

BAB II

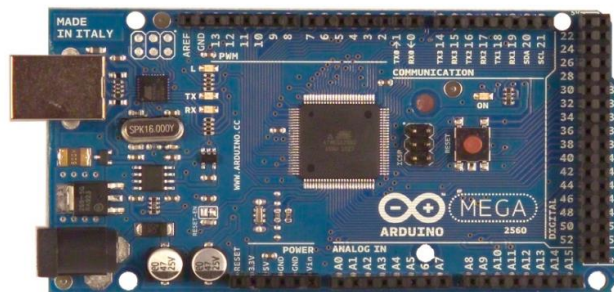
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino Mega 2560

2.1.1 Pengertian Arduino

Arduino adalah Board berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan computer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input, dan output sebuah rangkaian elektronik.

Pada gambar 2.1 merupakan jenis *Arduino Mega type 2560*, *Arduino Mega 2560* adalah papan pengembangan mikrokontroller 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 mikrokontroller.



Gambar 2.1 *Arduino Mega 2560*

(Sumber : *ArduinoMega2560Datasheet.pdf*)



Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC

(Sumber : *ArduinoMega2560*Datasheet.pdf)

2.1.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Tabel 2.1 Spesifikasi *Arduino Mega 2560*

Komponen	Spesifikasi
Chip mikrokontroller	ATmega2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

(Sumber : *ArduinoMega2560*Datasheet.pdf)

2.1.3 Catu Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan Catu daya Eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (*nonUSB*) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan



cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1 mm ke dalam *board* penghubung listrik. *Lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin GND dan Vin dari konektor Power.

Bord dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6-20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 Volt dan board mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan bias panas dan merusak board. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12 Volt. Pin catu daya adalah sebagai berikut :

1. VIN. Tegangan input ke papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya diatur lainnya). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
2. 5V. Catu daya yang diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lain di papan tulis. Hal ini dapat datang baik dari VIN melalui regulator on-board, atau disediakan oleh USB atau suplai 5V diatur lain.
3. 3V3. Sebuah pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh regulator on-board. menarik arus maksimum adalah 50 mA.
4. GND. Ground pins.

(Sumber : *ArduinoMega2560*Datasheet.pdf)

2.1.4 Memory

ATmega2560 memiliki 256 KB dari memori flash untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB dari SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

2.1.5 Input & Output

Masing-masing dari 54 pin digital pada Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, dan `digitalRead ()` fungsi. Mereka beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum



40 mA dan memiliki resistor pull-up internal yang (terputus secara default) dari 20-50 KOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan data serial (TX) TTL. Pin 0 dan 1 juga terhubung ke pin dari ATmega8U2 USB-to-TTL Chip Serial.

1. Interupsi Eksternal: 2 (menggangu 0), 3 (menggangu 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), dan 21 (interrupt 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat `attachInterrupt ()` fungsi untuk rincian.
2. PWM: 0 13. Memberikan output PWM 8-bit dengan fungsi `analogWrite ()`.
3. SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga pecah pada header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Uno, Duemilanove dan Diecimila.
4. LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin tinggi nilai, LED menyala, ketika pin rendah, itu off.
5. I2C: 20 (SDA) dan 21 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan Kawat (dokumentasi di website Wiring). Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin I2C pada Duemilanove atau Diecimila.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 input analog, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default mereka mengukur dari tanah ke 5 volt, meskipun adalah mungkin untuk mengubah batas atas dari kisaran mereka menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference ()`.

Ada beberapa pin lainnya di papan:

1. AREF. tegangan referensi untuk input analog. Digunakan dengan `analogReference ()`.

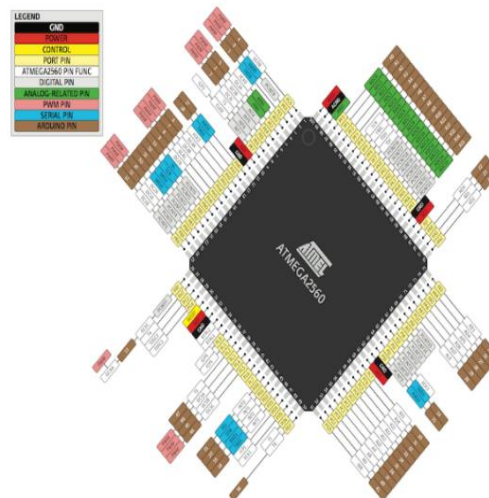


2. Reset. Bawa garis LOW ini untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset untuk perisai yang menghalangi satu di papan tulis.

2.1.6 Komunikasi

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. The ATmega2560 menyediakan empat UART hardware untuk TTL (5V) komunikasi serial. Sebuah ATmega8U2 pada saluran salah satu papan atas USB dan menyediakan port com virtual untuk perangkat lunak pada komputer (mesin *Windows* akan membutuhkan file .inf, tapi OSX dan Linux mesin akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis.

Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan. The RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui ATmega8U2 Chip dan USB koneksi ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Berikut pada gambar 2.4 adalah pemetaan pin ATMega 2560.



Gambar 2.2 Pemetaan pin ATMega 2560.

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



Sebuah perpustakaan SoftwareSerial memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin digital Mega2560 ini. ATmega 2560 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Kawat untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C; lihat dokumentasi di website Wiring untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

(Sumber : *ArduinoMega2560Datasheet.pdf*)

2.1.7 Pemrograman

Arduino mega dapat diprogram dengan software Arduino (download). Untuk rincian, lihat referensi dan tutorial. ATmega 2560 pada Arduino mega datang preburned dengan bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru untuk itu tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Ini berkomunikasi menggunakan asli STK500 protokol (referensi, file header C). Anda juga dapat memotong bootloader dan memprogram mikrokontroler melalui ICSP (InCircuit Serial Programming) kepala.

(Sumber : *ArduinoMega2560Datasheet.pdf*)

2.1.8 Perangkat Lunak Program IDE

Lingkungan Open-source Arduino memudahkan untuk menulis kode dan meng-upload ke board Arduino, ini berjalan pada Windows, Mac OS X, dan Linux. Berdasarkan pengolahan, AVR-GCC dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya.

2.2 *Motor Stepper*

2.2.1 *Pengertian Motor Stepper*

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang

membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa.

