

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait dengan alat EMG pernah dilakukan oleh nomiyasari dari kampus Intitut Teknologi Surabaya tahun 2011[3], dengan judul “Perancangan dan Pembuatan Modul ECG dan EMG Dalam Satu Unit PC”. Alat EMG yang hasil penelitian tersebut masih terdapat kekurangan dimana *filter* yang merupakan penyaring sinyal EMG yang dirancang belum sesuai dengan perhitungan. Hasil tampilan sinyal pada alat yang dihasilkan belum akurat dengan tingkat *error* alat sebesar 26,67 %. Kinerja ADC dari alat yang dihasilkan belum optimal sehingga proses *interface* antara *hardware* EMG dengan *personal computer* menjadi terganggu.

Penelitian lain yang terkait dengan alat EMG juga telah dilakukan oleh agus sariasa dari Politeknik Kesehatan KEMENKES Surabaya tahun 2011[1] yaitu dengan judul “Pengukuran *signal surface* EMG terhadap Posisi dan Jarak Peletakan Elektroda”. EMG yang dihasilkan sudah hampir mendekati layak tetapi masih terdapat *noise* akibat pengaruh jala-jala PLN dengan *frekuensi* antara 50/60 Hz pada *output* keluaran.

Penelitian sebelumnya juga pernah dilakukan oleh epit pujiono dari Politeknik Kesehatan KEMENKES Surabaya tahun 2011[4] dengan judul “Penelitian *Interfacing Surface* EMG dengan Komunikasi Serial RS 232”, dimana pada penelitian tersebut sinyal EMG yang ditampilkan pada *display oscilloscope* maupun pada *display* PC tidak terdapat *noise* pada rangkaian EMG tetapi bentuk sinyal *output* pada *display* PC tidak sempurna, akibat dari rangkaian ADC, target mikrokontroler dan pengaruh *power supply computer*.

Pada penelitian ini saya akan memperbaiki penelitian sebelumnya yaitu dengan membuat perancangan EMG Dengan Pengiriman Data Melalui Media *Bluetooth* ke *Personal Computer* agar sinyal EMG dapat dibaca dengan lebih baik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Otot Dan Sistem Saraf

Otot adalah suatu jaringan konektif dalam tubuh dengan tugas utamanya berkontraksi. 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). Otot rangka adalah jaringan peka rangsang yang diatur oleh saraf *motorik somatic* dalam kesatuan yang disebut saraf *motorik* unit (SMU). SMU juga memiliki ambang rangsang tertentu. Jika rangsang yang diberikan melewati ambangnya, maka pada saraf tersebut akan muncul potensial aksi dan dihantarkan sebagai *impulse*.

Untuk kontraksi otot sadar diperlukan stimulan dari sistem saraf. Sistem saraf pusat terdiri dari otak (*brain*) dan *spinal cord*. *Spinal cord* menghubungkan otak dengan tubuh. Sistem saraf tepi (*peripheral nervous system*) terdiri dari serabut saraf (*axon*) yang membawa *impulse* dari dan ke sistem saraf. Unit penggerak (motor unit) adalah unit fungsional terkecil dari sistem otot saraf (*neuromuscular system*), terlihat pada gambar. Kelelahan otot adalah penurunan kemampuan otot untuk menciptakan kekuatan, berkontraksi dan gaya yang dihasilkan berkurang. 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 suatu sinyal dari alat bioelektrik dapat memberikan informasi pengukuran metabolisme kontinyu di seluruh bagian 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.

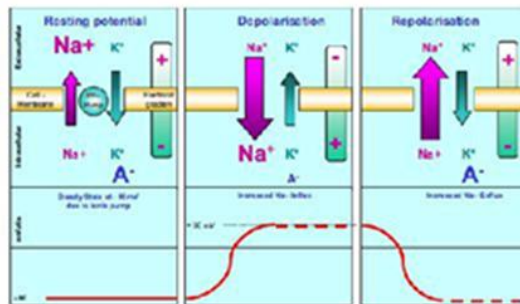
2.2.2 Kontraksi Otot

Kontraksi otot berfungsi untuk memindahkan / menggerakkan bagian-bagian tubuh & substansi dalam tubuh. Ada tiga macam sel otot dalam tubuh manusia (jantung, *lurik* dan polos) namun yang berperan dalam pergerakan

kerangka tubuh manusia adalah otot *lurik* (otot rangka).

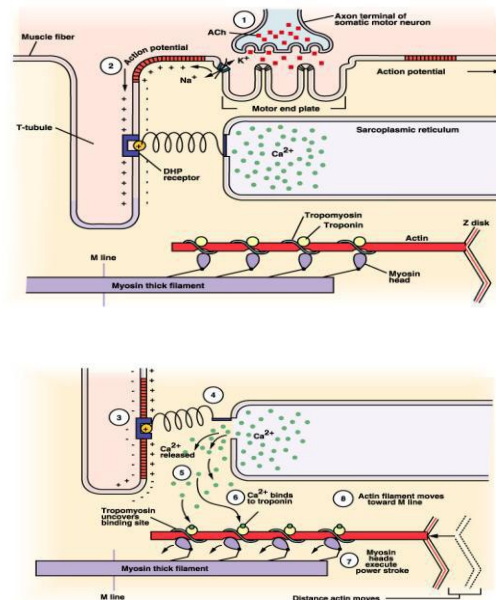
Otot rangka adalah jaringan peka rangsang yang diatur oleh saraf *motorik somatic* dalam kesatuan yang disebut saraf *motorik unit (SMU)*. Seperti halnya saraf – saraf yang lain, *SMU* juga memiliki ambang rangsang tertentu.

