BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang telah dirancang, apakah sudah seperti yang diharapkan atau tidak seperti yang diharapkan. Pengujian akan dilakukan dengan dua cara, yaitu pengujian *hardware* dan pengujian *software*, kemudian meng-analisa data-data hasil pengujian tersebut.

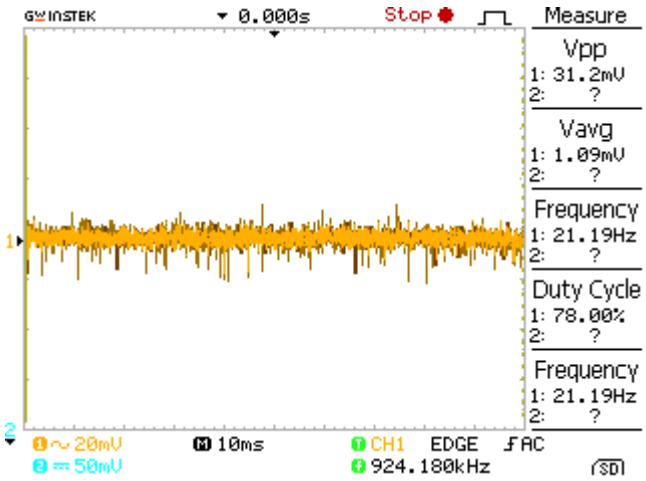
4.1 Pengujian *Hardware*

Pengujian secara *hardware* ini dilakukan untuk menguji beberapa rangkaian utama dari sistem untuk untuk membuktikan apakah rangkaian utama yang sudah dirancang tersebut memiliki hasil pengujian seperti yang diharapkan. Berikut adalah beberapa pengujian *hardware* yang akan dilakukan untuk mendapatkan data-data hasil pengujiannya.

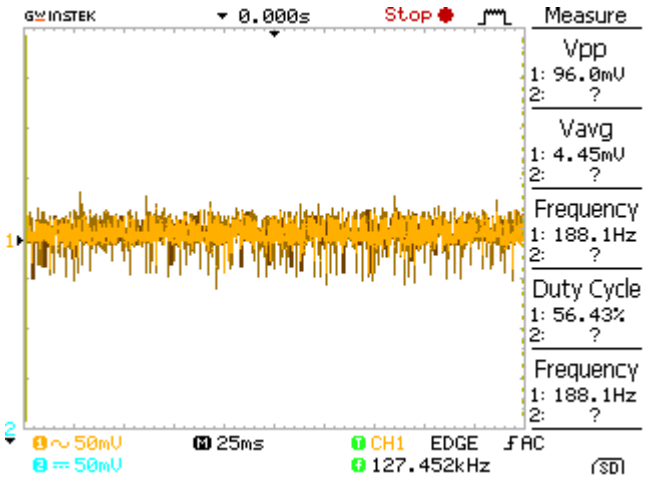
1. Pengujian karakteristik sinyal EMG menggunakan penguat awal (penguat instrumentasi) dengan penguatan 10 kali dan pengujian pengaruh kontraksi otot terhadap sinyal EMG.
2. Pengujian rangkaian penguat kedua (penguat *non-inverting*) dengan penguatan 10 kali.
3. Pengujian rangkaian *band pass filter* 20 - 500 Hz.
4. Pengujian rangkaian penguat akhir (penguat *non-inverting*) dengan penguatan 5 kali.
5. Pengujian respon waktu sistem yang dirancang untuk mendeteksi pergerakan tangan manusia yang dilakukan.

4.1.1 Pengujian Karakteristik Sinyal EMG Menggunakan Penguat Awal (Penguat Instrumentasi) dengan Penguatan 10 Kali dan Pengujian Pengaruh Kontraksi Otot Terhadap Sinyal EMG

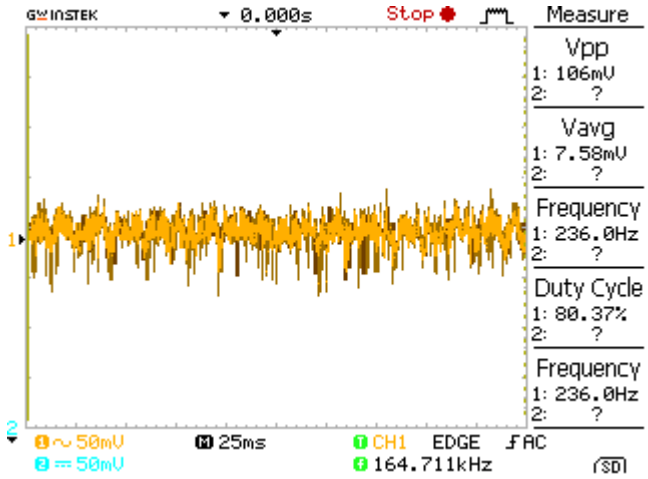
Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan teori tentang karakteristik sinyal EMG dan pengaruh kontraksi otot terhadap sinyal EMG tersebut. Pengujian ini dilakukan menggunakan penguat instrumentasi dengan penguatan 10 kali. Berikut adalah beberapa hasil realisasi pembacaan sinyal EMG dengan menggunakan osiloskop.



