BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan pengerjaan laporan akhir. Penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

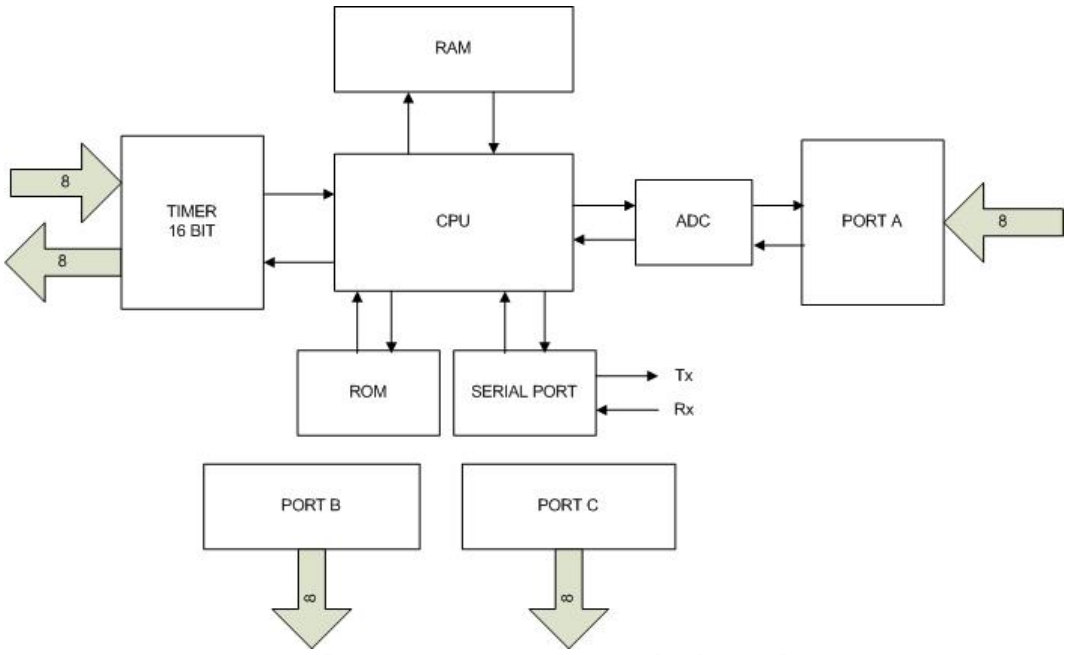
No	Nama	Judul	Cara Kerja
1	Donny Widcaksono, Masyhadi. Program Studi Teknik Elektro. Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta. Vol.3 No.1:52-66.	Rancang Bangun *Secured Door Automatic System* untuk Keamanan Rumah Menggunakan SMS Berbasis Arduino	Pada saat membuka kunci pintu menggunakan SMS proses pengiriman perintah SMS membutuhkan waktu 5-10 detik untuk sistem merespon perintah. Jika membuka kunci pintu menggunakan *keypad* dengan memasukan sandi atau dengan menekan tombol manual, sistem melakukan penguncian otomatis setelah pintu terbuka dalam rentang waktu 10detik dan memberi notifikasi SMS dalam rentang waktu 4-7detik untuk pengiriman SMS.
2	Helmi Guntoro, Yoyo Somantri, Erik Haritman.	Rancang Bangun *Magnetic Door Lock*	Alat ini dirancang dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali

	2013. Program Studi Pendidikan Teknik Elektro. Vol.12 No.1: 39-48.	Menggunakan *Keypad* dan *Solenoid* Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno	utama, dimana *keypad* berfungsi sebagai alat input kode *password* dan memberikan perintah pada mikrokontroler untuk mengendalikan relay. Alat ini bekerja ketika ada masukan berupa kode *password* melalui *keypad*, dan jika kode *password* yang dimasukkan benar maka mikrokontroler akan memberikan input *high* pada relay untuk mengaktifkan solenoid.
3	I Ketut Darminta, I Gede Suputra Widharma, Putu Angga Juliantara. Program Studi Teknik Elektro. Politeknik Negeri Bali. Vol.15 No.1:12-66.	Simulasi Pengunci Pintu Berbasis Mikrokontroler Atmega328P Dengan Menggunakan 8 Digit *Password*	Sistem ini menggunakan 8 digit *password*. Kontrol utama dari sistem ini terdapat pada keypad 4x4 sebagai input, mikrokontroler ATmega328P sebagai sistem kontrol, LCD sebagai informasi proses data dan *solenoid* sebagai sistem yang dikontrol.
4	Figa Undala, Dedi Triyanto, Yulrio Brianorman. Jurusan Sistem Komputer. Universitas	*Prototype* Sistem Keamanan Pintu Menggunakan *Radio Frequency Identification* (RFID) Dengan Kata Sandi	Sistem keamanan pintu ini menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pengendalinya, dimana mikrokontroler ini akan memproses data masukkan

	Tanjungpura. Vol:3 No.1:30-40.	Berbasis Mikrokontroler	dari reader RFID dan *keypad* dengan keluaran untuk mengendalikan LCD serta motor servo.

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang didalamnya terdapat rangkaian mikroprosesor, memori (RAM/ROM) dan I/O, rangkaian tersebut terdapat dalam level chip atau biasa disebut single chip microcomputer. Pada Mikrokontroler sudah terdapat komponen-komponen mikroprosesor dengan bus-bus internal yang saling berhubungan. Komponen-komponen tersebut adalah RAM, ROM, timer,komponen I/O paralel dan serial, dan interrupt kontroler (Purwanto, 2009). Adapun keunggulan dari Mikrokontroler adalah adanya sistem interrupt. Sebagai perangkat kontrol penyesuaian, mikrokontroler sering disebut juga untuk menaikkan respon eksternal (*interrupt*) pada waktu yang nyata. Perangkat tersebut harus melakukan hubungan switching cepat, menunda satu proses ketika adanya respon eksekusi yang lain.



