

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Otot

Sistem jaringan otot adalah sebuah jaringan konektif dalam tubuh dengan tugas utamanya kontraksi. Kontraksi otot berfungsi untuk menggerakkan bagian – bagian tubuh dan substansi dalam tubuh. Ada tiga macam sel otot dalam manusia yaitu jantung, lurik dan polos, namun yang paling berperan dalam pergerakan kerangka tubuh manusia adalah otot lurik. Electromyograph (EMG) adalah teknik yang berkaitan dengan pencatatan dan analisis sinyal mioelektrik. Sinyal ini dibentuk oleh variasi dalam keadaan fisiologis dari membran serat otot, setiap otot memiliki beberapa unit motorik yang terhubung ke serat otot.[5] Unit motorik ini adalah kontrol syaraf sebenarnya dari otot, teknik pengukuran EMG yang sering digunakan adalah *surface Electromyograph* (sEMG), yaitu teknik *non-invasive* untuk mengukur hasil aktivitas elektrik otot dari proses kontraksi dan relaksasi. Oleh karena itu penelitian tentang EMG merupakan bagian *biomedical engineering* yang telah berkembang pesat. Analisis sinyal EMG menggunakan aplikasi perangkat lunak MATLAB untuk pemantauan otot manusia maupun untuk mendeteksi adanya kelainan aktivitas pada otot.

2.1.1 Ciri-ciri Otot Kaki

Otot kaki manusia bekerja dengan cara berkontraksi dan berelaksasi. Saat berkontraksi otot akan memendek, mengeras, dan bagian tengahnya menggelembung. Dalam posisi memendek, tulang yang dilekati oleh otot tersebut akan tertarik atau terangkat. (Terecia, 2021).

2.1.2 Fungsi Sistem Otot Kaki

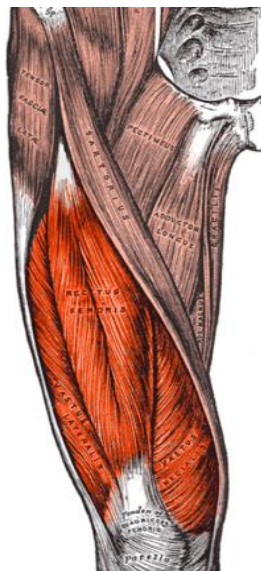
Otot kaki yang kuat sejatinya berfungsi sebagai penyeimbang dan penopang tubuh manusia. Kamu tidak akan bisa melangkah, berjalan, bahkan berlari bilang tidak memiliki otot kaki yang kuat. Kamu bisa berjalan tegak dan berdiri kokoh tidak lain karena adanya otot kaki. (Halodoc, 2018).

2.1.3 Jenis Otot

Otot terbagi menjadi tiga jenis yaitu otot lurik, otot polos dan otot jantung. Ketiga jenis otot tersebut memiliki letak dan struktur yang berbeda. Merupakan otot yang terletak pada rangka manusia dan untuk menggerakkan rangka. Setiap serabut otot sesungguhnya adalah sebuah sel yang mempunyai banyak nukleus ditepinya. [5] Cytoplasma dari sel otot disebut sarcoplasma yang penuh dengan bermacam- macam organella, kebanyakan berbentuk silinder yang panjang disebut dengan myofibril. Otot adalah komponen penting dari tubuh manusia, bertanggung jawab untuk gerakan, stabilitas, dan pembangkitan kekuatan.[6] Setiap jenis otot melayani tujuan yang berbeda, dan tindakan terkoordinasi mereka memungkinkan gerakan kompleks dan proses fisiologis dalam tubuh manusia. Selain itu terdapat juga jenis-jenis otot kaki :

1. Otot *Quadriceps Femoris*

Otot *quadriceps femoris* merupakan otot pada sendi lutut yang berfungsi sebagai stabilisasi aktif sendi lutut dan juga berperan dalam pergerakan sendiri yaitu gerakan ekstensi knee yang digunakan dalam aktifitas berjalan. [7]



Gambar 2.1 Otot *quadriceps femoris*

(Sumber : <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-prestasi-olahraga/article/>)

2. Otot *AdductorMagnus*

Otot *adductor magnus* adalah salah satu adductor pinggul. Magnus adductor adalah yang terbesar, paling kuat dan paling kompleks.

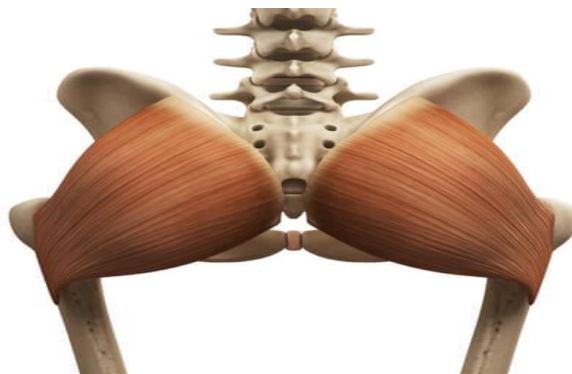


Gambar 2.2 Otot *adductor magnus*

(Sumber : <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-prestasi-olahraga/article/>)

3. Otot *Gluteus Maximus*

Otot *gluteus maximus* adalah otot terbesar dalam tubuh manusia. Terletak di bagian belakang pinggul, otot ini juga dikenal sebagai bokong.



Gambar 2.3 Otot *gluteus maximus*

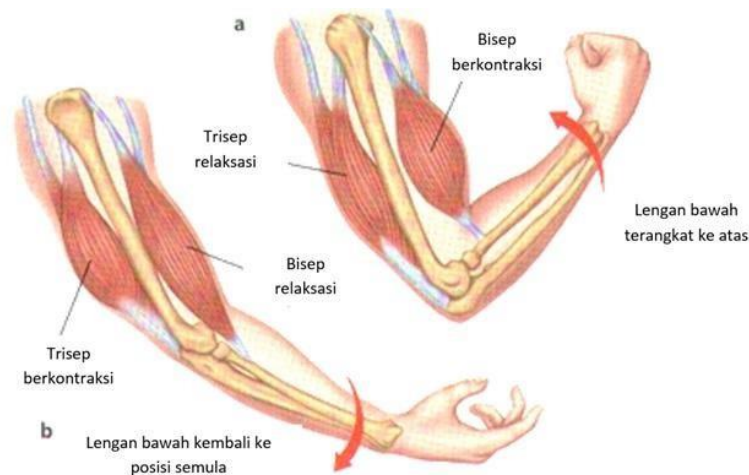
(Sumber : <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-prestasi-olahraga/article/>)

2.2 Otot Tangan

Otot tangan adalah kemampuan kekuatan dari otot tangan untuk membangkitkan tegangan dengan suatu tahanan dan mengangkat beban. Kekuatan otot tangan adalah kemampuan dari otot tangan untuk membangkitkan tegangan dengan suatu tahanan dan mengangkat beban.

