

BAB II

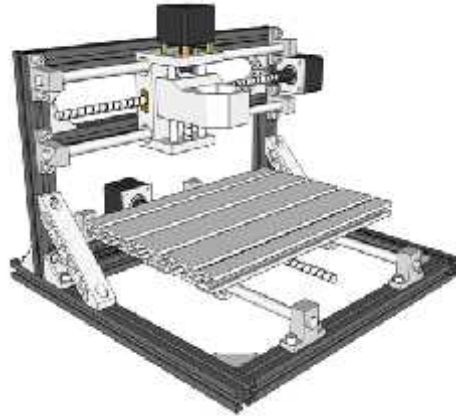
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 CNC (*Computer Numerical Control*)

Computer numerical control (CNC) merupakan sebuah mesin yang dapat mendeteksi titik-titik mana saja yang akan dilubangi. Mesin CNC adalah mesin yang dikontrol oleh computer dengan menggunakan bahasa numeric (data perintah dengan kode angka, huruf dan symbol) sesuai standart ISO (*International Standart Organization*).

Sistem kerja teknologi CNC ini akan lebih sinkron antara computer dan mekanik, sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang sejenis, maka mesin CNC lebih teliti, tepat, fleksibel dan cocok untuk produksi masal (Pratama, 2017). Pemrograman NC ini mengikuti suatu aturan baku yang disepakati secara internasional artinya para pemakai mesin CNC dapat dengan mudah bertukar informasi dan salingmengerti satu sama lainnya.

Suatu mesin perkakas CNC dapat dioperasikan dengan cara menyiapkan suatu program NC yang mengikuti aturan-aturan tertentu. Aturan-aturan tersebut telah disepakati oleh dunia industry secara internasional dan telah dibuatkan standarisasinya sehingga setiap pembuat mesin ataupun pengguna mesin dapat sepaham dalam hal pengoperasiannya. Kesepahaman ini akan memudahkan bagi semua pihak untuk memanfaatkan semaksimal mungkin kemampuan mesin perkakas yang ada. Pembuatan program NC harus mengikuti suatu format penulisan yang sudah disepakati secara internasional dan yang paling umum digunakan adalah input format berbasis *word address*. Berbagai jenis kode dapat digunakan dalam pembuatan program NC, dimana kode-kode perintah untuk mesin dikelompokkan menjadi beberapa macam NC *words*. *Word* ini memiliki fungsi-fungsi tertentu yang berkaitan dengan urutan blok informasi, jenis gerakan yang ingin dihasilkan, nilai nominal gerakan, pengaktifan fungsi-fungsi khusus pada mesin dan lain sebagainya.



Gambar 2.1 Contoh Mesin CNC
(Sumber: Sandri, 2017)

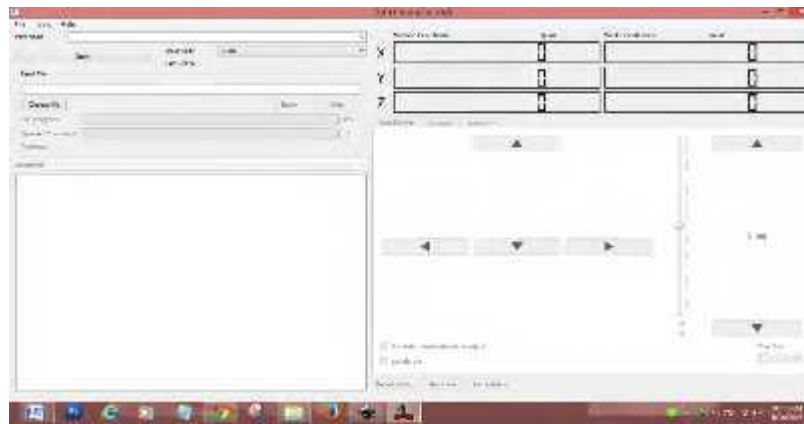
2.2 GRBL Controller

GRBL adalah salah satu *software* yang dapat digunakan oleh mesin CNC. *Software* ini hanya dapat membaca *file* dengan *extension* *ngc*. Dengan menggunakan *software* ini mesin CNC dapat bekerja untuk melakukan pengeboran sesuai dengan desain yang dibuat.



