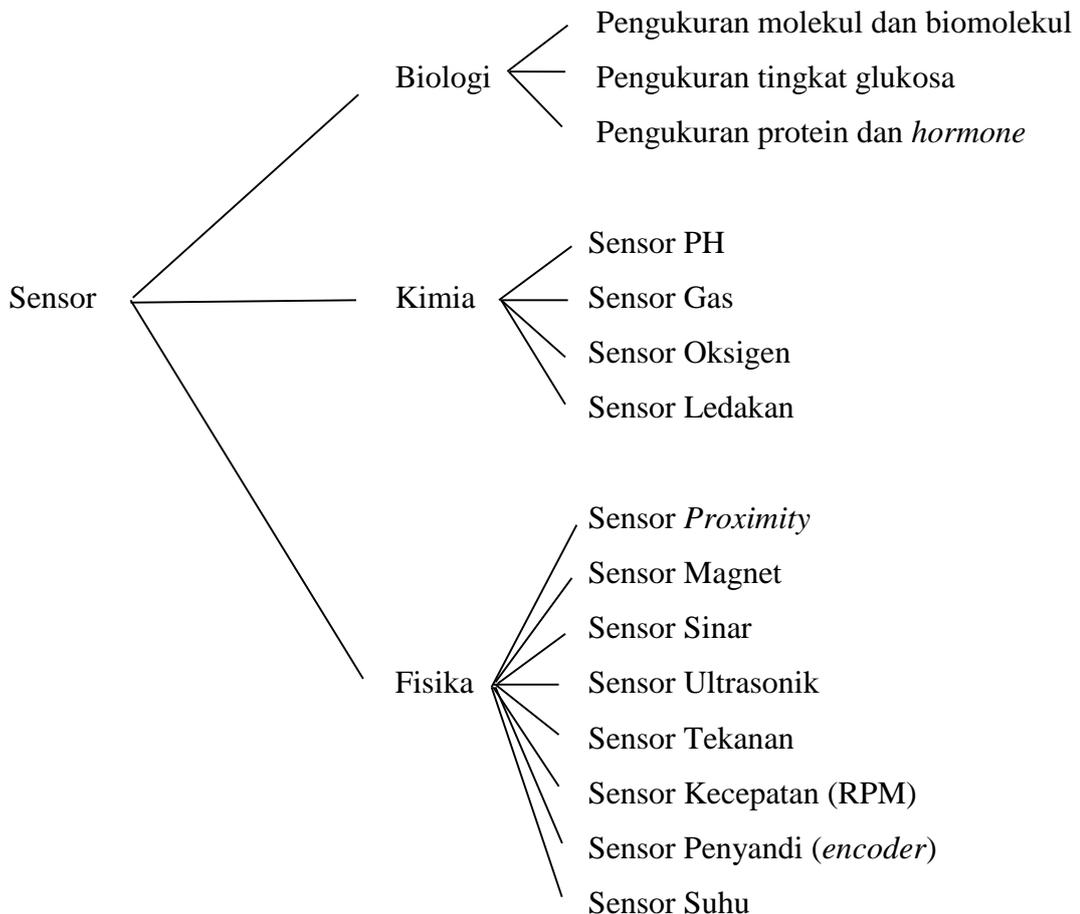


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi atau mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendalian dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh *controller* sebagai otaknya (Petruzella, 2001). Sensor dibagi menjadi tiga jenis, sensor biologi, kimia dan sensor fisika. Bagan sensor dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bagan Sensor

Untuk mengetahui lebih jelas mengenai bagan diatas dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini:

- a. Sensor Biologi adalah sensor yang mengkombinasi komponen hayati dengan kompenen elektronik (tranduser) yang mengubah sinyal komponen hayati menjadi keluaran yang terukur. Adapun yang termasuk kedalam sensor biologi yaitu, sensor pengukuran molekul dan biomolekul *toxin*, *nutrient*, *pheromone*, sensor pengukuran tingkat glukosa, *oxygen* dan osmolitas, sensor pengukuran protein dan *hormone*.
- b. Sensor Kimia adalah sensor yang mendeteksi jumlah suatu zat kimia dengan cara mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik. Biasanya ini melibatkan beberapa reaksi kimia. Yang termasuk kedalam sensor kimia adalah, sensor PH, sensor gas, sensor oksigen, sensor ledakan.
- c. Sensor Fisika adalah sensor yang mendeteksi suatu besaran berdasarkan hokum-hukum fisika. Yang termasuk kedalam sensor Fisika adalah, sensor *proximity*/ jarak, sensor magnet, sensor sinar, sensor ultrasonic, sensor tekanan, sensor kecepatan (rpm), sensor penyandi (*encoder*), sensor suhu, sensor gerak, sensor level.

Pada laporan akhir ini digunakan sensor gas yang termasuk ke dalam salah satu jenis sensor kimia. Sensor gas adalah sensor yang befungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara, seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan lain-lain. Sensor ini merupakan sebuah alat untuk membaca keberadaan bermacam jenis gas dalam suatu tempat, biasanya sensor ini di gunakan dalam sebuah sistem keselamatan. Jenis alat sensor ini di gunakan untuk membaca kebocoran gas dan menghubungkan kepada sebuah sistem pengaturan untuk menutup segala proses yang menyebabkan atau mengalami kebocoran gas tersebut. Sensor gas dapat di golongankan dari cara pengerjaannya (semikonduktor, oksidasi, katalis, *infrared*, dan lain sebagainya).

Ada dua jenis sensor gas, yaitu sensor gas *portable* dan sensor gas yang terpasang.

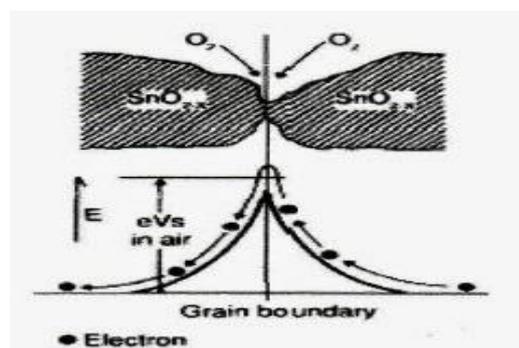
1. Sensor gas *portable* : Aplikasi jenis sensor gas *portable* merupakan alat sensor yang dapat di gunakan selagi berkeliling, yang biasanya di pasang di saku, sabuk atau topi pegawai.

2. Sensor gas yang terpasang : Aplikasi jenis sensor gas terpasang biasanya alat sensor ini di pasang di dekat ruang *control*, dan biasanya dapat membaca lebih dari satu jenis gas yang berbahaya.

Contoh sensor gas yaitu, tipe TGS 2610, 2600, 2201, 2620 tipe AF 30 untuk mendeteksi asap rokok, MQ 2, 7, 6. Selain sensor gas, pada pembuatan alat ini digunakan sensor ultrasonic HC-SR04 yang mana digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor.

2.1.1 Sensor Gas

Sensor gas adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan lain-lain. Sudah semakin banyak dipasaran telah beredar pengindra gas semikonduktor. Tentunya dibedakan oleh sensitivitas sensor tersebut, semakin mahal maka sensitivitas semakin bagus. Pengindra gas tersebut bekerja dengan semakin tinggi konsentrasi gas maka resistansinya semakin rendah. Banyak sekali type sensor gas yang digunakan dan tersedia dipasaran, seperti sensor gas yaitu type TGS 2600, TGS 2602, TGS 2620. Sensor gas secara umum mendeteksi perubahan kimiawi yang terjadi dalam ruangan sensor tersebut, sehingga biasanya sensor seperti ini ditempatkan pada ruangan tertutup. Perhatikan Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Ilustrasi Penyerapan O₂ oleh Sensor Gas

Prinsip kerja sensor gas secara umum adalah terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.2.

2.1.2 Sensor Gas TGS 2600

Figaro TGS 2600 merupakan sebuah sensor kimia yang digunakan untuk mendeteksi sumber gas. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas dan juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Struktur dari sensor terdapat pada Gambar 2.3.