2.2.1 Gerakan Otot Tangan

Pada dasarnya gerakan otot terdiri dari dua bagian besar yang berdasarkan sifat kerjanya yaitu gerakan berlawanan (antagonis) dan gerakan bersamaan (sinergis). Pada otot antagonis bila satu otot berkontraksi dan otot lain berelaksasi, mengakibatkan tulang tertarik atau bergerak. Dan bila otot pertama berelaksasi dan otot lain berkontraksi, tulang kembali pada posisi semula. Contoh otot ini adalah biceps dan triceps pada lengan. Sedangkan otot sinergis merupakan dua otot bekerja bersama-sama untuk melakukan tujuan yang sama, misalkan pada otot antar tulang rusuk yang bekerja pada saat menarik nafas. Gambar di bawah ini menunjukkan kerja otot antagonis triceps dan biceps.



Gambar 2.4 Ilustrasi gerakan otot

(Sumber : <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-prestasi-olahraga/article/>)

Terdapat beberapa macam gerak otot tubuh yang berkaitan dengan sifat gerak otot tersebut di atas, yaitu:

- Fleksi dan Extensi. Fleksi merupakan gerakan meluruskan tulang dan ekstensi adalah gerakan membengkokkan tulang. Misal pada lutut, siku, dan jari.

- b. Abduksi dan Adduksi. Abduksi adalah gerakan menjauhkan, dan aduksi adalah gerakan mendekatkan. Misal gerakan langkah kaki dan lambaian tangan.
- c. Depresi dan Elevasi. Depresi adalah gerakan menurunkan dan elevasi gerakan otot menaikkan. Misal otot pada mulut membuka dan menutup.
- d. Supinasi dan Pronasi. Supinasi adalah gerakan memutar lengan sehingga telapak menengadahkan, dan pronasi gerakan memutar lengan sehingga telapak menelungkup
- e. Inversi dan eversi. Inversi adalah gerakan memiringkan telapak kaki ke dalam, sedangkan eversi gerakan memiringkan ke arah luar.

2.3 Pendukung Elektromiografi

Penelitian sebelumnya berfungsi untuk analisa dan memperkaya pembahasan penelitian, serta membedakannya dengan penelitian yang sedang dilakukan. Dalam penelitian ini disertakan beberapa jurnal internasional penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan sinyal EMG pada gerak ekstensi dan fleksi. Di antaranya adalah:

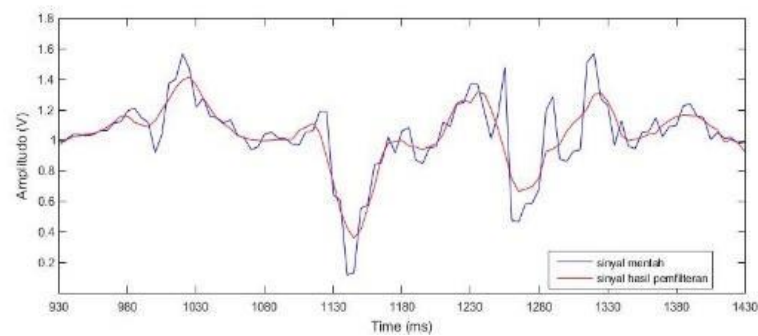
A. Penelitian dengan judul “KENDALI PERGERAKAN LENGAN BUATAN UNTUK AREA LENGAN BAWAH MENGGUNAKAN SINYAL EMG”. Diambil dari jurnal *eProceedings of Engineering*, diteliti oleh Aziz, Ilham Rabbani Des Chandra, Achmad Rizal, dan Ramdhan Nugraha. Pada tahun 2020 di Universitas Telkom yang meneliti tentang proses perekaman sinyal EMG menggunakan MATLAB melalui elektroda. Tangan manusia adalah salah satu bagian anatomi tubuh yang paling sering digunakan. Untuk beberapa pekerjaan, tangan adalah aset berharga. Baik buruknya kinerja tangan manusia sangat dipengaruhi oleh pengendalian yang baik dan koordinasi saraf dan otot. Sayangnya, tidak semua manusia dikaruniai tangan yang sehat. Berbagai macam mulai dari penyakit seperti stroke, kelumpuhan, hingga hasil amputasi akibat penyakit juga penyebabnya tangan manusia kehilangan fungsi utamanya atau bahkan sama sekali tidak dapat digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat lengan buatan yang dapat dikendalikan berdasarkan sinyal EMG bagi penderita disabilitas. Pembacaan sinyal EMG dilakukan dengan menempelkan elektroda pada titik-titik tertentu pada otot pronator teres di area lengan bawah. Hasil aktivitas otot yang didapat akan ditangkap dalam bentuk sinyal EMG untuk

kemudian diproses hingga mencapai rentang frekuensi pembacaan tertentu untuk sinyal yang ditangkap. Setelah membaca, sinyal kemudian akan mengekstraksi karakteristik yang digunakan sebagai parameter untuk menyimpulkan gerakan yang diperoleh menggunakan algoritma K Nearest Neighbor (KNN) pada MATLAB kemudian dilanjutkan dengan komunikasi serial dengan mikrokontroler untuk menggerakkan lengan prostetik. Melalui penelitian ini penulis memperoleh akurasi sebesar 76,7% pada nilai $K = 3$ berdasarkan hasil KNN. Pelatihan dengan Classification Learner di MATLAB. Namun, melalui prediksi dengan data uji baru tersebut penulis hanya bisa mendapatkan akurasi 50%. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti letak otot yang tersembunyi, area deteksi otot, dan pengukuran Jarak Euclidian pada KNN di MATLAB yang juga dilakukan secara merata terhadap sesama data training. [8]

B. Penelitian dengan judul “PENGKONDISIAN SINYAL ELECTROMYOGRAPHY SEBAGAI IDENTIFIKASI JENIS GERAKAN LENGAN MANUSIA”. Diambil dari jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK), diteliti oleh Rizal Maulana, dan Rekyan Regasari Mardi Putri pada tahun 2018 di Universitas Brawijaya yang meneliti tentang sebuah sistem pengkondisi sinyal EMG, sinyal biomedis merupakan sinyal yang diperoleh dari dalam tubuh manusia yang membawa informasi mengenai gambaran kondisi jaringan atau organ terkait dengan sinyal biomedis tersebut. *Electromyography* (EMG) merupakan salah satu teknik yang bisa digunakan untuk merekam sinyal biomedis dalam mengetahui informasi dari pergerakan otot lengan. Sinyal EMG menghasilkan sinyal sesuai dengan gerakan yang dilakukan oleh lengan, namun sinyal yang dihasilkan dari elektroda masih tercampur oleh sinyal *noise* yang dihasilkan oleh beberapa sumber. Akibatnya pendeteksian sinyal EMG menjadi kurang optimal. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sebuah sistem yang dapat melakukan pembacaan sinyal EMG dan menghilangkan *noise* yang ada pada sinyal.