Gambar 4.1. Realisasi Sinyal EMG pada saat Gerakan Ekstensi Supinasi Tangan



Gambar 4.2. Realisasi Sinyal EMG pada saat Gerakan Fleksi Supinasi Tangan



Gambar 4.3. Realisasi Sinyal EMG pada saat Gerakan Fleksi Pronasi Tangan

Berdasarkan gambar hasil pengujian di atas dapat diambil data yang ditunjukan pada di bawah.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Pembacaan Sinyal EMG untuk Setiap Gerakan Tangan

Gerakan	Vpp (mVpp)	Vavg (mVpp)	Frekuensi (Hz)
Ekstensi Supinasi	31,20	1,09	21,19
Fleksi Supinasi	96,00	4,45	188,10
Fleksi Pronasi	106,00	7,58	236,00

Dari **Tabel 4.1** di atas dapat diketahui bahwa nilai Vpp terendah dan tertinggi dari setiap pergerakan tangan adalah antara 31,20 – 106,00 mVpp. Dan penguatan yang dirancang pada rangkaian penguat instrumentasi ini adalah 10 kali, dengan asumsi nilai komponen adalah ideal, sehingga dapat dicari sinyal *input* EMG aslinya sebesar.

$$V_{in}\,(Ekstensi\ Supinasi) = \frac{V_{pp}}{A} = \frac{31{,}20\ mV}{10} = 3{,}12\ mVpp$$

$$V_{in}\,(Fleksi\ Supinasi) = \frac{V_{pp}}{A} = \frac{96{,}00\ mV}{10} = 9{,}60\ mVpp$$

$$V_{in}\,(Fleksi\ Pronasi) = \frac{V_{pp}}{A} = \frac{106{,}00\ mV}{10} = 10{,}60\ mVpp$$

Dari perhitungan di atas didapat bahwa sinyal *input* EMG aslinya memiliki nilai Vpp terendah pada 3,12 mVpp dan Vpp tertinggi pada 10,60 mVpp. Dan berdasarkan teori tentang karakteristik sinyal EMG yang berada pada rentang tegangan 0 – 10 mV, hasil pengujian tersebut membuktikan bahwa daerah kerja tegangan dari sinyal EMG berada pada rentang tersebut. Nilai tegangan 10,60 mVpp melebihi batas dari karakteristik rentang tegangan sinyal EMG (10 mV) ini disebabkan karena sinyal EMG yang terbaca belum masuk ke dalam proses *filter*, sehingga sinyal *noise* masih tercampur di dalam sinyal EMG tersebut.

Nilai Vavg pada **Tabel 4.1** sendiri adalah nilai tegangan rata-rata dari sinyal EMG yang terbaca. Nilai Vavg ini digunakan sebagai parameter perbandingan kekuatan kontraksi otot tangan manusia ketika melakukan gerakan yang berbeda. Saat melakukan gerakan ekstensi supinasi tangan, nilai Vavg yang terbaca sangat kecil, yaitu 1,09 mVpp. Ini disebabkan karena otot yang berkontraksi sangatlah kecil. Sedangkan pada gerakan fleksi supinasi memiliki nilai kontraksi otot diantara gerakan ekstensi supinasi dan fleksi pronasi, yaitu 4,45 mVpp. Sedangkan Vavg pada gerakan fleksi pronasi sendiri memiliki nilai paling besar, yaitu 7,58 mVpp. Ini disebabkan karena saat melakukan gerakan fleksi pronasi kontraksi otot lebih tinggi dibandingkan gerakan ekstensi supinasi dan fleksi supinasi.

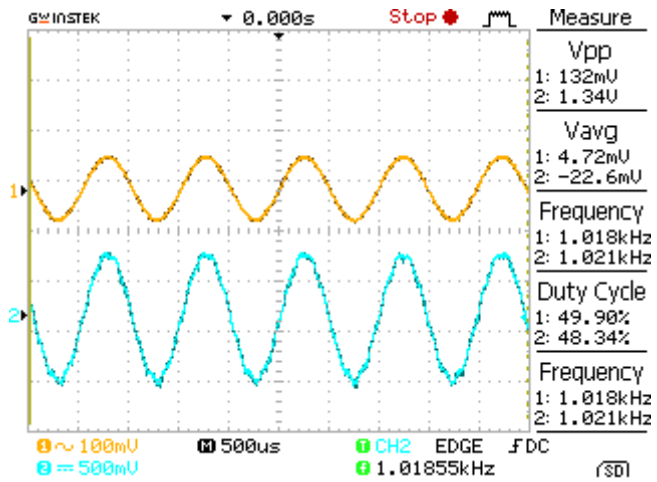
Dan berdasarkan data hasil percobaan dari **Tabel 4.1** juga didapat bahwa frekuensi dari sinyal EMG yang terbaca untuk ketiga gerakan berada pada frekuensi terendah 21,19 Hz dan frekuensi tertinggi 236,00 Hz. Dan berdasarkan

teori tentang karakteristik sinyal EMG yang berada pada rentang frekuensi 20 – 500 Hz, hasil pengujian ini membuktikan bahwa karakteristik kerja frekuensi sinyal EMG benar berada pada rentang frekuensi tersebut.

4.1.2 Pengujian Rangkaian Penguat Kedua (Penguat *Non-Inverting*) dengan Penguatan 10 Kali

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan hasil penguatan rangkaian secara pengujian dengan hasil penguatan rangkaian yang telah dirancang sebelumnya serta untuk mendapatkan persentase *error* penguatan. Rangkaian penguat kedua ini menggunakan rangkaian penguat *non-inverting* dengan penguatan sebesar 10 kali.

Pada **Gambar 4.4** berikut adalah salah satu realisasi dari hasil pengujian rangkaian penguat kedua (penguat *non-inverting*) dengan penguatan 10 kali ini, dimana sinyal berwarna kuning menunjukan sinyal *input*/masukan dan sinyal berwarna biru menunjukan sinyal *output*/keluaran.