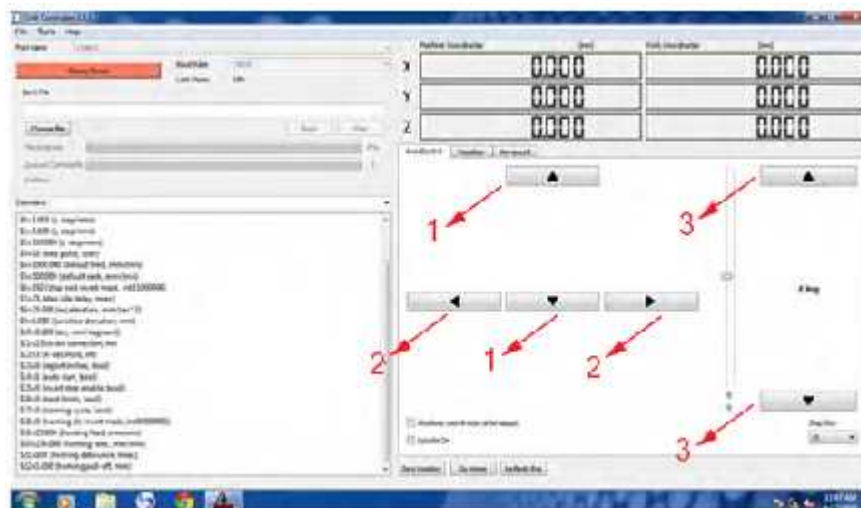
Gambar 2.2 Control Board GRBL 0.9
(Sumber: Sandri, 2017)

Melalui software GBRL Controller, sistem X, Y, dan Z dapat bergerak sesuai dengan desain yang telah dibuat. Namun sebelumnya prototype mesin CNC memerlukan konfigurasi dan kalibrasi terlebih dahulu menggunakan software GRBL0.9. Konfigurasi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa menu yang tersedia. Tampilan Software *GRBL Controller* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Tampilan *GRBL Controller*
(Sumber: Pratama, 2015)

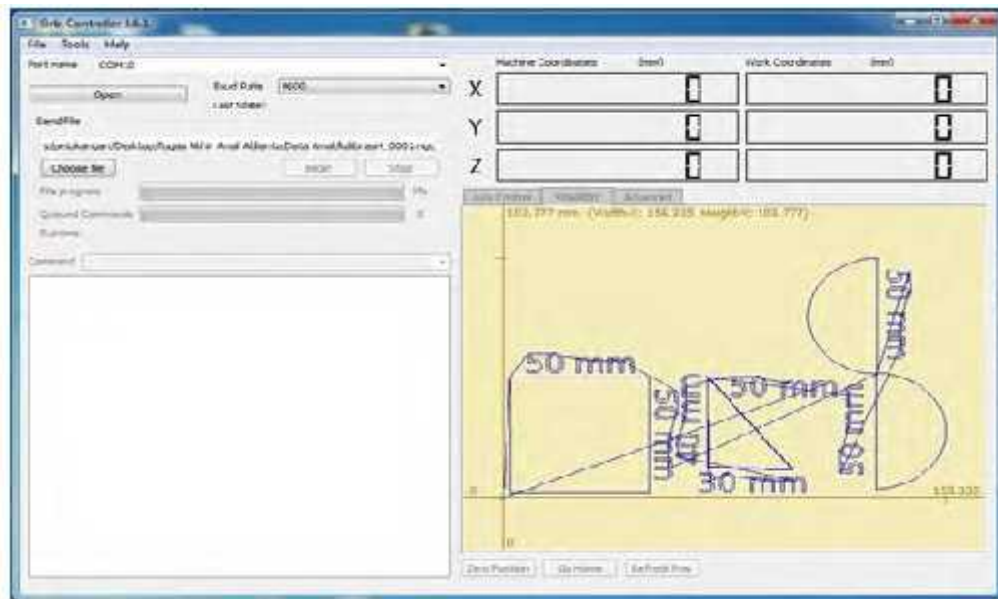
Konfigurasi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa menu yang tersedia. Pada Gambar 2.4 terdapat menu yang dapat digunakan untuk menggerakkan sistem X, Y dan Z.



Gambar 2.4 *Konfigurasi* Sumbu X,Y,Z
(Sumber: Pratama, 2015)

Menu yang ditunjukkan oleh panah pada nomor 1 digunakan untuk menggerakkan sistem Y, panah pada nomor 2 untuk menggerakkan sistem X dan panah pada nomor 3 untuk menggerakkan sistem Z.

Pada menu *Choose File*, ketika desain yang akan dikerjakan telah dipilih maka akan tampil *preview* desain pada tab *visualizer* seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 *Preview* Desain yang Akan Dibuat
(Sumber: Pratama, 2015)

Menu lainnya seperti *Port Name*, digunakan untuk memilih *port* yang menghubungkan PC dengan *GRBL Controller Board*. Sedangkan *Begin* dan *Stop*, kedua menu ini digunakan untuk memulai dan menghentikan kerja *prototype* mesin CNC (Pratama,2015).

2.3 Motor Stepper

2.3.1 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. Sudut rotasi motor proporsional dengan

pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.