Pada penelitian ini dirancang sebuah rangkaian pengkondisi sinyal yang terdiri dari penguat instrumentasi, *high pass filter* (HPF) dan *low pass filter* (LPF). Rangkaian ini digunakan untuk memproses sinyal yang dihasilkan oleh elektroda yang ditempatkan pada lengan manusia. Hasil dari rangkaian pengkondisi sinyal

diproses kembali menggunakan filter eksponensial untuk didapatkan sinyal yang lebih akurat. Sinyal yang telah diproses akan dianalisis besar amplitudonya untuk dapat ditentukan jenis gerakan lengan yang sedang dilakukan. Dari hasil pengujian didapatkan nilai amplitudo rata-rata sebesar 0.166 V untuk gerakan lengan lurus, 0.588 V untuk gerakan lengan 45°, 1.049 V untuk gerakan lengan 90°, 1.367 V untuk gerakan lengan 135° dan 1.647 V untuk gerakan lengan 180°. Sedangkan untuk akurasi sistem dalam menentukan jenis gerakan lengan, didapatkan nilai akurasi sebesar 86.67%. [4]

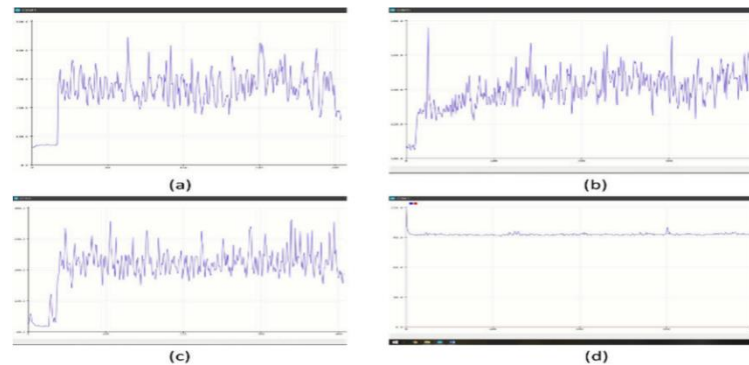


Gambar 2.5 Gerak ekstensi EMG

Bisa juga dilihat pada hasil grafik diatas jika ingin mengetahui amplitude dan waktu yang di peroleh pada saat percobaan, berdasarkan grafik diatas terlihat naik dan turun tergantung pada saat percobaan sedang berlangsung.

C. Penelitian dengan judul “PENGENALAN GESTURE TANGAN SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN SENSOR EMG DAN ANALISIS AMPLITUDO”. Diambil dari jurnal Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat di teliti oleh Parlindungan, Robinsar, Suyanto Suyanto, dan Muhamad N. Prasetyo. Pada tahun 2020 di Politeknik Negeri Bandung yang meneliti tentang mengembangkan metode identifikasi dan klasifikasi sinyal EMG untuk menentukan gerakan tangan gerakan. Sinyal EMG diperoleh secara real-time menggunakan sensor EMG dengan empat gestur yaitu rileks, jari telunjuk, ibu jari dan kepalan tangan, dimana hasil klasifikasi digunakan untuk prothesis tangan. Dalam tulisan ini, penulis mengusulkan isyarat model pengenalan menggunakan analisis amplitudo. Teknik ini dilakukan dengan merata-ratakan amplitudo maksimum dari Sinyal EMG, yang kemudian diklasifikasikan menggunakan support vector machine (SVM). Analisis amplitudo

dilakukan untuk mempercepat dan meningkatkan akurasi pengenalan gerakan. Hasil pengujian 20 kali untuk setiap gerakan menunjukkan tingkat akurasi di atas 92%. [9]



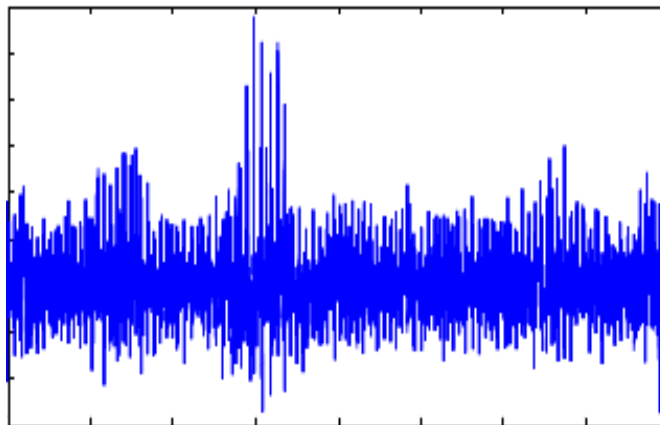
Gambar 2.6 Gesture: (a). Genggam; (b). Telunjuk; (c). Jempol; (d). Rileks

Pada tampilan gambar diatas ini dapat dilihat bahwa ada 4 macam grafik yang ditunjukkan pada saat sedang melakukan percobaan. Pada tampilan grafik tersebut memiliki kemiripan hasil ujicoba dengan data percobaan tugas akhir saya, hasil akurasi nya pun tidak jauh berbeda. Sehingga saya menggunakan kutipan jurnal ini sebagai wadah pendukung pada hasil percobaan kali ini.