Gambar 4.4. Realisasi Pengujian Rangkaian Penguat Kedua (Penguat *Non-Inverting*) Dengan Penguatan 10 Kali

Kemudian pada **Tabel 4.2** berikut adalah hasil pengujian rangkaian penguat kedua (penguat *non-inverting*) yang telah didapat.

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Rangkaian Penguat Kedua (Penguat *Non-Inverting*)

Input **(Vpp)**	***Output*** **(Vpp)**	**Penguatan**
0,132	1,34	10,15
0,160	1,63	10,18
0,264	2,72	10,30
0,376	3,92	10,42
0,448	4,63	10,33

Dari data pada **Tabel 4.2** di atas dapat dihitung penguatan rata-rata untuk semua data.

$$A_{avg} = \frac{\sum_1^N A}{N} = \frac{10{,}15 + 10{,}18 + 10{,}30 + 10{,}42 + 10{,}33}{5} \approx 10{,}28$$

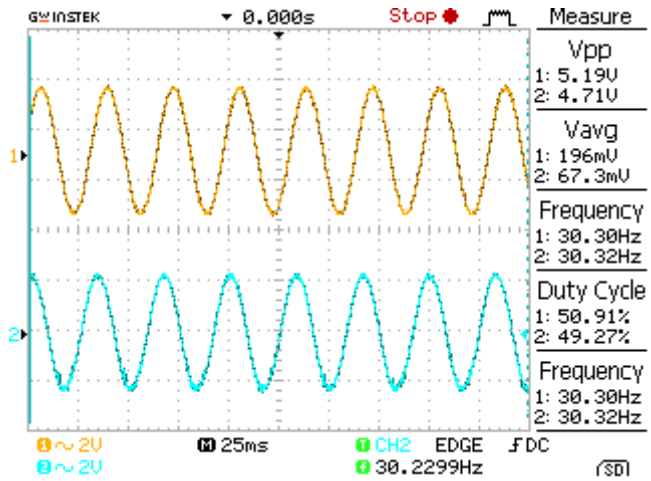
Dari perhitungan didapat bahwa A_{avg} atau penguatan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 10,28 kali, sedangkan pada perancangan aslinya dengan asumsi nilai komponen adalah ideal, penguatan yang dirancang sebesar 10 kali. Persentase *error* yang didapat dari hasil pengujian dapat dihitung sebagai berikut.

$$\%\ Error = \left|\frac{A_{aktual} - A_{pengujian}}{A_{aktual}}\right| x100\ \% = \left|\frac{10 - 10{,}28}{10}\right| x100\ \% = 2{,}8\ \%$$

Persentase *error* penguatan yang dihasilkan dari pengujian adalah sebesar 2,8 % dari penguatan yang diharapkan. Hal ini disebabkan karena salah satu faktor nilai komponen yang tidak ideal, seperti resistor yang memiliki toleransi pada nilai resistansinya. Nilai resistor yang digunakan dalam perancangan rangkaian ini semuanya memiliki nilai toleransi ±1 %.

4.1.3 Pengujian Rangkaian *Band Pass Filter* 20 - 500 Hz

Pengujian rangkaian *band pass filter* (BPF) ini tersusun atas rangkaian *high pass filter* (HPF) 20 Hz dan rangkaian *low pass filter* (LPF) 500 Hz. Pengujian rangkaian ini ditujukan untuk mendapatkan respon frekuensi dan menentukan daerah frekuensi yang dapat diloloskan oleh rangkaian ini. Pada **Gambar 4.5** di bawah adalah salah satu realisasi dari hasil pengujian rangkaian *band pass filter* (BPF) 20 – 500 Hz ini, dimana sinyal berwarna kuning adalah sinyal *input*/masukan dan sinyal berwarna biru adalah sinyal *output*/keluaran.



Gambar 4.5. Realisasi Pengujian Rangkaian *Band Pass Filter* (BPF) 20 – 500 Hz

Kemudian pada **Tabel 4.3** berikut adalah data hasil pengujian rangkaian *band pass filter* (BPF) 20 – 500 Hz yang telah dilakukan.

Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Rangkaian *Band Pass Filter* (BPF) 20 - 500 Hz

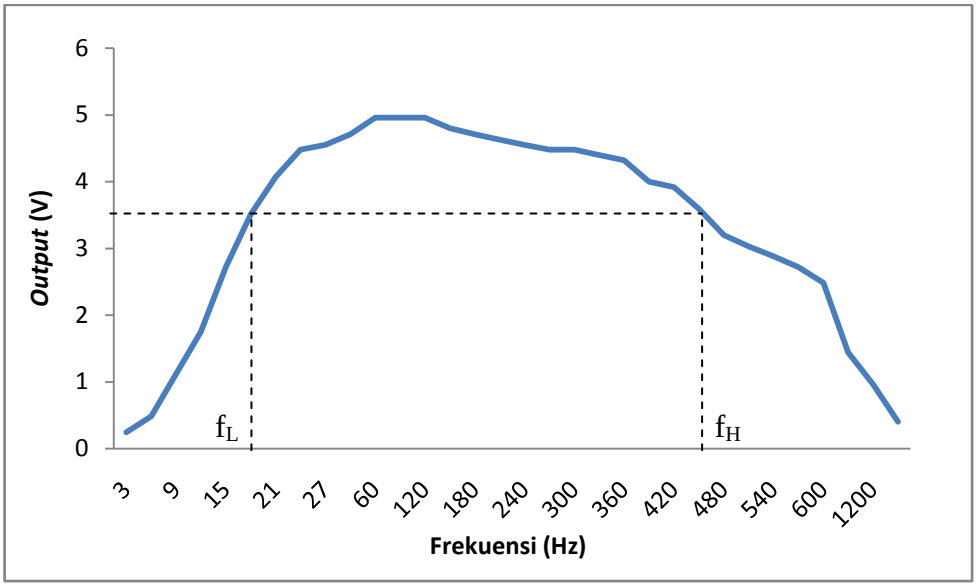
***Input* (Vpp)**	**Frekuensi (Hz)**	***Output* (Vpp)**
5,19	3	0,24
	6	0,48
	9	1,12
	12	1,75
	15	2,72
	18	3,51

