

# Pengukuran Kekuatan Kontraksi Otot Pada Bagian Torso Tubuh Menggunakan Sensor Elektromiografi

<sup>1</sup>Fernando Florentinus\*), <sup>1</sup>Budi Setiawan

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

[thisisnando.fn@gmail.com](mailto:thisisnando.fn@gmail.com)\*)

## Abstrak

Dengan seiring perkembangan jaman dibutuhkan teknologi yang digunakan untuk mendeteksi kemampuan otot dalam melakukan suatu tugas, dalam bidang biomedis teknologi ini akan sangat bermanfaat untuk umat manusia dan keberlangsungan hidup. Teknik elektromiografi akan digunakan dalam penelitian ini. Elektromiografi (EMG) adalah sebuah metode teknik eksperimen yang digunakan untuk merekam sinyal elektrik yang dihasilkan oleh serat otot manusia [8][9].

Dalam kesempatan kali ini penulis ingin membahas tentang pembacaan sinyal otot pada bagian torso tubuh manusia menggunakan sensor elektromiografi dengan mikrokontroler berbasis ATMega8535 dan alat ini akan menggunakan LCD sebagai keluaran tampilan pengukuran yang akan dilakukan. Titik otot yang akan dilakukan pengecekan yaitu antara lain: trapezius, deltoid, triceps, pectoralis major, serratus anterior, platysma, brachioradialis, extensor ulnaris carpi, rhomboid, latissimus dorsi.

Kata Kunci : Elektromiografi, ATMega 8535, sistem otot manusia, LCD, Rectifier

## 1 Pendahuluan

Dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari seseorang menggunakan banyak otot yang ada di dalam tubuh. Akan tetapi kadang saat melakukan pekerjaannya orang cenderung tidak memperhatikan keadaan dan tingkat kejenuhan ototnya, orang-orang cenderung memaksakan ototnya untuk bekerja berlebihan dengan tujuan agar cepat selesai. Hal ini dapat berdampak buruk bagi kesehatan otot tubuh manusia, Padahal otot yang terlalu sering dibebani terlalu intens akan menimbulkan gangguan-gangguan yang dapat mengganggu atau menghambat kinerja otot itu sendiri.

Untuk menanggulangi terjadinya masalah-masalah otot tersebut, seseorang harus tahu kapan ototnya dalam keadaan bugar dan kapan otot mengalami kejenuhan. Untuk mengetahui keadaan-keadaan tersebut, dibutuhkan sebuah alat yang dapat melihat tingkat kekuatan kontraksi otot manusia.

Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk membuat alat yang dapat mendeteksi tingkat kekuatan kontraksi otot tersebut.

Dalam rencana desain pembuatan alat ini, sensor yang digunakan sebagai pendeteksi ketegangan otot ini adalah sensor elektromiografi(EMG). Sensor EMG adalah sensor yang memiliki fungsi untuk merekam aktivitas elektrik yang dihasilkan oleh otot. Proses pengambilan sinyal otot dilakukan dengan menempelkan elektroda EMG ke titik otot yang telah ditentukan. Sinyal yang telah didapat dari sensor akan dikuatkan melalui OP AMP dan selanjutnya akan dilewatkan filter sebelum dilakukan proses identifikasi. Sinyal yang telah lewat dari filter akan diproses menggunakan mikrokontroler untuk menjadi input mikrokontroler dan mengendalikan LCD sebagai outputnya. Kekuatan sinyal merepresentasikan penekanan sinyal otot. [1]

## 2 Studi Pustaka

Untuk mengetahui bagaimana cara kerja alat ini, sebelumnya kita harus mengetahui terlebih dahulu cara kerja otot melakukan aktivitasnya. Otot melakukan kerjanya dengan perintah dari otak yang dikirimkan melalui saraf berupa impuls. Neuron(sistem saraf) memiliki sifat tersendiri yaitu permukaan luar neuron mengandung muatan positif, dan bagian dalam neuron mengandung muatan negatif. Untuk melakukan suatu gerakan maka akan terjadi pertukaran antara kalium(K<sup>+</sup>) dan Natrium(Na<sup>+</sup>) yang menjadi rangsangan untuk otot. Saat melakukan kontraksi, otot akan mengalami beberapa fase, yaitu: Fase istirahat, Fase Depolarisasi(peregangan otot), dan polarisasi(pelepasan otot). Elektromiografi digunakan untuk mengukur aktivitas elektrik yang dihasilkan oleh pergerakan natrium dan kalium dalam lapisan otot tubuh[8][10]. Berikut adalah penjelasan dari fase-fase otot tersebut:

- Fase istirahat : Dalam fase ini terjadi sirkulasi yang seimbang antara ion sodium (Na<sup>+</sup>) dan Kalium (K<sup>+</sup>). Dalam fase ini ini otot akan lemas, tidak melakukan pergerakan.