D. Penelitian dengan judul “Studi Klasifikasi Tujuh Gerakan Tangan Sinyal *Electromyography* (EMG) Menggunakan Metode *Pattern Recognition*”. Diambil dari Jurnal Teknik Mesin S-1 di teliti oleh Mohamad Irfan, Wahyu Caesarendra, dan Mochammad Ariyanto. Di Universitas Diponegoro Pada studi ini, sinyal EMG diproses menggunakan 16 *features extraction* domain – waktu untuk mengklasifikasikan gerakan tangan seperti *tripod*, *power*, *precision closed*, *finger point*, *mouse*, *hand open*, dan *hand close*. 16 fitur dari masing – masing sinyal EMG dari gerakan tangan tersebut direduksi menggunakan *principal component analysis* (PCA) untuk mendapatkan satu set fitur baru yang memberikan informasi yang lebih kompek. *Pattern recognition* dari fitur baru tersebut diklasifikasikan menggunakan *support vector machine* (SVM). *Pattern recognition* digunakan pada masing – masing subjek dan menghasilkan persentase *training* dan *testing*. Berdasarkan SVM *training* dan *testing* yang dihasilkan, sinyal EMG dari gerakan tangan sukses diklasifikasikan dan akurasi dari klasifikasi mencapai 80% - 86%. [10]

E. Penelitian dengan judul “Feature Extraction for Identification of Extension and Flexion Movement of Wrist using EMG Signals”. Diambil dari jural Internasional Proceeding of the IEEE 28th di teliti oleh Ijlal Haider, Muhammad Shahbaz, Muhammad Abdullah, Muhammad Nazim. di Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Halifax, Canada, yang meneliti tentang Elektromiografi (EMG) adalah percobaan teknik yang dikembangkan untuk tujuan mempelajari otot pergerakan. Informasi dari sinyal EMG mentah diekstrak oleh

penerapan “Wavelet Transform”. Teknik ini berlaku baik dalam menangani sinyal non stasioner yang biasa Fourier Transformasi dan bahkan Transformasi Fourier Waktu Singkat gagal menangani. Dalam karya ini, dengan menerapkan transformasi wavelet, sinyal pertama de-noise dan kemudian beberapa parameter unik dihitung. Serangkaian fitur ini kemudian digunakan sebagai referensi mengidentifikasi gerakan yang berbeda. Kemudian, sinyal dari subjek uji diperoleh dan fitur yang sama diekstraksi. Biaya fungsi yang digunakan untuk mengidentifikasi gerakan. Penelitian ini menyediakan dasar untuk merancang lengan prostetik. Contoh percobaan yang telah dihasilkan bisa dilihat pada gambar dibawah ini. [1]



Gambar 2.7 Gerak fleksi

2.4 Gerak Ekstensi

Definisi gerak ekstensi merupakan gerak meningkatkan sudut antara dua tulang atau meluruskan tekukan. Contohnya pada saat berdiri dengan kaki lurus maka otot sedang melakukan gerak ekstensi. Gerakan ini dipicu oleh aktivitas kontraksi otot-otot ekstensor seperti extensor carpi radialis longus dan extensor

carpi ulnaris. Namun kontraksi otot ekstensor juga dapat membuat pergelangan tangan menjauh (adduksi) dari posisi fleksi.

2.4.1 Gerak Fleksi

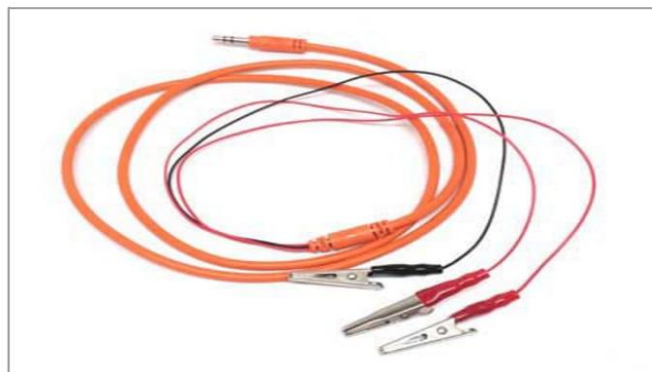
Gerak fleksi merujuk pada gerakan yang mengurangi sudut di sekitar sendi, sehingga membawa dua segmen tubuh yang saling berhubungan lebih dekat satu sama lain. Gerakan ini biasanya terjadi pada persendian yang menghubungkan dua tulang, dan secara umum mengurangi sudut di antara mereka. Gerakan fleksi adalah salah satu dari berbagai jenis gerakan sendi yang memungkinkan tubuh kita melakukan berbagai macam aktivitas.

2.4.2 Gelombang Sinyal

Gelombang sinyal otot dapat memiliki berbagai frekuensi dan amplitude tergantung pada jenis aktivitas otot dan kekuatan kontraksi. Aktivitas otot yang lebih intens cenderung menghasilkan sinyal dengan amplitude yang lebih besar. Gelombang sinyal otot umumnya memiliki bentuk gelombang yang khas. Dalam sinyal EMG, terdapat beberapa komponen, seperti gelombang kecil yang terjadi selama kontraksi otot kecil (fibrilasi otot).

2.5 Kabel Elektroda Perekaman

Penjepit aki atau bisa disebut penjepit buaya merupakan salah satu peralatan listrik yang sering digunakan. Penjepit aki berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya adaptor ke pemakai. Dapat digunakan pada alat ukur listrik seperti amperemeter dan voltmeter. Dapat dihubungkan juga dengan power supply dan digunakan pada percobaan listrik dan magnet.



Gambar 2.8 Kabel elektroda Perekaman

(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.5.1 Kabel USB Arduino Uno

Kabel USB adalah kabel yang digunakan untuk menghubungkan pencetak dan computer melalui USB. Hubungkan ujung persegi Panjang (Type-A) ke computer, dan ujung bujur sangkar (Type-B) atau oval (Type-C) ke pencetak. Tipe kabel USB yang didukung berbeda tergantung pada pencetak anda. Port USB berfungsi untuk memasok sumber daya dari computer serta mengunggah kode ke Arduino. Tipe USB yang digunakan adalah tipe B standar dan ujung satunya tipe A standar.



Gambar 2.9 Kabel Arduino Uno

(Sumber : <https://sariteknologi.com/product/kabel-mini-usb-arduino-nano/>)

2.6 Perekam Elektroda Otot Kecil

Perekam elektroda otot kecil, juga dikenal sebagai perekam elektromiografi portabel (EMG), adalah perangkat yang ringkas dan ringan yang dirancang untuk mengukur dan merekam aktivitas listrik otot. Ini biasanya digunakan untuk aplikasi seperti pemantauan aktivitas otot, rehabilitasi otot, ilmu olahraga, dan pelatihan biofeedback.



Gambar 2.10 Pegangan Elektroda

(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.7 Elektroda Gel

Elektroda gel merupakan komponen pendukung untuk EMG, yang fungsinya sebagai lem pelengket atau pengencang elektroda, agar saat elektroda di tempelkan pada otot tangan atau kaki tidak mudah lepas. Apabila elektroda tidak terpasang dengan maka tidak dapat menghasilkan sinyal dengan baik.

