

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian berjudul “Deteksi Kejenuhan Seluruh Otot Manusia Menggunakan Sensor EMG Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO” dilakukan oleh Abyanto *et al.*, (2018) bertujuan untuk mengukur tegangan pada sepuluh titik otot individu. Dalam aplikasi EMG, rangkaian AD620AN dan komparator TL062 digunakan untuk memperkuat sinyal. Tegangan keluaran otot dalam keadaan relaksasi adalah 100 mV, tetapi saat otot berkontraksi, tegangannya meningkat menjadi 5000 mV berdasarkan data sampel yang dianalisis [3].

Dalam penelitian jurnal yang dilakukan oleh Purnama *et al.*, berjudul “Pembacaan Sinyal Otot pada Wajah dan Sekitar Kepala Menggunakan Sensor Elektromiografi,” pada 2018 menjelaskan bahwa pengukuran sinyal otot bervariasi karena perbedaan lapisan lemak dan kekuatan otot di setiap titik. Sinyal yang dihasilkan oleh otot juga berbeda antara individu. Meskipun sinyal dari otot wajah umumnya lebih lemah dibandingkan dengan otot tangan dan kaki, studi telah menunjukkan bahwa sinyal tersebut masih dapat diperkuat secara efektif menggunakan sensor EMG [6].

Pada tahun 2018, penelitian yang dilakukan oleh Santoso *et al.*, berjudul “Pembacaan Sinyal Otot pada Bagian Kepala Menggunakan Sensor Elektromiografi (EMG) dan Scilab”. Dalam penelitian ini, rangkaian penguat sinyal memainkan peran penting dalam meningkatkan intensitas sinyal sebelum diproses melalui aplikasi Scilab pada pengukuran otot wajah. Proses pengolahan suara dari sinyal otot yang direkam melalui program Scilab berjalan dengan lancar. Hasil pengukuran dari otot wajah yang diperkuat oleh elektromiografi terdokumentasi dengan jelas. Variasi nilai yang teramati selama proses pengukuran disebabkan oleh perbedaan ketebalan lemak dan kekuatan pada otot-otot manusia [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Suyatmadi *et al.*, berjudul “Perancangan dan Implementasi Kendali Robot Lengan dengan Sensor *Electromyograph* (EMG)”

pada tahun 2017. Pada penelitian ini digunakan sensor EMG untuk mendeteksi otot pada bagian lengan dan otot bicep. Hasil penelitian ini menggabungkan sensor EMG dengan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengendalikan robot lengan. Penelitian ini berhasil mengendalikan pergerakan robot lengan berdasarkan sinyal EMG dari gerakan otot [8].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nainggolan *et al.*, pada tahun 2015 dengan judul “Perancangan dan Implementasi Tangan Robot Buatan dengan Menggunakan Elektromiogram” menjelaskan mengenai perancangan *artificial hand robot* yang bekerja berdasarkan sinyal EMG. EMG digunakan sebagai sensor untuk menangkap sinyal yang dihasilkan dari pergerakan otot. Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan pergerakan robot lengan berdasarkan gerakan lengan manusia [9].

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 Otot**

Otot adalah jaringan tubuh yang memiliki kemampuan untuk berkontraksi dan meregang, memungkinkan pergerakan tubuh. Terdiri dari serat-serat yang dapat berkontraksi dan meregang, otot dapat menghasilkan gaya yang diperlukan untuk menjalankan fungsi berbagai bagian tubuh. Terdapat tiga jenis utama otot: otot polos, otot rangka, dan otot jantung. Otot rangka melekat pada kerangka tubuh dan bertanggung jawab atas gerakan yang disadari, sedangkan otot polos terdapat di dalam organ-organ tubuh seperti lambung dan usus, mengendalikan fungsi internal tanpa disadari. Otot jantung, memiliki ciri khas berkontraksi secara otomatis yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh. Fungsi otot ini sangat penting untuk mobilitas, stabilitas tubuh, dan berbagai aktivitas sehari-hari yang melibatkan gerakan [3].



**Gambar 2.1 Jaringan Otot Manusia [3]**

Jaringan otot mengacu pada sekelompok sel otot yang bekerja bersama-sama untuk menghasilkan gerakan. Terdapat beberapa jenis jaringan otot, seperti, otot polos, otot rangka, dan otot jantung. Otot polos terletak di dinding organ-organ internal, mengontrol fungsi-fungsi internal tubuh tanpa adanya kontrol sadar. Otot rangka melekat pada tulang, memberikan kemampuan tubuh untuk bergerak secara disadari. Otot jantung, sebagai jenis khusus, bekerja otomatis memompa darah dari jantung ke seluruh tubuh. Jaringan otot memiliki peran krusial dalam mempertahankan struktur dan fungsi tubuh, memfasilitasi kemampuan untuk beraktivitas, serta mendukung sistem pergerakan dan sirkulasi darah. Melalui proses kontraksi dan relaksasi, jaringan otot menghasilkan gaya yang diperlukan untuk menjalankan berbagai fungsi tubuh [10].

Ada tiga jenis utama otot dalam tubuh manusia, yaitu, otot polos, otot rangka, dan otot jantung.

1. Otot Polos: Otot polos terletak di dinding organ tubuh seperti usus, lambung, dan pembuluh darah. Otot polos bekerja tanpa adanya kontrol sadar dan bertanggung jawab untuk mengatur fungsi internal tubuh, seperti peristaltik usus dan kontraksi pembuluh darah.
2. Otot Rangka: Otot rangka merupakan otot yang melekat pada tulang dan memungkinkan gerakan tubuh secara sadar. Manusia memiliki kontrol langsung atas otot ini, sehingga dapat digunakan untuk melakukan berbagai aktivitas seperti berjalan, mengangkat benda, dan berbicara.

