

# Perancangan Pendeteksi Sinyal EMG pada Gerak Lengan menggunakan *Wavelet Transform*

Andik Yulianto<sup>1)</sup>, Farhan Dwiarighi Putra<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Internasional Batam

Email: <sup>1)</sup> andik@uib.ac.id

<sup>2)</sup>cangkumis@gmail.com

## ABSTRAK

*Electromyogram (EMG)* adalah salah satu contoh *Human-Computer Interface (HCI)*. Sebuah alat yang membaca sinyal biopotensial otot yang kemudian direkam dan dapat diproses. Sudah banyak rancangan susunan rangkaian dan komponen EMG dengan tujuan dan hasil keluaran yang berbeda. Seperti yang telah dilakukan oleh Yaping Yu dan Zhaojie Ju. Dari rancangan – rancangan tersebut terdapat beberapa rangkaian dan komponen yang penting untuk EMG yaitu *Instrumentation Amplifier*, *Bandpass Filter*, *Gain Amplifier*, dan Elektroda. Dari keempat komponen tersebut sinyal yang dihasilkan dari gerakan lengan sudah dapat diproses dan diidentifikasi dengan *Wavelet Transform (WT)* yang dapat mengeluarkan informasi sinyal pada *time-frequency domain* terutama *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, WT yang dirancang khusus untuk *digital signal processing*. Pengujian rangkaian telah dilakukan. Keluaran dari rangkaian diproses dengan DWT menggunakan 5 *mother wavelet* menghasilkan informasi sinyal EMG yang dapat mengidentifikasi sebagai gerakan lengan telah didapatkan.

**Kata kunci:** *Human-Computer Interface (HCI)*, *Electromyogram (EMG)*, *Discrete Wavelet Transform*

## ABSTRACT

*Electromyogram (EMG)* is one example of *Human-Computer Interface (HCI)*. A device that reads a biopotential signal which is then recorded and read. There have been many different designs of EMG circuits and components with different objectives and outputs. Just as Yaping Yu and Zhaojie Ju had done. From these designs, there are several circuits and components that are important for EMG, namely *Instrumentation Amplifier*, *Bandpass Filter*, *Gain Amplifier*, and *Electrodes*. From the four components, the signal generated from the arm movement can be identified with a *Wavelet Transform (WT)* which can output signal information in the *time frequency domain*, especially *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, WT which is specially designed for *digital signal processing*. Circuit testing has been carried out. The output of the circuit with DWT using 5 *mother wavelets* produces an EMG signal which can be shown as the arm movement obtained.

**Keywords:** *Human-Computer Interface (HCI)*, *Electromyogram (EMG)*, *Discrete Wavelet Transform*

Copyright © TELCOMATICS Journal. All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Sebuah interaksi dengan istilah *Human-Computer Interface (HCI)* muncul dengan tujuan merubah gerakan – gerakan manusia menjadi perintah – perintah komputer dengan tujuan mempermudah interaksi komputer dengan manusia [1]. Salah satu HCI adalah *Electromyograph (EMG)*, alat yang membaca sinyal yang dikirimkan dari neuron otak ke otot yang disebut sinyal biopotensial [2][3].

Rangkaian – rangkaian yang digunakan untuk sebuah EMG menghasil sinyal yang berbeda. Beberapa rangkaian utama yang membangun EMG antara lain adalah

*Instrumentation Amplifier (IA)*, *Bandpass Filter (BF)* dan *Gain Amplifier (GA)* seperti yang dipakai pada penelitian [4][5][6].

Ditambah sebuah komponen penting EMG yaitu Elektroda. Adapun 2 jenis elektroda yang banyak dipakai adalah *wet surface electrode (WSE)* dan *dry surface electrode (DSE)*. WSE merupakan sebuah electrode yang digunakan dengan menambahkan *gel AgCl* antara permukaan elektroda dan kulit untuk memperbagus pembacaan sinyal dengan kelemahan ketidaknyamanan pemakaian dan jangka waktu pemakaian. *Dry surface electrode* menutupi kelemahan itu terutama jenis *textile dry surface electrode* [2][7].

Sinyal yang berhasil dibaca dari EMG biasanya diidentifikasi menjadi gerakan seperti gerakan tangan saat menulis atau gerakan yang sering dilakukan manusia seperti menggenggam [9][10].

Adapun metode – metode yang dipakai untuk memproses sinyal dari EMG seperti *Principal Component Analysis (PCA)*, *simple logistic regression (SLR)*, *Fast Fourier Transform (FFT)* dan *Wavelet Transform (WT)* dengan SLR yaitu *AR coefficient* memiliki hasil yang stabil, WT yaitu *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dengan error rekonstruksi kecil dan *Fused Wavelet Transform (FuWT)* yang memberikan persentase pengidentifikasian lebih tinggi dari pada (WT) biasa [5][11][12].

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah EMG dengan beberapa komponen yang telah digunakan dan mengidentifikasi gerak lengan berdasarkan sinyal EMG yang direkam menggunakan *wavelet transform* dengan *5 mother wavelet* yang berbeda.

## II. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian mengenai EMG sudah banyak dilakukan dan diterapkan. Mendesain EMG, penghilangan noise dan keakuratan pengenalan pola gerakan (*movement patern*) merupakan fokus dari penelitian – penelitian tersebut.

Desain EMG dengan berbeda macam rangkaian sudah banyak diterapkan seperti M. Hamza Khan pada tahun 2012 mendesain sebuah EMG *portable* untuk digunakan pada prostesis aktif dengan IA INA121 dan AD620 dan elektroda ag/agcl basah sekali pakai dan elektroda batang. Susunan rangkaian yang digunakan adalah IA dengan *DC coupled* dan *AC coupled*, *right leg driver circuit*, BP dengan *2<sup>nd</sup> order highpass filter* dan *2<sup>nd</sup> order lowpass filter*, *notch filter*, dan *linear envelop detector*. Pada desain ini, penggunaan *notch filter* yang bertujuan untuk menghilangkan dari sinyal 50Hz *power line* juga dapat menghilangkan sinyal EMG pada frekuensi tersebut dan hanya mendeteksi EMG *burst* yaitu sinyal lonjakan yang dikerluarkan ketika ada pergerakan pada otot target. Sinyal EMG tersebut berhasil digunakan untuk mendeteksi pergerakan *flexion* dan *extension* otot untuk menggerakkan robot lengan dengan dua gerakan yaitu menggenggam dan membuka seperti telapak tangan [4].