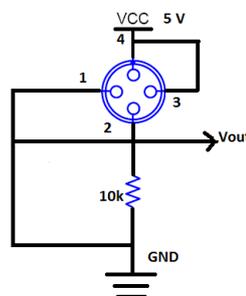
Gambar 2.3 Sensor TGS 2600

(Sumber: Data Sheet TGS 2600.pdf, 2016)

Beberapa pin yang dimiliki oleh sensor TGS 2600 adalah:

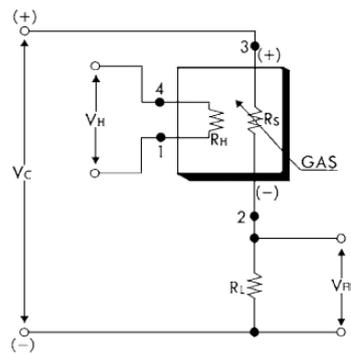
1. Pin 1 : Heater
2. Pin 2 : Ground (-)
3. Pin 3 : Positif (+)
4. Pin 4 : Heater

Sensor ini dipilih karena kemampuan sensor yang dapat mendeteksi kadar gas yang sangat kecil, yaitu dari 1 ppm. Pada dasarnya keluaran dari sensor TGS2600 adalah resistansi yang selalu berubah, sesuai dengan kadar gas yang di deteksi oleh sensor. Sedangkan masukan untuk ADC pada mikrokontroler adalah berupa tegangan. Maka pada sensor ini ditambahkan RL menjadi suatu rangkaian pembagi tegangan. Adapun rangkaian sensor TGS 2600 terdapat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Rangkaian Sensor TGS 2600

(Sumber: Universitas Diponegoro, 2017)



Gambar 2.5 Rangkaian Listrik Sensor TGS 2600

Adapun Spesifikasi dari sensor TGS 2600 yaitu,

- *Target Gas : Air Contaminant*
- *Output : Resistance*
- *Typical Detection Range : 1ppm - 30ppm*
- *Heater Voltage : $5 \hat{\pm} 0.2$ (DC/AC)*
- *Circuit Voltage : $5 \hat{\pm} 0.2$ (DC/AC)*
- *Power Consumption : $\hat{\pm} 15$ mW*
- *Sensor Resistance : 10KW - 90KW (di udara)*

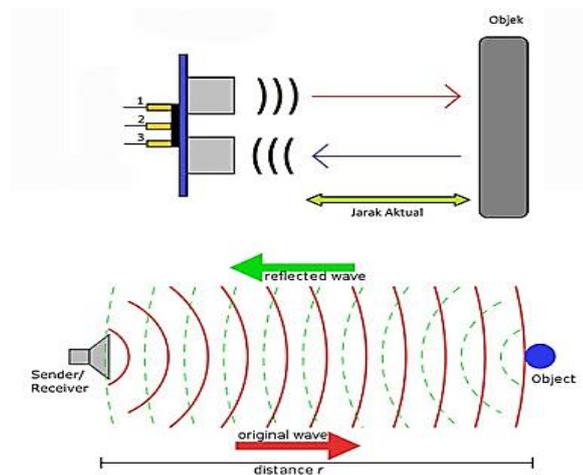
2.1.3 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik nisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.

2.1.3.1 Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.



Gambar 2.6 Cara Kerja Sensor Ultrasonik Dengan Transmitter Dan Receiver (Atas), Sensor Ultrasonik Dengan Single Sensor Yang Berfungsi Sebagai Transmitter Dan Receiver Sealigus

Berdasarkan gambar 2.6 diatas cara kerja sensor ultrasonik adalah Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), namun frekuensi yang umum digunakan adalah 40KHz.

Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.

Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus,

$$S = 340.t/2 \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana:

S = jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul)

t = selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

2.1.3.2 Aplikasi Sensor Ultrasonik

Dalam bidang kesehatan, gelombang ultrasonik bisa digunakan untuk melihat organ-organ dalam tubuh manusia seperti untuk mendeteksi tumor, liver, otak dan menghancurkan batu ginjal. Gelombang ultrasonik juga dimanfaatkan pada alat USG (ultrasonografi) yang biasa digunakan oleh dokter kandungan.

Dalam bidang industri, gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keretakan pada logam, meratakan campuran besi dan timah, meratakan campuran susu agar homogen, mensterilkan makanan yang diawetkan dalam kaleng, dan membersihkan benda-benda yang sangat halus. Gelombang ultrasonik juga bisa digunakan untuk mendeteksi keberadaan mineral maupun minyak bumi yang tersimpan di dalam perut bumi.

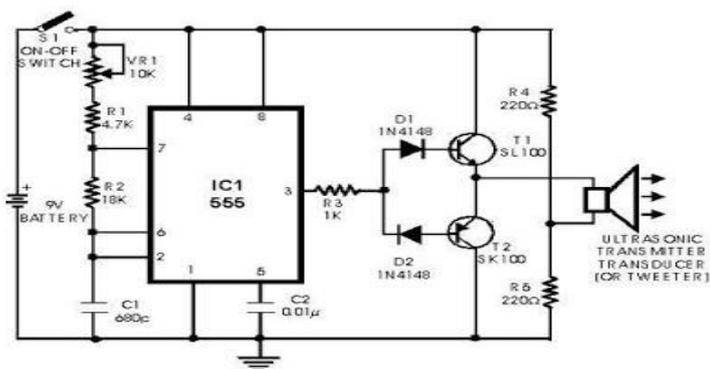
Dalam bidang pertahanan, gelombang ultrasonik digunakan sebagai radar atau navigasi, di darat maupun di dalam air. Gelombang ultrasonik digunakan oleh kapal pemburu untuk mengetahui keberadaan kapal selam, dipasang pada kapal selam untuk mengetahui keberadaan kapal yang berada di atas permukaan air, mengukur kedalaman palung laut, mendeteksi ranjau, dan menentukan posisi sekelompok ikan.

2.1.3.3 Rangkaian Sensor Ultrasonik

Piezoelektrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Bahan piezoelektrik adalah material yang memproduksi medan listrik ketika dikenai regangan atau tekanan mekanis. Sebaliknya, jika medan listrik diterapkan, maka material tersebut akan mengalami regangan atau tekanan mekanis. Jika rangkaian pengukur beroperasi pada mode pulsa elemen

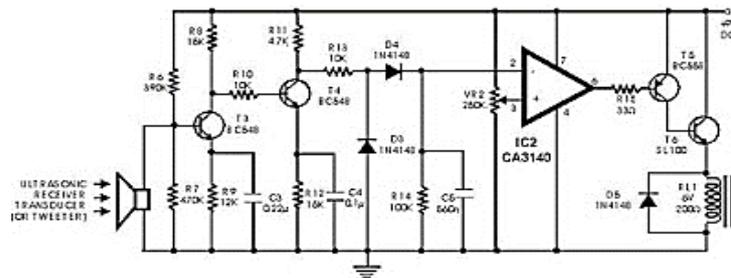
piezoelektrik yang sama, maka dapat digunakan sebagai transmitter dan receiver. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuaikan frekuensi kerja dari masing-masing transduser. Karena kelebihan inilah maka transduser piezoelektrik lebih sesuai digunakan untuk sensor ultrasonik.

Transmitter adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai pemancar gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu (misal, sebesar 40 kHz) yang dibangkitkan dari sebuah 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 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. Rangkaian dasar piezoelektrik dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Rangkaian Dasar Dari Transmitter Ultrasonik

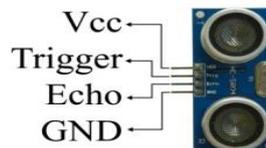
Selain transmitter, didalam sebuah sensor ultrasonik terdapat receiver. Receiver terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (Line 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. Untuk melihat rangkaian dasar receiver sensor ultrasonic dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rangkaian Dasar Receiver Sensor Ultrasonik

2.1.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04

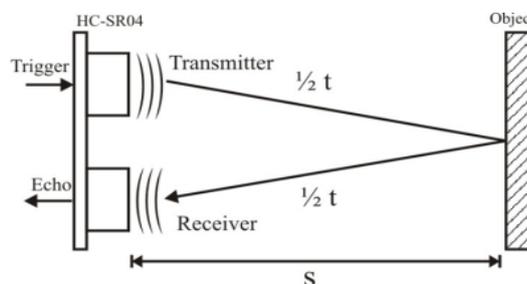
HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Konfigurasi pin dan tampilan sensor HC-Sr04 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Konfigurasi Pin dan Tampilan Sensor Ultrasonic HC-SR04

(Sumber: HC-SR04_Manual.pdf, 2016)

HC-SR04 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu *ultrasonic transmitter* dan *ultrasonic receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Prinsip Kerja HC-SR04

(Sumber: HC-SR04_Manual.pdf, 2016)

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 adalah, ketika pulsa *trigger* diberikan pada sensor, *transmitter* akan mulai memancarkan gelombang ultrasonik, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan output TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran, setelah *receiver* menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan output TTL transisi turun. Jika waktu pengukuran adalah t dan kecepatan suara adalah 340 m/s, maka jarak antara sensor dengan objek dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$s = tx \frac{340m/s}{2} \dots\dots\dots 2.2$$

