

## Deteksi Kejenuhan Seluruh Otot Manusia Menggunakan Sensor EMG Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO

<sup>1</sup>Firdhan Tri Abyanto\*), <sup>1</sup>Florentinus Budi Setiawan

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Universitas Katolik Soegijapranata

[firdhan.triabyanto@gmail.com](mailto:firdhan.triabyanto@gmail.com)\*)

### Abstrak

Pada perkembangan zaman yang pesat ini di butuhkan suatu peralatan medis yang modern, maka pada peper ini menjelaskan tentang *Electromyography* (EMG) dimana untuk mendeteksi listrik yang ada di dalam otot manusia. Untuk adanya suatu aktivitas listrik pada suatu otot manusia dilakukan analisis terhadap rangkaian penguat sinyal. Sinyal ini mempunyai suatu amplituda yang sangat kecil maka dibutuhkan suatu komponen yaitu elektroda gel sebagai media untuk mendeteksi sinyal otot tersebut. Elektroda di tempelkan ke bagian otot yang ingin di ukur. Kemudian sinyal dikuatkan dengan menggunakan rangkaian AD620AN dengan 500 kali penguatan dan komparator pada penggunaannya di aplikasikan dalam mode *Inverting* dan *Buffer*. Dalam pengkondisian sinyal dibuat rangkaian *Low Pass Filter* dengan *envelope detector* untuk merata rata sinyal otot yang dikeluarkan menjadi tegangan DC. Pada paper ini membahas tentang aplikasi alat EMG yang berfungsi sebagai pengukur tegangan seluruh otot untuk mendeteksi otot dalam keadaan tegang dan relaksasi dengan bantuan mikrokontroler. Pada output sinyal EMG kemudian menuju ke ADC lalu ke mikrokontroler Arduino uno.

**Kata Kunci:** *electromyography*, Otot manusia, *rectifier*, *amplifier*, arduino uno.

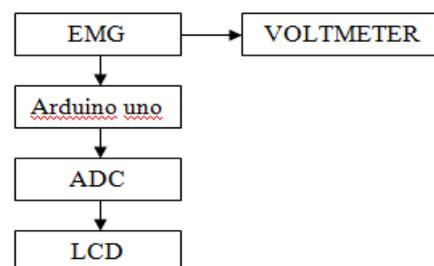
### 1. Pendahuluan

Dalam aktivitas sehari - hari, otot memiliki peranan yang sangat penting untuk menunjang proses kegiatan manusia. Semua aktivitas yang dilakukan manusia menggunakan otot, seperti makan, minum, mandi, berjalan, bahkan tidur. Apabila otot tidak bekerja secara maksimal, maka aktivitas sudah pasti akan terganggu [1][2].

Otot adalah sebuah jaringan konektif dalam tubuh dengan tugas utamanya kontraksi. Kontraksi otot berfungsi untuk menggerakkan bagian-bagian tubuh dan substansi dalam tubuh. Ada tiga macam sel otot dalam tubuh manusia yaitu: jantung, lurik dan polos, namun yang berperan dalam pergerakan kerangka tubuh manusia adalah otot lurik (otot rangka). Kelelahan otot adalah penurunan kemampuan otot untuk

menciptakan kekuatan, berkontraksi dan gaya yang dihasilkan berkurang. Elektromiografi (EMG) adalah teknik medis untuk mengukur respon otot terhadap stimulasi syaraf selama otot berkontraksi, power spectrum EMG bergeser ke arah frekuensi yang lebih rendah, efek ini disebabkan oleh kelelahan otot. Kelelahan otot sering merupakan hasil dari kerja otot yang tidak sehat. Tidak seperti evaluasi khas subjektif, yang biasanya menentukan titik waktu ketika subjek tidak dapat lagi menjalankan tugas, analisis sinyal EMG dapat memberikan informasi pengukuran metabolisme kontinyu di seluruh bagian 2 otot yang menunjukkan kelelahan selama kontraksi. Namun, ambang batas kelelahan otot tidak dapat didefinisikan sebagai fungsi sederhana dari besarnya beban otot dan *timing*, karena karakteristik dan kemampuan otot bervariasi pada setiap individu [1][2].

