

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino

2.1.1 Pengertian Arduino

Arduino adalah otak dari ribuan proyek dari objek sehari-hari hingga instrumen ilmiah yang kompleks. Arduino dirancang untuk membuat elektronik lebih mudah diakses oleh seniman, desainer, dan siapa saja yang tertarik untuk menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif. Arduino diciptakan di Ivrea Interaction Design sebagai alat yang mudah untuk pembuatan prototipe cepat, yang ditujukan untuk siswa tanpa latar belakang elektronik dan pemrograman. Papan Arduino dapat dibeli dalam bentuk pra-rakitan atau dibuat dengan tangan karena desain perangkat kerasnya bersifat open source. Pengguna dapat menyesuaikan papan dengan kebutuhan mereka serta memperbarui dan mendistribusikan versi mereka sendiri. Papan Arduino pra-rakitan mencakup mikrokontroler yang diprogram menggunakan bahasa pemrograman Arduino dan lingkungan pengembangan Arduino Platform ini menyediakan cara untuk membangun dan memprogram komponen elektronik.



Gambar 2.1 logo Arduino

2.1.2 Software System Arduino

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah software yang digunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram *board* Arduino. Arduino IDE ini berguna sebagai text editor untuk membuat, mengedit, dan juga mevalidasi kode program. bisa juga

digunakan untuk meng-upload ke board Arduino. Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “sketch” dengan ekstensi file source code .ino.

2.1.3 Sejarah Arduino

Semua bermula dari Kota Ivrea, yaitu sebuah kota di Italia Utara yang cukup terkenal dengan sejarah kerajaan dan raja yang memerintah di sana. Pada tahun 1002 Masehi, Ivrea diperintah oleh seorang raja bernama Arduin. Lalu dua tahun kemudian ia digantikan oleh Raja Henry II dari Jerman. Di Kota Ivrea ini ada sebuah bar yang bernama “*Bar Di Re Arduino*” yang artinya Bar Raja Arduino. Nama tersebut diambil dan digunakan oleh pemilik bar dengan maksud mengenang sang raja Arduin. Bar tersebut adalah tempat yang paling sering dikunjungi oleh sang pengembang Arduino. Yaitu Massimo Banzi dan rekan-rekannya untuk melakukan pertemuan sebagai bentuk rasa hormat kepada tempat tersebut, Massimo Banzi memberi nama Arduino ke perangkat yang sedang ia kembangkan bersama rekan-rekannya. Dari situlah asal Arduino. Selain itu, istilah Arduino adalah bahasa Italia yang apabila diterjemahkan ke bahasa Indonesia berarti “*Teman yang berani*”.

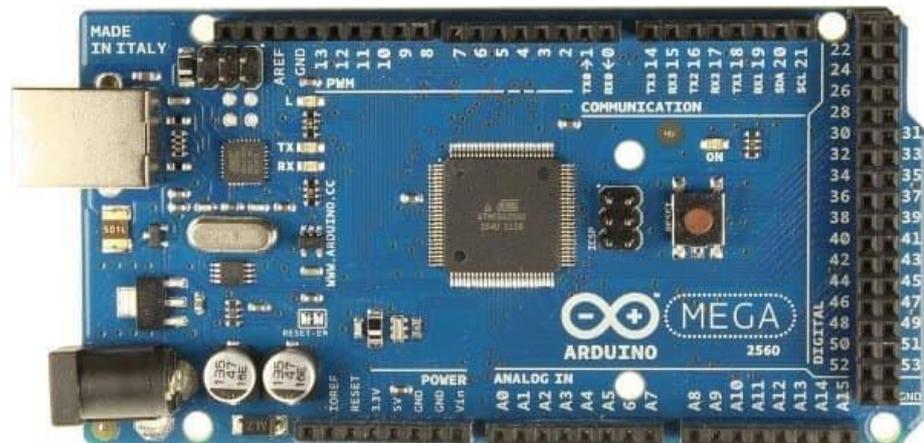
Arduino berawal dari sebuah thesis yang dibuat oleh Hernando Barragan, di Institute Ivrea, Italia pada tahun 2005, dikembangkan oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dan diberi nama *Arduin of Ivrea*. Lalu diganti nama menjadi Arduino yang dalam bahasa Italia berarti teman yang berani. Tujuan awal dibuatnya Arduino adalah untuk membuat perangkat yang mudah dan murah, dari perangkat yang ada pada saat itu. Dan perangkat tersebut ditujukan untuk para siswa yang akan membuat perangkat desain dan interaksi.

