

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Mikrokontroler

Mikrokontroler disebut juga MCU (*Micro Chip Unit*) atau μC adalah salah satu komponen elektronik atau IC yang memiliki beberapa sifat dan komponen seperti komputer, yaitu: CPU (*Central Processing Unit*) atau unit pemrosesan terpusat, memori kode, memori data, dan I/O (port untuk *input* dan *output*). Mikrokontroler merupakan *single chip computers* yang dapat digunakan untuk mengontrol sistem, disamping itu bentuknya yang kecil dan harganya yang murah sehingga dapat dicangkokkan (*embedded*) di dalam berbagai peralatan rumah tangga, kantor, industri atau robot (Ibrahim, 2006).

1. Gambaran Umum Mikrokontroler AVR ATmega168

ATmega168 adalah mikrokontroler keluaran Atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Complete Instruction Set Computer*).

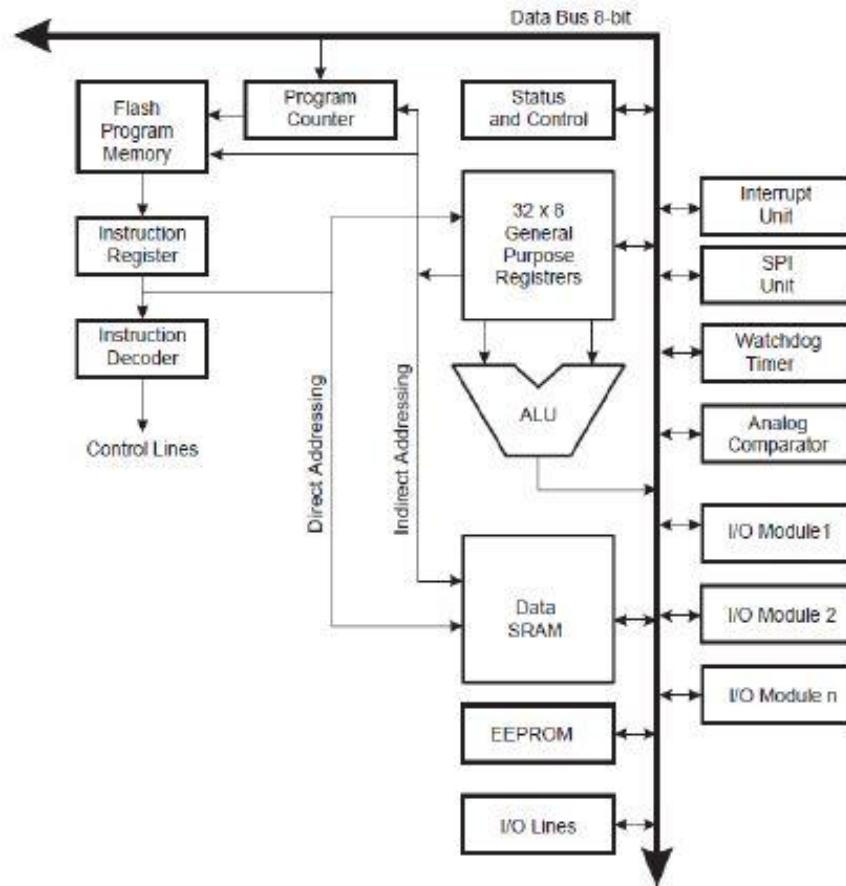
Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain:

- 130 macam instruksi yang hampir semua dieksekusi dalam satu siklus clock.
- 16x8 bit register serba guna.
- Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.

- 16 kB *Flash memory* dan 2 kB digunakan untuk *bootloader*.
- Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 kB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 1 kB.
- Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin, 6 diantaranya adalah PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
- Master/Slave SPI *Serial interface*.

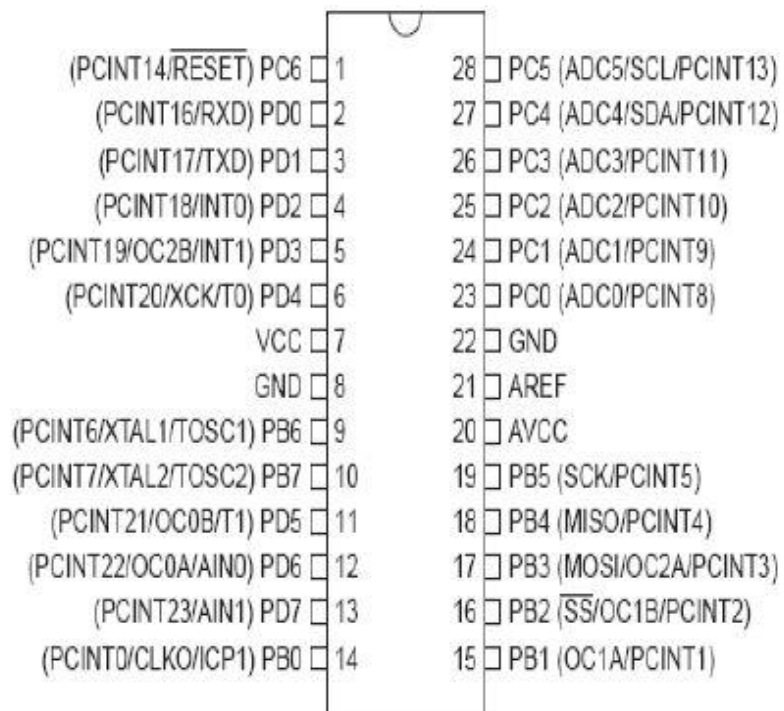
ATmega168 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data, sehingga dapat memaksimalkan kerja. Instruksi-instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi-instruksi dapat dieksekusi dalam satu siklus clock.

