

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. *Internet Of Things***

*Internet of Things* (IoT) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. istilah “*Internet of Things*” (IoT) pertama kali digunakan pada tahun 1999 oleh pelopor teknologi Inggris Kevin Ashton menggambarkan sebuah sistem dimana objek dunia fisik dapat dihubungkan ke internet oleh sensor<sup>[3]</sup>.

Adapun kemampuan IoT adalah menjadikan internet untuk berbagi data, menjadi *remote control* pada benda di dunia nyata, dan sebagainya. Dengan kata lain *Internet of Things* (IoT) adalah sebuah konsep / skenario dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer<sup>[3]</sup>.

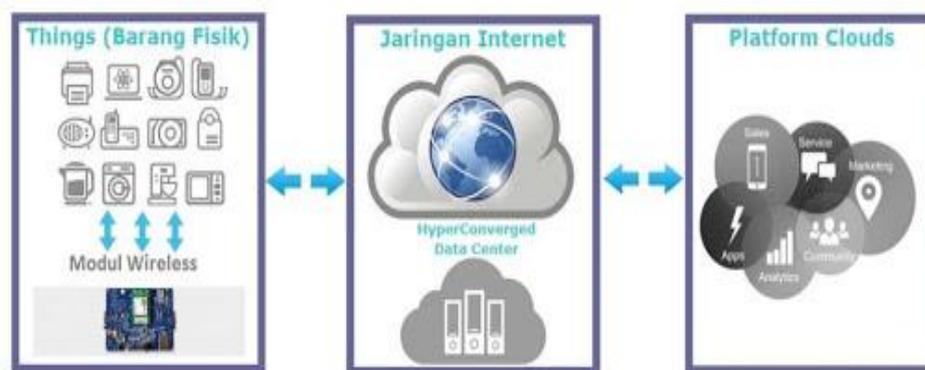
IoT dapat dijelaskan sebagai 1 set things yang saling terkoneksi melalui internet. Things disini dapat berupa tags, sensor, manusia dll. IoT berfungsi mengumpulkan data dan informasi dari lingkungan fisik (environment), data-data ini kemudian akan diproses agar dapat dipahami maknanya, kemampuan dari IoT untuk saling berkomunikasi ini membuat IoT dapat diterapkan di segala bidang. Di bidang kesehatan, sensor IoT dapat digunakan untuk memonitor kondisi pasien, sehingga kondisi pasien tetap terpantau selama 24 jam. Di bidang pertanian, IoT dapat digunakan sebagai sensor untuk memonitor kondisi tanah, suhu dan kelembapan yang penting bagi tanaman. Di bidang smart building, IoT dapat digunakan untuk memonitor penggunaan listrik tiap gedung. Selain itu IoT juga dapat digunakan di bidang automation, transportasi, smart grid dan lainnya. Teknologi dalam IoT dibagi menjadi beberapa arsitektur layer. Layer pertama yaitu layer Perception, layer ini berfungsi membaca dan mengumpulkan informasi dari lingkungan fisik (environment). Kemudian, data akan dikirim ke layer network. Yang akhirnya data akan digunakan didalam layer aplikasi. Perception Layer bertanggung jawab untuk mengkonversi data menjadi sinyal yang dikirim

melalui network agar dapat dibaca oleh layer aplikasi. Sebagai contoh, penggunaan barcode oleh minimarket. Didalam barcode tersebut terdapat data seperti nama, harga dan stok barang. Ketika informasi telah didapatkan, maka layer network akan bertanggung jawab untuk pengiriman data dari satu host ke host yang lain. Ada berbagai macam teknik yang digunakan seperti ZigBee, Wifi, 6LoWPAN dll. Sedangkan layer aplikasi berfungsi untuk memproses informasi yang telah didapatkan untuk digunakan sesuai keperluannya. Untuk menggunakan IoT pada sistem yang dibuat maka harus digunakan wifi sebagai jaringan internet<sup>[3]</sup>.

### 2.1.1 Prinsip Kerja IoT

IoT bekerja dengan menerjemahkan bahasa pemrograman yang sudah kita masukkan kedalam alat dari IoT tersebut. Alat tersebut juga bisa dikenal sebagai Mikrokontroller. Ada banyak jenis mikrokontroller di zaman sekarang. Seperti Arduino Uno R3, Raspberry Pi, Intel Galileo, dan lain sebagainya<sup>[4]</sup>.

Masing-masing mikrokontroller pasti memiliki tingkat kecerdasan masing-masing. Tentunya harganya juga bervariasi, sebanding dengan tingkat kecerdasannya. Kalau anda ingin tingkat kecerdasan yang cukup mumpuni, Anda bisa membeli Raspberry Pi yang dibanderol dengan harga yang cukup mahal<sup>[4]</sup>.



**Gambar 2.1** Prinsip Kerja IoT<sup>[4]</sup>

### 2.1.2 Contoh Perangkat IoT

Untuk membuat sebuah IoT, kita perlu memerlukan perantara untuk menghubungkan kita dengan mikrokontroller kita. Disini kita menggunakan

sebuah perantara yang bisa disebut dengan API atau Application Programming Interface<sup>[4]</sup>.

API tersebut dapat memudahkan kita sebagai programmer dalam mengendalikan mikrokontroller IoT yang kita miliki. Salah satu keuntungan menggunakan API sendiri adalah kita dapat dengan mudah mengembangkan proyek kita. Ada banyak API yang ada di zaman sekarang. Seperti *Agnosthing*, *Evotings*, *Telegram*, *Blynk*, dan lain sebagainya. Dari sekian banyak API, yang paling mudah untuk para pemula adalah Telegram dan Agnosthings<sup>[4]</sup>.

## 2.2 WiFi

Wi-Fi merupakan merek dagang wireless LAN yang diperkenalkan dan distandarisasi oleh Wi-Fi Alliance. Sedangkan hotspot (wi-fi) yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sarana terkoneksi jaringan internet tanpa kabel, dengan menggunakan standar wireless LAN, namun demikian dalam menjalankan hotspot diperlukan sarana lain, seperti Notebook/laptop/PDA yang memiliki fasilitas wireless LAN. Komunikasi tanpa kabel/nirkabel (wireless) telah menjadi kebutuhan dasar atau gaya hidup baru masyarakat informasi. LAN nirkabel yang lebih dikenal dengan jaringan Wi-Fi menjadi teknologi alternatif dan relatif lebih mudah untuk diimplementasikan dilingkungan kerja seperti laboratorium komputer dan sebagainya. Instalasi perangkat jaringan Wi-Fi lebih fleksibel karena tidak membutuhkan penghubung kabel antar komputer. Tidak seperti halnya Ethernet LAN (local area network)/ jaringan konvensional yang menggunakan jenis kabel koaksial dan kabel UTP (Unshielded Twisted Pair) sebagai media transfer. Komputer dengan Wi-Fi Device dapat saling terhubung yang hanya membutuhkan ruang atau space dengan syarat jarak jangkauan dibatasi kekuatan pancaran sinyal radio dari masing-masing komputer<sup>[5]</sup>.

