

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut Transduser. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer.

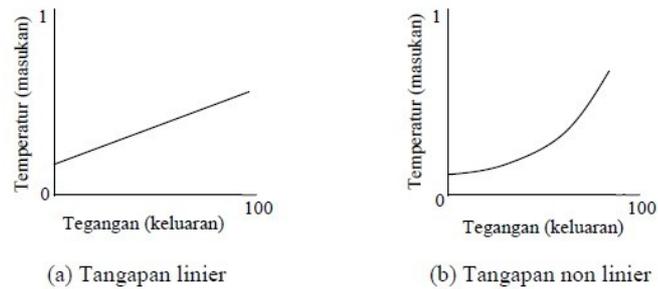
D Sharon, dkk (1982), mengatakan sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya.

2.1.1 Karakteristik Sensor

Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini : (D Sharon, dkk, 1982).

1. Linearitas Sensor

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinyu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik.



Gambar 2.1 (a) Tangapan linier (b) Tangapan non linier

Gambar diatas memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada gambar (a). memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada gambar (b). adalah tanggapan non-linier.

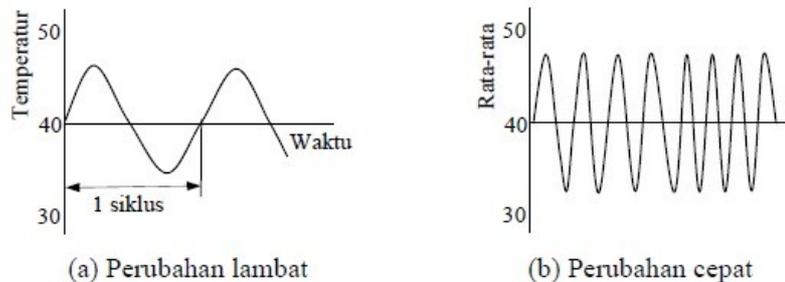
2. Sensitivitas Sensor

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan”. Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan “dua volt per derajat”, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan pada gambar (b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi dari pada temperatur yang rendah.

3. Tanggapan Waktu Sensor (Respon Time)

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Sebagai contoh, instrumen dengan tanggapan frekuensi yang jelek adalah sebuah termometer merkuri. Masukannya adalah temperatur dan keluarannya adalah posisi merkuri. Misalkan perubahan

temperatur terjadi sedikit demi sedikit dan kontinyu terhadap waktu, seperti tampak pada Gambar (a) berikut.



Gambar 2.2 (a) Perubahan lambat (b) Perubahan cepat

Frekuensi adalah jumlah siklus dalam satu detik dan diberikan dalam satuan hertz (Hz). { 1 hertz berarti 1 siklus per detik, 1 kilohertz berarti 1000 siklus per detik}. Pada frekuensi rendah, yaitu pada saat temperatur berubah secara lambat, termometer akan mengikuti perubahan tersebut dengan “setia”. Tetapi apabila perubahan temperatur sangat cepat lihat Gambar (b) maka tidak diharapkan akan melihat perubahan besar pada termometer merkuri, karena ia bersifat lamban dan hanya akan menunjukkan temperatur rata-rata. Ada bermacam cara untuk menyatakan tanggapan frekuensi sebuah sensor. Misalnya “satu milivolt pada 500 hertz”. Tanggapan frekuensi dapat pula dinyatakan dengan “decibel (db)”, yaitu untuk membandingkan daya keluaran pada frekuensi tertentu dengan daya keluaran pada frekuensi referensi.

2.1.2 Klasifikasi Sensor

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu:

1. Sensor Thermal (Sensor Suhu)



Gambar 2.3 Sensor Thermal

Sensor thermal adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperature/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Contohnya; bimetal, termistor, termokopel, RTD, photo transistor, photo dioda, photo multiplier, photovoltaik, infrared pyrometer, hygrometer, dsb.

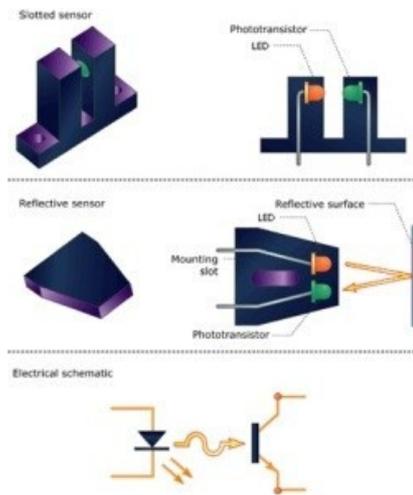
2. Sensor Mekanis

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level dsb. Contoh; strain gage, *linear variable deferential transformer (LVDT)*, *proximity*, *potensiometer*, *load cell*, *bourdon tube*, dsb.



Gambar 2.4 sensor mekanis

3. Sensor Optik (Sensor Cahaya)

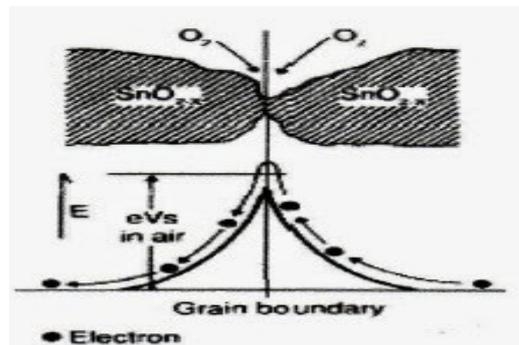


Gambar 2.5 sensor optik

Sensor optik atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan. Contoh; *photo cell*, *photo transistor*, *photo diode*, *photo voltaic*, *photo multiplier*, *pyrometer optic*, dsb.

2.1.3 Sensor Gas

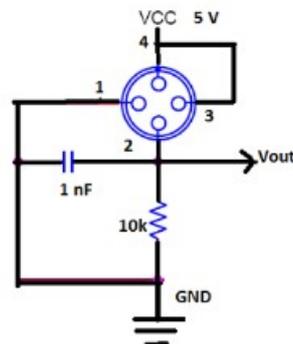
Sensor gas adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara, seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan lain-lain. Sudah semakin banyak dipasaran telah beredar pengindra gas semikonduktor. Tentunya dibedakan oleh sensitivitas sensor tersebut, semakin mahal 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.