Berikut adalah tampilan arsitektur ATmega 168:



Gambar 2.1. Arsitektur ATmega 168 (Atmel-8271|-AVR ATmega Datasheet, 2014:9)

Mikrokontroler jenis ATmega 168 ini mempunyai beberapa konfigurasi PIN yang berguna sebagai peripheral. Konfigurasi PIN mikrokontroler jenis ATmega 168 ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Konfigurasi Pin ATmega168A (Atmel-8271|-AVR ATmega Datasheet, 2014:3)

ATMEGA 168 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORT B, PORT C, dan PORT D, dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai *input* dan *output* digital atau difungsikan sebagai peripheral lainnya. Berikut ini adalah konfigurasi ketiga PORT tersebut.

Tabel 2.1. Konfigurasi Port B

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2) PCINT7 (Pin Change Interrupt 7)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1) PCINT6 (Pin Change Interrupt 6)
PB5	SCK (SPI Bus Master clock Input) PCINT5 (Pin Change Interrupt 5)
PB4	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output) PCINT4 (Pin Change Interrupt 4)
PB3	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2A (Timer/Counter2 Output Compare Match A Output) PCINT3 (Pin Change Interrupt 3)
PB2	\overline{SS} (SPI Bus Master Slave select) OC1B (Timer/Counter1 Output Compare Match B Output) PCINT2 (Pin Change Interrupt 2)
PB1	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare Match A Output) PCINT1 (Pin Change Interrupt 1)
PB0	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Input) CLKO (Divided System Clock Output) PCINT0 (Pin Change Interrupt 0)

Sumber dari: Atmel-8271|-AVR-ATmega-Datasheet, 2014:82
(www.atmel.com), diakses pada tanggal 29 Januari 2015.

Tabel 2.2. Konfigurasi Port C

Port Pin	Alternate Function
PC6	RESET (Reset pin) PCINT14 (Pin Change Interrupt 14)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5) SCL (2-wire Serial Bus Clock Line) PCINT13 (Pin Change Interrupt 13)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (2-wire Serial Bus Data Input/Output Line) PCINT12 (Pin Change Interrupt 12)
PC3	ADC3 (ADC Input Channel 3) PCINT11 (Pin Change Interrupt 11)
PC2	ADC2 (ADC Input Channel 2) PCINT10 (Pin Change Interrupt 10)
PC1	ADC1 (ADC Input Channel 1) PCINT9 (Pin Change Interrupt 9)
PC0	ADC0 (ADC Input Channel 0) PCINT8 (Pin Change Interrupt 8)

Sumber dari: Atmel-8271|-AVR-ATmega-Datasheet, 2014:85
(www.atmel.com), diakses pada tanggal 29 Januari 2015.

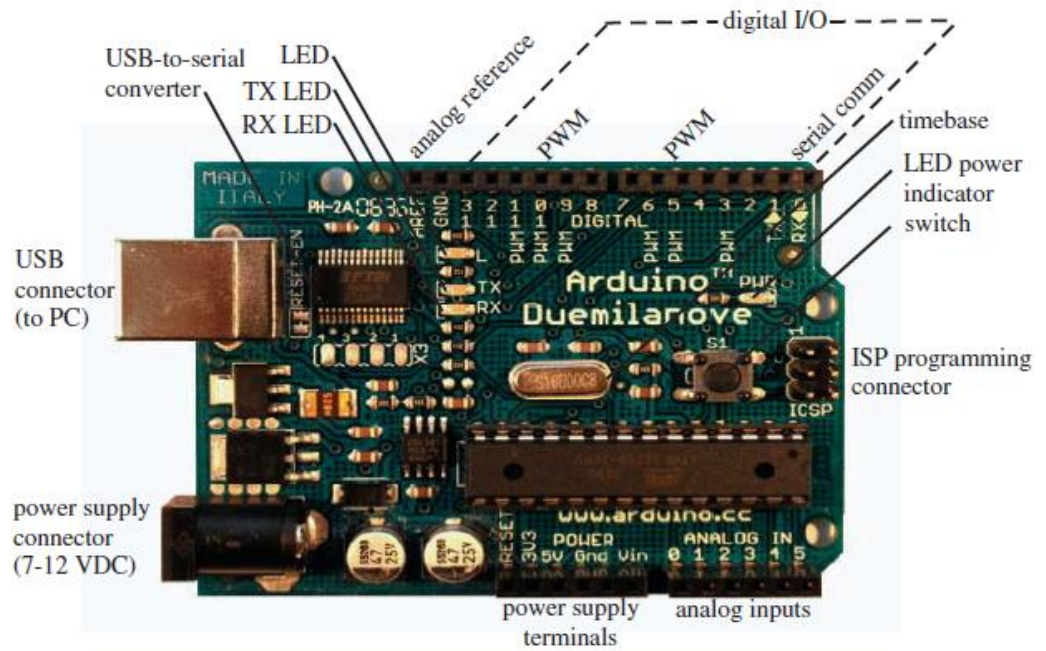
Tabel 2.3. Konfigurasi Port D

Port Pin	Alternate Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) PCINT23 (Pin Change Interrupt 23)
PD6	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) OC0A (Timer/Counter0 Output Compare Match A Output) PCINT22 (Pin Change Interrupt 22)
PD5	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input) OC0B (Timer/Counter0 Output Compare Match B Output) PCINT21 (Pin Change Interrupt 21)
PD4	XCK (USART External Clock Input/Output) T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input) PCINT20 (Pin Change Interrupt 20)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input) OC2B (Timer/Counter2 Output Compare Match B Output) PCINT19 (Pin Change Interrupt 19)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input) PCINT18 (Pin Change Interrupt 18)
PD1	TXD (USART Output Pin) PCINT17 (Pin Change Interrupt 17)
PD0	RXD (USART Input Pin) PCINT16 (Pin Change Interrupt 16)

Sumber dari: Atmel-8271|-AVR-ATmega-Datasheet, 2014:88
(www.atmel.com), diakses pada tanggal 29 Januari 2015.