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada bagian stator sedangkan pada bagian rotor merupakan magnet permanen (*bahan ferromagnetic*). Karena konstruksi inilah maka motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan/atau berputar ke arah yang diinginkan, apakah searah jarum jam atau sebaliknya. Ada tiga jenis motor stepper: motor stepper *Magnet Permanen*, *Variable Reluctance* dan *Hybrid*. Semua jenis tersebut melakukan fungsi dasar yang sama, tetapi mempunyai perbedaan penting pada beberapa aplikasi. Di bawah ini merupakan gambar dari motor stepper yang biasa digunakan pada industri



Gambar 2.3 Motor stepper

(Sumber : partner3d.com)

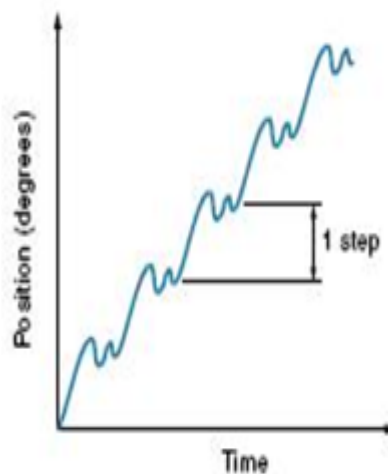
2.2.2 Prinsip Kerja Motor Stepper

Motor stepper dapat berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Ukuran step (*step size*) dapat berada pada range aplikasi atau kebutuhan yang diinginkan. Posisi putarannya pun relatif eksak dan stabil. Dengan adanya variasi sudut step tersebut akan lebih memudahkan untuk melakukan pengontrolan serta pengontrolannya dapat langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu menggunakan rangkaian *closed-loop feedback* untuk memonitor posisinya. Dengan alasan inilah maka motor stepper banyak digunakan



sebagai *actuator* yang menerapkan rangkaian digital sebagai pengontrol/ *driver* , ataupun untuk *interfacing* ke piranti yang berbasis mikroprosesor/mikrokontroler.

Motor stepper mempunyai dua mode operasi yaitu *single step* mode dan *slew mode*. Pada *single step mode* atau disebut juga *bidirectional mode*, frekuensi step cukup lambat untuk memperbolehkan rotor (hampir semua) berhenti di antara step. Gambar 2.4 menunjukkan sebuah grafik posisi dan waktu untuk operasi *single step*. Pada setiap step, motor meneruskan sudut tertentu dan kemudian berhenti. Jika motor *bebannya kecil*, *overshoot* (lonjakan) dan osilasi dapat terjadi pada akhir setiap step seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah



Gambar 2.4 posisi dan waktu untuk *single-step mode*

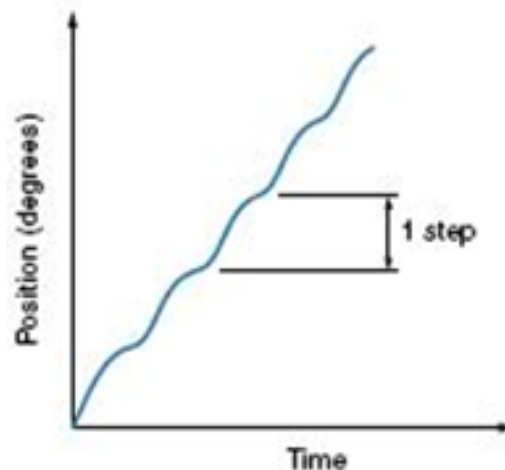
(sumber : Majalah ilmiah UNIKOM)

Keuntungan besar dari operasi *single-step* adalah bahwa setiap step benar-benar tidak tergantung pada step lainnya. Artinya motor dapat berhenti secara pasti (*dead stop*) atau bahkan berbalik arah kapan saja. Karena itu kontroler mempunyai kontrol yang instant dan sempurna pada operasi motor. Dan juga ada kepastian bahwa kontroler tidak akan kehilangan hasil cacahan (*count* dan tentunya berarti posisi motor) sebab setiap step ditetapkan sedemikian baik. Kekurangan *single-step mode* adalah gerakannya lambat dan “*choppy*” (berombak). Kecepatan *single-step mode*



yang tipikal adalah 5 step/ detik yang mentranslasikan 12,5 rpm (rotary per minute) untuk motor 150/step.

Pada *slew mode*, atau *unidirectional mode*, frekuensi step adalah cukup tinggi sehingga tidak mempunyai waktu untuk berhenti. Mode ini mirip dengan motor listrik biasa (*regular electric motor*). Jadi motor selalu mengalami torsi dan berotasi lebih halus dengan kontinyu. Gambar 2.5 menunjukkan grafik posisi dan waktu untuk *slew mode*. Walaupun setiap step dapat tetap dilihat, gerakannya jauh lebih halus dibandingkan dengan *single-step mode*.



Gambar 2.5 Posisi dan waktu untuk *slew mode*

(sumber : Majalah ilmiah UNIKOM)

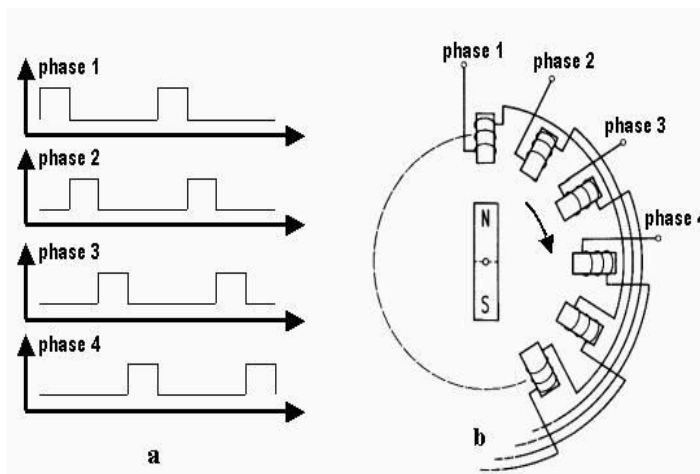
Motor stepper dengan *slew mode* tidak dapat berhenti atau berbalik arah secara mendadak (*instantaneously*). Jika dicoba dilakukan, maka kemungkinan besar rotational inertia motor akan membawa rotor ke depan beberapa step sebelum berhenti. Jadi *step-count* keseluruhan akan hilang. Kemungkinan untuk menjaga *step-count* dalam *slew mode* dilakukan dengan memperlambat kecepatan lereng-atas dari *single-step mode* dan kemudian pada lereng-bawah bagian akhir dari *slew*. Hal ini berarti kontroler harus mengetahui waktu di depan seberapa jauh motor harus



jalan. Secara tipikal *slew mode* digunakan untuk memperoleh posisi *Motor stepper* dengan *slew mode* tidak dapat berhenti atau berbalik arah secara mendadak (*instantaneously*). Jika dicoba dilakukan, maka kemungkinan besar *rotational inertia* motor akan membawa rotor ke depan beberapa step sebelum berhenti. Jadi *step-count* keseluruhan akan hilang. Kemungkinan untuk menjaga *step-count* dalam