Dalam rencana desain pembuatan alat ini, sensor yang digunakan adalah sensor EMG untuk mendeteksi sinyal kejenuhan seluruh otot yang sedang bekerja, dari sinyal output EMG maka akan di clamping terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam ADC lalu ke mikrokontroler Arduino uno untuk mengirim data digital ke LCD. kemudian sinyal ini dikuatkan oleh AD620 dan dilewatkan ke filter untuk mendapatkan hasil sinyal yang diperlukan dan menggunakan output LCD dan voltmeter tersebut berfungsi untuk mengecek presentase baterai 1 dan baterai 2. Berikut blok diagram dari perancangan system.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Alat.

### 2. Dasar Teori

## 2.1 EMG (*Electromyography*)

EMG adalah teknik untuk memeriksa dan merekam aktivitas sinyal otot. Pengukuran sinyal EMG dilakukan dengan instrument bernama elektromiograf, dan sedangkan hasil rekamannya dinamakan elektromiogram. Elektromiograf mendeteksi listrik yang dihasilkan otot ketika otot ini aktif dan non aktif. Dan untuk menghasilkan suatu sinyal EMG dimana otot akan mengalami tahapan yaitu membrane potensial, muscle fiber action potensial ditambah noise dan artifact sehingga menghasilkan suatu kumpulan yang disebut MUAP (*Motor Unit Action Potential*) [4][6][7][8][9].

## 2.2 Elektroda

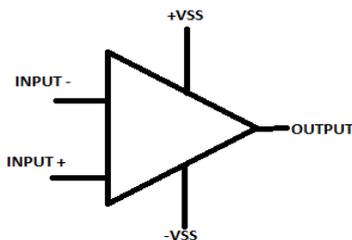
Pada pengukuran ini peran yang sangat penting yaitu elektroda, karena dimana pertama masuknya sinyal otot yang akan dibaca oleh alat ini, fungsi dari komponen ini sebagai penghantar sinyal untuk mengirimkan sinyal ke tubuh yaitu dengan cara ditempelkan.



Gambar 2. Elektroda Perak Klorida dengan Gel

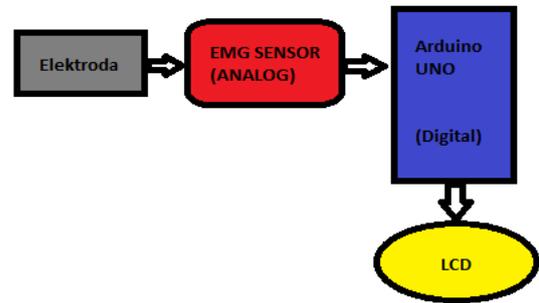
## 2.3 OP AMP

OP AMP merupakan penguat sinyal masukan baik DC maupun AC juga sebagai penguat diferensiasi impedansi masukan tinggi dan penguat keluaran impedansi rendah [2] [4].



Gambar 3. Penguat Operasional

## 3. Perancangan Alat

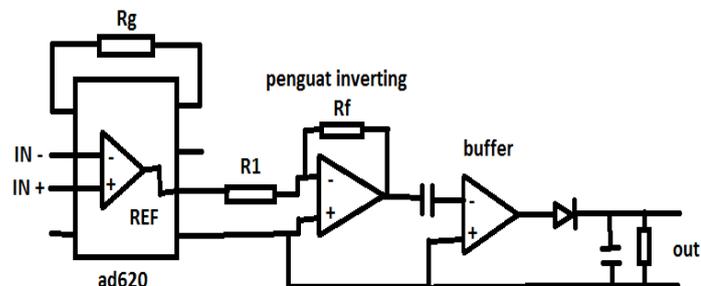


Gambar 4. Diagram Blok Alur Sinyal EMG

Pada gambar diatas terdapat blok diagram alur sinyal EMG yang dimana dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian rangkaian analog dan rangkaian digital.