2. Arduino

Arduino adalah *platform* pembuatan prototipe elektronik bersifat *open-source-hardware* berdasarkan perangkat keras serta perangkat lunak. Arduino merupakan sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega168. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu *men-support* mikrokontroler yang dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB (Maik, 2011:24-29).



Gambar 2.3 Board Arduino Duemilanove (Barrett, 2010:4).

Arduino memiliki spesifikasi sebagaimana diterangkan dalam Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4. Spesifikasi Arduino

Nama	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328, ATmega168
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	(7-12) V
Batas tegangan input	(6-20) V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA

Memori Flash	16 kB (ATmega168) atau 32 kB (ATmega328) dimana 2 kB digunakan sebagai <i>bootloader</i>
SRAM	1 kB (ATmega168) atau 2 kB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) atau 1 kB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Sumber dari: www.arduino.cc diakses pada tanggal 5 September 2015

3. Pin Masukan dan Keluaran Arduino Duemilanove

Masing-masing dari 14 pin digital Arduino Duemilanove dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()* dan *digitalRead()*. Setiap pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin mampu menerima atau menghasilkan arus maksimum sebesar 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (diputus secara *default*) sebesar (20-30) k Ω . Beberapa pin masukan digital yang memiliki kegunaan khusus yaitu (Brian, 2011: 61-63):

- Komunikasi serial: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX), digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data secara serial.
- *External Interrupt*: pin 2 dan pin 3, pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interrupt pada nilai rendah, sisi naik atau turun, atau pada saat terjadi perubahan nilai.

- *Pulse-width modulation* (PWM): pin 3,5,6,9,10 dan 11, menyediakan keluaran PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- *Serial Peripheral Interface* (SPI): pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) dan 13 (SCK); pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI library*.
- LED: pin 13, terdapat *built-in* LED yang terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai *HIGH* maka LED menyala, sebaliknya ketika pin bernilai *LOW* maka LED akan padam.

4. Sumber Daya dan Pin Tegangan Arduino Duemilanove

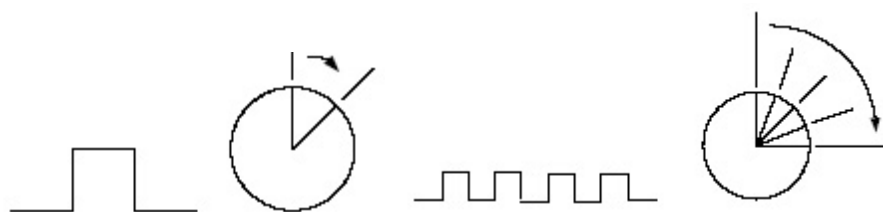
Arduino Duemilanove dapat diberi daya melalui koneksi USB (*Universal Serial Bus*) atau melalui *power supply* eksternal. Jika Arduino Duemilanove dihubungkan ke kedua sumber daya tersebut secara bersamaan, maka Arduino Duemilanove akan memilih salah satu sumber daya secara otomatis untuk digunakan. *Power supply* eksternal (yang bukan melalui USB) dapat berasal dari adaptor AC ke DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan ke soket power pada Arduino Duemilanove. Jika menggunakan baterai, ujung kabel yang dihubungkan ke baterai dimasukkan ke dalam pin GND dan Vin yang berada pada konektor POWER.

Arduino Duemilanove dapat beroperasi pada tegangan 6 sampai 20 volt. Jika Arduino Duemilanove diberi tegangan di bawah 7 volt, maka

pin 5V akan menyediakan tegangan di bawah 5 volt dan Arduino Duemilanove mungkin bekerja tidak stabil. Jika diberikan tegangan melebihi 12 volt, penstabil tegangan kemungkinan akan menjadi terlalu panas dan merusak Arduino Duemilanove. Tegangan rekomendasi yang diberikan ke Arduino Duemilanove berkisar antara 7 sampai 12 volt.

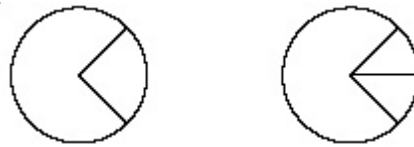
B. Motor Stepper

Motor *stepper* adalah motor listrik yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital, bukan dengan memberikan tegangan yang terus-menerus. Deretan pulsa diterjemahkan menjadi putaran *shaft*, dimana setiap putaran membutuhkan jumlah pulsa tertentu. Satu pulsa menghasilkan satu kenaikan putaran atau *step*, yang merupakan bagian dari satu putaran penuh. Oleh karena itu, perhitungan jumlah pulsa dapat diterapkan untuk mendapatkan jumlah putaran yang diinginkan. Perhitungan pulsa secara otomatis menunjukkan besarnya putaran yang telah dilakukan, tanpa memerlukan informasi balik (*feedback*).