Slew mode dilakukan dengan memperlambat kecepatan lereng-atas dari *single-step mode* dan kemudian pada lereng-bawah bagian akhir dari *slew*. Hal ini berarti kontroler harus mengetahui waktu di depan seberapa jauh motor harus jalan. Secara tipikal *slew mode* digunakan untuk memperoleh posisi motor dalam “*ballpark*” dan kemudian *fine adjustment* dapat dilakukan dengan *single step*. *Slewing* menggerakkan motor lebih cepat tetapi memperbesar perubahan kehilangan *step-count*

Berikut ini adalah ilustrasi struktur motor stepper sederhana dan pulsa yang dibutuhkan untuk menggerakkannya:



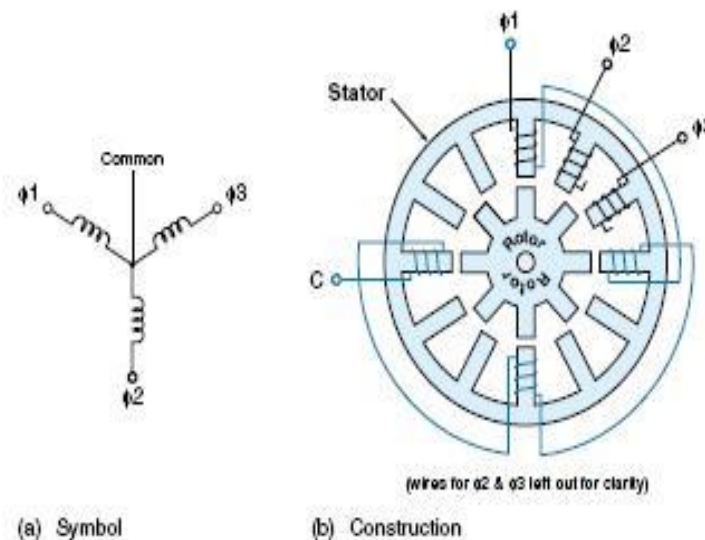
Gambar 2.6 (a) bentuk pulsa keluaran dari pengendali motor stepper (b) penerapan pulsa pengendali pada motor stepper dan arah putaran yang bersesuaian

(<http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/stepper.htm>)

(sumber : Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

2.2.3 Motor Stepper Tipe *Variable Reluctance* (VR)

Motor stepper variable-reluctance (VR) tidak menggunakan magnet pada rotornya; sebagai gantinya, digunakan roda besi bergerigi (*toothed iron wheel*, [lihat gambar 2.7. Keuntungan dari tidak diperlukannya rotor yang termagnetisasi adalah bahwa dia dapat dibuat dalam berbagai ketajaman (*any shape*) Setiap gigi rotor ditarik mendekati kutub medan dalam stator yang mendapat energi, tetapi tidak dengan gaya yang sama seperti pada motor magnet permanen. Hal ini memberikan motor-VR) torsi yang lebih kecil dibandingkan dengan motor magnet permanen. Di bawah ini merupakan gambar Motor stepper 3 fasa (15 step)



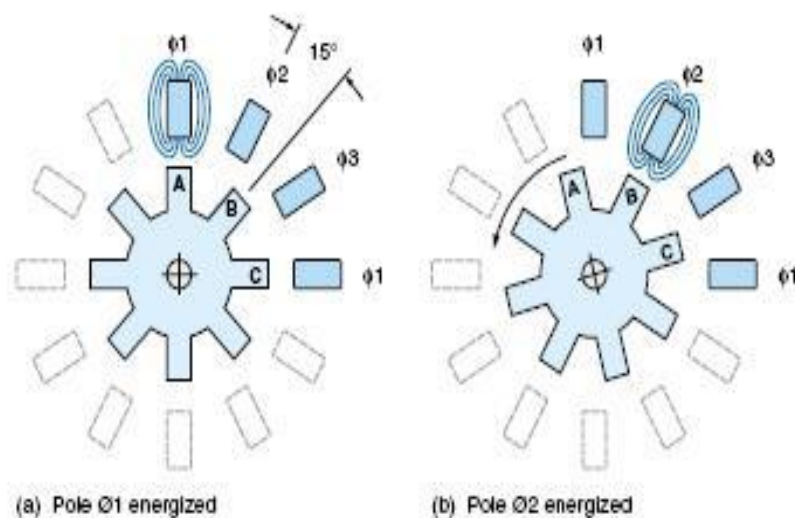
Gambar 2.7 Motor stepper 3 fasa (15 step)

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

Motor stepper VR umumnya mempunyai tiga atau empat phase. Gambar 2.7(a) menunjukkan sebuah motor stepper tiga-phase tipikal. Stator mempunyai tiga rangkaian kutub medan: Ø1, Ø2 dan Ø3. Gambar 2.7(b) menunjukkan bahwa motor aktual mempunyai 12 kutub medan, di mana setiap rangkaian memberikan energi pada empat kumparan Perhatikan bahwa rotor hanya mempunyai 8 gigi walaupun

terdapat 12 gigi pada stator. Karena itu gigi rotor tidak dapat naik “one for one” dengan gigi stator.

Pada Gambar 2.8 di bawah ini mengilustrasikan operasi motor stepper VR. Bila rangkaian $\emptyset 1$ mendapat energi, rotor bergerak ke posisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8 (a)



Gambar 2.8 Motor stepper VR tiga-phase 15° .

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

Yakni gigi rotor (A) segaris dengan kutub medan $\emptyset 1$. Selanjutnya rangkaian $\emptyset 2$ mendapat energi. Gigi rotor B mendekat dan ditarik ke arah $\emptyset 2$ [gambar 12(b)]. Perhatikan bahwa rotor harus bergerak hanya 15° untuk persejajaran ini. Jika rangkaian $\emptyset 3$ yang berikutnya mendapat energi, rotor akan terus berlanjut ke arah CCW 150 dengan menarik gigi C menjadi sejajar. Sudut step motor stepper VR adalah selisih antara sudut rotor dan sudut stator.