Pada tahun 2014, P. Geethanjali menggunakan IA yang berbeda yaitu INA126

menambahkan RF rejection filter, protection circuit, variable gain amplifier, dan offset circuit setelah BP dan tidak memakai notch filter dan right leg driver. RF rejection filter disini merupakan sebuah highpass filter yang memotong sinyal pada 9Hz. Sinyal dibawah 9Hz ini dianggap sebuah sinyal noise dari surface electrode. Protection circuit berguna untuk melindungi pengguna jika ada kesalahan pada rangkaian. Sebuah variable gain amplifier digunakan untuk menguatkan sinyal sebelum difilter dan offset circuit merupakan rangkaian untuk mengatur offset dari sinyal yang dihasilkan. Dalam pengambilan pattern, digunakan 4 channel EMG atau 4 buah EMG pada otot yang berbeda dan digunakan untuk menggerakkan sebuah prosthetic hand yang mempunyai 5 jari. Pergerakan yang dapat dilakukan adalah hand close, hand open, wrist flexion, wrist extention, ulnar deviation, hand supination, dan radial deviation [5].

Pada tahun 2015 Narayan hanya menggunakan 2 rangkaian yaitu IA dan BP dimana IA yang digunakan menggunakan OPA650P. Pada penelitian ini gerakan yang dideteksi adalah gerakan kaki saat berjalan [6].

Pengunaan elektroda secara terus menerus dan faktor kenyamanan pengguna merupakan hal penting untuk EMG. Sebuah penelitian terpisah pada tahun 2010 oleh Beckmann tentang penggunaan elektroda berbahan kain untuk mengetahui karakteristik – karakteristik jenis – jenis elektroda dan konduktor berbahan kain. ada 8 jenis elektroda dan 5 jenis kain konduktor yang dipakai. Beckmann menjelaskan bahwa tidak hanya jenis dan kombinasi bahan konduktor dan non-konduktor yang digunakan, cara pembuatan kain juga mempengaruhi. Ada juga masalah penekanan yang mempengaruhi jarak antara kulit dan elektroda.

Pada penelitian lain elektroda untuk digunakan sebagai pengukur biopotensial dengan *screen printing* tinta ag/agcl ke kain dengan hasil yang cukup bagus dengan memperhatikan tingkat kenyamanan dan kemudahan pemakaian dan untuk faktor noise dinyatakan bahwa penekanan elektroda dan penggunaan bahan kain yang lebih fleksibel dapat mengurangi noise tersebut [7][8].

Sinyal EMG yang ada belum dapat dikenali secara langsung. Dibutuhkan metode – metode untuk memproses dan mengidentifikasi

sinyal – sinyal tersebut. Geethanjali menggunakan *principal component analysis* (PCA) yaitu *simple logistic regression* (SLR), *J48 algorithm for decision tree* (DT), dan *logistic model tree* (LMT) seperti *mean absolute value* (MAV), *zero crossings* (ZC), *slope sign changes* (SSC), *waveform length* (WL) dan *fourth-order AR coefficients* pada *time-domain*, *fast fourier transform* dan *wavelet transform* pada *frequency-domain* dan *time-frequency domain*. Geethanjali mendapatkan bahwa hasil yang paling stabil yaitu SLR, *AR coefficient* [5].

Adapun Ikhwan Mustiadi, dkk yang menggunakan *Wavelet Discrete Transform* untuk mengekstraksi ciri sinyal EMG. Dari banyak fungsi yang dicoba *Mother Wavelet Simlet level 8* memiliki *error* rekonstruksi paling sedikit [11].

Karena banyaknya jenis *Mother Wavelet*, Yaping Yu, dkk pada tahun 2015 lalu menggabungkan 3 wavelet dengan menggunakan *BP Neural Network* untuk mengidentifikasi pola gerakan. Hasil yang didapatkan sangat tinggi yaitu 93.8% ketepatan pengidentifikasian gerakan [12].

#### A. Gain Amplifier

Dasar penggunaan sebuah *Operational Amplifier* (opamp) adalah sebagai penguat. Ada beberapa konfigurasi opamp sebagai penguat. Berikut merupakan konfigurasi opamp sebagai penguat yaitu *Inverting Amplifier* dimana opamp ini membalikkan sisi negatif dan positif sinyal dan menguatkan, *Non-Inverting Amplifier* dengan fungsi yang sama seperti *inverting amplifier* tetapi tidak membalikkan sisi positif dan negatif dan menguatkan dan *Buffer Amplifier* (BA) yang memiliki penguatan sebesar 1 [13].

#### B. Differential Amplifier dan Instrumentation Amplifier

*Differential Amplifier* (DA) merupakan konfigurasi opamp untuk membedakan tegangan antara dua input yang diberikan pada input negatif dan input positif dari opamp tersebut. Pada pada kedua masukan DA terdapat sinyal yang disebut *Common Mode* (CM) yaitu sinyal yang memiliki fasa dan frekuensi yang sama. Dimana sebuah DA mempunyai sebuah *Common Mode Rejection Ratio* (CMRR) untuk menghilangkan sinyal CM tersebut karena sinyal CM adalah sebuah

*noise* gelombang elektromagnetik seperti sinyal *power line* [13][14].

*Instrumentation Amplifier* (IA) merupakan konfigurasi opamp yang merupakan DA dengan BA pada kedua input. Kegunaan BA tersebut untuk memberikan *High Input Impedances*. IA juga memperbesar CMRR yang ada pada DA [13].

#### C. Bandpass Filter

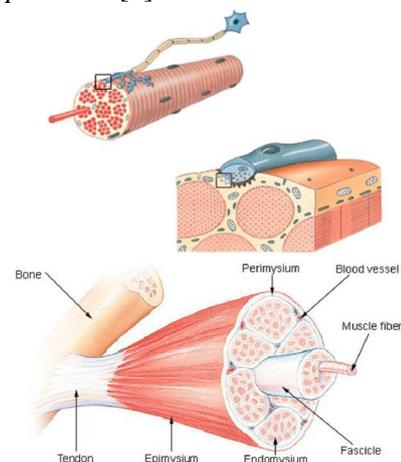
*Bandpass* merupakan sebuah filter yang terbagi menjadi 2 tahap. Yaitu *highpass filter* dan *lowpass filter*. *Highpass filter* melewatkan sinyal pada frekuensi tinggi dan memotong sinyal pada frekuensi rendah. *Lowpass filter* melewatkan sinyal pada frekuensi rendah dan memotong sinyal pada frekuensi tinggi [13].

Untuk setiap filter terdapat sebuah orde yang menyatakan tingkat amplitude frekuensi yang dipotong. Semakin tinggi orde filter semakin akurat pemotongan frekuensi [13][14].

Untuk orde filter diatas dua ada beberapa nama filter yang masing – masing memiliki karakteristik unik sendiri diantaranya yaitu *Butterworth*, *Chebyshev*, dan *Bessel* [14].