3. Otot Jantung: Otot jantung adalah otot yang unik karena bekerja otomatis. Otot ini terdapat di dinding jantung dan bertugas memompa darah ke seluruh tubuh. Kontraksi dan relaksasi otot jantung secara terus-menerus memastikan peredaran darah yang efisien dan vital bagi kelangsungan hidup.

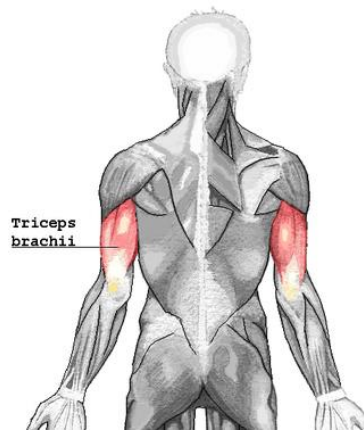
Setiap jenis otot memiliki struktur dan fungsi yang khas, mendukung fungsi-fungsi tertentu dalam tubuh manusia. Kombinasi kerja ketiga jenis otot ini memungkinkan tubuh berfungsi dengan baik, baik dalam hal gerakan tubuh, fungsi organ-organ internal, maupun sirkulasi darah [3].

Beberapa otot memiliki kemampuan untuk menggerakkan *origo* dan *insersio*, meskipun kebanyakan otot hanya dapat menggerakkan salah satu dari keduanya. Hal ini mengakibatkan *origo* dan *insersio* dapat berperan bergantian satu sama lain. Sebagai contoh, otot *biceps* berasal dari skapula dan melekat pada radius. Ketika *biceps* berkontraksi, skapula berperan sebagai titik stabil, sementara aksi biceps menggerakkan radius. Namun, *biceps* juga dapat membantu dalam gerakan lain, misalnya saat kedua tangan memegang batang horizontal dan tubuh ditarik ke atas sejajar dengan lengan. Dalam konteks penelitian ini, radius berfungsi sebagai titik yang lebih stabil untuk mengaitkan gerakan, sementara skapula bergerak lebih bebas, memfasilitasi gerakan tersebut [11].

### 2.2.2 Otot *Triceps Brachii*

Otot *triceps brachii* merupakan salah satu otot utama yang terdapat pada lengan atas manusia, terletak di bagian belakang lengan. Dikenal dengan nama "*triceps*" yang berarti tiga kepala, otot ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu kepala lateral, kepala medial, dan kepala longus. Kepala lateral terletak di sisi luar lengan, kepala medial di sisi dalam, sementara kepala longus memberikan panjang pada otot tersebut. Fungsi utama otot *triceps brachii* adalah untuk melakukan ekstensi siku, yang melibatkan gerakan meluruskan lengan. Ketika siku ditekuk, otot ini berkontraksi untuk membantu meluruskan lengan kembali ke posisi awal. Otot *triceps brachii* memiliki peran penting dalam berbagai aktivitas sehari-hari yang melibatkan gerakan lengan, seperti mendorong, mengangkat, dan menahan berat. Melalui kerja sama tiga kepala ototnya, otot *triceps brachii* mendukung stabilitas

dan kekuatan lengan, memungkinkan manusia untuk menjalankan berbagai tugas fisik [12].

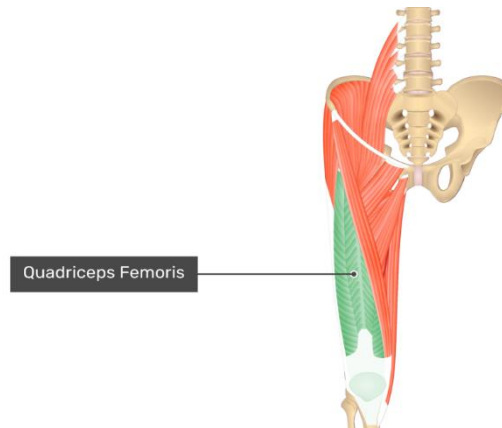


**Gambar 2.2 Otot *Triceps Brachii* [13]**

Otot *triceps* brachii memainkan peran penting dalam sistem otot manusia dengan fungsi utama sebagai penggerak ekstensi siku. Dalam situasi sehari-hari, seperti mengepakan tangan, mendorong objek dari tubuh, atau bahkan menahan berat, otot *triceps* brachii aktif berkontraksi untuk meluruskan lengan pada siku. Karena lokasinya di bagian belakang lengan, otot ini memberikan kekuatan dan stabilitas yang diperlukan untuk berbagai aktivitas fisik yang melibatkan gerakan lengan. Sementara itu, struktur tiga kepala otot—lateral, medial, dan longus—bekerja bersama-sama untuk menghasilkan gerakan ekstensi yang koordinatif dan efisien. Oleh karena itu, fungsionalitas otot *triceps* brachii sangat vital dalam mendukung mobilitas dan kinerja sehari-hari, serta berkontribusi pada aspek kekuatan tubuh manusia [13].

### **2.2.3 Otot *Quadriceps Femoris***

*Quadriceps femoris* merupakan kelompok otot dengan peran krusial dalam sistem otot manusia, terletak di bagian depan paha. Nama "*quadriceps*" merujuk pada empat otot utama yang membentuk kelompok ini, yaitu rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, dan vastus intermedius. Rectus femoris, sebagai satu-satunya otot yang melintasi sendi pinggul dan lutut, berperan dalam fleksi pinggul dan ekstensi lutut [14].