Gambar 2.1 Konsep Dasar Mikrokontroler

2.2.1 Mikrokontroler ATmega328

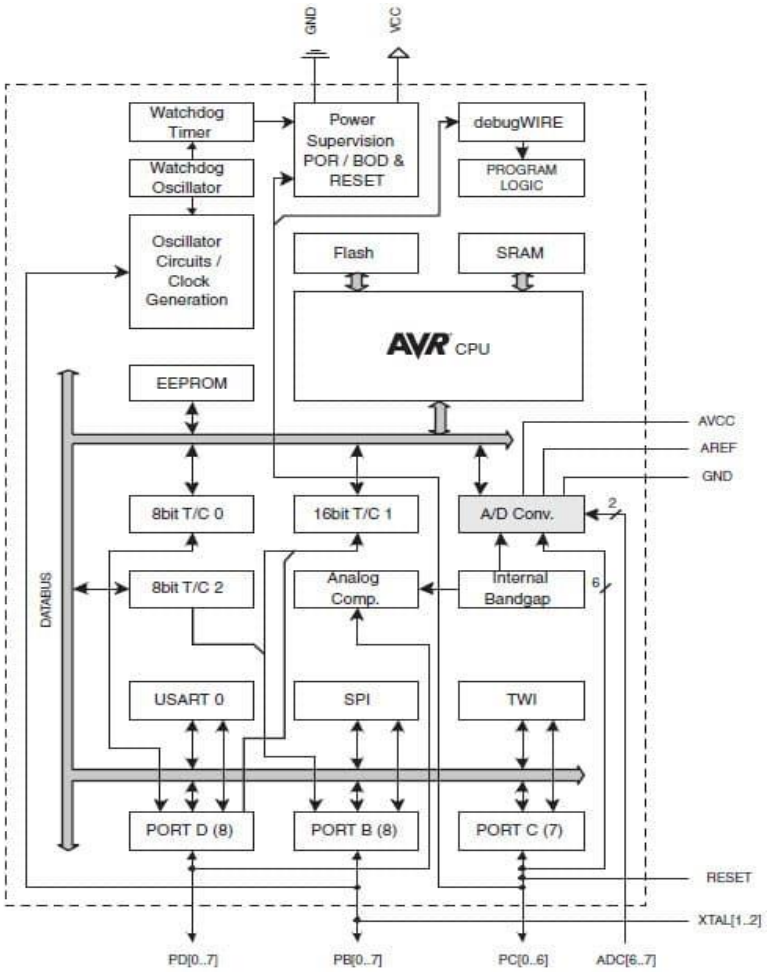
Komponen utama dalam papan Arduino Uno adalah sebuah mikrokontroller 8 bit dengan merk ATmega buatan Atmel Corporation (Dian Artanto, 2012). Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATMega 8 ini antara lain ATMega 8535, ATMega 16, ATMega 32, Atmega 328, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah ukuran memori, banyaknya GPIO (pin *input/output*), *peripheral* (USART, *timer, counter,* dll). Dari segi ukuran fisik, ATMega 328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler diatas. Namun untuk segi memori dan *peripheral* lainnya ATMega 328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan *peripheral*-nya relatif sama dengan ATMega 8535, ATMega 32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler diatas. Wicaksono (2017:6)

Mikrokontroller ATmega328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism.* instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU *(Arithmatic Logic unit)* yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data.

Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit.

Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped* I/O selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.

2.2.2 Blok Diagram Atmega 328



Gambar 2.2 Blok Diagram ATmega328

Penjelasan diagram blok diatas adalah sebagai berikut:

1. *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS485.2KB RAM pada memori kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan),digunakan oleh variabel-variabel di dalam program.
2. 32KB RAM *flash memory* bersifat non-volatile, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, flash memoryjuga menyimpan *bootloader*. *Bootloader* adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah

bootloader selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.

3. 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino.
4. *Central Processing Unit* (CPU), bagian dari mikrokontroler untuk menjalankan setiap instruksi dari program. Port *input/output*, pin-pin untuk menerima data *(input*) digital atau analog,dan mengeluarkan data (*output*) digital atau analog. (Ichwan, 2013).

2.2.3 Peta Memori ATmega328

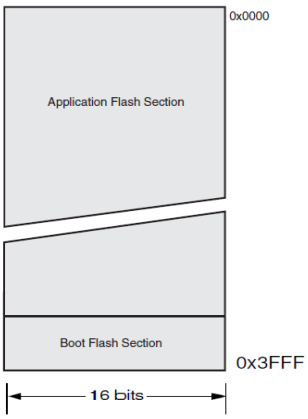
Mikrokontroler ATmega328 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori EEPROM, memori program, dan memori data.

1. **Memori EEPROM ATmega328**

   Pada memori EEPROM, data dapat ditulis/dibaca kembali dan ketika catu daya dimatikan, dataterakhir yang ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat nonvolatile. Alamat EEPROM dimulai dari 0x000 hingga 0x3FF.

2. **Memori Program ATmega328**

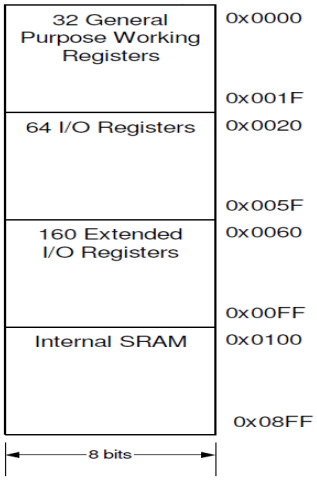
   ATMega328 memiliki 32K *byte On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Memori *flash* dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program bootloader dan aplikasi. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.



Gambar 2.3 Peta Memori Program ATmega328

3. Memori Data ATmega328

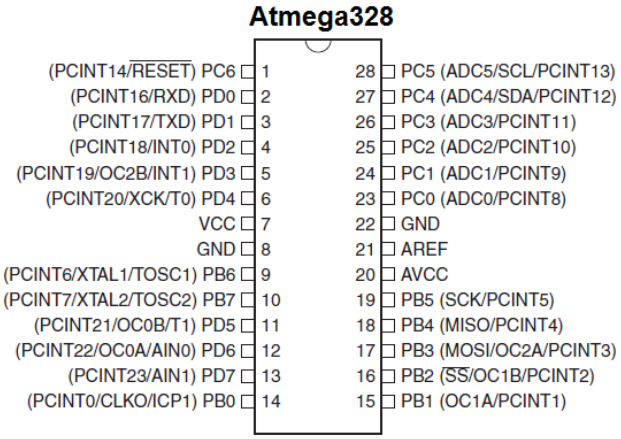
Memori data ATmega328 terbagi menjadi 4 bagian, yaitu 32 lokasi untuk register umum, 64 lokasi untuk register I/O, 160 lokasi untuk register I/Otambahan dan sisanya 2048 lokasi untuk data SRAM internal. Register umum menempati alamat data terbawah, yaitu 0x0000 sampai 0x001F. Register I/O menempati 64 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.



Gambar 2.4 Peta Memori Data ATmega328

2.2.4 Konfigurasi Pin pada Mikrokontroler ATmega328

ATMega 328 memiliki 3 buah *PORT* utama yaitu *PORT* B, *PORT* C, dan *PORT* D dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. *PORT* tersebut dapat difungsikan sebagai *input/output digital* atau difungsikan sebagai *peripheral* lainnya. (Wicaksono, 2017:7)



Gambar 2.5 Konfigurasi Pin pada Mikrokontroler ATmega328

1. *Port* B

   Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output*. Selain itu *PORT* B juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

   a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter* 1 *input capture* pin.
   b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
   c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
   d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman *serial* (ISP).
   e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk *timer*.
   f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroler.