Motor Stepper merupakan salah satu tipe motor yang sangat populer digunakan sebagai peralatan penggerak/pemutar (*movement unit/actuator*) dalam sistem kontrol otomatis di industri, instrumentasi, bahan printer yang sering kita pakai sehari-hari. Motor stepper dikendalikan sepenuhnya oleh mikrokontroler, karena mikrokontroler hanya mampu memberikan supply tegangan 5 Volt dan dengan arus sekitar 20 mA, jadi mikrokontroler tidak mampu untuk menggerakkan motor stepper. Maka digunakan driver penggerak untuk mensupply arus yang dibutuhkan motor stepper tersebut.

Motor Stepper merupakan motor DC yang dapat diatur posisinya dengan akurat pada posisi tertentu dan dapat berputar kearah yang diinginkan dengan memberi sinyal - sinyal pulsa dengan pola tertentu. Biasanya motor stepper digunakan untuk aplikasi - aplikasi yang membutuhkan torsi kecil dengan akurasi yang tinggi, seperti pada penggerak head pada floppy disk drive atau pada CD-ROM (Repository.usu, 2017).

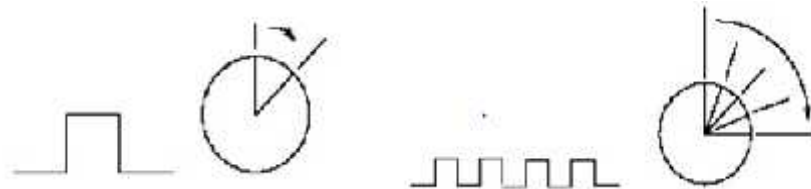


Gambar 2.6 Motor Stepper
(Sumber: Pololu, 2017)

2.3.2 Konstruksi 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 yang ditentukan. Satu pulsa menghasilkan satu kenaikan putaran

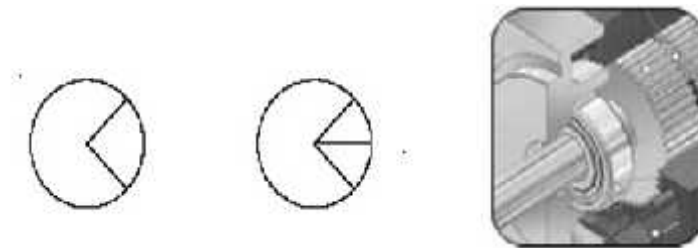
atau step, yang merupakan bagian dari satu putaran penuh. Oleh karena itu, perhitungan jumlah pulsa dapat diterapkan untuk mendapatkan jumlah putaran yang diinginkan. Perhitungan pulsa secara otomatis menunjukkan besarnya putaran yang telah dilakukan, tanpa memerlukan informasi balik (feedback).



Gambar 2.7 Pulsa Keluaran Motor Stepper

(Sumber : Repository.usu, 2017)

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 2.8 Mikro Step dan Bagian dari Motor Stepper

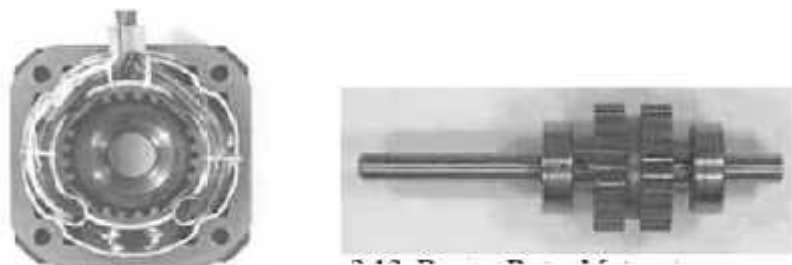
(Sumber : Repository.usu, 2017)

Bagian-bagian dari motor stepper yaitu tersusun atas rotor, stator, bearing, casing dan sumbu.

1. Rotor pada motor stepper terdiri dari poros, roda dan sudu gerak.
2. Stator terdiri dari beberapa kutub. Setiap kutub memiliki lilitan yang menghasilkan medan magnet yang akan menggerakkan rotor. Pemberian arus yang berurutan pada kutub – kutubnya menyebabkan medan magnet berputar yang akan menarik rotor ikut berputar. Stator juga memiliki dua

bagian plat yaitu plat inti dan plat lilitan. Plat inti dari motor stepper ini biasanya menyatu dengan casing.

3. Casing motor stepper terbuat dari aluminium dan ini berfungsi sebagai dudukan bearing dan stator pemegangnya adalah baud sebanyak empat buah. Di dalam motor stapper memiliki dua buah bearing yaitu bearing bagian atas dan bearing bagian bawah.
4. Sumbu merupakan pegangan dari rotor dimana sumbu merupakan bagian tengah dari rotor, sehingga ketika rotor berputar sumbu ikut berputar.