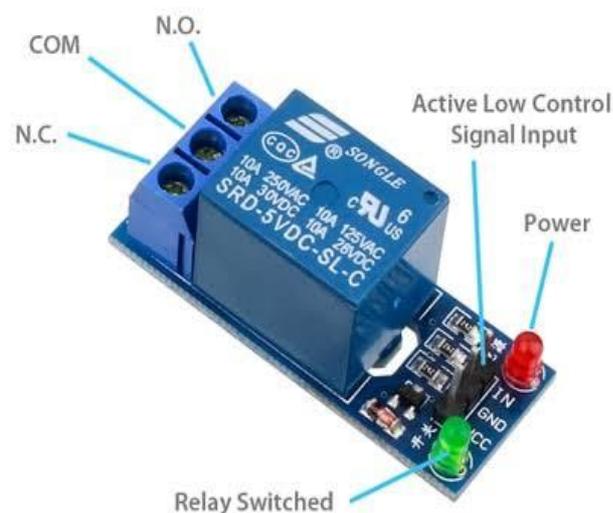
WiFi atau Wireless Fidelity adalah satu standar Wireless Networking tanpa kabel, hanya dengan komponen yang sesuai dapat terkoneksi ke jaringan. Teknologi Wi-Fi memiliki standar, yang ditetapkan oleh sebuah institusi internasional yang bernama institute of electrical and electronic engineers (IEEE), yang secara umum sebagai berikut:

1. Standar IEEE 802.11a yaitu Wi-Fi dengan frekuensi 5 Ghz yang memiliki kecepatan 54 Mbps dan jangkauan jaringan 300m
2. Standar IEEE 802.11b yaitu Wi-Fi dengan frekuensi 2,4 Ghz yang memiliki kecepatan 11 Mbps dan jangkauan jaringan 100m
3. Standar IEEE 802.11g yaitu Wi-Fi dengan frekuensi 2,4 Ghz yang memiliki kecepatan 54 Mbps dan jangkauan jaringan 300m

Teknologi Wi-Fi yang diimplementasikan biasanya adalah standar IEEE 802.11g karena standar tersebut lebih cepat untuk proses transfer data dengan jangkauan jaringan yang lebih jauh sertadukungan vendor (perusahaan pembuat hardware)<sup>[5]</sup>.

### 2.3 Modul Relay

Modul Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik tegangan 12V dengan arus 5A<sup>[6]</sup>.



## Gambar 2.2 Modul Relay<sup>[6]</sup>

### 2.3.1 Jenis-jenis Relay

Berdasarkan jenisnya relay terdiri dari *pole* dan *throw* yang dimilikinya, yaitu :

- 1) *Pole* : Banyaknya kontak yang dimiliki oleh relay
- 2) *Throw* : Banyaknya kondisi (*state*) yang mungkin dimiliki kontak

Berikut ini penggolongan relay berdasarkan jumlah *pole* dan *throw* :

1. *Single Pole Single Throw (SPST)* : Relay golongan ini memiliki 4 terminal, 2 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk coil.
2. *Single Pole Double Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki 5 terminal, 3 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk coil.
3. *Double Pole Single Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki 6 terminal, diantaranya 4 terminal yang terdiri dari 2 pasang terminal saklar sedangkan 2 terminal lainnya untuk coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 saklar yang dikendalikan oleh 1 coil.
4. *Double Pole Double Throw (DPDT)* : Relay golongan ini memiliki 8 terminal, diantaranya 6 terminal yang merupakan 2 pasang relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (*single*) coil. Sedangkan 2 terminal lainnya untuk coil.
5. *Timing Relay* adalah jenis relay yang khusus. Cara kerjanya ialah sebagai berikut : jika coil dari timing relay ON, maka beberapa detik kemudian, baru kontak relay akan ON atau OFF (sesuai jenis NO/NC kontak).
6. *Latching Relay* ialah jenis relay yang digunakan untuk latching atau mempertahankan kondisi aktif input, sekalipun sebenarnya sudah mati. Cara kerjanya ialah sebagai berikut : jika latch coil diaktifkan, ia tidak akan bisa dimatikan kecuali unlatch coil diaktifkan. Simbol dari latching relay<sup>[7]</sup>.

## 2.4 Modul esp8266

Modul ESP8266 tergolong *Stand Alone* atau *On Chip* yang sudah lengkap dimana didalamnya sudah termasuk processor memori dan juga akses ke GPIO. ESP8266 juga merupakan modul *wireless* yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP<sup>[8]</sup>.

Menurut data sheet yang ada, modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu *Station*, *Access Point Station* (keduanya) modul ini juga dilengkapi dengan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang kita gunakan sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler<sup>[9]</sup>.

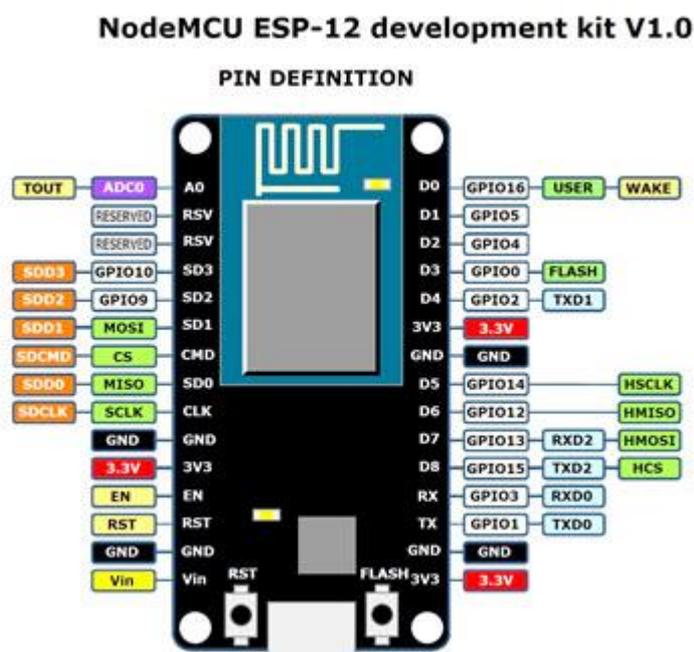
Modul ESP8266 adalah sebuah komponen chip terintegrasi yang didesain untuk keperluan dunia masa kini yang serba tersambung. Chip ini menawarkan solusi networking Wi-Fi yang lengkap dan menyatu, yang dapat digunakan sebagai penyedia aplikasi atau untuk memisahkan semua fungsi networking Wi-Fi ke pemroses aplikasi lainnya. ESP8266 memiliki kemampuan on-board prosesing dan storage yang memungkinkan chip tersebut untuk diintegrasikan dengan sensor-sensor atau dengan aplikasi alat tertentu melalui pin input output hanya dengan pemrograman singkat<sup>[10]</sup>.