### 3.1 Rangkaian Analog

Pada rangkaian ini EMG sensor di fungsikan sebagai rangkaian analog. Pada rangkaian analog ini terdapat sebuah komponen yaitu AD260 AN yang berfungsi sebagai penguat sinyal dan TL062 sebagai *inverting* dan *buffer*, serta alat ini memiliki rangkaian *envelope detector* sebagai filter.



Gambar 5. Rangkaian EMG

#### 3.1.1 AD 620AN

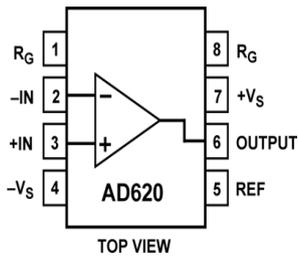
AD 620AN ini merupakan IC yang sering digunakan pada aplikasi pembacaan sinyal EMG dan berfungsi sebagai memperkuat sinyal dan komponen ini memiliki kelebihan tidak rentan terhadap suatu noise, butuh daya yang rendah dan hanya menggunakan satu resistor untuk mengatur penguatannya. Terdapat sebuah rumus untuk menentukan nilai resistor yang digunakan dan penguatan yang dihasilkan [5][10].

$$R_G = \frac{49.4 k\Omega}{G-1} \quad (1) [11]$$

Keterangan :

$R_G$  = Nilai Resistor yang ingin digunakan.

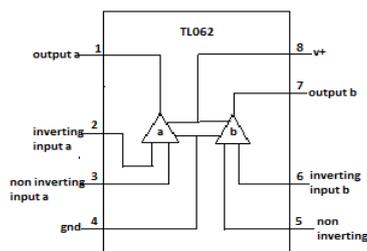
$G$  = Nilai penguatan yang diinginkan.



Gambar 6. AD 620AN

### 3.1.2 Dual op-amp TL062

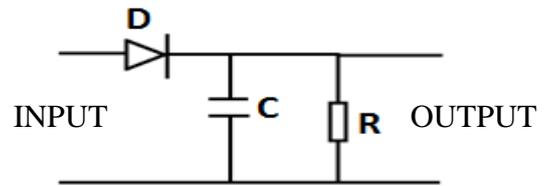
Dalam aplikasi ini IC yang digunakan yaitu sebuah IC TL062, IC ini digunakan dalam mode *inverting* dan *buffer*. Pada mode *inverting* tujuannya untuk mengatur penguatan sinyal dari AD 620AN dan pada mode *buffer* yang bersamaan dengan diode dan *envelope detector* tujuannya untuk menyearahkan sinyal keluaran yang telah dikuatkan sebelumnya [4].



Gambar 7. IC TL062

### 3.1.3 Envelope detector

*Envelope detector* yaitu memiliki tujuan untuk mempertahankan nilai puncak yang dikeluarkan pada tahap pengutan sebelumnya. Pada *envelope detector* memiliki 3 buah komponen yaitu terdiri dari dioda, kapasitor dan resistor [4].



Gambar 8. Rangkaian *Envelope Detector*

## 3.2 Rangkaian digital

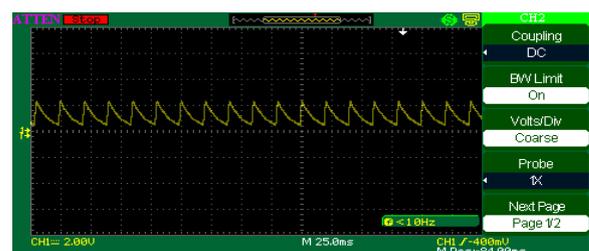
Pada sebuah rangkaian digital menggunakan mikrokontroler Arduino, sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-support mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB [3].