Jika rangsang yang diberikan melewati ambangnya, maka pada saraf tersebut akan muncul potensial aksi dan dihantarkan sebagai *impulse*. Berikut skema siklus *polarisasi/repolarisasi membrane* yang ditunjukkan oleh gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema siklus polarisasi/repolarisasi membrane [5]

Adapun proses terjadinya kontraksi otot ditunjukkan oleh gambar 2.2 berikut.

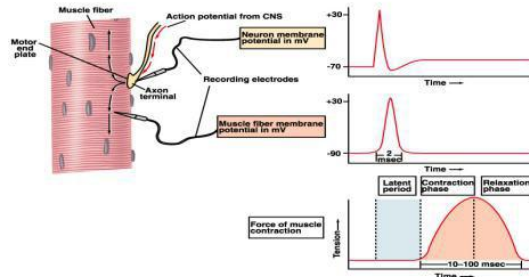


Gambar 2.2 Proses terjadinya kontraksi otot [5]

Dalam serat otot rangka, peristiwa elektrik sudah selesai sebelum

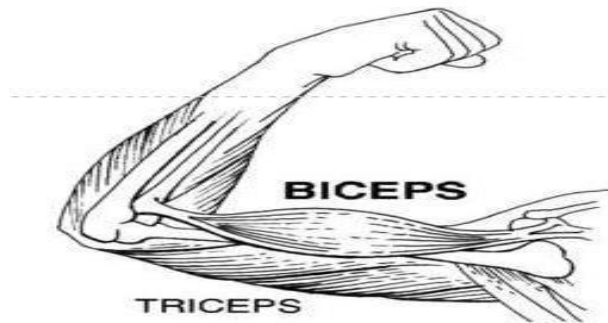
peristiwa mekanik mulai. Peristiwa listrik berlangsung selama 2 ms, peristiwa mekanik selama 10 – 100 ms.

Diagram waktu proses elektrik dan mekanik pada kontraksi otot ditunjukkan oleh gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Diagram waktu proses elektrik dan mekanik pada kontraksi otot [5]

Salah satu gerak yang dilakukan otot lengan dengan melibatkan otot bisep dan trisep yaitu gerak *ekstensi-fleksi*. Gerak *ekstensi-fleksi* ini merupakan gerakan menekuk dan membengkok, dimana gerakan ayunan ke depan merupakan (*ante*) *fleksi* dan ayunan ke belakang disebut (*retro*) *fleksi/ekstensi*. Gerak lengan *ekstensi-fleksi* ditunjukkan oleh gambar 2.4 berikut.

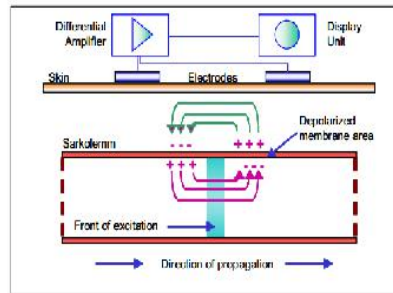


Gambar 2.4 Gerak lengan *ekstensi – fleksi* [5]

2.2.3 Resting Membrane Potensial

Beda potensial merupakan potensial *membrane* pada keadaan istirahat dan diukur sekitar -80 mV di dalam serat otot dengan respek terhadap bagian luar. Pada sistem otot saraf yang sehat, serat otot yang terpolarisasi ini akan tetap berada dalam kondisi kesetimbangan sampai mendapat stimulasi secara *eksternal* dan internal [5].

Susunan instrumen EMG dengan *surface electrodes* dan prinsip perekaman potensial aksi *ekstraseluler* ditunjukkan oleh gambar 2.5 berikut.

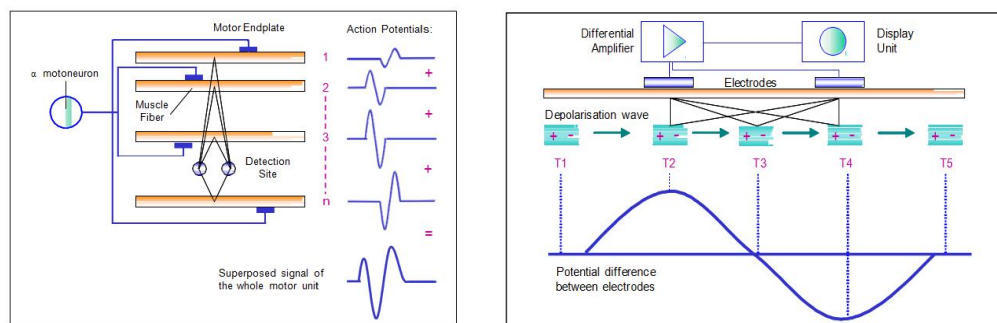


Gambar 2.5 Susunan instrumen EMG dengan *surface electrodes* dan prinsip perekaman potensial aksi ekstraseluler [5]

2.2.4 Muscle Fiber Action Potential

Ketika potensial aksi menjalar disepanjang *axon* dari semua serabut otot, maka pada sambungan *neuromuscular* dan dikeluarkan *neuro transmitter acetylcholine*. *Transmitter* ini yang menyebabkan potensial aksi pada serabut otot. Hal ini akan mengubah perbedaan potensial antara dalam dan luar serabut otot dari sekitar -90mV menjadi sekitar 20-50mV, sehingga terjadi kontraksi serabut otot. Potensial aksi ini akan menjalar dan diikuti menjalarnya depolarisasi pada membran serabut otot.