***Input* (Vpp)**	**Frekuensi (Hz)**	***Output* (Vpp)**
5,19	21	4,07
	24	4,48
	27	4,55
	30	4,71
	60	4,96
	90	4,96
	120	4,96
	150	4,80
	180	4,71
	210	4,63
	240	4,55
	270	4,48
	300	4,48
	330	4,40
	360	4,32
	390	4,00
	420	3,92
	450	3,59
	480	3,20
	510	3,03
	540	2,88
	570	2,72
	600	2,48
	900	1,44
	1200	0,96
	3000	0,40

Dari **Tabel 4.3** di atas, letak nilai frekuensi *cut-off* untuk frekuensi *low* (f_L) dan frekuensi *high* (f_H) dapat ditentukan sebagai berikut.

$V_{cut-off} = 0{,}707\ x\ Vout_{maks} = 0{,}707\ x\ 4{,}96\ Vpp \approx 3{,}51\ Vpp$

$Vout_{maks}$ adalah tegangan maksimum yang dapat diloloskan oleh rangkaian *filter* BPF ini, yaitu 4,96 Vpp. Dan dari data hasil pengujian pada **Tabel 4.3** dapat ditentukan bahwa nilai frekuensi yang berada pada titik 3,51 Vpp adalah pada frekuensi *low* (f_L) ~ 18 Hz dan frekuensi *high* (f_H) ~ 460 Hz. Kemudian dari **Tabel 4.3** juga dapat dibuat suatu grafik respon frekuensi *band pass filter* (BPF) yang menyatakan respon frekuensinya terhadap tegangan *output*.

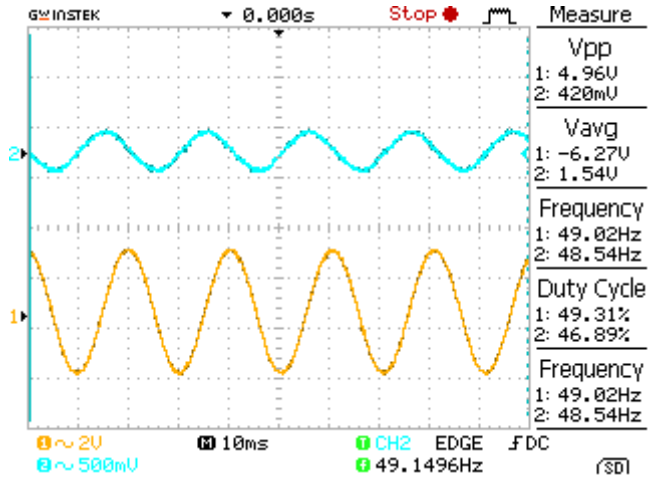


Gambar 4.6. Respon Frekuensi Rangkaian *Band Pass Filter* 20 - 500 Hz

Berdasarkan grafik respon frekuensi pada **Gambar 4.6**, dapat dilihat bahwa rentang frekuensi yang diloloskan pada hasil pengujian rangkaian *band pass filter* (BPF) ini adalah ~ 18 – 460 Hz. Sedangkan pada perancangan sebelumnya, rentang frekuensi yang diharapkan untuk diloloskan adalah pada frekuensi 20 – 500 Hz. f_L hasil pengujian dan f_L yang diharapkan memiliki selisih 2 Hz, sedangkan f_H hasil pengujian dan f_H yang diharapkan memiliki selisih 40 Hz. Selisih ini disebabkan karena pada perancangan rangkaian ini, komponen resistor memiliki nilai yang tidak ideal, denga nilai toleransi ±1 % dan ±5 %.

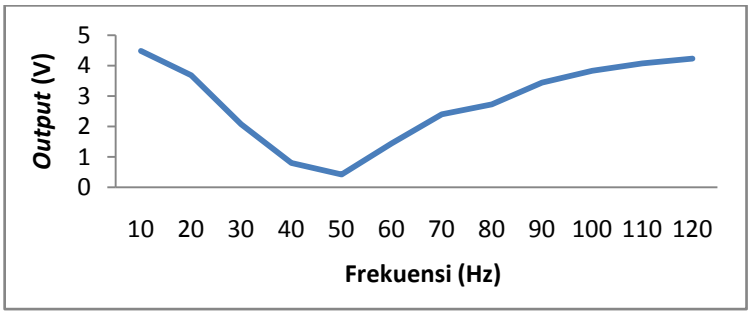
4.1.4 Pengujian Rangkaian *Notch Filter* 50 Hz

Pengujian rangkaian ini ditujukan untuk mendapatkan respon frekuensi dari rangkaian ini dan mengetahui apakah pada frekuensi 50 Hz sinyal dapat diredam oleh rangkaian ini. Pada **Gambar 4.7** berikut adalah salah satu realisasi hasil pengujian rangkaian *notch filter* 50 Hz ini, dimana sinyal berwarna kuning adalah sinyal *input*/masukan dan sinyal berwarna biru adalah sinyal *output*/keluaran.



