil Pengukuran *Output Notch Filter 48,309 Hz Lead II*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	2
40	1,6
50	0,6
60	1,8
70	2
80	2
90	2
100	2

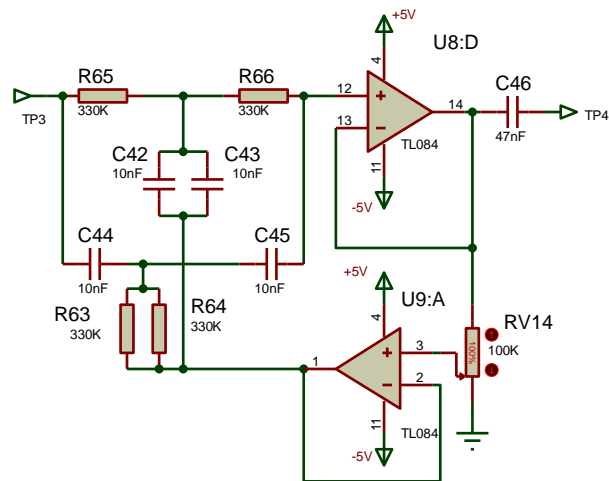


Gambar 4.55 Grafik Respon Frekuensi *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead II*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.14 serta hasil grafik responsi pada gambar 4.55 menunjukkan bahwa rangkaian *notch filter* berfungsi meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan yaitu kurang lebih pada frekuensi 50Hz (48,3Hz). Dengan *inputan* sebesar 2Vpp pada *function generator* tegangan diredam pada frekuensi 50Hz menjadi sebesar 0,6Vpp, sehingga rangkaian *notch filter* bekerja sesuai dengan teori, dimana tegangan akan diredam pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan.

4.6.3 Output Rangkaian *Notch Filter* 48,309Hz *Lead III*

Gambar 4.56 adalah gambar rangkaian *notch filte* pada *lead III* yang berfungsi untuk memfilter gangguan frekuensi AC yang terdapat pada jala-jala PLN dengan meloloskan frekuensi diatas sekaligus dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.56 Rangkaian *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead III*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

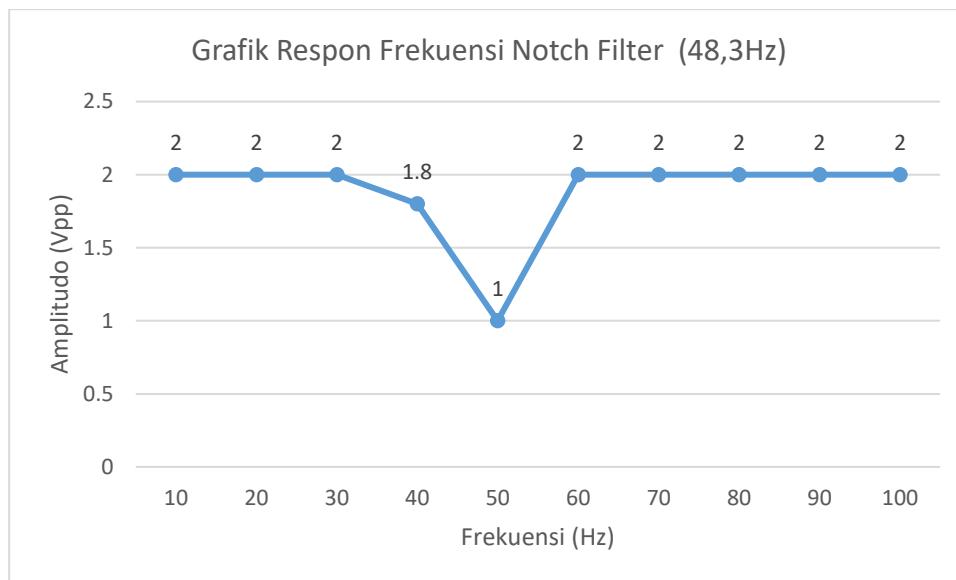
$$\begin{aligned}
 FN &= \frac{1}{4\pi RC} \\
 &= \frac{1}{4.3,14.165K.10nF} \\
 &= \frac{1}{2.3,14.165 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-9}} \\
 &= \frac{1}{0,0207} = 48,309 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *notch filter* dengan frekuensi *cut-off* sebesar 48,309 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.15 dan respon grafik pada Gambar 4.57.

Tabel 4.17 Hasil Pengukuran *Output Notch Filter* 48,309 Hz *Lead III*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	2
40	1,8
50	1

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
60	2
70	2
80	2
90	2
100	2

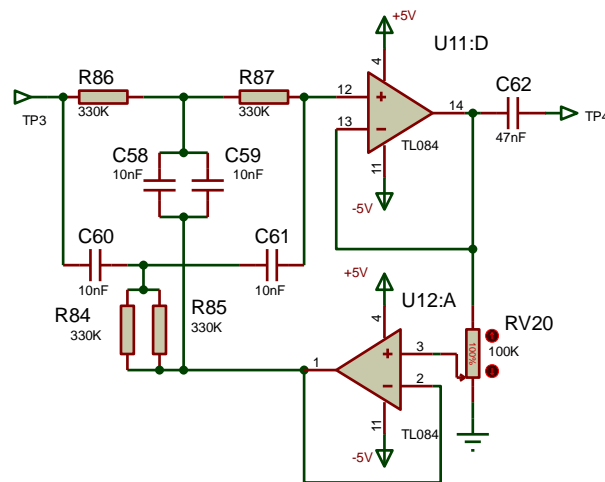


Gambar 4.57 Grafik Respon Frekuensi *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead III*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.15 serta hasil grafik responsi pada gambar 4.57 menunjukkan bahwa rangkaian *notch filter* berfungsi meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan yaitu kurang lebih pada frekuensi 50Hz (48,3Hz). Dengan *inputan* sebesar 2Vpp pada *function generator* tegangan diredam pada frekuensi 50Hz menjadi sebesar 1Vpp, sehingga rangkaian *notch filter* bekerja sesuai dengan teori, dimana tegangan akan diredam pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan.

4.6.4 Output Rangkaian *Notch Filter* 48,309Hz *Lead AVR*

Gambar 4.58 adalah gambar rangkaian *notch filter* pada *lead AVR* yang berfungsi untuk memfilter gangguan frekuensi AC yang terdapat pada jala-jala PLN dengan meloloskan frekuensi diatas sekaligus dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.58 Rangkaian *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead AVR*

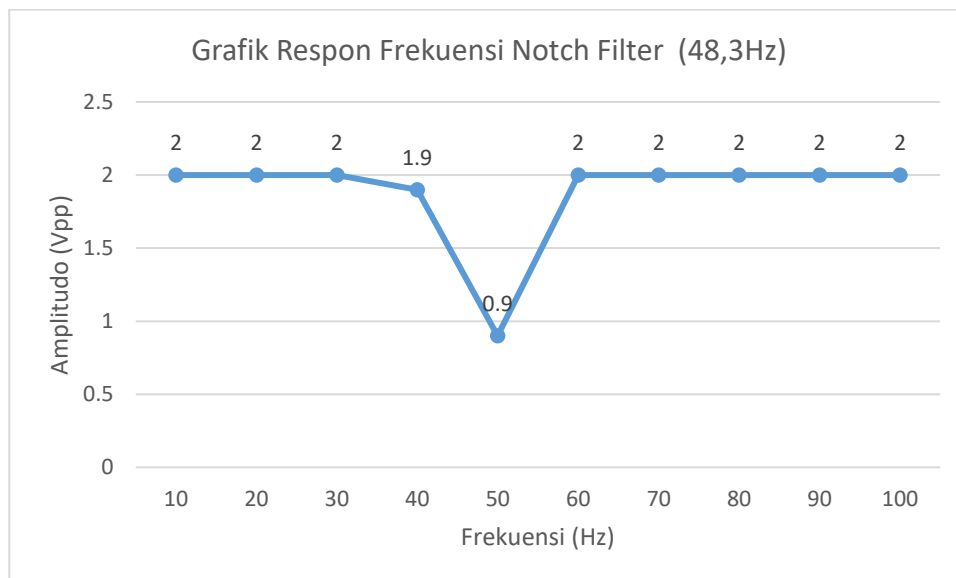
Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 FN &= \frac{1}{4\pi RC} \\
 &= \frac{1}{4.3,14.165K.10nF} \\
 &= \frac{1}{2.3,14.165 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-9}} \\
 &= \frac{1}{0,0207} = 48,309 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *notch filter* dengan frekuensi *cut-off* sebesar 48,309 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.16 dan respon grafik pada Gambar 4.59.

Tabel 4.18 Hasil Pengukuran *Output Notch Filter 48,309 Hz Lead AVR*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	2
40	1,9
50	0,9
60	2
70	2
80	2
90	2
100	2

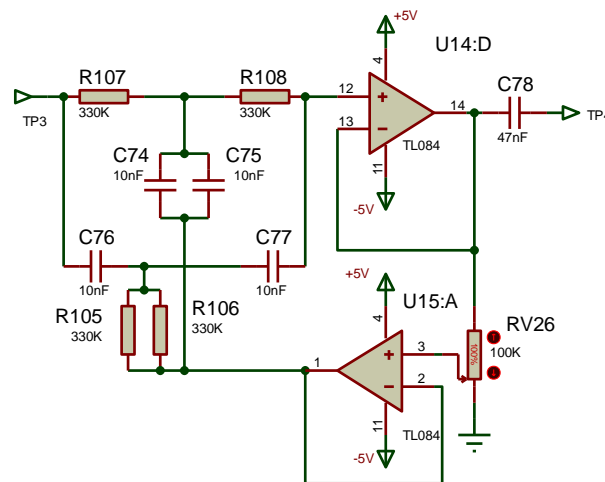
Gambar 4.59 Grafik Respon Frekuensi *Notch Filter 48,309 Hz Lead AVR*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.16 serta hasil grafik responsi pada gambar 4.59 menunjukkan bahwa rangkaian *notch filter* berfungsi meredam tegangan pada

frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan yaitu kurang lebih pada frekuensi 50Hz (48,3Hz). Dengan *inputan* sebesar 2Vpp pada *function generator* tegangan diredam pada frekuensi 50Hz menjadi sebesar 0.9Vpp, sehingga rangkaian *notch filter* bekerja sesuai dengan teori, dimana tegangan akan diredam pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan.

4.6.5 Output Rangkaian Notch Filter 48,309Hz Lead AVL

Gambar 4.60 adalah gambar rangkaian *notch filter* pada *lead AVL* yang berfungsi untuk memfilter gangguan frekuensi AC yang terdapat pada jala-jala PLN dengan meloloskan frekuensi diatas sekaligus dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.60 Rangkaian Notch Filter 48,309 Hz Lead AVL

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

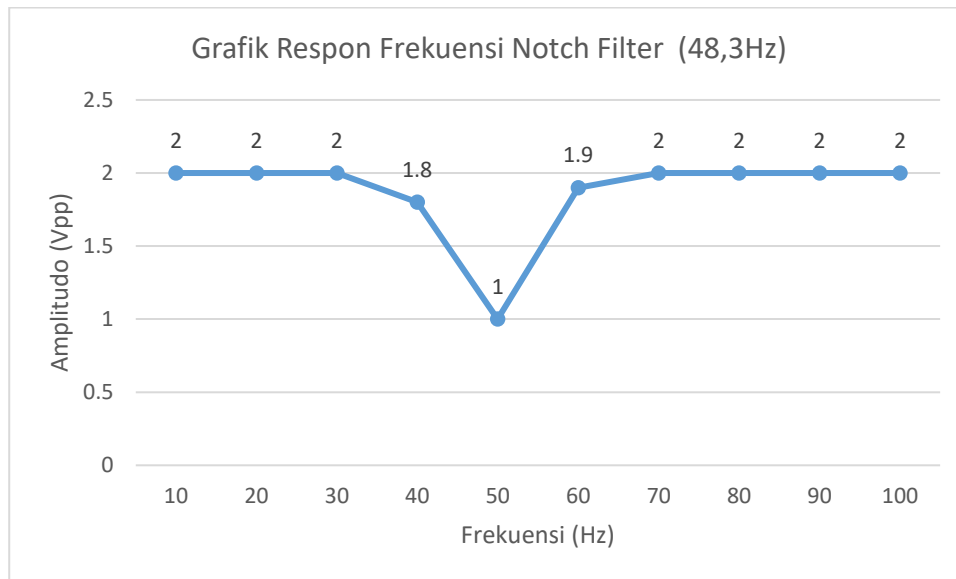
$$\begin{aligned}
 FN &= \frac{1}{4\pi RC} \\
 &= \frac{1}{4.3.14.165K.10nF} \\
 &= \frac{1}{2.3.14.165 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-9}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{0,0207} = 48,309 \text{ Hz}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *notch filter* dengan frekuensi *cut-off* sebesar 48,309 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.17 dan respon grafik pada Gambar 4.61.

Tabel 4.19 Hasil Pengukuran *Output Notch filter 48,309 Hz Lead AVL*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	2
40	1,8
50	1
60	1,9
70	2
80	2
90	2
100	2

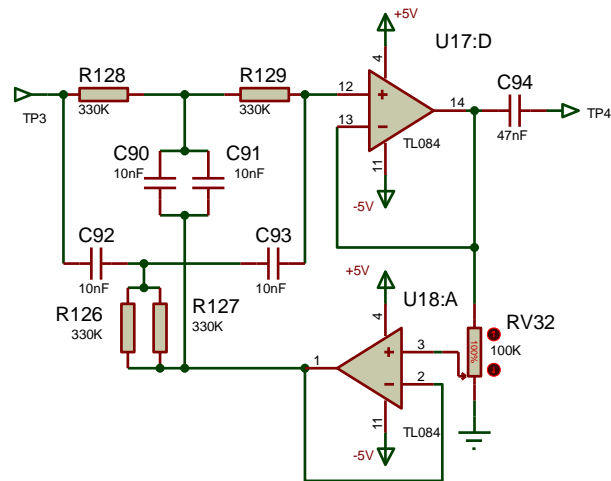


Gambar 4.61 Grafik Respon Frekuensi *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead AVL*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.17 serta hasil grafik responsi pada gambar 4.61 menunjukkan bahwa rangkaian *notch filter* berfungsi meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan yaitu kurang lebih pada frekuensi 50Hz (48,3Hz). Dengan *inputan* sebesar 2Vpp pada *function generator* tegangan diredam pada frekuensi 50Hz menjadi sebesar 1Vpp, sehingga rangkaian *notch filter* bekerja sesuai dengan teori, dimana tegangan akan diredam pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan.