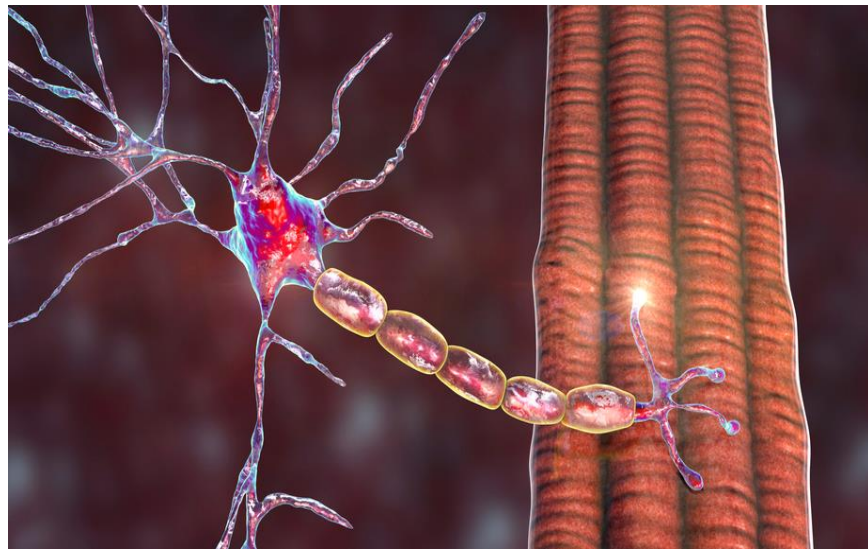
**Gambar 2.3** *Quadriceps Femoris* [15]

*Vastus lateralis*, terletak di sisi luar paha, serta *vastus medialis*, di sisi dalam paha, keduanya memiliki fungsi utama dalam ekstensi lutut dan menjaga keseimbangan tubuh. *Vastus intermedius* terletak di antara vastus lateralis dan medialis, dan juga berkontribusi pada ekstensi lutut. Keseluruhan, otot *quadriceps femoris* memungkinkan berbagai gerakan, termasuk berdiri, berjalan, dan melakukan aktivitas fisik lainnya yang melibatkan gerakan lutut dan pinggul. Fungsi otot ini sangat penting dalam mendukung mobilitas dan stabilitas tubuh manusia [16].

#### **2.2.4 Sinyal Otot**

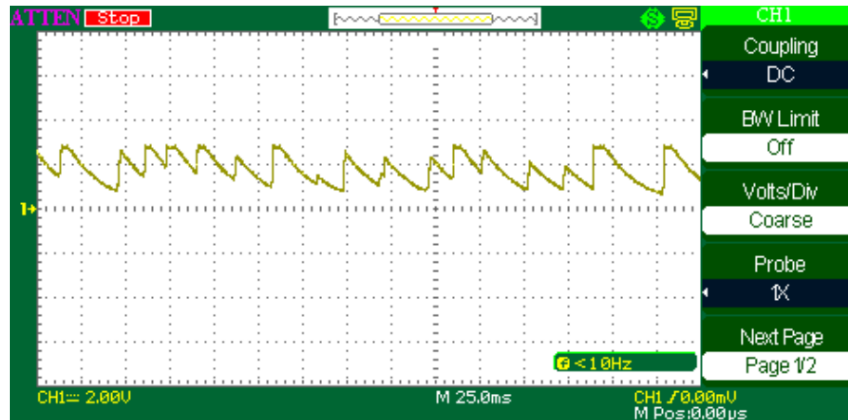
Sinyal otot merujuk pada serangkaian pesan listrik yang mengalir melalui sistem saraf dan sel-sel otot, yang mengatur kontraksi dan relaksasi otot dalam tubuh manusia. Proses ini dimulai dengan impuls saraf yang berasal dari sistem saraf pusat, seperti otak dan sumsum tulang belakang, dan disampaikan ke sel otot melalui serat saraf motorik. Ketika sinyal mencapai ujung serat saraf motorik, neurotransmitter (zat kimia pengantar pesan) dilepaskan ke celah sinapsis antara

saraf dan otot. Selanjutnya, ini memicu perubahan dalam potensial membran sel otot dan menyebabkan pelepasan ion kalsium di dalam sel otot [17].



**Gambar 2.4 Ilustrasi Sinyal Otot [17]**

Ion kalsium berperan penting dalam memicu kontraksi otot. Ketika kalsium berinteraksi dengan protein dalam sel otot, ini memulai serangkaian perubahan kimia dan fisik yang menyebabkan filamen otot untuk menyusut. Proses ini dikenal sebagai siklus kontraksi otot, yang melibatkan protein kontraktile seperti aktin dan miosin. Setelah impuls saraf selesai, ion kalsium diangkut kembali ke dalam penyimpanan dalam sel otot, dan otot kembali ke keadaan relaksasi. Sinyal otot adalah elemen kunci dalam pengaturan gerakan tubuh, memungkinkan koordinasi yang presisi dalam respons terhadap rangsangan eksternal atau aktivitas sukarela. Mekanisme ini memainkan peran vital dalam berbagai aktivitas sehari-hari, dari gerakan halus seperti mengetik hingga tindakan yang membutuhkan kekuatan seperti mengangkat beban [13].