Untuk motor pada gambar 2.8, sudut antara kutub medan adalah 30° , dan sudut antara kutub rotor adalah 45° . Karena itu step nya adalah 15° ($45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$). Dengan menggunakan desain ini, motor stepper VR dapat dicapai step yang sangat

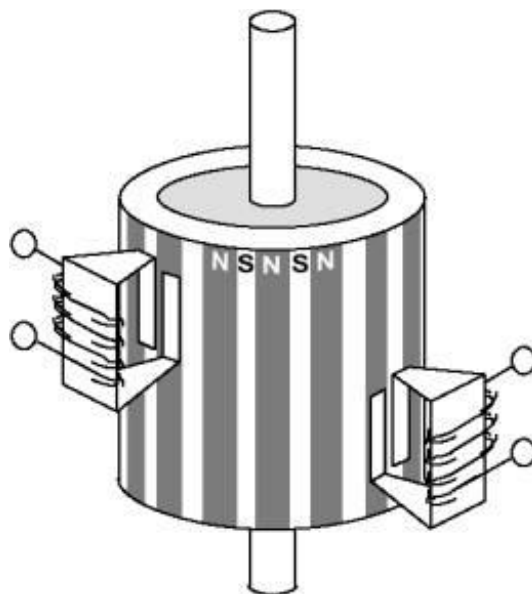
kecil (kurang dari 10). Ukuran step yang kecil sering menjadi pertimbangan karena untuk memberikan posisi yang lebih presisi.

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

2.2.4 Motor Stepper Tipe *Permanent Magnet* (PM)

Motor stepper jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar (*tin can*) yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan (perhatikan gambar 2.5). Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (*step*) yang rendah yaitu antara $7,5^0$ hingga 15^0 per langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe *permanent magnet*:

(sumber : <http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/stepper.htm>)



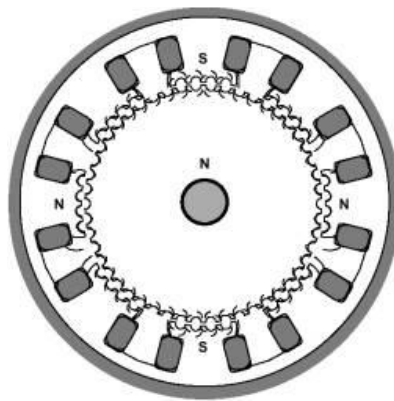
Gambar 2.9 Ilustrasi sederhana dari motor stepper *permanent magnet* (PM)

(sumber : <http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/stepper.htm>)

2.2.5 Motor Stepper Tipe *Hybrid* (HB)



Motor stepper tipe *hybrid* memiliki struktur yang merupakan kombinasi dari kedua tipe motor stepper sebelumnya. Motor stepper tipe *hybrid* memiliki gigi-gigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet permanen yang tersusun secara aksial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe *hybrid* dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara $3,6^{\circ}$ hingga $0,9^{\circ}$ per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah penampang melintang dari motor stepper tipe *hybrid*:



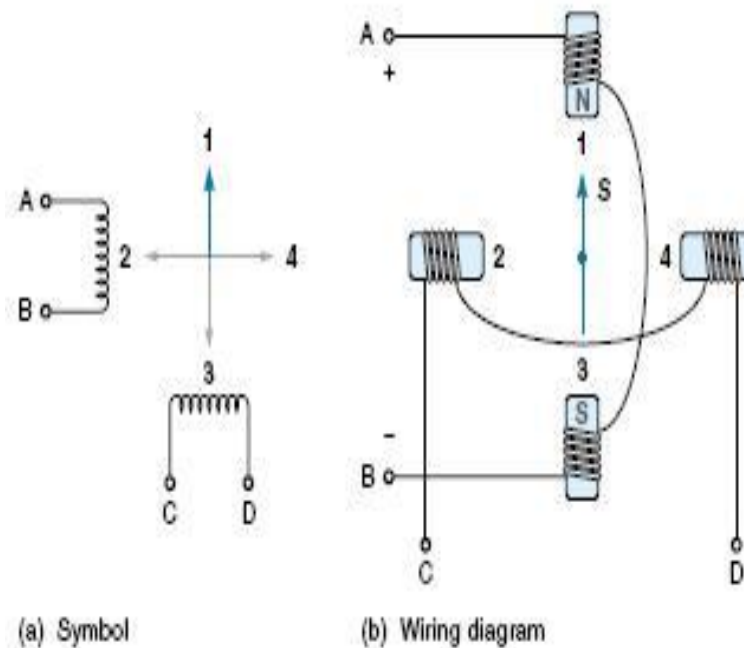
Gambar 2.10 Penampang melintang dari motor stepper tipe *hybrid*

(sumber : <http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/stepper.htm>)

2.2.6 Motor Stepper Dua-fasa (*Bipolar*)

Motor stepper dua-fasa (*bipolar*) mempunyai konstruksi yang mirip dengan jenis unipolar, hanya tidak terdapat tap pada kumparannya (gambar 2.11). Penggunaan motor stepper jenis bipolar memerlukan rangkain yang agak lebih rumit untuk mengatur agar motor ini dapat berputar dalam dua arah. Untuk menggerakkan motor stepper jenis ini biasanya diperlukan sebuah *driver motor* yang dikenal dengan nama *H bridge*. Rangkaian ini akan mengontrol setiap kumparan secara terpisah

(*independent*) termasuk polaritas untuk setiap kumparan. Di bawah ini merupakan *symbol* dan *wiring diagram* motor stepper 2 fasa (bipolar)



Gambar 2.11 *symbol* dan *wiring diagram* motor stepper 2 fasa (bipolar)

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

Motor *stepper dua-phase (bipolar)* hanya mempunyai dua rangkaian tetapi sebenarnya terdiri dari empat kutub medan. Gambar 2.11(a) menunjukkan simbol motor dan gambar 2.11(b) menunjukkan bagaimana perkawatan/lilitan internal motor tersebut. Pada gambar 2.11(b), rangkaian AB terdiri dari dua kutub berlawanan sedemikian bila tegangan yang dikenakan (+A-B), kutub bagian atas akan memberikan ujung utara terhadap rotor dan kutub bawah akan memberikan ujung selatan. Rotor akan cenderung sejajar sendiri secara vertikal (posisi 1) dengan kutub selatannya mengarah ke atas (sebab kutub magnet yang berlawanan akan saling menarik).