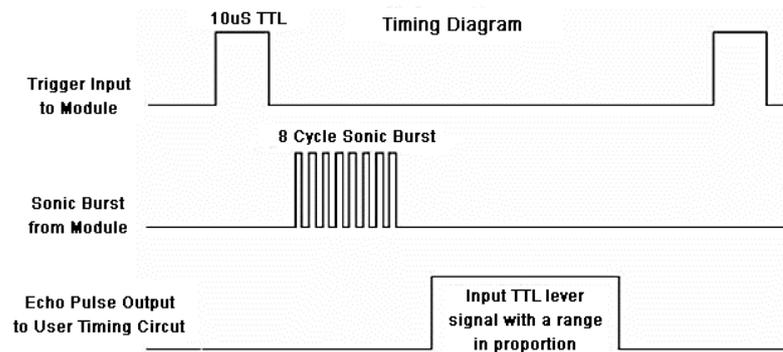
Dimana:

s = Jarak antara sensor dengan objek (m)

t = Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari *transmitter* ke *receiver* (s)

Pemilihan HC-SR04 sebagai sensor jarak yang akan digunakan pada penelitian ini karena memiliki fitur sebagai berikut; kinerja yang stabil, pengukuran jarak yang akurat dengan ketelitian 0,3 cm, pengukuran maksimum dapat mencapai 4 meter dengan jarak minimum 2 cm, ukuran yang ringkas dan dapat beroperasi pada level tegangan TTL.

Prinsip pengoperasian sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sebagai berikut ; awali dengan memberikan pulsa *Low* (0) ketika modul mulai dioperasikan, kemudian berikan pulsa *High* (1) pada trigger selama 10 μ s sehingga modul mulai memancarkan 8 gelombang kotak dengan frekuensi 40 KHz, tunggu hingga transisi naik terjadi pada output dan mulai perhitungan waktu hingga transisi turun terjadi, setelah itu gunakan persamaan 2.2 untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek. *Timing diagram* pengoperasian sensor ultrasonik HC-SR04 diperlihatkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Timing Diagram* Pengoperasian Sensor Ultrasonic HC-SR04 (Sumber: HC-SR04_Manual.pdf, 2016)

2.2 Arduino

2.2.1 Sejarah Arduino

Berawal dari sebuah thesis yang dibuat oleh Hernando Barragan, di institute Ivrea, Italia pada tahun 2005, dikembangkan oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dan diberi nama Arduin of Ivrea. Lalu berganti nama menjadi Arduino yang dalam bahasa Italia berarti teman yang berani.

Tujuan awal pembuatan Arduino adalah untuk membuat suatu perangkat yang mudah dan murah, dari perangkat yang ada pada saat itu. Dan perangkat tersebut ditujukan untuk para siswa yang akan membuat perangkat desain dan interaksi. Saat ini tim pengembangnya adalah Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis, dan Nicholas Zambetti. Mereka mengupayakan 4 hal dalam Arduino ini, yaitu:

1. Harga terjangkau
2. Dapat dijalankan diberbagai sistem operasi, *Windows, Linux, Max*, dan sebagainya.
3. Sederhana, dengan bahasa pemograman yang mudah bisa dipelajari orang awam, bukan untuk orang teknik saja.
4. *Open Source, hardware* maupun *software*.

Sifat Arduino yang *Open Source*, membuat Arduino berkembang sangat cepat dan banyak lahir perangkat-perangkat sejenis Arduino. Seperti DFRduino atau Freeduino, dan kalau yang lokal ada namanya CipaDuino yang dibuat oleh

SKIR70, MurmerDuino yang dibuat oleh Robot Unyil. Arduino lahir dan berkembang, kemudian muncul dengan berbagai jenis. Diantaranya adalah,

- a. Arduino Uno
- b. Arduino Due
- c. Arduino Mega
- d. Arduino Leonardo.
- e. Arduino Fio
- f. Arduino Lilypad
- g. Arduino Nano
- h. Arduino Mini
- i. Arduino Micro
- j. Arduino Ethernet
- k. Arduino Esplora
- l. Arduino Robot

2.2.2 Pengertian Arduino

Arduino menurut situs resminya di www.arduino.cc didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik terbuka (*open source*), berbasis pada *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk para seniman, *desainer*, *hobbies*, dan setiap orang yang tertarik dalam membuat obyek atau lingkungan yang interaktif.

Menurut Massimo Banzi dalam bukunya “*Getting Started with Arduino*”, arduino didefinisikan sebagai sebuah platform komputasi fisik (*Physical Computing*) yang *open source*, yang terdapat pada *board* input output sederhana. Platform komputasi fisik sendiri mempunyai makna yang berarti sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi yang ada di dunia nyata.

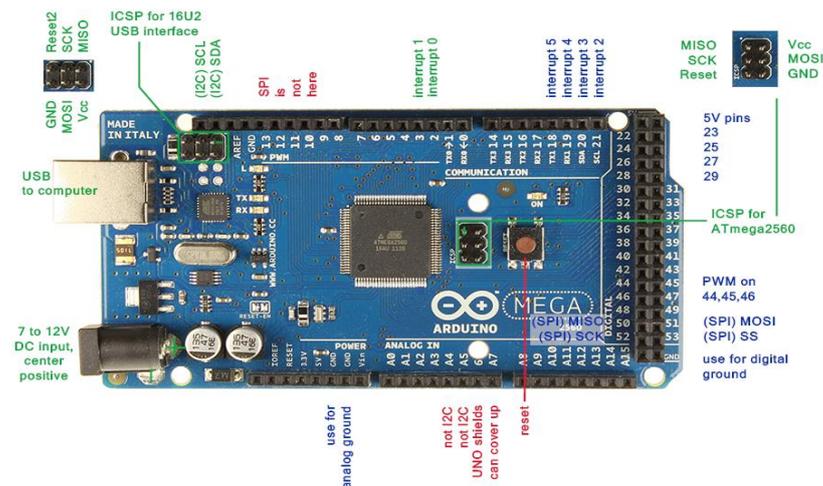
Nama Arduino tidak hanya dipakai untuk menamai *board* rangkaiannya saja, tetapi juga untuk menamai bahasa dan *software* pemrogramannya, serta lingkungan pemrograman atau IDE-nya, *Integrated Development Environment*. Kelebihan Arduino dari platform *hardware* mikrokontroler lain adalah :

1. IDE Arduino merupakan *multiplatform*, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti *Windows*, *Macintosh*, dan *Linux*.
2. IDE Arduino dibuat berdasarkan pada IDE *Processing*, yang mempunyai kelebihan dalam hal kesederhanaannya sehingga mudah digunakan.
3. Pemrograman Arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan port USB, bukan port serial. Hal ini sangat berguna karena komputer jaman sekarang jarang yang mempunyai port serial.
4. Arduino adalah *hardware* dan *software* yang bersifat *open source*, semua orang dapat mengunduh *software* dan gambar rangkaian Arduino tanpa harus membayar kepada pembuat Arduino.
5. Biaya pembuatan hardware cukup murah, sehingga tidak terlalu menakutkan jika dalam eksperimen nantinya dapat membuat kesalahan yang pada akhirnya menuntut penggantian komponen penyusunnya.
6. Proyek Arduino dikembangkan dalam lingkungan pendidikan, sehingga bagi pemula pun akan lebih cepat dan mudah dalam mempelajarinya.
7. Arduino memiliki banyak pengguna di seluruh dunia, tergabung dalam komunitas di internet sehingga siap membantu apabila kita menemui kesulitan dalam mempelajarinya.

2.2.3 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.