Modul komunikasi WiFi dengan IC SoC ESP8266EX Serial-to-WiFi Communication Module ini merupakan modul WiFi dengan harga ekonomis. Kini Anda dapat menyambungkan rangkaian elektronika Anda ke internet secara nirkabel karena modul elektronika ini menyediakan akses ke jaringan WiFi secara transparan dengan mudah melalui interkoneksi serial (UART RX/TX).

Spesifikasi yang dimiliki oleh NodeMCU sebagai berikut :

1. Board ini berbasis ESP8266 serial WiFi SoC (Single on Chip) dengan onboard USB to TTL. Wireless yang digunakan adalah IEEE 802.11 b/g/n.
2. 2 tantalum capacitor 100 micro farad dan 10 micro farad.
3. 3.3v LDO regulator.
4. Blue led sebagai indikator

5. Cp2102 usb to UART bridge.
6. Tombol reset, port usb, dan tombol flash.
7. Terdapat 9 GPIO yang di dalamnya ada 3 pin PWM, 1 x ADC Channel, dan pin RX TX.
8. 3 pin ground
9. S3 dan S2 sebagai pin GPIO.
10. S1 MOSI (Master Output Slave Input) yaitu jalur data dari master dan masuk ke dalam slave, sc cmd/sc.
11. S0 MISO ( Master Input Slave Output) yaitu jalur data keluar dari slave dan masuk ke dalam master.
12. SK yang merupakan SCLK dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock.
13. Pin Vin sebagai masukkan tegangan.
14. Built in 32-bit MCU



**Gambar 2.3** Modul NodeMCU ESP8266<sup>[11]</sup>

1. RST : Berfungsi mereset modul.

2. ADC: Analog Digital Converter. Rentang tegangan masukan 0-1v, dengan skop nilai digital 0-1024.
3. EN : Chip Enable, Active High
4. IO16 : GPIO16, dapat digunakan untuk membangunkan chipset dari mode deep sleep.
5. IO14 : GPIO14; HSPI\_CLK
6. IO12 : GPIO12;HSPI\_MISO
7. IO13 : GPIO13;HSPI\_MISO;UART0\_CTS
8. VCC : Catu daya 3.3V (VDD)
9. CS0 : Chip selection
10. MISO : Slave output, Main output
11. IO9 : GPIO9
12. IO10 : GPIO9
13. MOSI : Main output, slave input
14. SCLK : Clock
15. GND : Ground
16. IO15 ; GPIO15;MTDO;HSPICS;UART0\_RTS
17. IO2 : GPIO2;UART1\_TXD
18. IO0 : GPIO0
19. IO4 : GPIO4
20. IO5 : GPIO5
21. RXD :UART0\_RXD;GPIO3
22. TXD : UART0\_RXD;GPIO1

Keunggulan utama modul ini adalah tersedianya mikrokontroler RISC (Tensilica 106 $\mu$  Diamond Standard Core LX3) dan Flash Memory SPI 4 Mbit Winbond W2540BVNIGterpadu, dengan demikian Anda dapat langsung menginjeksi kode program aplikasi langsung ke modul ini.

Fitur SoC ESP8266EX:

1. Mendukung protokol 802.11 b/g/n
2. WiFi Direct (P2P / Point-to-Point), Soft-AP / Access Point
3. TCP/IP Protocol Stackterpadu

4. Mendukung WEP, TKIP, AES, dan WAPI
5. Pengalih T/R, balun, LNA (penguat derau rendah) terpadu
6. Power Amplifier / penguat daya 24 dBm terpadu
7. Sirkuit PLL, pengatur tegangan, dan pengelola daya terpadu
8. Daya keluaran mencapai +19,5 dBm pada moda 802.11b
9. Sensor suhu internal terpadu 29
10. Mendukung berbagai macam antena
11. Kebocoran arus pada saat non-aktif kurang dari 10 $\mu$ A
12. CPU mikro 32-bit terpadu yang dapat digunakan sebagai pemroses aplikasi lewat antarmuka iBus, dBus, AHB (untuk akses register), dan JTAG (untuk debugging)
13. Antarmuka SDIO 2.0, SPI, UART
14. STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
15. Agregasi A-MPDU dan A-MSDU dengan guard interval 0,4  $\mu$ s
16. Waktu tunda dari moda tidur hingga transmisi data kurang dari 2 ms<sup>[11]</sup>.

## 2.5 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Sesuai dengan pendapat<sup>[12]</sup> mengatakan bahwa LCD sering digunakan sebagai penampil karakter atau gambar sebuah sistem digital atau mikrokontroler. LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampilan yang mengubah kristal cair sebagai penampil utama. LCD dapat memunculkan tulisan karena terdapat banyak pixel yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya.

Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah sebuah lampu neon di bagian belakang susunan kristal cair tersebut. Titik cahaya inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnet yang timbul. ISSN 2089-8673 Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI) Volume 3, Nomor 1, Maret 2014 12 Oleh karena itu, hanya beberapa warna saja yang diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring<sup>[12]</sup>.

Dalam hal ini digunakan LCD dengan banyak karakter 2x16. Karena LCD 2x16 ini biasa digunakan sebagai penampil karakter atau data pada sebuah rangkaian digital atau mikrokontroler<sup>[12]</sup>.



**Gambar 2.4** LCD 2X16<sup>[12]</sup>

### 2.5.1 Struktur Dasar LCD

LCD pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu bagian *backlight* (lampu layar 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* untuk sumber cahayanya. Cahaya *Backlight* tersebut pada umumnya adalah berwarna putih. Sedangkan *Liquid Crystal* sendiri adalah cairan organik yang berada diantara dua lembar kaca yang memiliki permukaan transparan yang konduktif<sup>[13]</sup>.

Bagian-bagian LCD diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Lapisan terpolarisasi 1 (*Polarizing Film 1*)
2. Elektroda positif (*Positive Electrode*)
3. Lapisan kristal cair (*Liquid Crystal Layer*)
4. Elektroda negatif (*Negative Electrode*)
5. Lapisan terpolarisasi 2 (*Polarizing Film 2*)
6. Lampu layar belakang atau cermin (*Backlight or Mirror*)

Dibawah ini adalah gambar struktur dasar sebuah LCD :



**Gambar 2.5** Struktur LCD<sup>[13]</sup>

LCD yang digunakan pada Kalkulator dan Jam Tangan Digital pada umumnya menggunakan cermin untuk memantulkan cahaya alami agar dapat menghasilkan digit yang terlihat di layar. Sedangkan LCD yang telah modern dan berkekuatan tinggi seperti TV, Laptop dan *Smartphone* menggunakan lampu *Backlight* untuk mengurangi piksel kristal cair. Lampu *Backlight* tersebut berbentuk persegi atau strip lampu *Flourescent* atau *Light Emitting Diode* (LED)<sup>[13]</sup>.