#### D. Biopotensial, Electromyogram (EMG) dan Elektroda

Biopotensial atau sinyal bioelektrik dihasilkan oleh syaraf otot dimana ketika otot berkontraksi terjadi pergerakan ion yang menghasilkan beda potensial yang dapat di ukur. Dan juga reaksi elektrokimia dan pergerakan sinyal pada jaringan syaraf. Sinyal – sinyal ini mempunyai tegangan berkisar microvolt dan memiliki pola – pola sinyal yang unik. Sinyal – sinyal ini biasanya disebut juga *action potential* [3].



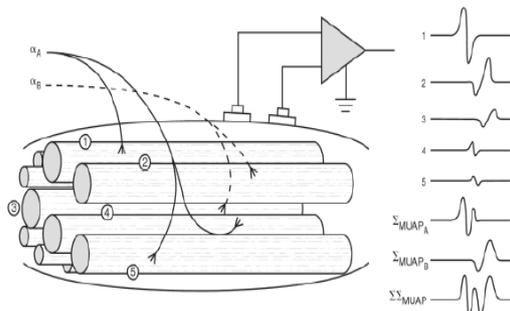
Gambar 1. Syaraf pada otot dan jaringan otot [17]

Sinyal bioelektrik harus direkam dari permukaan kulit sebelum diteruskan ke *amplifier* untuk perekaman. Hal ini dilakukan dengan menggunakan elektroda. Elektroda membuat kontak dengan konduksi ionik pada jaringan kulit ke konduksi elektronik untuk melakukan perekaman [3].

Elektroda merupakan bagian terpenting dalam perekaman sinyal bioelektrik maka dari itu diperlukan konsiderasi yang besar dalam pemilihannya seperti efek bahan yang digunakan dan artifak atau noise dari bahan atau komponen elektroda tersebut [3].

Seperti *Conductive Fabric / Textile* merupakan kain yang dapat menghantarkan arus listrik. Kain ini selain berbahan dasar seperti *nylon*, atau kapas juga dirajut dengan bahan konduktif metal seperti perak, *stainless steel*, karbon, tembaga, dan emas atau *polymer* konduktif dan tinta konduktif [15].

Kontraksi pada otot tulang menghasilkan sebuah *action potential* pada setiap serat otot, sebuah perekaman yang biasa disebut *electromyogram*. Repolarisasi beraksi lebih cepat, dan *action potential* hanya berlangsung beberapa milisekon. Rata – rata pengukuran EMG hanya digunakan untuk mengetahui aktifitas otot tertentu atau sekelompok otot dari pada masing – masing serat otot, pola EMG biasanya merupakan penjumlahan dari *action potential* dari masing – masing otot yang diobservasi [2][3].



Gambar 2. *Action potential* yang terbaca oleh EMG

Berkisar antara 50 mikrovolt sampai 5 milivolt dan memiliki durasi sekitar 2 sampai 15 milisekon, hasilnya berbeda – beda sesuai posisi otot, ukuran dan lokasi peletakan elektroda. Pada keadaan relaks atau tidak ada gerakan, *action potential* sama sekali tidak terbaca [3].

### E. Wavelet Transform

*Wavelet transform* (WT) adalah metode pemrosesan sinyal dimana keluarannya berupa data yang merepresentasikan frekuensi dan waktu dalam sinyal. WT mengikuti prinsip ketidakpastian sinyal Heisenberg dimana momentum dan posisi sebuah partikel bergerak tidak dapat diketahui bersamaan dimana untuk WT, WT akan memberikan data sinyal pada frekuensi tinggi lebih mudah dilihat dalam waktu yang sempit, dan pada frekuensi rendah lebih mudah dilihat dalam waktu yang lebar [16].

*Mother wavelet function* (MW) adalah sebuah fungsi yang mendefinisikan sebuah *wavelet*, yaitu sebuah gelombang osilasi dimana memiliki amplitudo yang dimulai dari nol dan berakhir pada nol lagi. Rumusan untuk MW adalah sebagai berikut. Dimana  $\tau$  adalah parameter translasi,  $s$  adalah parameter skala, dan  $\psi$  adalah parameter *wavelet* [16].

$$\Psi_{\tau,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (1)$$

Ada dua jenis dasar WT yaitu *continuous wavelet transform* (CWT) dan *descrete wavelet transform* (DWT). CWT memiliki rumusan dengan  $x(t)$  adalah nilai sinyal dalam waktu  $\Psi_{\tau,s}(t)$  adalah *mother wavelet function*.

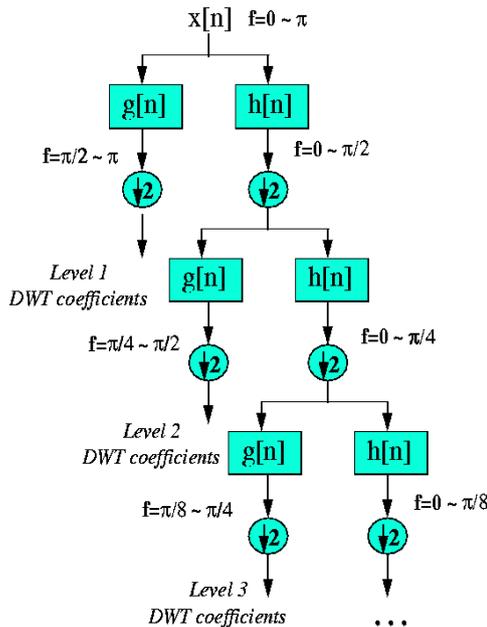
$$CWT_x^\Psi(\tau,s) = \Psi_x^\Psi(\tau,s) = \int x(t) \Psi_{\tau,s}(t) dt \quad (2)$$

Pada DWT, Mallat mengenalkan sebuah algoritma dengan nama *Quadrature Mirror Filter* (QMF) dimana proses DWT akan dibagi menjadi dua yaitu *highpass filter* dan *lowpass filter* dengan rumusan:

$$y_{high}[k] = \sum_n x[n] * g[2k - n] \quad (3)$$

$$y_{low}[k] = \sum_n x[n] * h[2k - n] \quad (4)$$

Proses *highpass* dan *lowpass* diatas disebut juga *subsampling*. Untuk setiap kali *subsampling* lebar data akan dibagi menjadi dua. Setiap keluaran *highpass* disebut dengan koefisien DWT. Keluaran *lowpass* akan di-*subsampling* kembali dan akan menghasilkan *highpass* dan *lowpass*. Proses ini akan diulang sebanyak dengan *level* koefisien yang diberikan atau koefisien terakhir hanya memiliki 1 data [16].