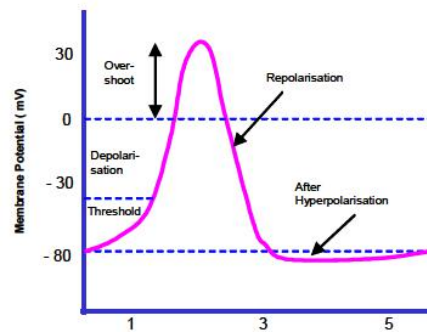
Bentuk sinyal listrik pada serat otot *membrane* ditunjukkan pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 bentuk sinyal listrik pada serat otot *membrane* [5]

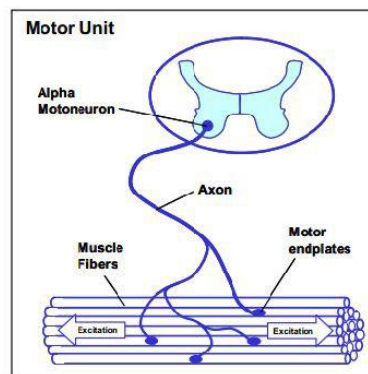
2.2.5 Potensial Aksi Motor Unit

Sejak aktivitas dari sebuah *neuron* motor *alpha* (*an alpha motor neuron*) menyebabkan kontraksi serabut otot, sejumlah sinyal, sebagai kontribusi dari potensial aksi serabut otot yang biasanya diukur [5]. Diagram *action potential* ditunjukkan oleh gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Action Potential [5]

Aktivitas listrik ini disebut potensial aksi unit motor (MUAP). Jadi MUAP adalah gelombang yang diukur ketika sebuah unit motor diaktivasi pada suatu saat. Sistem motor unit yang ditunjukkan pada gambar 2.8 berikut.



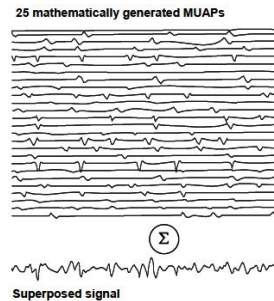
Gambar 2.8 Sistem motor unit [5]

MUAP ini akan dideteksi dengan elektroda. Besarnya nilai atau kekuatan MUAP bergantung pada elektroda yang digunakan, jarak elektroda dengan serat otot, dan densitas sisi yang dideteksi. MUAP yang ditangkap oleh elektroda ini disebut sebagai sinyal *myoelectric*.

Elektroda permukaan digunakan untuk menangkap MUAP atau sinyal *myoelectric*. MUAP yang ditangkap sangat banyak karena elektroda diletakkan pada permukaan kulit. Sinyal dengan amplitudo besar didapatkan pada

bagian serat otot yang dekat dengan elektroda [5].

Diagram sinyal *motor unit action potensial* (MUAP) ditunjukkan pada gambar 2.9 berikut



Gambar 2.9 *Motor Units Action Potential* (MUAP) [5]

2.2.6 *Elektromiograf* (EMG)

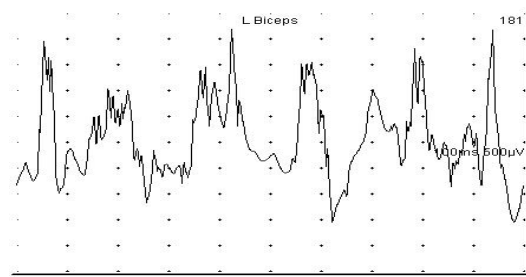
Elektromiograf adalah suatu alat yang digunakan untuk merekam aktivitas elektrik dari otot. EMG berfungsi mencatat *bioelektrik* untuk mengetahui sinyal yang disebabkan oleh aktivitas gerak otot tersebut. EMG pada umumnya direkam dengan menggunakan elektroda yang dipasangkan pada permukaan kulit atau lebih sering jarum elektroda yang dimasukkan secara langsung ke dalam otot. Elektroda permukaan digunakan sekali pakai karena perekatnya mudah lepas. Elektroda ini mengambil tegangan yang dihasilkan oleh kontraksi serat otot. *Amplitudo* dari sinyal EMG tergantung pada berbagai faktor, misalnya penempatan dan jenis elektroda yang digunakan dan tingkat derajat dari penggunaan otot. Suatu sinyal khas EMG terbentang dari 0,1 sampai 0,5 mV. Sinyal-sinyal ini berisi komponen *frekuensi* yang diperbesar sampai pada 10 kHz. Sinyal yang terdeteksi pada permukaan kulit sangat rendah yaitu dalam *range milivolt*, sehingga perlu dikuatkan beberapa kali. Karakteristik sinyal EMG mempunyai *range frekuensi* antara 20 Hz – 500 Hz dan *range* tegangan antara 0,4 mV sampai 5 mV.

Pada sinyal EMG normal mempunyai kekhasan tersendiri, walaupun untuk membedakan antara sinyal normal dan tidak normal perlu pengetahuan yang lebih dalam. Salah satu analisa yang dipakai untuk membedakan sinyal EMG normal dan tidak adalah respon *frekuensi* sinyal tersebut. Analisa yang lain adalah dengan

melihat amplitudonya, menganalisa *motor unit potensial* (MUP), analisa pola gangguan di otot dan beberapa macam cara yang lain. Sinyal normal EMG mempunyai nilai amplitudo maksimal dan *frekuensi* yang berbeda dalam tiap otot di bagian tubuh yang berbeda [2]. Pada umumnya sinyal normal EMG mempunyai *range frekuensi* antara 6 –15 Hz dan amplitudo –2.5 *milivolt* sampai 2.5 *milivolt* dalam keadaan otot beristirahat. Berikut ini adalah sinyal EMG normal yang telah disintesa [6].