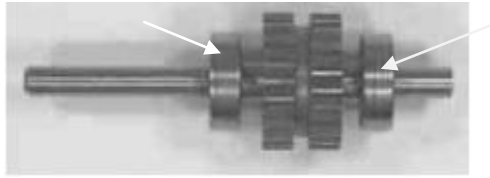
Gambar 2.4. Jumlah pulsa mewakili jumlah putaran

Ketepatan kontrol gerak motor *stepper* terutama dipengaruhi oleh jumlah *step* tiap putaran. Semakin banyak jumlah *step*, semakin tepat gerak yang dihasilkan. Untuk ketepatan yang lebih tinggi, beberapa *driver* motor *stepper* membagi *step* normal menjadi setengah *step* (*half step*) atau mikro *step*.



Gambar 2.5. *Step* normal dibagi menjadi 2 (*half step*)

Motor *stepper* tersusun atas rotor, stator, *bearing*, *casing* dan sumbu. Sumbu merupakan pegangan dari rotor dimana sumbu merupakan bagian tengah dari rotor, sehingga ketika rotor berputar sumbu ikut berputar. Stator memiliki dua bagian yaitu pelat inti dan lilitan. Plat inti dari motor *stepper* ini biasanya menyatu dengan *casing*. *Casing* motor *stepper* terbuat dari aluminium dan ini berfungsi sebagai dudukan *bearing* dan stator pemegangnya adalah baut sebanyak empat buah. Motor *stepper* memiliki dua buah *bearing* yaitu *bearing* bagian atas dan *bearing* bagian bawah. Anak panah pada Gambar 2.6 menunjukkan susunan *bearing* motor *stepper*.



Gambar 2.6. *Bearing dalam motor stepper*

Pada dasarnya *motor stepper* dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. *Permanent Magnet (PM)*

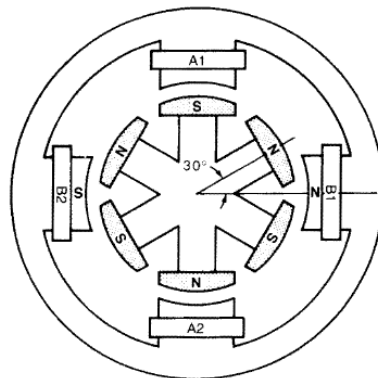
Sesuai namanya, *motor stepper* berjenis PM memiliki rotor berupa magnet permanen. Penggunaan magnet permanen dalam konstruksi mesin listrik membawa banyak keuntungan yaitu (Gieras, 2010:1):

- a. Tidak ada energi listrik yang diserap oleh medan eksitasi, dengan demikian tidak ada kerugian eksitasi yang berarti peningkatan dalam efisiensi.
- b. Kepadatan daya yang lebih tinggi atau kepadatan torsi yang dihasilkan besar pada saat eksitasi elektromagnetik.
- c. Performa dinamis lebih baik dari motor dengan eksitasi elektromagnetik (kerapatan fluk magnet lebih tinggi dalam *air gap*).
- d. Konstruksi dan pemeliharaannya sederhana.
- e. Harga murah untuk beberapa tipe mesin.

Motor *stepper permanent magnet* mirip dengan motor *stepper* tipe *variable reluctance*, kecuali bahwa rotornya mempunyai kutup permanen N dan S. Gambar 2.7 di bawah menunjukkan sebuah motor *stepper* yang mempunyai 4 kutub stator dan 6 kutub rotor, dengan

rotor berupa magnet permanen. Pada saat *driver* bereksitasi, maka gigi rotor dan stator mengalami gaya yang berlawanan. Gaya tersebut akan mencoba untuk menarik gigi bersama-sama dan mengurangi celah diantara gigi stator dan rotor yang berdekatan. Efek yang ditimbulkan adalah bahwa motor menghasilkan penahanan torsi (*detent torque*) yang membuat rotor tetap segaris, dimana tidak ada arus yang mengalir pada lilitan stator (Theodore, 2002:422).

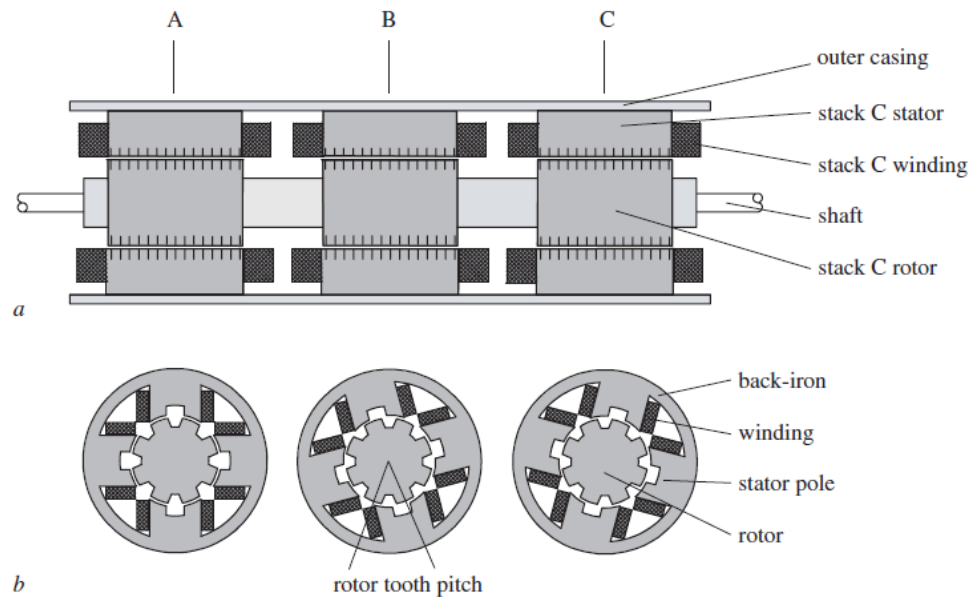
Gambar 2.7 menunjukkan sebuah motor *stepper* dengan *Coils* A1 dan A2 terhubung secara seri seperti *coils* B1 dan B2. Jika lilitan B dieksitasi atau diberi arus maka arus pada lilitan B akan menghasilkan kutup N pada B1 dan S pada B2 yang menyebabkan rotor bergerak berlawanan arah dengan jarum jam sebesar 30° . Bagaimanapun arah rotasi motor *stepper* bergantung pada arah arus. Motor *stepper* yang banyak dikembangkan saat ini biasanya dilengkapi dengan magnet permanen karena menghasilkan torsi yang besar.