2.1.4 Model Arduino

1. Arduino Mega

Arduino Mega 2560 adalah sebuah board arduino yang menggunakan IC Mikrokontroler 2560. Board ini memiliki Pin I/O

yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, 16 buah analog input, 4 UART (port serial). Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16 Mhz, koneksi USB, adaptor listrik, header ICSP, dan tombol rese



Gambar 2.2 Arduino Mega

Tabel 2.1 Ringkasan Spesifikasi Arduino Mega 2560

No	Nama	Keterangan
1	Mikrokontroler	ATMega2560
2	Tegangan Operasi	5V
3	Tegangan Input	7-12V
4	Batas Tegangan Input	6-20V
5	Pin digital I/O	54 (15 pin output PWM)
6	Pin Analog Input	16 pin
7	Arus DC per pin I/O	40 Ma
8	Arus DC pin 3.3V	50mA
9	Flash Memory	256 KB (8 KB Bootloader)
10	SRAM	8 KB
11	EEPROM	4 KB
12	16 Clock Speed	17 MHz

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau

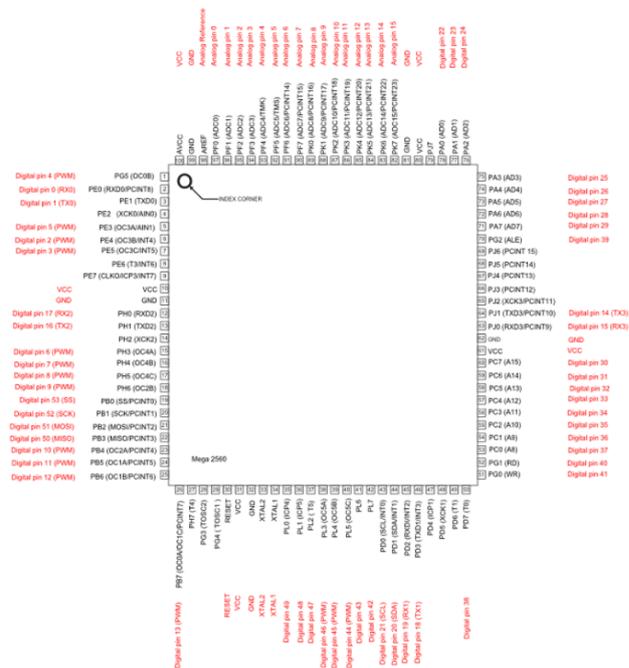
baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER.

Papan Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 Volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator 7 tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- VIN : Input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya).
- 5V : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari jack power DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.
- 3.3V : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- GND : Pin Ground.
- IOREF : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (shield) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan

penerjemah tegangan (voltage translator) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB flash memory untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM)



Gambar 2.3 Digital Pin Arduino MEGA 2560.

Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus 9 secara default) sebesar 20-50 KOHms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- Serial : 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1 : 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2 : 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3 : 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin chip ATmega16U2 Serial USB-to-TTL.

- Eksternal Interrupt : Pin 2 (interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau berubah nilai.
- SPI : Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga terhubung dengan header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
- LED : Pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino ATmega2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala, dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam.
- TWI : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan wire. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.

Arduino Mega2560 memiliki 16 pin sebagai analog input, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`.

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

- AREF : Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
- RESET : Jalur LOW ini digunakan untuk mereset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan

mikrokontroler lainnya. Arduino ATmega328 menyediakan 4 hardware komunikasi serial UART TTL (5 Volt). Sebuah chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai COM Port Virtual (pada device komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer, untuk sistem operasi Windows masih tetap memerlukan file inf, tetapi untuk sistem operasi OS X dan Linux akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip USB-to-serial yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).