2. *Port* C

Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif *PORT*C antara lain sebagai berikut.

a. ADC6 *channel* (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data *digital.*
b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada *PORT*C. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti sensor kompas, *accelerometer* nunchuck.

3. *Port* D

Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai *input/output*. Sama seperti *Port* B dan *Port* C, *Port* D juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi *serial* dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data *serial*, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data *serial*.
b. *Interrupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi *hardware/software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *external clock.*
d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan *counter external timer 1* dan *timer 0.* AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan *input* untuk *analog comparator*.

2.2.5 Fitur Mikrokontroler ATmega328

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*) Wicaksono (2017:9).

Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain:

1. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
2. Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2 KB.
3. Memiliki pin I/O *digital* sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM *(Pulse Width Modulation) output.*
4. 32 x 8-bit *register* serba guna.
5. Dengan *clock* 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS. 32 KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock.*

2.3 Arduino

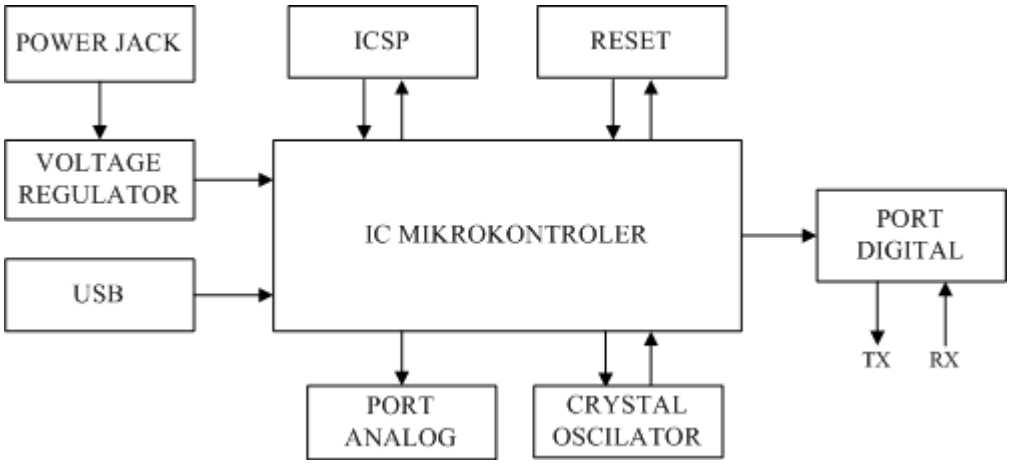
Arduino adalah sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi Arduino adalah kombinasi dari *hardware,* bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* mikrokontroler (Feri Djuandi, 2011:7).

Untuk *board* Arduino ada berbagai macam seperti *Uno, Due, Mega, Leonardo, Fio, Lilypad, Nano, Mini, Ethernet, Esplora,* dan *Robot.* Tiap macam board Arduino berbeda fungsi, ukuran, memori, dan ada tambahan fitur-fitur yang lain tergantung sesuai kebutuhan dan pemakaian.

2.3.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATMega 328. *Board* ini memiliki 14 *digital input*/*output pin* (dimana 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik dan tombol *reset*. *Pin – pin* ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC – DC atau baterai untuk menggunakannya. Arduino UNO dilengkapi dengan *static random access memory* (SRAM) berukuran 2 KB untuk memegang data, *flash memory* berukuran 32KB, dan *erasable programmable read- only memory* (EEPROM) untuk menyimpan program.

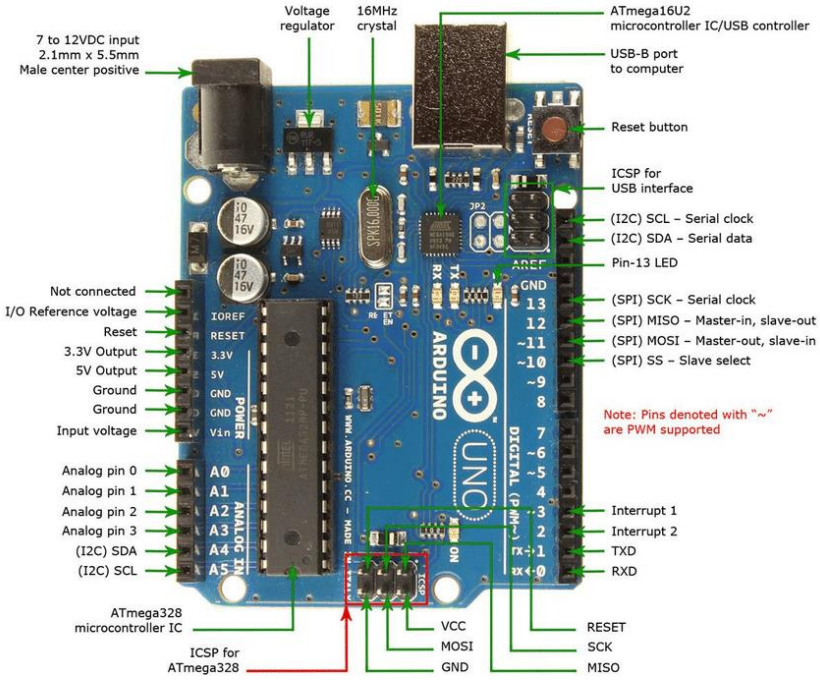
Arduino Uno terdiri dari mikrokontroler dan sejumlah input/output (I/O) yang memudahkan pemakai untuk menciptakan berbagai proyek elektronika yang dikhususkan untuk menangani tujuan tertentu. Konsep dasar Arduino Uno yang perlu diketahui dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Konsep Dasar Arduino Uno

Arduino dikatakan *open source* karena sebuah *platform* pada *physical computing*. *Platform* merupakan sebuah alat kombinasi dari *hardware*, Bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroller.

Selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung pada sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Fitur Arduino Uno yang perlu diketahui dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Fitur Arduino Uno

2.3.2 Bagian-bagian Arduino Uno

Terdapat beberapa fungsi dari bagian-bagian Arduino (Dian Artanto, 2012) sebagaimana berikut :

a. Pin *input/output* digital (0-13)

Terdapat 14 pin yang berfungsi sebagai *input* atau *output*, dapat diatur oleh program. Untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog *output* dimana tegangan *output*-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin *output* analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0–5V.

b. USB (*Universal Serial Bus*)

Fasilitas USB yang diberikan oleh Arduino Uno ini memiliki fungsi sebagai berikut :

1) Memuat progam dari komputer kedalam papan

2) Komunikasi serial antara papan dan komputer
3) Memberikan daya listrik kedalam papan

c. Sambungan SV1

Merupakan sambungan atau *jumper* untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber *eksternal* atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya *eksternal* atau USB dilakukan secara otomatis.

d. Q1 – Kristal (*quartz crystal oscillator*)