Cara yang paling sederhana dalam memberikan step pada motor ini adalah dengan memberikan energi secara bergantian pada AB atau CD untuk menarik rotor dari kutub ke kutub. Jika rotor bergerak CCW (*counterclockwise*, berlawanan arah jarum jam) dari posisi 1, maka rangkaian CD harus diberi energi dengan polaritas C+D-. Hal ini akan menarik rotor ke posisi 2. Selanjutnya, rangkaian AB diberi energi lagi, tetapi kali ini polaritasnya terbalik (-A+B), yang menyebabkan kutub bawah memberikan ujung utara pada rotor, dengan demikian tertarik ke posisi 3. Istilah bipolar digunakan pada motor ini karena arus kadang-kadang terbalik. Urutan tegangan diperlukan untuk memutar motor satu putaran penuh dan ditunjukkan di bawah ini. Pembacaan dari atas ke bawah memberikan urutan untuk peralihan/perputaran CCW, pembacaan dari bawah ke atas adalah urutan CW (*clockwise*, sarah jarum jam):

(Sumber :19 Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

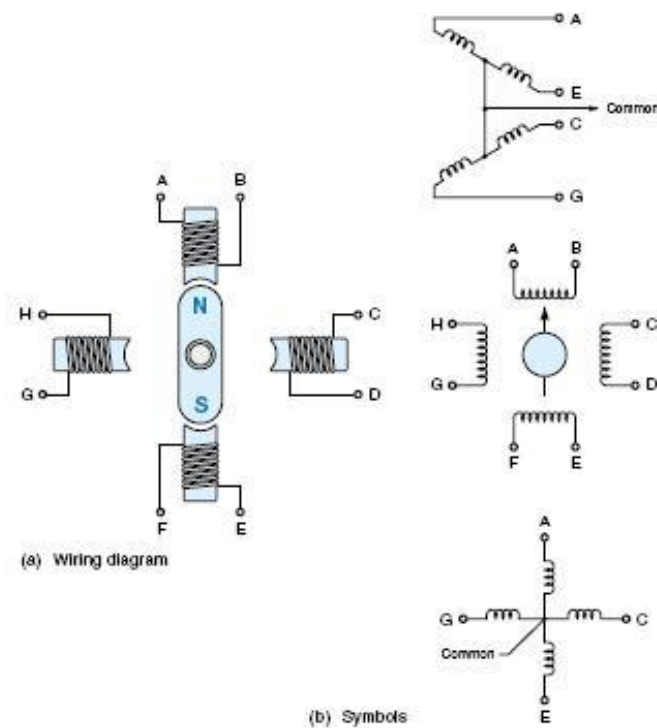
2.2.1.5 Motor Stepper Empat-fasa (*Unipolar*)

Motor stepper empat-fasa (*unipolar*) adalah jenis motor stepper yang paling umum (gambar 9). Istilah empat-phase digunakan karena motor mempunyai empat kumparan medan yang dapat diberikan energi secara terpisah/ tersendiri, dan istilah unipolar digunakan karena arus selalu menjalar dalam arah yang sama melalui kumparan. Cara sederhana untuk mengoperasikan motor stepper empat-phase adalah dengan memberikan *energy phase* satu pada suatu waktu yang berurutan (dikenal dengan *wave drive*). Untuk memutar ke arah CW, digunakan urutan berikut:

A B,C D,E F,G H

Dibandingkan dengan motor stepper *Bipolar* dua-phase, motor stepper empat-phase mempunyai keuntungan karena kesederhanaannya (*simplicity*). Rangkaian kontrol motor empat-phase mudah men-switch urutan kutub on dan off ; tanpa harus membalik polaritas kumparan medan (namun, motor dua fasa menghasilkan torsi lebih besar karena *pushing* dan *pulling* dilakukan bersamaan).

Di bawah ini merupakan gambar *wiring diagram* dan *symbol motor stepper* empat fasa



Gambar 2.12 *symbol* dan *wiring diagram* motor stepper 4 fasa(unipolar)

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

Torsi motor *stepper* empat-phase dapat dinaikkan jika dua kumparan yang berdekatan diberikan energi secara bersamaan, menyebabkan rotor menjajarkan sendiri antara kutub-kutub medan (seperti yang ditunjukkan pada gambar 10). Walaupun diperlukan masukan energi dua kali lipat, torsi motor meningkat sekitar 40%, dan kecepatan respon meningkat.

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM, UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA)

2.3 Driver Motor A4988

2.3.1 Pengertian Driver Motor A4988



A4988 adalah driver *microstepping*. *Motor driver* ini dilengkapi dengan *built in translator* untuk memudahkan pengoperasian motor. Hal ini dirancang untuk pengoperasian *stepper motor* tipe bipolar pada saat penuh, setengah, seperempat, seperdelapan, dan seperenambelas dengan kapasitas drive output hingga 35 V dan ± 2 A. A4988 termasuk arus rendah yang memiliki kemampuan untuk beroperasi di saat cepat ataupun lambatnya mengaktifkan motor. Di bawah ini merupakan gambar dari *Driver Motor A4988*

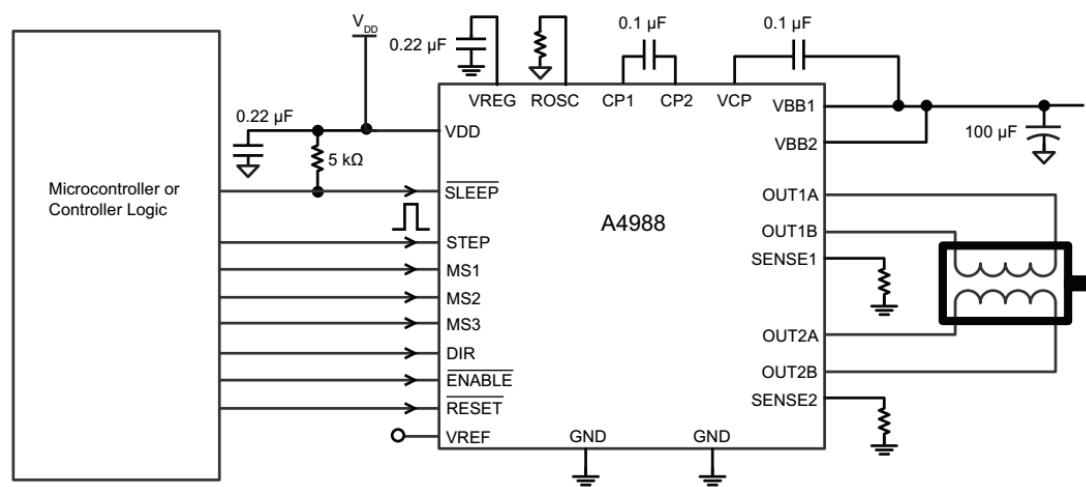


Gambar 2.13 *Driver Motor A4988*

(sumber : Pololu.com)

Translator adalah kunci untuk memudahkan pengoperasian A4988. Cukup memasukkan satu pulsa pada input driver motor maka motor bergerak satu *microstep*.