Gambar 2.6 Ilustrasi penyerapan O₂ oleh sensor gas

Sensor gas secara umum mendeteksi perubahan kimiawi yang terjadi dalam ruangan sensor tersebut, sehingga biasanya sensor seperti ini ditempatkan pada ruangan tertutup. Prinsip kerja sensor gas secara umum adalah terbentuknya tegangan permukaan yang terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.1.

2.1.4 Rangkaian tambahan sensor gas TGS



Gambar 2.7 Circuit Sensor Gas

2.2 Sensor Ultrasonik

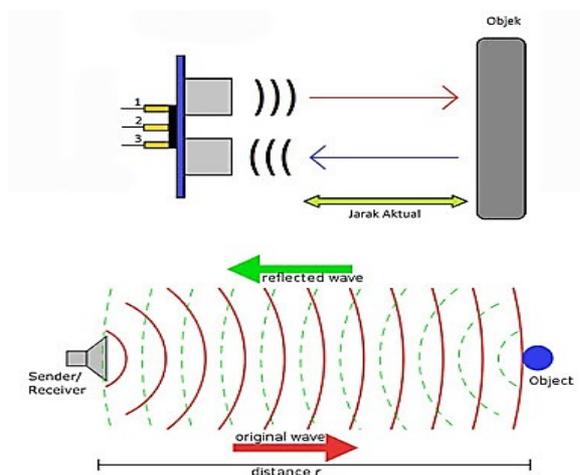
Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi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

oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa 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.

2.2.1 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 2.8 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.

2.2.2 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.

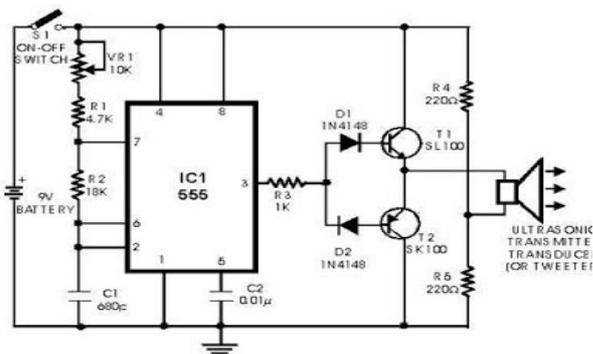
Dalam bidang industri, gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keretakan pada logam, meratakan campuran besi dan timah, meratakan campuran susu agar homogen, mensterilkan makanan yang diawetkan dalam kaleng, dan membersihkan benda-benda yang sangat halus. Gelombang ultrasonik juga bisa digunakan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

2.2.3. Rangkaian Sensor Ultrasonik

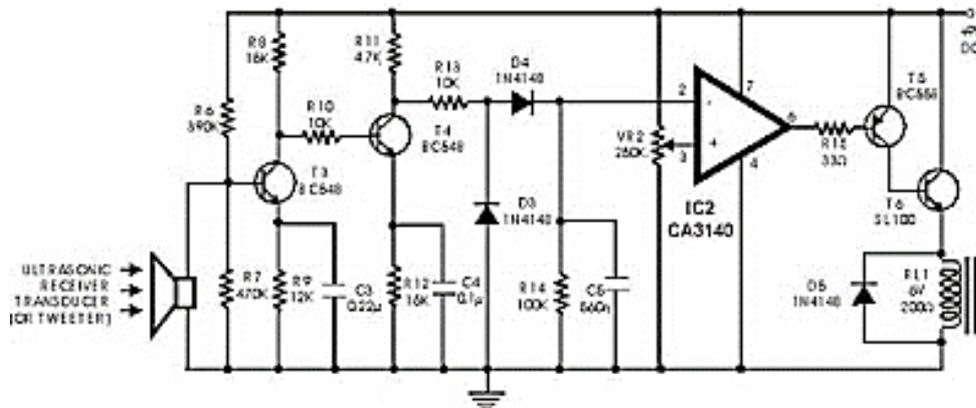
Piezoelektrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Bahan piezoelektrik adalah material yang memproduksi medan listrik ketika dikenai regangan atau tekanan mekanis. Sebaliknya, jika medan listrik diterapkan, maka material tersebut akan mengalami regangan atau tekanan mekanis. 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 kelebihanannya 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 2.9 Rangkaian Dasar Dari Transmitter
Ultrasonik

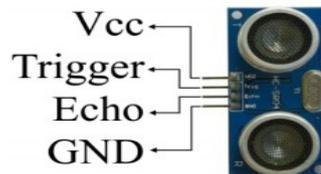
Selain transmitter, didalam sebuah sensor ultrasonik terdapat receiver. Receiver terdiri dari transduser ultrasonik menggunakan bahan piezoelektrik, yang berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari transmitter yang dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung LOS (*Line 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 2.10 Rangkaian Dasar Receiver Sensor Ultrasonik

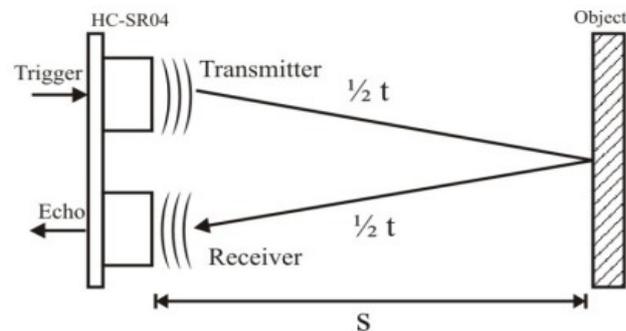
2.2.4. Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak antara penghalang dan sensor. Konfigursai pin dan tampilan sensor HC-Sr04 dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin dan Tampilan Sensor Ultrasonic HC-SR04

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 2.7.