- Fase depolarisasi: Pada fase ini otot akan berkontraksi dan ion sodium akan menggantikan ion kalium dari luar, masuk kedalam sel otot dalam porsi yang lebih besar dibandingkan dengan pelepasan ion kalium dari dalam sel otot. Hal ini yang menstimulasi otot untuk bergerak.
- Fase polarisasi : Dalam fase ini terjadi pelepasan pada otot yang menghasilkan perpindahan ion sodium keluar sel otot dengan proporsi lebih besar dari ion kalium yang masuk ke sel otot.

Dalam melakukan kontraksi, otot akan mengalami perubahan masa otot dan juga otot akan menimbulkan suatu gelombang yang biasa disebut dengan MUAP(Motor Unit Action Potential).Beda potential inilah yang akan diukur saat dilakukannya pengukuran kekuatan kontraksi otot menggunakan sensor EMG. Jumlah serat otot berhubungan dengan jumlah fluktuasi sinyal. Pada kontraksi otot kekuatan penuh, kita akan mendapatkan amplitude sinyal yang tinggi [2] Pengukuran menggunakan sensor EMG ini dilakukan dengan cara memasang elektroda di bagian serat otot yang akan diukur lalu dilakukan penguatan sebesar 1000 kali menggunakan OP AMP. Sinyal dari sistem elektromiografi tidak langsung diproses oleh mikrokontroler, tapi dikuatkan terlebih dahulu, karena sinyal yang dihasilkan oleh sistem elektromiografi terlalu kecil untuk dibaca oleh mikrokontroler [3]. Berdasarkan teori diatas, maka bisa dibuat alur sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alur Sistem

## 2.1 Elektroda

Untuk melakukan pendeteksian tegangan otot dalam tugas akhir ini dibutuhkan sesuatu yang dapat membaca perubahan potensial yang terjadi dalam otot, maka dari itu elektroda adalah komponen yang penting dalam pengukuran ini. Dalam elektromiografi, terdapat dua cara pemasangan elektroda yaitu intramuscular EMG dan Surface EMG. Intramuscular EMG menggunakan media jarum sebagai penghubung antara sensor dengan serat-serat otot yang akan dideteksi. Sedangkan teknik surface EMG menggunakan elektroda yang dipasang dibagian permukaan kulit dimana otot yang akan diukur

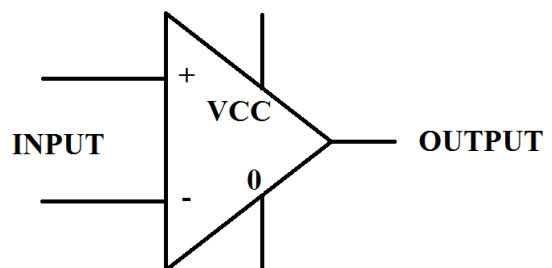
berada. Penggunaan teknik intramuscular memang lebih presisi dalam melakukan pengukuran, karena jarum yang digunakan akan langsung menyentuh lapisan serat otot tetapi penggunaan jarum sendiri berbahaya jika dilakukan oleh orang awam. Surface EMG memiliki hasil yang kurang presisi karena potensial yang dikeluarkan oleh unit penggerak akan lebih sulit dibaca disebabkan oleh adanya lapisan lemak yang ada diantara permukaan elektroda dan otot yang akan diukur. Jumlah jaringan yang ada diantara permukaan otot dan elektroda dapat mempengaruhi penyaringan spasial dari sinyal. [4]