Gambar 4.7. Realisasi Pengujian Rangkaian *Notch Filter* 50 Hz

Grafik respon frekuensi hasil pengujian di atas dapat ditunjukan pada **Gambar 4.8** di bawah dengan data hasil pengujian pada **Tabel 4.4**.



Gambar 4.8. Respon Frekuensi Rangkaian *Notch Filter* 50 Hz

Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Rangkaian *Notch Filter* 50 Hz

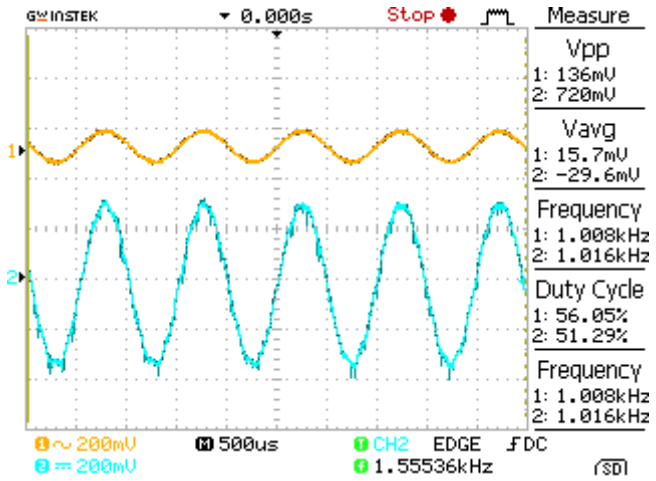
Input **(Vpp)**	**Frekuensi (Hz)**	***Output*** **(Vpp)**
4,96	10	4,48
	20	3,68
	30	2,07
	40	0,80
	50	0,42
	60	1,44
	70	2,40
	80	2,72
	90	3,44
	100	3,83
	110	4,07
	120	4,23

Dari grafik respon frekuensi *notch filter* pada **Gambar 4.8** di atas dapat dilihat bahwa sinyal *input* meredam paling besar pada frekuensi 50 Hz yang ditandai dengan penurunan tegangan mencapai 0,42 mVpp. Ini menunjukan bahwa hasil perancangan *notch filter* 50 Hz sudah seperti yang diharapkan, yaitu meredam pada frekuensi 50 Hz.

4.1.5 Pengujian Rangkaian Penguat Akhir (Penguat *Non-Inverting*) dengan Penguatan 5 Kali

Pengujian ini ditujukan untuk membandingkan hasil penguatan rangkaian secara pengujian dengan hasil penguatan rangkaian yang dirancang serta untuk mendapatkan persentase *error* penguatannya. Rangkaian penguat akhir ini menggunakan rangkaian penguat *non-inverting*.

Pada **Gambar 4.9** berikut adalah salah satu realisasi hasil pengujian rangkaian penguat akhir (penguat *non-inverting*) dengan penguatan 5 kali, dimana sinyal berwarna kuning menunjukan sinyal *input*/masukan dan sinyal berwarna biru menunjukan sinyal *output*/keluaran.



Gambar 4.9. Realisasi Pengujian Rangkaian Penguat Akhir (Penguat *Non-Inverting*) dengan Penguatan 5 Kali

Kemudian pada **Tabel 4.5 b**erikut adalah hasil pengujian rangkaian penguat akhir (penguat *non-inverting*) yang telah didapat.

Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Rangkaian Penguat Akhir (Penguat *Non-Inverting*)

Input **(Vpp)**	***Output*** **(Vpp)**	**Penguatan**
0,136	0,712	5,235
0,224	1,200	5,357
0,360	1,96	5,444
0,440	2,35	5,341
0,512	2,72	5,312

Dari data pada **Tabel 4.5** di atas dapat dihitung penguatan rata-rata untuk semua data.

$$A_{avg} = \frac{\sum_1^N A}{N} = \frac{5{,}235 + 5{,}357 + 5{,}444 + 5{,}341 + 5{,}312}{5} = 5{,}339$$

Dari perhitungan didapat bahwa A_{avg} atau penguatan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 5,339 kali, sedangkan pada perancangan aslinya, penguatan yang diharapkan adalah sebesar 5 kali. Persentesase *error* yang didapat dari hasil pengujian dapat dihitung sebagai berikut.

$$\%\ Error = |\frac{A_{aktual} - A_{pengujian}}{A_{aktual}}|x100\ \% = |\frac{5 - 5{,}339}{5}|x100\ \% = 6{,}78\ \%$$

Persentase *error* penguatan yang dihasilkan dari pengujian adalah sebesar 6,78 % dari penguatan yang telah dirancang. Hal ini disebabkan karena salah satu faktor nilai komponen yang tidak ideal, seperti resistor yang memiliki toleransi pada nilai resistansinya. Nilai sebagian resistor yang digunakan dalam perancangan rangkaian ini memiliki nilai toleransi ±1 % dan sebagian lagi memiliki nilai toleransi ±5 %. Resistor yang memiliki nilai toleransi ±5 % inilah

yang menyebabkan persentase *error* pada perancangan penguat akhir ini menjadi lebih besar dibandingkan persentase *error* pada penguatan kedua.