4.6.6 Output Rangkaian *Notch Filter* 48,309Hz *Lead AVF*

Gambar 4.62 adalah gambar rangkaian *notch filter* pada *lead AVF* yang berfungsi untuk memfilter gangguan frekuensi AC yang terdapat pada jala-jala PLN dengan meloloskan frekuensi diatas sekaligus dibawah frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan.



Gambar 4.62 Rangkaian *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead AVF*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

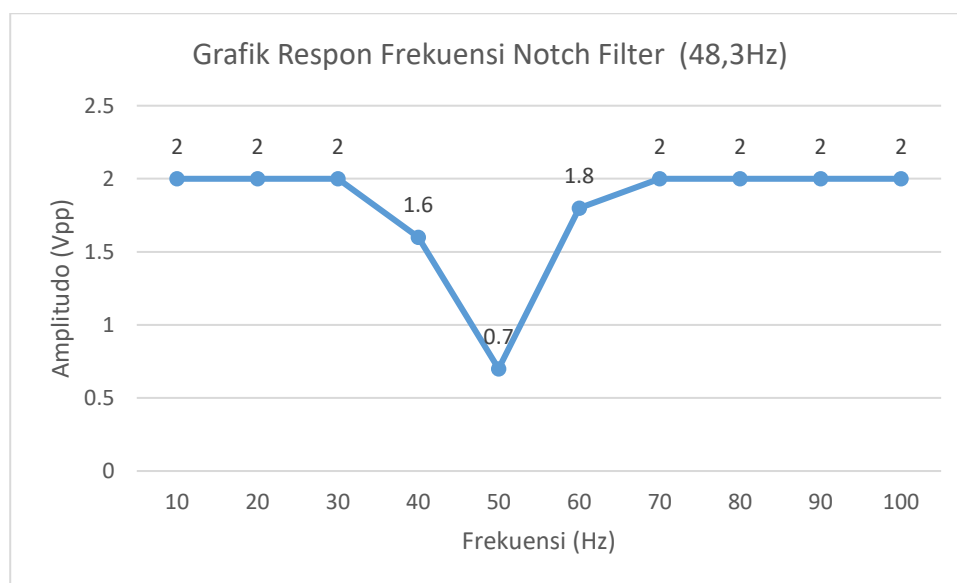
$$\begin{aligned}
 FN &= \frac{1}{4\pi RC} \\
 &= \frac{1}{4.3,14.165K.10nF} \\
 &= \frac{1}{2.3,14.165 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-9}} \\
 &= \frac{1}{0,0207} = 48,309 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *notch filter* dengan frekuensi *cut-off* sebesar 48,309 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.18 dan respon grafik pada Gambar 4.63.

Tabel 4.20 Hasil Pengukuran *Output Notch Filter* 48,309 Hz *Lead AVF*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	2
40	1,6
50	0,7

60	1,8
70	2
80	2
90	2
100	2



Gambar 4.63 Grafik Respon Frekuensi *Notch Filter* 48,309 Hz *Lead AVF*

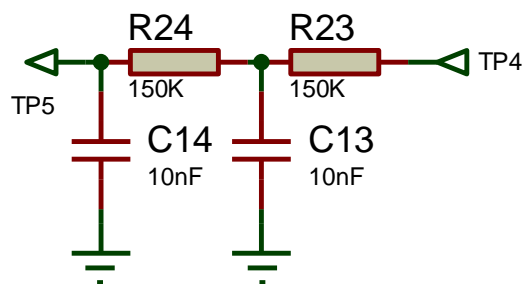
Berdasarkan hasil pada tabel 4.18 serta hasil grafik responsi pada gambar 4.63 menunjukkan bahwa rangkaian *notch filter* berfungsi meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan yaitu kurang lebih pada frekuensi 50Hz (48,3Hz). Dengan *inputan* sebesar 2Vpp pada *function generator* tegangan diredam pada frekuensi 50Hz menjadi sebesar 0.7Vpp, sehingga rangkaian *notch filter* bekerja sesuai dengan teori, dimana tegangan akan diredam pada frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan.

4.7 Hasil Pengukuran Rangkaian *Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157Hz

Pengukuran rangkaian LPF pasif bertujuan untuk mengetahui kesesuaian respon frekuensi terhadap *cut-off* yang telah ditetapkan yaitu 106,157Hz. Pengukuran dilakukan dengan cara memberi *inputan* pada rangkaian menggunakan *function generator* yang dapat diatur frekuensinya, sedangkan hasil pengukuran dapat diketahui melalui *oscilloscope*.

4.7.1 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157Hz Lead I

Gambar 4.64 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead I* yang berfungsi untuk memfilter *noise* lanjutan pada frekuensi diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan agar sinyal yang telah diolah pada *filter* sebelumnya menjadi lebih stabil.



Gambar 4.64 Rangkaian LPF Pasif -40dB 106,157Hz *Lead I*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R23.R24.C13.C14}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3 . 150 \times 10^3 . 10 \times 10^{-9} . 10 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

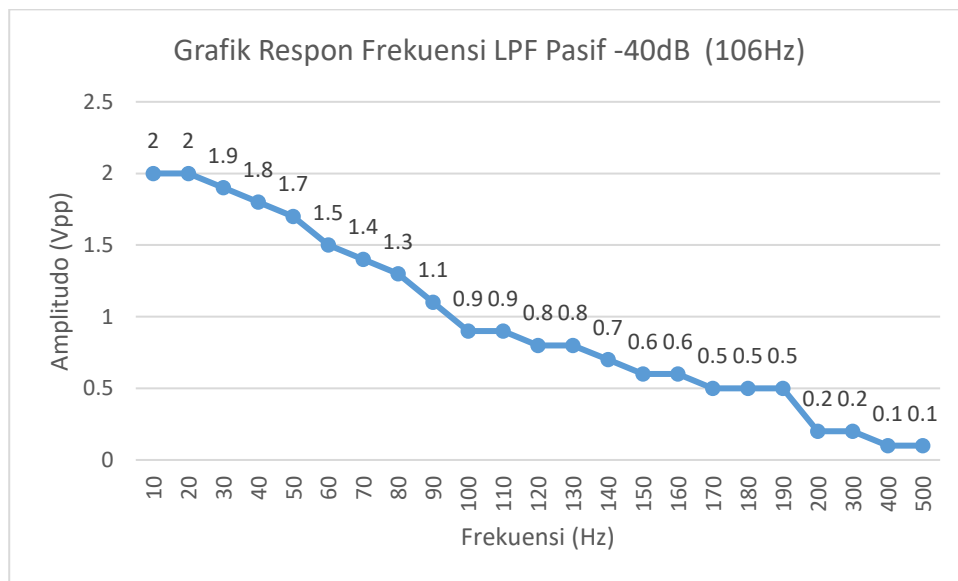
Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* pasif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.19 dan respon grafik pada gambar 4.65.

Tabel 4.21 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157 Hz

Lead I

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,9
40	1,8
50	1,7
60	1,5
70	1,4
80	1,3
90	1,1
100	0,9
110	0,9
120	0,8
130	0,8
140	0,7
150	0,6
160	0,6
170	0,5
180	0,5
190	0,5
200	0,4

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
300	0,2
400	0,1
500	0,1

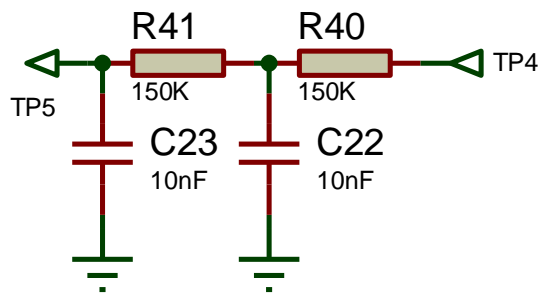


Gambar 4.65 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40dB 106,157 Hz Lead I

Berdasarkan hasil pada tabel 4.19 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.65 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (diatas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.7.2 Output Rangkaian Low Pass Filter Pasif -40dB 106,157Hz Lead II

Gambar 4.66 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead II* yang berfungsi untuk memfilter *noise* lanjutan pada frekuensi diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan agar sinyal yang telah diolah pada *filter* sebelumnya menjadi lebih stabil.



Gambar 4.66 Rangkaian LPF Pasif -40dB 106,157Hz Lead II

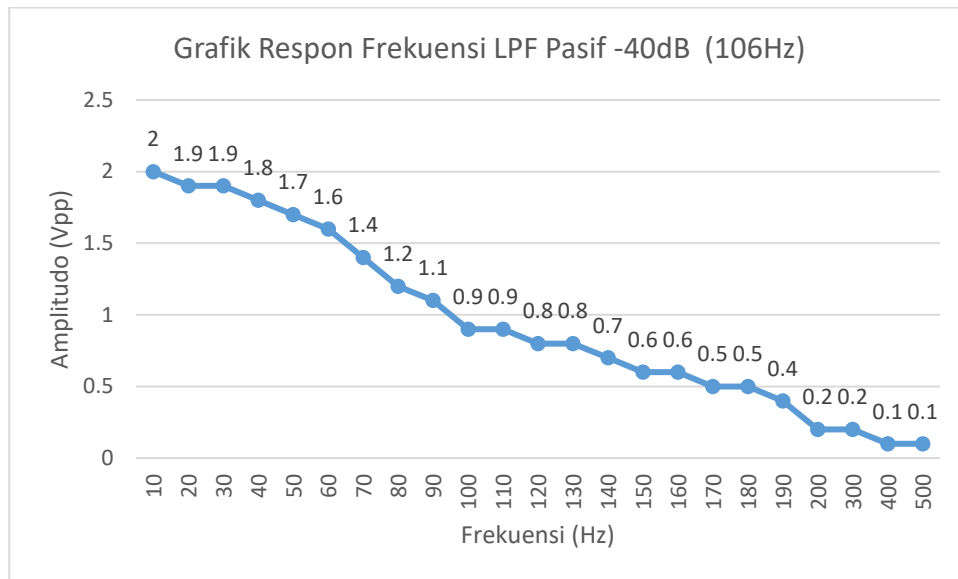
Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R_{41}.R_{40}.C_{22}.C_{23}}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3.150 \times 10^3.10 \times 10^{-9}.10 \times 10^{-9}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* pasif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.20 dan respon grafik pada gambar 4.67.

Tabel 4.22 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157 Hz*Lead II*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	1,9
30	1,9
40	1,8
50	1,7
60	1,6
70	1,4
80	1,2
90	1,1
100	0,9
110	0,9
120	0,8
130	0,8
140	0,7
150	0,6
160	0,6
170	0,5
180	0,5
190	0,4
200	0,3
300	0,2
400	0,1
500	0,1

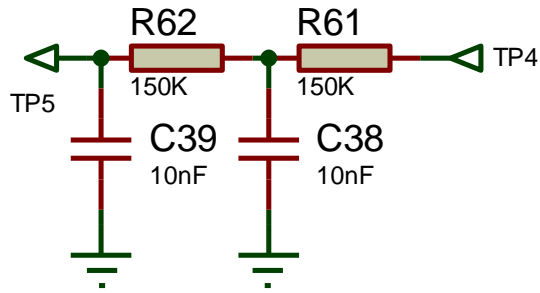


Gambar 4.67 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40dB 106,157 Hz *Lead II*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.20 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.67 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.7.3 Output Rangkaian Low Pass Filter Pasif -40dB 106,157Hz *Lead III*

Gambar 4.68 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead III* yang berfungsi untuk memfilter *noise* lanjutan pada frekuensi diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan agar sinyal yang telah diolah pada *filter* sebelumnya menjadi lebih stabil.



Gambar 4.68 Rangkaian LPF Pasif -40dB 106,157Hz *Lead III*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R61.R62.C38.C39}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150x10^3.150x10^3.10x10^{-9}.10x10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

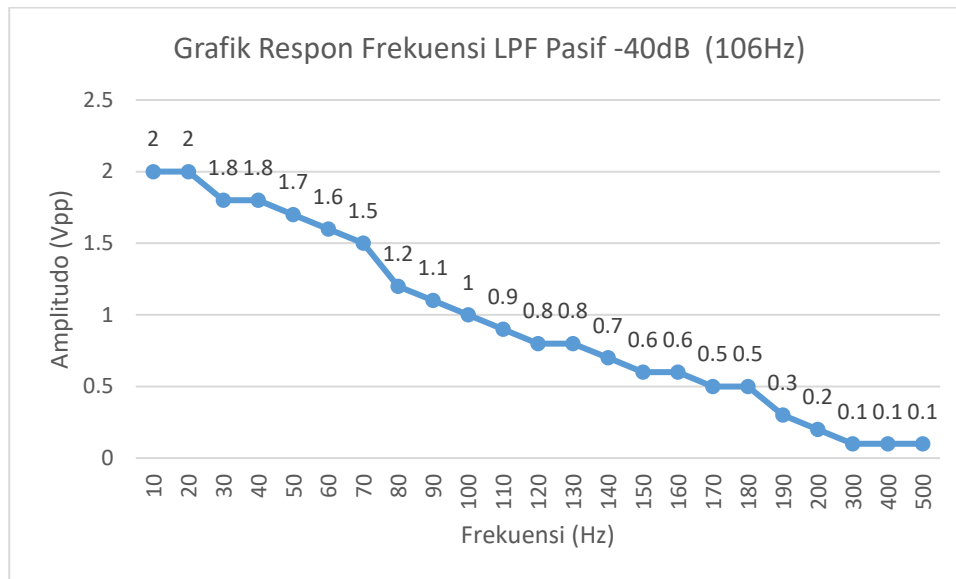
Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* pasif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.21 dan respon grafik pada gambar 4.69.

Tabel 4.23 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157 Hz

Lead III

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,8
40	1,8
50	1,7

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
60	1,6
70	1,5
80	1,2
90	1,1
100	1
110	0,9
120	0,8
130	0,8
140	0,7
150	0,6
160	0,6
170	0,5
180	0,5
190	0,3
200	0,2
300	0,1
400	0,1
500	0,1

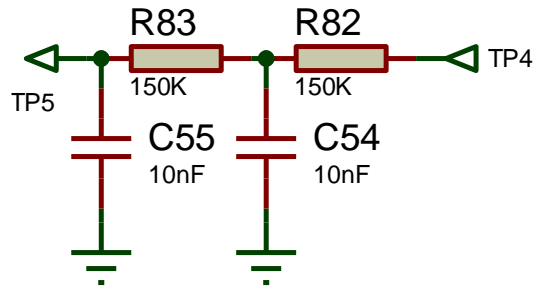


Gambar 4.69 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40dB 106,157 Hz *Lead III*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.21 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.69 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.7.4 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157Hz *Lead AVR*

Gambar 4.70 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead AVR* yang berfungsi untuk memfilter *noise* lanjutan pada frekuensi diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan agar sinyal yang telah diolah pada *filter* sebelumnya menjadi lebih stabil.