Gambar 2. Elektroda Perak Klorida Dengan Gel

## 2.2 Operational Amplifier

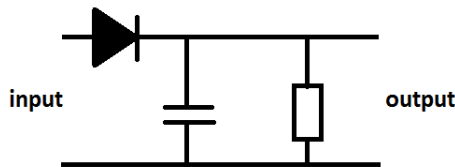
Op-Amp adalah sebuah IC (integrated circuit) yang memiliki dua terminal input yang bersifat inverting dan non-inverting dengan sebuah terminal output. Op-amp menghasilkan tegangan output yang berkali-kali lipat dari tegangan input. Dalam penggunaannya, bisa ditambahkan dengan feedback negatif untuk mengendalikan karakteristik respon op-amp. Op-amp sering digunakan pada komputer analog, dimana op-amp biasa dimanfaatkan untuk melakukan operasi matematika pada operasi linear, non-linear, dan sirkuit yang bergantung dengan frekuensi.



Gambar 3. Simbol OP-AMP

## 2.3 Envelope Detector

Envelope Detector adalah sirkuit yang memiliki sebuah dioda, resistor dan kapasitor. Fungsi dari sirkuit ini dalam sistem elektromiografi adalah untuk menjaga setiap puncak nilai yang telah dihasilkan oleh penguatan sinyal otot sebelumnya.



Gambar 4. Envelope Detector

## 2.4 Liquid Crystal Display(LCD)

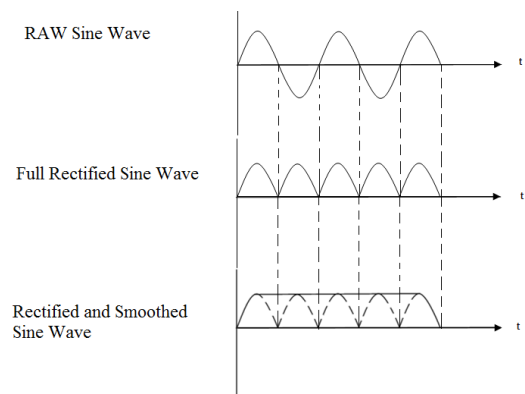
Liquid crystal display(LCD) adalah layar panel datar yang menggunakan sifat modulasi cahaya liquid crystal. Liquid crystal tidak memancarkan cahayanya secara langsung untuk mengeluarkan gambar, melainkan menggunakan backlight atau reflector untuk memancarkan tampilan gambar. LCD digunakan untuk menampilkan gambar-gambar acak seperti gambar bergerak dalam komputer maupun gambar tetap dengan rendah informasi seperti kata-kata, digit, dan juga tampilan 7segmen. LCD hanya akan mentransmisikan cahaya yang diterima dari backlight atau cahaya latar belakang yang menjadi sumber cahayanya. Liquid crystal atau kristal cair adalah cairan yang berada diantara kedua lembar kaca transparan yang memiliki sifat konduktif.

## 3 Rancangan Alat

### 3.1 Rektifikasi dan Penguatan

Setelah sinyal otot terdeteksi oleh sensor EMG, sinyal akan masuk ke bagian penguatan. Dibagian ini sinyal otot dengan besaran millivolt akan dikuatkan menggunakan AD8226 sebesar 1000 kali. Dalam penelitian ini digunakan muscle sensor v3. Dalam modul ini terdapat Operasional amplifier yang berfungsi sebagai pengali. Dan juga modul ini dilengkapi dengan envelope detector yang memiliki tujuan agar hasil sinyal output penguat bisa stabil. Hal ini diperlukan karena hasil dari penguatan pertama merupakan sinyal sinusoidal yang tidak beraturan.

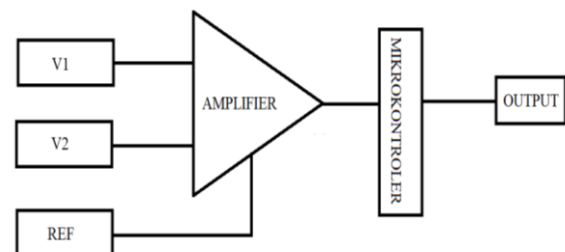
Jadi sinyal yang nantinya akan digunakan pada mikrokontoler bukanlah sinyal murni atau mentah. Melainkan sinyal yang sudah melalui tahap penguatan, integrasi, dan juga penyearahan. Sehingga sinyal yang dihasilkan akan berjalan baik sebagai input analog mikrokontoler.