Gambar 2.9 Bagian Stator Motor dan Rotor Motor Stepper
(Sumber : Repository.usu, 2017)

2.3.3 Prinsip Kerja Motor Stepper

Pada dasarnya, prinsip kerja stepper motor ini sama dengan DC Motor, yaitu pembangkitan medan magnet untuk memperoleh gaya tarik ataupun gaya lawan dengan menggunakan catu tegangan DC pada lilitan/kumparannya. Perbedaannya terletak pada gaya yang digunakan. Bila DC Motor menggunakan gaya lawan untuk melawan atau mendorong fisik kutub magnet yang dihasilkan maka stepper motor menggunakan gaya tarik untuk menarik fisik kutub magnet yang berlawanan sedekat mungkin ke posisi kutub magnet dihasilkan oleh kumparan. Oleh karena itu, pada DC Motor, putarannya relatif tidak terkendali, jarak tolakannya sangat relatif, tergantung pada besar medan magnet yang dihasilkan. Sebaliknya pada stepper motor, gerakan motor terkendali karena begitu kutub yang berlawanan tadi sudah tarik-menarik dalam posisi yang paling dekat, gerakan akan berhenti dan direm.

Bila kumparan mendapat tegangan dengan analogi mendapat logika 1, maka akan dibangkitkan kutub magnet yang berlawanan dengan kutub magnet

tetap pada rotor. Dengan demikian, posisi kutub magnet rotor akan ditarik mendekati lilitan yang menghasilkan kutub magnet tetap pada rotor itu akan berpindah posisi menuju kutub magnet lilitan yang dihasilkan sekarang. Berarti, telah terjadi gerakan 1 step. Bila langkah ini diulang terus-menerus, dengan memberikan tegangan secara bergantian ke lilitan-lilitan yang bersebelahan, rotor akan berputar.

Logika perputaran rotor tersebut dapat dianalogikan secara langsung dengan data 0 atau 1 yang diberikan secara serentak terhadap semua lilitan stator motor. Hal ini sangat memudahkan bagi sistem designer dalam menciptakan putaran-putaran stepper motor secara bebas dengan hanya mempermainkan bit-bit pada data yang dikirimkan ke rangkaian interface stepper motor tersebut.

Untuk stepper motor 4 fase, pada prinsipnya ada dua macam cara kerja, yaitu full stef dan half stef. Penjabatan formasi logika dalam tabel ini adalah untuk mewakili putaran 360° relatif terhadap fase dari motor.

Motor Stepper yang dijumpai di pasaran sebagian besar melipat gandakan jumlah kutub magnet kumparannya dengan memperbanyak kumparan stator sejenis melingkar berurutan dalam konfigurasi penuh 360° rill terhadap poros rotor (dengan jumlah fase tetap). Hal ini dilakukan untuk memperoleh efek rill putaran 1 stef yang lebih presisi, misalnya $3,6^\circ/\text{stef}$ atau $1,8^\circ/\text{stef}$.

Untuk memperoleh efek cekraman yang lebih kuat, modus data yang diberikan pada mode full wave dapat dimanipulasi dengan memberikan double aktif bits pada setiap formasi. Dengan cara ini, torsi yang dihasilkan akan lebih besar. Namun demikian, penggunaan arus akan berlipat dua karena pada saat yang bersamaan dua lilitan mendapatkan arus kemudi. Dalam aplikasinya, sumber daya yang tersedia perlu diperhatikan.

Tabel 2.1 Formasi tegangan / logika pada Stepper Motor

Step ke	Full step				Half step			
1	1	0	0	0	1	0	0	0
2	0	1	0	0	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0	1	1	0
5	Berulang ke step 1				0	0	1	0
6					0	0	1	1
7					0	0	0	1
8					1	0	0	1
					Berulang ke step 1			

Tabel 2.2 Formasi Double Active Bit Untuk Mode Putaran Full Step

Step ke	Full step			
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

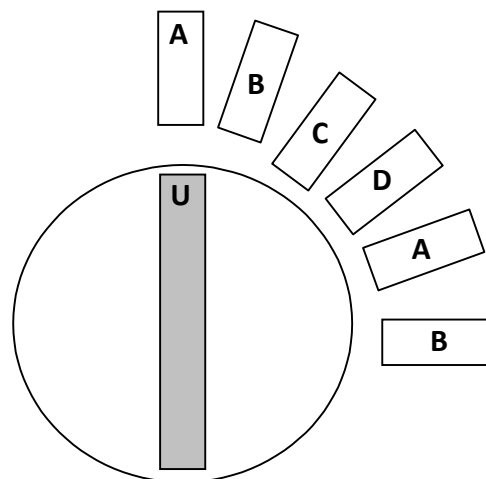
Pada full step, suatu titik pada sebuah kutub magnet dirotor akan kembali mendapat tarikan medan magnet stator pada lilitan yang sama setelah step 4. Berikutnya, dapat diberikan lagi mulai dari step satu 1. Untuk Half step semua kutub magnet pada rotor akan kembali mendapatkan tarikan dari medan magnet lilitan yang sama setelah step 8. Berikutnya mulai step 1 (Repository.usu,2017).