Interface A4988 adalah pilihan yang sesuai untuk aplikasi di mana mikroprosesor kompleks tidak tersedia atau terbebani. Gambar di bawah ini merupakan Aplikasi diagram *driver motor pololu* A4988 yang di sambungkan dengan *microcontroller*



Gambar 2.14 Aplikasi diagram *driver motor* A4988

(Sumber : *pololuA4988datasheet.pdf*)

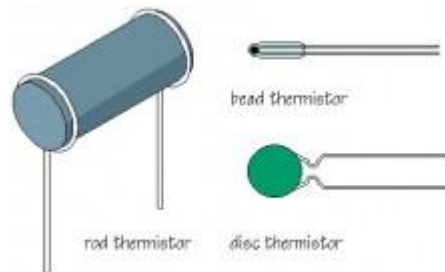
2.4 Thermistor

Thermistor atau tahanan *thermal* adalah komponen semikonduktor yang memiliki karakter sebagai tahanan dengan koefisien tahanan temperatur yang tinggi, yang biasanya negatif. Ada 2 jenis termistor yang sering kita jumpai dalam perangkat elektronika yaitu **NTC (Negative Thermal Coeffisien)** dan **PTC (Positive Thermal Coeffisien)**. Umumnya tahanan termistor pada temperatur ruang dapat berkurang 6% untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 1°C. Kepekaan yang tinggi terhadap perubahan temperatur ini membuat termistor sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperatur secara presisi

Termistor terbuat dari campuran oksida-oksida logam yang diendapkan seperti: mangan (Mn), nikel (Ni), cobalt (Co), tembaga (Cu), besi (Fe) dan uranium



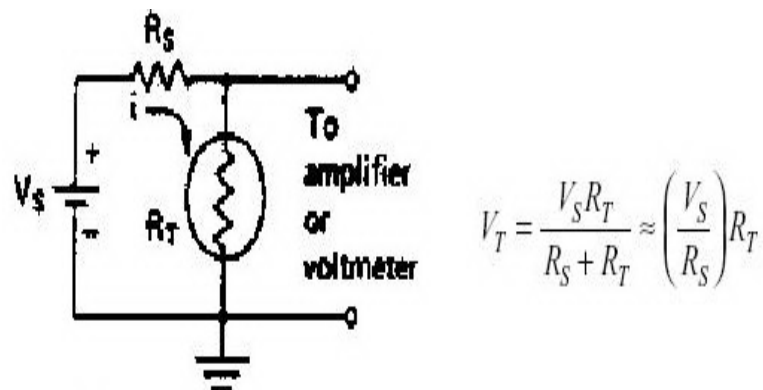
(U). Rangkuman tahanannya adalah dari 0,5 W sampai 75 W dan tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran. Ukuran paling kecil berbentuk mani-manik (*beads*) dengan diameter 0,15 mm sampai 1,25 mm, bentuk piringan (*disk*) atau cincin (*washer*) dengan ukuran 2,5 mm sampai 25 mm. Cincin-cincin dapat ditumpukan dan di tempatkan secara seri atau paralel guna memperbesar disipasi daya.



Gambar 2.15 Jenis-Jenis *Thermistor*

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/>)

Untuk pengontrolan perlu mengubah tahanan menjadi tegangan, berikut rangkaian dasar untuk mengubah resistansi menjadi tegangan.



Gambar 2.16 Rangkaian dasar mengubah resistansi menjadi tegangan

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/>)

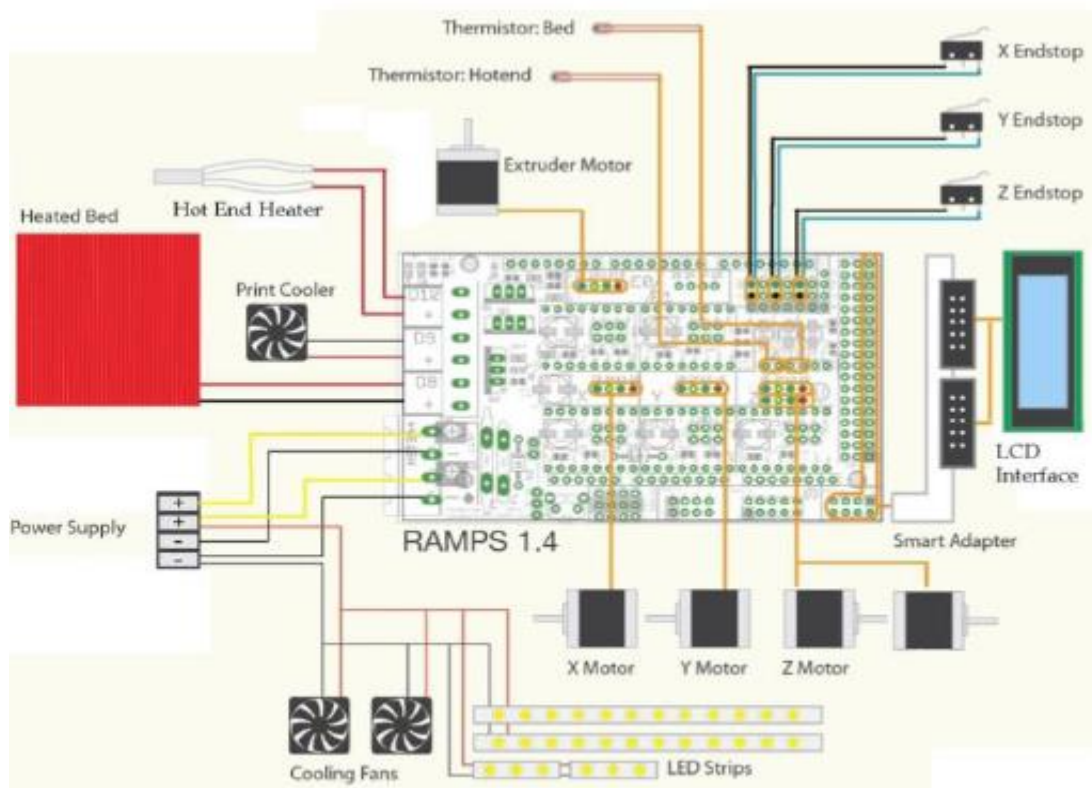
Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/>)



2.5 Ramps 1.4

Ramps 1.4 adalah modul elektronik yang paling banyak digunakan untuk mesin RepRap pada Maret 2014. Modul ini terdiri dari perisai Ramps 1.4, Arduino mega 2560 papan (atau tiruan), dan maksimal lima driver Motor Stepper. Hal ini dapat mengontrol hingga 5 motor stepper dengan 1/16 melangkah presisi dan interface dengan *hotend*, sebuah *heatbed*, kipas angin (atau *hotend* kedua), LCD *controller*, 12V (atau 24V dengan modifikasi sesuai) *power supply*, hingga tiga *thermistor*, dan sampai enam *stopper* (pemberhenti). Di bawah ini merupakan gambar skematik dari modul Ramps 1.4

(sumber : <http://www.reprap.org>)



Gambar 2.17 Skematik modul Ramps 1.4

(sumber : <http://www.reprap.org>)



2.6 *Power Supply* (Catu Daya)

2.6.1 *Pengertian Power Supply* (Catu Daya)

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*.