Gambar 2.12 Prinsip Kerja HC-SR04

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 2.4.

$$S = \frac{V \cdot t}{2} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana:

s = Jarak antara sensor dengan objek (m)

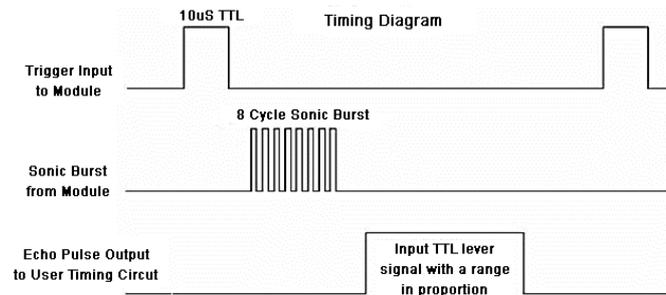
v = cepat rambat gelombang (340 m/s)

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 $0,3 \text{ cm}$, 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 $10 \mu\text{s}$ 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 2.1 untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek. *Timing diagram* pengoperasian sensor ultrasonik HC-SR04 diperlihatkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.13 *Timing Diagram* Pengoperasian Sensor Ultrasonik HC-SR04

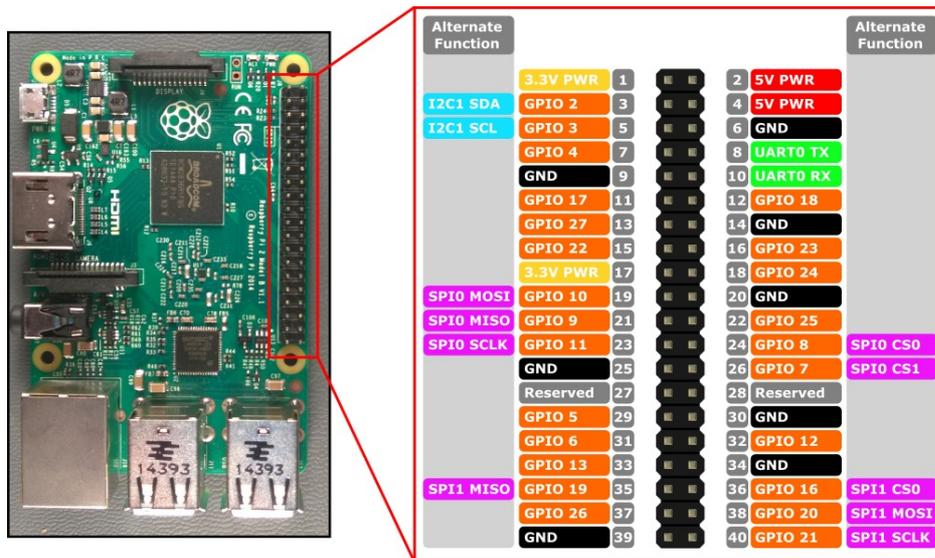
2.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi atau Raspi adalah komputer kecil seukuran sebuah kartu kredit, Raspberry Pi memiliki prosesor, RAM dan port hardware yang khas yang bisa anda temukan pada banyak komputer. Ini berarti, Anda dapat melakukan banyak hal seperti pada sebuah komputer desktop. Anda dapat melakukan seperti mengedit dokumen, memutar video HD, bermain game, coding dan banyak lagi. Raspberry Pi (juga dikenal sebagai RasPi) adalah sebuah SBC (*Single Board Computer*) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah.

Sangat jelas sekali, Raspi tidak akan memiliki kekuatan atau tidak se-powerfull seperti desktop PC. tapi karena harganya yang jauh lebih murah maka kita bisa mengoprek dan memodifikasi tanpa memikirkan costnya. Raspberry Pi juga bagus dalam melakukan banyak hal yang tidak membutuhkan komputer mahal untuk membuatnya. seperti berjalan sebagai NAS (*Network Attached Storage*), *web server*, *router*, *media center*, *TorrentBox* dan masih banyak lagi. Sistem operasi utama untuk Pi adalah Raspbian OS dan didasarkan dari Debian

(*based on debian*). Ini adalah distribusi Linux sehingga Anda mungkin akan merasa sedikit berbeda jika Anda sering menggunakan komputer Windows.

Meskipun sistem operasi yang didukung utama adalah Raspbian Anda juga dapat menginstal sistem operasi lain seperti Ubuntu core dan Ubuntu mare, Pirate OS, OSMC, RIS OS, Windows 10 IOT dan banyak lagi. Raspberry Pi menggunakan system on a chip (*SoC*) dari Broadcom BCM2835, juga sudah termasuk prosesor ARM1176JZF-S 700 MHz, GPU VideoCore IV dan RAM sebesar 256 MB (untuk Rev. B). Tidak menggunakan *hard disk*, namun menggunakan SD Card untuk proses *booting* dan penyimpanan data jangka panjang.



Gambar 2.14 Konfigurasi pin pada Raspberry Pi3

2.4 Arduino

2.4.1 Sejarah Arduino

Proyek arduino berawal dilvire, italia pada tahun 2005. Sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartiellez.

Arduino adalah pengendali *mikro single-board* yang bersifat *open-source*, yang di turunkan dari *wiring platform*, yang di rancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwernya memiliki prosesor atmel AVR dan softwernya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

- 1 Secara software -> *Open source IDE* yang digunakan untuk *mendevlop* aplikasi mikrokontroller yang berbasis *arduino platform*.
- 2 Secara Hardware -> *Single board mikrokontroller* yang bersifat *open source hardware* yang dikembangkan untuk *arsitektur mikrokontroller* AVR 8 bit dan ARM 32 bit.

Dari ke3 pengertian diatas , dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip *mikrokontroller* dengan jenis AVR. Mikrokontroller itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated Circuit*). Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik

dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* seperti yang diinginkan. Jadi, mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik.

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik sekeliling kita, misalnya Handphone, MP3 Player, DVD, Televisi, AC, dll. Mikrokontroler juga dapat mengendalikan robot. Karena komponen utama arduino adalah mikrokontroler maka arduino dapat digunakan alternatif sesuai kebutuhan kita.

Arduino memiliki kelebihan dibandingkan dengan perangkat kontroler lainnya diantaranya adalah :

- 1 Tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari alternatif.
- 2 Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
- 3 Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya *shield GPS, Ethernet*, dll.