Gambar 5. Contoh Penyearahan Menggunakan Sinus Sederhana

Dalam melakukan pengecekan kekuatan kontraksi ini digunakan modul sensor otot v3 yang digunakan sebagai input analog. Rangkaian penguat ini dibutuhkan karena sinyal otot yang dihasilkan oleh otot memiliki kisaran millivolt. Maka agar dapat dibaca oleh mikrokontroler, modul penguat ini digunakan. Didalam modul ini terdapat OP AMP dengan tipe AD8226 yang berfungsi sebagai penguat dan OP AMP dengan tipe TL084 yang digunakan sebagai rangkaian penyearah dan filter. Modul ini menggunakan variable resistor di bagian gainnya yang memungkinkan untuk mengubah-ubah gain pada AD8226. Mengubah gain pada amplifier berpengaruh pada penguatan yang akan dilakukan.

$$R_G = 49.4k\Omega/G-1 \quad [5] \quad (1)$$

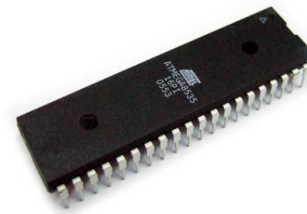


Gambar 6. Jalur Pengolahan Sinyal

Pada modul sensor otot ini memiliki 4 buah amplifier. Penguatan utama yang ada pada modul ini terdapat pada amplifier dengan tipe AD8226 ini. Tugas AD8226 adalah memperkuat sinyal yang ditangkap oleh sensor dan mengalikannya berdasarkan gain yang ada. Operasional amplifier yang kedua adalah konfigurasi dua Op-Amp yang berfungsi sebagai buffer dan penguatan terbalik, sementara Op-Amp kedua digunakan untuk melakukan mode penguatan terbalik dan resistor variabel digunakan untuk mendapatkan gain yang

bisa diubah dengan tujuan untuk mempermudah penyesuaian pada amplituda output yang dihasilkan oleh input penguatan. Kemudian sinyal dimasukan ke Op-Amp ketiga yang diberi dioda dan envelope detector pada bagian outputnya. Tujuan dari proses penyearahan dan filtering ini adalah untuk merata-ratakan sinyal yang telah disearahkan menjadi sinyal DC yang dapat dibaca oleh mikrokontroler ATmega8535.

Converter). Sedangkan dalam percobaan ini port c digunakan sebagai port output.

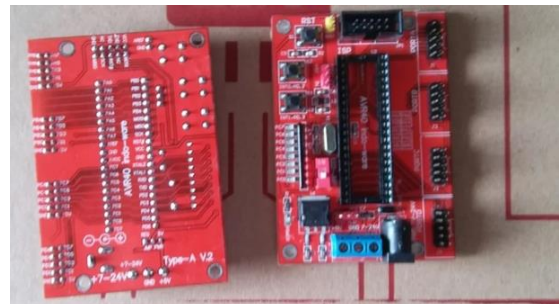


Gambar 8. Chip ATmega 8535

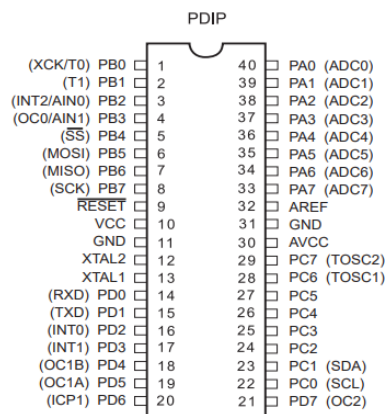
### 3.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu integrated circuit(IC) yang digunakan untuk menerima dan mengolah sinyal masukan yang kemudian diubah menjadi keluaran berdasarkan oleh program yang sudah dimasukan kedalam IC tersebut. Mikrokontroler bisa memiliki banyak masukan dan keluaran. Mikrokontroler adalah komputer sederhana, karena di dalam suatu mikrokontroler terdapat beberapa jalur input dan output, memori, dan fitur-fitur pelengkap lainnya. Input dari mikrokontroler biasanya adalah informasi yang telah ditangkap oleh sensor, kemudian program yang telah dimasukan akan mengolah data yang telah diperoleh dari sensor untuk menjadi keluaran yang nantinya ditujukan ke aktuator yang diinginkan.