1. *Biceps*

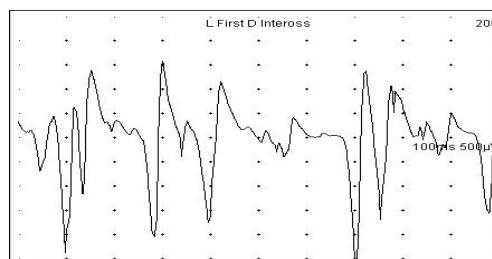
Sinyal *Biceps* normal mempunyai *range* sinyal RMS EMG 0.5 - 2 mV . Gambar 2.10 salah satu contoh sinyal EMG yang diukur di otot *biceps* dalam keadaan istirahat.



Gambar 2.10 Sinyal Normal EMG *Biceps* [6]

2. *First Dorsal Interosseus*

First Dorsal Interosseus mempunyai *range* sinyal RMS EMG 0.5 - 5 mV. Contoh sinyal EMG dibagian ini seperti gambar 2.11.

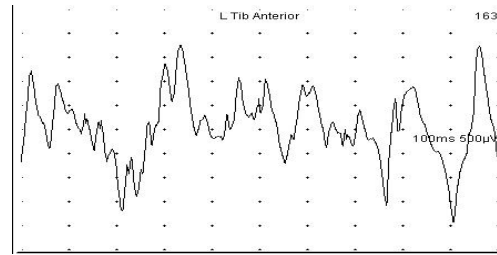


Gambar 2.11 Sinyal Normal EMG *First Dorsal Interosseus* [6]

3. *Tibialis Anterior*

Sinyal normal didaerah ini mempunyai *range* sinyal RMS EMG 0.5 - 3 mV.

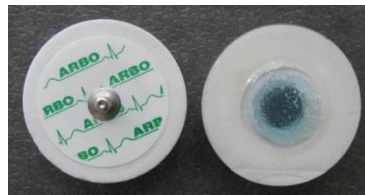
Contoh sinyal EMG di bagian ini ditunjukkan pada gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 Sinyal Normal EMG *Tibialis Anterior* [6]

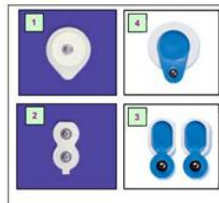
2.2.7 Elektroda

Untuk mengetahui sinyal EMG diletakkan elektroda sebagai media interaksinya. Peletakan elektroda biasanya diletakkan langsung pada otot yang akan diamati dengan cara menempelkan pada permukaan kulit sebagai pendeteksi sinyal dari pergerakan otot. Salah satu contoh Elektroda permukaan *AgCl* ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut.



Gambar 2.13 Elektroda permukaan *AgCl* [7]

Sinyal yang ditangkap meliputi daerah yang diberikan elektroda, akibatnya sinyal yang diperoleh merupakan penjumlahan seluruh sinyal yang ada. Karena proses kontraksi dan relaksasi tiap-tiap otot gerak pada daerah tersebut tidak bersamaan, maka sinyal yang didapat terkesan seperti sinyal acak. Macam – macam jenis elektroda di tunjukan pada gambar 2.14 berikut.



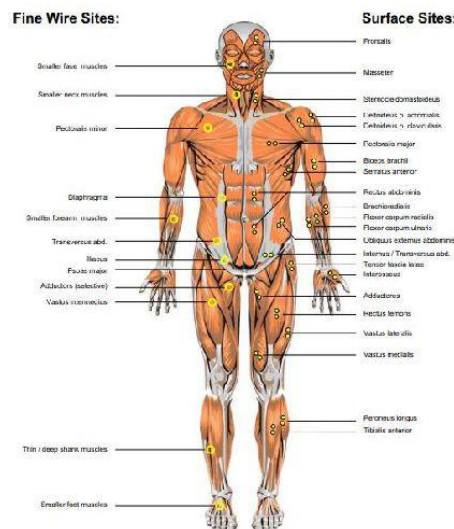
Gambar 2.14 Jenis elektroda [5]

Elektroda juga berfungsi sebagai *grounding* yang ditempelkan pada daerah yang memiliki resistansi tubuh yang kecil, contohnya pada kaki atau telinga.

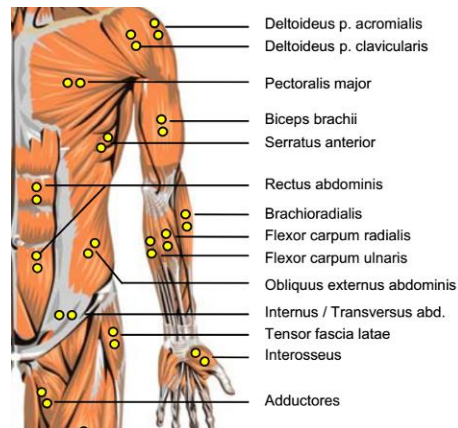
Karakteristik dari sinyal otot EMG yang umumnya dianalisa mempunyai *range frekuensi* antara 20Hz sampai 500Hz dan range tegangan antara 0,4mV sampai 5mV, terdapat amplitudo yang tinggi lagi apabila terjadi kontraksi [7].

2.2.8 Peletakan Elektroda

Sebelum elektroda ditempelkan pada permukaan kulit maka dibutuhkan langkah pembersihan pada permukaan kulit agar jaringan kulit mati dan rambut pada permukaan kulit tidak mempengaruhi elektroda saat menangkap sinyal. Teknik yang dapat dilakukan untuk membersihkan permukaan kulit adalah dengan memanfaatkan alkohol dan melakukan pencukuran rambut pada permukaan kulit. Elektroda diletakkan secara paralel terhadap serat otot. Posisi terbaik dapat dipilih pada saat otot mengalami fase kontraksi. Peletakan elektroda sebaiknya berjarak 20 mm satu sama lain namun harus disesuaikan untuk otot dengan ukuran kecil [7]. Pemilihan letak elektroda pada anatomi tubuh untuk bagian depan dan peletakan elektroda pada bagian tangan ditunjukkan pada gambar 2.15 dan gambar 2.16 berikut.