	(POINT14/RESET) PB6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)	AIN5
RX - D0	(POINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)	AIN4
TX - D1	(POINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)	AIN3
D2	(POINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)	AIN3
PWM3	(POINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)	AIN1
D4	(POINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)	AIN0
	VCC	7	22	GND	
	GND	8	21	AREF	
	(POINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC	
	(POINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)	D13
PWM5	(POINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)	D12
PWM6	(POINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)	PWM11
D7	(POINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)	PWM10
D8	(POINT0/CLK0/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)	D9

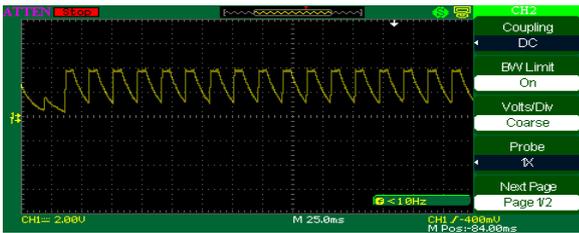
Gambar 9. Konfigurasi Pin Arduino Uno Berbasis ATmega328

## 4. Hasil Pengujian dan Analisa

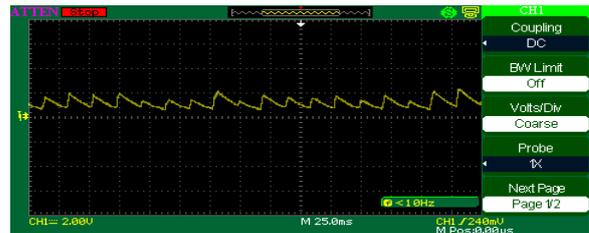
Dibawah ini adalah hasil pengukuran otot dalam keadaan relaksasi serta otot dalam keadaan kontraksi dengan hasil tegangan yang berbeda-beda pada setiap otot, dari 10 titik otot yang berbeda berdasarkan orang yang sama.



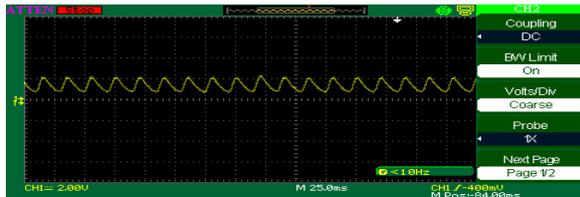
Gambar 10. Otot Trapezius Saat Relaksasi Bernilai 1140 mV



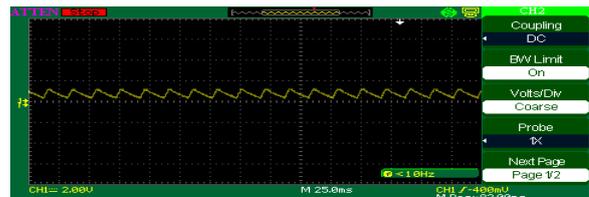
Gambar 11. Otot *Trapezius* Saat Kontraksi Bernilai 3430 mV



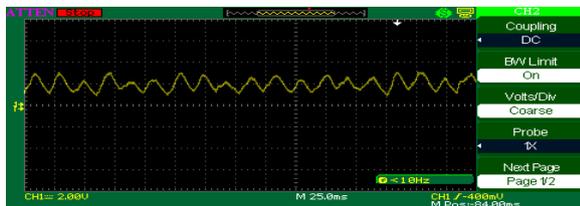
Gambar 17. Otot *Platysma* Saat Kontraksi Bernilai 1740 mV



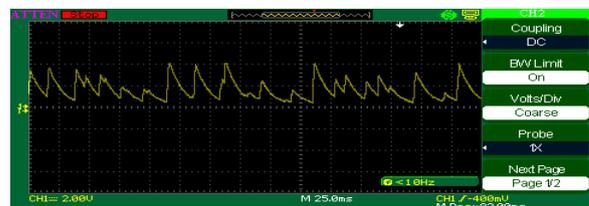
Gambar 12. Otot *Pectoralis Major* Saat Relaksasi Bernilai 960 mV