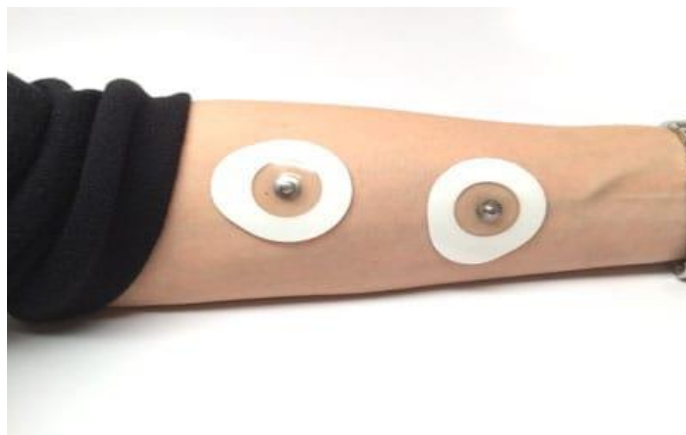


Gambar 2.11 Elektroda gel

(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.8 EMG Elektroda

Elektromiografi (EMG) adalah tes yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik otot. Ketika otot-otot yang aktif, mereka menghasilkan arus listrik. Arus ini biasanya sebanding dengan tingkat aktivitas otot. Teknik ini digunakan untuk mengevaluasi fungsi saraf dan otot dengan cara merekam aktivitas listrik yang dihasilkan oleh otot skeletal.



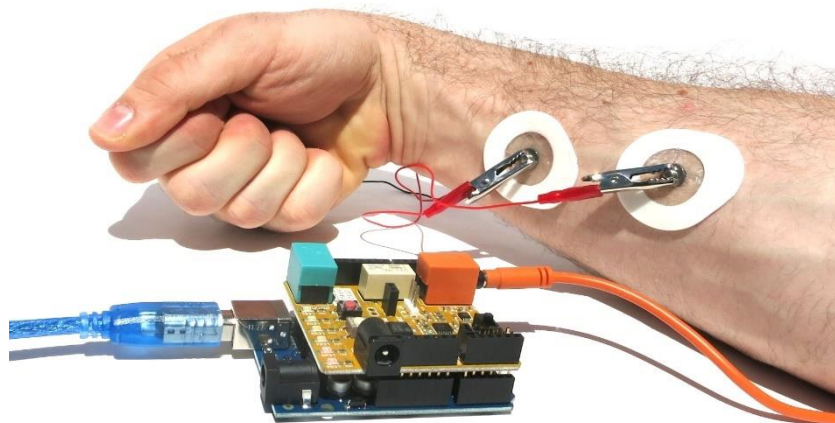
Gambar 2.12 EMG Stiker Patch

(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.9 Posisi Elektroda

Teknik penentuan posisi elektroda sinyal EMG didasarkan pada kandungan ion yang akan dikomunikasikan. Posisi elektroda dalam Elektromiografi (EMG) sangat penting untuk pengukuran aktivitas otot yang akurat dan andal. Penempatan elektroda yang tepat memastikan bahwa sinyal EMG ditangkap secara efektif dari otot atau kelompok otot yang ditargetkan. Dengan metode ini sadapan bipolar I, sadapan II, dan sadapan III diperoleh. Lead untuk setiap lead adalah kombinasi dari elektroda yang dipasang sesuai dengan fungsi berikut:

1. Lead Hitam: bertindak sebagai transduser antara transpor ionik dan aliran elektron untuk mendeteksi sinyal
2. Lead Merah : bertindak sebagai reaksi oksidasi atau reduksi yang terjadi pada antarmuka otot
3. Lead Merah : bertindak sebagai reaksi oksidasi atau reduksi yang terjadi pada antarmuka otot



Gambar 2.13 Posisi Elektroda

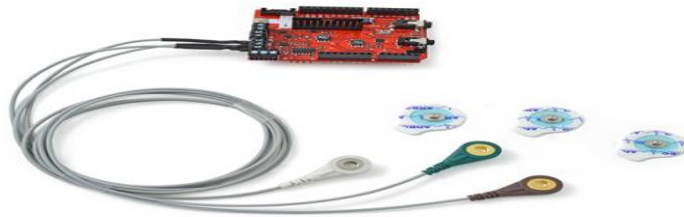
(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.10 Sensor EMG

Elektromiografi (EMG) adalah sebuah sensor yang mampu mendeteksi sinyal-sinyal yang dihasilkan oleh otot tubuh manusia menjadi sinyal listrik. Aktivasi otot dipicu oleh sinyal bioelektrik dengan amplitude sangat rendah yang dikirim dari neuron kontrol motor di otak kita ke serat otot. Sensor Elektromiografi (EMG), juga dikenal sebagai perangkat yang digunakan untuk

mendeteksi dan merekam sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot selama kontraksi dan relaksasi. [11].

Sensor EMG memainkan peran penting dalam berbagai bidang, termasuk penelitian biomedis, aplikasi klinis, ilmu olahraga, rehabilitasi, dan interaksi manusia-komputer. Sensor EMG adalah alat yang berharga untuk memahami fungsi otot, menilai aktivitas otot, dan mengontrol alat bantu seperti prostetik atau rangka luar.[12].

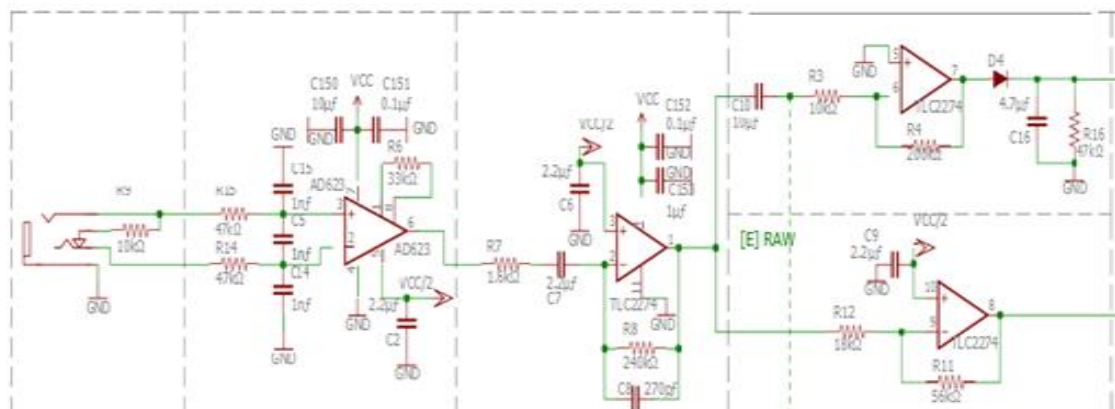


Gambar 2.14 Sensor EMG

(Sumber : <https://www.mgsuperlabs.co.in/estore/Electromyography-Sensor-EMG>)

2.10.1 Skematik Sensor EMG

Sensor EMG memiliki dua atau lebih elektroda yang ditempatkan pada kulit di atas otot yang akan dimonitor. Elektroda ini mengukur sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot selama kontraksi. Sinyal EMG seringkali terkontaminasi oleh sinyal-sinyal lain seperti interferensi frekuensi radio atau elektromagnetik. Oleh karena itu, filter sinyal digunakan untuk membersihkan sinyal dan menghilangkan gangguan yang tidak diinginkan.