**Gambar 2.5 Contoh Rekaman EMG yang terbaca oleh Osiloskop [18]**

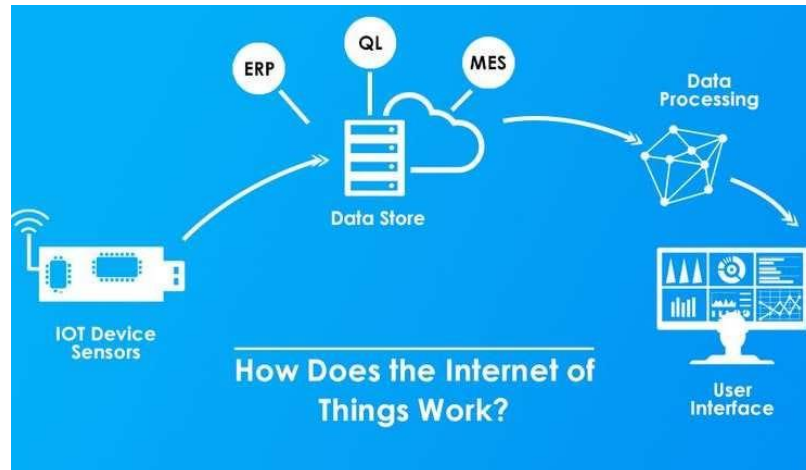
Pada gambar 2.4 merupakan hasil rekaman elektromiografi yang terbaca oleh osiloskop digital. Sinyal otot melibatkan serangkaian peristiwa kompleks yang terjadi di dalam sel-sel otot, terutama saat terjadi kontraksi dan relaksasi. Proses ini dipicu oleh sinyal listrik dan kimiawi yang bergerak melalui sistem saraf dan sel-sel otot. Pertama, impuls listrik yang disebut aksi potensial berjalan melalui serat saraf motorik menuju ujung saraf motorik yang terhubung dengan sel otot. Di ujung saraf motorik, neurotransmitter, biasanya asetilkolin, dilepaskan ke celah sinapsis antara saraf dan otot. Ketika asetilkolin mencapai permukaan sel otot, ia mengikat reseptor di membran sel otot, memicu perubahan dalam permeabilitas membran sel terhadap ion natrium dan kalium. Hal ini menciptakan perubahan potensial membran dan merangsang pelepasan ion kalsium dari retikulum sarkoplasma, suatu struktur di dalam sel otot. Ion kalsium memainkan peran kunci dalam memulai siklus kontraksi otot[18].

Selanjutnya, ion kalsium berinteraksi dengan protein kontraktile, yaitu aktin dan miosin, yang menyusun unit kontraktile otot. Proses ini menciptakan jembatan silang antara aktin dan miosin, memungkinkan kedua filamen tersebut untuk bergeser satu sama lain dan menyebabkan kontraksi otot. Selama kontraksi, energi yang diperlukan untuk pemutusan dan pembentukan ikatan antara aktin dan miosin dipasok oleh adenosin trifosfat (ATP). Setelah kontraksi, sinyal relaksasi dimulai. Ion kalsium dikembalikan ke retikulum sarkoplasma, dan enzim-enzim spesifik membantu memecah asetilkolin. Ini memungkinkan sel otot untuk kembali ke keadaan istirahatnya dan bersiap untuk menerima sinyal selanjutnya[19].





kepada profesional kesehatan. Di sektor transportasi, kendaraan pintar dapat mengumpulkan informasi lalu lintas dan kondisi jalan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi. IoT juga memainkan peran kunci dalam pembangunan kota pintar, di mana sensor dan perangkat terhubung membantu mengelola sumber daya dan meningkatkan kualitas hidup penduduk[22].



**Gambar 2.7** Cara Kerja *Internet of Things*[7]

*Internet of Things* (IoT) bekerja dengan menghubungkan dan mengintegrasikan berbagai perangkat elektronik dan objek fisik ke dalam jaringan internet. Setiap objek yang terhubung, seperti perangkat pintar, kendaraan, atau peralatan rumah tangga, yang dilengkapi dengan sensor, teknologi komunikasi, dan perangkat lunak yang memungkinkan pengumpulan berbagai data. Proses dimulai dengan sensor yang mendeteksi informasi dari lingkungan sekitar, seperti suhu, kelembaban, atau gerakan. Data ini kemudian dihasilkan dan dikirim melalui jaringan internet ke *platform* atau sistem pusat.

Di *platform* tersebut, data yang dikumpulkan dianalisis untuk mendapatkan wawasan yang bermanfaat. Analisis ini dapat mencakup identifikasi pola, pemantauan kondisi tertentu, atau pengukuran performa. Hasil analisis ini dapat digunakan untuk memberikan respons otomatis, memberikan peringatan, atau memicu tindakan tertentu sesuai dengan kebutuhan pengguna atau sistem yang terlibat. Selanjutnya, data yang telah dianalisis dapat disimpan, dikelola, dan diakses secara efisien melalui aplikasi atau antarmuka pengguna. Ini memungkinkan pengguna atau sistem untuk memantau kondisi atau melakukan pengaturan jarak jauh pada objek atau perangkat yang terhubung. Selain itu,

interkoneksi dan komunikasi antar objek yang terhubung memungkinkan kolaborasi dan koordinasi yang lebih baik di antara mereka[7].

### 2.2.6 Elektromiografi

Elektromiografi (EMG) adalah perangkat yang berfungsi untuk merekam aktivitas listrik yang dihasilkan oleh otot-otot manusia selama kontraksi. Terdiri dari elektroda atau sekelompok elektroda, sensor ini ditempatkan pada permukaan kulit di dekat otot yang sedang diamati. Jenis sensor yang umum digunakan adalah sensor permukaan, yang ditempatkan di atas kulit untuk mendeteksi sinyal tanpa menyebabkan ketidaknyamanan pada pengguna. Elektroda pada sensor ini merekam perubahan potensial listrik yang timbul saat serat otot mengontraksi. Ada juga sensor EMG jenis jarum yang dimasukkan langsung ke dalam otot, memberikan rekaman yang lebih detail tetapi memerlukan prosedur invasif. Informasi yang diperoleh dari sensor EMG membantu dalam pemahaman tentang kekuatan, koordinasi, dan pola aktivitas otot, dan aplikasinya melibatkan berbagai bidang seperti pengembangan teknologi rehabilitasi, penelitian olahraga, dan desain perangkat bantu yang dikontrol oleh otot[22].