2.3.4 Aplikasi Motor Stepper

Aplikasi penggunaan motor stepper dapat juga di jumpai dalam bidang industri atau untuk jenis motor stepper kecil dapat digunakan dalam perancangan suatu alat mekatronik atau robot. Motor stepper berukuran besar digunakan, misalnya, dalam proses pengeboran logam yang menghendaki ketepatan posisi pengeboran, dalam hal ini dilakukan oleh sebuah robot yang memerlukan ketepatan posisi dalam gerakan lengannya dan lain-lain.

Motor Stepper merupakan motor DC yang dapat diatur posisinya dengan akurat pada posisi tertentu dan dapat berputar kearah yang diinginkan dengan memberi sinyal - sinyal pulsa dengan pola tertentu. Biasanya motor stepper digunakan untuk aplikasi - aplikasi yang membutuhkan torsi kecil dengan akurasi yang tinggi, seperti pada penggerak head pada floppy disk drive atau pada CD-ROM (Repository.usu,2017).

Pada gambar di bawah ditunjukkan dasar susunan sebuah motor stepper.



Gambar 2.10 Diagram Motor Stepper
(Sumber : Repository.usu, 2017)

Magnet permanen N-S berputar kearah medan magnet yang aktif. Apabila kumparan *stator* dialiri arus sedemikian rupa, maka akan timbul medan magnet dan rotor akan berputar mengikuti medan magnet tersebut. Setiap

pengalihan arus ke kumparan berikutnya menyebabkan medan magnet berputar menurut suatu sudut tertentu, biasanya informasi besar sudut putar tertulis pada badan motor stepper yang bersangkutan. Jumlah keseluruhan pengalihan menentukan sudut perputaran motor. Jika pengalihan arus ditentukan, maka *rotor* akan berhenti pada posisi terakhir. Jika kecepatan pengalihan tidak terlalu tinggi, maka slip akan dapat dihindari. Sehingga tidak di perlukan umpan balik (*feedback*) pada pengendalian motor stepper.

Motor stepper banyak digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang biasanya cukup menggunakan torsi yang kecil, seperti untuk penggerak piringan disket atau piringan CD. Dalam hal kecepatan, kecepatan motor stepper cukup cepat jika dibandingkan dengan Motor DC. Motor stepper merupakan Motor DC yang tidak memiliki komutator. Pada umumnya motor stepper hanya mempunyai kumparan pada statornya sedangkan pada bagian rotornya merupakan permanen magnet. Dengan model motor seperti ini maka motor stepper dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan/atau berputar ke arah yang diinginkan, searah jarum jam atau sebaliknya.

Kecepatan motor stepper pada dasarnya ditentukan oleh kecepatan pemberian data pada komutatornya. Semakin cepat data yang diberikan maka motor stepper akan semakin cepat pula putarannya. Pada kebanyakan motor stepper kecepatannya dapat diatur dalam daerah frekuensi audio dan akan menghasilkan putaran yang cukup cepat.

2.4 Power Supply

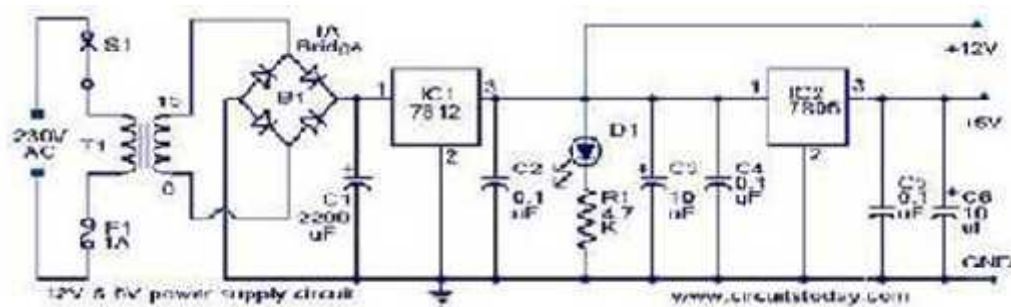
Catu daya (*Power Supply*) adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik menuju level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik (Eprints.polsri,2017).