Gambar 2.7. Motor *stepper* magnet permanen dengan kenaikan sebesar 30° per *step* (Wildi, 2002:422).

2. *Variable Reluctance (VR)*

Motor stepper jenis ini memiliki bentuk rotor yang unik yaitu berbentuk silinder dan pada semua unitnya memiliki gerigi yang memiliki hubungan dengan kutub-kutub stator. Rotor pada motor tipe ini tidak menggunakan magnet permanen. Stator terlilit oleh lilitan sehingga pada saat teraliri arus, stator akan menghasilkan kutub magnet. Jumlah gerigi pada rotor akan menentukan langkah atau *step* motor. Perbedaan motor *stepper* berjenis PM dengan VR yaitu motor berjenis VR memiliki torsi yang relatif lebih kecil dibandingkan motor *stepper* berjenis PM. Hal lain yang dapat dilihat adalah sisa kemagnetan sangat kecil sehingga pada saat motor *stepper* tidak dialiri arus maka ketika diputar tidak ada torsi yang melawan. Sudut langkah motor *stepper* berjenis VR ini bervariasi yaitu sampai dengan 30°. Motor *stepper* berjenis VR ini memiliki torsi yang kecil dan sering ditemukan pada printer dan instrumen-instrumen pabrik yang ringan yang tidak membutuhkan torsi yang besar.



Gambar 2.8. Motor *stepper* jenis variabel reluktansi a. Gambar *variable reluctance stepper motor* paralel dengan sumbu apabila dilihat dari samping. b. Gambar *variable reluctance stepper motor* tegak lurus dengan sumbu apabila dilihat dari atas (Acarney, 2007:4).

Gambar 2.8a menunjukkan bahwa motor *stepper* mempunyai 3 pasang *stack* (A, B, dan C) dan 8 gigi stator/rotor yang ditunjukkan oleh Gambar 2.8b. Gambar 2.8b menunjukkan bahwa motor mengalami eksitasi yang berlangsung di *stack* A sehingga gigi rotor/stator berusaha menyamakan posisi atau dengan kata lain mengalami kesejajaran, sedangkan gigi pada *stack* B dan C tidak mengalami kesejajaran. Hal ini disebabkan konstruksi gigi untuk masing-masing *stack* yang dibuat berbeda. Terdapat hubungan sederhana antara jumlah gigi stator/rotor, jumlah *stack* dan panjang langkah untuk *multi-stack variable reluctance stepper motor* pada saat mengalami eksitasi. Jika motor mempunyai N *stack* dan setiap *stack*

dieksitasi secara berurutan maka motor akan menghasilkan jumlah pergerakan untuk tiap N langkah. Untuk menentukan besar langkah setiap satu perubahan eksitasi adalah sebagai berikut (Acarney, 2007:4-5):

$$step\ length = 360/Np.$$

dengan N jumlah *stack* dan p jumlah gigi pada rotor. Gambar 2.8b menunjukkan bahwa motor mempunyai 3 pasang kutub stator (A, B, C) dan 8 buah gigi rotor, sehingga dapat ditentukan besar simpangan langkah atau *step length* adalah 15 derajat. Jika kutub B dieksitasi maka akan menyebabkan rotor berputar 15 derajat sejajar kutub B. Proses ini akan berlanjut ke kutub C dan kembali ke kutub A searah dengan jarum jam.

3. *Permanent Magnet – Hybrid (PM-H)*

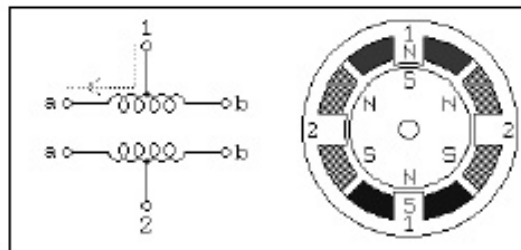
Permanent magnet hybrid merupakan penyempurnaan motor *stepper* di mana motor *stepper* ini memiliki kecepatan 1000 *step*/detik namun juga memiliki torsi yang cukup besar sehingga dapat dikatakan bahwa PM-H merupakan motor *stepper* kombinasi antara PM dan VR. Motor *hybrid* mengkombinasikan karakteristik terbaik dari motor variabel reluktansi dan motor magnet permanen. Motor ini dibangun dengan kutub stator yang mempunyai banyak gigi dan rotornya menggunakan magnet permanen. Motor *hybrid* standar mempunyai 200 gigi rotor dan berputar pada 1,8 derajat sudut *step*. Karena

memperlihatkan torsi tinggi dan dinamis serta berputar dengan kecepatan yang tinggi, maka motor ini digunakan pada aplikasi yang sangat luas.