Untuk melihat tampilan Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.12 Arduino Mega 2560

(Sumber: <http://forum.arduino.cc/>, 2016)

2.2.3.1 Input dan Output (I/O) Arduino Mega2560

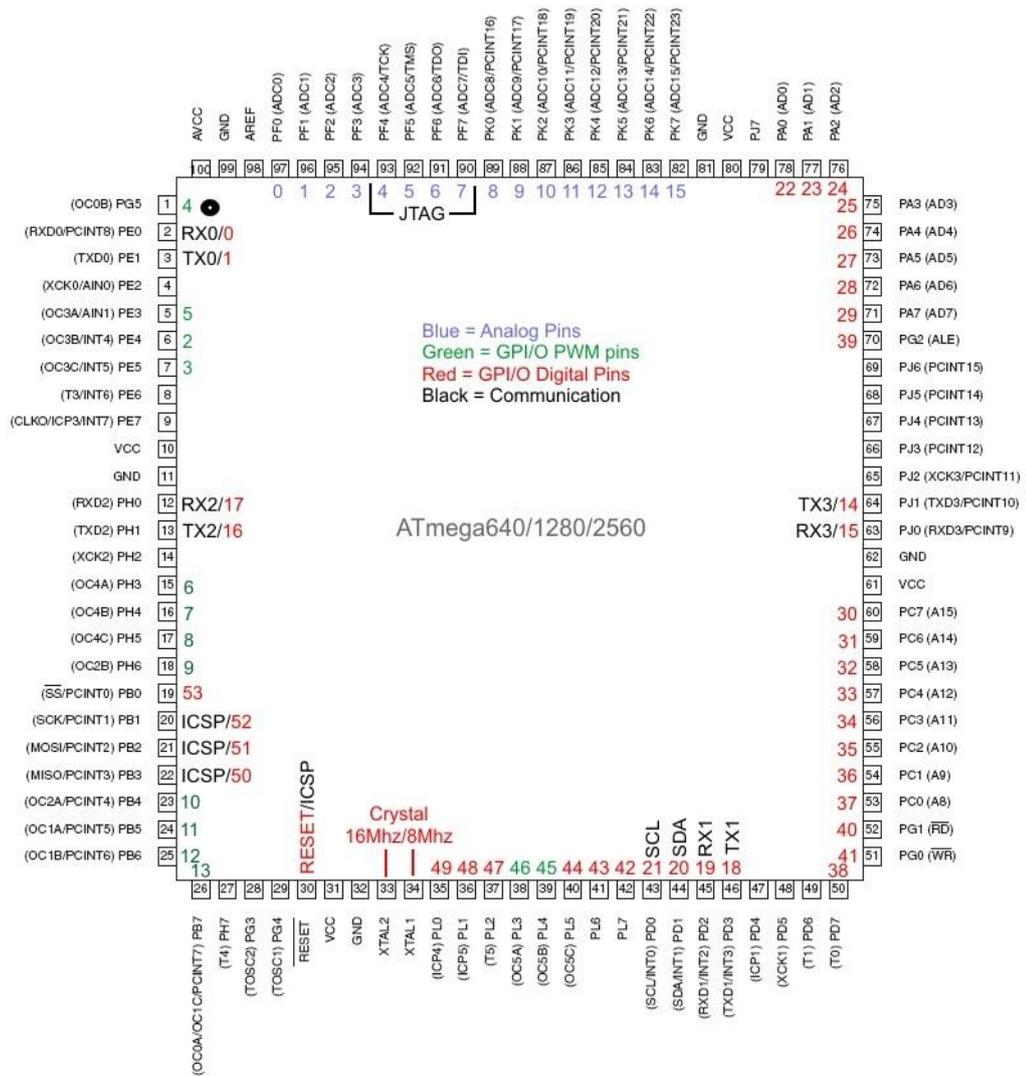
Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan Arduino. Mega 2560 memiliki 54 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA, dan memiliki tahanan pull-up sekitar 20-50k ohm (secara default dalam posisi disconnect). Nilai maximum adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan chip mikrokontroler. Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

- 1) **Serial**, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh chip USB-to-TTL ATmega16U2
- 2) **External Interrupts**, yaitu pin 2 (untuk interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah interrupt yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi `attachInterrupt()` untuk mengatur interrupt tersebut.

- 3) **PWM**: Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi analogWrite()
- 4) **SPI** : Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI Library
- 5) **LED** : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13. Set HIGH untuk menyalakan led, LOW untuk memadamkan nya.
- 6) **TWI** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan Wire Library

2.2.3.2 Pemetaan PIN

Dibawah ini pemetaan pin chip ATmega2560 pada Arduino Mega2560:



Gambar 2.13 Pemetaan PIN Chip Atmega2560

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- a) VIN: Adalah *input* tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-*regulator* lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
- b) 5V: Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-*regulator* 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-*regulator*) dari *regulator* yang tersedia (*built-in*) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari *jack power* DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada *board* (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3,3V secara langsung tanpa melewati *regulator* dapat merusak papan Arduino.
- c) 3V3: Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh *regulator* yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d) GND: Pin *Ground* atau *Massa*.
- e) IOREF: Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada *microcontroller*. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.
- f) Memori
 Arduino ATmega 2560 memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).
- g) Input dan Output
 Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-*

up internal (yang terputus secara *default*) sebesar 20 – 50 kilo ohms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

Serial yang digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL.

Tabel 2.1 Tabel Pin Serial RX dan TX

Nomor Pin	Nama Pin	Peta Nama Pin
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)

- h) Eksternal Interupsi: Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah *interupsi* pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubah nilai.

Tabel 2.2 Tabel Pin Eksternal Interupsi

Nomor Pin	Nama Pin	Peta Nama Pin
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
43	PD0 (SCL/INT0)	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (SDA/INT1)	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)

- i) *SPI*: Pin ini mendukung komunikasi *SPI* menggunakan *SPI library*. Pin *SPI* juga terhubung dengan *header ICSP*, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.

Tabel 2.3 Tabel Pin *SPI*

Nomor Pin	Nama Pin	Peta Nama Pin
19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)

- j) LED: Pin 13. Tersedia secara *built-in* pada papan Arduino ATmega LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala (ON), dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam (OFF).
- k) TWI: Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan *Wire library*. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 pin sebagai analog *input*, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *Analog Reference()*.

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

- l) AREF: Referensi tegangan untuk *input* Digunakan dengan fungsi *Analog Reference()*.
- m) RESET: Jalur LOW ini digunakan untuk *me-reset* (menghidupkan ulang) *microcontroller*. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama Arduino.

2.3 Module Xbee

Xbee merupakan perangkat yang menunjang komunikasi data tanpa kabel (*wireless*). Ada 2 jenis Xbee yaitu :

1. Xbee 802.15.4 (Xbee Series 1)

Xbee series 1 hanya dapat digunakan untuk komunikasi *point to point* dan topologi *star* dengan jangkauan 30 meter *indoor* dan 100 meter *outdoor*.

2. Xbee ZB Series 2

Xbee series 2 dapat digunakan untuk komunikasi *point to point*, *point to multipoint* dan topologi *star*, dan topologi *mesh* dengan jangkauan 40 meter *indoor* dan 100 meter *outdoor*.

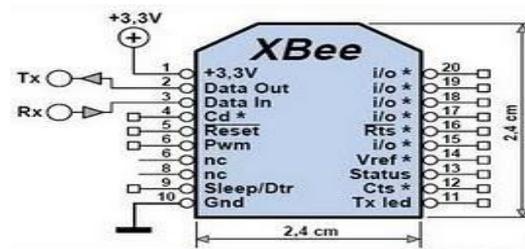
Xbee series 1 maupun series 2 tersedia dalam 2 bentuk berdasarkan kekuatan transmisinya yaitu Xbee reguler dan Xbee-pro. Xbee reguler biasa disebut dengan Xbee saja. Xbee-PRO mempunyai kekuatan transmisi lebih kuat, ukuran perangkatnya lebih besar, dan harganya lebih mahal. Xbee-PRO mempunyai jangkauan *indoor mencapai* 60 meter dan *outdoor mencapai* 150 meter. Xbee ini dapat digunakan sebagai pengganti *serial / usb* atau dapat memasukkannya ke dalam *command mode* dan mengkonfigurasinya untuk berbagai macam jaringan *broadcast* dan *mesh*. *Shield* membagi setiap pin Xbee. Xbee juga menyediakan *header pin female* untuk penggunaan pin *digital 2* sampai *7* dan *input analog*, yang *discover* oleh *shield* (pin *digital 8* sampai *13* tidak tercover oleh *shield*, sehingga dapat menggunakan *header* pada papan itu sendiri).(Arduino.cc, Arduino Xbee *Shield*). Gambar untuk Xbee *Shield* dapat dilihat pada Gambar 2.14



Gambar 2.14 Xbee *Shield*

(Sumber: STIKOM, 2017)

Untuk mengetahui pin Xbee Pro dapat dilihat pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Kaki pin XBee Pro

(Sumber: STIKOM, 2017)

Untuk mengetahui pin-pin pada XBee Pro dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4 Pin XBee Pro

NO	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN/CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ms)
6	PWM0RSSI	Output	PWM Output 0/RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	(reserved)	-	Do not connect
9	DTR/SLEEP_RQ/DIB	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4/DIO4	Either	Analog input 4 or Digital I/O 4
12	CTS/DIO7	Either	Clear-to-send flow control or digital I/O 7
13	ON/SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage reference for A/D inputs
15	Associate/AD5/DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5