**Gambar 2.8 Sensor Elektromiografi (EMG)[18]**

**Tabel 2.1 Spesifikasi sensor EMG**

Spesifikasi	Keterangan
Penguatan ( <i>Gain</i> )	1000
Rentang ( <i>Range</i> )	$\pm 1.65\text{mV}$ (dengan $VCC = 3.3\text{V}$ )
Lebar Pita ( <i>Bandwidth</i> )	10-400Hz

Konsumsi ( <i>Consumption</i> )	~4mA
Impedansi Masukan ( <i>Input Impedance</i> )	100GOhm
Rasio Penolakan Mode Umum (CMRR)	110dB

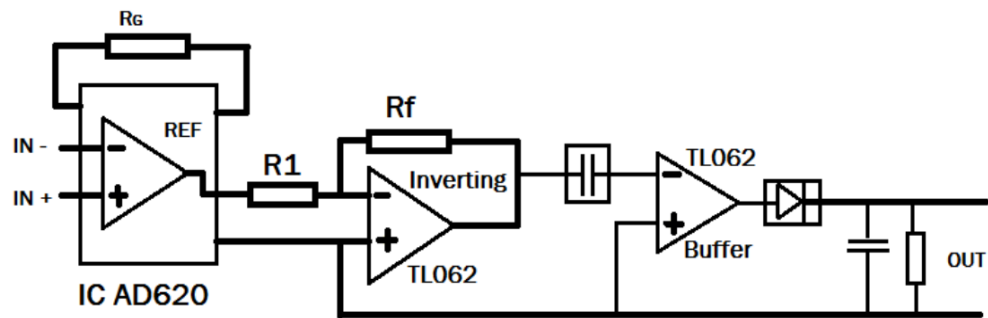
Elektromiografi (EMG) mengacu pada proses pengambilan sinyal listrik menggunakan elektroda yang ditempatkan di dalam otot atau di permukaan kulit. Elektroda berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi dan memperkuat tegangan listrik. Sensor EMG digunakan untuk mengumpulkan berbagai data mengenai aktivitas otot tubuh manusia. Prinsip utamanya, mendeteksi potensial listrik yang dihasilkan oleh sel-sel otot saat saraf diaktifkan. Sinyal yang terbentuk kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi kelainan medis atau masalah yang berkaitan dengan gerakan tubuh manusia [10].

Pengukuran sinyal EMG dilakukan dengan menggunakan elektromiograf, dan hasil rekamannya dikenal sebagai elektromiogram. Elektromiograf berfungsi untuk mendeteksi sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot, baik ketika otot sedang aktif maupun dalam keadaan tidak aktif. Proses pengukuran sinyal EMG melibatkan beberapa tahap, termasuk potensial membran dan potensial aksi serat otot, yang juga melibatkan *noise* dan artefak, membentuk Motor Unit Action Potential (MUAP). Sinyal EMG umumnya digunakan dalam konteks biomedis. Karakteristik sinyal EMG meliputi pola yang bersifat acak atau stokastik dengan amplitudo yang berada dalam kisaran 0 hingga 1,5 mV (*root mean square*) atau 0 hingga 10 mV (*peak-to-peak*), serta rentang frekuensi antara 0 hingga 500 Hz. Energi utama dari sinyal ini biasanya terkonsentrasi pada rentang frekuensi 50 hingga 150 Hz [22].

### 2.2.7 Rangkaian Sensor Elektromiografi

Elektromiografi (EMG) adalah pemeriksaan diagnostik yang digunakan untuk mengetahui kesehatan otot dan sel saraf yang mengendalikannya (neuron motorik). Tes ini membantu mendeteksi disfungsi saraf, masalah pada otot, atau gangguan dalam transmisi sinyal saraf ke otot. Rangkaian sensor EMG terdiri dari

beberapa komponen yang memungkinkan pengukuran sinyal listrik dari otot manusia. Dibawah ini adalah rangkaian sensor elektromiografi [19].



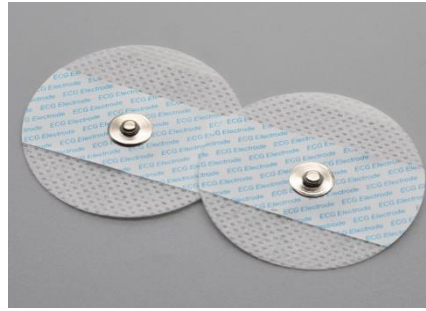
**Gambar 2. 9 Rangkaian Sensor Elektromiografi**[23]

Rangkaian ini terdiri dari tiga komponen Op-Amp. Komponen pertama yang digunakan adalah IC AD620, berperan sebagai penguat instrumentasi untuk menguatkan sinyal otot dari EMG. Komponen kedua adalah dual Op-Amp yang digunakan dalam konfigurasi mode *Inverting* dan *Buffer*, serta sebagai penyearah setengah gelombang. TL062 dipasang dalam mode *Inverting* untuk mempermudah pengaturan amplitudo sinyal keluaran setelah dilakukan penguatan input. Komponen Op-Amp ketiga digunakan untuk mengarahkan sinyal ke *Buffer* Amplifier yang dilengkapi dengan dioda dan *Envelope Detector* pada keluarannya [23].

### 2.2.8 Elektroda

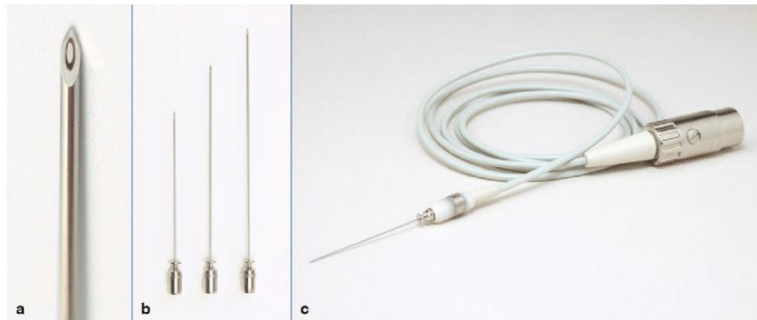
Elektroda EMG (Elektromiografi) adalah sensor atau alat yang digunakan untuk mendeteksi sinyal listrik yang dihasilkan oleh aktivitas otot. Sinyal ini direkam dan dianalisis untuk memahami aktivitas kontraksi otot, dan informasi ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk diagnosis medis, penelitian ilmiah, atau aplikasi dalam bidang rehabilitasi dan antarmuka manusia-mesin. Pada umumnya, elektroda EMG ditempatkan di atas kulit di area otot yang akan diamati. Terdapat dua jenis elektroda EMG utama:

1. **Elektroda Permukaan (*Surface Electrode*):** Elektroda ini ditempatkan langsung di atas kulit di area otot yang diamati. Mereka sering digunakan dalam pengukuran otot besar dan menyediakan informasi yang baik tentang aktivitas otot secara umum[20].