Gambar 2.11 Power Supply (Adaptor)
(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Jika suatu catu daya bekerja dengan beban maka terdapat keluaran tertentu dan jika beban tersebut dilepas maka tegangan keluar akan naik, persentase kenaikan tegangan dianggap sebagai regulasi dari catu daya tersebut. Regulasi adalah perbandingan perbedaan tegangan yang terdapat pada tegangan beban penuh.

Agar tegangan keluaran catu daya lebih stabil, dapat digunakan suatu komponen IC yang disebut IC regulator, misalnya IC Regulator 7812 atau IC Regulator 7805. Hal ini memungkinkan keluaran DC catu daya dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Gambar 2.1 menunjukkan rangkaian catu daya menggunakan IC regulator.



Gambar 2.12 Rangkaian Catu Daya
(Sumber : <http://www.circuitstoday.com/12v-5v-combo-power-supply>)

2.4.1 Jenis-Jenis Power Supply

1. Power Supply AT

Power supply yang memiliki kabel power yang dihubungkan ke motherboard terpisah menjadi dua konektor power (P8 dan P9). Kabel yang berwarna hitam dari konektor P8 dan P9 harus bertemu di tengah jika disatukan.

Pada power supply jenis AT ini, tombol ON/OFF dihubungkan langsung pada tombol casing. Untuk menghidupkan dan mematikan komputer, kita harus menekan tombol power yang ada pada bagian depan casing. Power supply jenis AT ini hanya digunakan sebatas pada era komputer pentium II. Pada era pentium III keatas atau hingga sekarang, sudah tidak ada komputer yang menggunakan Power supply jenis AT. (*Sumber: Andrianto, Heri. 2016*)

Ciri utama :

- a. Tombol on/off bersifat manual
- b. Ketika *Shutdown*, untuk mematikan mesti menekan tombol CPU
- c. Kabel daya ke *motherboard* terdiri atas 2 x 6 pin
- d. Daya rata-rata di bawah 250Watt

2. Power Supply ATX

Power Supply ATX (Advanced Technology Extended) adalah jenis power supply jenis terbaru dan paling banyak digunakan saat ini. Perbedaan yang mendasar pada PSU jenis AT dan ATX yaitu pada tombol powernya, jika power supply AT menggunakan *Switch* dan ATX menggunakan tombol untuk mengirikan sinyal ke *motherboard* seperti tombol power pada *keyboard*.

Ciri utama :

- a. Terdiri atas satu set kabel supply ke *motherboard* yang berjumlah : 20pin atau 20pin + 4pin 24pin + 4pin atau 24pin + 8pin
- b. Ketika *shutdown* otomatis CPU mati
- c. Ada konektor tambahan power SATA (PSU terkini)
- d. Daya lebih besar untuk memenuhi standar komputasi masa kini
- e. Efisiensi lebih baik (*Sumber: Andrianto, Heri. 2016*)

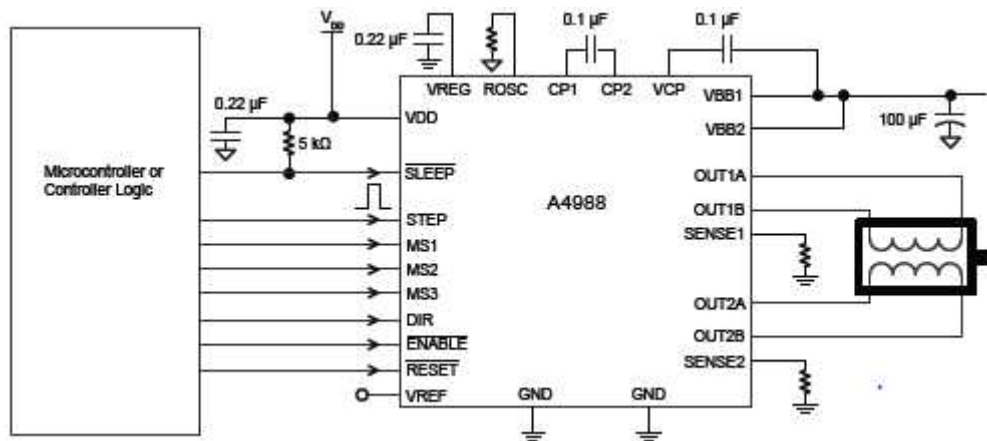
2.5 Driver Motor A4988

Motor driver IC A4988 dipilih sebagai motor driver pada perancangan ini karena tidak boros pin arduino dan mudah cara dioperasikan. Motor driver pada umumnya hanya menaikkan tegangan *output* dari *input* arduino, hal ini sangat boros pin pada arduino mengingat tiap motor stepper bipolar memiliki 4 buah kabel. IC A4988 sangat mudah digunakan karena hanya terdapat dua buah *input* masukkan yakni DIR dan STEP. DIR berfungsi untuk mengubah arah putaran searah jarum jam dan berlawanan jarum jam. STEP berfungsi untuk mengatur kecepatan motor stepper dengan memberikan sinyal HIGH dan LOW dengan jeda.