### 2.5.2 Prinsip Kerja LCD

Prinsip kerja LCD 16x2 adalah dengan menggunakan lapisan film yang berisi kristal cair dan diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah dipasang elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Dari hasil penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan. Untuk membentuk karakter atau gambar pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode screening. Metode screening adalah mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua<sup>[14]</sup>.

### 2.5.3 Fungsi Pin LCD (*Liquid Cristal Display*)

Pada LCD terdiri dari pin- pin sebagai berikut:

1. DB0 – DB7 adalah jalur data (data bus) yang berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirimkan dan menerima data atau instruksi dari mikrokontroler ke modul LCD. 18 Politeknik Negeri Sriwijaya
2. RS adalah pin yang berfungsi sebagai selektor register (register select) yaitu dengan memberikan logika low (0) sebagai register perintah dan logika high (1) sebagai register data.
3. R/W adalah pin yang berfungsi untuk menentukan mode baca atau tulis dari data yang terdapat pada DB0 – DB7 yaitu dengan memberikan logika low (0) untuk fungsi read dan logika high (1) untuk mode write.
4. Enable (E), berfungsi sebagai Enable Clock LCD, logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data<sup>[13]</sup>.

**Tabel 2.1** Fungsi Pin LCD<sup>[13]</sup>

Pin No	Symbol	Details
1	GND	Ground
2	Vcc	Supply voltage +5V
3	Vo	Contrast adjustment
4	RS	0=control input, 1=data input
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable
7-14	D0 to D7	Data
15	VB1	Backligh +5V
16	VB0	Backlight Ground

## 2.6 Arduino

Arduino merupakan sebuah mikrokontroler dengan platform komputasi fisik (Physical Computing) open source sederhana. Yang dimaksud dengan platform komputasi fisik adalah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan software dan hardware yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi

yang ada didunia nyata. Dalam situs resminya, Arduino didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang open source, berbasis pada software dan hardware yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk 66 GEMA TEKNOLOGI Vol. 17 No. 2 Periode Oktober 2012 – April 2013 pengguna dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan interaktif<sup>[15]</sup>.

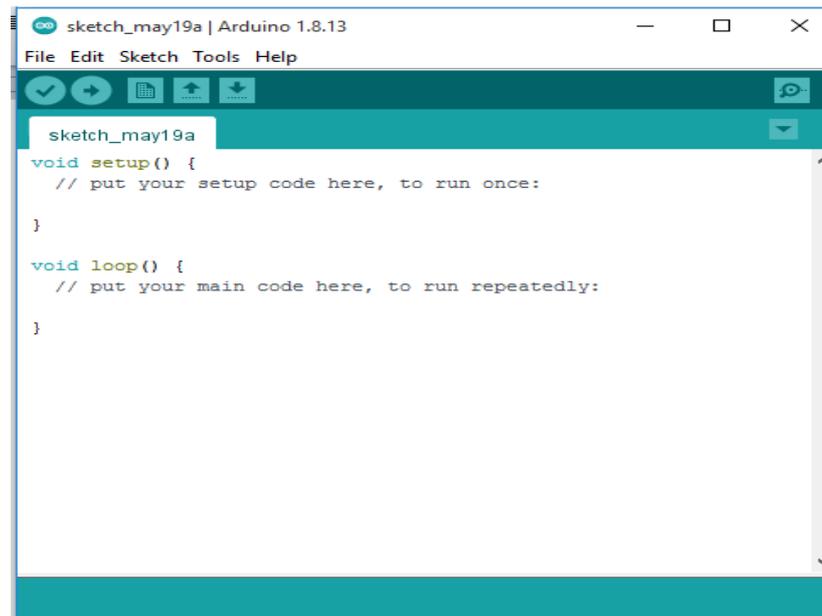
Dalam berbagai aplikasi, Arduino dapat digunakan untuk mendeteksi lingkungan dengan menerima input dari berbagai sensor atau tombol (sensor cahaya, suhu, inframerah, ultrasonik, jarak, tekanan, kelembaban) dan dapat mengontrol perangkat lainnya seperti mengontrol kecepatan dan arah putar motor, menyalakan LED, dan sebagainya. Keuntungan yang kita dapatkan ketika menggunakan Arduino, antara lain:

1. Harga relatif murah dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya dengan kelebihan yang ditawarkan.
2. Dapat digunakan pada berbagai sistem operasi Windows, Linux, Max, dan lain-lain.
3. Memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami, proyek Arduino sudah banyak dipelajari karena *open source*<sup>[16]</sup>.

## 2.7 Software Arduino

Suatu arduino memiliki software yang berguna untuk membuat dan menjalankan sebuah program. Integrated Development Environment (IDE) adalah software arduino yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan bahasa Java sehingga tidak perlu diinstal seperti software pada umumnya tapi dapat langsung dijalankan selama komputer yang digunakan sudah terinstal Java Runtime. IDE Arduino terdiri dari:

1. Edit program, sebuah modul yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.
2. Compiler, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa processing) menjadi kode biner.
3. Uploader, sebuah modul yang memuat kode biner dari Computer ke dalam memori di dalam Arduino Board<sup>[17]</sup>.



**Gambar 2.6** Tampilan Utama IDE Arduino<sup>[17]</sup>

Di bawah ini merupakan tombol-tombol toolbar serta fungsinya yang terdapat pada IDE Arduino, diantaranya:



**Verify** : berfungsi untuk mengecek error pada kode program



**Upload**: berfungsi untuk meng-compile dan meng-upload program ke Arduino board.



**New** : berfungsi untuk membuat sketch baru.



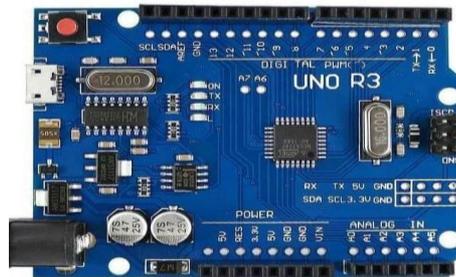
**Open** : berfungsi untuk menampilkan sebuah menu dari seluruh sketch yang berada di dalam sketchbook.



**Save** : berfungsi untuk menyimpan sketch<sup>[17]</sup>.

## 2.8 Jenis-jenis Arduino

### 2.8.1 Arduino Uno R3



**Gambar 2.7** Arduino Uno R3<sup>[16]</sup>

Arduino Uno R3 adalah papan mikrokontroler berdasarkan Atmega328. Arduino jenis ini memiliki 14 pin I/O digital (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz resonator keramik, port koneksi USB tipe B, jack listrik, header ICSP, dan tombol RESET. Untuk tegangan input Arduino Uno R3 didapat dari berbagai sumber diantaranya komputer melalui kabel USB, adaptor AC-DC atau dengan baterai untuk menjalankan board ini<sup>[16]</sup>.