**Gambar 2.10 Surface Electrode**[20]

2. **Elektroda Jarum (Needle Electrode):** Elektroda ini dimasukkan ke dalam otot melalui kulit menggunakan jarum halus. Elektroda jarum memberikan data yang lebih terfokus dan detail tentang aktivitas otot, sehingga sering digunakan dalam aplikasi medis yang memerlukan resolusi yang tinggi[20].



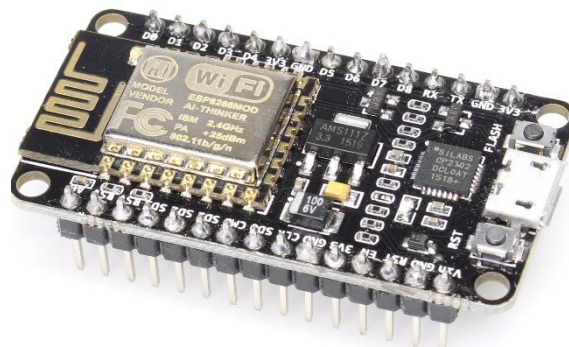
**Gambar 2.11 Needle Electrode**[20]

Setelah elektroda ditempatkan, sinyal listrik yang dihasilkan oleh kontraksi otot direkam dan dapat diolah menggunakan perangkat keras khusus seperti penguat sinyal dan konverter analog-to-digital. Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengevaluasi kesehatan otot, mengidentifikasi gangguan neuromuskuler, atau mengendalikan perangkat elektronik menggunakan sinyal otot sebagai antarmuka (seperti pada teknologi kontrol prostetik atau perangkat antarmuka otak-komputer)[20].

### 2.2.9 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 memiliki mikrokontroler ESP8266 yang berperan sebagai otak utama dalam modul ini. Mikrokontroler ini memiliki arsitektur Tensilica Xtensa LX106 dengan clock speed hingga 80 MHz. Selain itu, NodeMCU ESP8266 dilengkapi dengan memori flash internal yang cukup besar untuk menyimpan program dan data. Kemampuan komunikasi nirkabel merupakan salah

satu fitur utama dari NodeMCU ESP8266, dengan dukungan untuk koneksi Wi-Fi. Ini memungkinkan modul untuk terhubung ke internet dan berinteraksi dengan server atau perangkat lainnya secara nirkabel. Kelebihan ini membuat NodeMCU ESP8266 sangat cocok untuk proyek IoT, di mana konektivitas dan pengiriman data tanpa kabel menjadi kritis. Dengan kombinasi kemampuan komputasi mikrokontroler yang cukup tinggi dan konektivitas nirkabel, NodeMCU ESP8266 menjadi pilihan populer untuk pengembangan prototipe dan implementasi proyek IoT yang beragam[24].

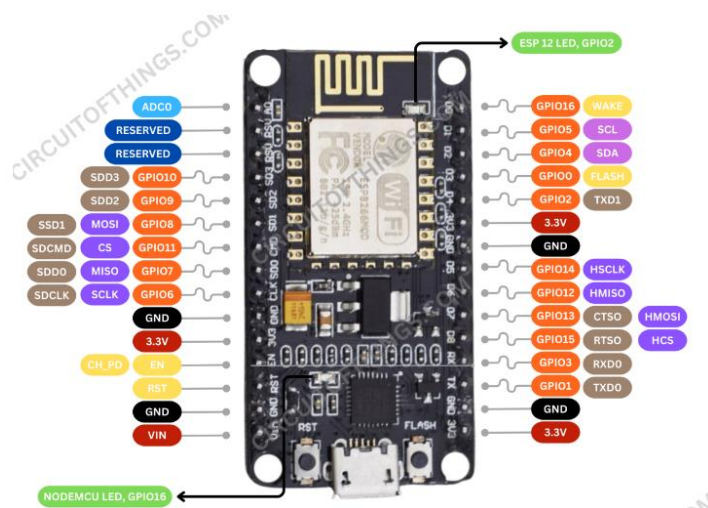


**Gambar 2.12 NodeMCU ESP8266[24]**

**Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU ESP8266 [25]**

Spesifikasi	Keterangan
CPU	Tensilica L106 32-bit microprocessor
Clock Speed	80MHz to 160MHz
RAM	128KB
Flash Memory	4MB
Wi-Fi	802.11b/g/n HT40 Wi-Fi transceiver
Operating Voltage	2.5V to 3.6V
Operating Current	80mA (average)

Rangkaian NodeMCU ESP8266 umumnya melibatkan beberapa komponen utama. Pertama-tama, terdapat modul NodeMCU ESP8266 yang mencakup mikrokontroler ESP8266, memori flash, dan komponen pendukung lainnya. Modul ini bertanggung jawab untuk menjalankan program dan memfasilitasi komunikasi nirkabel melalui Wi-Fi. Sumber daya diperlukan untuk menyediakan tegangan kerja yang diperlukan oleh NodeMCU ESP8266, biasanya pada tingkat 3.3V. Beberapa modul NodeMCU telah dilengkapi dengan regulator tegangan internal, sementara yang lain mungkin memerlukan sumber daya eksternal untuk menyediakan tegangan yang tepat. Selain itu, rangkaian dapat melibatkan elemen tambahan seperti sensor, aktuator, atau komponen elektronik lainnya tergantung pada tujuan proyek atau aplikasi tertentu. Rangkaian ini dapat dikembangkan dan dikonfigurasi sesuai kebutuhan spesifik pengguna untuk proyek IoT atau pengembangan prototipe lainnya[24].