Untuk menggunakan mikrokontroler ini tentunya kita membutuhkan komponen pendukung agar chip ini bisa digunakan. Komponen pendukung ini disebut dengan sistem minimum. Sistem minimum digunakan untuk membantu pengguna lebih mudah melakukan pengalokasian input dan output.



Gambar 9. Sistem Minimum Mikrokontroler



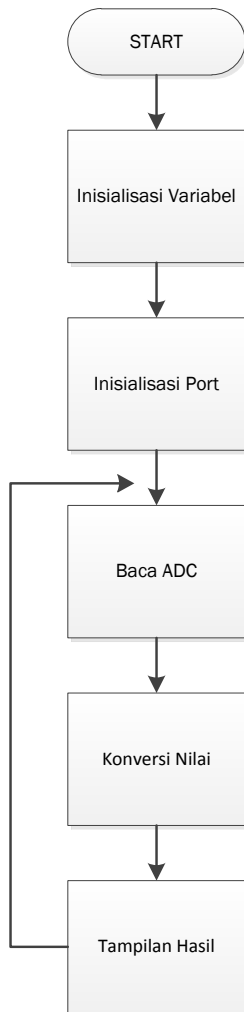
Gambar 7. Pinout Mikrokontroler ATmega 8535

Rangkaian yang digunakan untuk mengolah data yang telah didapat dari penguat adalah mikrokontroler dengan tipe ATmega8535. Mikrokontroler ini menggunakan 8 bit dan memiliki kecepatan proses maksimum 16Mhz. Sinyal input akan masuk kebagian port a pada chip yang memiliki fungsi sebagai ADC( Analog Digital

### 3.3 Software

Dalam penggunaan mikrokontroler dibutuhkan suatu program yang harus dibuat berdasarkan kebutuhan yang diperlukan. Program ini akan berisikan tentang bagaimana input dan output diolah. mikrokontroler ini akan berfungsi sebagai otak atau bisa disebut sebagai komputer sederhana. Jadi software ini adalah salah satu komponen penting yang dibutuhkan.

Dari flowchart berikut dibuat lah program seperti yang tertera dibawah ini, untuk menjalankan sistem sensor EMG.



Gambar 10. Flowchart Pemrograman EMG

```

lcd_init(16);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("PEMBACAAN TEGANGAN OTOT TORSO");
delay_ms(500);
while (1)
{
dataADC=read_adc(0)
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Elektro Unika");
lcd_gotoxy(3,1);
lcd_putsf("0 mVOLT");
Temp=(dataADC*4.9/10);
Tamp=(dataADC*4.9/1000);
lcd_gotoxy(0,1);
    
```

```

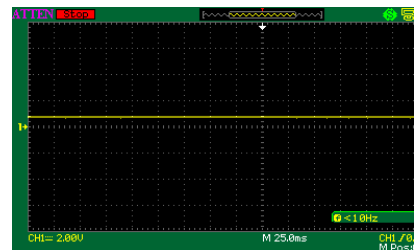
tampil(Temp);
}
    
```

## 4 Pengujian dan Analisis

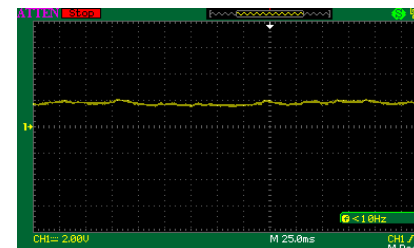
### 4.1 Hasil Pengukuran

Sinyal yang telah dihasilkan oleh sensor EMG akan diproses oleh mikrokontroler dan akan menghasilkan tampilan pada LCD bergantung pada hasil pendeteksian yang tertangkap oleh sensor. Dalam pengujian ini, digunakan rangkaian regulator 7805 dan 7905 untuk menjaga komponen dari kelebihan tegangan..

Pengujian dilakukan pada 10 titik pada tubuh bagian torso yaitu diantaranya otot Platysma, Pectoralis major, Deltoid, Brachioradialis, Extensor carpi ulnaris, Trapezius, Rhomboid, Latissimus dorsi, Triceps, dan Seratus anterior. Hasil yang telah didapatkan dari titik otot satu dan lain memiliki tingkat keandalan yang berbeda. Keandalan satu parameter EMG tidak selalu berarti bahwa parameter EMG lain untuk otot yang sama dapat diandalkan [6]. Jika otot dalam keadaan letih, akan sulit untuk membedakan sinyal pada saat rileks atau santai maupun tegang ataupun kontraksi [7]. Berikut adalah hasil pengukuran dan juga titik-titik dan yang digunakan dalam penelitian.