Arduino Uno tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial seperti yang digunakan pada Arduino jenis lainnya. Arduino Uno R3 telah menggunakan fitur Atmega16U2, sedangkan untuk jenis Atmega8U2 digunakan hanya sampai versi R2. Atmega seri ini diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Arduino Uno R3 memiliki resistor pada Atmega16U2 yang terhubung ke ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU. Untuk spesifikasi lengkap pada Arduino Uno R3 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** Spesifikasi Arduino Uno R3<sup>[16]</sup>

<b>Mikrokontroler</b>	<b>ATMega328</b>
<b>Tegangan Operasi</b>	5V
<b>Input voltage (rekomendasi)</b>	7-12 V
<b>Input voltage (batas)</b>	6-20 V
<b>I/O pin digital</b>	14 (dengan 6 sebagai output PWM)
<b>Pin input analog</b>	6
<b>DC Lancar per I/O pin</b>	40 mA

<b>DC Lancar pin 3.3 V</b>	50 mA
<b>Flash memory</b>	32 KB (0,5 KB untuk bootloader)
<b>SRAM</b>	2 KB
<b>EEPROM</b>	1 KB Kecepatan 16 MHz

Arduino Uno R3 memiliki penambahan fitur baru. Diantaranya menambahkan pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF. Kemudian adanya pin RESET dan pin IOREF yang memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board. Berikutnya yaitu adanya pin yang tidak terhubung, pin ini digunakan sebagai cadangan untuk tujuan perkembangan. Kemudian adanya pemindahan tombol RESET pada bagian samping Board. Yang terakhir adalah penggunaan Atmega 16U2 menggantikan Atmega. "Uno" memiliki arti "satu" dalam bahasa Italia dan pemberian nama tersebut sebagai tanda peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 menjadi versi referensi dari Arduino untuk perkembangan selanjutnya. Uno merupakan Arduino yang terbaru dalam serangkaian USBBoard Arduino, dan model referensi untuk platform Arduino, sebagai perbandingan dengan versi sebelumnya<sup>[16]</sup>.

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya akan dipilih secara otomatis. Eksternal (non-USB) daya dapat berasal dari adaptor AC-DC atau baterai. Pada input adaptor AC-DC dapat dihubungkan dengan menancapkan sebuah konektor ukuran 2,1mm dengan pusat-positif ke colokan yang telah tersedia pada board. Sedangkan penggunaan baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin Gnd dan Vindari konektor daya<sup>[16]</sup>.

### 2.8.2 Arduino Due

Arduino Due adalah pengembangan dari mikrokontroler Arduino yang menggunakan CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Arduino Due adalah Arduino yang pertama kali menggunakan prosesor ARM 32-bit Cortex-M3 keluaran Atmel. Dengan demikian, Arduino Due adalah Arduino Development Board pertama yang dibuat dengan menggunakan mikrokontroler ARM 32-bit<sup>[16]</sup>.



**Gambar 2.8** Arduino Due<sup>[16]</sup>

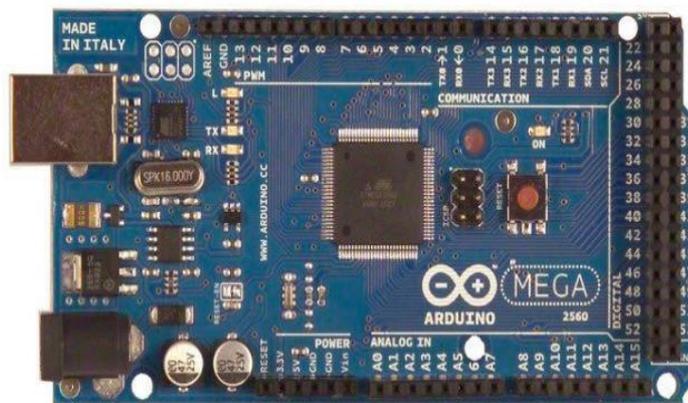
Arduino ini memiliki 54 pin I/O digital (dimana 12 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 12 pin analog Input, 4 pin UART (pin serial untuk komunikasi serial asinkron TX/RX), dan dilengkapi dengan Micro USB yang umumnya terdapat pada handphone saat ini. Kelebihan utama Arduino Due dibanding varian Arduino lainnya terletak pada penggunaan CPU ARM Cortex-M3 yang memiliki fitur sebagai berikut:

1. Memiliki core processor 32-bit yang memungkinkan operasi data sebanyak 4 byte sekaligus dengan tipe data DWORD pada satu siklus waktu.
2. CPU dilengkapi dengan frekuensi clock sebesar 84 MHz.
3. RAM statis (SRAM) sebesar 96 KB (48 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Uno, 12 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Mega 2560).
4. Ruang untuk kode program (Flash Memory) sebesar 512 KB (16 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Uno, 2 kali lipat lebih besar dibanding Arduino Mega 2560).
5. Terdapat pengendali akses memori langsung (Direct Memory Access atau DMA controller) yang dapat membebaskan CPU dari operasi memori yang intensif.
6. Terdapat dua kanal DAC (Digital-Analog-Converter) terpadu (Arduino lainnya memiliki ADC tapi tidak memiliki DAC yang merupakan komplemen fungsi dari ADC -- ADC mengubah sinyal analog menjadi digital, DAC mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog yang sesungguhnya / true analog. Bedakan dengan PWM yang men-simulasi-kan keluaran analog).

7. Resolusi ADC yang lebih presisi dengan 12-bit ( $2^{12} = 4096$  jenjang, 0-4095) sebanyak 12 kanal. h. Sumber catu daya dapat diambil dari port USB atau catu daya eksternal antara 6 ~ 16 Volt DC (direkomendasikan antara 7 ~ 12 VDC)<sup>[16]</sup>.

### 2.8.3 Arduino Mega

Arduino Mega umumnya dibuat menggunakan jenis mikrokontroler ATmega 2560. Sesuai dengan namanya, Arduino ini dibekali dengan prosesor ATmega2560 yang memiliki 54 pin digital I/O (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART, 2x3 pin ICSP (untuk memprogram Arduino dengan software lain), dan kabel USB komputer yang sekaligus digunakan sebagai sumber tegangan<sup>[16]</sup>.