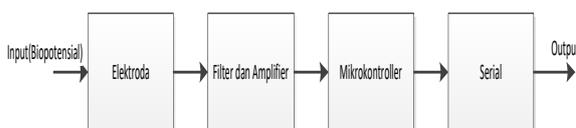
Gambar 3. Proses QMF pada DWT [18]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, rancangan penelitian dibagi menjadi beberapa bagian utama yaitu perancangan sistem kerja *hardware* dan perancangan sistem kerja *software* seperti yang tampak pada Gambar 1. Metode yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah *Wavelet Transform* sebagai pengidentifikasi gerakan lengan.

A. Perancangan Sistem Kerja *Hardware*

Masukan berupa sinyal biopotensial otot dari kulit yang terhubung dengan DSE berbentuk sinyal dengan frekuensi dan amplitudo yang sangat kecil. Dibutuhkan filter dan amplifier untuk memfilter sinyal yang tidak dibutuhkan dan memperbesar sinyal agar dapat terbaca oleh mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler akan meneruskan hasil dari penangkapan sinyal EMG melalui komunikasi serial yang kemudian data keluaran dapat diolah kembali.



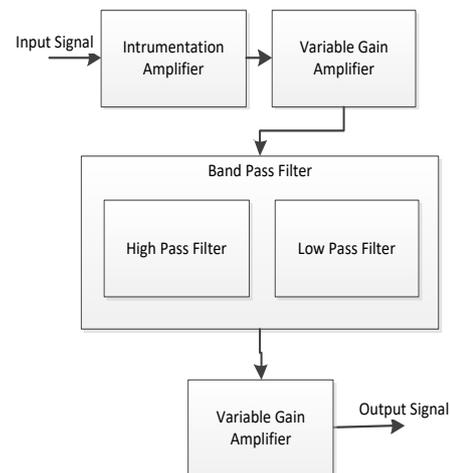
Gambar 1. Diagram Blok *Hardware*



Gambar 2. Conductive fabric untuk bahan elektroda dan kain tempat elektroda

Pemilihan elektroda dengan kain konduktif disebabkan oleh kenyamanan dan kemudahan dalam pemakaian elektroda untuk jangka panjang. Untuk meningkatkan penekanan dan menyempitkan pergerakan elektroda maka digunakan jenis kain yang fleksible dan elastis untuk tempat elektroda. Jenis kain yang dipakai seperti karet, kain lycra, spandex rayon atau polyester rib. Bahan kain yang digunakan pada penelitian ini tampak seperti pada Gambar 2.

Untuk rangkaian filter dan amplifier yang digunakan terdapat 5 jenis rangkaian, masing – masing rangkaian saling terpisah untuk mempermudah pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. *Opamp* yang akan digunakan merupakan *opamp* TL072 dan *opamp* TL074.



Gambar 3. Diagram Blok *Filter dan Amplifier*

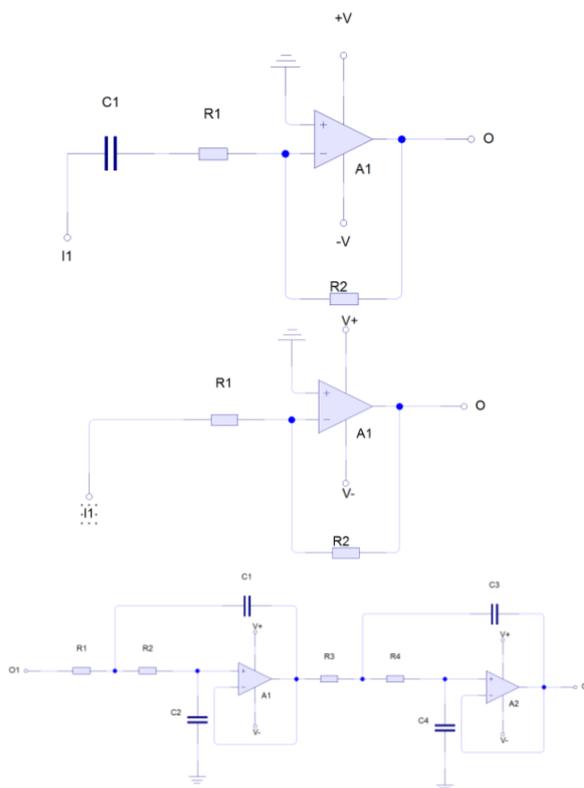
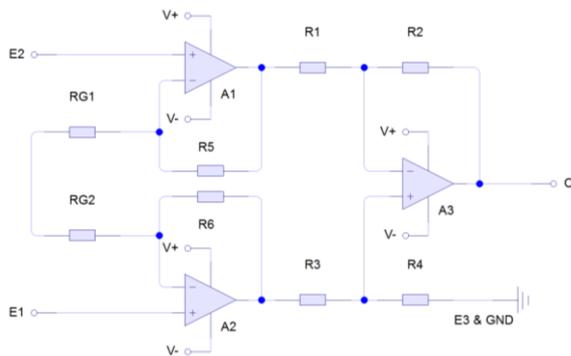
IA yang akan digunakan terdiri dari 3 *opamp* Dimana akan digunakan *variable resistor* untuk setiap resistor agar resistansi dapat diatur untuk mengurangi perbedaan resistansi. Pada dasarnya sinyal EMG merupakan perbedaan biopotensial antara satu titik motor neuron dengan motor neuron lainnya yang bertempatan

secara berbaris dan mengikuti struktur otot. Dua elektroda akan dihubungkan ke masing – masing masukan IA. Sebuah elektroda ketiga digunakan untuk menghubungkan bagian *ground* dengan badan manusia.

Penguat pertama (A1) yang berguna untuk penguatan awal sebelum sinyal difilter karena sinyal EMG memiliki tegangan yang kecil, antara micro volt sampai mili volt.

Bagian pertama BF adalah *highpass filter* yang akan memfilter sinyal dibawah 5Hz dan *lowpass filter* yang akan memfilter sinyal diatas 100Hz.