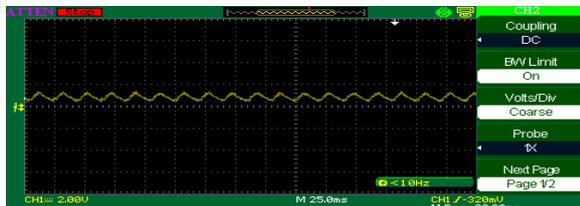
Gambar 18. Otot *Brachioradialis* Saat Relaksasi Bernilai 480 mV



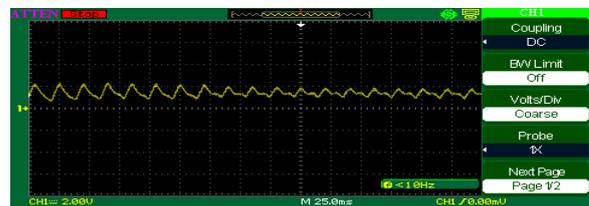
Gambar 13. Otot *Pectoralis Major* Saat Kontraksi Bernilai 1237 mV



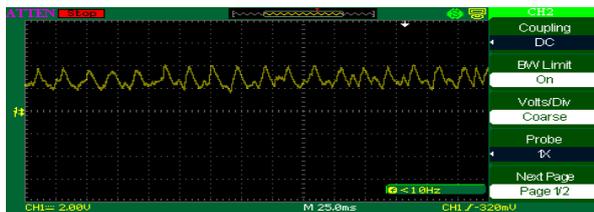
Gambar 19. Otot *Brachioradialis* Saat Kontraksi Bernilai 2180 mV



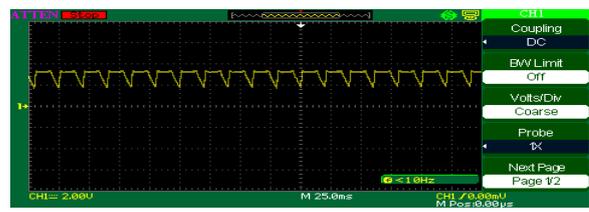
Gambar 14. Otot *Deltoid* Saat Relaksasi Bernilai 170 mV



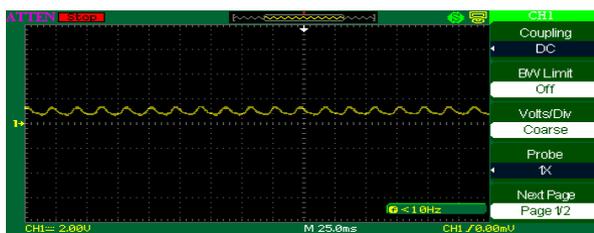
Gambar 20. Otot *Latissimus Dorsi* Saat Relaksasi Bernilai 500 mV



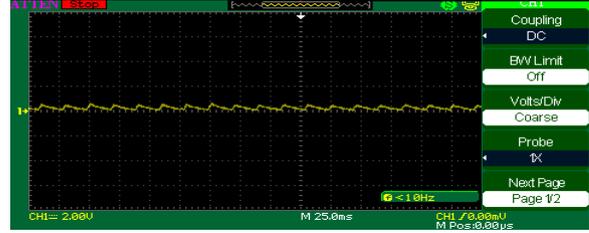
Gambar 15. Otot *Deltoid* Saat Kontraksi Bernilai 1800 mV



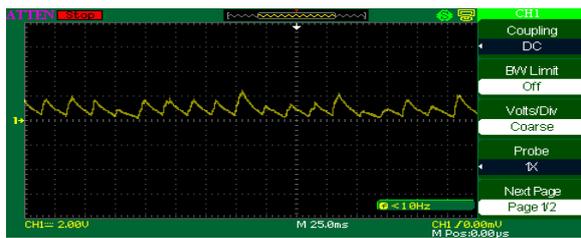
Gambar 21. Otot *Latissimus Dorsi* Saat Kontraksi Bernilai 3320 mV