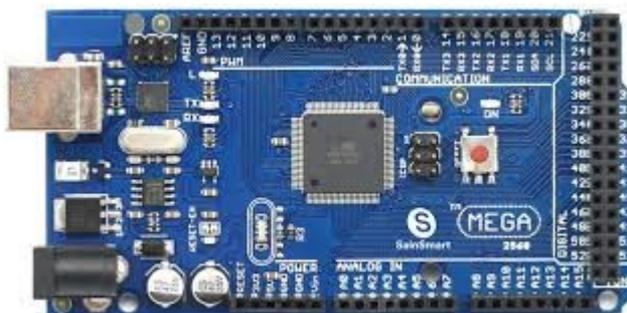
Arduino sendiri telah mengeluarkan bermacam-macam produk dan tipe sesuai dengan kebutuhan para perancang elektronik. Macam-macam arduino tersebut diciptakan berdasarkan *skill* dan keahlian para perancang sampai dimana kemahirannya dalam menggunakan perangkat arduino itu sendiri mulai dari segi pemrograman, dari segi elektronik, dan dari segi seberapa luas pengaplikasiannya terhadap perangkat elektronik. Jenis-jenis arduino tersebut, diantaranya adalah :

- a) Arduino UNO
- b) Arduino MEGA
- c) Arduino Yun
- d) Arduino Esplora
- e) Arduino Lilypad
- f) Arduino Pro Mini
- g) Arduino Nano
- h) Arduino Fio
- i) Arduino Due

Dari berbagai macam jenis arduino yang telah dijelaskan, salah satu arduino yang paling banyak digunakan adalah Arduino Mega, karena di buat dan dirancang untuk pengguna pemula atau yang baru mengenal yang namanya Arduino.

2.4.2 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.



Gambar 2.15 Arduino Mega 2560

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*

Tabel 2.1 Input dan Output (I/O) Arduino Mega2560

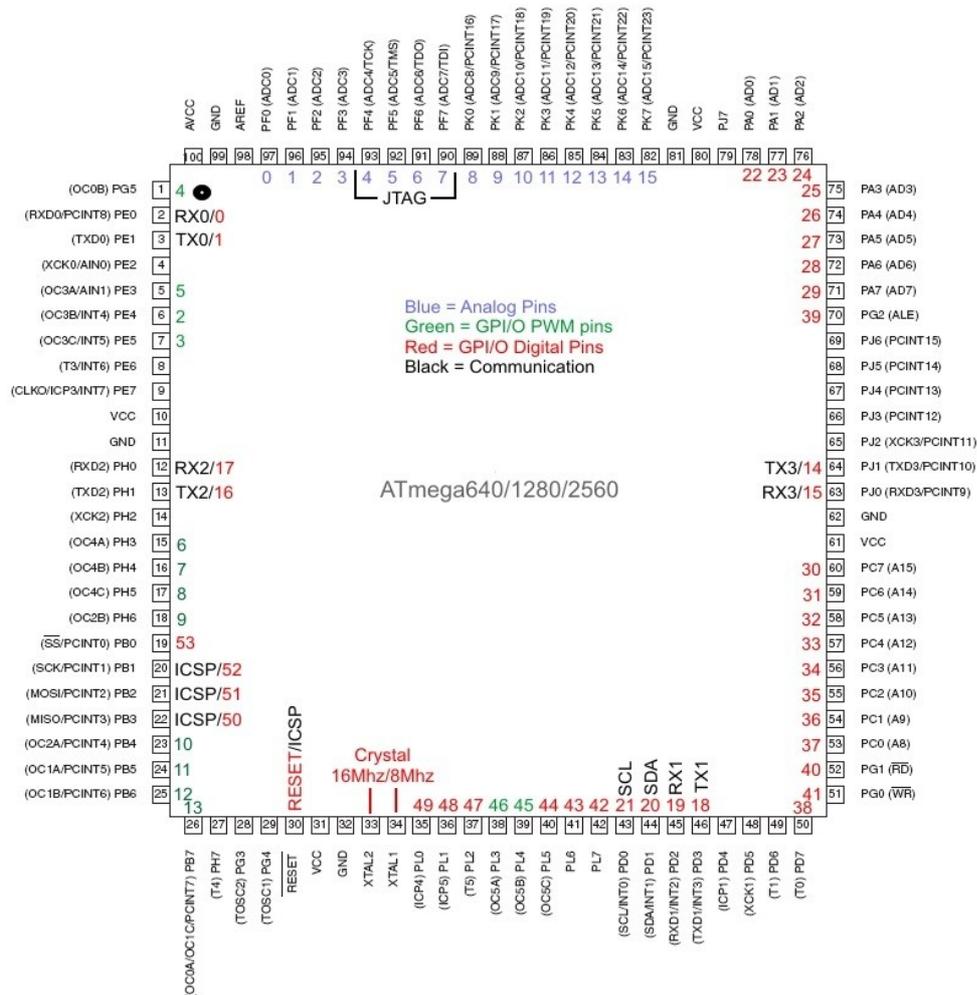
Pin Number	Pin Name	Mapped Pin Name
1	PG5 (OC0B)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)

3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0/AIN0)	
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	
9	PE7 (CLK0/ICP3/INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)
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)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	
28	PG3 (TOSC2)	
29	PG4 (TOSC1)	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Digital pin 49
36	PL1 (ICP5)	Digital pin 48
37	PL2 (T5)	Digital pin 47
38	PL3 (OC5A)	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Digital pin 44 (PWM)
41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
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)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	Digital pin 38
51	PG0 (WR)	Digital pin 41
52	PG1 (RD)	Digital pin 40

53	PC0 (A8)	Digital pin 37
54	PC1 (A9)	Digital pin 36
55	PC2 (A10)	Digital pin 35
56	PC3 (A11)	Digital pin 34
57	PC4 (A12)	Digital pin 33
58	PC5 (A13)	Digital pin 32
59	PC6 (A14)	Digital pin 31
60	PC7 (A15)	Digital pin 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (PCINT 15)	
70	PG2 (ALE)	Digital pin 39
71	PA7 (AD7)	Digital pin 29
72	PA6 (AD6)	Digital pin 28
73	PA5 (AD5)	Digital pin 27
74	PA4 (AD4)	Digital pin 26
75	PA3 (AD3)	Digital pin 25
76	PA2 (AD2)	Digital pin 24
77	PA1 (AD1)	Digital pin 23
78	PA0 (AD0)	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Analog pin 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Analog pin 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Analog pin 13
85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Analog pin 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Analog pin 11
87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Analog pin 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Analog pin 9
89	PK0 (ADC8/PCINT16)	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6)	Analog pin 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Analog pin 5
93	PF4 (ADC4/TMK)	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

2.4.3 Pemetaan PIN Chip ATmega 2560

Dibawah ini pemetaan pin chip ATmega2560 pada Arduino Mega2560:



Gambar 2.16 Pemetaan PIN Chip Atmega2560

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- 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.
- 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 2.2 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 berubah nilai.