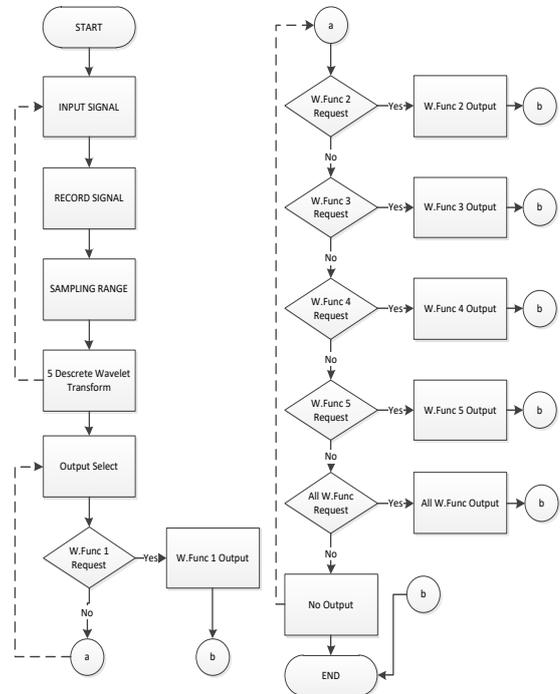
Penguat kedua (A2) beguna untuk menguatkan sinyal ke dalam jangkauan yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Keseluruhan skematik rangkaian filter ditunjukkan pada Gambar 4.



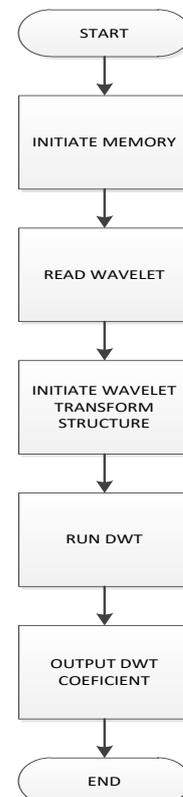
Gambar 4. Skematik EMG

## B. Perancangan Sistem Kerja Software

*Mother wavelet* yang digunakan ada 5 macam. Adapun *flowchart software* yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Software



Gambar 6. Flowchart DWT

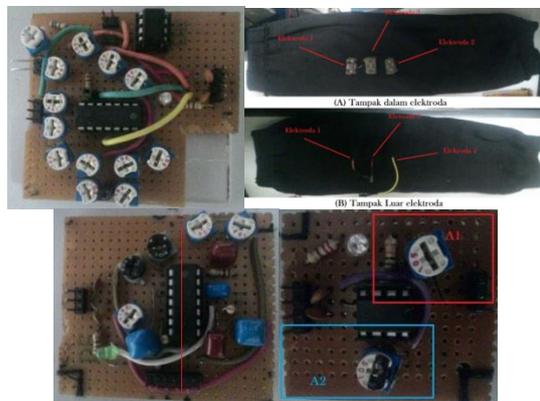
Sinyal masukan pada pin mikrokontroler akan diterima dan disimpan. Panjang sinyal yang akan disimpan ditentukan terlebih dahulu. Lalu sinyal yang sudah tersimpan akan digunakan sebagai masukan DWT. Kelima DWT diproses secara paralel atau bersamaan. Keluaran dari DWT yang akan diambil dapat dipilih melalui komunikasi serial.

Karena *mother wavelet* yang digunakan banyak dan digunakan secara paralel maka program dibuat modular agar mempersingkat *script* program. DWT sendiri memiliki beberapa tahap yang harus diproses. Proses pertama merupakan pemilihan *mother wavelet*. Tahap kedua adalah penentuan nilai *sampling* atau panjang sinyal yang akan diproses dan *mother wavelet*. Tahap ketiga adalah memberikan masukan ke DWT. Diagram alir pada proses ini ditunjukkan pada Gambar 6.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Rangkaian EMG

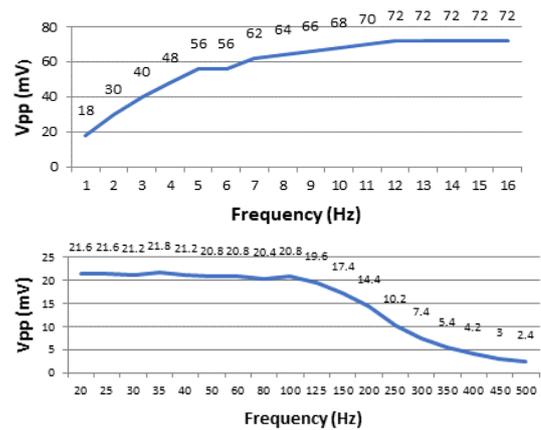
Terdapat 5 rangkaian yang akan diuji. Instrumentation Amplifier, Bandpass Filter yang memiliki dua bagian yaitu Highpass Filter dan Lowpass Filter, dan 2 Gain Amplifier.



Gambar 7. Rangkaian EMG dan Elektroda

CMRR pada IA dengan besar 77.64 dB yaitu 7620 kali dapat meredam sinyal *common mode* sebesar 7.5V lebih.

Dapat dilihat dari gambar diatas pengecilan amplitudo sinyal terhadap frekuensi. Pada frekuensi 11Hz sampai 7Hz pengecilan sebesar 2mV dimana pengecilan dimulai dari frekuensi 11Hz. Pada frekuensi 6Hz dan 5Hz memiliki tegangan yang sama dapat dikarenakan kesalahan pembacaan.



Gambar 8. Grafik keluaran Highpass filter dan Lowpass filter

Dapat dilihat dari gambar diatas pengecilan amplitudo sinyal terhadap frekuensi. Pada frekuensi 20Hz sampai 40Hz terjadi perubahan nilai yang tidak stabil karena kesalahan pembacaan oleh *oscilloscope* yang tidak stabil. Pengambilan data berjarak 5Hz karena semakin sedikitnya data yang akan diambil dan data yang semakin stabil. pada frekuensi 50Hz sampai 100Hz terjadi hal yang sama seperti pada 20Hz sampai 40Hz dengan jarak pengambilan data 20Hz. Dapat dilihat bahwa pengecilan signifikan dimulai dari frekuensi diatas 100Hz. Karena pengambilan data diatas 100Hz berjarak 50Hz tidak dapat dilihat pengecilan yang konstan

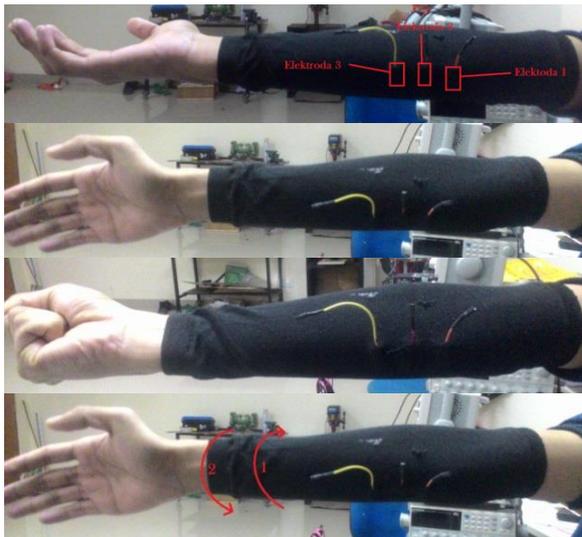


Gambar 9. Hasil pengujian A1 dan A2

Pada Gambar 9 didapatkan masukan yang terbaca sebesar 216mV, dan keluaran yang terbaca sebesar sekitar 1V dimana pembesaran sebesar sekitar 5 kali untuk A1 dan A2.