16	RTS/AD6/DIO6	Either	Request-to-send flow control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3/DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2/DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1/DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0/DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

(Sumber: <http://farm4.static.flickr.com/>, 2016)

Berikut parameter untuk mengkonfigurasi modul Xbee. Pastikan untuk menambahkan AT kenama parameter ketika mengirimkan perintah ke modul (misalnya untuk membaca parameter ID, harus mengirim perintah ATID). Langkah-langkah tentang membaca (*read*) dan menulis (*write*) Xbee dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Parameter Xbee

Parameter Xbee	KETERANGAN	NILAI VALID	Nilai Default
ID	ID jaringan modul Xbee	0-0Xffff	3332
CH	Saluran dari modul Xbee	0-0B-0x1A	0x0C
SH dan SL	Nomor seri modul Xbee (SH memberikan 32 bit tinggi, SL 32 bit rendah). <i>Read-only</i>	0-0xFFFFFFFF F	Setiap modul berbeda
MY	Alamat 16 bit dari modul	0-0xFFFF	0
DH dan DL	Alamat tujuan untuk komunikasi nirkabel (DH adalah 32 bit <i>high</i> , DL 32 bit <i>low</i>)	0-0xFFFFFFFF F (untuk kedua DH dan DL)	0 (untuk kedua DH dan DL)
BD	Baudrate yang digunakan untuk komunikasi <i>serial</i> dengan arduino atau computer	0 (1200 bps) 1 (2400 bps) 2 (4800 bps) 3 (9600 bps) 4 (19200 bps) 5 (38400 bps)	3 (9600 baudrate)

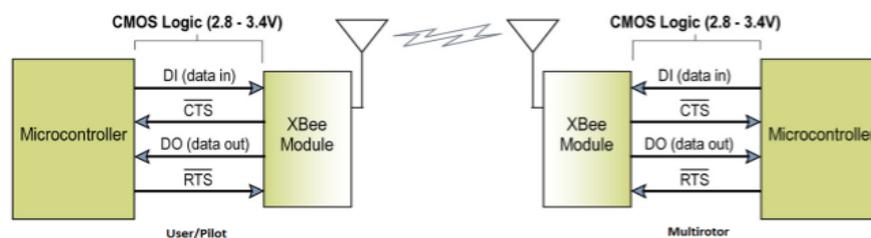
6 (57600
bps)
7 (115200
bps)

(Sumber: STIKOM, 2017)

Catatan: meskipun nilai-nilai yang *valid* dan standar dalam tabel di atas ditulis dengan awalan "0x" (untuk menunjukkan bahwa mereka adalah nomor heksadesimal), modul tidak akan mencakup "0x" ketika melaporkan nilai parameter, dan Anda harus menghilangkannya ketika menetapkan nilai-nilai. (Arduino.cc, Arduino Xbee *Shield*)

a) Komunikasi Serial Xbee *Series 2*

Xbee series 2 merupakan sebuah modul yang terdiri dari receiver dan transmitter melalui *port* serial. Melalui *port* serial ini Xbee dapat berkomunikasi secara UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Gambar 2.16 menunjukkan diagram sistem aliran data secara UART. (Inc, 2007).



Gambar 2.16 Diagram Sistem Aliran Data UART pada Xbee

(Sumber: STIKOM, 2017)

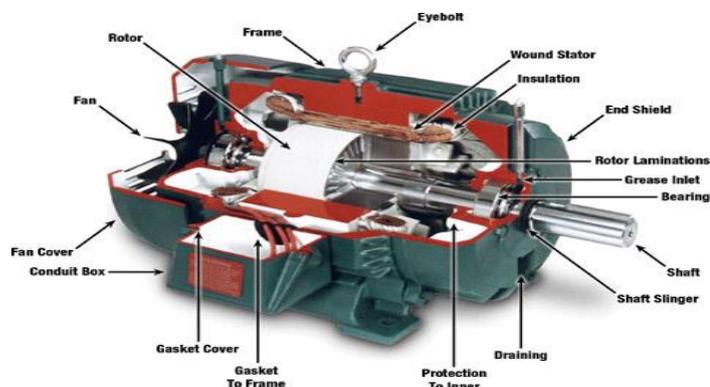
b) AT / Transparent Mode

Dalam mode transparent/AT, modul Xbee bertindak sebagai pengganti *serial line*. Semua data UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) diterima melalui pin *input* akan ditransmisikan. Ketika data tersebut diterima maka data akan dikirimkan keluar (Xbee lainnya) melalui pin *output*. Data atau paket yang diterima bisa ditujukan ke satu sasaran (*point to point*) atau ke beberapa sasaran (*star/broadcast*). (Inc, 2007) Dalam mode transparent/AT, modul Xbee bertindak sebagai pengganti *serial line*. Semua data UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) diterima melalui pin *input* akan ditransmisikan. Ketika data tersebut diterima maka data akan dikirimkan keluar (Xbee lainnya) melalui pin *output*. Data

atau paket yang diterima bisa ditujukan ke satu sasaran (*point to point*) atau ke beberapa sasaran (*star/broadcast*). (Inc, 2007).

2.4 Motor DC

Motor DC ialah motor yang memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik, dimana tegangan masukan berbanding lurus dengan tegangan keluaran. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen. Pada Gambar 2.17 dapat dilihat bagian-bagian pada motor dc.



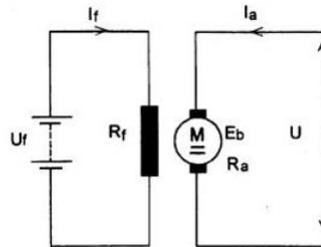
Gambar 2.17 Bagian-bagian Motor DC

(Sumber: Polsri, 2017)

Catu tegangan DC dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan gambar di atas disebut anker dinamo. Anker dynamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

2.4.1 Jenis-jenis Motor DC

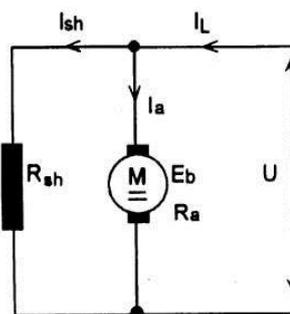
1. Motor arus searah penguat terpisah, (jika arus penguat magnet diperoleh dari sumber arus searah di luar motor tersebut).



Gambar 2.18 Rangkaian Motor Arus Searah Penguat Terpisah.

Pada motor penguat terpisah, kumparan medan dihubungkan dengan sumber sendiri dan terpisah dengan tegangan angker.

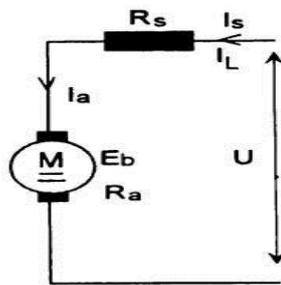
2. Motor arus searah dengan penguat sendiri, (jika arus penguat magnet diperoleh dari motor itu sendiri). Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar, motor arus searah dibedakan menjadi:
 - a. Motor shunt. Mempunyai kecepatan hampir konstan. Pada tegangan jepit konstan, motor ini mempunyai putaran yang hampir konstan walaupun terjadi perubahan beban.



Gambar 2.19 Rangkain Motor Shunt

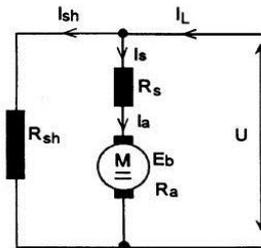
Pada motor penguat shunt, kumparan medan dihubungkan paralel dengan angker.

- b. Motor Seri. Merupakan motor arus searah yang mempunyai putaran kecepatan yang tidak konstan, jika beban tinggi maka putaran akan lambat.



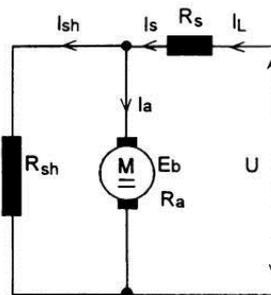
Gambar 2.20 Rangkaian Motor Seri

- c. Motor Kompon. Motor kompon ini mempunyai sifat seperti motor seri dan shunt, tergantung lilitan mana yang kuat (kumparan seri atau shunt).



Gambar 2.21 Rangkaian Motor Kompon Panjang

Pada motor kompon mempunyai dua buah kumparan medan dihubungkan seri dan paralel dengan angker. Bila motor seri diberi penguat shunt tambahan seperti gambar diatas disebut motor kompon shunt panjang.