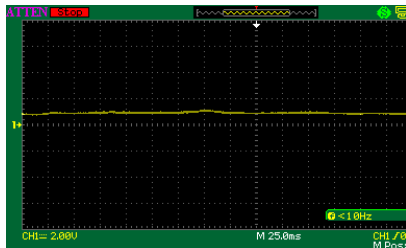


Gambar 11. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Trapezius

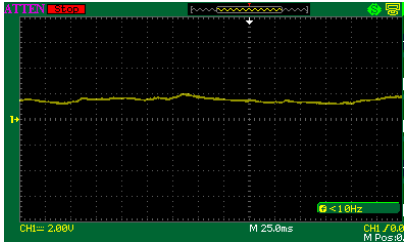


Gambar 12. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Trapezius

Titik otot trapezius berada dibagian pada bagian bahu. Menurut pengukuran yang telah dilakukan ke orang yang memiliki indeks masa tubuh yang normal menghasilkan tegangan berkisar 1000mV saat relaksasi hingga 2100mV saat kontraksi.

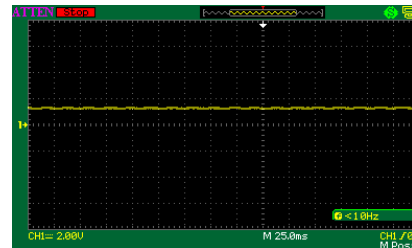


Gambar 13. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Deltoid

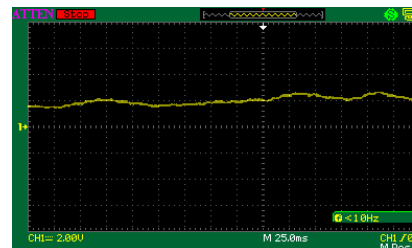


Gambar 14. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Deltoid

Titik otot deltoid berada pada bagian lengan atas yang berfungsi menggerakkan tangan keatas dan kebawah. Menurut pengukuran yang telah dilakukan, otot ini bisa menghasilkan tegangan sebesar 1000mV saat relaksasi dan 2300mV saat kontraksi

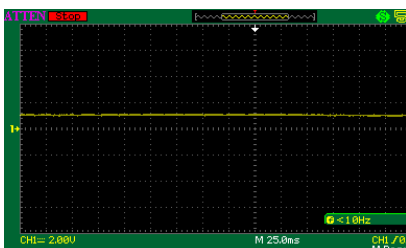


Gambar 17. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Pectoralis Major

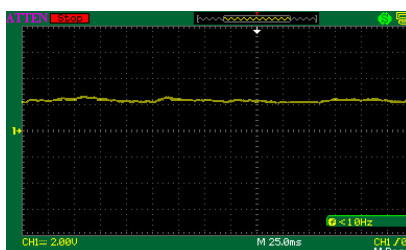


Gambar 18. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Pectoralis Major

Titik otot pectoralis major berada pada bagian dada. Menurut pengukuran yang telah dilakukan otot ini dapat menghasilkan tegangan sebesar 940mV saat relaksasi hingga 2450mV saat kontraksi.

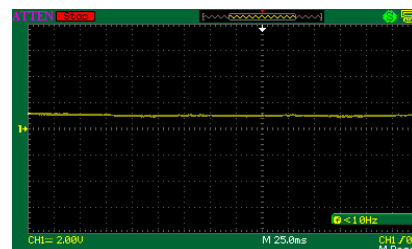


Gambar 15. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Triceps

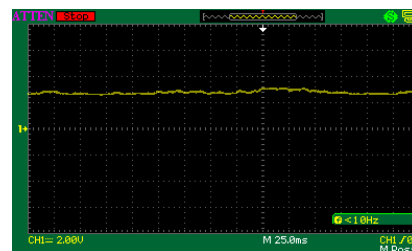


Gambar 16. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Triceps

Titik otot triceps ada pada bagian belakang lengan dapat menghasilkan tegangan sebesar 980mV saat relaksasi hingga 2200mV saat melakukan kontraksi.