Gambar 2.15 Anatomi tubuh tampak depan, pemilihan letak elektroda [5]



Gambar 2.16 Pemilihan letak elektroda pada bagian lengan [5]

2.2.9 Metode Pengambilan Sinyal

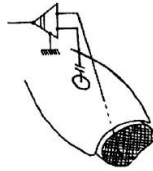
Pengukuran sinyal *myoelectric* terdiri dari tiga langkah dasar yaitu deteksi, pengkondisian sinyal, akuisisi dan pemrosesan sinyal [8]. Kekuatan sinyal *myoelectric* sangat kecil yaitu dalam kisaran *microvolt* atau *milivolt*. Kekuatan sinyal ini sangat mudah terpengaruh oleh *noise*. Performa dari masing-masing komponen pengukuran dan penangkapan sinyal *myoelectric* sangat mempengaruhi kualitas sinyal. Semakin tinggi performa dari masing-masing bagian akan menghasilkan sinyal *myoelectric* dengan kualitas yang lebih baik.

Deteksi sinyal *myoelectric* dilakukan dengan elektroda tertentu. Elektroda yang ditempel di permukaan kulit akan bersentuhan atau menempel pada otot. Elektroda harus dibuat dari bahan yang aman dan tidak beracun bagi subjek. Elektroda juga dibuat dari bahan yang tidak mudah mengalami polarisasi saat arus listrik mengalir pada elektroda. *Silver chloride (AgCl)* merupakan elektroda sensor. Besarnya sinyal *myoelectric* bergantung pada posisi elektroda pada permukaan kulit.

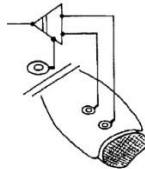
Tiga elektroda digunakan dalam pendeteksian sinyal *myoelectric*, dua elektroda dihubungkan pada *input* dengan impedansi tinggi dan elektroda ketiga sebagai *ground* yang diletakkan pada *input* dengan impedansi rendah. Mode deteksi dilakukan dalam dua cara yaitu *monopolar* dan *bipolar*.

Deteksi *monopolar* hanya melibatkan satu elektroda aktif dan memberikan informasi mengenai perubahan potensial pada daerah deteksi. Metode deteksi ini

mengharuskan elektroda kedua diletakkan pada daerah aktif seperti pergelangan tangan atau kaki. Deteksi *bipolar*, dua elektroda diletakkan pada jarak tertentu sehingga terjadi beda potensial diantara kedua elektroda. Beda potensial ini menghilangkan *noise* sehingga diperoleh sinyal dengan kualitas yang lebih baik [7]. Pendeteksian *monopolar* dan *bipolar* untuk peletakan elektroda ditunjukkan pada gambar 2.17 dan gambar 2.18 berikut.



Gambar 2.17 Pendeteksian *Monopolar* [7]



Gambar 2.18 Pendeteksian *Bipolar* [7]

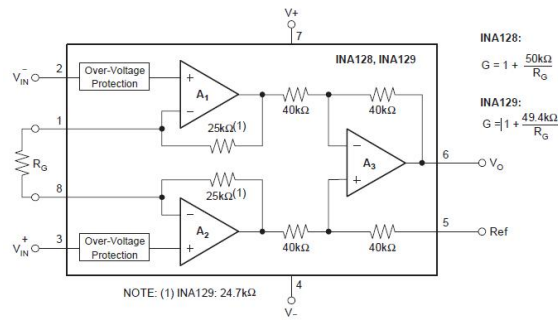
2.3 Komponen Utama

2.3.1 IC INA 128

Penguat *diferensial* yang digunakan pada instrumentasi penangkap sinyal *myoelectric* yang dibangun adalah INA 128. INA 128 adalah penguatan instrumentasi atau instrumentasi *amplifier* yang hanya membutuhkan satu buah resistor untuk mengatur penguatan sinyal [9]. Selain itu keuntungan memakai penguat diferensial INA128 adalah:

1. Tegangan *offset DC* sangat rendah
2. *Low drift*
3. *Low noise*
4. *Open loop-gain* sangat tinggi
5. CMRR sangat tinggi
6. Impedansi *input* sangat tinggi

Skematik dari IC INA128 ditunjukkan pada gambar 2.19 berikut.



Gambar 2.19 Skema INA128 [9]

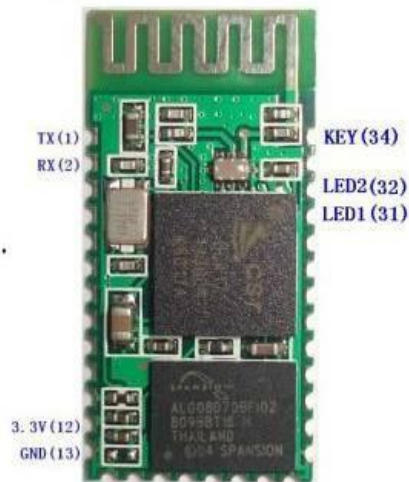
IC INA128 memiliki delapan kaki gambar 2.20 dengan urutan berbentuk letter U dengan masing-masing sisi berjumlah 4 kaki. Keterangan dari kaki-kaki tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pin 1 & 8: R_G adalah untuk menentukan *gain*
2. Pin 7 : $+V_s$ dihubungkan ke tegangan catu positif
3. Pin 4 : $-V_s$ dihubungkan ke tegangan catu negatif
4. Pin 5 : REF dihubungkan ke tegangan referensi : pada *mode split supply* ke *ground*, pada *mode dual supply* ke pembagi tegangan yang terbuffer
5. Pin 2 & 3: $-IN$ dan $+IN$ adalah tegangan masukan *inverting* dan *non inverting*