Kristal merupakan komponen yang menghasilkan detak-detak yang dikirim pada mikrokontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

e. Tombol *reset* S1

Tombol ini berfungsi untuk me-*reset* papan sehingga program akan mulai lagi dari awal, tombol *reset* ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan *microcontroller*.

f. *In-Circuit Serial Programming* (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram *microcontroller* secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

g. IC 1 – Mikrokontroller ATmega

Komponen utama papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

h. X1 – sumber daya eksternal

Jika hendak disuplai dengan sumber daya *eksternal*, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

i. 6 pin *input* analog (0-5)

Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin *input* antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

2.3.3 Spesifikasi Arduino Uno

Terdapat bermacam-macam bentuk produk dari arduino, salah satunya adalah model Arduino Uno. Adapun Arduino Uno memiliki spesifikasi sebagaimana diterangkan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno

Nama	**Keterangan**
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40mA
DC Current for 3.3 V Pin	50 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) atau 32 KB (ATmega328) dimana 2KB digunakan sebagai bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) atau 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) atau 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Selain spesifikasi yang telah dijelaskan pada tabel diatas, keterangan mengenai spesifikasi pokok pada power daya yang dibutuhkan, memori, dan pin input-output dari papan arduino uno sendiri, diterangkan sebagai berikut:

a. Power

Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power* dapat diatur secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack* adaptor pada koneksi *port input supply*. Papan arduino uno

dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 12 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt. Penjelasan pada pin *power* sebagai berikut :

1) **Pin V-in**

   Tegangan input ke *board* arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack,* aksesnya menggunakan pin ini.

2) **Pin 5V**

   Regulasi *power supply* digunakan untuk *power* mikrokontroller dan komponen lainnya pada papan Arduino Uno. Daya sebesar 5 Volt dapat melalui Vin menggunakan regulator pada *board*, atau *supply* oleh USB atau *supply* regulasi 5 Volt lainnya.

3) **Pin 3V3**

   Suplai tegangan 3.3 volt didapat oleh FTDI *chip* yang ada di *board*. Arus maximumnya adalah 50mA

4) **Pin Ground**

   Pin *ground* berfungsi sebagai jalur *ground* pada Arduino.

b. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB *flash* memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk *bootloader*. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

c. *Input* dan *Output*

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi pinMode (), digitalWrite (), dan

digitalRead (). *Input/output* dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki *internal pull-up* resistor (*disconnected* oleh *default*) 20-50 KOhms. Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

1) Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding daya USB FTDI ke TTL chip serial.
2) Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasikan untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
3) PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi *analogWrite()*.
4) SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI, yang mana masih mendukung *hardware*, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.
5) LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

2.3.4 Kelebihan Arduino Uno

Beberapa fasilitas kelebihan yang diberikan oleh Arduino Uno (Feri Djuandi, 2011) diantaranya sebagai berikut :

a. *Open Source*

Hardware maupun software Arduino adalah *open source*, yakni bisa dibuat tiruan atau clone atau board yang kompatibel dengan board Arduino tanpa harus membeli board buatan asli.

b. Tidak memerlukan chip programmer

Chip pada Arduino dilengkapi dengan *bootloader* yang akan menangani proses *upload* dari komputer. Dengan adanya *bootloader* ini maka sudah tidak memerlukan *chip programmer*, kecuali untuk menanamkan *bootloader* pada *chip* yang masih *blank*.

c. Koneksi USB

Sambungan dari komputer ke *board* Arduino menggunakan USB akan memudahkan hubungan Arduino ke PC atau laptop yang tidak memiliki seri*al / parallel port.*

d. Fasilitas *chip* lebih lengkap

Arduino menggunakan *chip* AVR ATmega 168/328 yang memiliki fasilitas PWM, komunikasi *serial*, ADC, *timer, interupt*, SPI dan I2C. Oleh karena itu, Arduino bisa digabungkan bersama modul atau alat lain dengan protokol yang berbeda-beda.

e. Ukuran kecil dan *moreable*

Ukuran board Arduino cukup kecil, mudah di bawa dimasukan ke dalam saku.

f. Pemrograman relatif mudah

Dengan adanya penambahan *library* dan fungsi-fungsi standar membuat pemrograman Arduino lebih mudah dipelajari. Pemrograman Arduino adalah bahasa C/C++.

g. Tersedia *library* gratis

Tersedia banyak *library* untuk menghubungkan Arduino dengan macam-macam sensor, aktuator maupun modul komunikasi. Misalnya *library* untuk *mouse, keyboard*, servo, GPS, dsb. Berhubung Arduino adalah *open source*, maka *library-library* ini juga *open source* dan dapat di *download* gratis di website Arduino.

h. Pengembangan aplikasi lebih mudah

Dengan bahasa yang lebih mudah dan adanya *library* dasar yang lengkap, maka pengembangan aplikasi elektronik relatif lebih mudah.

i. Komunitas *open source* yang saling mendukung

Software Linux, PHP, MySQL atau WordPress perkembangannya begitu pesat karena merupakan *software open source* yaitu dengan adanya komunitas yang saling mendukung pengembangan proyek. Demikian juga dengan Arduino, pengembangan *hardware* dan *software* Arduino didukung oleh pencinta elektronika dan pemrograman di seluruh dunia.

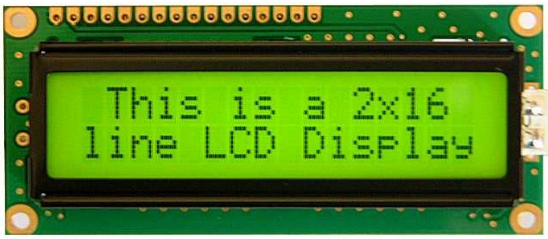
2.4 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

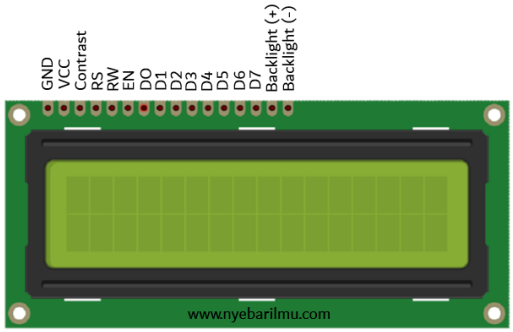
LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register, memori yang digunakan adalah:

a. **DDRAM** (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan
b. **CGRAM** (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat berubah-ubah sesuai dengan keinginan.
c. **CGROM** (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD.