Tabel 2.3 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 2.4 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:

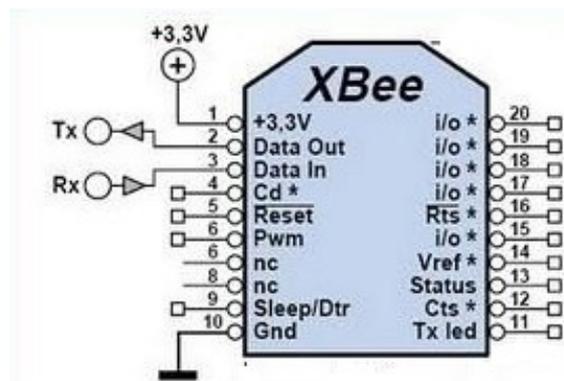
- l) AREF: Referensi tegangan untuk *input* Digunakan dengan fungsi *Analog Reference()*.
- m) RESET: Jalur *LOW* ini digunakan untuk *me-reset* (menghidupkan ulang) *microcontroller*. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama Arduino.

2.5 Modul Xbee

XBee adalah modul yang memungkinkan Arduino dapat berkomunikasi secara nirkabel menggunakan protokol ZigBee. XBee mendukung komunikasi *point-to-point* atau *multipoint* tanpa *routing*, sehingga XBee dapat berkomunikasi menggunakan radio tanpa konfigurasi sebelumnya. Xbee dengan *ZB Firmwares* dirancang untuk membentuk jaringan topologi *star*, *cluster tree* atau *mesh*, dimana disetiap hirarki terdapat *end device* dan *router* serta satu koordinator yang harus selalu ada. XBee memungkinkan berkomunikasi secara nirkabel dengan jangkauan 30 meter (*indoor*) dan 100 meter (*outdoor*).

Modul RF XBee / XBee-Pro terhubung dengan perangkat *host* melalui *logic-level asynchronous serial port*. Melalui port serial, modul dapat berkomunikasi dengan logika dan tegangan yang kompatibel UART atau melalui *translator* ke perangkat serial seperti RS-232 atau USB *interface board*. *Device* yang memiliki *interface* UART dapat terhubung langsung pada pin RF. XBee merupakan modul RF yang didesain dengan standardprotocol IEEE 802.15.4 dan sesuai dengan kebutuhan sederhana untuk jaringan wireless. Kelebihan utama yang menjadikan XBee sebagai komunikasi serial nirkabel karena XBee memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu hanya 3,3 V dan beroperasi pada rentang frekuensi 2,4 GHz. Dalam melakukan komunikasi dengan perangkat lainnya Xbee mampu melakukan komunikasi dengan dua macam komunikasi yang berbeda, tergantung dari perangkat apa yang dihubungkan dengan modul Xbee. Komunikasi dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan wireless dan

komunikasi secara serial. Komunikasi XBee dilakukan secara serial, dimana komunikasi serial merupakan komunikasi data dengan pengiriman data secara satu per satu dengan menggunakan satu jalur kabel data. Sehingga komunikasi serial hanya menggunakan 2 kabel data yaitu kabel data untuk pengiriman yang disebut *transmit* (Tx) dan kabel data untuk penerimaan yang disebut *receive* (Rx). Kelebihan dari komunikasi serial adalah jarak pengiriman dan penerimaan dapat dilakukan dalam jarak yang cukup jauh dibandingkan dengan komunikasi parallel tetapi kekurangannya adalah kecepatan lebih lambat daripada komunikasi parallel, untuk saat ini sedang dikembangkan teknologi serial baru yang dinamakan USB (*Universal Serial Bus*) yang memiliki kecepatan pengiriman dan penerimaan data lebih cepat disbanding serial biasa.



Gambar 2.17 Modul Xbee S2

2.5.1 Konfigurasi Pin RF Module Xbee

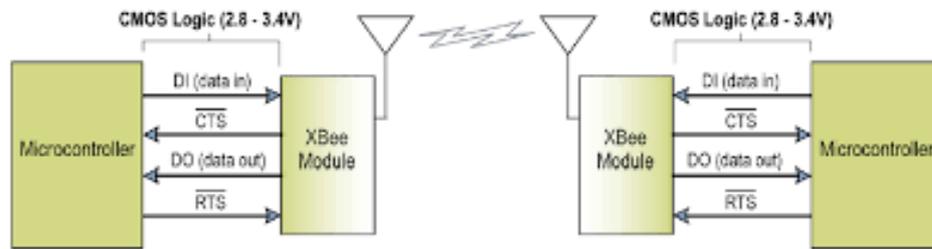
Tabel 2.5 Konfigurasi Pin RF Module Xbee

Pin	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	Modul Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0/RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do Not Connected
9	DTR/SLEEP_RQ/DI8	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	Modul 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

2.5.2 Prinsip kerja modul Xbee

Prinsip kerja modul Xbee dapat dilihat pada gambar berikut:

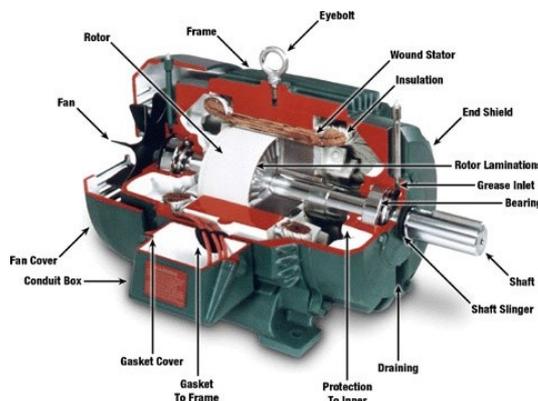


Gambar 2.18 Ilustrasi Prinsip Kerja Modul Xbee

Dari ilustrasi di atas dapat dilihat bahwa pin-pin Tx dan Rx dari mikrokontroler dapat dikoneksikan langsung ke pin DIN dan DOUT pada zigbee. Data yang masuk ke zigbee melalui DIN akan disimpan terlebih dahulu di DI Buffer dan RF TX Buffer sebelum ditransmisikan via port antenna menuju zigbee lainnya. Begitu juga sebaliknya dengan data yang diterima melalui port antenna.