4.1.6 Pengujian Respon Waktu Sistem yang Dirancang untuk Mendeteksi Pergerakan Tangan Manusia yang Dilakukan

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan seberapa cepat waktu yang dibutuhkan sistem yang telah dirancang untuk mendeteksi pergerakan tangan manusia yang dilakukan. Dalam pengujian ini digunakan *stopwatch* untuk mendapatkan respon waktunya. Berikut adalah data hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Respon Waktu Pendeteksian Gerakan Tangan Manusia

Gerakan Tangan Manusia	Respon Waktu (detik)
Fleksi Supinasi	1,60
Ekstensi Supinasi	1,19
Fleksi Pronasi	1,86
Ekstensi Supinasi	0,84
Fleksi Supinasi	1,68

Berdasarkan data hasil pengujian yang dilakukan didapatkan bahwa respon waktu tercepat sistem untuk mendeteksi gerakan adalah pada gerakan ekstensi supinasi dengan respon waktu 0,84 – 1,19 detik, sedangkan yang paling lama adalah pada gerakan fleksi pronasi dengan respon waktu 1,86 detik. Respon waktu ini dipengaruhi oleh kecepatan mikrokontroler untuk dalam meng-eksekusi perintah. Respon waktu rata-rata yang didapat dari data hasil pengujian adalah 1,434 detik.

$$Respon_{avg} = \frac{\sum_1^N Respon\ Waktu}{N} = \frac{1{,}60 + 1{,}19 + 1{,}86 + 0{,}84 + 1{,}68}{5} = 1{,}434$$

4.2 Pengujian *Software*

Pengujian *software* ini ditujukan untuk mengetahui kemampuan beberapa proses dari program yang sudah dirancang dan pengaruhnya terhadap proses yang lainnya. Berikut adalah beberapa pengujian *software* yang akan dilakukan.

1. Pengujian proses *filter* digital dan pengujian kestabilan sistem *filter* yang dirancang.
2. Pengujian proses *filter* digital terhadap proses ekstraksi fitur.
3. Pengujian keakuratan proses klasifikasi terhadap *output* gerakan yang dihasilkan.

4.2.1 Pengujian Proses *Filter* Digital dan Pengujian Kestabilan Sistem *Filter* yang Dirancang

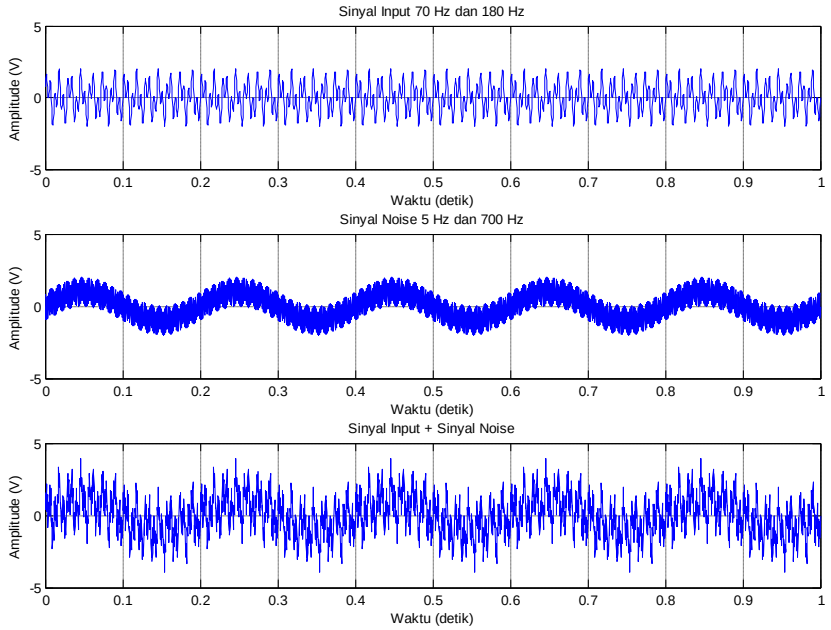
Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui apakah *filter* digital yang sudah dirancang sebelumnya dapat meredam frekuensi selain daripada frekuensi *pass band*-nya dan apakah sistem yang dirancang memiliki kestabilan atau belum. Berdasarkan hasil perancangan *filter* digital pada BAB III sebelumnya, *filter* digital IIR *Butterworth band pass* ini dirancang dengan spesifikasi: frekuensi *pass band* 60 - 250 Hz, frekuensi *stop band* pada 10 Hz dan 300 Hz, *ripple pass band* maksimum -3 dB, atenuasi minimum *stop band* -8 dB dan frekuensi *sampling* yang digunakan adalah 700 Hz.

Dari proses perhitungan pada BAB III sebelumnya didapatkan persamaan beda dari *filter* IIR yang dirancang ini adalah.

$$y[n] = 0{,}53x[n] - 0{,}53x[n-2] + y[n] - 0{,}27y[n-1] - 0{,}07y[n-2]$$

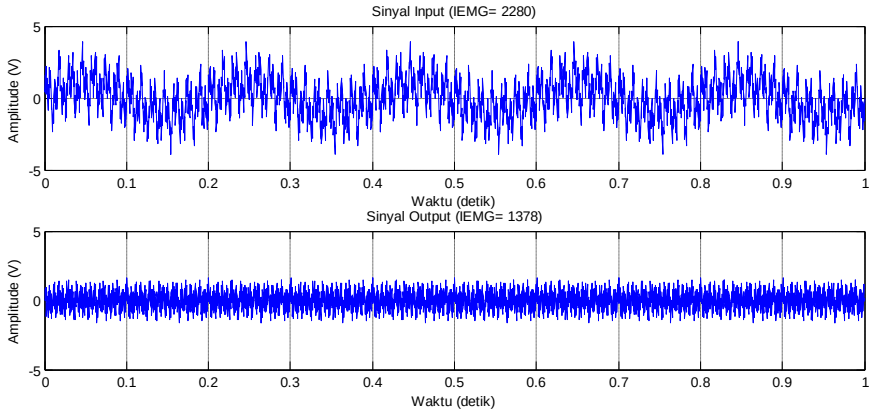
Dengan bantuan *software* MATLAB persamaan beda di atas dapat diimplementasikan dengan sinyal *input* berupa sinyal sinusoidal 70 Hz dan 180

Hz dan sinyal *noise* pada frekuensi 5 Hz dan 700 Hz. Pada **Gambar 4.10** berikut adalah realisasi hasil sinyal *input* yang digabung dengan sinyal *noise*.