B. Pengujian EMG dan Elektroda

Seluruh rangkaian digabungkan dimulai dari elektroda ke masukan IA. Lalu keluaran IA dihubungkan ke masukan A1. Keluaran A1 dihubungkan ke masukan BF. Dan keluaran BF akan dihubungkan ke masukan A2 sesuai dengan Gambar 3 Blok diagram *filter* dan *amplifier*. Peletakan elektroda dan gerakan pada lengan ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Peletakan elektroda dan gerakan tangan rest A, rest B, grip, dan roll left

Dapat dilihat pada data no.1 dari Tabel 1 bahwa masih adanya *noise*. *Noise* tersebut merupakan *noise power line* 50Hz. Adapun sinyal yang dibaca tidak memiliki *noise power line* seperti pada Gambar 11.

Munculnya *noise power line* tersebut dikarenakan peletakan elektroda ketiga yaitu GND yang kurang tertekan dengan kulit. Sinyal diatas didapat dengan menghubungkan kulit dengan GND menggunakan *alligator clip*.

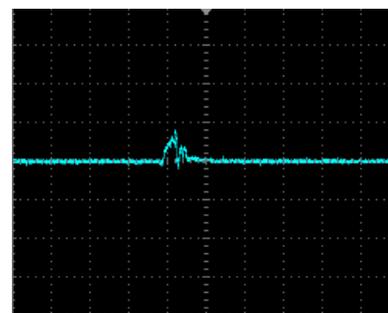
Pengambilan *roll left A*, *roll left B*, dan *roll left C* memiliki kecepatan gerakan yang berbeda dimana *roll left A* lambat, *roll left B* sedang, dan *roll left C* cepat, begitu juga pengambilan *grip A*, *grip B*, dan *grip C* yang memiliki kekuatan gengam yang berbeda dimana *grip A* kuat, *grip B* sedang, dan *grip C* lemah.

### C. Pendeteksian Gerakan Lengan dengan Wavelet Transform

Keluaran EMG dihubungkan dengan mikrokontroller untuk diproses oleh *wavelet transform* (WT) yaitu *descrete wavelet transform* (DWT). Lebar sinyal yang akan diproses sebesar 1400 data yang didapatkan dalam 140ms. Gerakan yang akan dideteksi ada 4 yaitu *rest A*, *rest B*, *grip*, dan *roll left* dimana percobaan dilakukan 8 kali dengan 2 kali *Rest*, 3 kali *grip* dengan kekuatan yang berbeda, dan 3 kali *roll left* dengan kecepatan yang berbeda.

Tabel 1. Hasil Pembacaan EMG

No.	Oscilloscope Output	Keterangan
1		Rest (zoom in)
2		Rest
3		Griping A
4		Griping B
5		Griping C
6		Roll Left A
7		Roll Left B
8		Roll Left C



Gambar 11. Pembacaan EMG tanpa *noise power line* 50Hz

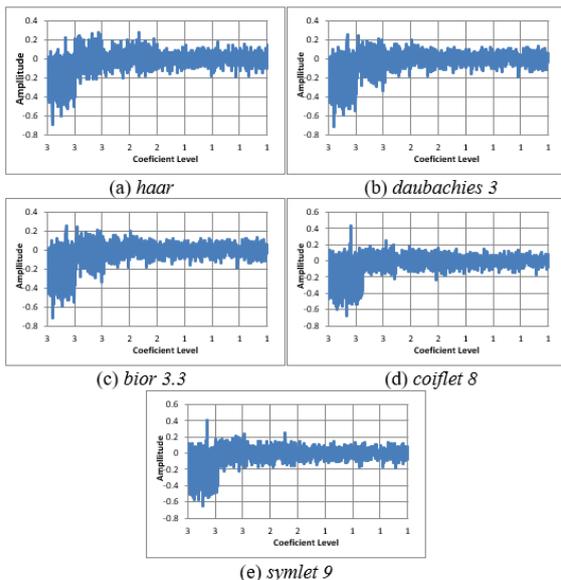
**D. Pendeteksian Gerakan Lengan dengan Wavelet Transform**

Keluaran EMG dihubungkan dengan mikrokontroller untuk diproses oleh *wavelet transform* (WT) yaitu *descrete wavelet transform* (DWT). Lebar sinyal yang akan diproses sebesar 1400 data yang didapatkan dalam 140ms. Gerakan yang akan dideteksi ada 4 yaitu *rest A*, *rest B*, *grip*, dan *roll left* dimana percobaan dilakukan 8 kali dengan 2 kali *Rest*, 3 kali *grip* dengan kekuatan yang berbeda, dan 3 kali *roll left* dengan kecepatan yang berbeda. Dimana *roll left A* lambat, *roll left B* sedang, *roll left C* cepat, *grip A* kuat, *grip B* sedang, dan *grip C* lemah.

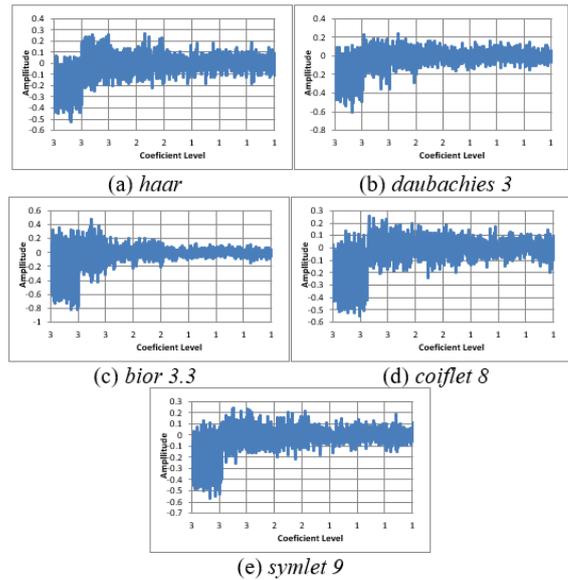
*Mother wavelet* yang digunakan ada 5 yaitu *haar*, *daubachies 3*, *bior 3.3*, *coiflet 8*, dan *symlet 9* dengan tingkat koefisien *level 3*. *level* koefisien akan ditampilkan pada grafik keluaran karena setiap *level* koefisien memiliki panjang data yang berbeda dimana semakin besar *level* koefisien semakin detail pembacaan pada frekuensi bagian tinggi sesuai dengan cara kerja DWT.