Gambar 4.70 Rangkaian LPF Pasif -40dB 106,157Hz *Lead* AVR

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R82.R83.C54.C55}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3.150 \times 10^3.10 \times 10^{-9}.10 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

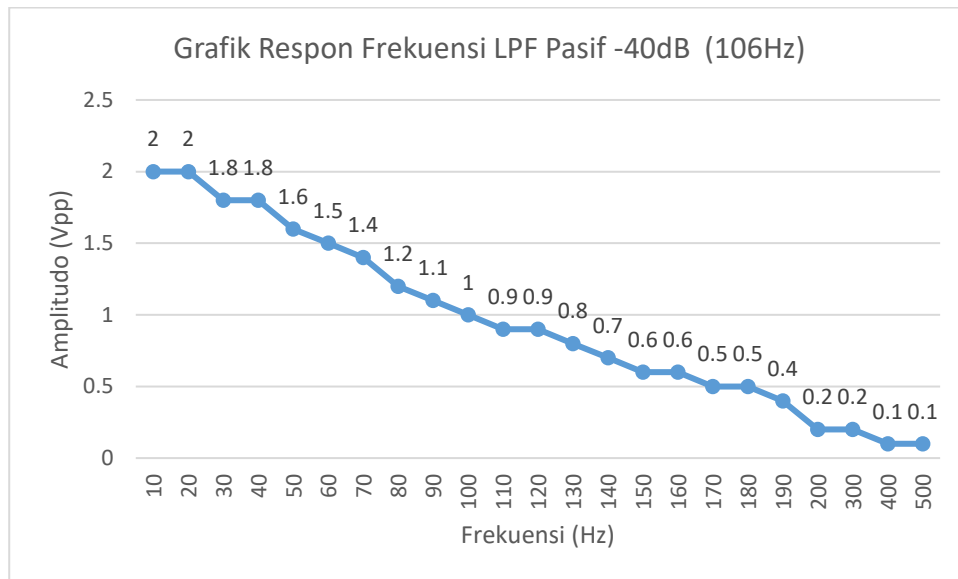
Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* pasif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.22 dan respon grafik pada gambar 4.71.

Tabel 4.24 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157 Hz

Lead AVR

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,8
40	1,8
50	1,6

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
60	1,5
70	1,4
80	1,2
90	1,1
100	1
110	0,9
120	0,9
130	0,8
140	0,7
150	0,6
160	0,6
170	0,5
180	0,5
190	0,4
200	0,2
300	0,2
400	0,1
500	0,1

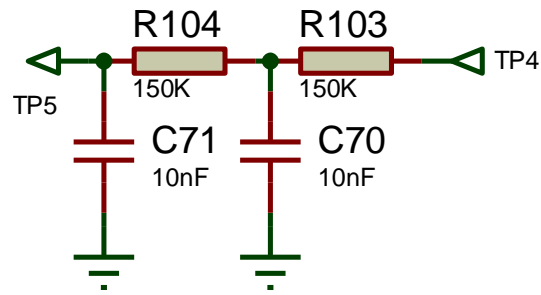


Gambar 4.71 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40dB 106,157 Hz *Lead* AVR

Berdasarkan hasil pada tabel 4.22 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.71 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.7.5 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157Hz *Lead* AVL

Gambar 4.72 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead* AVL yang berfungsi untuk memfilter *noise* lanjutan pada frekuensi diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan agar sinyal yang telah diolah pada *filter* sebelumnya menjadi lebih stabil.



Gambar 4.72 Rangkaian LPF Pasif -40dB 106,157Hz *Lead* AVL

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R103.R104.C70.C71}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150K.150K.10nF.10nF}} \\
 &= \frac{1}{2.3,14\sqrt{150 \times 10^3.150 \times 10^3.10 \times 10^{-9}.10 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1}{0.00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

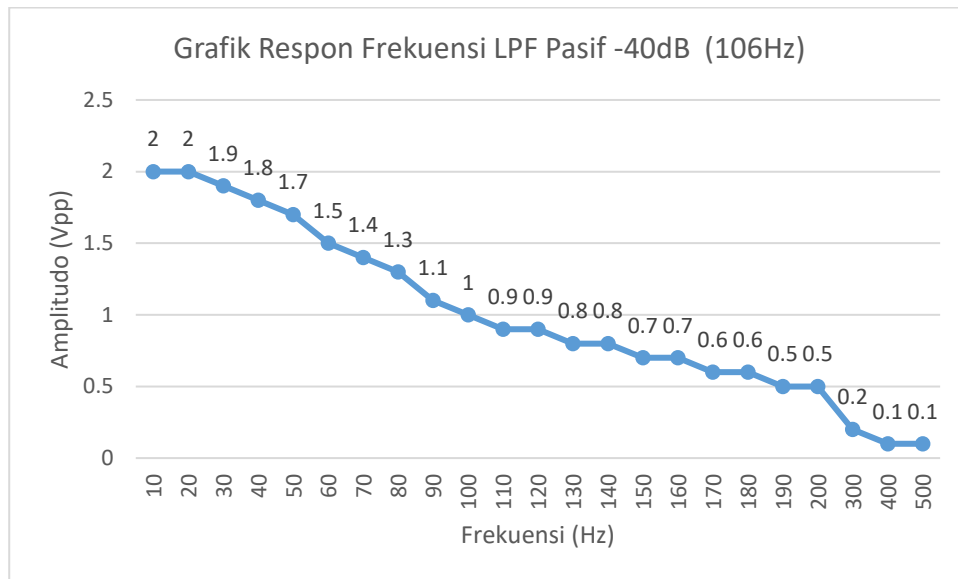
Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* pasif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.23 dan respon grafik pada gambar 4.73.

Tabel 4.25 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157 Hz

Lead AVL

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,9
40	1,8
50	1,7

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
60	1,5
70	1,4
80	1,3
90	1,1
100	1
110	0,9
120	0,9
130	0,8
140	0,8
150	0,7
160	0,7
170	0,6
180	0,6
190	0,5
200	0,5
300	0,2
400	0,1
500	0,1

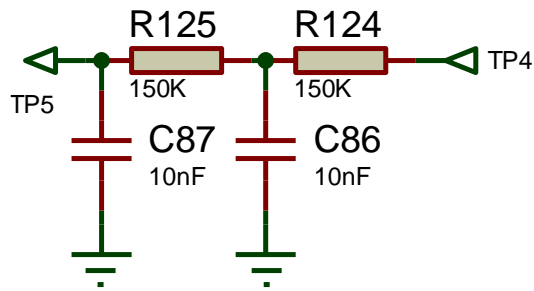


Gambar 4.73 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40dB 106,157 Hz *Lead AVL*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.23 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.73 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (didas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.7.6 Output Rangkaian *Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157Hz *Lead AVF*

Gambar 4.74 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead AVF* yang berfungsi untuk memfilter *noise* lanjutan pada frekuensi diatas frekuensi *cut-off* yang telah ditetapkan agar sinyal yang telah diolah pada *filter* sebelumnya menjadi lebih stabil.



Gambar 4.74 Rangkaian LPF Pasif -40dB 106,157Hz *Lead* AVF

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi\sqrt{R_{124} \cdot R_{125} \cdot C_{86} \cdot C_{87}}} \\
 &= \frac{1}{2,3,14\sqrt{150K \cdot 150K \cdot 10nF \cdot 10nF}} \\
 &= \frac{1}{2,3,14\sqrt{150 \times 10^3 \cdot 150 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-9} \cdot 10 \times 10^{-9}}} \\
 &= \frac{1}{0,00942} = 106,157 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

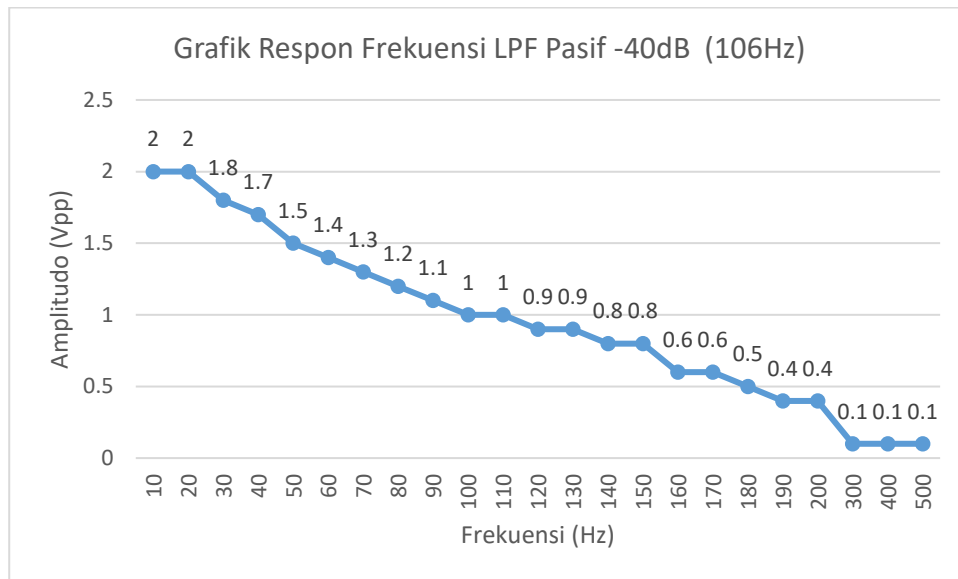
Hasil pengukuran pada rangkaian *low pass filter* pasif -40dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 106,157 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.24 dan respon grafik pada gambar 4.75.

Tabel 4.26 Hasil Pengukuran *Output Low Pass Filter* Pasif -40dB 106,157 Hz

Lead AVF

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
10	2
20	2
30	1,8
40	1,7
50	1,5

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
60	1,4
70	1,3
80	1,2
90	1,1
100	1
110	1
120	0,9
130	0,9
140	0,8
150	0,8
160	0,6
170	0,6
180	0,5
190	0,4
200	0,4
300	0,1
400	0,1
500	0,1



Gambar 4.75 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40dB 106,157 Hz *Lead AVF*

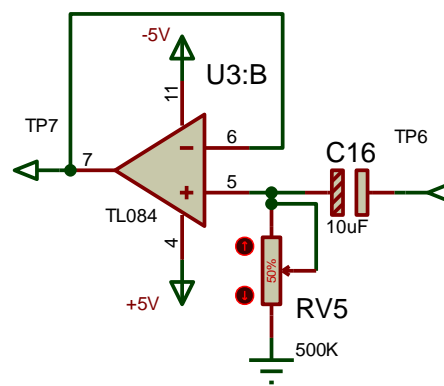
Berdasarkan hasil pada tabel 4.24 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.75 menunjukkan bahwa rangkaian LPF memiliki peranan untuk meredam tegangan pada frekuensi *cut-off* tertentu. Hasil menunjukkan peredaman tegangan secara perlahan namun belum sesuai dengan frekuensi *cut-off* yang telah ditentukan, dimana seharusnya peredaman tegangan terjadi ketika tegangan diatas frekuensi *cut-off* (diatas 100Hz), hal ini disebabkan karena nilai toleransi dari komponen.

4.8 Hasil Pengukuran Rangkaian *High Pass Filter* Aktif -20dB 0,31Hz

Pengukuran rangkaian HPF aktif bertujuan untuk mengetahui kesesuaian respon frekuensi terhadap *cut-off* yang telah ditetapkan yaitu 0,031Hz. Pengukuran dilakukan dengan cara memberi *inputan* pada rangkaian menggunakan *function generator* yang dapat diatur frekuensinya, sedangkan hasil pengukuran dapat diketahui melalui *oscilloscope*.

4.8.1 Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz Lead I

Gambar 4.76 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead I* yang diikuti dengan rangkaian buffer sehingga menjadi rangkaian *filter* aktif tanpa penguatan, rangkaian ini berfungsi sebagai *filter* lanjutan untuk mengurangi noise sinyal tubuh sekaligus untuk menyangga sinyal yang telah diolah oleh rangkaian – rangkaian *filter* sebelumnya.



Gambar 4.76 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz Lead I

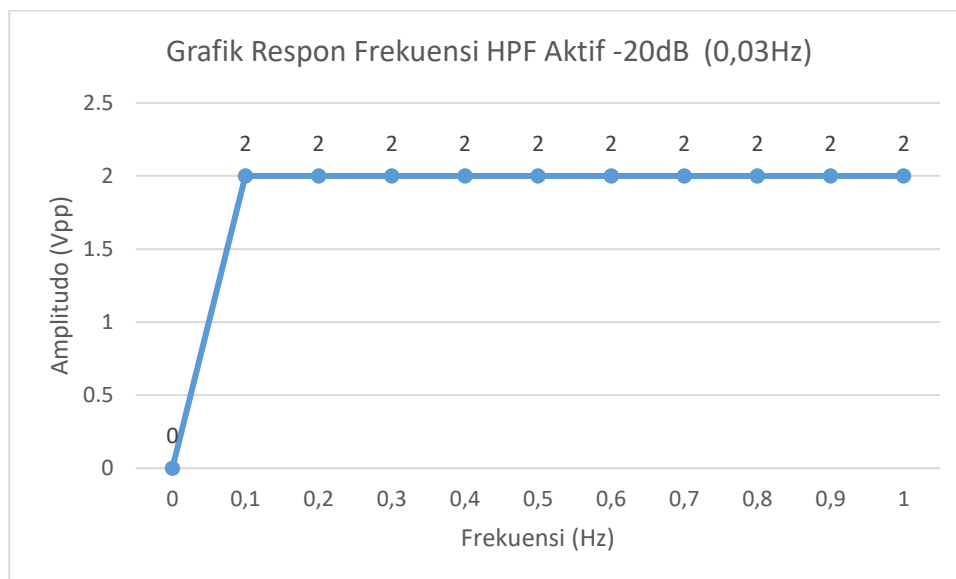
Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV5 \cdot C16} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31,4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.25 dan respon grafik pada gambar 4.77.

Tabel 4.27 Hasil Pengukuran *Output* HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead* I

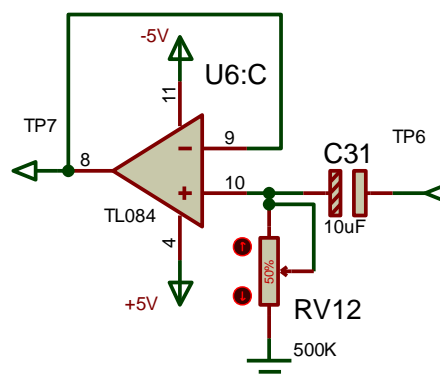
F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

Gambar 4.77 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz aktif *Lead* I

Berdasarkan hasil pada tabel 4.25 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.77, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.8.2 Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz Lead II

Gambar 4.78 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead II* yang diikuti dengan rangkaian buffer sehingga menjadi rangkaian *filter* aktif tanpa penguatan, rangkaian ini berfungsi sebagai *filter* lanjutan untuk mengurangi noise sinyal tubuh sekaligus untuk menyangga sinyal yang telah diolah oleh rangkaian – rangkaian *filter* sebelumnya.