Gambar 2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)



Gambar 2.9 Pin LCD

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

1. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD *(Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
2. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah :

a. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.

b. Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukan data.
c. Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
d. Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
e. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

Tabel 2.3 Fungsi Pin LCD

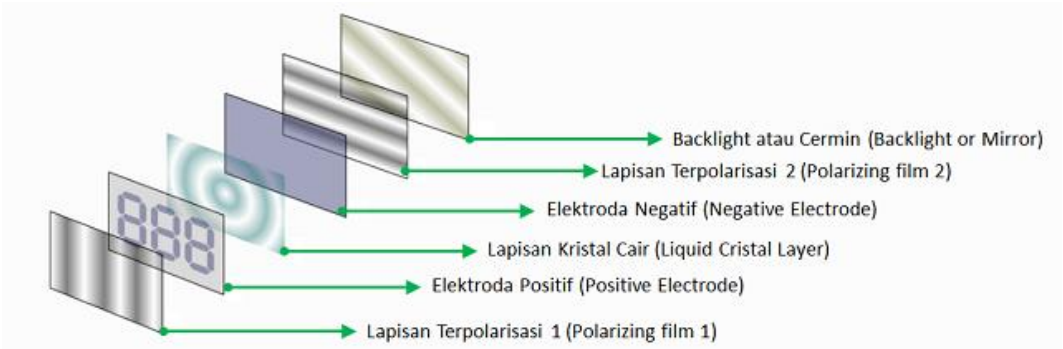
No.Pin	**Nama Pin**	**I/O**	**Keterangan**
1	GND	Power	Catu daya, ground (0v)
2	VCC	Power	Catu daya positif
3	CONTER	Power	Pengatur kontras. Menurut datasheet, pin ini perlu dihubungkan dengan pin VSS melalui resistor 5kΩ. Namun, dalam praktik, resistor yang digunakan sekitar 2,2kΩ.
4	RS	Input	Register Select • RS=HIGH: untuk mengirim data • RS=LOW: untuk mengirim instruksi
5	R/W	Input	Read/Write control bus • R/W=HIGH: mode untuk membaca data di LCD • R/W=LOW: mode penulisan ke LCD Dihubungkan dengan LOW untuk mengirim data ke layar.
6	E	Input	Data *enable* untuk mengontrol LCD.
7	D0	*I/O*	Data

8	D1	*I/O*	Data
9	D2	*I/O*	Data
10	D3	*I/O*	Data
11	D4	*I/O*	Data
12	D5	*I/O*	Data
13	D6	*I/O*	Data
14	D7	*I/O*	Data
15	NC	Power	Catu daya layar, positif (backlight)
16	NC	Power	Catu daya layar, negative (backlight)

2.4.1 Struktur LCD

LCD atau *Liquid Crystal Display* pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian Backlight (Lampu Latar Belakang) dan bagian *Liquid Crystal* (Kristal Cair). Seperti yang disebutkan sebelumnya, LCD tidak memancarkan pencahayaan apapun, LCD hanya merefleksikan dan mentransmisikan cahaya yang melewatinya. Oleh karena itu, LCD memerlukan *Backlight* atau cahaya latar belakang untuk sumber cahayanya. Cahaya *Backlight* tersebut pada umumnya adalah berwarna putih. Sedangkan Kristal Cair (*Liquid Crystal*) sendiri adalah cairan organik yang berada diantara dua lembar kaca yang memiliki permukaan transparan yang konduktif. Bagian-bagian LCD atau *Liquid Crystal Display* diantaranya adalah :

1. Lapisan Terpolarisasi 1 (*Polarizing Film* 1)
2. Elektroda Positif (*Positive Electrode*)
3. Lapisan Kristal Cair (*Liquid Cristal Layer*)
4. Elektroda Negatif (*Negative Electrode*)
5. Lapisan Terpolarisasi 2 (*Polarizing film* 2)
6. Backlight atau Cermin (*Backlight or Mirror*)



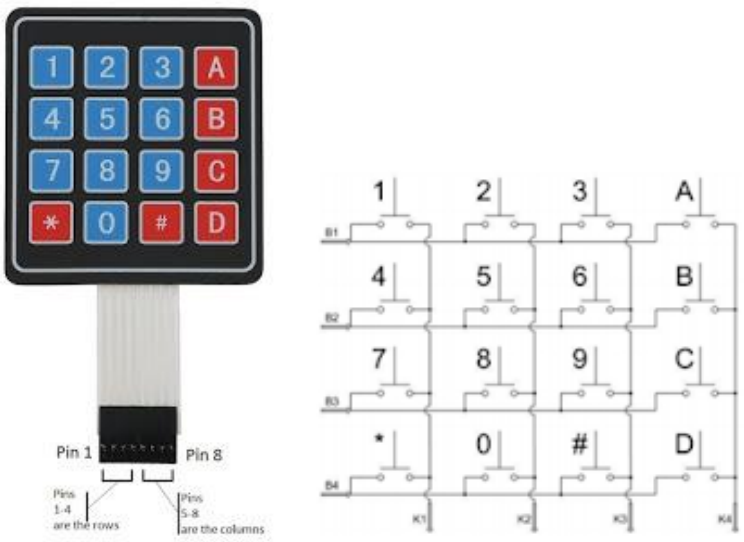
Gambar 2.10 Struktur Dasar LCD

2.5 *Keypad*

Keypad adalah tombol-tombol yang disusun secara matriks (baris x kolom) sehingga dapat mengurangi penggunakan pin input. *Keypad* tersusun atas 8-16 buah *push button* yang dirangkai dengan konfigurasi dalam bentuk matrix, sehingga memiliki index baris dan kolom sehingga pin input ke Arduino dapat dikurangi. (AT-MO production. 2017).

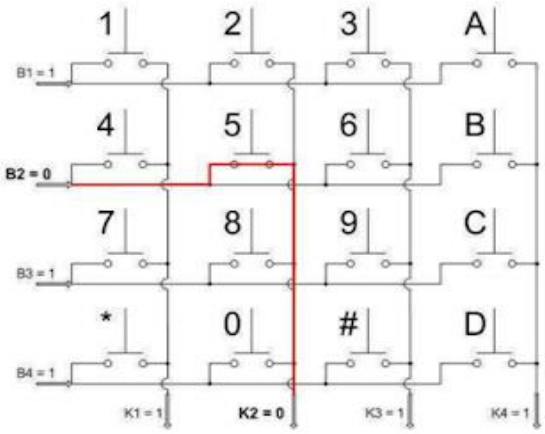
Keypad Matriks adalah tombol-tombol yang disusun secara maktriks (baris x kolom) sehingga dapat mengurangi penggunaan pin input. Sebagai contoh, Keypad Matriks 4x4 cukup menggunakan 8 pin untuk 16 tombol. Hal tersebut dimungkinkan karena rangkaian tombol disusun secara horizontal membentuk baris dan secara vertikal membentuk kolom jumlah tombol yang ada merupakan jumlah perkalian antara baris dan kolom dari keypad tersebut. Sebagai contoh modul keypad yang terdiri dari 4 kolom dan 4 baris yang totalnya ada 16 tombol (angka 0 sampai 9, tombo1 *, tombo1 #, tombo1 A sampai tombol D).