2.6 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 berubahubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak balik.



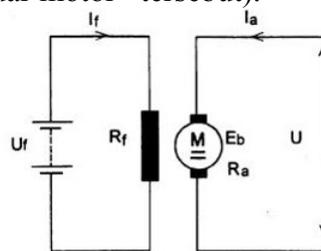
Gambar 2.19 Bagian-bagian Motor DC

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. Satu 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 angker dinamo. Angker dynamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

2.6.1 Jenis-jenis Motor DC

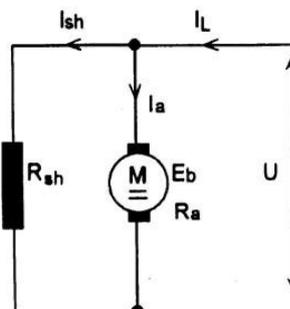
1. Motor arus searah penguat terpisah, (jika arus penguat magnet diperoleh dari sumber arus searah di luar motor tersebut).



Gambar 2.20 Rangkaian Motor Arus Searah Penguat Terpisah.

Pada motor penguat terpisah, kumparan medan dihubungkan dengan sumber sendiri dan terpisah dengan tegangan angker. (Gambar 2.20)

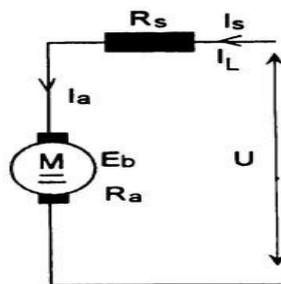
2. Motor arus searah dengan penguat sendiri, (jika arus penguat magnet diperoleh dari motor itu sendiri). Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar, motor arus searah dibedakan menjadi:
 - a. Motor shunt. Mempunyai kecepatan hampir konstan. Pada tegangan jepit konstan, motor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



Gambar 2.21 Rangkain Motor Shunt

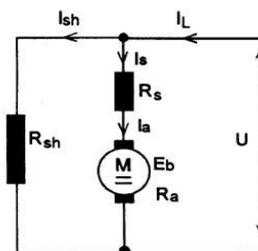
Pada motor penguat shunt, kumparan medan dihubungkan paralel dengan angker. (Gambar 2.21)

- b. Motor Seri. Merupakan motor arus searah yang mempunyai putaran kecepatan yang tidak konstan, jika beban tinggi maka putaran akan lambat. (Gambar 2.22)



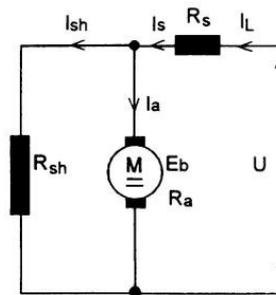
Gambar 2.22 Rangkaian Motor Seri

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



Gambar 2.23 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 2.23)



Gambar 2.24 Rangkain Motor Kompon Pendek

Motor kompon mempunyai dua buah kumparan medan dihubungkan seri dan paralel dengan anker. Bila motor shunt diberi tambahan penguat seri seperti Gambar 2.24 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 anker), 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.

2.7 Driver motor

Driver motor merupakan bagian yang berfungsi untuk menggerakkan Motor DC dimana perubahan arah motor DC tersebut bergantung dari nilai tegangan yang diinputkan pada input dari driver itu sendiri. Atau bisa didefinisikan sebagai piranti yang bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur arah putaran motor maupun kecepatan putar motor. Driver motor berfungsi sebagai piranti yang bertugas untuk menjalankan motor baik mengatur

arah putaran motor maupun kecepatan putar motor. Macam driver motor diantaranya:

1. Driver Kontrol Tegangan

Dengan driver motor kontrol tegangan menggunakan level tegangan secara langsung untuk mengatur kecepatan dari putaran motor.

2. Driver PWM

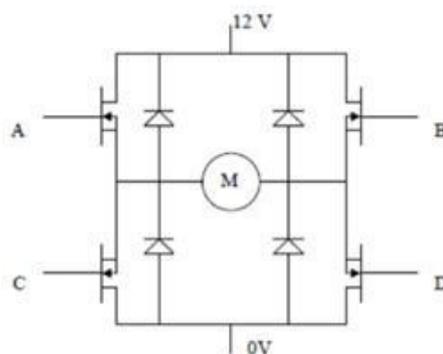
Dengan kontrol PWM kita dapat mengatur kecepatan motor dengan memberikan pulsa dengan frekwensi yang tetap ke motor, sedangkan yang digunakan untuk mengatur kecepatan adalah duty cycle dari pulsa yang diberikan.

3. Driver Bridge

Driver type H digunakan untuk mengontrol putaran motor yang dapat diatur arah putarannya CW (searah jarum jam) maupun CCW (berlawanan jarum jam). Driver ini pada dasarnya menggunakan 4 buah transistor untuk switching (saklar) dari putaran motor dan secara bergantian untuk membalik polaritas dari motor.

Teori H-Bridge MOSFET:

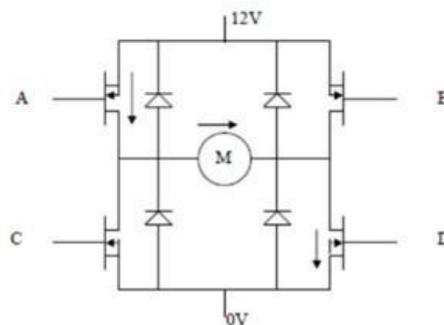
H-bridge adalah sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor. Rangkaian ini diberi nama *H-bridge* karena bentuk rangkaiannya yang menyerupai huruf H seperti pada Gambar berikut.



Gambar 2.25 Konfigurasi *H-Bridge* MOSFET

Konfigurasi *H-Bridge* MOSFET

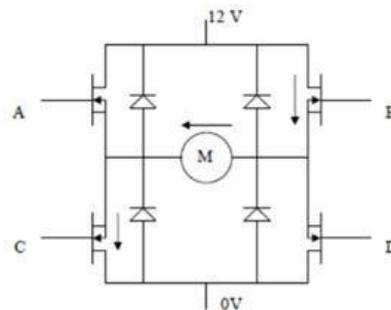
Rangkaian ini terdiri dari dua buah MOSFET kanal P dan dua buah MOSFET kanal N. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan mengatur mati-hidupnya ke empat MOSFET tersebut. Huruf M pada gambar adalah motor DC yang akan dikendalikan. Bagian atas rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub positif, sedangkan bagian bawah rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub negatif. Pada saat MOSFET A dan MOSFET D *on* sedangkan MOSFET B dan MOSFET C *off*, maka sisi kiri dari gambar motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya, sedangkan sisi sebelah kanan motor akan terhubung dengan kutub negatif dari catu daya sehingga motor akan bergerak searah jarum jam dijelaskan pada Gambar berikut.