Gambar 4.78 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead II*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$F_c = \frac{1}{2\pi \cdot RV5 \cdot C16}$$

$$= \frac{1}{2.3,14.500K.10\mu F}$$

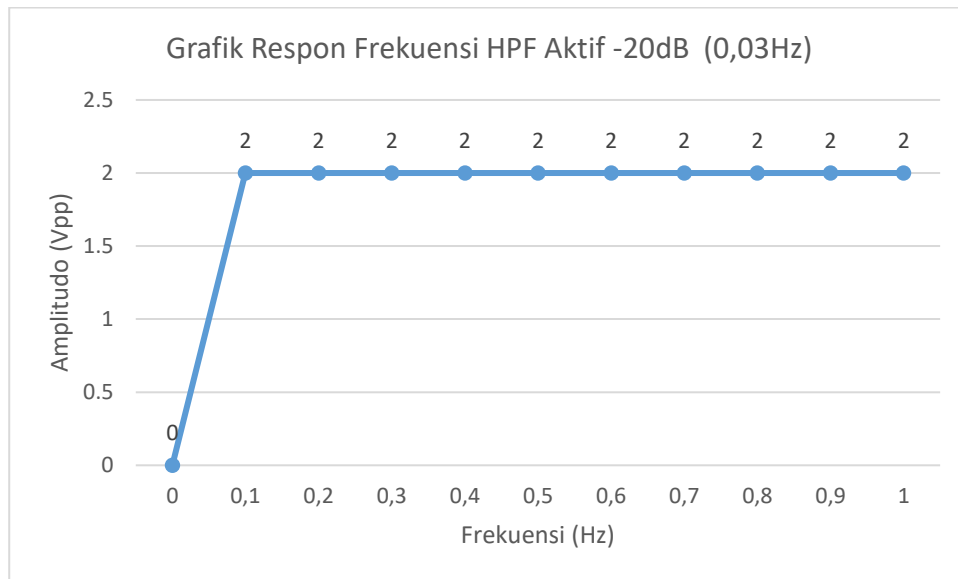
$$= \frac{1}{2.3,14.500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{1}{31.4} = 0,031 \text{ Hz}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.26 dan respon grafik pada Gambar 4.79.

Tabel 4.28 Hasil Pengukuran *Output* HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead* II

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

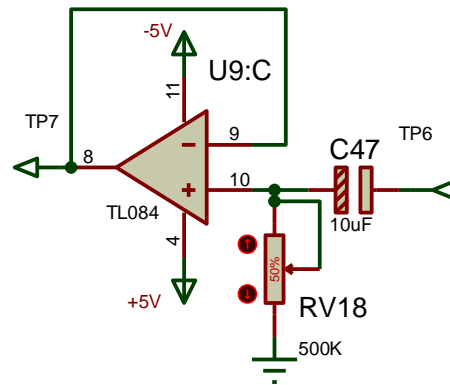


Gambar 4.79 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *lead II*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.26 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.79, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.8.3 Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz Lead III

Gambar 4.80 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead III* yang diikuti dengan rangkaian buffer sehingga menjadi rangkaian *filter* aktif tanpa penguatan, rangkaian ini berfungsi sebagai *filter* lanjutan untuk mengurangi noise sinyal tubuh sekaligus untuk menyangga sinyal yang telah diolah oleh rangkaian – rangkaian *filter* sebelumnya.



Gambar 4.80 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead III*

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

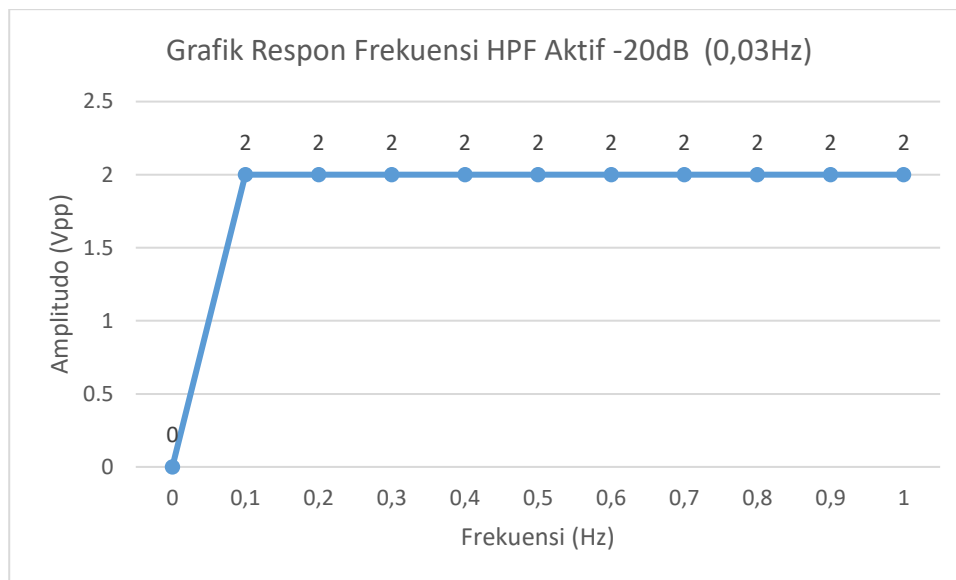
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV5 \cdot C16} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31,4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.27 dan respon grafik pada Gambar 4.81.

Tabel 4.29 Hasil Pengukuran *Output* HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead III*

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

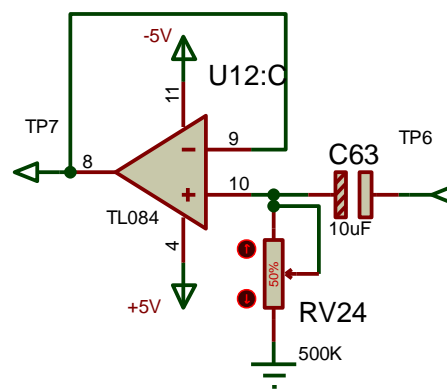


Gambar 4.81 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz Aktif *lead* III

Berdasarkan hasil pada tabel 4.27 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.81, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.8.4 Output Rangkaian High Pass Filter Aktif Lead -20dB 0,31Hz AVR

Gambar 4.82 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead* AVR yang diikuti dengan rangkaian buffer sehingga menjadi rangkaian *filter* aktif tanpa penguatan, rangkaian ini berfungsi sebagai *filter* lanjutan untuk mengurangi noise sinyal tubuh sekaligus untuk menyangga sinyal yang telah diolah oleh rangkaian – rangkaian *filter* sebelumnya.



Gambar 4.82 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead* AVR

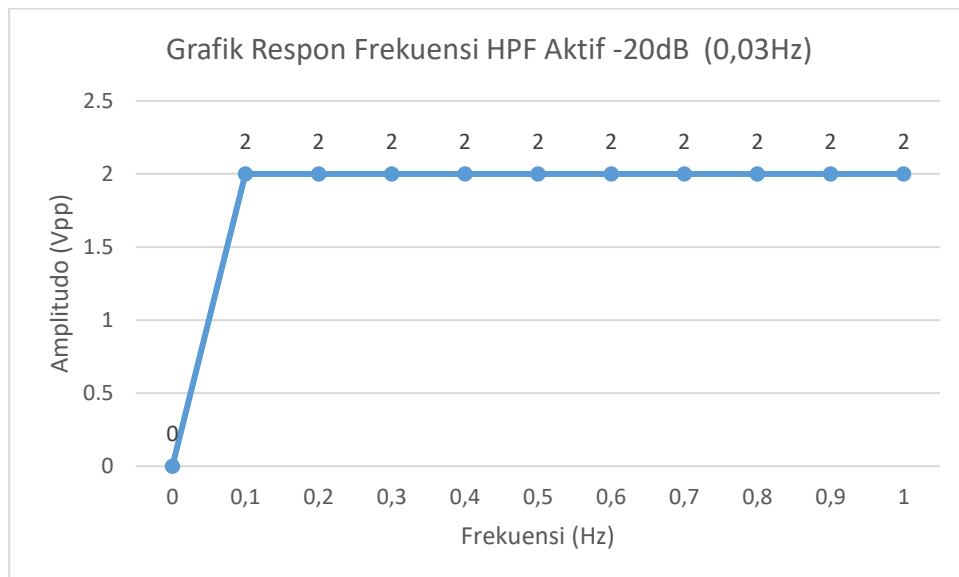
Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV5 \cdot C16} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31,4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.28 dan respon grafik pada gambar 4.83.

Tabel 4.30 Hasil Pengukuran *Output* HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead* AVR

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

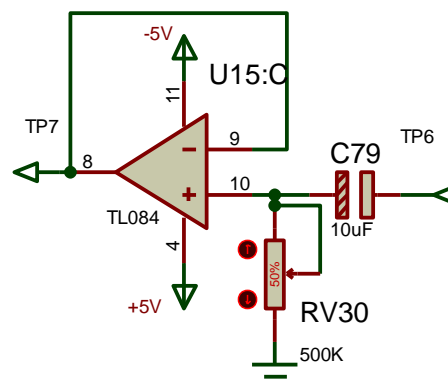
Gambar 4.83 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz aktif *Lead*

AVR

Berdasarkan hasil pada tabel 4.28 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.83, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.8.5 Output Rangkaian High Pass Filter Aktif Lead -20dB 0,31Hz AVL

Gambar 4.84 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead AVL* yang diikuti dengan rangkaian buffer sehingga menjadi rangkaian *filter* aktif tanpa penguatan, rangkaian ini berfungsi sebagai *filter* lanjutan untuk mengurangi noise sinyal tubuh sekaligus untuk menyangga sinyal yang telah diolah oleh rangkaian – rangkaian *filter* sebelumnya.



Gambar 4.84 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz Lead AVL

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

$$F_c = \frac{1}{2\pi \cdot RV5 \cdot C16}$$

$$= \frac{1}{2.3,14.500K.10\mu F}$$

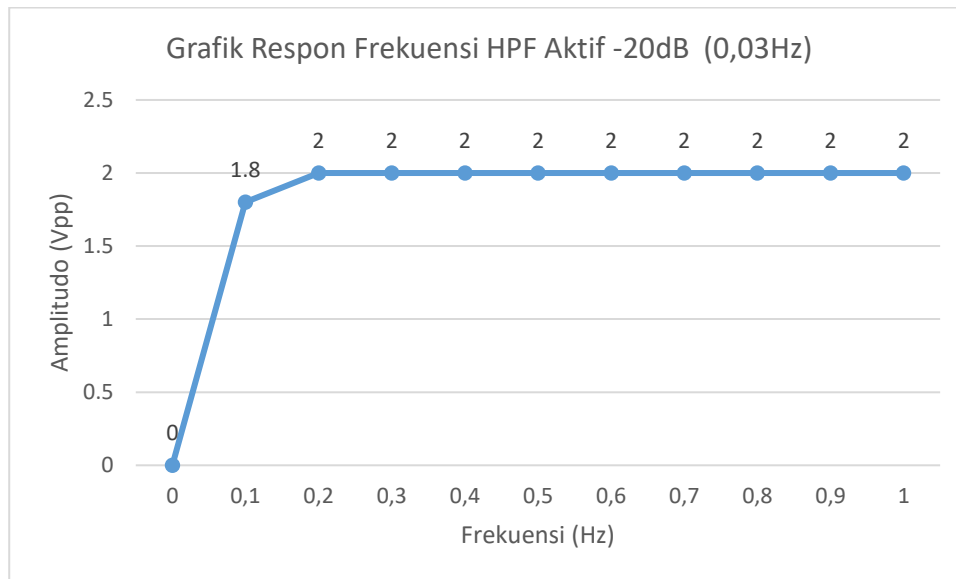
$$= \frac{1}{2.3,14.500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{1}{31.4} = 0,031 \text{ Hz}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.29 dan respon grafik pada Gambar 4.85.

Tabel 4.31 Hasil Pengukuran *Output* HPF aktif -20dB 0,031Hz *Lead* AVL

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	1,8
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2

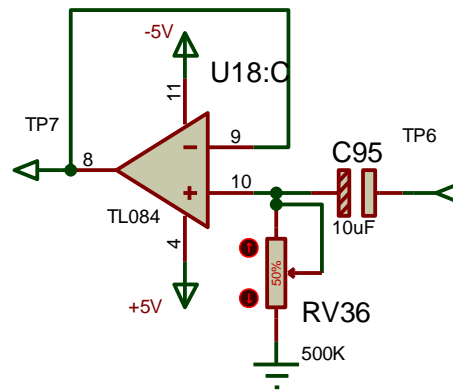


Gambar 4.85 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz aktif *Lead AVL*

Berdasarkan hasil pada tabel 4.29 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.85, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *output*nya akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.8.6 Output Rangkaian *High Pass Filter Aktif Lead -20dB 0,31Hz AVF*

Gambar 4.86 adalah gambar rangkaian *low pass filter* pasif pada *lead AVF* yang diikuti dengan rangkaian buffer sehingga menjadi rangkaian *filter* aktif tanpa penguatan, rangkaian ini berfungsi sebagai *filter* lanjutan untuk mengurangi noise sinyal tubuh sekaligus untuk menyangga sinyal yang telah diolah oleh rangkaian – rangkaian *filter* sebelumnya.