Gambar 2.15 Skematik Sensor EMG

(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.11 Muscle Spiker Shield

Muscle Spiker Shield adalah perangkat yang digunakan dalam studi dan penelitian ilmiah, khususnya dalam bidang *neurosains muscle* adalah perangkat untuk merekam aktivitas *Electromyography* (EMG) atau sinyal listrik dari otot manusia. *Electromyography* (EMG) adalah suatu metode perekaman sinyal listrik yang dihasilkan oleh otot-otot rangka menggunakan alat perekam yang disebut *Electromyography* dan hasil rekamannya disebut *electromyogram*. Istilah-istilah ini berasal dari tiga kata: *electro* yang berarti listrik, *myo* yang berarti otot, dan *graphy* yang berarti hal-hal yang berkaitan dengan tulisan atau dapat juga diartikan sebagai bidang keilmuan. Gelombang sinyal listrik adalah variasi tegangan atau arus listrik dari waktu ke waktu, biasanya direpresentasikan secara grafis pada plot dengan waktu pada sumbu x dan amplitudo sinyal pada sumbu y. Gelombang ini membawa informasi atau energi dan memainkan peran penting dalam berbagai bidang.

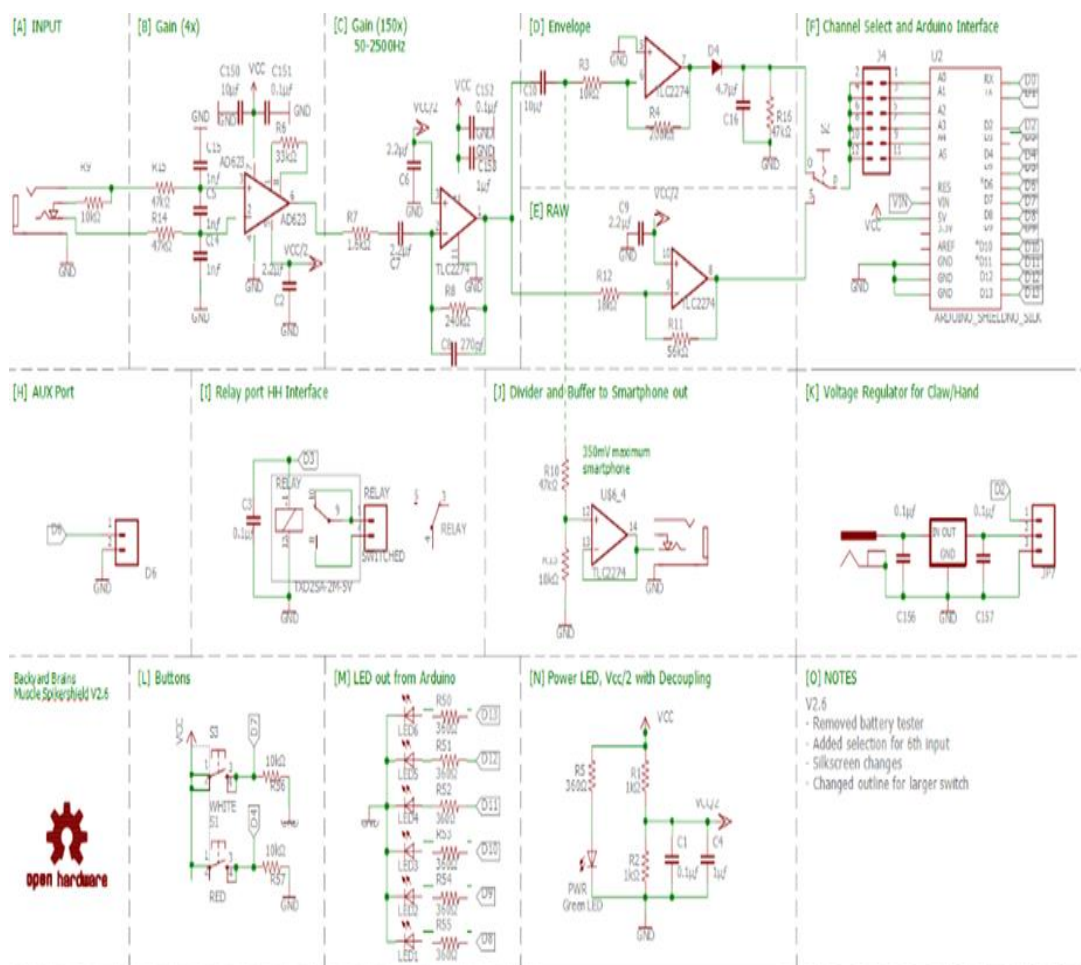
Sinyal listrik yang terekam oleh *electromyograph* berasal dari aktivitas listrik yang ditimbulkan oleh sel-sel saraf ketika otot berkontraksi maupun berelaksasi. Sinyal listrik tersebut berasal dari kumpulan sinyal fisiologis yang dibawa oleh sel-sel saraf motorik menuju serat-serat otot. Sel-sel saraf motorik berfungsi mengantarkan rangsangan berupa *impulse* (lonjakan listrik) dari sumsum tulang belakang hingga ke bagian *neuron* yang berhubungan langsung dengan serat otot. Kumpulan sel-sel saraf motorik beserta serat-serat otot ini disebut *motor unit*.



Gambar 2. 16 Alat *Muscle Spiker Shield*
(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.11.1 Skematik Alat Muscle Spiker Shield

Skematik sensor EMG (*Electromyography*) adalah representasi visual dari bagaimana komponen-komponen dalam sensor EMG terhubung satu sama lain dalam rangkaian elektronik. Sensor EMG digunakan untuk mendeteksi aktivitas listrik yang dihasilkan oleh kontraksi otot dalam tubuh manusia. Sensor EMG menghasilkan output yang dapat digunakan untuk pemantauan atau analisis lebih lanjut. Ini bisa berupa grafik, data digital, atau informasi lainnya tentang aktivitas otot. Skematik sensor EMG mencakup koneksi dan interkoneksi semua komponen ini dalam suatu rangkaian elektronik yang koheren. Sensor EMG dirancang untuk mendeteksi dan merekam sinyal aktivitas otot dengan akurat, yang berguna dalam berbagai aplikasi seperti ilmu kedokteran, rehabilitasi fisik, ergonomi, dan penelitian ilmiah.