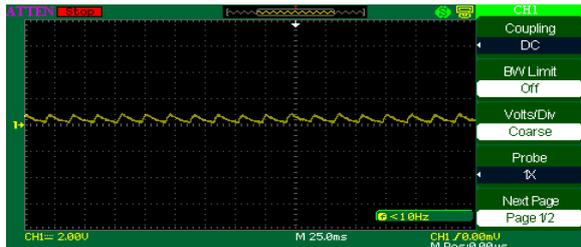
Gambar 16. Otot *Platysma* Saat Relaksasi Bernilai 940 mV



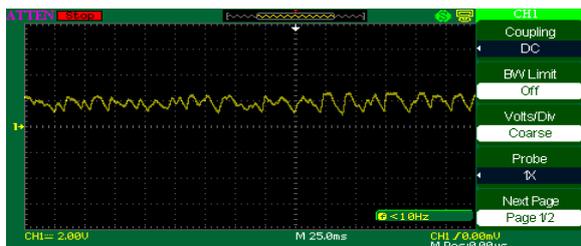
Gambar 22. Otot *Rhomboid* Saat Relaksasi Bernilai 830 mV



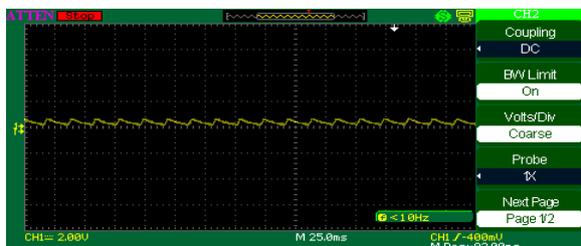
Gambar 23. Otot *Rhomboid* Saat Kontraksi Bernilai 2180 mV



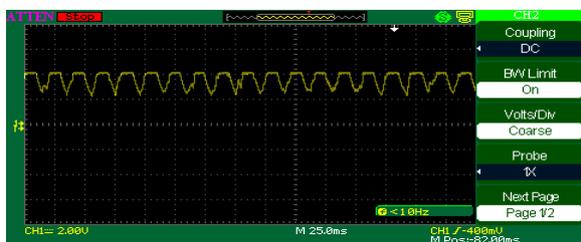
Gambar 24. Otot *Serratus Anterior* Saat Relaksasi Bernilai 800 mV



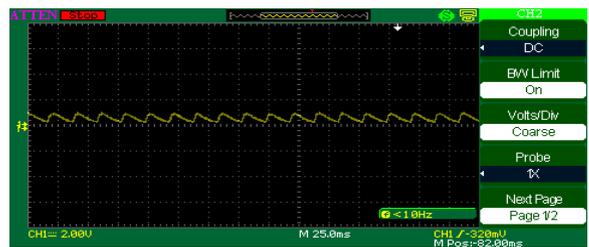
Gambar 25. Otot *Serratus Anterior* Saat Kontraksi Bernilai 2440 mV



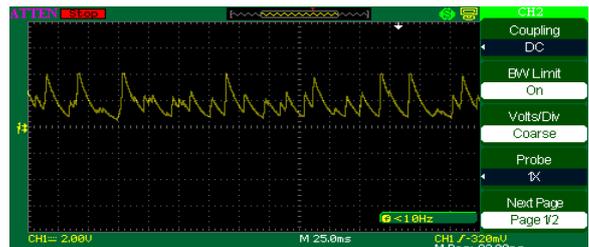
Gambar 26. Otot *Extensor Carpi Ulnaris* Saat Relaksasi Bernilai 740 mV