Gambar 4.86 Rangkaian HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead* AVF

Frekuensi *cut-off* menurut perhitungan :

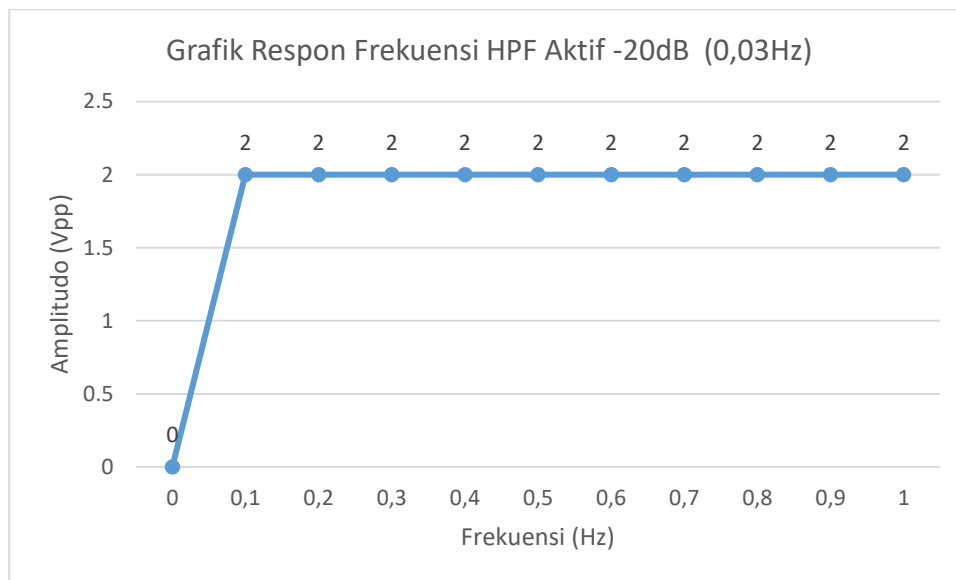
$$\begin{aligned}
 F_c &= \frac{1}{2\pi \cdot RV5 \cdot C16} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500K \cdot 10\mu F} \\
 &= \frac{1}{2,3,14 \cdot 500 \times 10^3 \cdot 10 \times 10^{-6}} \\
 &= \frac{1}{31,4} = 0,031 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran pada rangkaian *filter* aktif -20dB dengan frekuensi *cut-off* sebesar 0,031 Hz ditunjukkan pada Tabel 4.30 dan respon grafik pada gambar 4.87.

Tabel 4.32 Hasil Pengukuran *Output* HPF Aktif -20dB 0,031Hz *Lead* AVF

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0	0
0,1	2
0,2	2
0,3	2
0,4	2
0,5	2

F in (Hz) / 2Vpp	V out (Vpp)
0,6	2
0,7	2
0,8	2
0,9	2
1	2



Gambar 4.87 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20dB 0,031Hz aktif *Lead AVF*

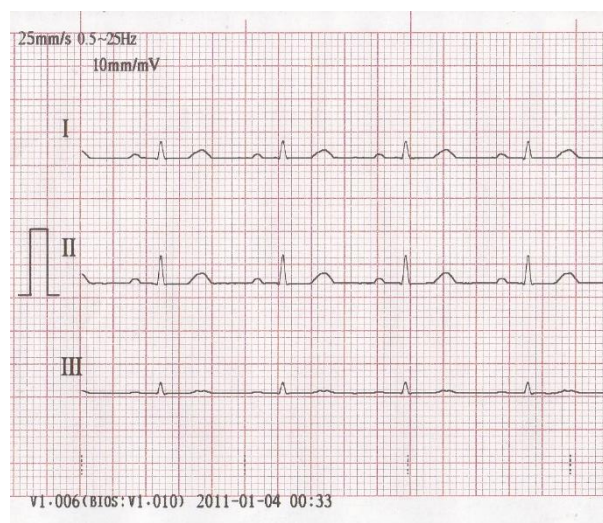
Berdasarkan hasil pada tabel 4.30 serta grafik respon frekuensi pada gambar 4.87, menunjukkan bahwa rangkaian HPF aktif berfungsi sesuai dengan teori, dimana frekuensi *input* dibawah frekuensi *cut-off* (0,03Hz) tegangan *outputnya* akan diredam, sedangkan ketika frekuensi diatas frekuensi *cut-off* maka keluaran tegangan akan diloloskan. Pengukuran dilakukan menggunakan *function generator* dan *oscilloscope*, karena fitur pada *function generator* tidak mencakupi frekuensi dua angka dibelakang koma, maka pengukuran dimulai dengan frekuensi 0,1Hz 2Vpp.

4.9 Hasil Pengukuran Sinyal ECG Terhadap *Phantom* ECG

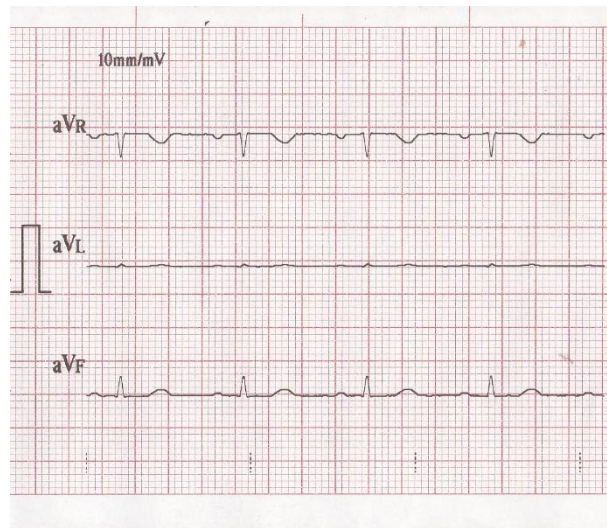
Pengukuran dilakukan dengan cara melakukan perbandingan sinyal amplitudo puncak (gelombang R) pada hasil sinyal ECG standar dengan hasil sinyal pada ECG rancangan. Perbandingan sinyal yang dilakukan bertujuan untuk memudahkan proses pembacaan sinyal berorde millivolt pada *phantom*, agar dapat terbaca oleh hasil grafik yang ditampilkan LCD TFT pada ECG rancangan.

4.9.1 Hasil Pengukuran Amplitudo Sinyal ECG Standar Pada Kertas EKG

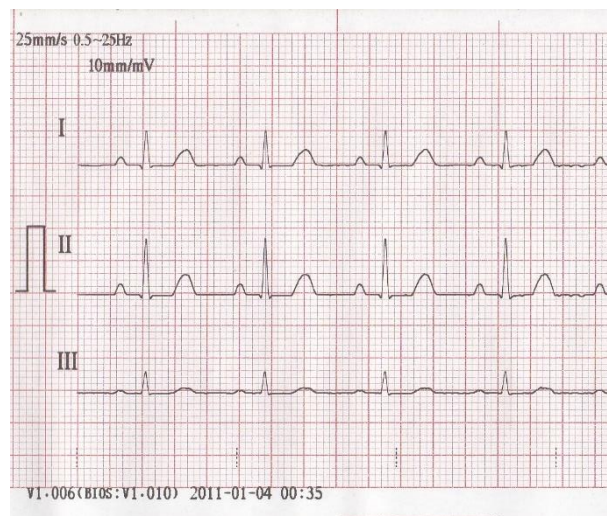
Berikut ini merupakan hasil proses pengukuran amplitudo sinyal yang didapat dari kertas *print out* ECG dengan sensitivitas 0,5mv, 1mv dan 2mv.



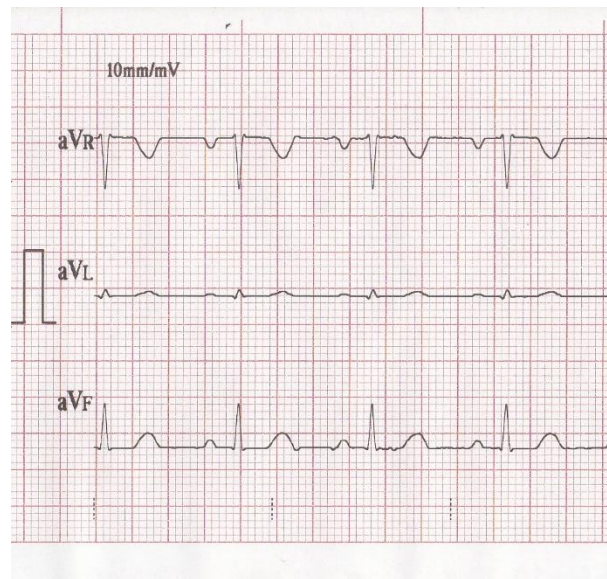
Gambar 4.88 *Print Out Lead I, Lead II, Lead III* Dengan Sensitivitas 0,5mv



Gambar 4.89 Print Out Lead AVR, Lead AVL, Lead AVF Dengan Sensitivitas
0,5mv

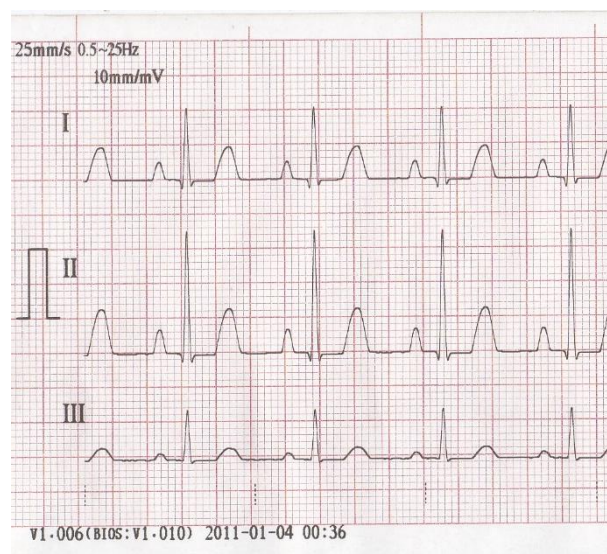


Gambar 4.90 Print Out Lead I, Lead II, Lead III Dengan Sensitivitas 1mv

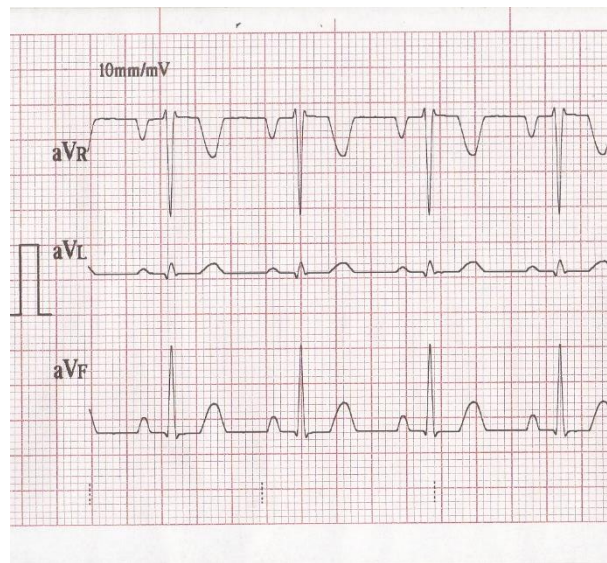


Gambar 4.91 *Print Out Lead AVR, Lead AVL, Lead AVF Dengan Sensitivitas*

1mv



Gambar 4.92 *Print Out Lead I, Lead II, Lead III Dengan Sensitivitas 2mv*



Gambar 4.93 *Print Out Lead AVR, Lead AVL, Lead AVF Dengan Sensitivitas 2mv*

Pengukuran amplitudo tinggi gelombang atau pulsa R pada hasil *print out* kertas ECG dilakukan menggunakan jangka sorong, dengan sensitivitas kertas 10mm/mv dan kecepatan 25mm/s. Berikut ini merupakan tabel hasil pengukuran tinggi amplitudo pulsa R.

Tabel 4.33 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Standar Dengan Sensitivitas 0,5mv

No	Lead	Tinggi Pulsa (mv)										Mean (mv)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	I	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,30	0,31	0,30
2.	II	0,47	0,48	0,48	0,47	0,49	0,48	0,47	0,48	0,48	0,47	0,48
3.	III	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
4.	AVR	0,36	0,38	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39	0,39	0,38	0,38
5.	AVL	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07
6.	AVF	0,32	0,33	0,34	0,34	0,33	0,34	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34

Tabel 4.34 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Standar Dengan Sensitivitas 1mv

No	Lead	Tinggi Pulsa (mv)										Mean (mv)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	I	0,61	0,63	0,61	0,61	0,61	0,62	0,61	0,61	0,62	0,61	0,61
2.	II	0,96	0,94	0,95	0,96	0,94	0,94	0,95	0,96	0,95	0,96	0,95
3.	III	0,39	0,39	0,39	0,39	0,40	0,39	0,40	0,39	0,39	0,40	0,39
4.	AVR	0,77	0,76	0,78	0,77	0,78	0,77	0,77	0,78	0,77	0,78	0,77
5.	AVL	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14
6.	AVF	0,66	0,68	0,68	0,67	0,66	0,67	0,67	0,66	0,67	0,67	0,67

Tabel 4.35 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Standar Dengan Sensitivitas 2mv

No	Lead	Tinggi Pulsa (mv)										Mean (mv)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	I	1,20	1,20	1,22	1,20	1,23	1,22	1,21	1,21	1,22	1,20	1,21
2.	II	1,92	1,92	1,93	1,92	1,94	1,93	1,92	1,92	1,93	1,92	1,93
3.	III	0,79	0,78	0,78	0,77	0,79	0,77	0,78	0,78	0,79	0,78	0,78
4.	AVR	1,54	1,55	1,55	1,56	1,54	1,54	1,54	1,54	1,55	1,56	1,55
5.	AVL	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,28	0,27	0,28	0,28
6.	AVF	1,36	1,34	1,33	1,34	1,34	1,33	1,33	1,34	1,33	1,34	1,34

Setelah melakukan pengukuran kertas hasil print out ECG standar, selanjutnya melakukan perhitungan nilai rata-rata amplitudo pada setiap *lead* dengan pengaturan sensitivitas yang berbeda. Pengaturan sensitivitas yang berbeda dimaksudkan untuk menghindari fluktuasi tegangan yang mungkin terjadi. Nilai rata-rata tersebut yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan perbandingan nilai untuk amplitudo sinyal pada ECG rancangan. Nilai rata-rata tinggi amplitudo sinyal

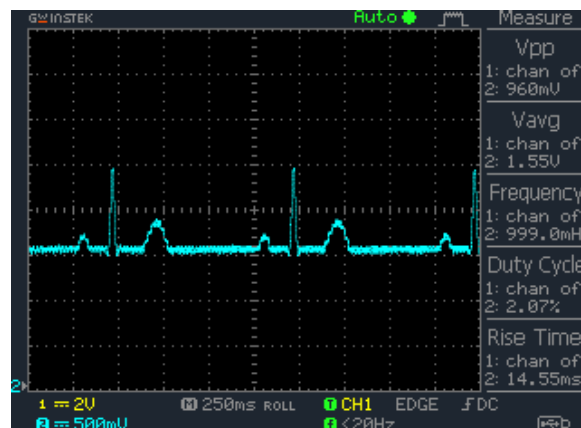
R yang masih berorde millivolt pada hasil kertas ECG akan dibandingkan dengan hasil rata-rata tinggi amplitudo sinyal R pada ECG rancangan yang berorde volt.