2.3.2 Bluetooth HC-05

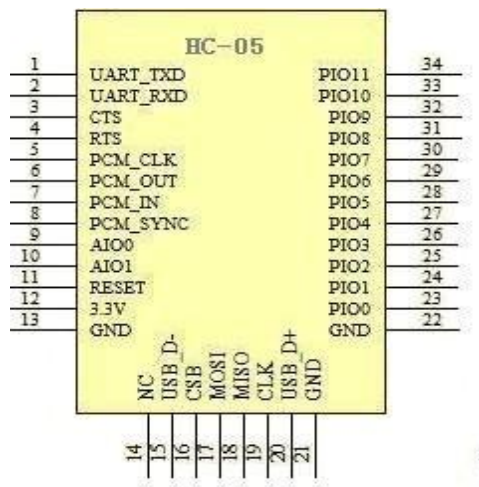
Bluetooth adalah protokol komunikasi data yang bekerja pada *frekuensi* radio 2.4 GHz untuk pertukaran data pada perangkat bergerak seperti PDA, laptop, HP, dan lain-lain. Salah satu hasil contoh modul *bluetooth* yang paling banyak digunakan adalah tipe HC-05. modul *bluetooth* HC-05 merupakan salah satu modul *bluetooth* yang dapat ditemukan dipasaran dengan harga yang relatif murah [10]. Modul *bluetooth* HC-05 terdiri dari 6 pin konektor, yang setiap pin konektor memiliki fungsi yang berbeda - beda.

Untuk gambar *module bluetooth* dapat dilihat pada gambar 2.20 dibawah ini:



Gambar 2.20 Modul Bluetooth HC-05

Modul *bluetooth* HC-05 dengan *supply* tegangan sebesar 3,3 V ke pin 12 modul *bluetooth* sebagai VCC. Pin 1 pada modul *bluetooth* sebagai transmitter. kemudian pin 2 pada *bluetooth* sebagai receiver. Berikut merupakan konfigurasi pin *bluetooth* HC-05 ditunjukkan pada gambar 2.21 dibawah ini:



Gambar 2.21 Konfigurasi Pin HC-05

Konfigurasi pin modul *bluetooth* HC-05 dapat dilihat pada table 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Konfigurasi pin *Module bluetooth CH-05*

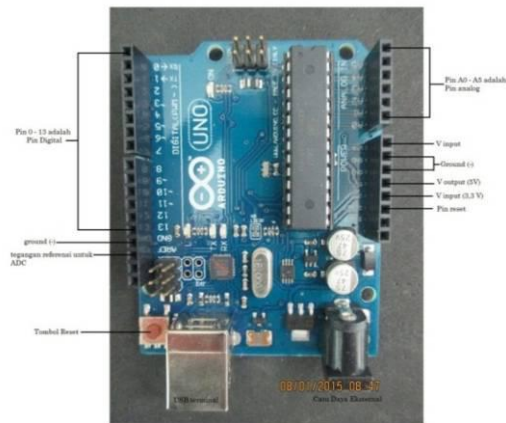
No.	Nomor Pin	Nama	Fungsi
1.	Pin 1	Key	-
2.	Pin 2	VCC	Sumber tegangan 5V
3.	Pin 3	GND	Groud tegangan
4.	Pin 4	TXD	Mengirim data
5.	Pin 5	RXD	Menerima data
6.	Pin 6	STATE	-

Module bluetooth HC-05 merupakan *module bluetooth* yang bisa menjadi *slave* ataupun *master* hal ini dibuktikan dengan bisa memberikan notifikasi untuk melakukan *pairing* keperangkat lain, maupun perangkat lain tersebut yang melakukan *pairing* ke *module bluetooth CH-05*. Untuk mengeset perangkat *bluetooth* dibutuhkan perintah-perintah *AT Command* yang mana perintah *AT Command* tersebut akan di respon oleh perangkat *bluetooth* jika modul *bluetooth* tidak dalam keadaan terkoneksi dengan perangkat lain.

2.3.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input / output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke *computer* dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya [11].

Konfigurasi tiap pin pada *board Arduino Uno* ditunjukkan pada gambar 2.22 berikut.



Gambar 2.22 Konfigurasi tiap pin pada *board Arduino Uno* [11].

Berikut deskripsi *Arduio Uno* dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 2.2 Deskripsi *Arduino Uno* [11]

<i>Mikrokontroller</i>	Atmega328
<i>Operasi Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12 V (Rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20 V (limits)
<i>I/O</i>	14 pin (6 pin untuk PWM)
<i>Arus</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB
<i>Bootloader</i>	SRAM 2 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Kecepatan</i>	16 Mhz

Pada gambar 2.22 terlihat konfigurasi pin pada *board Arduino Uno*. Pin-pin tersebut terdiri dari:

a) Pin 0 – pin 13

Pin ini dapat digunakan sebagai pin *input* dan *output* digital. Artinya pin-pin ini hanya dapat digunakan untuk keluar data digital. Bila pin – pin ini diatur sebagai pin *output*, maka pin – pin hanya dapat mengeluarkan tegangan 0V untuk kondisi OFF dan mengeluarkan tegangan 5V untuk kondisi ON. Dalam penulisan program sketch, 0V dinyatakan dengan kondisi LOW dan 5V dinyatakan dengan kondisi HIGH.