Gambar 2.26 *H-bridge* Konfigurasi *MOSFET A&D on, B&C off*

H-bridge konfigurasi *MOSFET A&D on, B&C off*

Sebaliknya, jika MOSFET B dan MOSFET C *on* sedangkan MOSFET A dan MOSFET D *off*, maka sisi kanan motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya sedangkan sisi kiri motor akan terhubung dengan kutub negatif dari catu daya. Maka motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam dijelaskan pada Gambar berikut.



Gambar 2.27 *H-bridge* Konfigurasi MOSFET A&D off, B&C on

H-bridge konfigurasi MOSFET A&D off, B&C on

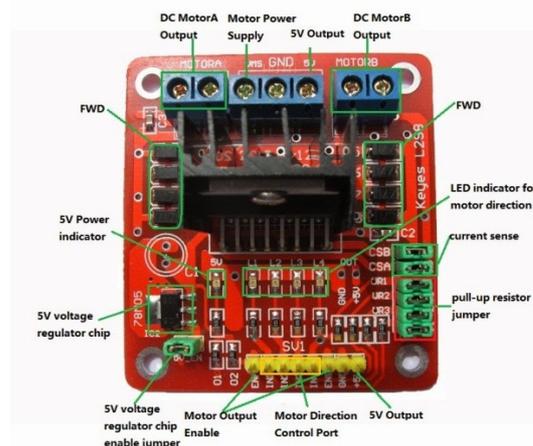
Konfigurasi lainnya adalah apabila MOSFET A dan MOSFET B sedangkan MOSFET C dan MOSFET D off. Konfigurasi ini akan menyebabkan sisi kiri dan kanan motor terhubung pada kutub yang sama yaitu kutub positif sehingga tidak ada perbedaan tegangan diantara dua buah polaritas motor, sehingga motor akan diam. Konfigurasi seperti ini disebut dengan konfigurasi *break*. Begitu pula jika MOSFET C dan MOSFET D saklar on, sedangkan MOSFET A dan MOSFET C off, kedua polaritas motor akan terhubung pada kutub negatif dari catu daya. Maka tidak ada perbedaan tegangan pada kedua polaritas motor, dan motor akan diam. Konfigurasi yang harus dihindari adalah pada saat MOSFET A dan MOSFET C on secara bersamaan atau MOSFET B dan MOSFET D on secara bersamaan. Pada konfigurasi ini akan terjadi hubungan arus singkat antara kutub positif catu daya dengan kutub negatif catu daya.

Tabel 2.6 Konfigurasi Pengujian *H-bridge* MOSFET

A	B	C	D	AKSI
1	0	0	1	Motor berputar searah jarum jam
0	1	1	0	Motor berputar berlawanan arah jarum jam
0	0	0	0	Bebas
0	0	1	1	Pengereman
1	1	0	0	Pengereman

2.7.1 Driver Motor DC L293D

Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D merupakan rangkaian penggerak motor DC H-Bridge yang sangat sederhana dan dapat digunakan untuk mengontrol 2 unit motor DC secara PWM maupun dengan logika TTL. Rangkaian Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D menjadi sangat sederhana karena menggunakan IC L293D yang didesain khusus sebagai driver motor DC H-Bridge dengan 2 unit rangkaian kontrol motor DC dalam 1 IC yang independen. Untuk membuat driver motor DC dengan teknik H-Bridge menggunakan IC L293D seperti pada artikel “Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D” ini dapat dirakit pada PCB yang kecil.



Gambar 2.28 Konfigurasi PIN Driver Motor DC L293d

Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D dapat digunakan untuk mengontrol 2 buah motor DC sekaligus. *Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D* ini dapat digunakan untuk mengendalikan motor DC secara kontinyu ataupun dengan teknik PWM. Rangkaian driver motor dc dalam artikel “Driver Motor DC H-Bridge Dengan IC L293D” ini hanya menggunakan IC L293D saja dan mampu mengendalikan motor DC dengan kapasitas arus hingga 1A untuk tiap unitnya. Konstruksi pin driver motor DC IC l293D adalah sebagai berikut

		IC1			
Enable 1	1	1-2EN	VCC1	16	Vcc Internal Voltage 5v
Input A1	2	1A	4A	15	Input B1
Output A1	3	1Y	4Y	14	Output B1
GND	4	GND1	GND3	13	GND
GND	5	GND2	GND4	12	GND
Output A1	6	2Y	3Y	11	Output B2
Input A2	7	2A	3A	10	Input B2
VSS Motor Supply	8	VCC2	3-4EN	9	Enable 2

L293D

Gambar 2.29 Pin IC L293D

IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan driver IC L293D dapat dihubungkan ke *ground* maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam driver L293D sistem driver yang digunakan adalah totem pool. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah driver motor DC yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat driver H-bridge untuk 2 buah motor DC

2.7.2 Fungsi Pin Driver Motor DC IC L293D

1. Pin EN (Enable, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengijinkan driver menerima perintah untuk menggerakkan motor DC.
2. Pin In (Input, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin input sinyal kendali motor DC
3. Pin Out (Output, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur output masing-masing driver yang dihubungkan ke motor DC
4. Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur input tegangan sumber driver motor DC, dimana VCC1 adalah jalur input sumber tegangan rangkaian kontrol dirver dan VCC2 adalah jalur input sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.
5. Pin GND (*Ground*) adalah jalu yang harus dihubungkan ke ground, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

2.8 Modulasi Lebar Pulsa (PWM)

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cylce*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi

yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty Cycle* merupakan representasi dari kondisi logika high dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%, sebagai contoh jika sinyal berada dalam kondisi high terus menerus artinya memiliki *duty cycle* sebesar 100%. Jika waktu sinyal keadaan high sama dengan keadaan low maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50%.