Keypad berfungsi sebagai interface antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (*Human Machine Interface*). Berikut rangkaian dari keypad matrix 4x4 dan bentuk fisiknya:



Gambar 2.11 *Keypad* 4x4

Proses pengecekkan dari tombol yang dirangkai secara maktriks adalah dengan teknik scanning, yaitu proses pengecekkan yang dilakukan dengan cara memberikan umpan-data pada satu bagian dan mengecek *feedback* (umpan-balik) — nya pada bagian yang lain. Dalam hal ini, pemberian umpan-data dilakukan pada bagian baris clan pengecekkan umpan-balik pada bagian kolorn. Pada saat pemberian umpan-data pada satu baris, maka baris yang lain harus dalam kcndisi inversi-11ya.Tombol yang ditekan dapat diketahui dengan melihat asal data dan di kolom mana data tersebut terdeteksi:



Gambar 2.12 *Layout Keypad* 4x4

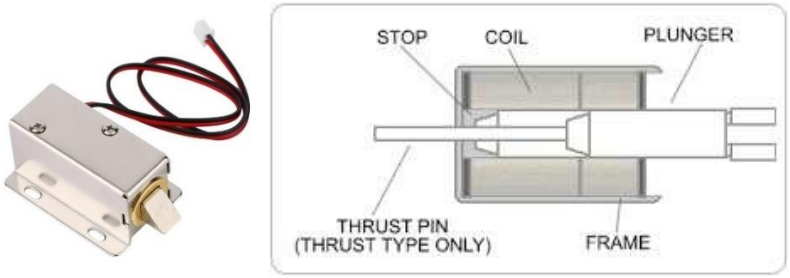
Pada contoh di atas, tombol yang ditekan adalah tombo1“5”.Seperti terlihat bahwa B2 bernilai nol, sedangkan B1, B3 dan B4 adalah satu. Kemudian dengan mengetahui bahwa asal data dari B2, dan umpan-baliknya terdeteksi pada K2, maka dapat disimpulkan bahwa tombol yang ditekan adalah tombol "5". Karena teknik scaning ini menggunakan satu jalur, maka sebagai konsekuensi dari penggunaan bersama satu jalur tidak dimungkinkan pengecekkan dua tombol sekaligus dalam satu slot waktu.

Jadi, keypad sebenarnya adalah sebuah rangkaian jalur baris dan kolom dan disusun sedemikian rupa menyerupai matrik, yang tidak terhubung antar baris dan kolomnya. Tombol tekan *(push button*) diletakkan pada posisi perpotongan baris dan kolom tertentu sehingga tombol tersebut dapat menghubungkan jalur baris dan kolom tertentu yang terpisah. Untuk dapat melakukan pemrograman keypad digunakan teknik scanning. Dalam perancangan interface yang dihubungkan dengan keypad, menggunakan beberapa cara, yaitu:

a. Baris sebagai input (Pull-Up) dan kolom sebagai output .
b. Baris sebagai input (Pull-Down) dan kolom sebagai output.
c. Baris sebagai output dan kolom sebagai input (Pull-Up).
d. Baris sebagai output dan kolom sebagai input (Pull-Down).

2.6 *Solenoid Door Lock*

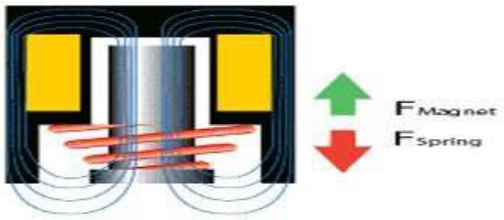
Solenoid adalah aktuator yang mampu melakukan gerakan linier. *solenoid* dapat elektromekanis (AC/DC), hidrolik, pneumatik atau didorong semua operasi pada prinsip-prinsip dasar yang sama. Dengan memberikan sumber tegangan maka *solenoid* dapat menghasilkan gaya yang linier. Contohnya untuk menekan tombol, memukul tombol pada piano, operator katup, dan bahkan untuk robot melompat. *Solenoid* DC beroperasi pada prinsip-prinsip seperti motor DC. Perbedaan antara solenoida dan motor adalah bahwa *solenoid* adalah motor yang tidak dapat berputar.



Gambar 2.13 *Solenoid Door lock*

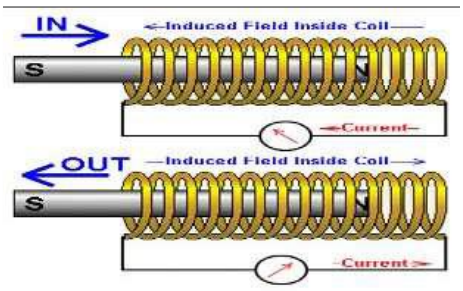
(*Sumber*: *https://www.engineeringshock.com)*

Menurut Pratama (2014:18), pada *solenoid* memiliki kumparan yang terdapat pada intibesi. Ketika arus listrik melalui kumparan ini, maka terjadi medan magnet yang akan menghasilkan energy sehingga dapat menarik intibesi. Poros dalam *solenoid* adalah inti besi berbentuk silinder yang disebut *plunger*. Medan magnet dapat membuat *plunger* untuk menarik atau *repelling*. Ketika medan magnet dimatikan, pegas kembali pada keadaan semula.



Gambar 2.14 Cara Kerja *Solenoid*

Pergerakan *solenoid* juga ditampilkan seperti Gambar 2.15, yakni saat lilitan arus teraliri maka inti besi akan bergerak. Gerakan pada inti besi, mengikuti dari arah arus pada lilitan (Budiharto Widodo, 2006).



Gambar 2.15 Pergerakan *Solenoid*

2.7 *Relay*

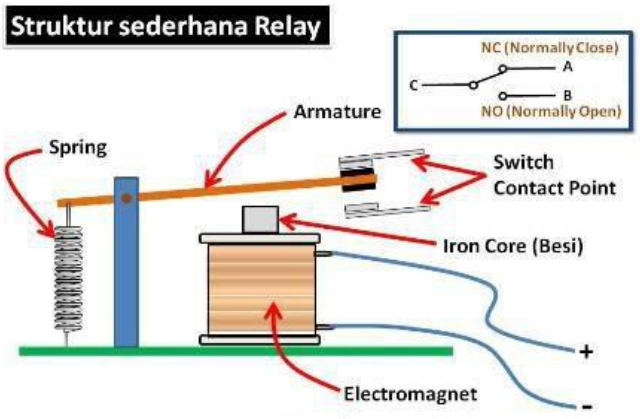
Relay adalah saklar (switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat kotak saklar/*switch*). *Relay* menggunakan prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan tinggi. Modul *Relay* ini dapat digunakan sebagai *switch* untuk menjalankan berbagai peralatan elektronik.