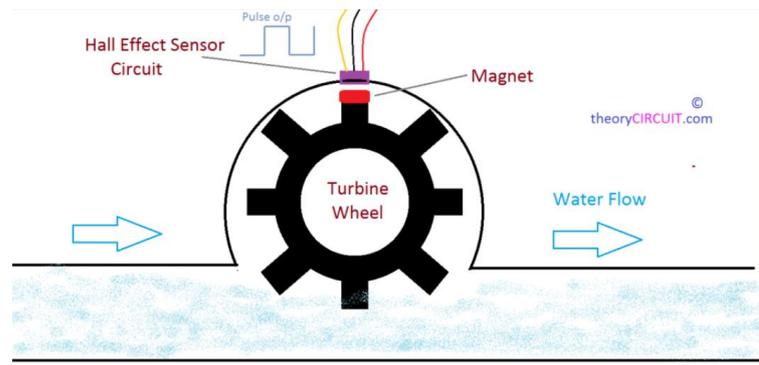
2.2 Sensor

Sensor adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan mendeteksi besaran sesuatu, besaran itu seperti tekanan, gaya, muatan listrik, kecepatan, gerakan, kelembaban dan suhu. Sensor juga merupakan jenis transduser yang dapat digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, cahaya dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik, sensor juga sering digunakan untuk pendeteksi pada saat melakukan pengendalian atau pengukuran. Input yang terdeteksi dari sensor akan dikonversikan menjadi output yang dapat dipahami oleh manusia baik melalui perangkat sensor itu sendiri, atau ditransmisikan secara elektronik melalui jaringan untuk ditampilkan atau diolah menjadi informasi yang berguna bagi penggunanya.

1.2.1 *Water Flow Sensor*

Water Flow sensor terdiri dari bodi katup plastik, rotor air dan sensor hall effect. Ketika air mengalir melalui rotor, maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir melalui rotor tersebut. Prinsip kerja sensor ini

adalah dengan memanfaatkan sensor hall effect. Hall effect ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada hall effect yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Fisik dan dimensi dari mekanik sensor waterflow



Gambar 2.4 Skema Waterflow Sensor.

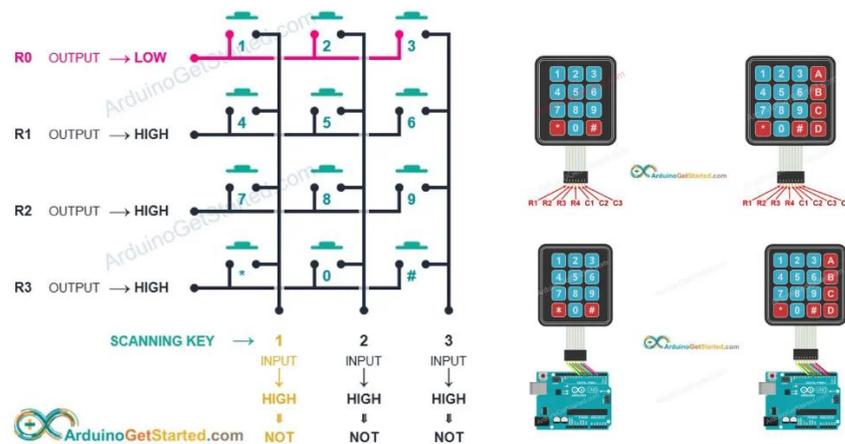


Gambar 2.5 Waterflow Sensor

2.3 Keypad

Keypad adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. Keypad berfungsi sebagai interface antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (Human Machine Interface). Matrix keypad 4×4 merupakan salah satu contoh keypad yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antara manusia dengan mikrokontroler. Matrix keypad 4×4 memiliki konstruksi atau susunan yang simple

dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Konfigurasi keypad dengan susunan bentuk matrix ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah key (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler. Konstruksi matrix keypad 4×4 diatas cukup sederhana, yaitu terdiri dari 4 baris dan 4 kolom dengan keypad berupas saklar push buton yang diletakan disetiap persilangan kolom dan barisnya. Rangkaian matrix keypad diatas terdiri dari 16 saklar push buton dengan konfigurasi 4 baris dan 4 kolom. 8 line yang terdiri dari 4 baris dan 4 kolom tersebut dihubungkan dengan port mikrokontroler 8 bit. Sisi baris dari matrix keypad ditandai dengan nama Row1, Row2, Row3 dan Row4 kemudian sisi kolom ditandai dengan nama Col1, Col2, Col3 dan Col4. Sisi input atau output dari matrix keypad 4×4 ini tidak mengikat, dapat dikonfigurasikan kolom sebagai input dan baris sebagai output atau sebaliknya tergantung programernya.

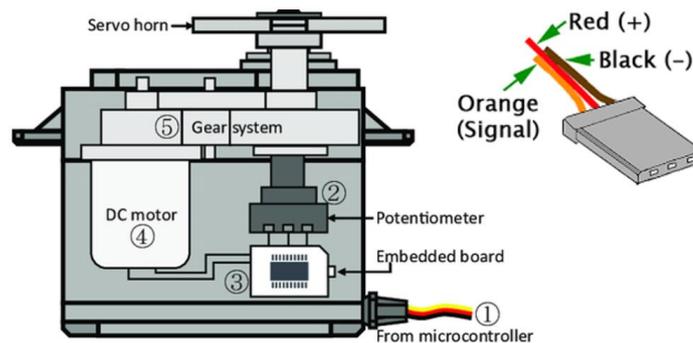


Gambar 2.6 Keypad.

2.4 Servo

Servo Motor adalah perangkat listrik yang digunakan pada mesin-mesin industri pintar yang berfungsi untuk mendorong atau memutar objek dengan kontrol yang dengan presisi tinggi dalam hal posisi sudut, akselerasi dan kecepatan, sebuah kemampuan yang tidak dimiliki oleh motor biasa. Jika Anda ingin memutar dan mengarahkan objek pada beberapa sudut atau jarak tertentu, maka Anda harus menggunakan Servo Motor. Hal ini dimungkinkan dengan

kombinasi motor biasa dan tambahan sensor dalam hal ini berupa encoder untuk umpan balik posisi. Kontroler dari servo motor yang lebih dikenal dengan nama servo drive adalah bagian yang paling penting dan canggih dari sebuah servo motor, karena dirancang untuk presisi tinggi tersebut.



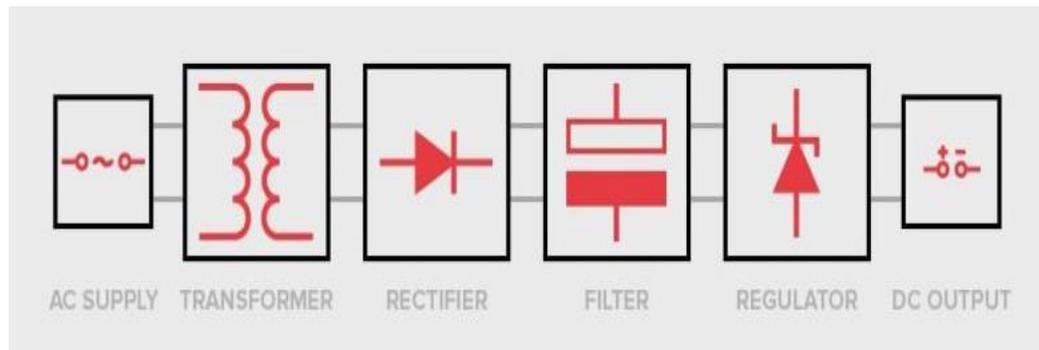
Gambar 2.7 Skema Motor Servo.



Gambar 2.8 Motor Servo.