Data pada Gambar 12 dan Gambar 13 hampir memiliki bentuk yang sama untuk kedua gerakan *rest A* dan *rest B* kecuali untuk *bior 3.3* dan *coiflet 8* untuk *rest B*.

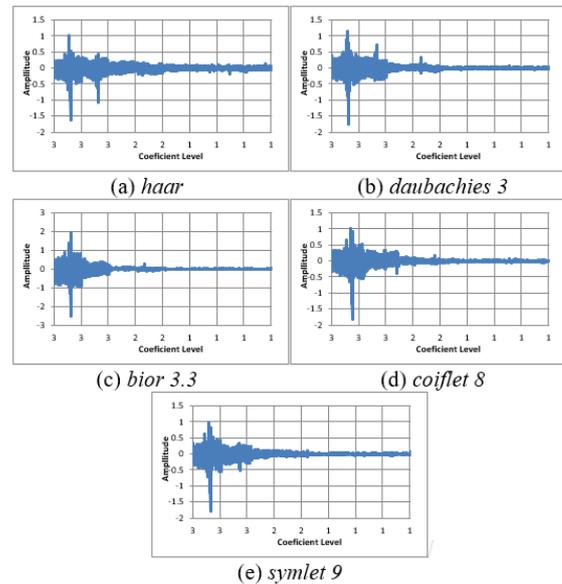
Data pada Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16 dapat dilihat bahwa besar sinyal yang akan diproses mempengaruhi besar keluaran koefisien DWT.



Gambar 12. Keluaran koefisien DWT *rest A*



Gambar 13. Keluaran koefisien DWT *rest AB*

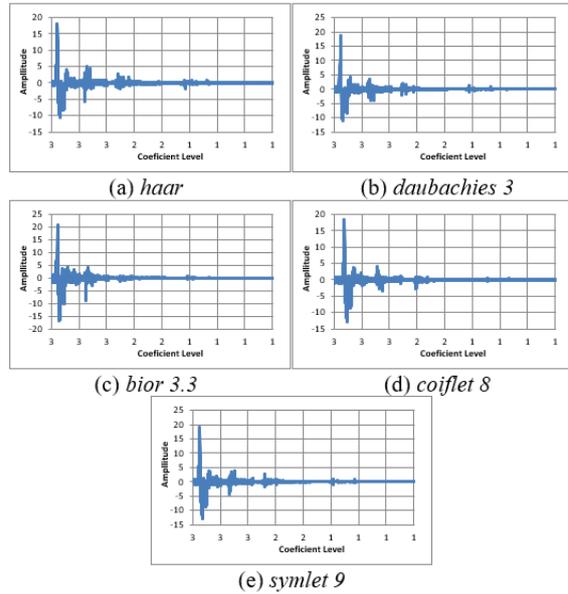


Gambar 14. Keluaran koefisien DWT *grip A*

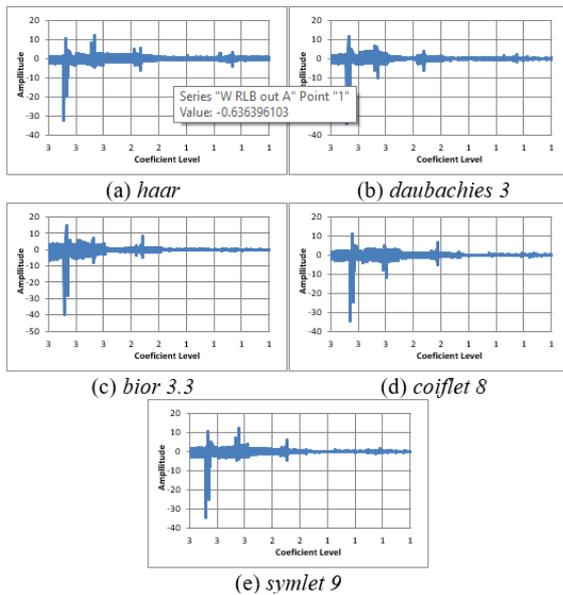
Pada Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19. memiliki perbedaan sinyal yang cukup banyak dikarenakan kecepatan pergerakan yang berbeda.

Dari semua tersebut, untuk setiap *mother wavelet* memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan dapat dilihat pada setiap koefisien DWT. Dapat dilihat bahwa *bior 3.3* memiliki detail yang lebih kecil pada awal koefisien DWT *level 3 highpass* dari pada yang lain. *bior 3.3* memiliki perbedaan nilai yang besar antara koefisien DWT *level 3*, *level 2* dan *level 1*. *Daubachies 3*, *coiflet 8*, dan *symlet 9* terkadang memiliki koefisien DWT yang hampir sama pada koefisien DWT *level 3* dan

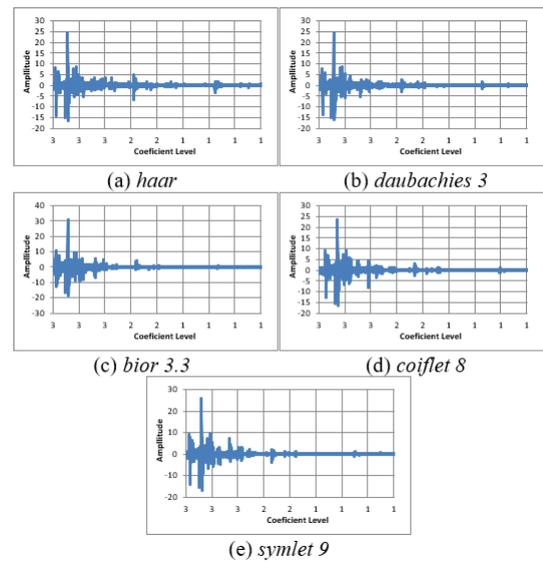
koefisien DWT *level 1* tetapi tidak pada koefisien DWT *level 2*. Pada *coiflet 8* terdapat pergeseran data yang besar dari yang lainnya sedangkan *haar* memiliki beberapa koefisien DWT yang lebih tinggi dari pada yang lain.