4.9.2 Hasil Pengukuran Amplitudo Sinyal ECG Rancangan Pada *Oscilloscope*

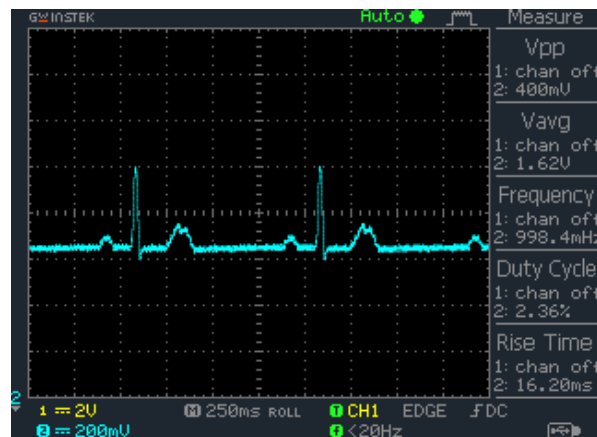
Berikut ini merupakan hasil pengukuran amplitudo sinyal pada ECG rancangan dengan sensitivitas 0,5mv, 1mv dan 2mv yang tertampil pada *Oscilloscope*. Pengukuran dilakukan dengan melakukan perbandingan dari millivolt ke volt sebesar 1:2000 antara hasil rata-rata amplitudo kertas *print out* ECG dengan hasil sinyal ECG rancangan pada tampilan *Oscilloscope*.



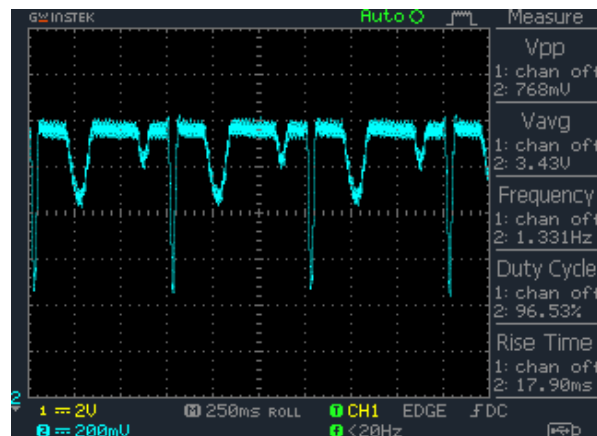
Gambar 4.94 *Lead I* Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



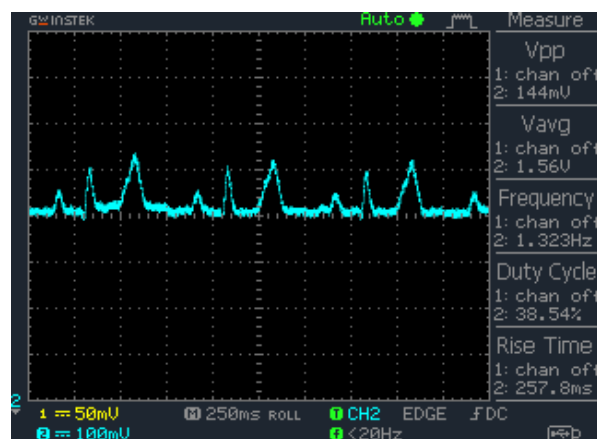
Gambar 4.95 *Lead II* Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



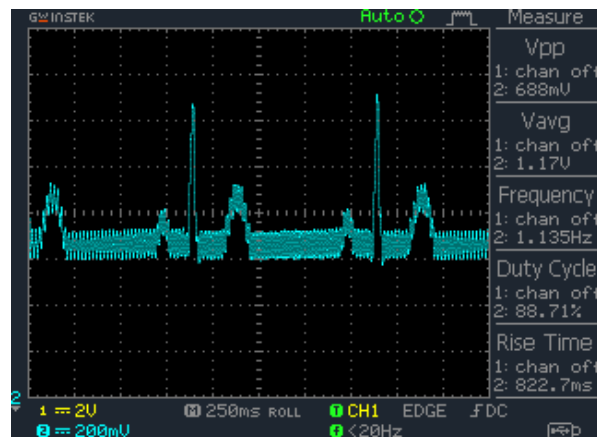
Gambar 4.96 *Lead III* Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



Gambar 4.97 *Lead AVR* Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



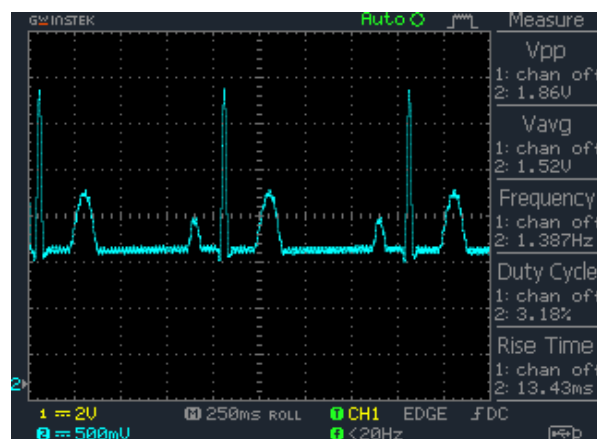
Gambar 4.98 *Lead AVL* Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



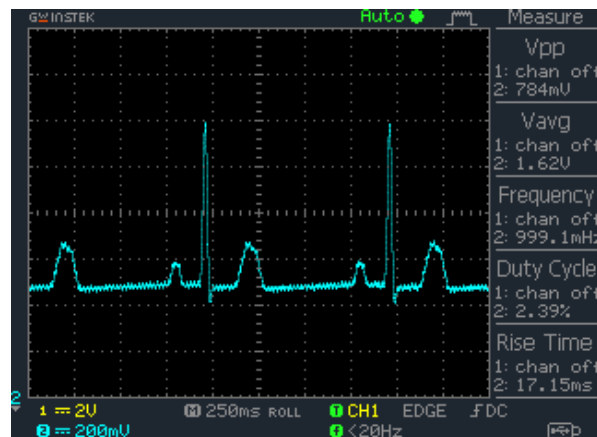
Gambar 4.99 *Lead AVF* Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



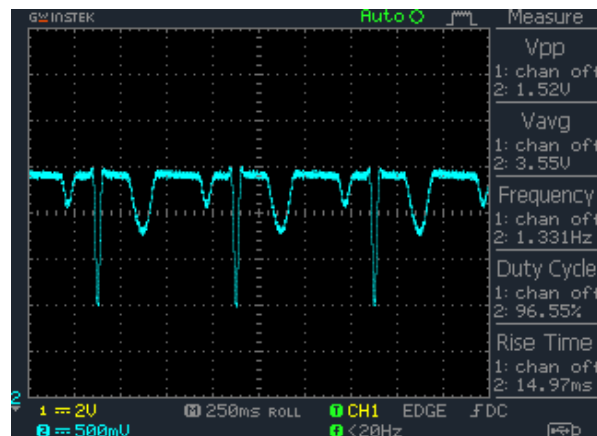
Gambar 4.100 *Lead I* Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



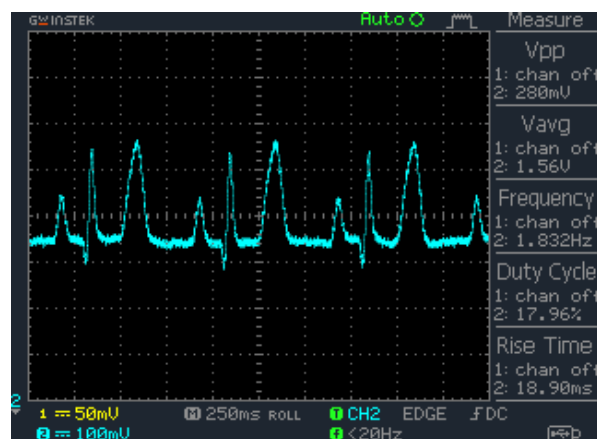
Gambar 4.101 *Lead II* Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



Gambar 4.102 *Lead III* Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



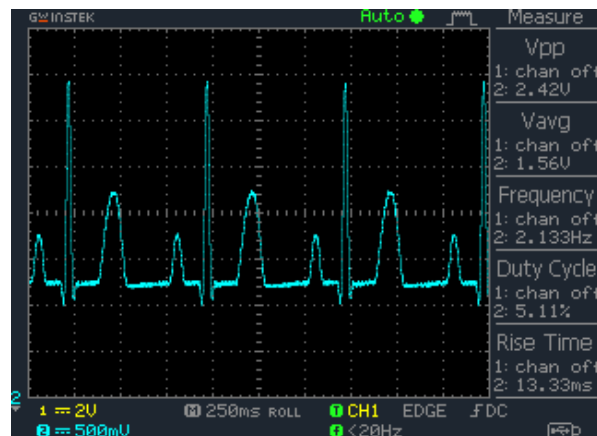
Gambar 4.103 *Lead AVR* Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



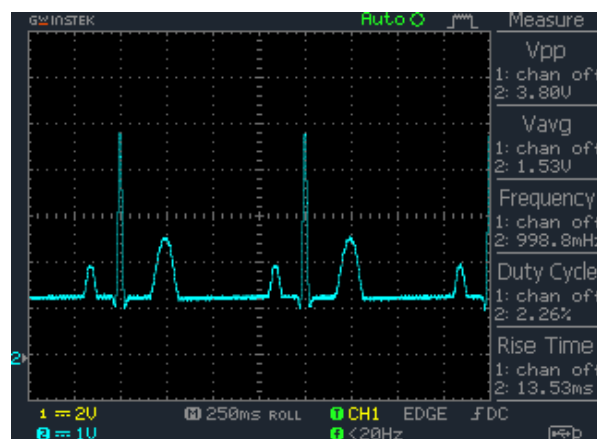
Gambar 4.104 *Lead AVL* Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



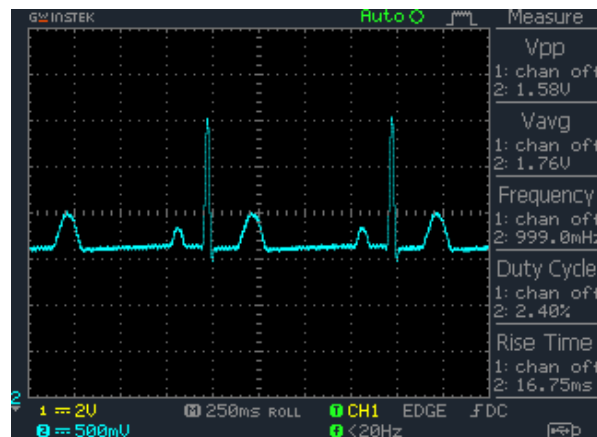
Gambar 4.105 *Lead AVF* Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



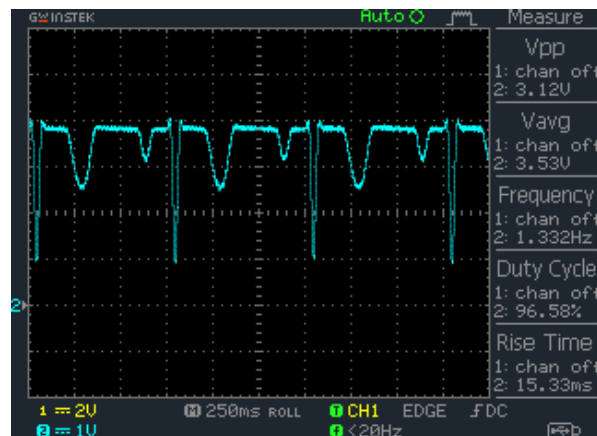
Gambar 4.106 *Lead I* Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



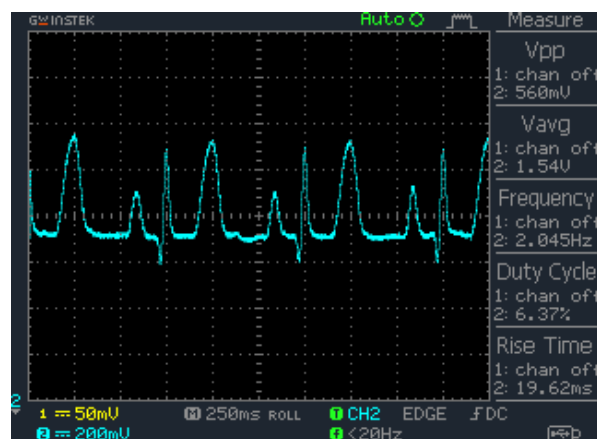
Gambar 4.107 *Lead II* Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



Gambar 4.108 *Lead III* Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



Gambar 4.109 *Lead AVR* Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



Gambar 4.110 *Lead AVL* Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan *Oscilloscope*



Gambar 4.111 *Lead AVF* Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan *Oscilloscope*

Pengukuran amplitudo tinggi gelombang atau pulsa R pada hasil ECG rancangan dilakukan menggunakan skala V/Div pada *Oscilloscope* dengan perbandingan 1:2000 terhadap kertas pengukuran ECG standar. Berikut ini merupakan tabel hasil pengukuran tinggi amplitudo pulsa R.

Tabel 4.36 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Rancangan Dengan Sensitivitas 0,5mv.

No	Lead	Tinggi Pulsa (V)										Mean (V)	Error %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.	I	0,57	0,58	0,58	0,57	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,05
2.	II	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,93	0,03
3.	III	0,40	0,40	0,40	0,39	0,40	0,40	0,39	0,39	0,40	0,39	0,40	0
4.	AVR	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,78	0,78	0,78	0,78	-0,26
5.	AVL	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0
6.	AVF	0,74	0,74	0,72	0,68	0,73	0,71	0,72	0,69	0,73	0,72	0,72	-0,06
<i>Final Error</i>												-0,04	

Tabel 4.37 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Rancangan Dengan Sensitivitas 1mv.

No	Lead	Tinggi Pulsa (V)										Mean (V)	Error %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.	I	1,20	1,22	1,22	1,22	1,20	1,22	1,20	1,20	1,20	1,20	1,21	0,008
2.	II	1,90	1,88	1,92	1,88	1,86	1,90	1,92	1,86	1,90	1,92	1,89	0,005
3.	III	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,78	0,77	0,78	0,78	0
4.	AVR	1,56	1,54	1,56	1,54	1,56	1,56	1,56	1,54	1,52	1,56	1,55	-0,006
5.	AVL	0,28	0,27	0,28	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,28	0,28	0
6.	AVF	1,32	1,38	1,34	1,36	1,38	1,36	1,34	1,36	1,38	1,38	1,36	-0,015
<i>Final Error</i>												0,001	

Tabel 4.38 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Rancangan Dengan Sensitivitas 2mv.