Gambar 2.16 *Relay*

(*Sumber : http://idebelajar.com/)*

Relay memiliki 4 kompen penting terdiri :

1. *electromagnet (coil)*
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point (saklar)*
4. *Spring.*



Gambar 2.17 Struktur Sederhana *Relay*

(*Sumber* : *https://teknikelektronika.com)*

Kontak point relay terdiri dari 2 jenis yaitu:

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada pada posisi close (tertutup).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berapa pada posisi open (terbuka).

Spesifikasi *Relay* :

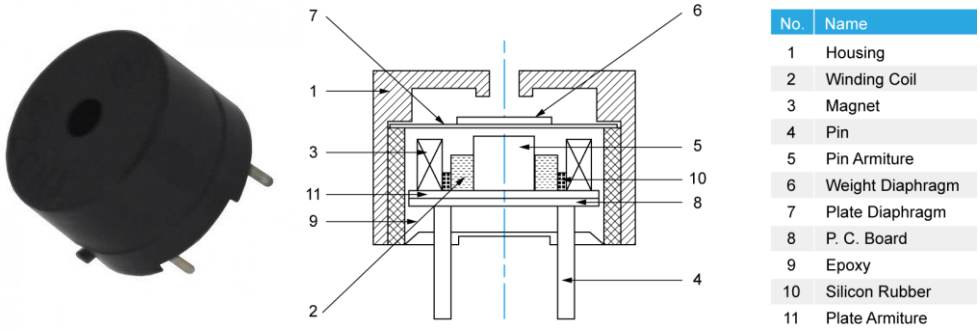
1. Input Relay 5V DC
2. Maksimum load 250VAC/10A 30VDC/10A
3. Dilengkapi dengan *optocoupler isolation* untuk melindungi *board* mikrokontroler dari tegangan AC.
4. Memiliki LED indikator
5. Menggunakan terminal block sehingga pemasangan kabel menjadi mudah
6. Output keluaran 4 channel maksimal 10A

Iron core(besi) yang dililitkan oleh kumparan coil berfungsi untuk mengendalikan iron core tersebut. Ketika kumparan coil di berikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet sehingga akan menarik Armature berpindah posisi yang awalnya NC(tertutup) ke posisi NO(terbuka) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi NO. Posisi Armature yang tadinya dalam kondisi *close* akan menjadi *open* atau terhubung. Armature akan kembali keposisi *close* saat tidak dialiri listrik. *Coil* yang digunakan untuk menarik *Contact* Point ke posisi *close* umunnya hanyak membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

2.8 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loudspeaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar

yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).

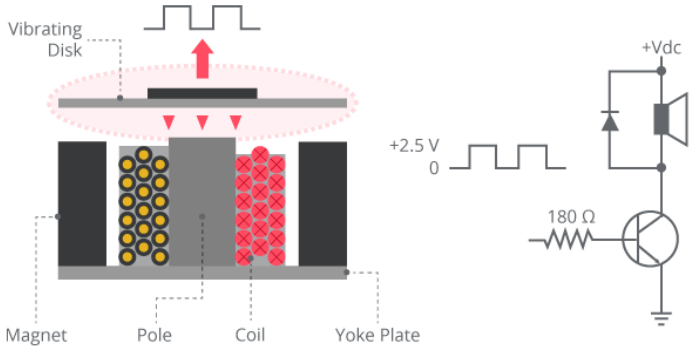


No.	Name
1	Housing
2	Winding Coil
3	Magnet
4	Pin
5	Pin Armiture
6	Weight Diaphragm
7	Plate Diaphragm
8	P. C. Board
9	Epoxy
10	Silicon Rubber
11	Plate Armiture

Gambar 2.18 Buzzer

Karakteristik Buzzer antara lain :

1. Tegangan pengoperasian sekitar : 1 ~ 16 V
2. Konsumsi daya yang digunakan : 30 ~ 100 mA
3. Nilai frekuensi yang lebih rendah
4. Ukuran kaki yang lebih kecil
5. Tingkat tekanan suara lebih rendah

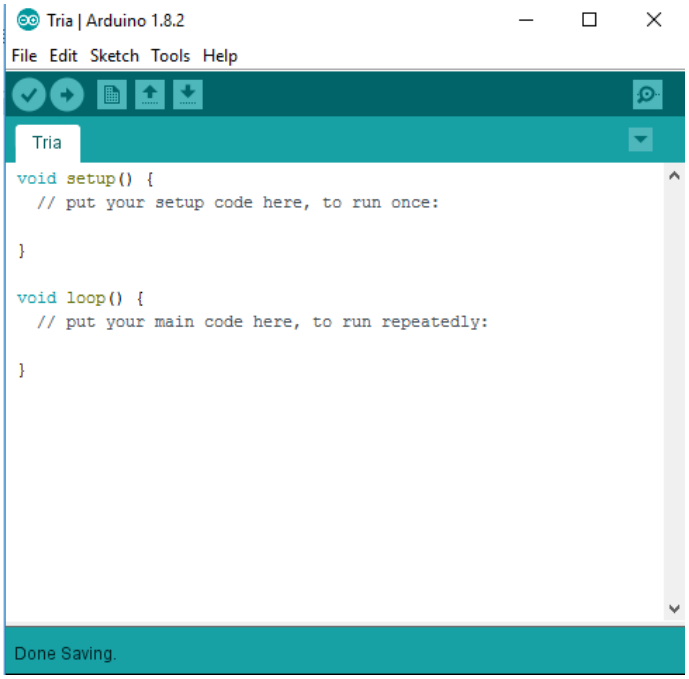


Gambar 2.19 Konsep Kerja Buzzer

Vibrating Disk pada Buzzer magnetik akan tertaik ke kutub yang disebabkan oleh medan magnet. Ketika sinyal berosilasi dipindahkan melalui Coil, akan menghasilkan magnet yang dapat menggetarkan disk pada frekuensi yang sama dengan sinyal drive.

2.9 Arduino IDE

Software Arduino IDE adalah sebuah *software* pendukung yang dibuat khusus untuk mikrokontroler arduino. Arduino ini merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk menulis suatu program yang akan dimasukan pada papan arduino. Bahasa yang digunakan pada *software* arduino IDE ini adalah penggabungan antara bahasa C++ dan java yang di permudahkan dengan *library* yang telah disediakan pada *software*.



Gambar 2.20 Arduino IDE

Pada *software arduino* IDE memiliki 2 struktur utama yaitu *void setup*, dan *void loop*. Fungsi *void setup*() akan di panggil ketika program dimulai, struktur *void setup* ini digunakan untuk menginisialisasi variabel, mode pin, menambahkan *library* dll. Fungsi dari *void setup* hanya akan di eksekusi satu kali pada saat awal program berjalan atau saat *board* arduino di restart. Setelah menggunakan fungsi *setup*() program akan masuk ke fungsi void loop. Fungsi void loop ini digunakan untuk membaca *input* maupun *output* yang akan dieksekusi secara berulang-ulang.