Gambar 27. Otot *Extensor Carpi Ulnaris* Saat Kontraksi Bernilai 3970 mV



Gambar 28. Otot *Trisep* Saat Relaksasi Bernilai 890 mV



Gambar 29. Otot *Trisep* Saat Kontraksi Bernilai 2530 mV

## 5. Kesimpulan

Penulis melakukan pengukuran pada 10 titik otot yang berbeda tetapi dalam satu orang yang sama, dimana nantinya terdapat hasil pengukuran tegangan otot yang berbeda-beda. Sinyal dikuatkan dengan menggunakan rangkaian AD620AN berfungsi sebagai penguat dalam aplikasi EMG dan komparator (TL062) pada penggunaannya di aplikasikan dalam mode *Inverting* dan *Buffer*, komparator di pasang dalam mode *inverting*, tujuannya sebagai penguat sinyal, kemudian sinyal di masukkan ke *Buffer Amplifier* yang di beri dioda dan *Envelope Detector* pada keluarannya, Tujuan dari proses penyearahan dan pemfilteran adalah untuk merata-rata sinyal otot yang telah di kuatkan menjadi sinyal DC yang kemudian dapat di baca oleh ADC mikrokontroler Arduino uno/ATmega 328. Sample nilai keluaran yang didapat yaitu ketika otot dalam keadaan relaksasi bernilai 100 mV dan ketika otot keadaan kontraksi bernilai 5000 mV. Jadi pada penelitian ini pada pengukuran otot tidak bisa diukur asal-asalan dan harus mengetahui keberadaan titik otot terlebih dahulu pada seluruh bagian tubuh.

## Daftar Pustaka

- [1] Rizki Multajam dan Mada Sanjaya, "DESAIN DAN ANALISIS ELECTROMYOGRAPHY (EMG) SERTA APLIKASINYA DALAM MENDETEKSI SINYAL OTOT", ALHAZEN Journal of Physics, Vol. 2, No. 2, 2016.

- [2] Yohanes Oxa Wijaya, Florentinus Budi Setiawan, Siswanto, "Desain dan Implementasi Alat Pengukur Ketegangan Otot", Industrial Research Workshop and National Seminar, 2014.
  
- [3] Ai Fitri Silvia, Erik Haritman, Yuda Muladi, "RANCANG BANGUN AKSES KONTROL PINTU GERBANG BERBASIS ARDUINO DAN ANDROID", ELECTRANS, VOL.13, NO.1, 2014.
  
- [4] Ricky Fajar Adiputra, Florentinus Budi Setiawan, "ROBOT ARM CONTROLLED BY MUSCLE TENSION BASED ON ELECTROMYOGRAPHY AND PIC18F4550", Int. Conf. on Information Tech., Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), Oct 19-21<sup>st</sup>, 2016.
  
- [5] Fitri Rohmaisa, Endah Rahmawati dan Imam Suchyo, "RANCANG BANGUN ALAT ELEKTROKARDIOGRAF LEAD 1 BERBASIS SOUND CARD PADA KOMPUTER", Jurnal Inovasi Fisika Indonesia, Vol. 04, No 03, 2015.
  
- [6] Gregory S. Rash, EdD. Electromyography Fundamentals.
  
- [7] Konrad, Peter. The ABC of EMG : A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. April 2005.
  
- [8] Florentinus Budi Setiawan, siswanto, "Electromyography (EMG) Signal Compression using Sinusoidal Segmental Model", ", Int.l Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), 2015.
  
- [9] Kevin Eka Pramudita, F Budi Setiawan, Siswanto, "Interface and display of Electromyography signal wireless measurements", International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), 2014.
  
- [10] Florentinus Budi Setiawan, Siswanto, "Multi Channel Electromyography (EMG) Signal Acquisition using Microcontroller with Rectifier", Int. Conf. on Information Tech., Computer and Electrical Engineering (ICITACEE), Oct 19-21<sup>st</sup>, 2016.
  
- [11] AD620 datasheet, Analog Device, 2010.