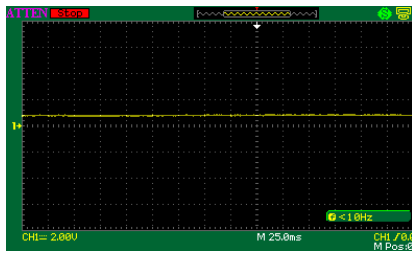


Gambar 19. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Serratus Anterior

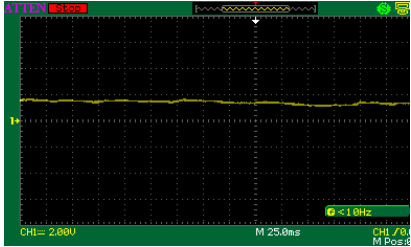


Gambar 20. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Serratus Anterior

Otot serratus anterior memiliki posisi pada bagian sayap di dekat dada. Otot ini bisa menghasilkan tegangan sebesar 1200mV saat relaksasi dan 2500mV saat kontraksi

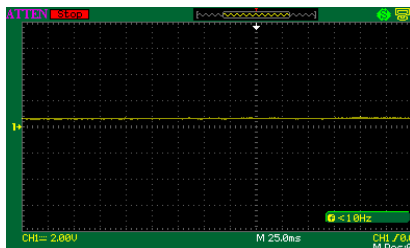


Gambar 21. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Platysma

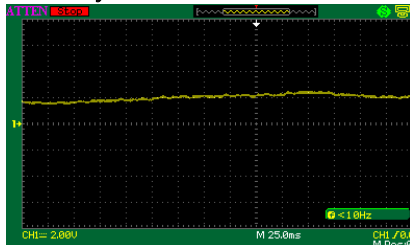


Gambar 22. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Platysma

Otot platysma terletak pada bagian leher seseorang. Otot ini dapat menghasilkan tegangan sebesar 700mV saat relaksasi hingga 1800mV saat kontraksi

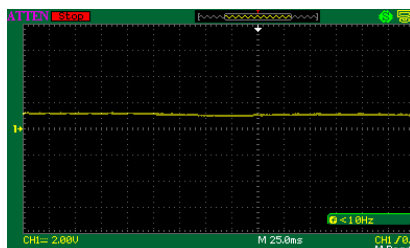


Gambar 23. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Brachioradialis

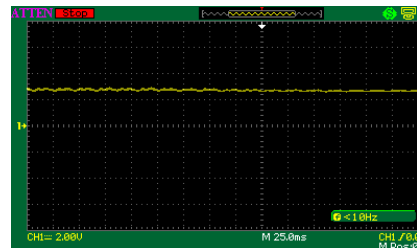


Gambar 24. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Brachioradialis

Otot brachioradialis pada tangan dapat menghasilkan tegangan sebesar 800mV saat relaksasi dan 1800 hingga 2200 saat melakukan kontraksi

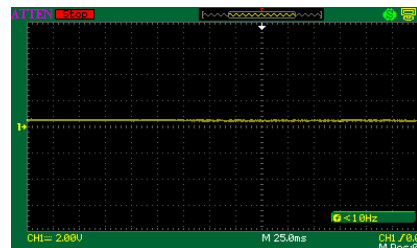


Gambar 25. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Extensor Carpi Ulnaris

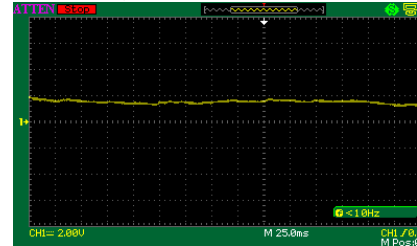


Gambar 26. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Extensor Carpi Ulnaris

Otot extensor carpi ulnaris terletak di dekat otot brachioradialis, otot ini dapat menghasilkan tegangan 1300mV saat relaksasi dan 2300mV saat kontraksi

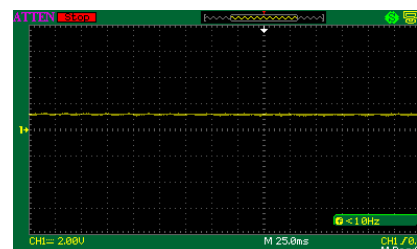


Gambar 27. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Rhomboid

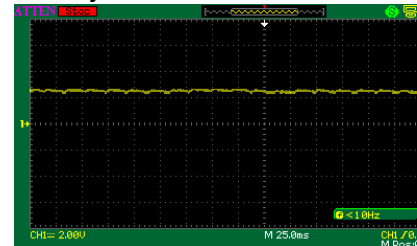


Gambar 28. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Rhomboid

Otot rhomboid terletak diantara bagian bahu dan punggung. Otot ini dapat menghasilkan tegangan sebesar 600mV saat relaksasi hingga 2150mV saat kontraksi.