Gambar 2.17 Skematik alat Muscle SpikerShield

(Sumber : <https://backyardbrains.com/products/muscleSpikerBox>)

2.12 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (datasheet). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Arduino juga merupakan pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardware dalam Arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan software dan Bahasa sendiri. Arduino Uno sangat cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk pembuatan prototipe, proyek pendidikan, otomatisasi rumah, robotika, dan instalasi interaktif. Desainnya yang ramah pengguna, dukungan komunitas yang luas, dan keterjangkauan menjadikannya pilihan yang sangat baik bagi siapa pun yang tertarik dengan elektronik dan pemrograman. Arduino Uno adalah papan mikrokontroler sumber terbuka yang dikembangkan oleh Arduino.cc. Ini adalah bagian dari keluarga papan Arduino, yang banyak digunakan untuk pembuatan prototipe, dan proyek elektronik. Arduino Uno adalah salah satu papan paling populer yang ramah untuk pemula karena kesederhanaan, dan keserbagunaannya.



Gambar 2.18 Arduino Uno

(Sumber : <https://www.aldyrazor.com/2020/04/gambar-arduino-uno.html>)

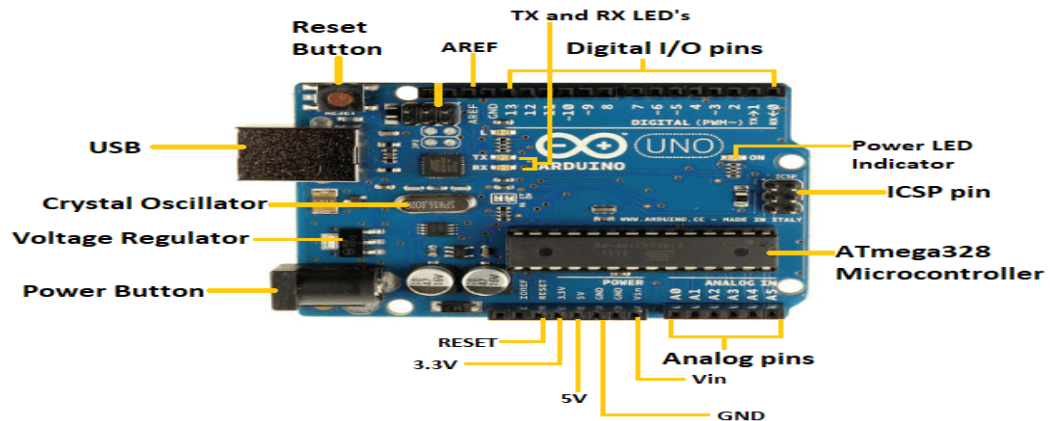
2.13 Mikrokontroller Arduino Uno

Mikrokontroller merupakan pc yang berdimensi mikro dalam satu chip IC (integrated circuit) yang terdiri dari processor, memory, serta antarmuka yang bisa diprogram. Jadi diucap pc mikro sebab dalam IC ataupun chip mikrokontroller terdiri dari CPU, memory, serta I/O yang dapat kita kontrol dengan memprogramnya. I/O pula kerap diucap dengan GPIO (General Purpose Input Output Pins) yang berarti: pin yang dapat kita program selaku input ataupun output cocok kebutuhan.

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. Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan computer, Arduino Uno lain, atau mikrokontroler lain. ATmega3282 ini menyediakan UART TTL (5v) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX dan 1 (TX).

Berdasarkan pengertian yang dikemukakan diatas dapat disimpulkan bahwa arduino merupakan kit elektronik atau papan rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel serta software pemrograman yang berlisensi open source. Fungsi Arduino Uno adalah memudahkan penggunanya dalam mengendalikan komponen elektronika dengan program seperti LED, motor DC, relay, servo, modul, dan segala jenis sensor. Papan sirkuit Arduino, biasanya di dalamnya sudah terdapat kabel khususnya berwarna biru cerah dengan ujung konektor USB tipe A ke tipe B. Fungsi utama dari kabel ini adalah untuk mengupload *sketch* yang telah dibuat dari komputer ke Arduino. Namun beberapa orang kadang hanya menggunakannya sebagai penghubung Arduino ke sumber daya.

Arduino/Genuino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, papan Arduino/Genuino lain, atau mikrokontroler lainnya. Sebuah ATmega16U2 di papan menyalurkan komunikasi serial ini melalui USB dan muncul sebagai port komunikasi virtual ke perangkat lunak di komputer.

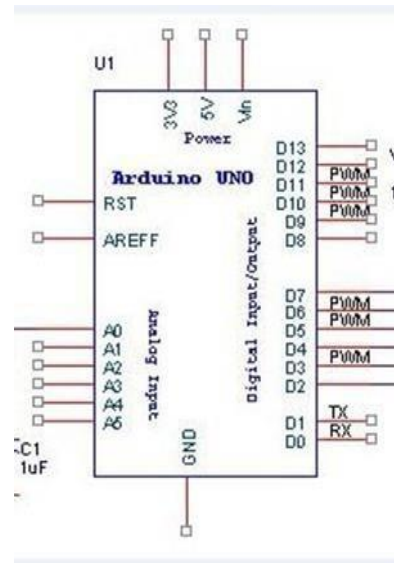


Gambar 2. 19 Fisik Arduino Uno
(Sumber : <https://www.arduinoindonesia.id/2017/02/arduino-uno.html>)

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler yang lain selain bersifat open source, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan ketika hendak memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang dipakai tidak hanya tergantung pada satu merk, namun memungkinkan bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

Menurut Santosa (2012:1), arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroller dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino merupakan sebuah board minimum system mikrokontroler yang bersifat open source. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel (Feri Djuandi, 2011).



Gambar 2. 20 Rangkaian Arduino Uno

(Sumber : <https://www.arduinoindonesia.id/2017/02/arduino-uno.html>)

2.14 Memori

Arduino Uno adalah arduino board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Maka peta memori arduino uno sama dengan peta memori pada mikrokontroler ATmega328 ini memiliki 32 KB dengan 0,5 KB digunakan untuk loading file. Ia juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM.