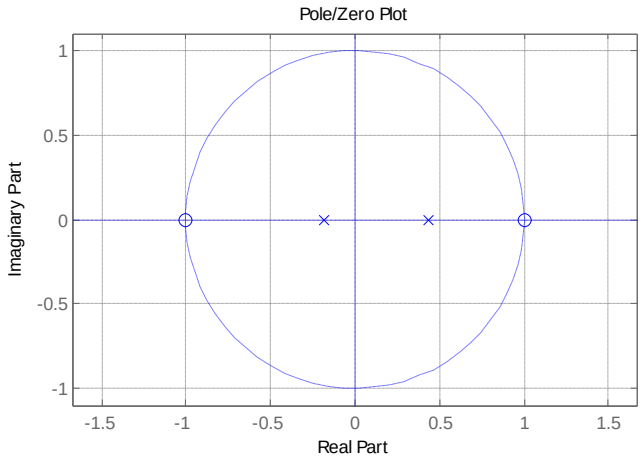
Gambar 4.10. Hasil Realisasi Sinyal *Input*, Sinyal *Noise* dan Sinyal Gabungan (Sinyal *Input* + Sinyal *Noise*)

Kemudian pada **Gambar 4.11** berikut adalah hasil realisasi sinyal *ouput* dengan meng-implementasikan persamaan beda yang telah didapat dari perhitungan pada BAB III sebelumnya.



Gambar 4.11. Hasil Realisasi *Filter* Digital IIR *Butterworth* 60-250 Hz

Pada **Gambar 4.11** di atas terlihat bahwa sinyal gabungan (sinyal *input* + sinyal *noise*) setelah masuk ke dalam persamaan beda *filter* yang dirancang dapat diredam pada frekuensi sinyal *noise*-nya, yaitu pada frekuensi 5 Hz dan 700 Hz. Kemudian dengan *software* MATLAB dapat dilihat kestabilan dari sistem *filter* digital yang telah dirancang yang ditunjukan pada **Gambar 4.12** berikut.

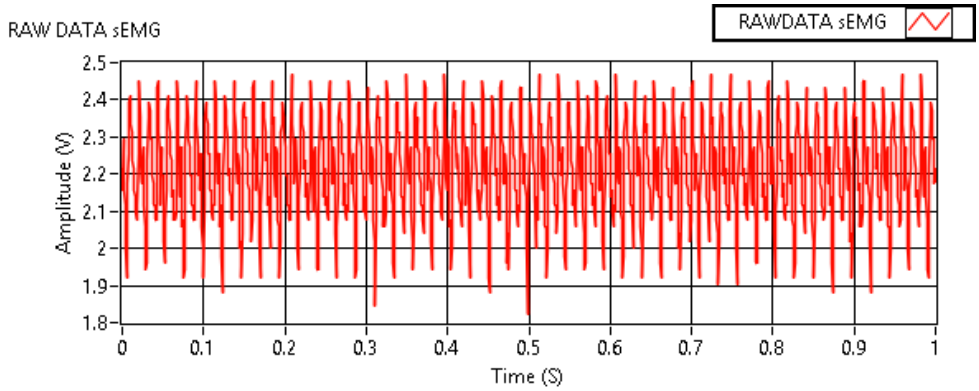


Gambar 4.12. *Plot Pole* dan *Zero* pada Sistem *Filter* Digital yang Dirancang

Pada **Gambar 4.12** di atas dapat dilihat bahwa *pole* dan *zero* terletak di dalam lingkaran satuan. Sistem akan stabil jika semua *pole* berada pada lingkaran satuan. Hasil realisasi di atas menunjukan bahwa sistem *filter* digital yang telah dirancang memiliki kestabilan sesuai yang diharapkan.

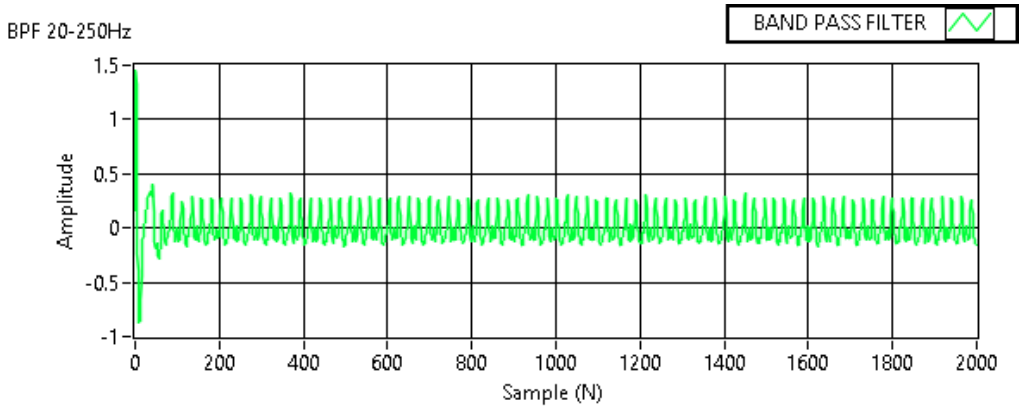
4.2.2 Pengujian Proses *Filter* Digital Terhadap Proses Ekstraksi Fitur

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan pengaruh *filter* pada *raw* data sinyal EMG dan pengaruh yang didapat terhadap nilai ekstraksi fitur yang digunakan, yaitu nilai *integrated* EMG (IEMG). *Filter* yang digunakan adalah *band pass* 60 - 250 Hz, karena pada frekuensi ini termasuk daerah dimana sinyal EMG muncul paling dominan (20 – 250 Hz). Gambar berikut adalah hasil pengujian proses *band pass filter*.