2.5.1 Rangkaian Driver Motor A4988

Untuk dapat menggerakkan motor *stepper* dibutuhkan IC A4988. Satu buah IC A4988 hanya dapat mengendalikan satu buah motor *stepper*. Oleh karena itu pada *driver* motor ini terdapat 3 buah IC A4988 untuk dapat menggerakkan 3 buah motor *stepper*. Perancangan *driver* motor A4988 dapat dilakukan dengan menggunakan *software* isis (Pratama, 2015).

Pada IC A4988 hanya 7 buah kaki yang dihubungkan dengan Arduino, yaitu *Enable*, *Stop*, *Driver*, VCC 12V, VCC 5V dan 2 buah *Ground*. Lalu 4 buah kaki yaitu 1A, 1B, 2A, 2B dihubungkan dengan sebuah motor *stepper*.



Gambar 2.14 IC A4988

(Sumber: Allegro, 2017)

Bentuk asli IC A4988 dapat dilihat pada gambar 2.11, IC A4988 memiliki 8 buah kaki yang terdapat pada sisi kanan dan sisi kirinya.



Gambar 2.15 IC A4988

(Sumber: Pololu, 2017)

2.6 Spindle

Spindle kerja mesin CNC adalah bagian yang berfungsi memutar benda kerja pada mesin bubut dan memutar alat potong pada mesin frais atau pada mesin bor.

Putaran Spindle mesin terdapat dua macam :

- 1) Putaran spindle langsung dinyatakan dengan huruf S dan angka

menunjukkan langsung jumlah putaran spindle. Contoh : S1200 (jumlah putaran spindle mesin $n = 1200$ putaran / menit)

2) Putaran spindle tidak langsung (kecepatan potong konstan)

Contoh : G 96 S 200 menunjukkan kecepatan potong konstan 200 m/menit)

Huruf S dan angka menunjukkan besarnya kecepatan potong dan harus menulis instruksi G96. Spindle mesin dapat berputar searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam (Wibowo,2010).



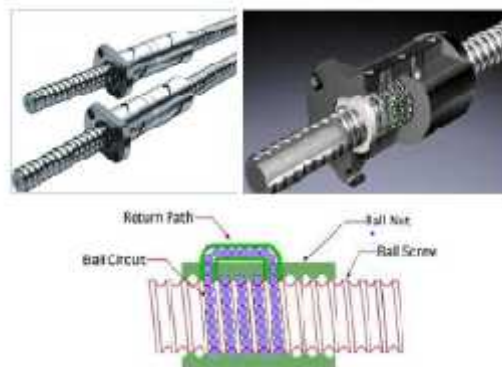
Gambar 2.16 Spindle

(Sumber: cncengravermachine.en.ec21.com)

2.7 Ball Screw

Ball screw adalah aktuator linier yang bertindak untuk mengubah gerak putar menjadi gerak lurus dengan gesekan kecil. Gesekan yang terjadi bisa kecil dikarenakan antara nut dengan boltnya terdapat ball (gotri) yang berfungsi untuk mengurangi koefisien gesek. Lain halnya dengan *lead screw* yang tidak memiliki ball (gotri) antara nut dengan boltnya. Sedangkan pengertian dari aktuator sendiri merupakan suatu pengubah, yang merubah energi listrik menjadi energi gerak. Aktuator dirancang untuk beroperasi/menggerakkan suatu mekanisme dan merubah suatu variabel kontrol di dalam proses.

Pada poros berulirnya terdapat jalur berbentuk heliks untuk *Ball Bearing* yang bertindak sebagai sekrup presisi yang mampu menahan beban dorong tinggi dengan gesekan internal yang kecil. cocok untuk digunakan dalam situasi di mana presisi tinggi diperlukan. Susunan bola bertindak sebagai *nut* Sedangkan poros berulir bertindak sebagai *screw*.



Gambar 2.17 Skema Ball Screw (Allan Permana, *Ball Screw and Linear Bearing*.2011)

2.8 Linear Bearing

Sebuah *linear motion bearing* atau *slide liner* adalah bantalan yang dirancang untuk memberikan gerak bebas dalam satu dimensi. Ada berbagai jenis bantalan gerak *linear* dan keluarga ini produk umumnya dipecah menjadi dua sub-kategori: *rolling element* dan *plane*.