Jika pin-pin digital ini diatur sebagai pin *input* , maka pin-pin ini hanya dapat menerima data digital. Bila pin diberi tegangan 0V, maka pin

mendapat logika rendah (LOW) dan jika pin mendapat tegangan 5V, maka pin mendapat logika tinggi (HIGH).

b) Pin A0 – pin A5

Pin A0 – pin A5 adalah pin *analog*, artinya pin ini dapat menerima dan mengeluarkan data data *analog*. Pin A0 – pin A5 terhubung ke ADC (*analog to digital converter*). *Board Arduino Uno* menggunakan mikrokontroler ATmega 328 yang mempunyai 2 macam konfigurasi ADC yaitu ADC 8 bit dan ADC 12 bit. Pin *analog* ini dapat mengolah tegangan *analog* dari tegangan 0 V hingga 5 V. Selain dapat digunakan untuk data *analog*, pin ini juga dapat difungsikan sebagai pin *input/output* digital.

c) Terminal USB

Terminal USB digunakan untuk menghubungkan *board arduino* dengan *computer*, terminal ini digunakan untuk memprogram mikrokontroler dan juga dapat digunakan untuk komunikasi mikrokontroler dengan *computer* (serial komunikasi).

d) Terminal Catudaya *eksternal*

Board arduino selain dapat menggunakan catudaya dari USB *computer*, juga dapat diberi catudaya *eksternal* melalui terminal catudaya ini. Pada *board arduino* telah dilengkapi dengan regulator tegangan 5V, sehingga *board arduino* ini dapat diberikan tegangan *eksternal* berkisar dari 5 V hingga 12 VDC.

Pin-pin dayanya adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan *input* ke *Arduino board* ketika *board* sedang menggunakan sumber *supply eksternal* (seperti 5 Volt dari koneksi USB atau sumber tenaga lainnya yang diatur). Kita dapat menyuplai tegangan melalui pin ini, atau jika penyuplaian tegangan melalui *power jack*, aksesnya melalui pin ini.
- 5V. Pin *output* ini merupakan tegangan 5 volt yang diatur dari regulator pada *board*. *Board* dapat disuplai dengan salah satu suplai

dari DC power jack (7-12V), USB connector (5V), atau pin VIN dari *board* (7-12). Penyuplaian tegangan melalui pin 5V atau 3,3V membypass *regulator*, dan dapat membahayakan *board*. Hal itu tidak dianjurkan.

- 3V3. Sebuah suplai 3,3 *volt* dihasilkan oleh regulator pada *board*. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.
- GND. Pin ground.
- Pin Aref ; pin ini untuk memberikan tegangan referensi *eksternal* pada ADC.
- Pin reset; pin ini untuk *reset* mikrokontroller.

e) Tombol reset

Tombol reset digunakan untuk mereset mikrokontroller.

f) Terminal *Header* ISP

Terminal *Header* ISP digunakan untuk pemrograman *boatloader* mikrokontroller. Supaya mikrokontroller atmega328 dapat bekerja pada *board arduino*, maka ATmega 328 harus diisi dengan program *boatloader* terlebih dahulu. Pada saat kita membeli *board arduino*, *board* telah dilengkapi dengan sebuah IC ATmega 328 yang telah diisi dengan program *boatloader*, tetapi jika kita hendak mengganti IC ATmega 328 dengan yang baru, maka IC tersebut terlebih dahulu harus diisi dengan program *boatloader* dengan menggunakan terminal header ISP yang dihubungkan ke downloader lain.

g) *Input* dan *Output*

Setiap 14 pin digital pada *Arduino Uno* dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 *volt*.

Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah *resistor pull-up* (terputus secara *default*) 20-50 kOhm.

Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari chip Serial ATmega 8U2 USB-ke-TTL.
- *External Interrupts*: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk dipicu sebuah *interrupt* (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi *attachInterrupt()* untuk lebih jelasnya.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Memberikan 8-bit PWM *output* dengan fungsi *analogWrite()*.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin-pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
- LED: 13. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH LED menyala, ketika pin bernilai LOW LED mati. *Arduino Uno* mempunyai 6 *input analog*, diberi label A0 sampai A5, setiapnya memberikan 10 bit resolusi (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara default, 6 *input analog* tersebut mengukur dari ground sampai tegangan 5 volt, dengan itu mungkin untuk mengganti batas atas dari rangenya dengan menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*. Di sisi lain, beberapa pin mempunyai fungsi spesial:
 - TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL. Mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire library*
 Ada sepasang pin lainnya pada *board*:
 - AREF. Referensi tegangan untuk *input analog*. Digunakan dengan *analogReference()*.
 - Reset. Membawa saluran ini *LOW* untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol *reset* untuk melindungi yang memblock sesuatu pada *board*.

2.4 Rangkaian Dasar

2.4.1 Rangkaian Instrumen

Merupakan tahap mendorong skala sinyal elektrik yang ditangkap oleh elektroda. Persiapan dan penyetelan sirkuit instrumentasi *amplifier* sangat penting. *Preamplifier* dirangkai untuk memenuhi kebutuhan akurasi dan perbesaran yang stabil, mampu mengakomodasi tingkat impedansi *input* yang sangat tinggi dan mengakomodasi tingkat impedansi *output* yang sangat rendah, dan *Common Rejection Ratio* (CMR) yang sangat tinggi mencapai 110dB. Sinyal yang berasal dari elektroda memiliki tingkat impedansi yang tinggi dan amplitudo rendah maka *preamplifier* mengambil peran sebagai perubah impedansi.

2.4.2 Rangkaian Filter

Filter merupakan bagian yang akan menghilangkan *frekuensi* yang tidak relevan, *electrical noise*, sehingga hanya menyisakan sinyal *myoelectric* yang akan diukur dan direkam. Sinyal terbaik dapat diperoleh dengan mengaplikasikan *low-pass* dan *high-pass filter*. *High-pass filter* menghilangkan komponen yang tidak stabil seperti artefak karena gerakan kabel. *Low-pass filter* membatasi karakteristik spektral sinyal. *Filter* merupakan peralatan *analog* sehingga rentang (*bandwidth*) *frekuensi* yang akan di *filter* dapat diatur sesuai kebutuhan.