2.5 Power Supply

Power supply adalah suatu perangkat keras (*hardware*) pada komponen elektronika yang mempunyai fungsi sebagai suplier arus listrik dengan terlebih dahulu merubah tegangannya dari AC ke DC yang kemudian diubah menjadi daya atau energi yang dibutuhkan komponen-komponen.



Gambar 2.9 Blok Diagram *Power Supply*

1. Transformator (Transformer/Trafo)

Transformator atau disingkat dengan sebutan trafo yang biasanya digunakan untuk DC power supply adalah jenis *step-down*. Trafo *step-down* berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang ada pada rangkaian adaptor.

2. *Rectifier* (penyearah gelombang)

Rectifier atau pemnyearah gelombang adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah gelombang AC menjadi gelombang DC. Komponen yang digunakan untuk membuat rangkaian *rectifier* adalah dioda.

Ada dua jenis rangkaian *rectifier* yang biasa digunakan pada *power supply* yaitu *half wave* dan *full wave*. Hal *wave rectifier* hanya terdiri dari 1 dioda sementara *full wave rectifier* biasa terdiri daeri 2 atau 4 dioda.

3. *Filter* (penyaring)

Filter pada rangkaian *power supply* digunakan untuk meratakan sinyal arus yang keluar dari *rectifier*, sehingga didapatkan arus DC yang lebih halus. Rangkaian *filter* biasanya menggunakan komponen kapasitor berjenis elektrolit atau ELCO (*electrolyte capacitor*)

4. *Voltage regulator* (pengatur tegangan)

Voltage regulator dibuthkan agar *power supply* tetap menghasilkan tegangan dan arus DC yang stabil. Penggunaan regulator membuat tegangan *output* tidak mudah dipengaruhi suhu, arus beban dan juga tegangan *input* yang berasal dari *output filter*.

Ada banyak opsi komponen untuk membuat rangkaian regulator, bisa menggunakan diode Zener, transistor atau IC (*integrated circuit*). Beberapa regulator pada *power supply* juga dilengkapi dengan beberapa fitur tambahan, seperti *short circuit protection*, *current limiting* atau *over voltage protection*.



Gambar 2.10 Power Supply.

2.6 Relay

Modul relay adalah salah satu piranti yang beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontaktor guna memindahkan posisi ON ke OFF atau sebaliknya dengan memanfaatkan tenaga listrik. Peristiwa tertutup dan terbukanya kontaktor ini terjadi akibat adanya efek induksi magnet yang timbul dari kumparan induksi listrik. Perbedaan yang paling mendasar antara relay dan sakelar adalah pada saat pemindahan dari posisi ON ke OFF. Relay melakukan pemindahan-nya secara otomatis dengan arus listrik, sedangkan sakelar dilakukan dengan cara manual



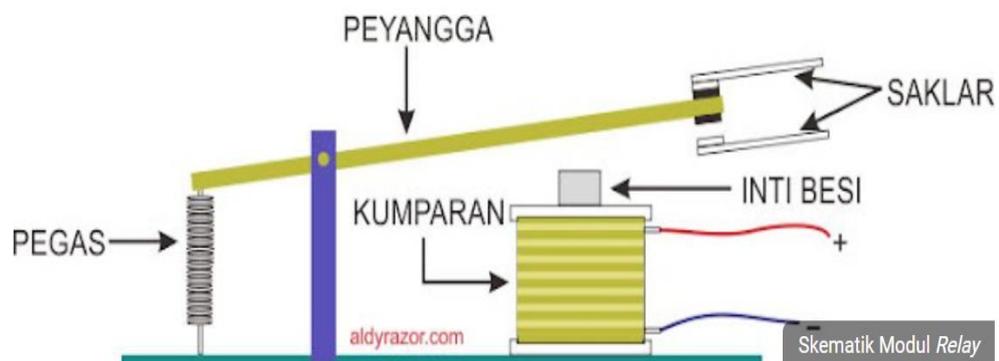
Gambar 2.11 Relay.