**Gambar 2.9** Arduino Mega 2560<sup>[16]</sup>

Spesifikasi dari Arduino mega 2560 secara lebih lengkap seperti diuraikan sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Spesifikasi Arduino 2560<sup>[16]</sup>

Parameter	Spesifikasi
<b>Tegangan Operasional</b>	5V
<b>Tegangan Input (rekomendasi)</b>	7-12V
<b>Tegangan Input (limit)</b>	6-20V
<b>Pin Digital I/O</b>	54 (15PWM)
<b>Pin Analog Input</b>	16
<b>Arus DC per Pin I/O</b>	20 mA

<b>Arus DC untuk Pin 3.3V</b>	50 mA
<b>Memori Flash</b>	256 KB (8 KB : <i>bootlader</i> )
<b>SRAM</b>	8 KB
<b>EEPROM</b>	4 KB
<b><i>Clock Speed</i></b>	16 MHz
<b>LED_BUILTIN</b>	13
<b>Panjang</b>	101,52 mm
<b>Lebar</b>	53,3 mm
<b>Berat</b>	37 g

Mega 2560 dilengkapi dengan 54 Pin digital yang dapat di gunakan sebagai input atau output dan 16 Pin Analog berlabel A0 sampai A15 sebagai ADC. Setiap Pin Analog memiliki resolusi sebesar 10 bit. Arduino Mega 2560 juga dilengkapi dengan fitur yang memiliki fungsi khusus, sebagai berikut:

1. Memiliki 4 buah masukan serial, yaitu Port Serial 0: Pin 0 (RX) dan Pin 1 (TX); Port Serial 1: Pin 19 (RX) dan Pin 18 (TX); Port Serial 2: Pin 17 (RX) dan Pin 16 (TX); Port Serial 3: Pin 15 (RX) dan Pin 14 (TX). Pin Rx digunakan untuk menerima data serial TTL dan Pin (Tx) untuk mengirim data serial TTL.
2. Memiliki external Interrupts sebanyak 6 buah: 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).



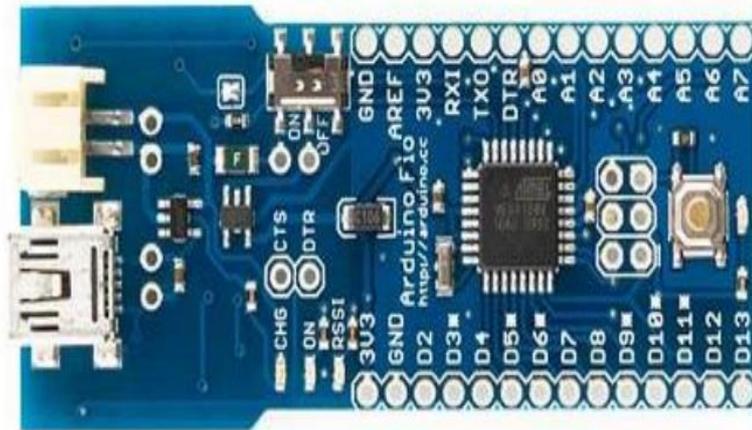
Arduino Leonardo berbeda dari semua papan Arduino yang lainnya karena ATmega32u4 secara terintegrasi (built-in) telah memiliki komunikasi USB, sehingga tidak lagi membutuhkan prosesor sekunder (tanpa chip ATmega16U2 sebagai konverter USB-to-serial). Hal ini memungkinkan Arduino Leonardo yang terhubung ke komputer digunakan sebagai mouse dan keyboard, selain bisa digunakan sebagai virtual (CDC) serial/COM port<sup>[16]</sup>.



**Gambar 2.11** Arduino Leonardo<sup>[16]</sup>

### 2.8.5 Arduino Fio

Arduino Fio merupakan Arduino yang memiliki bentuk unik yang dibekali dengan prosesor ATmega328V yang bekerja pada tegangan 3,3V dan frekuensi 8 MHz. Arduino Fio memiliki 14 pin digital I/O (6 pin bisa digunakan untuk output PWM), 8 pin analog input, dan memiliki socket USB to Xbee. Pengguna dapat mengupload program dengan kabel FTDI. Selain itu, dengan menggunakan modifikasi USB – to- Xbee adaptor seperti Xbee Explorer USB dengan socket USB to Xbee, memungkinkan pengguna dapat menggunggah program secara nirkabel<sup>[16]</sup>.



**Gambar 2.12** Arduino Fio<sup>[16]</sup>

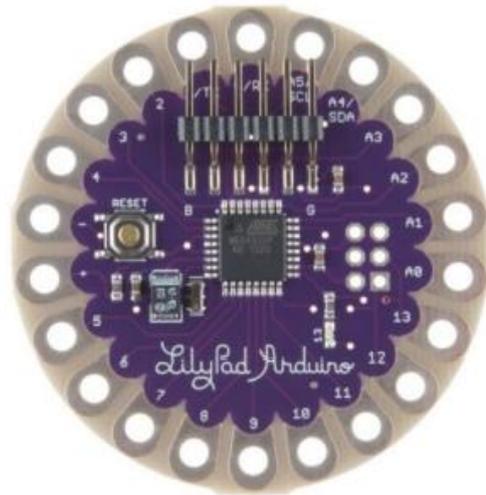
Spesifikasi dari Arduino Fio seperti dijelaskan sebagai berikut:

**Tabel 2.4** Spesifikasi Arduino Fio<sup>[16]</sup>

Parameter	Spesifikasi
<b>Tegangan Operasional</b>	3,3V
<b>Tegangan Input (rekomendasi)</b>	3,35-12V
<b>Tegangan Input (limit)</b>	3,7-7V
<b>Pin Digital I/O</b>	14 (6 buah PWM)
<b>Pin Analog Input</b>	8
<b>Arus DC per Pin I/O</b>	40 mA
<b>Memori Flash</b>	32 KB (2 KB : <i>bootlader</i> )
<b>SRAM</b>	2 KB
<b>EEPROM</b>	1 KB
<b><i>Clock Speed</i></b>	8 MHz
<b>Panjang</b>	28 mm
<b>Lebar</b>	65 mm
<b>Berat</b>	9 g

### 2.8.6 Arduino Lilypad

Arduino Lilypad merupakan jenis Arduino yang sangat unik karena memiliki bentuk yang berbeda dari kebanyakan Arduino. Arduino Lilypad berbentuk melingkar seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 2.13** Arduino Lilypad<sup>[16]</sup>

Arduino tipe ini dibekali dengan prosesor ATmega168V (versi daya rendah) dan ATmega328V yang sering digunakan untuk membuat proyek-proyek unik. Arduino ini dilengkapi dengan 14 pin digital I/O, dan 6 pin input analog<sup>[16]</sup>. Spesifikasi dari Arduino Lilypad seperti dijelaskan sebagai berikut:

**Tabel 2.5** Spesifikasi Arduino Lilypad<sup>[16]</sup>

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Operasi	2,7-5,5V
Tegangan Input	2,7-5,5V
Pin Digital I/O	14 (6 buah PWM)
Pin Analog Input	6
Arus DC per Pin I/O	40 mA
Memory Flash	16 KB (2 KB <i>bootloader</i> )
SRAM	1 KB
EEPROM	512 B
Kecepatan Clock	8 MHz

## 2.9 Power Supply

*Power Supply* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah Electric Power Converter. Switch-Mode Power Supply (SMPS) adalah jenis *Power Supply* yang langsung menyearahkan (rectify) dan menyaring (filter) tegangan Input AC untuk mendapatkan tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di-switch ON dan OFF pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati Transformator Frekuensi Tinggi<sup>[6]</sup>.