Gambar 2.13 NodeMcu ESP8266 Pinout [26]

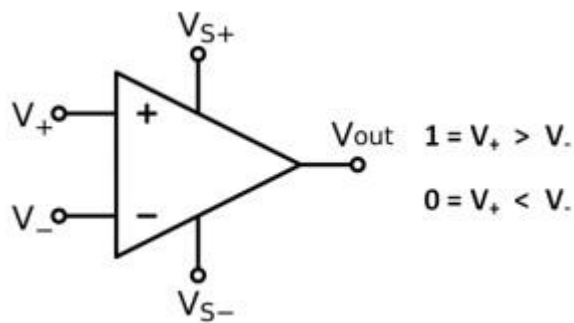


**Tabel 2.3 Peta Pin NodeMCU ESP8266 [26]**

Pin	Nama	Aman untuk Tujuan Umum	Keterangan
GPIO0	D3	Ya	Dapat digunakan, tetapi pertimbangkan kebutuhan mode boot selama power-up.
GPIO1	TX	Tidak	Diperuntukkan untuk transmisi UART.
GPIO2	D4	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum.
GPIO3	RX	Tidak	Diperuntukkan untuk penerimaan UART.
GPIO4	D2	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum.
GPIO5	D1	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum.
GPIO6	SCL	Tidak	Diperuntukkan untuk komunikasi I2C.
GPIO7	SDA	Tidak	Diperuntukkan untuk komunikasi I2C.
GPIO8	DO	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum, tetapi memiliki resistor pull-up internal yang lemah.
GPIO9	SD2	Tidak	Diperuntukkan untuk komunikasi SPI.
GPIO10	SD3	Tidak	Diperuntukkan untuk komunikasi SPI.
GPIO11	CLK	Tidak	Diperuntukkan untuk komunikasi SPI.
GPIO12	D6	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum.
GPIO13	D7	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum.
GPIO14	D5	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum.
GPIO15	DB	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum, tetapi harus rendah selama power-up untuk operasi SPI yang tepat.
GPIO16	D0	Ya	Dapat digunakan sebagai pin I/O umum.

### 2.2.10 ADC (*Analog to Digital Converter*)

ADC, atau *Analog-to-Digital Converter* adalah komponen kunci dalam sistem elektronika yang bertanggung jawab untuk mengubah sinyal analog menjadi bentuk digital. Sinyal analog, yang bisa berupa tegangan atau arus kontinu dengan rentang nilai yang dapat berubah secara kontinu, harus diubah menjadi representasi digital yang terdiri dari angka-angka biner agar dapat dipahami dan diproses oleh perangkat digital seperti mikrokontroler atau komputer[27].

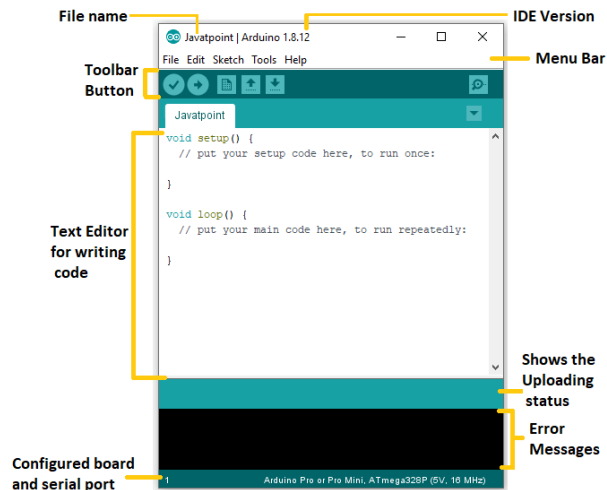


**Gambar 2.14** ADC(*Analog to Digital Converter*)[27]

Proses konversi dimulai dengan pengukuran tegangan pada sinyal analog pada titik-titik waktu tertentu. Nilai tegangan ini kemudian diubah menjadi representasi digital dengan menggunakan teknik tertentu, seperti penerapan metode pengukuran berulang atau teknik komparasi. Hasil akhir dari proses konversi adalah serangkaian nilai biner yang merepresentasikan level tegangan pada sinyal analog. Rentang nilai biner ini disebut sebagai resolusi ADC, dan semakin tinggi resolusinya, semakin akurat representasi digital dari sinyal analog yang dihasilkan. ADC sangat penting dalam berbagai aplikasi, seperti pengukuran sensor, pemrosesan sinyal, dan komunikasi digital. Keberadaan ADC memungkinkan perangkat digital untuk berinteraksi dengan lingkungan fisik melalui pengukuran dan pemantauan sinyal analog[23].

### 2.2.11 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang diciptakan untuk mempermudah pengembangan dan pemrograman mikrokontroler Arduino. Antarmuka pengguna dari Arduino IDE dirancang dengan sederhana dan intuitif. Text editor di dalamnya menyediakan lingkungan di mana pengguna dapat menulis, mengedit, dan mengelola kode program Arduino. Fasilitas penyorotan sintaksis membantu identifikasi kesalahan dan memperjelas struktur kode[28].



**Gambar 2.15 Tampilan Arduino IDE[28]**

Pada Arduino IDE, pengguna memprogram menggunakan bahasa yang mirip dengan C/C++, disesuaikan dengan fitur khusus Arduino. Kompiler yang terintegrasi dalam IDE bertanggung jawab untuk mengonversi kode sumber tersebut menjadi bahasa mesin yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler Arduino yang digunakan. Setelah proses kompilasi selesai, pengguna dapat mengunggah program ke papan Arduino menggunakan pengunggah (uploader) yang terdapat dalam IDE.