1) Menu File

Tabel 2.4 Menu *File*

New	Membuat *sketch** baru
Open	Membuka *file sketch* yang sudah disimpan
Sketchbook	Membuka *file sketch* yang pernah dibuat
Example	Membuka contoh-contoh *file sketch* yang berisi berbagai macam aplikasi yang disediakan oleh Arduino
Close	Menutup *sketch*
Save	Menyimpan *sketch*
Save as	Menyimpan *sketch* dengan nama lain
Upload to I/O Board	Mengunggah program ke *board*
Page Setup	Mengatur ukuran halaman pada pencetak
Print	Mencetak *sketch*
Preference	Mengatur *setting* IDE Arduino
Quit	Keluar dari IDE Arduino

2) Menu *Edit*

Cut, Copy, Copy for Forum, Copy as HTML, Paste, Select All, Comment, Increase Indent, Decrease Indent, Find, Find Next.

3) Menu *Sketch*

Tabel 2.5 Menu *Sketch*

Verify/Compile	Mengompilasi program
Stop	Menghentikan kompilasi (apabila '*Hang*')
Show sketch folder	Menampilkan *folder* dari *sketch* yang sedang dibuka
Import Library	Mengambil *hader library* dari fungsi-fungsi tambahan

Add File	Menambah buka *file sketch* pada jendela yang sama

4) Menu *Tools*

Tabel 2.6 Menu *Tools*

Auto Format	Mengatur *format sketch* secara otomatis
Archive Sketch	Menyimpan *sketch* dalam bentuk *Zip file* (kompresi)
Fix Encoding & Reload	Membatalkan perubahan *sketch* dan mengambil ulang *sketch* sebelumnya yang telah disimpan
Serial Monitor	Mengaktifkan jendela tampilan komunikasi serial pada computer
Board	Menentukan jenis *board* arduino yang digunakan
Serial Port	Menentukan *port serial* yang digunakan untuk mengunggah program dan tersambung pada board Arduino
Burn Bootloader	Memasukkan *bootloader* pada mikrokontroler yang ada pada *board* arduino melalui ICSP

5) Menu *Help*

Tabel 2.7 Menu *Help*

Verify	Untuk mengkompilasi program artinya mengkonversi program pada arduino menjadi informasi/data yang dapat dieksekusi/dibaca oleh mikrokontroler
Upload	Untuk mengunggah program ke dalam *board* arduino
New	Untuk membuat *file sketch* baru
Open	Untuk membuka *file sketch* yang sudah pernah dibuat
Save	Untuk menyimpan *sketch (list program*) yang sedang dibuat
Serial Monitor	Untuk mengaktifkan jendela komunikasi *serial*, dan *transfer* data (kirim/terima) antara *board* arduino dan komputer

2.10 *Flowchart*

Menurut Jogiyanto (2005:795), "*Flowchart* atau diagram alir merupakan bagan (*chart*) yang menunjukkan hasil (*flow*) dalam program atau prosedur sistem secara logika. Bagan alir digunakan terutama untuk alat bantu komunikasi dan untuk dokumentasi.".

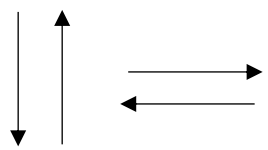
Flowchart merupakan metode untuk menggambarkan tahap-tahap pemecahan masalah dengan mempresentasikan simbol-simbol tertentu yang mudah dimengerti, mudah digunakan dan standar.

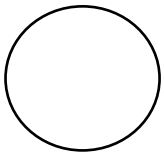
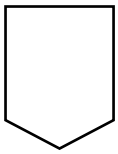
Tujuan utama menggunakan *flowchart* adalah untuk menggambarkan suatu tahapan penyelesaian masalah secara sederhana, terurai, rapi dan jelas dengan menggambarkan simbol-simbol yang standar. Tahap penyelesaian masalah yang disajikan harus jelas, sederhana, efektif dan tepat.

Simbol-simbol yang di pakai dalam *flowchart* dibagi menjadi 3 kelompok, sebagai berikut:

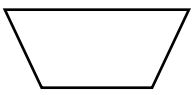
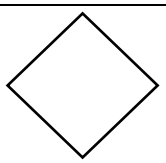
1. Simbol Arus (*Flow direction symbols*)
   Digunakan untuk menghubungkan simbol satu dengan yang lain, Disebut juga *connecting line*.
2. Simbol Proses (*Processing symbols*)
   Menunjukan jenis operasi pengolahan dalam suatu proses/prosedur.
3. Simbol I/O (*Input / Output symbols*)
   Menunjukkan jenis peralatan yang digunakan sebagai media *input* atau *output*.

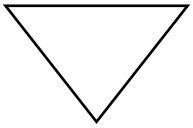
Tabel 2.8 *Flow direction symbols*

Simbol	Nama	Fungsi
	Flow Direction Symbol / Connecting Line	Berfungsi untuk menghubungkan simbol yang satu dengan yang lainnya, menyatakan arus suatu proses.

	Communication Link	Berfungsi untuk transmisi data dari satu lokasi ke lokasi lain.
	Connector	Digunakan untuk menyatakan sambungan dari proses yang satu ke proses berikutnya di halaman yang sama.
	Offline Connector	Digunakan untuk menyatakan sambungan dari proses yang satu ke proses berikutnya di halaman yang berbeda.

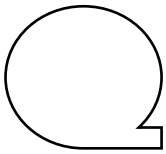
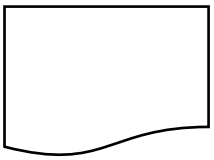
Tabel 2.9 *Processing symbols*

Simbol	Nama	Fungsi
	Processing	Digunakan untuk menunjukkan pengolahan yang akan dilakukan dalam komputer.
	Manual Operation	Digunakan untuk menunjukkan pengolahan yang tidak dilakukan oleh komputer.
	Decision	Digunakan untuk memilih proses yang akan dilakukan berdasarkan kondisi tertentu.

	Predifined Process	Digunakan untuk mempersiapkan penyimpanan yang sedang/akan digunakan dengan memberikan harga awal.
	Terminal	Digunakan untuk memuai atau mengakhiri program.
	Offline Storage	Berfungsi untuk menunjukkan bahwa data akan disimpan ke media tertentu.
	Manual Input Symbol	Digunakan untuk menginputkan data secara manual dengan keyboard.

Tabel 2.10 *Input / Output symbols*

Simbol	Nama	Fungsi
	Input/Output	Digunakan untuk menyatakan input dan output tanpa melihat jenisnya.
	Punched Card	Digunakan untuk menyatakan masukan dan keluaran yang berasal dari card.
	Disk Storage	Digunakan untuk menyatakan masukan dan keluaran yang berasal dari disk.

	Magnetic Tape	Digunakan untuk menyatakan masukan dan keluaran yang berasal dari pita magnetis.
	Document	Digunakan untuk menyatakan masukan dan keluaran yang berasal dari dokumen.