Gambar 4.13. *Rawdata* Sinyal EMG 2000 sampel saat Gerakan Fleksi Supinasi Tangan

Dari **Gambar 4.13** di atas dapat dilihat bahwa sinyal EMG masih berupa *raw* yang terlihat besar dan acak. Sinyal ini akan dijadikan sebagai sinyal *input*/masukan ke dalam proses selanjutnya, yaitu proses *filter*. Kemudian pada **Gambar 4.14** berikut adalah hasil realisasi *band pass filter* digital yang dirancang dengan masukan *rawdata* sinyal EMG pada **Gambar 4.13** sebelumnya.



Gambar 4.14. Hasil Realisasi *Band Pass Filter* Digital 60 - 250 Hz

Kemudian pada tabel selanjutnya adalah hasil pengujian nilai IEMG yang didapat saat masih berupa *raw* data dan setelah masuk ke proses *band pass filter*. Data hasil pengujian didapat dengan melakukan masing-masing gerakan tangan, yaitu ekstensi supinasi, fleksi supinasi dan fleksi pronasi.

Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Pengaruh Proses *Filter* Terhadap Nilai Ekstraksi Fitur, IEMG

Gerakan	IEMG Sinyal *Raw*	IEMG Setelah *Band Pass Filter* 60 - 250 Hz
Ekstensi Supinasi	2467,84	79,558
Fleksi Supinasi	2472,05	135,693
Fleksi Pronasi	2474,47	282,983

Berdasarkan hasil pengujian *filter* pada **Tabel 4.7** di atas didapat dilihat bahwa sinyal pada *raw* data sinyal EMG sebelum masuk ke proses *filter* memiliki nilai IEMG yang sangat besar, yaitu berkisar antara 2467,84 - 2474,47. Kemudian setelah masuk ke proses *band pass filter*, sinyal tersebut akan diredam pada rentang frekuensi 60 - 250 Hz dan didapatkan nilai IEMG yang berkisar antara 79,558 - 82,983.

4.2.3 Pengujian Keakuratan Proses Klasifikasi Terhadap *Output* Gerakan yang Dihasilkan

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan persentase keakuratan dari proses klasifikasi yang digunakan untuk menentukan pergerakan tangan robot yang akan dilakukan. Sistem klasifikasi menggunakan metode *perceptron*. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan percobaan pada masing-masing gerakan sebanyak sepuluh sampel, dan gerakan dilakukan secara acak. Berikut adalah data hasil pengujian yang dilakukan.

Tabel 4.8. Data Hasil Pengujian Proses Klasifikasi Terhadap *Output* Gerakan yang Dihasilkan

No	*Input* Gerakan Tangan Manusia	*Output* Gerakan Hasil Klasifikasi	
1	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
2	Fleksi Pronasi	×	Fleksi Supinasi
3	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
4	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi

No	*Input* Gerakan Tangan Manusia	*Output* Gerakan Hasil Klasifikasi	
5	Fleksi Supinasi	×	Ekstensi Supinasi
6	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi
7	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
8	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
9	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi
10	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
11	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi
12	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
13	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi
14	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
15	Fleksi Supinasi	×	Ekstensi Supinasi
16	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
17	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
18	Fleksi Pronasi	×	Fleksi Supinasi
19	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
20	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
21	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi
22	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
23	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi
24	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
25	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi
26	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
27	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
28	Ekstensi Supinasi	√	Ekstensi Supinasi
29	Fleksi Supinasi	√	Fleksi Supinasi
30	Fleksi Pronasi	√	Fleksi Pronasi

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan, ada empat gerakan tangan manusia yang dimana proses klasifikasi salah untuk mengenalinya. Kesalahan gerakan ini dapat digunakan sebagai parameter untuk menghitung persentase keakuratan proses klasifikasi untuk mengenali masing-masing gerakan.

$$\%\ Gerakan_{Ekstensi\ \ Supinasi} = \frac{10}{10} x100\ \% = 100\ \%$$

$$\%\ Gerakan_{Fleksi\ \ Supinasi} = \frac{8}{10} x100\ \% = 80\ \%$$

$$\%\ Gerakan_{Fleksi\ \ Pronasi} = \frac{8}{10} x100\ \% = 80\ \%$$

Dari perhitungan nilai persentase keakuratan yang telah dilakukan

didapatkan bahwa proses klasifikasi yang digunakan untuk mendeteksi gerakan ekstensi supinasi memiliki nilai persentase keakuratan 100 %, gerakan fleksi supinasi memiliki nilai persentase keakuratan 80 % dan gerakan fleksi pronasi memiliki nilai persentase keakuratan 80 %. Gerakan fleksi supinasi memiliki persentase keakuratan yang sama dengan gerakan fleksi pronasi. Dua gerakan ini memiliki persentase keakuratan yang kurang dari gerakan ekstensi supinasi dikarenakan dalam proses pembelajaran hanya mengenali nilai/pola yang sudah dimasukan sebelumnya. Oleh karena itu untuk menyamakan nilai/pola yang dapat dikenali oleh sistem klasifikasi harus dengan pengaturan kekuatan kontraksi otot yang dilakukan.