Pada umumnya *Power Supply* dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok besar, yakni berdasarkan Fungsinya, berdasarkan Bentuk Mekanikalnya dan juga berdasarkan Metode Konversinya. Berikut ini merupakan penjelasan singkat mengenai ketiga kelompok tersebut

2.6.1.1 *Power Supply Berdasarkan Fungsi (Functional)*

Berdasarkan fungsinya, *Power supply* dapat dibedakan menjadi *Regulated Power Supply*, *Unregulated Power Supply* dan *Adjustable Power Supply*.

- ***Regulated Power Supply*** adalah *Power Supply* yang dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus listrik meskipun terdapat perubahan atau variasi pada beban atau sumber listrik (Tegangan dan Arus Input).
- ***Unregulated Power Supply*** adalah *Power Supply* tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban berubah atau sumber listriknya mengalami perubahan.
- ***Adjustable Power Supply*** adalah *Power Supply* yang tegangan atau Arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan Knob Mekanik. Terdapat 2 jenis *Adjustable Power Supply* yaitu *Regulated Adjustable Power Supply* dan *Unregulated Adjustable Power Supply*.



2.6.1.2 Power Supply Berdasarkan Bentuknya

Untuk peralatan Elektronika seperti Televisi, Monitor Komputer, Komputer Desktop maupun DVD Player, Power Supply biasanya ditempatkan di dalam atau menyatu ke dalam perangkat-perangkat tersebut sehingga kita sebagai konsumen tidak dapat melihatnya secara langsung. Jadi hanya sebuah kabel listrik yang dapat kita lihat dari luar. *Power Supply* ini disebut dengan *Power Supply Internal (Built in)*. Namun ada juga *Power Supply* yang berdiri sendiri (*stand alone*) dan berada diluar perangkat elektronika yang kita gunakan seperti *Charger Handphone* dan *Adaptor Laptop*. Ada juga *Power Supply stand alone* yang bentuknya besar dan dapat disetel tegangannya sesuai dengan kebutuhan kita.

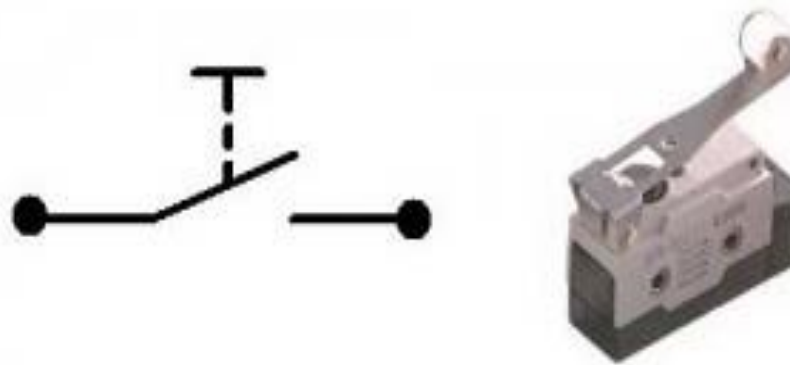
2.6.1.3 Power Supply Berdasarkan Metode Konversinya

Berdasarkan Metode Konversinya, *Power supply* dapat dibedakan menjadi *Power Supply Linier* yang mengkonversi tegangan listrik secara langsung dari Inputnya dan *Power Supply Switching* yang harus mengkonversi tegangan input ke pulsa AC atau DC terlebih dahulu.

2.7 Limit switch

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar *Push ON* yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. *Limit switch* termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari *limit switch* adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak. Simbol *limit switch* ditunjukkan pada gambar berikut.

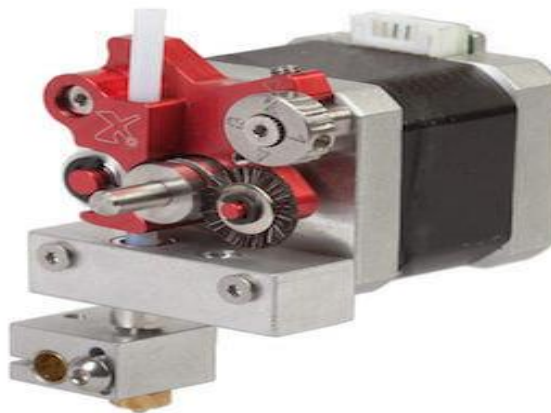
(sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/>)

Gambar 2.18 Simbol dan bentuk *limit switch*

(sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/>)

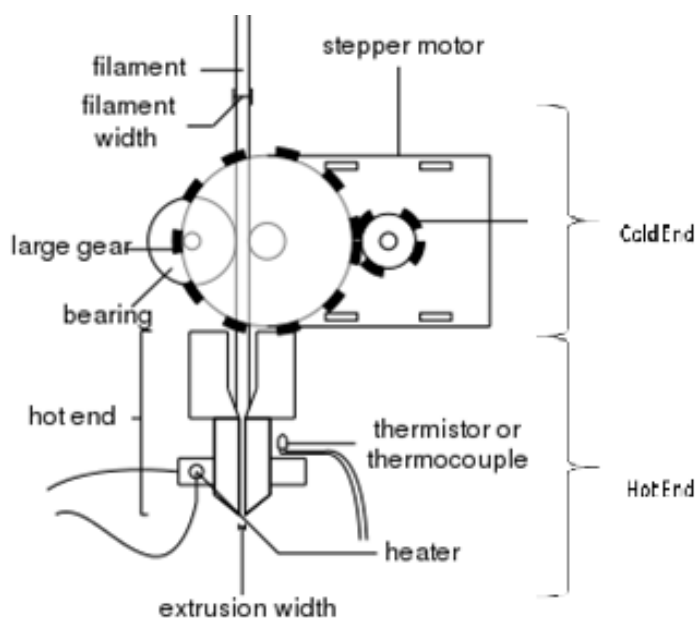
2.8 *Extruder*

Extruder adalah komponen yang sangat penting pada alat cetak bangun ruang tiga dimensi karena berfungsi untuk memanaskan dan memotong *filament* pada alat cetak bangun ruang tiga dimensi. *Extruder* terdiri dari beberapa komponen penting yaitu Stepper motor, thermistor, heater, fan dan nozzle. Di bawah ini merupakan gambar *extruder* yang digunakan pada alat pencetak ruang tiga dimensi