No	Lead	Tinggi Pulsa (V)										Mean (V)	Error %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.	I	2,42	2,42	2,42	2,42	2,44	2,44	2,44	2,42	2,42	2,44	2,43	-0,004
2.	II	3,84	3,80	3,84	3,80	3,88	3,88	3,84	3,84	3,88	3,84	3,84	0,005
3.	III	1,54	1,56	1,58	1,56	1,56	1,54	1,56	1,54	1,56	1,56	1,56	0
4.	AVR	3,08	3,16	3,16	3,12	3,16	3,16	3,12	3,08	3,08	3,08	3,12	-0,006
5.	AVL	0,56	0,55	0,54	0,54	0,57	0,55	0,56	0,55	0,55	0,56	0,55	0,178
6.	AVF	2,68	2,56	2,68	2,68	2,64	2,68	2,72	2,60	2,72	2,60	2,66	0,007
<i>Final Error</i>												0,03	

Hasil pengukuran amplitudo sinyal puncak dengan perbandingan pada kertas hasil print out ECG standar yang ditunjukkan pada tabel 4.34 dengan sensitivitas 0,5mv menunjukkan nilai *error* final sebesar -0,04, dimana pada *lead* I nilai *error* sebesar 0,05%, *error* pada *lead* II sebesar 0,03%, *error* pada *lead* III sebesar 0%, *error* pada *lead* AVR sebesar -0,26%, *error* pada *lead* AVL sebesar 0% dan *error* pada *lead* AVF sebesar -0,06%, hal ini menunjukkan bahwa amplitudo sinyal pada

sensitivitas 0,5mV terbilang stabil, dimana nilai *final error* yang didapat kurang dari $\pm 1\%$.

Pada pengaturan sensitivitas 1mv didapatkan nilai *error* final sebesar 0,001%, dimana pada *lead* I nilai *error* sebesar 0,008%, *error* pada *lead* II sebesar 0,005%, *error* pada *lead* III sebesar 0%, *error* pada *lead* AVR sebesar -0,006%, *error* pada *lead* AVL sebesar 0%, dan *error* pada *lead* AVF sebesar 0,015%, dengan sensitivitas 1mv amplitudo sinyal yang dihasilkan oleh *phantom* ECG lebih stabil, hasil nilai *error* yang didapat tidak menunjukkan fluktuasi amplitudo yang cukup besar dan didapatkan *final error* sebesar 0,001%.

Pada pengaturan sensitivitas 2mv didapatkan *final error* sebesar 0,03%, dimana pada *lead* I didapatkan nilai *error* sebesar -0,004%, nilai *error* pada *lead* II sebesar 0,005%, *error* pada *lead* III sebesar 0%, *error* pada *lead* AVR sebesar -0,006%, *error* pada *lead* AVL sebesar 1,8%, *error* pada *lead* AVF sebesar 0,178%. Hasil *final error* pada sensitivitas 2mV menunjukkan bahwa sinyal masih stabil dibawah *error* 1% namun pada *lead* AVL menunjukkan adanya kenaikan nilai *error* pada data sebelumnya, hal ini dapat terjadi karena semakin kecil amplitudo yang dihasilkan akan lebih mudah terganggu dengan frekuensi sinyal-sinyal lain yang berada di sekitar alat.

4.10 Hasil Pengukuran Nilai BPM Terhadap *Phantom* ECG

Pengukuran nilai BPM dilakukan untuk membandingkan jarak puncak amplitudo R ke R dari sinyal yang dihasilkan oleh *phantom* ECG. Pengukuran sinyal dilakukan pada hasil *print out* ECG standar dan sinyal pada *lead* II karena amplitudo puncak sinyal R tertinggi terdapat pada *lead* II.

4.10.1 Hasil Pengukuran Nilai BPM ECG Standar Pada Kertas ECG

Pengukuran nilai BPM pada kertas ECG dilakukan untuk melakukan perbandingan terhadap ECG rancangan, pengukuran dilakukan dengan cara mengukur jarak atau lebar pulsa pada puncak amplitudo (R ke R) menggunakan jangka sorong. Berikut ini merupakan hasil pengukuran nilai BPM pada kertas *print out* ECG standar.

Tabel 4.39 Hasil Pengukuran Nilai BPM ECG Standar.

No	BPM	Nilai BPM										Mean (BPM)	Error %	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.	40	40	41	40	40	40	41	40	40	40	40	40	40	0
2.	60	62	61	60	60	60	60	60	60	61	60	60	60	0
3.	80	80	82	80	81	80	80	80	80	80	80	81	80	0
4.	100	100	101	100	100	102	100	101	100	100	100	100	100	0
5.	120	121	120	120	122	120	120	120	121	120	120	120	120	0
<i>Final Error</i>													0	

Hasil pengukuran nilai BPM pada kertas *print out* ECG menggunakan jangka sorong menunjukkan rata-rata yang stabil dan nilai *error* 0%, hasil tersebut menunjukkan bahwa ECG standar yang berfungsi sebagai pembanding masih berfungsi dengan normal sehingga dapat dijadikan sebagai pembanding untuk ECG rancangan.

4.10.2 Hasil Pengukuran Nilai ECG Rancangan Pada *Oscilloscope*

Pengukuran nilai BPM pada ECG rancangan dilakukan dengan cara mengukur jarak nilai puncak amplitudo (R ke R) pada *lead* II menggunakan *oscilloscope* dengan menghitung skala T/Div. *Lead* II diambil sebagai sampel

pengukuran karena amplitudo puncak R ke R lebih tinggi daripada *lead* yang lain. Berikut ini merupakan hasil gambar dan pengukuran nilai BPM pada ECG rancangan.

Tabel 4.40 Hasil Pengukuran Nilai BPM ECG Rancangan.

No	BPM	Nilai BPM										Mean (BPM)	Error %	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0
2.	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0
3.	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0
4.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
5.	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	0
<i>Final Error</i>													0	

Hasil pengukuran nilai BPM ECG rancangan pada *Oscilloscope* menggunakan skala T/Div menunjukkan rata-rata yang stabil dan nilai *error* 0%, hasil tersebut menunjukkan bahwa ECG rancangan yang berfungsi dengan baik dengan sinyal yang stabil.

4.11 Hasil Nilai BPM ECG Terhadap *Phantom*

Pengujian hasil sinyal dan nilai BPM dilakukan untuk mengetahui hasil akhir nilai yang tertampil pada masing-masing LCD antara ECG standar dengan ECG rancangan. Pengujian dilakukan menggunakan *inputan* dari *phantom* ECG. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian sinyal dan nilai BPM.

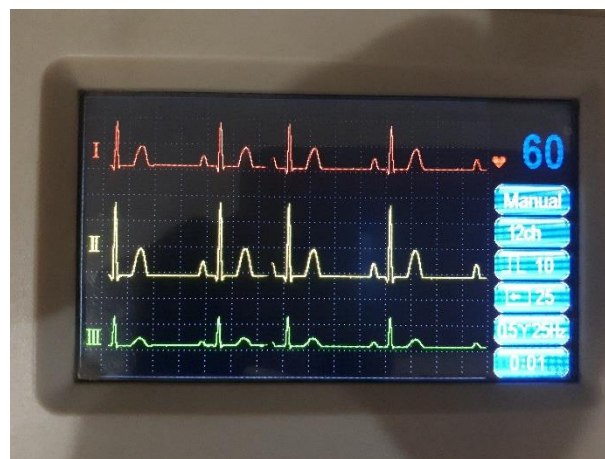
4.11.1 Hasil Nilai BPM ECG Standar

Berikut ini merupakan hasil pengujian dari tampilan LCD ECG standar. Nilai BPM diatur menggunakan *phantom* dengan sensitivitas 2mv. Pengambilan data

dilakukan sebanyak 10 kali pada 40 BPM, 60 BPM, 80 BPM, 100 BPM dan 120 BPM. Hasil pengukuran nilai BPM pada ECG standar ini yang nantinya akan digunakan untuk membandingkan hasil nilai BPM yang tertampil pada ECG yang telah dirancang.



Gambar 4.112 ECG Standar 40 BPM



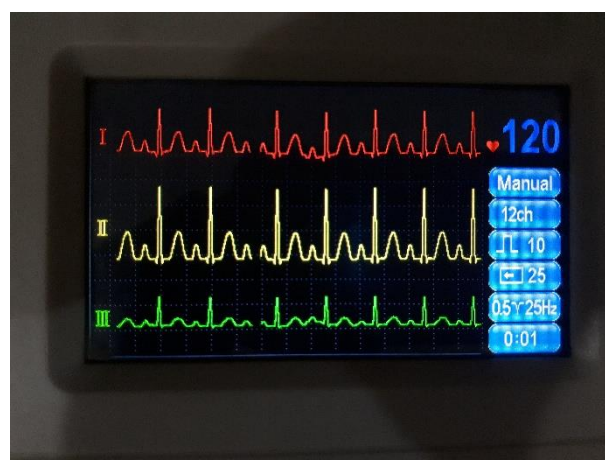
Gambar 4.113 ECG Standar 60 BPM



Gambar 4.114 ECG Standar 80 BPM



Gambar 4.115 ECG Standar 100 BPM



Gambar 4.116 ECG Standar 120 BPM

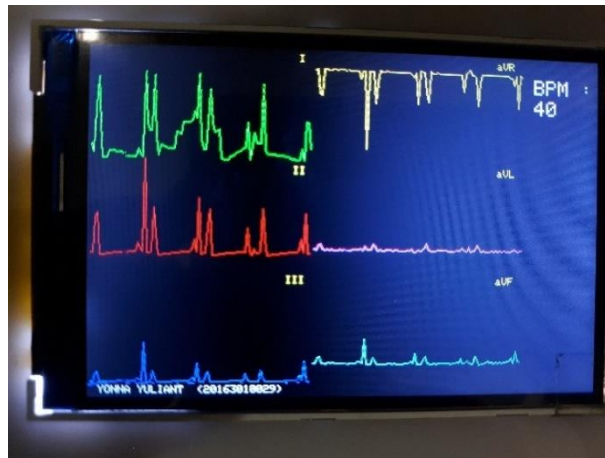
Tabel 4.41 Hasil Tampilan Nilai BPM Pada ECG Standar

No	BPM	Nilai BPM										Mean (BPM)	Error %	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0
2.	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0
3.	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0
4.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
5.	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	0
<i>Final Error</i>													0	

Berdasarkan hasil tabel 4.41 dapat diketahui bahwa masing-masing BPM memiliki nilai *error* sebesar 0%, sehingga *final error* juga menunjukkan nilai *error* sebesar 0%. Hasil tersebut menandakan bahwa ECG standar sesuai dengan pengaturan *phantom* sehingga layak digunakan sebagai alat pembanding untuk ECG rancangan.

4.11.2 Hasil Nilai BPM ECG Rancangan

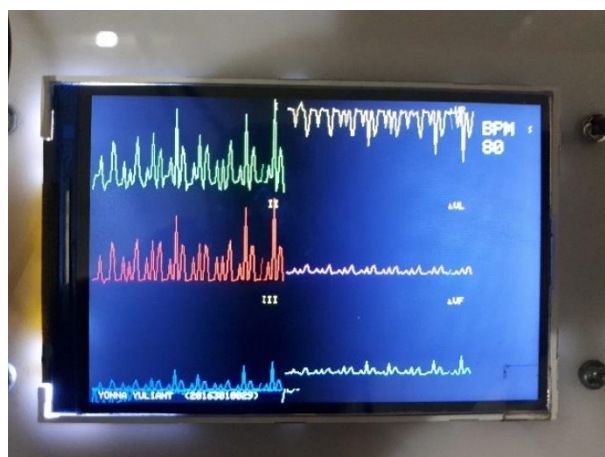
Berikut ini merupakan hasil nilai BPM yang diambil menggunakan sensitivitas 2mv pada *phantom*. Sensitivitas 2mv dipilih karena pada program pendeteksian sinyal puncak R ke R menggunakan ambang batas (*threshold*) dan masih belum dapat menyesuaikan dengan perubahan sensitivitas dan hanya dapat mendeteksi *threshold* pada sensitivitas 2mv.



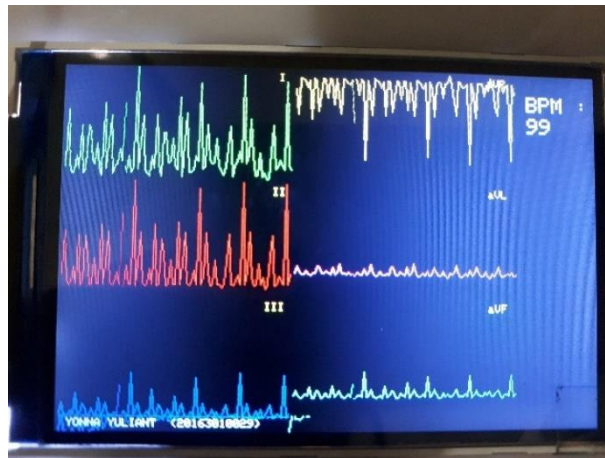
Gambar 4.117 ECG Rancangan 40 BPM



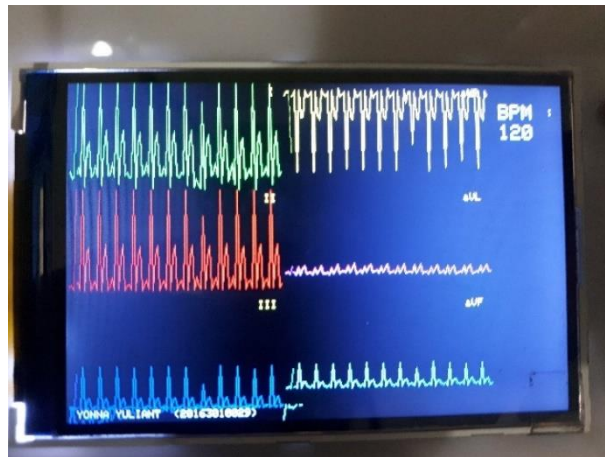
Gambar 4.118 ECG Rancangan 60 BPM



Gambar 4.119 ECG Rancangan 80 BPM



Gambar 4.120 ECG Rancangan 100 BPM



Gambar 4.121 ECG Rancangan 120 BPM

Tabel 4.40 Hasil Tampilan Nilai BPM ECG Rancangan

No	BPM	Nilai BPM										Mean (BPM)	Error %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.	40	40	40	39	40	39	39	39	39	40	39	39,4	0,6
2.	60	59	60	60	59	59	59	59	60	59	59	59,3	0,7
3.	80	80	79	80	79	79	79	80	79	79	79	79,3	0,7
4.	100	100	100	99	99	100	99	99	100	99	100	99,5	0,5
5.	120	119	119	120	120	120	120	119	120	119	120	119,6	0,4
<i>Final Error</i>													0,6

Berdasarkan hasil data pada tabel 4.40 dapat diketahui bahwa pada sensitivitas 2mv BPM dapat terdeteksi dengan baik, dimana pada 40 BPM didapatkan nilai *error* sebesar 0,6%, pada 60 BPM didapatkan nilai *error* sebesar 0,7%, pada 80 BPM didapatkan nilai *error* sebesar 0,7%, pada 100 BPM didapatkan nilai *error* sebesar 0,5% dan pada 120 BPM didapatkan nilai *error* sebesar 0,4%. Hasil *final error* didapatkan nilai sebesar 0,6%, hal ini menunjukkan bahwa nilai BPM menunjukkan nilai yang cukup stabil dengan angka *error* dibawah 1%.