Jika dilihat dari lilitannya, motor *stepper* terbagi menjadi 2 jenis yaitu:

a. Motor Stepper Unipolar

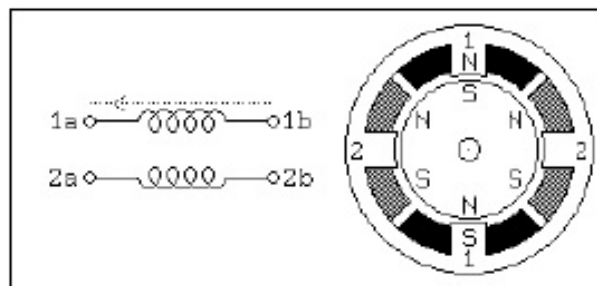
Motor *stepper* unipolar terdiri dari dua lilitan yang memiliki *center tap*. *Center tap* dari masing masing lilitan ada yang berupa kabel terpisah, ada juga yang sudah terhubung di dalamnya sehingga *center tap* yang keluar hanya satu kabel. Untuk motor *stepper* yang *center tap*-nya ada pada masing - masing lilitan, kabel inputnya ada 6 kabel. Namun jika *center tap*-nya sudah terhubung di dalam, kabel inputannya hanya 5 kabel. *Center tap* dari motor *stepper* dapat dihubungkan ke pentanahan atau ada juga yang dihubungkan ke +Vcc, hal ini sangat dipengaruhi oleh *driver* yang digunakan. Sebagai gambaran dapat dilihat konstruksi motor *stepper* unipolar pada gambar berikut:



Gambar 2.9. Motor *stepper* unipolar

b. Motor *Stepper* Bipolar

Motor *stepper* bipolar memiliki dua lilitan. Perbedaannya dengan tipe unipolar adalah bahwa pada tipe bipolar lilitannya tidak memiliki *center tap*. Keunggulan tipe bipolar yaitu memiliki torsi yang lebih besar jika dibandingkan dengan tipe unipolar untuk ukuran yang sama. Motor *stepper* tipe ini hanya memiliki empat kabel masukan. Namun untuk menggerakkan motor *stepper* tipe ini lebih rumit jika dibandingkan dengan menggerakkan motor *stepper* tipe unipolar. Sebagai gambaran dapat dilihat konstruksi motor *stepper* bipolar pada gambar berikut:

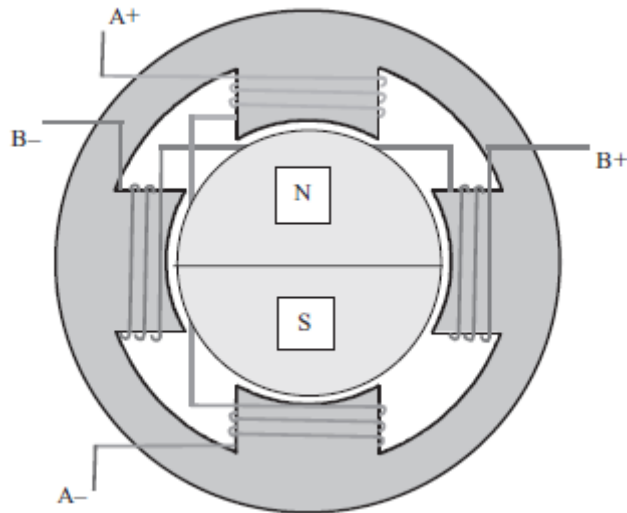


Gambar 2.10. Motor *stepper* bipolar

c. Cara Kerja Motor *Stepper*

Cara kerja motor *stepper* sangat sederhana. Ketika sebuah koil dari motor *stepper* diberikan arus maka poros motor *stepper* (yang sebenarnya adalah sebuah magnet permanen) akan menyesuaikan diri sesuai dengan kutub-kutub kumparan magnet. Jadi, ketika kumparan motor terpacu dalam urutan tertentu, maka poros motor cenderung untuk menyesuaikan

diri sesuai dengan kutub kumparan dan karenanya berputar. Perhatikan gambar motor *stepper* berikut ini:



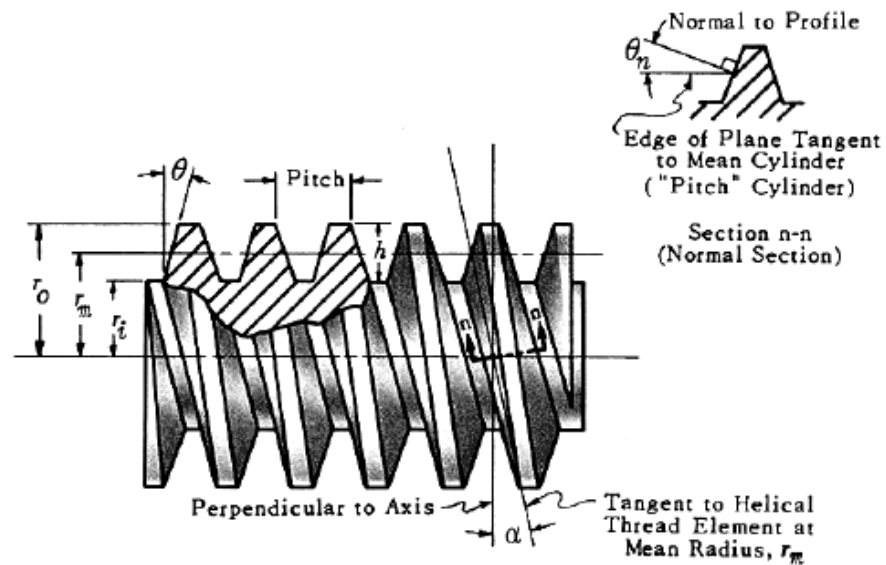
Gambar 2.11. Poros magnet dalam posisi awal (Acarney, 2007:12).