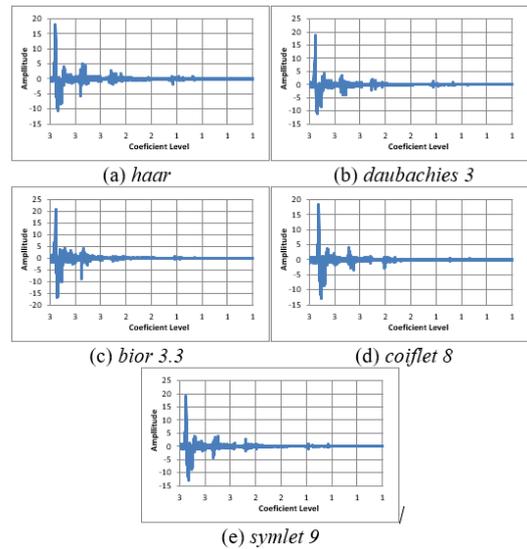
Gambar 15. Keluaran koefisien DWT *grip B*



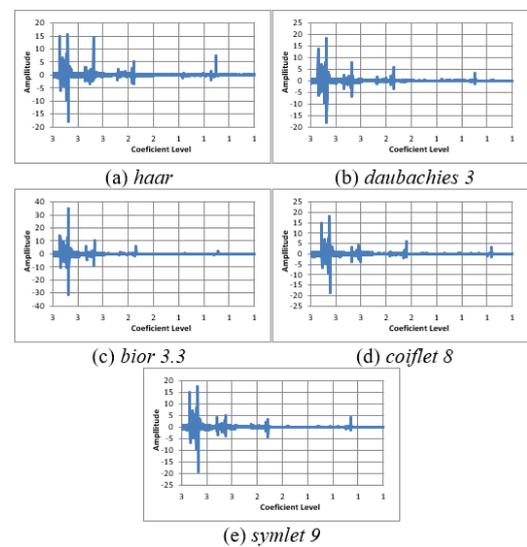
Gambar 16. Keluaran koefisien DWT *grip C*



Gambar 17. Keluaran koefisien DWT *rollleft A*



Gambar 18. Keluaran koefisien DWT *rollleft B*



Gambar 19. Keluaran koefisien DWT *rollleft C*

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, *intrumentation amplifier* yang dirancang memiliki CMRR 77.64 dB yang dapat meredam sinyal *common mode* sebesar 7.5V.

Berdasarkan hasil pengujian, *highpass filter* yang dirancang dapat meredam sinyal dimulai dari 10Hz dan dapat meredam sinyal cukup besar mulai dari 5Hz. Untuk rangkaian *lowpass* yang dirancang dapat meredam sinyal dimulai dari 100Hz cukup besar.

Berdasarkan hasil pengujian, rangkaian *gain amplifier* yang dirancang dapat bekerja dengan baik dimana kedua bagian *gain amplifier* dapat menguatkan sinyal sebesar 4.7 kali.

Penggunaan elektroda berbahan *textile* atau kain harus memiliki bahan tempat elektroda yang lebih fleksibel dan menekan agar elektroda lebih dekat dengan kulit dan dapat menangkap sinyal EMG lebih baik.

Berdasarkan hasil pengujian, *wavelet transform* yang mempunyai *mother wavelet* berbeda memiliki keluaran yang berbeda juga.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sharma, Rajeev. Vladimir I.Pavlovic. Thomas S.Huang. *Toward Multimodal Human-Computer Interface*. Proceedings of the IEEE, Vol. 86, No.5, May 1998.
- [2] Togawa, Tatsuo. Tshiyo Tamura. P.Ake Oberg. *Biomedical Sensors and Instruments*. ISBN 978-1-4200-9079-6, Taylor & Francis Group – CRC Press, 2011.
- [3] Dr R.S. Khandpur. *Handbook of Biomedical Instrumentation 3<sup>rd</sup> Edition*. ISBN 978-9-3392-0543-0, McGraw Hill Education, 2014.
- [4] Khan, M.Hamza. Ali Wajdan. Muhammad Khan. Haider Ali. Javaid Iqbal. Umar Shahbaz. Nasir Rashid (2012). *Design of Low Cost And Portable EMG Circuitry For Use in Active Prosthesis Applications*. ISBN 978-1-4673-4886-7, IEEE, 2012.
- [5] P.Geethanjali. K.K.Ray. *A Low-Cost Real-Time Research Platform for EMG Pattern Recognition –Based Prosthetic Hand*. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2014.
- [6] Narayan, Amrit. Hirak Dasgupta. Himangshu Pal. *Instrumentation of a Portable EMG Sensor in a Single PCB for Human Motion Pattern Detection*. ISBN 978-1-4673-8018-8, IEEE, 2015.
- [7] Beckmann, L. C Neuhaus. G. Medrano. N. Jungbecker. M. Walter. T. Gries. S. Leonhardt. *Characterization of Textile Electrodes and Conductors Using Standardized Measurement Setups*. Physiological Measurement, Vol. 31. No. 2, January 2010.
- [8] Yokus, Murat A. Jesse S. Jur. *Fabric-Based Wearable Dry Electrodes for Body Surface Biopotential Recording*. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2015.
- [9] Huang. Gan, Dingguo Zhang, Xidian Zheng, Xiangyang Zhu (2010). *An EMG based Handwriting Recognition through Dynamic Time Warping*. 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS, ISBN 978-1-4244-4124-2, IEEE, 2010.
- [10] Ju. Zhaojie, Gaoxiang Ouyang, Marzena Wilamowska-Korsak, Honghai Liu (2013). *Surface EMG Based Hand Manipulation Identification Via Nonlinear Feature Extraction and Classification*, IEEE SENSORS JOURNAL, Vol. 3, No. 9, September 2013.
- [11] Mustiadi, Ikhwan. Thomas Sri Widodo. Indah Soesanti. Analisis Ekstrasi Ciri Sinyal EMG Menggunakan *Wavelet Discrete Transform*. ISSN 1979-2328, Seminar Nasional Informatika, 2012.
- [12] Yu. Yaping, Licheng Fan, Shaolong Kuang, Liling Sun, Fengfeng Zhang (2015), *The Research of sEMG Movement Pattern Classification Based on Multiple Fused Wavelet Function*. The 5th Annual IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems. ISBN 978-1-4799-8730-6, IEEE, 2015.
- [13] L. Boylestad, Robert. *Electronic Device and Circuit Theory 11<sup>th</sup> Edition*, ISBN 978-0-1376-9282-8, Pearson, 2013.
- [14] G Jung, Walter. *Op Amp Applications Handbook*. Analog Devices, Inc., 2005.
- [15] Liu, Zhen. Liu Xiaoxia. *Progress on Fabric Electrodes Used in Biological Signal Acquisition*. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Vol. 3 No. 3, 2015.
- [16] Mallat, Stephen. *A Wavelet Tour of Signal Processing – The Sparse Way*, ISBN 978-0-1237-4370-1, Elsevier, 2009.
- [17] Martini, Frederic H. *Anatomy & physiology*. Benjamin Cummings, 2005. San Fransisco.
- [18] <http://users.rowan.edu/~polikar/WTpart4.html> (8 Agustus 2021)