Gambar 2.22 Rangkain Motor Kompon Pendek

Motor kompon mempunyai dua buah kumparan medan dihubungkan seri dan paralel dengan angker. Bila motor shunt diberi tambahan penguat seri seperti gambar diatas disebut motor kompon shunt pendek. Sebagai simulasi (karena alat yang dibuat miniatur) maka disini dipilih motor yang memiliki daya tidak terlalu tinggi, yaitu menggunakan motor arus searah. Sedangkan motor yang dipakai dalam proyek akhir ini adalah jenis motor arus searah

dengan penguat sendiri karena motor tersebut mempunyai magnet permanen pada statornya dan memperoleh sumber arus searah dari motor itu sendiri. Untuk membalik arah putaran motor arus searah, dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Membalik arah arus angkernya, sedangkan katup magnet tetap.
2. Membalik katup magnetnya, sedangkan arah arus angkernya tetap.

Jika kedua-duanya dibalik (katup magnet dan arah arus angker), maka putaran motor akan tetap (tidak dapat membalik). Cara yang lazim dipakai atau dilakukan dalam membalik putaran motor arus searah ialah dengan cara membalik arah arus angkernya sedangkan membalik arah arus pada penguat magnetnya jarang dilakukan.

2.5 Motor Driver

Motor driver DC H-Bridge adalah rangkaian yang berfungsi untuk membalik polaritas suatu aliran listrik. Jika terdapat dua kabel, kabel A dan kabel B, maka pada kondisi A, di mana pada kondisi ini rangkaian mendapatkan sebuah trigger pada input A, maka kabel A akan bermuatan positif dan kabel B bermuatan negatif. Ketika kondisi B, rangkaian mendapatkan trigger pada input B, maka polaritas akan terbalik dari input A, yaitu kabel A bermuatan negatif dan kabel B bermuatan positif.

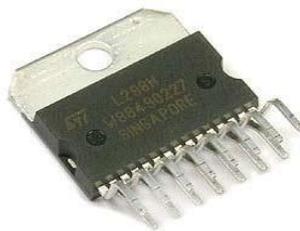
Rangkaian ini banyak digunakan sebagai pengendali motor penggerak dari sebuah robot beroda. Motor yang digunakan adalah motor listrik DC yang dapat bergerak bolak – balik, sehingga ketika polaritas sebuah motor DC tersebut dibalik, maka putarannya juga ikut terbalik. Sebuah robot akan bergerak maju atau mundur berdasarkan trigger yang dikirimkan dari otak robot ke driver ini. Sebagai contoh, misalkan trigger diumpankan ke input A, maka robot akan bergerak maju, begitu juga sebaliknya jika trigger diberikan pada input B, maka robot akan bergerak mundur. Sehingga pengendalian pergerakan ini berdasarkan sinyal, bukan saklar manual.

Selain robot, rangkaian ini juga bisa kita jumpai pada pada alat – alat yang membutuhkan pergerakan bolak – balik dari sebuah motor. Seperti driver buka tutup pintu otomatis, driver laci dari mekanik VCD/DVD, dan lain sebagainya.

Namun agar lebih jelas nantinya kita dapat gunakan osiloskop untuk mengetahui sinyal outputnya. Selain itu kita juga dapat menggunakan LED sebagai indikator dari suatu polaritas. Misalnya kita gunakan 2 buah LED yang berbeda warna yang dapat menyala bergantian sesuai dengan kondisi dari polaritas tersebut.

2.5.1 Motor Driver DC L298N

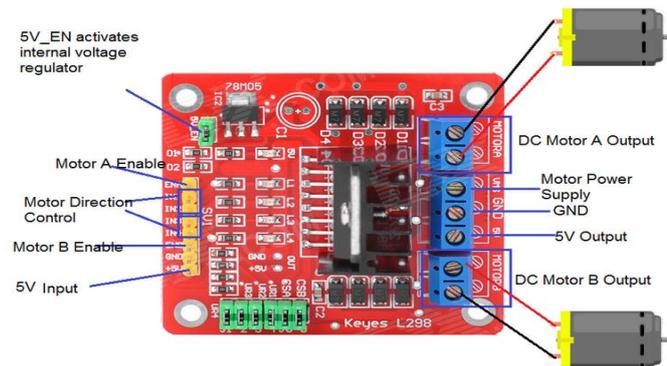
L298N adalah IC yang dapat digunakan sebagai *driver* motor DC. IC ini menggunakan prinsip kerja *H-Bridge*. Tiap *H-Bridge* dikontrol menggunakan level tegangan TTL yang berasal dari *output* mikrokontroler. L298N dapat mengontrol 2 buah motor DC. Tegangan yang dapat digunakan untuk mengendalikan robot bisa mencapai tegangan 46 VDC dan arus 2 A untuk setiap kanalnya. Berikut ini bentuk IC L298N yang digunakan sebagai motor *driver*. Gambar dari IC Driver Motor L298N dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 IC Driver Motor L298N

(Sumber: Unikom, 2017)

Pengaturan kecepatan kedua motor dilakukan dengan cara pengontrolan lama pulsa aktif (mode PWM – *Pulse width Modulation*) yang dikirimkan ke rangkaian *driver* motor oleh pengendali (mikrokontroler *basic stamp*). *Duty cycle* PWM yang dikirimkan menentukan kecepatan putar motor DC. Bagian-bagian dari Driver Motor L298N dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.24 Bagian-bagian Driver Motor DC L298N

((Sumber: Unikom, 2017))

Konfigurasi pin Driver Motor DC L298N dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.6 Konfigurasi Pin Driver Motor DC L298N

Pin	Nama Pin	Pin	Nama Pin
1	Current sensing A	9	Vss (Tegangan supply IC)
2	Output 1	10	Input 3
3	Output 2	11	Enable B
4	Vs (tegangan supply motor)	12	Input 4
5	Input 1	13	Output 3
6	Enable A	14	Output 4
7	Input 2	15	Current sensing B
8	GND		

((Sumber: Unikom, 2017))

2.6 Kompas

Kompas berasal dari bahasa Latin yaitu *Compassus* yang berarti jangka. Kompas sendiri sudah dikenal sejak 900 tahun yang lalu terbukti dengan diketemukannya kompas kuno yang dipakai pejuang China sekitar tahun 1100 M. Kompas merupakan alat penentu arah mata angin. Kompas terdiri atas magnet jarum, yang dapat berputar bebas. Kutub-kutub magnet ini selalu menunjuk arah Utara-selatan walaupun tidak tepat benar (karena adanya sudut deklinasi). Arah yang ditunjuk oleh jarum kompas adalah kutub utara magnetis bumi yang letaknya

tidak bertepatan dengan kutub utara bumi, kira-kira disebelah utara Kanada, di jazirah Boothia sekitar 1400 mil atau sekitar 2250 km. Tapi untuk keperluan praktis, utara peta, utara sebenarnya dan utara kompas/magnetis dianggap sama. Kompas memberikan rujukan arah tertentu, sehingga sangat membantu dalam bidang navigasi. Arah mata angin yang ditunjukknya adalah utara, selatan, timur, dan barat. Apabila digunakan bersama-sama dengan jam dan sekstan, maka kompas akan lebih akurat dalam menunjukkan arah. Alat ini membantu perkembangan perdagangan maritim dengan membuat perjalanan jauh lebih aman dan efisien dibandingkan saat manusia masih berpedoman pada kedudukan bintang untuk menentukan arah.

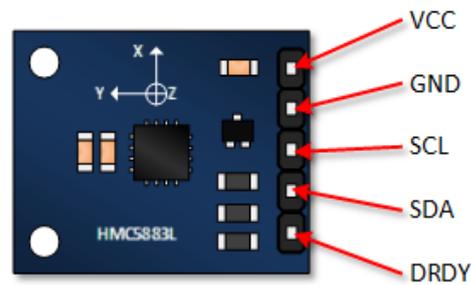
2.6.1 Kompas GY-273 HMC5883L

Modul Kompas GY-273 HMC5883L adalah sebuah modul yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin digital, atau juga disebut kompas digital. Modul ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883L yang merupakan IC kompas digital 3 axis yang memiliki interface berupa 2 pin I2C.