Gambar 2.18 Linear Bearing
(Sumber: Allan Permana, 2011)

2.8.1 Jenis Linear Ball Bearing

1. Roller Element Bearing

Sebuah *Roller Element Bearing* umumnya terdiri dari sebuah *outer ring* dan beberapa baris bola ditahan oleh cage nya. Fitur gerakannya halus, gesekan rendah, kekakuan tinggi dan umur panjang. *Bearing* jenis ini bersifat ekonomis,

dan mudah dalam proses pengantiannya. Berikut beberapa ciri dari *roller element bearing* :

- a. *Roller Element Bearing* hanya dapat bekerja pada baja dikeraskan atau *shafting stainless steel*.
- b. *Roller Element Bearing* lebih kaku dari *Plain Bearing*.
- c. *Roller Element Bearing* mudah terkontaminasi dan memerlukan segel.
- d. *Roller Element Bearing* membutuhkan pelumasan.
- e. *Roller Element Bearing* di bagi ke dalam dua jenis *Ball Bearing slides* dan *Roller slides*.

a. Ball Bearing Slides



Gambar 2.19 Ball Bearing Slides
(Sumber: Allan Permana, 2011)

Disebut juga " ball slides ", *Ball Bearing Slides* adalah jenis yang paling umum dari *linear slide*. *Ball Bearing Slides* memiliki gerak yang halus sepanjang tunggal-sumbu *linier*, dibantu oleh bantalan bola yang ditempatkan di bagian *linier bearing*, dan *bearing* ini memiliki sifat *self lubrication*. Aplikasi bantalan bola geser biasanya terdapat pada instrumentasi halus, perakitan robot, lemari, peralatan *high-end* dan perabotan furnitur, bukan hanya pada industri manufaktur tetapi juga furnitur, elektronik dan industri konstruksi. Sebagai contoh, bola bantalan geser yang banyak digunakan dalam industri furnitur adalah *ball bearing drawer slide*.

b. Rollel Sliding Ball Bearing



Gambar 2.20 Roller Sliding Ball Bearing

(Sumber: Allan Permana, 2011)

Dikenal juga sebagai *Rolling Element Bearing*. *Slide Roller* didasarkan pada bantalan *rol linier*, yang sering dipetak-petak untuk memberikan kemampuan beban yang lebih berat dan kontrol gerakan yang lebih baik. Digunakan pada industri seperti manufaktur, *Photonics*, medis dan telekomunikasi.

2. Plain Bearing

Bantalan biasa sangat mirip di *desain* untuk bergulir-*element* bantalan , kecuali mereka meluncur tanpa menggunakan bantalan bola ;

1. Bantalan biasa dapat berjalan pada baja dikeraskan atau *shafting stainless steel* (balapan), atau dapat dijalankan pada *hard-anodized* aluminium atau baja lunak atau aluminium. Jenis *spesifik polimer / polimer fluoro*-akan menentukan apa kekerasan diperbolehkan.
2. Bantalan biasa kurang kaku dibandingkan bergulir-elemen bantalan.
3. Bantalan biasa kontaminasi ditangani dengan baik dan sering tidak perlu segel / pencakar.
4. Bantalan biasa umumnya menangani kisaran suhu yang lebih luas daripada bergulir elemen bantalan
5. Bantalan biasa (versi plastik) tidak memerlukan oli atau pelumas (sering dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik kinerja) (Allan Permana, 2011).

2.9 G-Code dan M-Code

Dalam pemrograman mesin CNC, terdapat dua jenis kode yaitu G-Code dan M-Code. Dari gabungan kedua kode inilah serangkaian proses kerja dari mesin terjadi.

G-Code atau yang disebut juga dengan bahasa pemrograman G merupakan bahasa grafis yang digunakan untuk mendeskripsikan hubungan/koneksi antara beberapa objek, dalam bentuk diagram blok. G-Code berbeda dengan bahasa-bahasa pemrograman lainnya. Dalam G-Code, program dijalankan secara linear, artinya hanya satu perintah yang dapat dieksekusi dalam satu waktu dan perintah selanjutnya akan tereksekusi setelah perintah sebelumnya selesai dieksekusi (Nugraha,2017). Sedangkan M-Code merupakan perintah pembantu yang menyatakan fungsi mesin.

Berikut ini merupakan contoh dari G-Code dan M-Code :

- G00 = Pindah posisi axis dengan kecepatan penuh
- G01 = Pindah posisi axis secara linear (feed rate)
- G02 = Pindah posisi axis berputar searah jarum jam
- G03 = Pindah posisi axis berlawanan arah jarum jam
- M02 = Program selesai
- M03 = Spindle berputar searah jarum jam
- M04 = Spindle berputar berlawanan arah jarum jam
- M05 = Spindle stop