**Gambar 2.14** *Power Supply*<sup>[6]</sup>

## 2.10 Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi/mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya<sup>[18]</sup>.

### 2.10.1 Klasifikasi Sensor

Sensor dapat diklasifikasikan sesuai dengan jenis transfer energi yang dapat dideteksi yaitu:

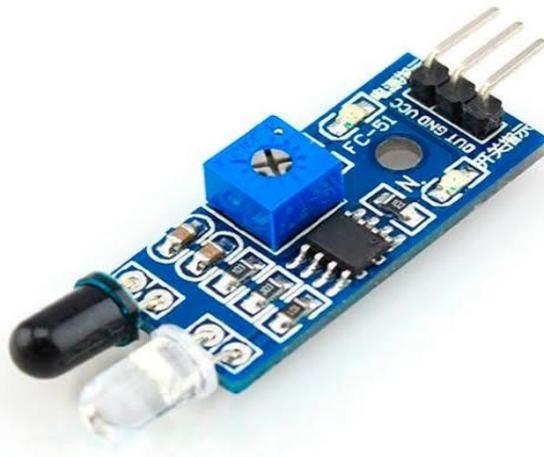
1. Thermal, contoh : sensor temperatur dan sensor panas (bolometer, calorimeter).
2. Electromagnetic (ohmmeter, galvanometer, voltmeter, metal detector, RADAR).
3. Mekanik, contoh : pressure sensor (altimeter, barometer dan pressure gauge), gas and liquid flow sensor (anemometer, flow meter, gas meter, water meter), mechanical sensor (acceleration sensor, position sensor, strain gauge)
4. Kimiawi, contoh : sensor, oksigen, ion-selective electrodes, pH glass electrodes, redox electrodes dan carbon monoxide detectors.
5. Radiasi optik, contoh : photodetectors, photodiode, CCD dan sensor image, sensor infra merah, scintillometers.
6. Radiasi Ionisasi, contoh : geiger counter, dosimeter, scintillation counter, neutron detection, particle counter, scintillator, bubble chamber.

Berdasarkan parameter – parameternya sensor dapat dibagi menjadi :

1. Sensor Posisi (position sensors) Contoh : potensiometer, optical rotary encoders, dan LVDT.
2. Sensor Kecepatan (velocity sensors) Contoh : optical dan direct current tachometers
3. Sensor Proximity (proximity sensors) Contoh : limit switches, optical proximity switches, dan hall – effect switches.
4. Sensor beban (load sensors) Contoh : bonded – wire strain gauges, semiconductor force strain gauges, dan low – force sensors.
5. Sensor Tekanan (pressure sensors) Contoh : tabung bourdon, bellows, dan semiconductor pressure sensors.
6. Sensor Temperatur (temperature sensors) Contoh : sensor temperatur bimetal, termokopel, resistance temperature detectors(RTD), termistor, dan IC temperature.

7. Sensor Aliran (flow sensors) Contoh : pelat orifice, tabung ventur, tabung pitot, turbin, dan flowmete magnetik (magnetic flowmeters).
8. Sensor Permukaan Cairan (liquid – level sensors) Contoh : discrete, dan lain – lain<sup>[17]</sup>.

### 2.11 Sensor *Infrared*



**Gambar 2.15** Sensor *infrared* <sup>[17]</sup>

Sensor *infrared* atau Sensor Pendeteksi Halangan menggunakan sinar inframerah untuk mendeteksi benda atau permukaan didepannya.

*Module* ini memiliki keunggulan dari segi kemudahan digunakan dan dirakit. Karena harganya tergolong murah dan dapat dioperasikan dalam tegangan mikrokontroler, seperti Arduino pada umumnya yaitu 5 volt<sup>[17]</sup>.

Spesifikasi Sensor InfraRed :

1. Terdiri dari 2 buah modul sensor IR yang dapat bekerja secara mandiri dan simultan.
2. Jarak deteksi dapat diatur dalam range  $\pm 3 - 50$ .
3. Kalibrasi dapat dilakukan melalui program maupun pin, tidak membutuhkan pengaturan potensiometer.
4. Toleransi jarak deteksi adalah +3 cm dari jarak deteksi yang telah ditentukan.

5. Waktu respon terhadap ada/tidaknya obyek adalah 250 mili detik (maksimum).
6. Jalur I/O kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
7. Memiliki antarmuka UART TTL (baud rate 38400 bps) dan I<sup>2</sup>C (bit rate maksimum 100 kHz).
8. 8 buah DT-SENSE IR Proximity Detector dapat bekerja pada 1 jalur komunikasi I<sup>2</sup>C.
9. Alamat I<sup>2</sup>C diatur melalui program dan tanpa menggunakan jumper.
10. Tersedia keluaran aktif rendah untuk hasil deteksi masing-masing sensor IR.
11. Tersedia LED sebagai indikator aktifitas masing-masing sensor IR.
12. Membutuhkan catu daya DC 4,8 - 5,4 Volt.
13. Tersedia lubang baut pada modul sensor IR untuk mempermudah pemasangan.
14. Tersedia contoh penggunaan dalam bahasa C<sup>[18]</sup>.

Menurut Abdul kadir, 2017 Sensor InfraRed E18-D80NK mempunyai tiga kabel berwarna merah, hijau, dan kuning. Cara menghubungkan sensor ini ke arduino adalah sebagai berikut :

1. Kabel merah dihubungkan ke pin 5V milik arduino
2. Kabel hijau dihubungkan ke salah satu pin GND milik arduino
3. Kabel kuning dihubungkan ke salah satu pin digital milik arduino<sup>[17]</sup>.

## 2.12 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonic adalah sebuah sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonic. Sensor ultrasonic ini terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonic yang disebut transmitter dan rangkaian penerima ultrasonic disebut receiver. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz. Frekuensi kerja yang digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung pada medium yang dilalui, mulai dari kerapatan rendah pada fasa gas, cair hingga padat.