2.14.1 Memori Data

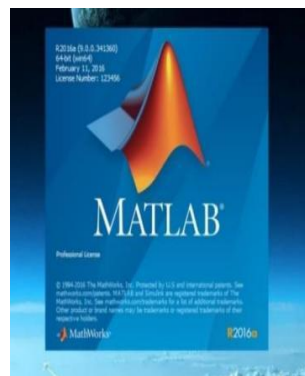
Memori data ATmega328 terbagi menjadi 4 bagian, yaitu 32 lokasi untuk register umum, 64 lokasi untuk register I/O, 160 lokasi untuk register I/O tambahan dan sisanya 2048 lokasi untuk data SRAM internal. Register umum menempati alamat data terbawah, yaitu 0x0000 sampai 0x001F. Register I/O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari 0x0020 hingga 0x005F. Register I/O tambahan menempati 160 alamat berikutnya mulai dari 0x0060 hingga 0x00FF. Sisa alamat berikutnya mulai dari 0x0100 hingga 0x08FF digunakan untuk SRAM internal. Arduino uno juga memiliki fasilitas untuk berkomunikasi dengan Komputer, arduino lain atau mikrokontroler lain. Perangkat lunak arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board arduino.

2.15 Matlab

Matlab adalah singkatan dari "*MATrix LABoratory*" dan merupakan sebuah lingkungan pemrograman komputer dan bahasa pemrograman yang digunakan secara luas dalam pengolahan data, analisis, visualisasi, dan pemodelan matematika.

Dalam Matlab, pengguna dapat memanipulasi array, matriks, dan vektor secara efisien dan efektif, serta melakukan berbagai operasi matematika seperti aljabar linear, analisis statistik, dan optimasi numerik. Matlab juga memiliki berbagai alat bantu untuk pemrosesan sinyal, pemodelan dinamika sistem, serta pemrograman GUI (Graphical User Interface) dan simulasi.[13].

Matlab sangat populer di kalangan akademisi dan industri untuk pengembangan dan penelitian dalam berbagai bidang seperti teknik, fisika, matematika, biologi, kedokteran, dan keuangan. Dalam Matlab, pengguna dapat menulis skrip atau program yang kemudian dapat dijalankan dalam sesi atau sebagai file yang terpisah. Program-program tersebut dapat disimpan dan diubah kembali pada waktu yang berbeda, serta diintegrasikan dengan perangkat lunak lainnya. Keserbagunaan dan kemudahan penggunaan MATLAB menjadikannya alat yang populer untuk melakukan simulasi, dan visualisasi data.[14]

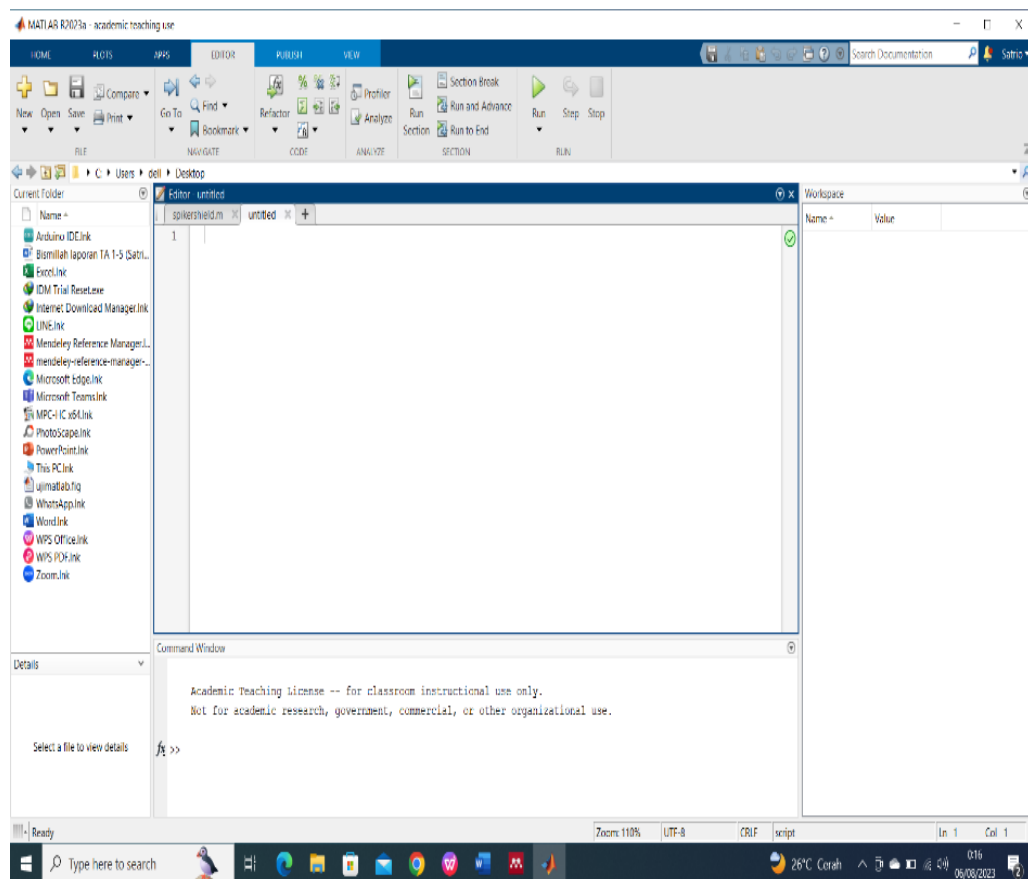


Gambar 2.21 Matlab
(Sumber : <https://www.mathworks.com/>)

2.15.1 Command Window Matlab

Command Window (Jendela Perintah) adalah salah satu komponen utama dalam lingkungan pengembangan perangkat lunak seperti MATLAB, Python, dan sejumlah perangkat lunak lainnya. Ini adalah area interaktif di mana pengguna

dapat memasukkan perintah dan mendapatkan tanggapan langsung dari perangkat lunak tersebut. Command Window adalah salah satu fitur paling interaktif dan berguna dalam MATLAB. Ini memungkinkan pengguna untuk bekerja dengan MATLAB secara dinamis, menjalankan perintah, menganalisis hasilnya, dan menjalankan eksperimen dalam lingkungan yang mudah digunakan. Command Window juga sangat berguna untuk pemecahan masalah. Anda dapat menggunakan perintah di sini untuk menguji fungsi atau memahami cara MATLAB berperilaku dalam situasi tertentu. Jika Anda mengalami masalah dengan kode Anda, Anda dapat mencoba potongan kode tertentu di Command Window untuk mengidentifikasi masalahnya



Gambar 2.22 Command Window Matlab
(Sumber :<https://www.mathworks.com/brand.html>)