Pada dasarnya, fungsi modul relay adalah sebagai saklar elektrik. Dimana ia akan bekerja secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan. Kebanyakan, relay 5 volt DC digunakan untuk membuat project yang salah satu komponennya butuh tegangan tinggi atau yang sifatnya AC (Alternating Current). Sedangkan kegunaan relay secara lebih spesifik adalah sebagai berikut:

1. Menjalankan fungsi logika dari mikrokontroler Arduino
2. Sarana untuk mengendalikan tegangan tinggi hanya dengan menggunakan tegangan rendah
3. Meminimalkan terjadinya penurunan tegangan
4. Memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi time delay function
5. Melindungi komponen lainnya dari kelebihan tegangan penyebab korsleting.
6. Menyederhanakan rangkaian agar lebih ringkas.

Untuk dapat memahami prinsip kerja relay, terlebih dahulu harus tahu kelima fungsi komponen relay berikut ini.

1. Penyangga (Armature)
2. Kumparan (Coil)
3. Pegas (Spring)
4. Saklar (Switch Contact)
5. Inti Besi (Iron Core)



Gambar 2.12 Skema Relay.

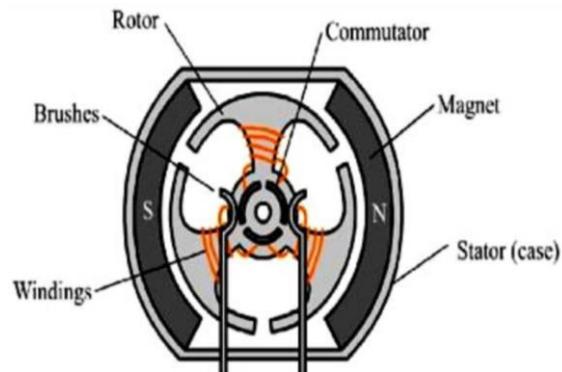
Berdasarkan gambar komponen relay tersebut, kita dapat memahami bahwa relay dapat bekerja karena adanya gaya elektromagnetik. Ini tercipta dari inti besi yang dililitkan kawat kumparan dan dialiri aliran listrik. Saat kumparan dialiri listrik, maka otomatis inti besi akan jadi magnet dan menarik penyangga sehingga kondisi yang awalnya tertutup jadi terbuka (Open). Sementara pada saat kumparan tak lagi dialiri listrik, maka pegas akan menarik ujung penyangga dan menyebabkan kondisi yang awalnya terbuka jadi tertutup (Close).

2.7 Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang penggunaannya memerlukan jenis arus DC atau arus searah. Jadi pada motor DC, arus searah yang dihasilkan nantinya akan diubah menjadi energi mekanis yang berupa putaran atau gerak. Pada motor dengan arus DC, di dalamnya biasanya terdapat kumparan yang berfungsi untuk menghasilkan putaran. Nah, jumlah putaran yang dihasilkan oleh motor tersebut disebut sebagai RPM (*Revolutions Per Minute*). Untuk sebuah motor DC, biasanya putaran yang dihasilkan adalah gerakan dengan kecepatan sekitar 3000-8000 RPM. Dan biasanya juga memiliki tegangan operasional dengan kisaran sebesar 1,5 sampai dengan 3 volt. Adapun prinsip kerja motor DC adalah sebagai berikut :

1. Pertama-tama, arus DC pada rangkaian akan dialirkan pada kumparan. Kemudian, medan magnet yang tercipta akan menghasilkan torsi yang nantinya akan memutar motor.
2. Setelah terjadi torsi, komutator kemudian akan bekerja yaitu dengan cara menjaga putaran motor listrik agar tetap menghasilkan arus yang searah.
3. Jadi pada alat ini, armature yang dihasilkan oleh medan magnet akan diputar searah sehingga menghasilkan gaya mekanik.

Dengan prinsip kerja di atas tentu tidak heran jika motor DC juga disebut sebagai perangkat elektromekanis. Karena pada dasarnya perangkat tersebut memang menggunakan medan magnet dan konduktor.