Ketika koil “A” diberi arus listrik, maka akan tercipta 2 kutub, yaitu utara dan selatan. Saat sudah tercipta kutub-kutub tersebut maka poros magnet akan menyesuaikan diri. Saat koil berikutnya diberikan arus listrik maka poros magnet akan menyesuaikan diri lagi. Artinya, untuk membuat motor *stepper* bekerja maka diharuskan memberi arus ke setiap koil secara urut.

C. Ulir Daya

Ulir daya merupakan salah satu komponen mesin yang banyak dimanfaatkan dalam perindustrian. Ulir daya memanfaatkan gerak rotasi yang dikonversi menjadi gerak translasi. Keuntungan mekanis yang diperoleh adalah dibutuhkan torsi yang kecil untuk diubah menjadi gaya

aksial (Joseph, 1996:20.2). Ulir atau baut adalah suatu batang dengan alur heliks pada permukaannya. Penggunaan utamanya adalah sebagai pengikat (*fastener*) untuk menahan dua obyek bersama dan sebagai pesawat sederhana untuk mengubah torsi menjadi gaya linear. Baut dapat didefinisikan sebagai bidang miring yang membungkus suatu batang. Berikut ini konstruksi ulir daya yang ditunjukkan oleh Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Parameter-parameter ulir daya (Hall, 1961:145).

Parameter-parameter utama ulir antara lain adalah

- Diameter mayor r_o adalah diameter luar baik untuk ulir luar maupun dalam.
- Diameter minor r_t adalah diameter ulir terkecil atau bagian dalam dari ulir.

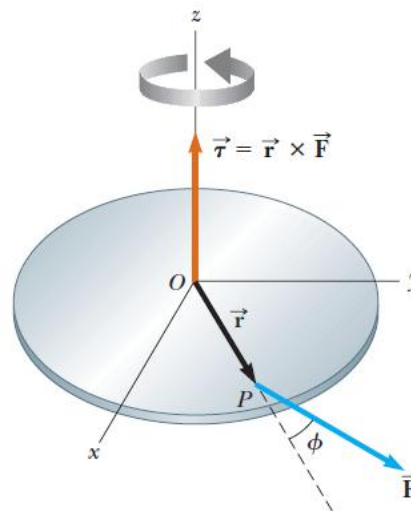
- c. Diameter *pitch* r_m adalah diameter dari lingkaran imajiner atau diameter efektif dari baut.
- d. *Pitch* adalah jarak yang diambil dari satu titik pada ulir ke titik berikutnya dengan posisi yang sama.
- e. *Lead* adalah jarak antara dua titik pada kemiringan yang sama atau jarak lilitan.

Ulir merupakan komponen yang memungkinkan kita untuk menggabungkan atau menyambung beberapa komponen menjadi satu unit produk. Secara umum fungsi ulir dapat dikatakan sebagai berikut (Rofiq,2012):

- a. Sebagai alat pemersatu, artinya menyatukan beberapa komponen menjadi satu unit barang.
- b. Sebagai penerus daya, artinya sistem ulir digunakan untuk memindahkan suatu daya menjadi daya lain misalnya sistem ulir pada dongkrak. Dengan adanya sistem ulir ini maka beban yang relatif berat dapat ditahan atau diangkat dengan daya yang relatif ringan.
- c. Sebagai salah satu alat untuk mencegah terjadinya kebocoran terutama pada sistem ulir yang digunakan pada pipa.

D. Momen Gaya

Momen gaya merupakan besaran yang menyebabkan sebuah benda tegar cenderung berotasi terhadap sumbu rotasinya. Momen gaya sering disebut dengan momen putar atau torsi. Di bawah ini adalah gambar momen gaya pada sebuah benda.



Gambar 2.13. Arah vektor $\vec{\tau}$ tegak lurus dengan bidang yang dibentuk oleh vektor posisi \vec{r} dan \vec{F} (Raymond, 2008: 311).

Gambar 2.13 menunjukkan sebuah gaya \vec{F} yang bekerja pada suatu benda tegar dengan vektor posisi \vec{r} . Besar momen gaya $\vec{\tau}$ yang dihasilkan adalah:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

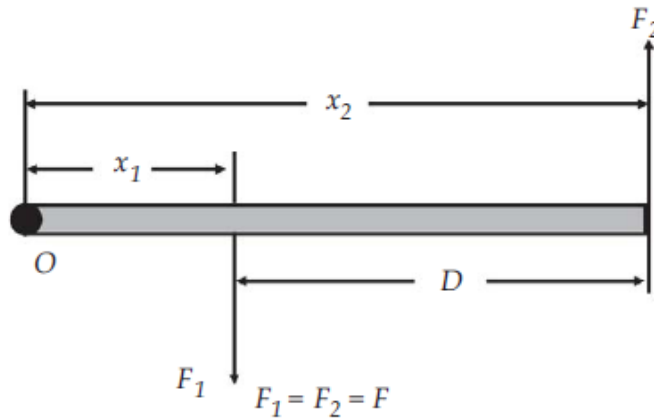
Pasangan dua buah gaya yang sejajar, sama besar, dan berlawanan arah disebut kopel. Kopel yang bekerja pada suatu benda akan mengakibatkan benda tersebut berotasi. Momen kopel M adalah perkalian

silang antara dua besaran vektor, yaitu gaya dan jarak antara kedua gaya tersebut. Secara matematis, dituliskan sebagai berikut.