Gambar 2.19 *Extruder*

(sumber : 3dprinterprices.net)

Extruder diletakkan di bagian tengah alat pencetak bangun ruang tiga dimensi. Dibutuhkan filamen diameter 3mm dari polimer (dengan sepasang kabel supply 12V), filamen akan turun dan dipanaskan, dan kemudian lelehan filamen keluar dari nozzle sesuai dengan perintah dari perangkat lunak, sehingga aliran tipis ditetapkan dalam lapisan untuk membentuk bagian-bagian yang alat ini butuhkan. Extruder harus bekerja sampai suhu 250 o Celcius.



Gambar 2.20 Skematik extruder

(sumber : reprap.org)

Extruder diletakkan di bagian tengah alat pencetak bangun ruang tiga dimensi. Dibutuhkan filamen diameter biasanya 3mm, memaksa turun barel dipanaskan, dan kemudian extrudes sebagai lelehan keluar dari nozzle baik. sehingga aliran tipis ditetapkan dalam lapisan untuk membentuk bagian-bagian yang alat ini butuhkan. Extruder harus bekerja sampai suhu 250 o Celcius. Untuk melakukan ekstruksi pada filamen , Stepper motor diaktifkan memaksa bahan baku (biasanya 1.75mm atau 3mm diameter filamen) ke dalam hot end . Filamen(bahan baku) yang telah di panaskan , kemudian menuju " *Heater* " dan keluar dari *nozzle* pada kecepatan yang



wajar. Bahan diekstrusi jatuh ke *platform (heated bed)* dan kemudian lapis demi lapis ke bagian seperti yang dibangun.

(sumber : reprap.org)

Ekstrusi dalam pencetakan alat ini menggunakan bahan ekstrusi yang melibatkan “*Cold End*” dan “*Hot End*”. *Cold End* merupakan bagian dari sistem ekstruder yang menarik dan memberi bahan dari *spool* , dan mendorong ke arah *Hot End*. Ujung dingin sebagian besar peralatan-atau roller berbasis memasok torsi untuk materi dan mengendalikan laju umpan dengan cara stepper motor . Dengan ini berarti tingkat proses dikendalikan.

(sumber : <https://en.wikipedia.org>)

2.9 *Repetier-Host*

Repetier-Host merupakan perangkat lunak (*software*) yang digunakan pada Alat pencetak bangun ruang Program repetier host program yang membuat file model 3d dalam format STL, dengan fitur program mengiris (*slic3r*), dan menghasilkan G-code hosting, Repetier Host juga dapat memuat program ke informasi printer dan status display dalam waktu yang sebenarnya. Software host ini akan memanggil software slicer yang akan memotong benda 3D menjadi layer-layer yang siap diprint. Ada banyak opsi software slicer, contohnya jika kita mencetak sebuah dadu besar, kita bisa mengatur apakah dalamnya kosong atau berisi, dan jika berisi, berapa persen isinya (0-100%). Software slicer yang berbeda akan mengisi dengan pola yang berbeda, misalnya ada yang sekedar membuat zigzag, tapi ada juga yang membuat pola seperti sarang lebah.

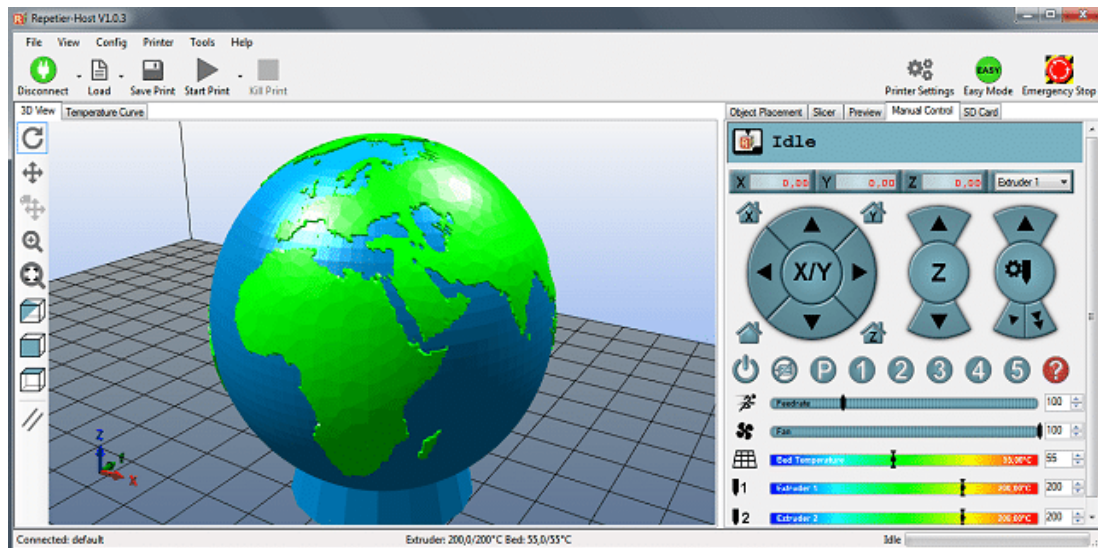
Terakhir adalah software untuk merancang sendiri benda-benda 3D. Ada banyak jenis software untuk ini, dari yang sederhana sampai yang rumit, dari yang gratis sampai yang ribuan dollar. Beberapa contoh software yang ada: Blender, SolidWorks, Sketchup, dsb yang bisa menghasilkan file STL. Pada



rancang bangun alat pencetak ruang bangun 3 dimensi menggunakan OpenSCAD. Inputnya adalah teks seperti program.

(sumber : www.repetier.com)

Di bawah ini merupakan gambar dari *Repetier-host* yang digunakan pada alat pencetak bangun ruang tiga dimensi



Gambar 2.21 *Software Repetier host*

(sumber : www.repetier.com)