Arduino IDE dirancang khusus untuk mengembangkan proyek berbasis Arduino. Ini menyediakan lingkungan yang memudahkan pengguna dalam menulis, mengedit, dan mengelola kode program. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C/C++ yang disederhanakan. Pengguna dapat menulis kode program dalam bentuk “sketch” yang kemudian diunggah ke papan Arduino.

Arduino IDE berfungsi sebagai editor teks yang memungkinkan pengguna mengedit kode program. Fitur seperti *highlighting sintaksis*, *auto-completion*, dan indentasi membantu dalam penulisan kode yang benar. Sebelum mengunggah ke papan Arduino, Arduino IDE memvalidasi kode program. Jika ada kesalahan sintaksis atau masalah lain, IDE memberikan peringatan kepada pengguna. Setelah kode program divalidasi, pengguna dapat mengunggahnya ke papan Arduino. Arduino IDE mengelola proses kompilasi dan transfer kode ke mikrokontroler. Arduino IDE didukung oleh komunitas yang luas. Pengguna dapat berbagi proyek, memperoleh bantuan, dan belajar dari pengalaman komunitas

Arduino IDE mendukung berbagai model papan Arduino, dan pengguna dapat memilih jenis papan yang digunakan melalui antarmuka. Ini memungkinkan fleksibilitas dalam pengembangan proyek berbasis Arduino tanpa kesulitan konfigurasi yang berlebihan. Dengan kesederhanaan dan kemudahan penggunaan, Arduino IDE telah menjadi alat yang populer di kalangan pengembang, pelajar, dan hobiis yang tertarik dalam pengembangan perangkat keras dengan menggunakan mikrokontroler Arduino [12].

### 2.2.12 Website Thinger.io

Thinger.io adalah *platform* yang sangat bermanfaat bagi pengembang dan pengguna yang tertarik dengan *Internet of Things* (IoT). Dengan fitur-fitur seperti dashboard interaktif untuk memantau data secara *real-time*, kemampuan untuk mengelola dan mengontrol perangkat IoT dari jarak jauh, serta integrasi dengan berbagai layanan *cloud*, Thinger.io memudahkan pengguna dalam membangun dan mengelola solusi IoT yang kompleks. *Platform* ini tidak hanya menyediakan antarmuka yang intuitif untuk visualisasi data sensor dan status perangkat, tetapi juga memfasilitasi integrasi yang mulus dengan layanan *cloud* besar, meningkatkan fleksibilitas dalam penyimpanan dan analisis data. Dengan demikian, Thinger.io membantu mempercepat pengembangan aplikasi IoT dengan menyediakan alat yang diperlukan untuk mengelola perangkat keras dan perangkat lunak dalam lingkungan IoT secara efisien dan efektif [29].



Gambar 2.16 Thinger.io[29]

Thingier.io menawarkan dashboard yang sepenuhnya dapat disesuaikan untuk memantau data dari perangkat IoT secara *real-time*. Pengguna dapat membuat grafik, tabel, dan widget lainnya untuk menampilkan nilai sensor, status perangkat, dan metrik penting lainnya. Antarmuka ini memudahkan pengguna untuk dengan cepat melihat performa dan kondisi perangkat mereka. *Platform* ini memungkinkan pengguna untuk mendaftarkan dan mengelola perangkat IoT dengan mudah. Setelah perangkat terhubung ke *platform*, pengguna dapat mengatur konfigurasi perangkat, mengirimkan perintah kontrol, dan mengambil data dari perangkat tersebut. Dengan demikian, pengguna dapat dengan mudah memantau dan mengelola perangkat dari jarak jauh tanpa harus berada di tempat fisik perangkat [30].

Meskipun membagikan sekelompok sensor di area geografis tertentu relatif mudah, menggabungkan dan memproses informasi dari sumber data di ruang yang sangat sensoris memerlukan solusi masalah yang khusus. Tantangan ini serupa dengan yang dihadapi dalam teknologi IoT, di mana infrastruktur harus mampu menangkap, menyimpan, dan memproses data sensor yang beragam. Thingier.io, sebagai *platform open source*, memungkinkan pengguna untuk memodelkan lingkungan yang sensoris melalui bahasa tingkat tinggi. Dengan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan, Thingier.io memfasilitasi implementasi aplikasi data fusion dan mendukung penggunaan perangkat keras yang skalabel dan efisien[29].

### **2.2.13 BIOPAC**

BIOPAC adalah sistem terintegrasi yang digunakan untuk akuisisi dan analisis data ilmu kehidupan. Produk-produk BIOPAC mencakup berbagai perangkat berkualitas tinggi untuk penelitian dan pendidikan ilmu kehidupan, mulai dari sistem penelitian hingga komponen pengganti. Semua produk BIOPAC diproduksi sesuai standar ISO yang ketat dan telah dikutip lebih dari 51.500 kali dalam artikel ilmiah dan publikasi akademis yang telah melewati proses *peer review*[31].



**Gambar 2.17 BIOPAC**[27]

BIOPAC memungkinkan pengguna mengukur dan merekam berbagai parameter fisiologis, seperti detak jantung, aktivitas elektrodermal, dan pernapasan, serta mengintegrasikannya dengan teori-teori psikologis. Salah satu contoh penggunaan BIOPAC dalam pendidikan adalah di Edinburgh Napier University, di mana mereka mengintegrasikan BIOPAC dalam modul psikologi.

Mahasiswa bekerja dalam kelompok kecil selama sesi praktikum tiga jam, menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak BIOPAC untuk mengukur respons fisiologis. Mereka memadukan data fisiologis dengan teori-teori psikologis, termasuk kepribadian, emosi, dan deteksi kebohongan. Pendekatan ini membuktikan bahwa psikologi dapat menggunakan metode ilmiah dan bukan hanya sebatas membaca makalah atau kuesioner[32].