$$\vec{M} = \vec{F} \times \vec{d}$$

Gambar 2.14 menunjukkan sebuah batang diberi dua buah gaya yang sama besar dan berlawanan arah. Dua buah gaya tersebut tidak dapat dikombinasikan menjadi gaya tunggal karena jumlahnya dalam setiap arah sama dengan nol. Efek dari kedua gaya tersebut adalah satu yaitu kecenderungan untuk memutar benda (Suprihanto, 2008:27). Torsi yang dihasilkan oleh kedua gaya tersebut terhadap titik O adalah:

$$\begin{aligned} M &= Fx_2 - Fx_1 \\ &= F(x_2 - x_1) \\ &= Fd \end{aligned}$$



Gambar 2.14. Dua gaya yang sama besar dan berlawanan arah.

Gambar 2.14 di atas menunjukkan bahwa gaya F_1 akan menyebabkan batang berotasi searah jarum jam sedangkan F_2 menyebabkan batang berotasi berlawanan arah jarum jam.

E. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD adalah suatu display dari bahan cairan Kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem matriks. LCD merupakan perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Sebuah layar LCD hanya memantulkan cahaya, sehingga tidak dapat dilihat dalam gelap. LMB162A adalah modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris *pixel* dan 5 kolom *pixel* (1 baris terakhir adalah kursor). Ada dua memori utama LCD yaitu CGRAM dan DDRAM yang diatur pengalamatannya oleh *Address Counter* dan akses datanya (pembacaan maupun penulisan datanya) dilakukan melalui register data (LMB162ABC Datasheet, hal:8).



Gambar 2.15. LCD 16x2 LMB162ABC

Gambar 2.14 merupakan skema LCD LMB162ABC yang mempunyai 16 kaki seperti ditunjukkan anak panah. Kaki-kaki tersebut berguna untuk keperluan antar muka komponen dengan mikrokontroler. Berikut ini fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen tersebut:

- a. Kaki 1 (GND) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (*Ground*).
- b. Kaki 2 (VCC) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 Volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
- c. Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini berfungsi untuk mengatur kontras pada LCD. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kaki mendapat tegangan 0 volt.
- d. Kaki 4 (RS) : *Register Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke Register Data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke Register Perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
- e. Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *Ground*.
- f. Kaki 6 (E) : *Enable Clock LCD*, kaki mengaktifkan *clock* LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
- g. Kaki 7 – 14 (D0 – D7) : Data bus, kedelapan kaki LCD ini adalah bagian di mana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
- h. Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* LCD sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk LCD yang memiliki *backlight*)

- i. Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negatif *backlight* LCD sebesar 0 volt (hanya terdapat pada LCD yang memiliki *backlight*).

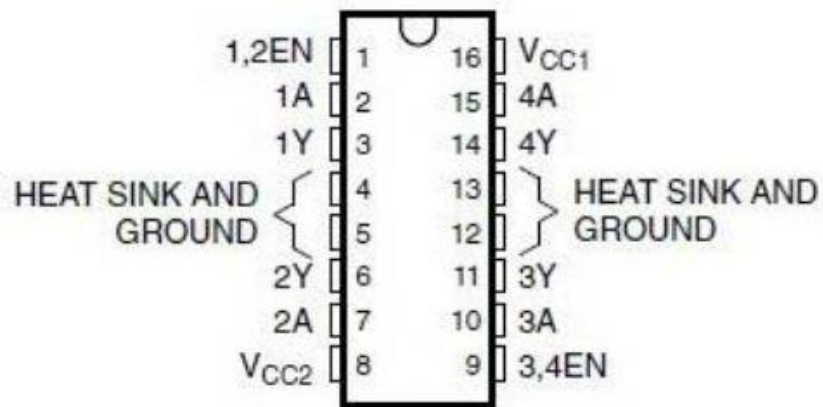
Setiap kaki mempunyai fungsi seperti yang dijelaskan diatas dilengkapi peta blok untuk setiap pin, agar mempermudah perancangan. Berikut ini Gambar 2.15 yang menunjukkan peta blok pin LCD LMB162 ABC.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VSS	VCC	VEE	RS	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LED+	LED-

Gambar 2.16 Blok Pin LCD

F. *Driver Motor L293D*

IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan *driver* IC L293D dapat dihubungkan ke *ground* maupun ke sumber tegangan positif, karena *driver* yang digunakan adalah totem pool. Dalam satu unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah *driver* motor DC yang berdiri sendiri-sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 ampere tiap *driver*, sehingga dapat digunakan untuk membuat *driver* H-bridge untuk 2 buah motor DC. Konstruksi pin *driver* motor DC L293D adalah sebagai berikut.



Gambar 2.17. Konstruksi Pin *Driver* Motor DC IC L293D

Fungsi Pin *Driver* DC IC L293D

1. Pin EN (*Enable*, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengizinkan *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* tegangan rangkaian kontrol *driver* dan Vcc2 adalah jalur *input* sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.
5. Pin GND (*Ground*) adalah jalur yang harus dihubungkan ke *ground*. Pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.