GY-273 HMC5883L memiliki sensor magneto-resistive HMC118X series ber-resolusi tinggi, ditambah ASIC dengan konten amplification, automatic degaussing strap driver, offset cancellation dan 12 bit ADC yang memungkinkan keakuratan kompas mencapai 1 sampai 2 derajat. Modul ini biasa digunakan untuk keperluan sistem navigasi otomatis, mobile phone, netbook dan perangkat navigasi personal. Modul ini memiliki 5 pin, diantaranya:

1. VCC (5V)
2. GND
3. SCL
4. SDA
5. DRD

Dibawah ini merupakan gambar kompas GY-273 HMC5883L,



Gambar 2.25 Kompas GY-273 HMC5883L

(Sumber: <https://i2.wp.com/henrysbench.capnfatz.com>, 2016)

Berikut adalah beberapa fitur dari Modul Kompas GY-273 HMC5883L:

- Berbasis sensor magnetoresistive 3 axis.
- 12-Bit ADC terkopling dengan Low Noise AMR Sensor yang memiliki 2 mili-gauss Field dengan resolusi.kurang lebih 8 Gauss Fields.
- Tegangan kerja 5V DC.
- Menggunakan antarmuka I2C.
- Keluaran rata-rata maksimum 160 Hz.

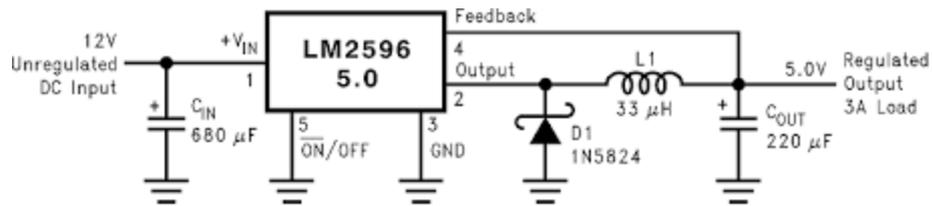
2.7 DC Converter LM2596

DC Converter LM2596 adalah sirkuit terpadu / *integrated circuit* yang berfungsi sebagai Step-Down DC converter dengan *current rating* 3A. Terdapat beberapa varian dari IC seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok : versi *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diatur, dan versi *fixed voltage output* yang tegangan keluarannya sudah tetap / fixed. IC ini adalah *switching regulator* (berbeda prinsip kerja dengan *linear regulator*). Tampilan dari DC Converter LM2596 dapat dilihat pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26 DC Converter LM2596

Untuk melihat rangkaian dari DC Converter LM2596 dapat dilihat pada Gambar 2.25



Gambar 2.27 Rangkaian DC Converter LM2596

Spesifikasi :

- Tegangan keluaran : 5V
- Arus keluaran maksimum : 3A
- Tegangan masukan maksimum : 40V
- *Switching Frequency* : 150 kHz
- Maksimum deviasi tegangan : $\pm 4\%$
- Topologi: *Buck Regulator*
- Arus pada moda siaga / standby mode current / $I_Q = 80\mu A$

2.8 LCD

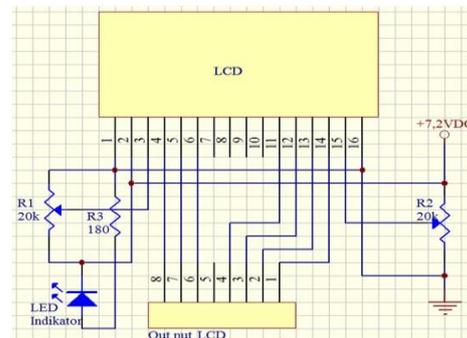
LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.

2.8.1 Fitur LCD 16 x 2

Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

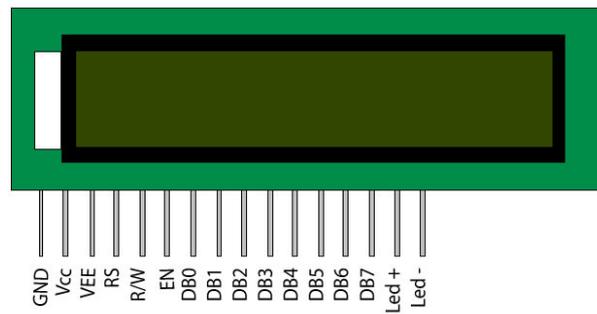
- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c. Terdapat karakter generator terprogram.
- d. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.

- e. Dilengkapi dengan back light. Berikut merupakan skematik dari LCD 16x2 (Gambar 2.28) dan bagian-bagian LCD (Gambar 2.29).



Gambar 2.28 Skematik LCD 16 x 2.

(Sumber: <http://www.leselektronika.com/>, 2017)



Gambar 2.29 Bagian-bagian LCD 16 x 2

(Sumber: <https://proyekarduino.files.wordpress.com>, 2017)

Untuk melihat spesifikasi kaki LCD 16 x 2 dapat dilihat pada Tabel dibawah ini,

Tabel 2.7 Spesifikasi Kaki LCD 16 x 2

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction/Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	Ground

(Sumber: <http://www.leselektronika.com/>, 2016)

2.8.2 Cara Kerja LCD Secara Umum

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table diskripsi, interface LCD merupakan sebuah parallel bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap nibblenya). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroller mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menset EN ke kondisi high “1” dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus.

Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada datasheet LCD), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi high atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi low (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi high “1”, maka program akan melakukan query (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara parallel baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi interface LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-

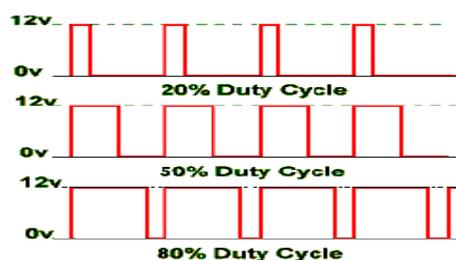
bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroler dan LCD. Jika bit ini di set ($RS = 1$), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di reset ($RS = 0$), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

2.9 PWM

PWM (*Pulse width Modulation*), adalah sebuah metode untuk pengaturan kecepatan perputaran, dalam hal ini adalah motor DC untuk gerak robot. PWM dapat dihasilkan oleh empat metode, sebagai berikut :

1. Metode analog
2. Metode digital
3. IC diskrit
4. Mikrokontroler

Pada robot ini, metode PWM dikerjakan oleh mikrokontroler. Metode PWM ini akan mengatur lebar atau sempitnya periode pulsa aktif yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke driver motor. Pada pengaturan kecepatan robot, nilai PWM mulai dari 0-255. Secara *analog* besaran PWM dihitung dalam prosentase, nilai ini didapat dari perbandingan: $T_{high} / (T_{high} + T_{low}) * 100\%$. Dimana T adalah periode atau waktu tempuh untuk sebuah pulsa, yang terbagi menjadi bagian puncak positif (T_{high}) dan puncak negatif (T_{low}).



Gambar 2.30 Ilustrasi Persentase PWM

Gambar 2.30 merupakan ilustrasi persentase PWM. Semakin rapat periode antar pulsa, maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin tinggi, ini berarti kecepatan akan bertambah. Semakin lebar jarak antar pulsa, maka frekuensi semakin rendah ini berarti kecepatan berkurang atau menurun. Kondisi pemberian kecepatan harus disesuaikan dengan kondisi *track* yang akan dilewati oleh robot,

misal pada saat jalan lurus, naik atau turun harus mendapatkan nilai PWM yang tepat.

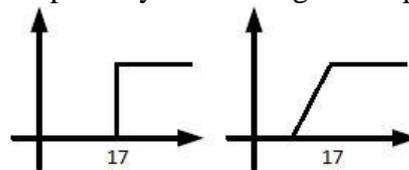
2.10 Logika Fuzzy

2.10.1 Pengertian Logika Fuzzy

Dalam bahasa Inggris, *fuzzy* mempunyai arti kabur atau tidak jelas. Jadi, logika *fuzzy* adalah logika yang kabur, atau mengandung unsur ketidakpastian.

Pada logika biasa, yaitu logika tegas, kita hanya mengenal dua nilai, salah atau benar, 0 atau 1. Sedangkan logika *fuzzy* mengenal nilai antara benar dan salah. Kebenaran dalam logika *fuzzy* dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran yang nilainya antara 0 sampai 1.

Misalnya dalam kehidupan sehari-hari, dewasa didefinisikan dengan berusia 17 tahun ke atas. Jika menggunakan logika tegas, seseorang yang berusia 17 tahun kurang 1 hari akan didefinisikan sebagai tidak dewasa. Namun dalam logika *fuzzy*, orang tersebut dapat dinyatakan dengan hampir dewasa.



Gambar 2.31 Logika Tegas (Kiri) Dan Logika *Fuzzy* (Kanan)

(Sumber: Institut Teknologi Bandung, 2017)

2.9.2 Sejarah Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh, seorang peneliti dari Universitas California, pada tahun 1960-an. Logika *fuzzy* dikembangkan dari teori himpunan *fuzzy*.