Aplikasi penggunaan PWM biasanya ditemui untuk pengaturan kecepatan motor dc, pengaturan cerah/redup LED, dan pengendalian sudut pada motor servo. Contoh penggunaan PWM pada pengaturan kecepatan motor dc semakin besar nilai *duty cycle* yang diberikan maka akan berpengaruh terhadap cepatnya putaran motor. Apabila nilai *duty cycle*-nya kecil maka motor akan bergerak lambat. Untuk membandingkannya terhadap tegangan DC, PWM memiliki 3 mode operasi yaitu :

1. Inverted Mode

Pada mode inverted ini jika nilai sinyal lebih besar dari pada titik pembandingan (*compare level*) maka output akan di set *high* (5v) dan sebaliknya jika nilai sinyal lebih kecil maka output akan di set *low* (0v) seperti pada gelombang A pada gambar di atas.

2. Non Inverted Mode

Pada mode non inverted ini output akan bernilai *high* (5v) jika titik pembandingan (*compare level*) lebih besar dari pada nilai sinyal dan sebaliknya jika bernilai *low* (0v) pada saat titik pembandingan lebih kecil dari nilai sinyal seperti pada gelombang B pada gambar di atas.

3. Toggle Mode

Pada mode toggle output akan beralih dari nilai *high* (5v) ke nilai *low* (0v) jika titik pembandingan sesuai dan sebaliknya beralih dari nilai *low* ke *high*.

2.9 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization adalah salah satu metode optimasi yang terinspirasi dari perilaku gerakan kawanan hewan seperti ikan (*school of fish*), hewan herbivor (*herd*), dan burung (*flock*) yang kemudian tiap objek hewan disederhanakan menjadi sebuah partikel. Suatu partikel dalam ruang memiliki posisi yang dikodekan sebagai vektor koordinat. Vektor posisi ini dianggap sebagai keadaan yang sedang ditempati oleh suatu partikel di ruang pencarian. Setiap posisi dalam ruang pencarian merupakan alternatif solusi yang dapat dievaluasi menggunakan fungsi objektif. Setiap partikel bergerak dengan kecepatan v .

Particle Swarm Optimization atau yang kita kenal dengan PSO menerapkan sifat masing-masing individu dalam satu kelompok besar. Kemudian menggabungkan sifat-sifat tersebut untuk menyelesaikan permasalahan. *Particle Swarm Optimization* pertama kali dimunculkan pada tahun 1995, sejak saat itulah para peneliti banyak menurunkan dan mengembangkan metode PSO. Ciri khas dari PSO adalah pengaturan kecepatan partikel secara *heuristik* dan *probabilistik*. Jika suatu partikel memiliki kecepatan yang konstan maka jika jejak posisi suatu partikel divisualisasikan akan membentuk garis lurus. Dengan adanya faktor eksternal yang membelokkan garis tersebut yang kemudian menggerakkan partikel dalam ruang pencarian maka diharapkan partikel dapat mengarah, mendekati, dan pada akhirnya mencapai titik optimal. Faktor eksternal yang dimaksud antara lain posisi terbaik yang pernah dikunjungi suatu partikel, posisi terbaik seluruh partikel (diasumsikan setiap partikel mengetahui posisi terbaik setiap partikel lainnya), serta faktor kreativitas untuk melakukan eksplorasi.

Particle Swarm Optimization memiliki kesamaan sifat dengan teknik komputasi seperti Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*). Sistem PSO diinisialisasi oleh sebuah populasi solusi secara acak dan selanjutnya mencari titik optimum dengan cara meng-update tiap hasil pembangkitan. Metode optimasi

yang didasarkan pada *swarm intelligence* ini disebut algoritma *behaviorally inspired* sebagai alternatif dari algoritma genetika, yang sering disebut *evolution-based procedures*. Dalam konteks optimasi multivariabel, kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu atau tetap dengan setiap partikel posisi awalnya terletak di suatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensi. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik: posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam ruang/*space* tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi bagusnya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut.

Sebagai contoh, misalnya perilaku burung-burung dalam kawanan burung. Meskipun setiap burung mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (*rule*) seperti berikut :

1. Seekor burung tidak berada terlalu dekat dengan burung yang lain
2. Burung tersebut akan mengarahkan terbangnya ke arah rata-rata keseluruhan burung
3. Akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi burung yang lain dengan menjaga sehingga jarak antar burung dalam kawanan itu tidak terlalu jauh dengan demikian perilaku kawanan burung akan didasarkan pada kombinasi dari 3 faktor simpel berikut:

1. Kohesi - terbang bersama
2. Separasi - jangan terlalu dekat
3. Penyesuaian(*alignment*) - mengikuti arah bersama

Jadi PSO dikembangkan dengan berdasarkan pada model berikut:

1. Ketika seekor burung mendekati target atau makanan (atau bisa minimum atau maximum suatu fungsi tujuan) secara cepat mengirim informasi kepada burung-burung yang lain dalam kawanan tertentu
2. Burung yang lain akan mengikuti arah menuju ke makanan tetapi tidak secara langsung

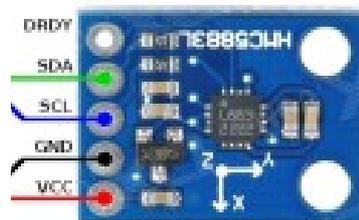
3. Ada komponen yang tergantung pada pikiran setiap burung, yaitu memorinya tentang apa yang

2.10 Kompas

Kompas adalah alat navigasi untuk menentukan arah berupa sebuah panah penunjuk magnetis yang bebas menyelaraskan dirinya dengan medan magnet bumi secara akurat. Kompas memberikan rujukan arah tertentu, sehingga sangat membantu dalam bidang navigasi. Arah mata angin yang ditunjuknya 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.

2.10.1 Kompas HMC5883

Modul Kompas GY-273 adalah sebuah modul yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin digital, atau juga disebut kompas digital. Modul ini menggunakan komponen utama berupa IC HMC5883 yang merupakan IC kompas digital 3 axis yang memiliki *interface* berupa 2 pin I2C.



Gambar 2.30 Konfigurasi PIN Kompas HMC5883

Modul ini memiliki 5 pin, diantaranya :

1. VCC (5V)

2. GND
3. SCL
4. SDA
5. DRDY

HMC5883 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.