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Pada sensor ini gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah benda yang disebut piezoelektrik. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Sensor ultrasonik secara umum digunakan untuk suatu pengungkapan tak sentuh yang beragam seperti aplikasi pengukuran jarak. Alat ini secara umum memancarkan gelombang suara ultrasonik menuju suatu target yang memantulkan balik gelombang kearah sensor. Kemudian sistem mengukur waktu yang diperlukan untuk pemancaran gelombang sampai kembali ke sensor dan menghitung jarak target dengan menggunakan kecepatan suara dalam medium. Rangkaian penyusun sensor ultrasonik ini terdiri dari transmitter, receiver, dan komparator. Selain itu, gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh sebuah kristal tipis bersifat piezoelektrik. Bagian-bagian dari sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

**a. Piezoelektrik**

Peralatan piezoelektrik secara langsung mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Tegangan input yang digunakan menyebabkan bagian keramik meregang dan memancarkan gelombang ultrasonik. Tipe operasi transmisi elemen piezoelektrik sekitar frekuensi 32 kHz. Efisiensi lebih baik, jika frekuensi osilator diatur pada frekuensi resonansi piezoelektrik dengan sensitifitas dan efisiensi paling baik. Jika rangkaian pengukur beroperasi pada mode pulsa elemen piezoelektrik yang sama dapat digunakan sebagai transmitter dan receiver. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuaikan frekuensi kerja dari masing-masing transduser. Karena kelebihanannya inilah maka transduser piezoelektrik lebih sesuai digunakan untuk sensor ultrasonic.

**b. Transmitter**

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 kHz yang dibangkitkan dari sebuah 7 osilator. Untuk menghasilkan frekuensi 40 KHz, harus di buat sebuah rangkaian osilator dan keluaran dari osilator dilanjutkan menuju penguat

sinyal. Besarnya frekuensi ditentukan oleh komponen kalang RLC / kristal tergantung dari disain osilator yang digunakan. Penguat sinyal akan memberikan sebuah sinyal listrik yang diumpankan ke piezoelektrik dan terjadi reaksi mekanik sehingga bergetar dan memancarkan gelombang yang sesuai dengan besar frekuensi pada osilator.

### c. Receiver

Receiver terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (Line of Sight) dari transmitter. Oleh karena bahan piezoelektrik memiliki reaksi yang reversible, elemen keramik akan membangkitkan tegangan listrik pada saat gelombang datang dengan frekuensi yang resonan dan akan menggetarkan bahan piezoelektrik tersebut<sup>17</sup>.

#### 2.12.1 Sensor Ultrasonik Ping

Sensor jarak ultrasonik jenis PING))) ialah sensor 40 KHz produksi parallax yang banyak digunakan untuk aplikasi/kontes robot. Kelebihan sensor ini hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG), selain jalur 5V dan ground. Perhatikan Gambar 2.6 dibawah ini.

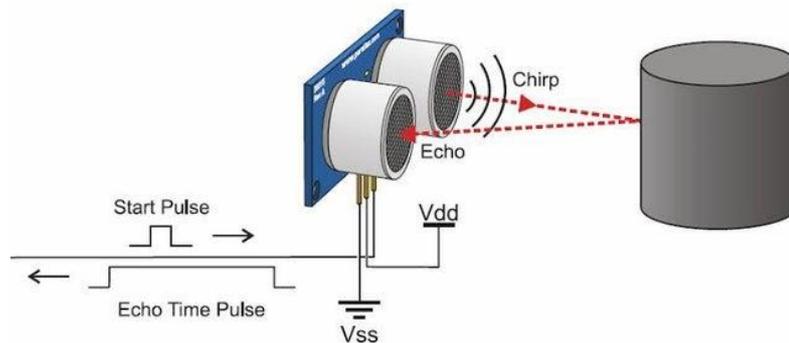


**Gambar 2. 16** Sensor Ultrasonik Ping<sup>17</sup>

Adapun spesifikasi sensor PING))) adalah sebagai berikut:

- a. Kisaran pengukuran 3cm- 3m
- b. Input trigger-positif TTL pulse, 2  $\mu$ s min, 5 $\mu$ s tipikal
- c. Echo hold off 750 $\mu$ s dari fall of trigger pulse
- d. Delay sebelum pengukuran selanjutnya 200 $\mu$ s
- e. Burst indikator LED untuk menampilkan aktifitas sensor

Sensor PING))) mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 KHz) selama tBURST (200  $\mu$ S) kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor Ping memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (pulsa trigger dengan tOUT min 2  $\mu$ S), Gelombang ini melalui udara dengan kecepatan 344 m/s, lalu mengenai objek dan memantul kembali ke sensor. Ping mengeluarkan pulsa output high pada pin SIG setelah memancarkan gelombang ultrasonik dan setelah gelombang terdeteksi, Ping akan membuat output low pada pin SIG. Lebar pulsa High (tIN) akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2 kali jarak dengan objek. Maka jarak yang diukur ialah  $[(tIN \text{ s} \times 344 \text{ m/s}):2]$  meter. Bentuk sinyal yang dihasilkan sensor PING akan ditunjukkan pada Gambar 2.7 di bawah ini.



**Gambar 2.17** Bentuk Sinyal Pantulan Sensor PING<sup>17</sup>

### 2.13 Akrilik

Akrilik merupakan plastik yang bentuknya hampir menyerupai kaca akan tetapi memiliki kelenturan yang tidak dimiliki kaca. Bahan akrilik adalah bahan yang tidak mudah pecah, ringan, mudah untuk dibentuk dalam proses dipotong, dibor, dikikir, dihaluskan, dicat, ataupun dikilapkan, bahkan akrilik juga dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk yang rumit<sup>[19]</sup>.

Dibutuhkan suhu dari 250°F-300°F (dari 121°C – 149°C) adalah semua yang diperlukan untuk membengkokkan dan membentuk plastik akrilik (*Acrylic*).



**Gambar 2.18** Akrilik<sup>[19]</sup>

Karena merupakan bahan yang tahan pecah, tidak mengkerut dan berubah warna karena terkena paparan sinar matahari, akrilik digunakan di tempat-tempat dengan suhu ekstrim dan lokasi yang fatal. Berikut beberapa sifat akrilik:

1. Dominan bening dan transparan, walaupun ada juga akrilik berwarna.
2. Kuat, lentur, ringan, dan tahan lama.
3. Tahan terhadap cuaca panas atau dingin.
4. Lebih tahan benturan dibanding kaca.
5. Tahan pada reaksi kimia dibandingkan bahan plastik lainnya.
6. Tidak mengandung racun.
7. Mudah untuk dibersihkan.
8. Dapat dibuat menjadi berbagai bentuk yang beraneka ragam.
9. Harga relatif murah.

Dilihat dari cara pembuatannya, akrilik dibagi menjadi 2 jenis :

1. Akrilik Ekstrusi

Akrilik ini berbentuk lembaran dimana lebih mudah untuk tergores dan kemungkinan mengandung kotoran. Tetapi yang beredar di pasaran saat ini, akrilik ekstrusi bermutu sangat baik dan merupakan pilihan terbaik dalam pembuatan plang nama, display, letter timbul, box bentuk *customized* dan lain-lain.

## 2. Akrilik Cetak

Akrilik jenis ini merupakan akrilik yang memiliki kualitas lebih baik dari jenis ekstruksi karena merupakan buatan pabrik yang dicetak sesuai kebutuhan dengan melalui proses pembentukan dan penghalusan mesin besar<sup>[19]</sup>.