2.9.3 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistic variable*), yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan, dalam semesta U . Keanggotaan suatu nilai pada himpunan dinyatakan dengan derajat keanggotaan yang nilainya antara 0.0 sampai 1.0

Himpunan *fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sedemikian hingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real

pada interval $[0,1]$. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar, dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah.

2.9.4 Kelebihan dan Kekurangan Logika Fuzzy

Logika fuzzy memiliki beberapa keunggulan, antara lain sebagai berikut.

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran logika *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi2 nonlinear yang kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahas alami.
8. Daya gunanya dianggap lebih baik daripada teknik kendali yang pernah ada.
9. Pengendali *fuzzy* terkenal karena keandalannya.
10. Mudah diperbaiki.
11. Pengendalian *fuzzy* memberikan pengendalian yang sangat baik dibandingkan teknik lain.
12. Usaha dan dana yang dibutuhkan kecil.

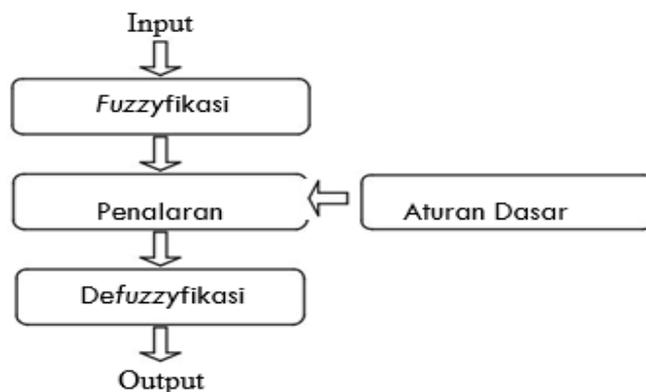
Selain itu, logika *fuzzy* juga memiliki kekurangan, terutama dalam penerapannya. Kekurangan-kekurangan tersebut antara lain:

1. Para *engineer* dan ilmuwan generasi sebelumnya dan sekarang banyak yang tidak mengenal teori kendali *fuzzy*, meskipun secara teknik praktis mereka memiliki pengalaman untuk menggunakan teknologi dan perkakas kontrol yang sudah ada.
2. Belum banyak terdapat kursus/balai pendidikan dan buku-buku teks yang menjangkau setiap tingkat pendidikan (*undergraduate*, *postgraduate*, dan *on site training*).

3. Hingga kini belum ada pengetahuan sistematis yang baku dan seragam tentang metodologi pemecahan problema Ekendali menggunakan pengendali *fuzzy*.
4. Belum adanya metode umum untuk mengembangkan dan implementasi pengendali *fuzzy*.

2.9.4 Kendali Logika Fuzzy

Sistem kendali logika *fuzzy* terdiri dari beberapa tahapan seperti pada diagram berikut:



Gambar 2.32 Proses Kendali Logika *Fuzzy*

(Sumber: Institut Teknologi Bandung, 2017)

Proses dalam kendali logika *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar di atas. Input yang diberikan kepada adalah berupa bilangan tertentu dan output yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu. Aturan-aturan dalam bahasa linguistik dapat digunakan sebagai input yang bersifat teliti harus dikonversikan terlebih dahulu, lalu melakukan penalaran berdasarkan aturan-aturan dan mengkonversi hasil penalaran tersebut menjadi output yang bersifat teliti.

2.9.4.1 *Fuzzyfikasi*

Fuzzyfikasi adalah pemetaan nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*, untuk kemudian diolah di dalam mesin penalaran.

$$\text{fuzzyfikasi : } x \rightarrow \mu(x) \dots \dots \dots 2.3$$

Aturan dasar dalam kendali logika *fuzzy* adalah aturan implikasi dalam bentuk “jika ... maka ...”. Aturan dasar tersebut ditentukan dengan bantuan seorang pakar yang mengetahui karakteristik objek yang akan dikendalikan. Contoh bentuk implikasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Jika } X = A \text{ dan } Y = B \text{ maka } Z = C.$$

2.9.4.2 Penalaran

Pada tahapan ini sistem menalar nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Sistem terdiri dari beberapa aturan, maka kesimpulan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan.

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu *max*, *additive* dan probabilistik OR.

Pada metode *max*, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikanya ke output dengan menggunakan operator OR (*union*).

Secara umum dapat ditulis

$$\mu_{df}(x_i) \leftarrow \max(\mu_{df}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \dots \dots \dots 2.4$$

Selain itu, salah satu model penalaran yang banyak digunakan adalah *max-min*. Dalam penalaran ini, pertama-tama dilakukan proses operasi *min* sinyal keluaran lapisan *fuzzyfikasi*, kemudian diteruskan dengan operasi *max* untuk mencari nilai keluaran yang selanjutnya akan didefuzzyfikasikan sebagai bentuk keluaran pengendali [2]. Operasi *max-min* tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

Operasi *min* atau irisan

$$a \wedge b = \min(a, b) = a \text{ if } a \leq b \dots \dots \dots 2.5$$

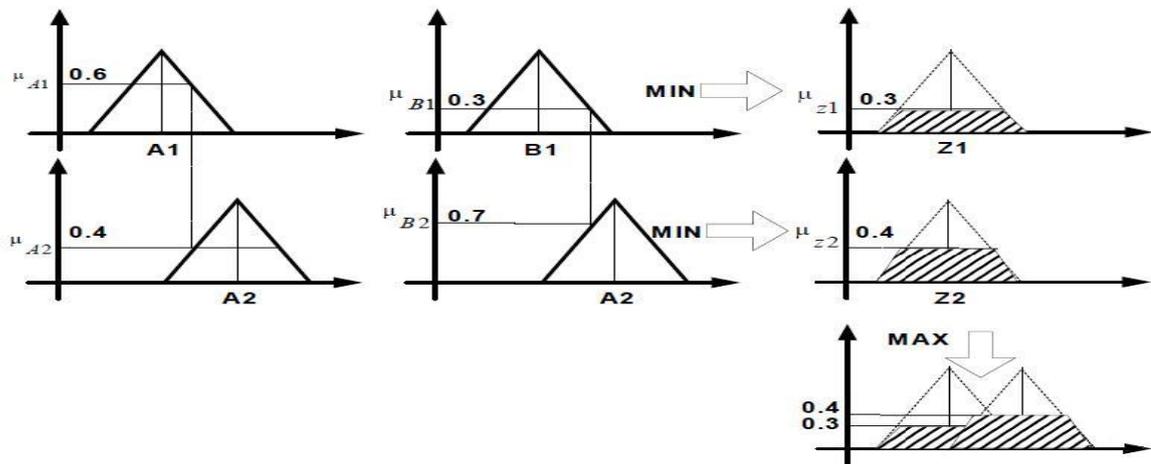
$$= b \text{ if } a > b$$

Operasi *max* atau gabungan

$$a \vee b = \max(a, b) = a \text{ if } a \geq b \dots \dots \dots 2.6$$

$$= b \text{ if } a < b$$

Proses penalaran *max-min* dijelaskan dalam grafik berikut.



Gambar 2.33 Proses Penalaran Max-Min
(Sumber: Institut Teknologi Bandung, 2017)

2.9.4.3 Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi merupakan kebalikan dari *fuzzyfikasi*, yaitu pemetaan dari himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas. Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*. Hasil dari defuzzyfikasi ini merupakan output dari sistem kendali logika *fuzzy*.

Defuzzyfikasi dideskripsikan sebagai,

$$Z^* = \text{defuzzyfier}(Z)$$

Dimana,

Z = hasil penalaran *fuzzy*

Z^* = keluaran kendali logika *fuzzy*

defuzzyfier = fungsi defuzzyfikasi

Metode defuzzyfikasi antara lain:

1. Metode Maximum

Metode ini juga dikenal dengan metode puncak, yang nilai keluarannya dibatasi oleh fungsi $\mu_C(z^*) > \mu_C(z)$.

2. Metode titik tengah

Metode titik tengah juga disebut metode pusat area. Metode ini lazim dipakai dalam proses defuzzyfikasi. Keluaran dari metode ini adalah titik tengah dari hasil proses penalaran.

3. Metode rata-rata

Metode ini digunakan untuk fungsi keanggotaan keluaran yang simetris.

Keluaran dari metode ini adalah nilai rata-rata dari hasil proses penalaran.

4. Metode penjumlahan titik tengah

Keluaran dari metode ini adalah penjumlahan titik tengah dari hasil proses penalaran.

5. Metode titik tengah area terbesar

Dalam metode ini, keluarannya adalah titik pusat dari area terbesar yang ada.