1. Rangkaian LPF

Rangkaian *Low Pass Filter* adalah *filter* yang hanya melewatkan *frekuensi* yang lebih rendah dari *frekuensi* cut-off. Pada penelitian ini rangkaian *lowpass filter* berfungsi untuk melewatkan *frekuensi* dibawah 500 Hz dan menyaring *frekuensi* diatasnya.

2. Rangkaian HPF

Rangkaian *High Pass Filter* ini digunakan untuk mengeliminasi sinyal-sinyal *noise* pada *frekuensi* rendah yang dihasilkan dari pergerakan artefak

elektroda, sinyal EMG tubuh, serta sinyal *noise* lainnya yang dapat merusak sinyal asli dari pengukuran *bioimpedance*.

Pada penelitian ini rangkaian *highpass filter* berfungsi untuk melewatkan *frekuensi* di atas 20 Hz dan menyaring *frekuensi* di bawahnya.

2.4.3 Rangkaian *Adder*

Rangkaian *Adder* ini terdiri dari rangkaian non inverting. Pada dasarnya merupakan rangkaian penjumlah yang dasar rangkaiannya adalah rangkaian inverting *amplifier* dan hasil *outputnya* adalah dikalikan dengan penguatan seperti pada rangkaian *inverting*. Pada dasarnya nilai *outputnya* adalah jumlah dari penguatan masing – masing dari *inverting*.

2.5 MatLab

MatLab adalah sebuah bahasa dengan (*high-performance*) kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. MatLab mengintegrasikan komputasi, *visualisasi*, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk pakai dimana masalah-masalah dan penyelesaian diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar. Penggunaan MatLab meliputi bidang-bidang :

1. Matematika dan komputasi
2. Pembentukan *algorithm*
3. Akusisi data
4. Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototipe
5. Analisa data, eksplorasi, dan *visualisasi*
6. Grafik keilmuan dan bidang rekayasa

MatLab merupakan suatu sistem interaktif yang memiliki elemen data dalam suatu *array* sehingga tidak lagi kita dipusingkan dengan masalah dimensi. Hal ini memungkinkan kita untuk memecahkan banyak masalah teknis yang terkait dengan komputasi, khususnya yang berhubungan dengan matrik dan formulasi vektor, yang mana masalah tersebut merupakan momok apabila kita harus menyelesaikannya dengan menggunakan bahasa level rendah seperti *Pascal*, *C* dan *Basic*. Nama MatLab merupakan singkatan dari matrik laboratory. Fitur-fitur MatLab sudah banyak dikembangkan, dan lebih kita kenal dengan nama

toolbox. Sangat penting bagi seorang pengguna MatLab, *toolbox* mana yang mendukung untuk *learn* dan *apply* teknologi yang sedang dipelajarinya.

Toolbox ini merupakan kumpulan dari fungsi-fungsi MatLab (*M-files*) yang telah dikembangkan ke suatu lingkungan kerja MatLab untuk memecahkan masalah dalam kelas *particular*. Area-area yang sudah bisa dipecahkan dengan *toolbox* saat ini meliputi pengolahan sinyal, sistem kontrol, *neural networks*, *fuzzy logic*, *wavelets*, dan lain-lain.

Sebagai sebuah sistem, MatLab tersusun dari 5 bagian utama yaitu:

1. *Development Environment*

Merupakan sekumpulan perangkat dan fasilitas yang membantu anda untuk menggunakan fungsi-fungsi dan file-file MatLab. Beberapa perangkat ini merupakan sebuah *graphical user interfaces (GUI)*. Termasuk didalamnya adalah MatLab *desktop* dan *Command Window*, *Command history*, sebuah editor dan *debugger*, dan *browsers* untuk melihat *help*, *workspace*, *files*, dan *search path*.

2. *MATLAB Mathematical Function Library*

Merupakan sekumpulan algoritma komputasi mulai dari fungsi-fungsi dasar seperti : *sum*, *sin*, *cos*, dan *complex arithmetic*, sampai dengan fungsi-fungsi yang lebih kompleks seperti *matrix inverse*, *matrix eigenvalues*, *bessel function*, dan *fast fourier transforms*.

3. *MATLAB Language*

Merupakan suatu *high-level matrix/array language* dengan *control flow statement*, *functions*, *data structures*, *input /output*, dan fitur-fitur *object-oriented programming*. Ini memungkinkan bagi kita untuk melakukan kedua hal baik pemrograman dalam lingkup sederhana untuk mendapatkan hasil yang cepat, dan pemrograman dalam lingkup yang lebih besar untuk memperoleh hasil-hasil dan aplikasi yang kompleks.

4. *Graphics*

Memiliki fasilitas untuk menampilkan *vektor* dan *matrix* sebagai suatu grafik. Didalamnya melibatkan *high-level function* (fungsi-fungsi level

tinggi) untuk visualisasi data dua dimensi dan data tiga dimensi, *image processing*, *animation*, dan *presentation graphics*.

Ini juga melibatkan fungsi level rendah yang memungkinkan bagi anda untuk membiasakan diri untuk memunculkan grafik mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan tingkatan *graphical user interfaces* pada aplikasi MatLab anda.

5. *MATLAB Application Program Interface (API)*

Merupakan suatu *library* yang memungkinkan program yang telah anda tulis dalam bahasa C dan fortran mampu berinteraksi dengan MatLab. Ini melibatkan fasilitas untuk pemanggilan routines dari MatLab (*dynamic linking*), pemanggilan MatLab sebagai sebuah *computational engine*, dan untuk membaca dan menuliskan *Mat-files*.