Gambar 29. Sinyal Hasil Relaksasi Otot Latissimus Dorsi



Gambar 30. Sinyal Hasil Kontraksi Otot Latissimus Dorsi

Otot latissimus dorsi berada pada bagian punggung, otot ini dapat menghasilkan tegangan sebesar 1500 saat relaksasi dan 2400 saat kontraksi.

kecil menghasilkan tegangan yang lebih kecil juga.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengukuran Sinyal Otot

No	nama otot	relaksasi (millivolt)	kontraksi (milivolt)
1	Trapezius	1000	2100
2	Deltoid	1000	2300
3	Triceps	980	2200
4	Pectoralis major	940	2450
5	Serratus anterior	1200	2500
6	Platysma	700	1800
7	Brachioradialis	1800	2200
8	Extensor carpi ulnaris	1300	2300
9	Rhomboid	600	2150
10	Latissimus dorsi	1500	2400

## 4.2 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan hasil percobaan yang telah dilakukan. Bisa di simpulkan bahwa:

1. Rangkaian emg sederhana yang telah dibuat bekerja dengan baik dalam membaca dan memperkuat sinyal otot yang didapatkan dari elektroda gel yang terpasang pada kulit seseorang.
2. Program yang telah dibuat berjalan dengan baik dalam mengolah sinyal yang telah didapatkan, sehingga LCD bisa menampilkan hasil pengukuran yang setara dengan output dari sensor EMG.
3. Karena perbedaan bentuk postur tubuh, perhitungan tidak selalu presisi. Orang yang memiliki berat lebih sulit untuk diukur, dikarenakan lapisan lemak akan menghadang elektroda.
4. Alat dapat melakukan pendeteksian pada bagian badan tubuh manusia dengan baik walaupun otot yang dideteksi tergolong kecil. Hasil yang didapatkan dari otot yang lebih

## 5 Daftar Pustaka

- [1] Florentinus Budi Setiawan, Siswanto, Siswanto. Multi Channel Electromyography (EMG) Signal Acquisition Using Microcontroller with Rectifier. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE). 2016.
- [2] Florentinus Budi Setiawan, Siswanto. Electromyography (EMG) Signal Compression Using Sinusoidal Segmental Model. Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering. 2015.
- [3] Ricky Fajar Adiputra. Robot Arm Controlled By Muscle Tension Based on Electromyography and PIC18F4550. Conference on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE). 2016.
- [4] Carlo J. De Luca. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. Journal of Applied Biomechanics. 1997.
- [5] Analog Devices. Data Sheet AD8226. Wide Supply Range, Rail-to-Rail Output Instrumentation Amplifier.
- [6] James M. Smoliga, Joseph B. Myers, Mark S.Redfern, Scott M. Lephart. Reliability and Precision of EMG in Leg, Torso, and Arm Muscle During Running. Journal of Electromyography and Kinesiology.2010.
- [7] Yohanes Oxa Wijaya, Florentinus Budi Setiawan, Siswanto. Desain dan Implementasi Alat Pengukur Ketegangan Otot. Industrial Research Workshop and National Seminar. 2014.
- [8] Kevin Eka Pramudita, Florentinus Budi Setiawan, Siswanto. Interface and Display of Electromyography Signal Wireless Measurements. 1<sup>st</sup> International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE). 2014.
- [9] Nitish V. Thakor. Biopotential and Electrophysiology Measurements. CRC Press LLC. 2000.
- [10] Carlo J. De Luca, M. Knaflitz. Surface Electromyography: What's New?. C.L.U.T. 1992.
- [11] Atmel. Datasheet ATmega 8535 : AVR microcontroller with 8k Bytes in-system programmable flash.