4.12 Hasil Sinyal ECG Rancangan

Berikut ini merupakan gambar hasil sinyal yang sudah ditampilkan pada LCD TFT untuk mengetahui hasil sinyal setelah semua rangkaian terintegrasi, pengambilan hasil sinyal dilakukan menggunakan *phantom* ECG dengan mengaplikasikan sensitivitas 0,5mv, 1mv dan 2mv pada 60 BPM.

4.12.1 Hasil Sinyal dan Nilai BPM ECG Rancangan Sensitivitas 0,5mv

Tampilan sinyal pada LCD TFT dengan sensitivitas 0,5mv pada BPM 60 ditunjukkan pada gambar 4.122 sebagai berikut.



Gambar 4.122 Hasil Sinyal Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan LCD TFT

Hasil sinyal yang ditampilkan LCD TFT pada gambar 4.122 menunjukkan bahwa sinyal tidak terdapat *noise* kecuali sinyal pada *lead I*, hal ini terjadi karena masih belum tepatnya pengolahan *filter* atau dapat disebabkan karena *grounding* pada ruangan yang tidak stabil, sehingga masih ada sinyal yang membentuk gelombang sinus, sedangkan sinyal pada *lead* lain sudah terbentuk gelombang ECG, namun terlihat kurang sempurna. Sinyal pada *lead* lain terdapat beberapa gelombang yang *loss* data atau tidak nampak, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu RAM mikrokontroler yang terlalu kecil, lambatnya pemrosesan pengiriman data yang dilakukan oleh komunikasi *serial*, proses *parsing* data yang begitu banyak. Hasil pembacaan BPM juga menunjukkan nilai yang masih cukup jauh dari nilai sebenarnya, penyebabnya karena proses pembacaan sinyal yang terlalu kecil, sehingga tidak terdeteksi nilai *threshold* yang digunakan sebagai pendeteksi sinyal R pada ECG.

4.12.2 Hasil Sinyal dan Nilai BPM ECG Rancangan Sensitivitas 1mv

Tampilan sinyal pada LCD TFT dengan sensitivitas 1mv pada BPM 60 ditunjukkan pada gambar 4.123 sebagai berikut.

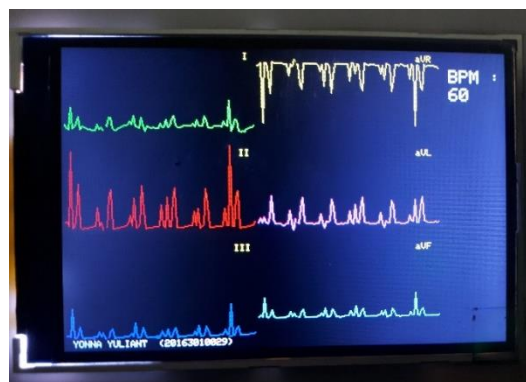


Gambar 4.123 Hasil Sinyal Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan LCD TFT

Hasil sinyal yang ditampilkan LCD TFT pada gambar 4.123 menunjukkan bahwa sinyal tidak terdapat *noise* kecuali sinyal pada *lead I*, hal ini terjadi karena masih belum tepatnya pengolahan *filter* atau dapat disebabkan karena *grounding* pada ruangan yang tidak stabil, sehingga masih ada sinyal yang membentuk gelombang sinus, sedangkan sinyal pada *lead* lain sudah terbentuk gelombang ECG, namun terlihat kurang sempurna. Sinyal pada *lead* lain terdapat beberapa gelombang yang *loss* data atau tidak nampak, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu RAM mikrokontroler yang terlalu kecil, lambatnya pemrosesan pengiriman data yang dilakukan oleh komunikasi *serial*, proses *parsing* data yang begitu banyak. Hasil pembacaan BPM juga menunjukkan masalah yang sama dengan hasil sebelumnya, nilai BPM yang tertampil masih cukup jauh dari nilai sebenarnya, penyebabnya karena proses pembacaan sinyal yang terlalu kecil, sehingga tidak terdeteksi nilai *threshold* yang digunakan sebagai pendeteksi sinyal R pada ECG.

4.12.3 Hasil Sinyal dan Nilai BPM ECG Rancangan Sensitivitas 2mv

Tampilan sinyal pada LCD TFT dengan sensitivitas 2mv pada BPM 60 ditunjukkan pada gambar 4.124 sebagai berikut.

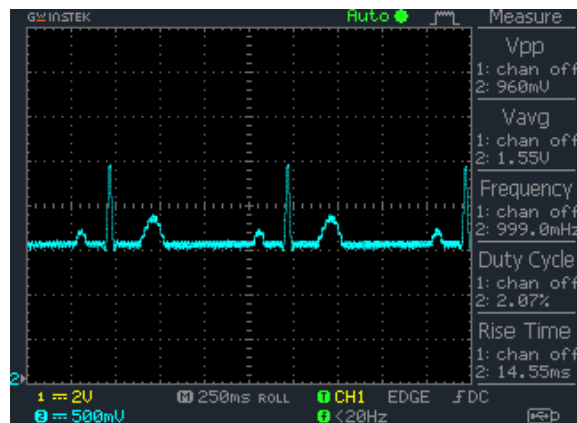


Gambar 4.124 Hasil Sinyal Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan LCD TFT

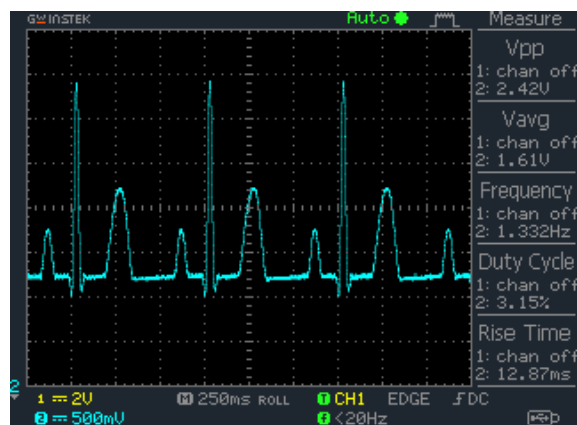
Hasil sinyal yang ditampilkan LCD TFT pada gambar 4.124 menunjukkan bahwa sinyal tidak terdapat *noise* kecuali sinyal pada *lead I*, hal ini terjadi karena masih belum tepatnya pengolahan *filter* pada *lead I* atau dapat disebabkan karena *grounding* pada ruangan yang tidak stabil, sehingga masih ada sinyal yang membentuk gelombang sinus, sedangkan sinyal pada *lead* lain sudah terbentuk gelombang ECG, namun terlihat kurang sempurna. Sinyal pada *lead* lain terdapat beberapa gelombang yang *loss data* atau tidak nampak, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu RAM mikrokontroler yang terlalu kecil, lambatnya pemrosesan pengiriman data yang dilakukan oleh komunikasi *serial*, proses *parsing* data yang begitu banyak. Hasil pembacaan BPM sudah mulai tepat, namun terkadang menunjukkan nilai yang turun, hal tersebut disebabkan oleh nilai *threshold* yang digunakan untuk mendeteksi gelombang R pada sinyal ECG sudah terbaca, namun masih mengalami gangguan dengan sinyal P dan T yang terkadang ikut terbaca sebagai *threshold*.

4.13 Hasil Perbandingan Sinyal *Output* ECG Rancangan

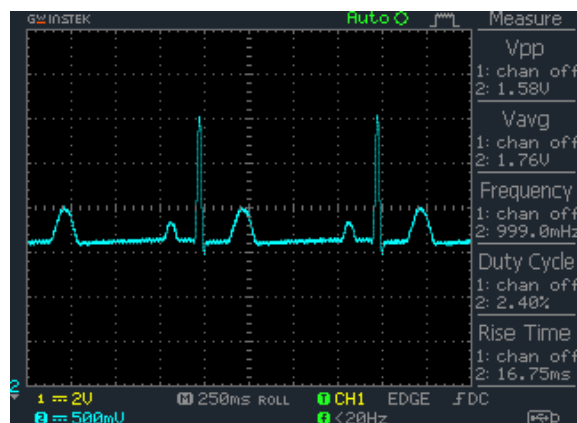
Hasil perbandingan ini dilakukan untuk menganalisis perbedaan sinyal yang terjadi antara hasil *output* pada rangkaian pengkondisi sinyal ECG yang tertampil pada *oscilloscope* dengan hasil *output* yang ditampilkan oleh LCD TFT. Berikut ini merupakan gambar hasil sinyal yang dibandingkan.



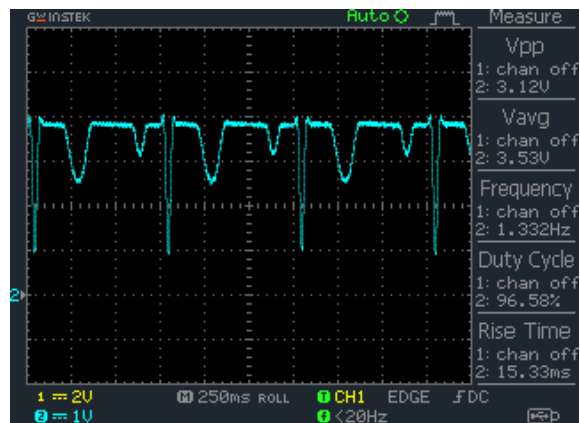
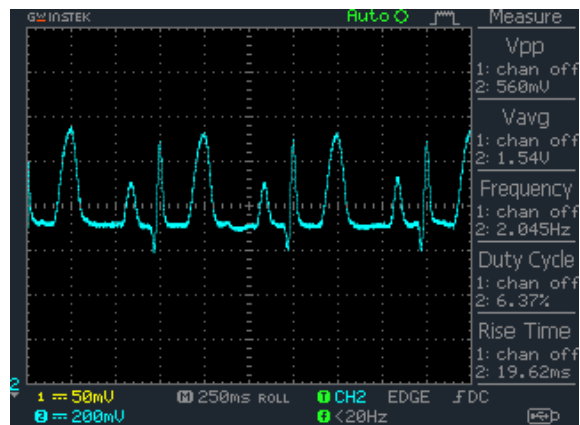
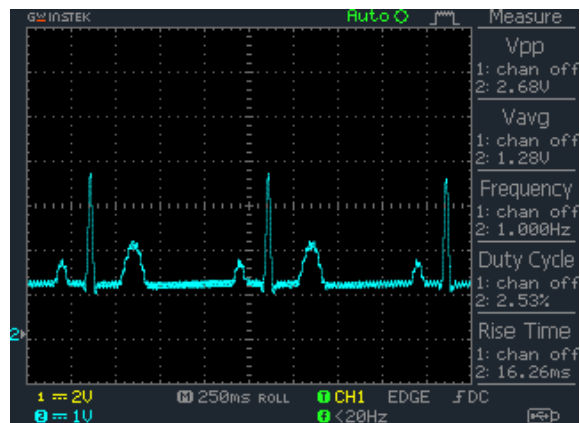
Gambar 4.125 Lead I Pada Tampilan Oscilloscope

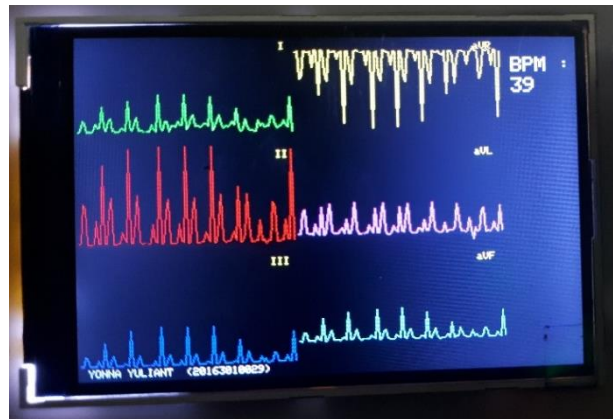


Gambar 4.126 Lead II Pada Tampilan Oscilloscope



Gambar 4.127 Lead III Pada Tampilan Oscilloscope

Gambar 4.128 Lead AVR Pada Tampilan *Oscilloscope*Gambar 4.129 Lead AVL Pada Tampilan *Oscilloscope*Gambar 4.130 Lead AVF Pada Tampilan *Oscilloscope*



Gambar 4.131 Tampilan Sinyal Semua *Lead* Pada LCD TFT

Tampilan bentuk sinyal pada *oscilloscope* merupakan *output* dari rangkaian pengkondisi sinyal yang belum melalui tahap pemrosesan ADC serta proses pemilahan dan pengiriman data. Hasil yang tertampil pada *oscilloscope* terlihat stabil dan tidak mengalami gangguan amplitudo sinyal. Sinyal yang tertampil pada *oscilloscope* ini yang selanjutnya akan diproses oleh arduino agar sinyal tersebut dapat ditampilkan pada LCD TFT. Sebelum dapat ditampilkan, sinyal-sinyal tersebut harus melalui beberapa tahap pengolahan data.

Gambar 4.131 merupakan hasil dari *output* akhir yang tertampil pada LCD TFT, hasil ini diperoleh dari rangkaian pengkondisi sinyal yang telah dikonversi dari data analog menjadi data digital oleh mikrokontroller. Hasil data yang telah dikonversi selanjutnya dikirim oleh arduino pemrosesan ADC dan diterima oleh arduino pemrosesan grafik. Penerimaan data oleh arduino pemrosesan grafik harus melalui tahap *parsing* data untuk proses pemilahan data yang dikirim dari setiap *lead*nya. Data yang telah dipilah selanjutnya diolah kembali untuk ditampilkan menjadi grafik pada LCD TFT.

Tampilan sinyal pada gambar 4.131 menunjukkan hasil sinyal yang belum stabil dan terdapat gangguan pada amplitudo sinyal, berbeda dengan hasil sinyal pada tampilan *oscilloscope* yang terlihat stabil. Gangguan sinyal dan *loss* data yang terjadi dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, diantaranya karena pemrosesan data yang terlalu panjang, penggunaan komponen arduino yang memiliki kapasitas memori kecil, serta *clock speed* arduino yang hanya berbekal 16Mhz. Faktor selanjutnya karena proses komunikasi *serial* yang dilakukan untuk pengiriman dan penerimaan data, sehingga dua arduino harus berperan ganda dalam melakukan proses pembacaan dan pengiriman. Faktor lainnya dapat disebabkan oleh proses *parsing* data yang dilakukan untuk memilah setiap sinyal pada setiap *lead*.