Gambar 2.13 Skema Motor DC



Gambar 2.14 Motor DC

2.8 Metode *Fuzzy* Mamdani

Metode *Fuzzy* Mamdani adalah salah satu bagian dari *System Fuzzy Inference* yang digunakan untuk menarik kesimpulan atau keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Pada tahun 1975 Metode *fuzzy* mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani. Metode *fuzzy* mamdani dalam prosesnya menggunakan kaidah – kaidah linguistic dan memiliki algoritma *fuzzy* dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dimengerti. Kelebihan dari metode mamdani ini adalah lebih spesifik, yang artinya dalam proses metode mamdani ini lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi di setiap daerah *fuzzy*-nya, sehingga hasil yang diberikan dari metode ini lebih akurat. Dari setiap kelebihan dari metode yang ada terdapat suatu kelemahan termasuk metode

mamdani ini, Adapun kelemahan dari Metode *Fuzzy* Mamdani ini adalah metode yang hanya digunakan dalam data yang bentuknya kuantitatif saja, dan tidak bisa digunakan dalam bentuk kualitatif.

pada system inferensi Mamdani ini, keluaran (*output*) dari setiap aturan himpunan logika *fuzzy* yang ada. Untuk menentukan keluaran (*output*) terdapat beberapa tahapan yang ada, yaitu :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*, variable dari *input* atau *output* yang ada dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
2. *Fuzzifikasi*, yaitu menentukan dari derajat keanggotaan variable *input*.
3. Operasi logika *fuzzy*, perlu dilakukan jika bagian dari *antecedent* melebihi satu pernyataan melakukan operasi – operasi logika *fuzzy*. Hasil akhir operasi ini adalah derajat kebenaran dari *antecedent* berupa bilangan tunggal. Operator dari *fuzzy* untuk melakukan operasi *and* dan *or* bisa dibuat sendiri.
4. Implikasi, adalah metode yang menerapkan dan menentukan bentuk akhir dari *fuzzy* set keluaran. *Consequent* atau keluaran dari aturan *fuzzy* ini ditentukan dengan mengisi kumpulan *fuzzy* keluaran ke variable keluaran. Fungsi implikasi yang digunakan berupa MIN.
5. Agregasi, adalah proses yang mengkombinasikan keluaran semua aturan IF-THEN menjadi sebuah kumpulan *fuzzy* tunggal yang menggunakan fungsi Max. apabila menggunakan fungsi implikasi Min maka metode agregasi tersebut menggunakan nama maxmin atau max-min.
6. Defuzzifikasi, *input* dari proses ini adalah himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan – aturan *fuzzy* yang ada, sedangkan *outputnya* yaitu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut.

2.9 *Liquid Crystal Display 16 x 2*

LCD merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf, atau grafik. LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrumen elektronik seperti multimeter digital. LCD

memanfaatkan silikon dan galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemancar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Dengan demikian, setiap pertemuan baris dan kolom terdiri dari LED pada bidang latar (*backplane*), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. Dalam keadaan normal, cairan yang digunakan memiliki warna cerah. Kemudian daerah-daerah tertentu pada cairan tersebut warnanya akan berubah menjadi hitam ketika tegangan diterapkan antara bidang latar dan pola elektroda yang terdapat pada sisi dalam kaca bagian depan. Keunggulan menggunakan LCD adalah konsumsi daya yang relatif kecil dan menarik arus yang kecil (beberapa mikro ampere), sehingga alat atau sistem menjadi portable karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah ukuran LCD yang pas yakni tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar, kemudian tampilan yang diperlihatkan dari LCD dapat dibaca dengan mudah dan jelas Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini. merupakan gambar bentuk fisik dari LCD 16x2.



Gambar 2.15 Liquid Crystal 16 x 2

Spesifikasi pada LCD 16x2 adalah sebagai berikut :

1. Terdiri dari 16 kolom dan 2 baris
2. Mempunyai 192 karakter yang tersimpan
3. Tegangan kerja 5V
4. Memiliki ukuran yang praktis

