

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Mesin CNC

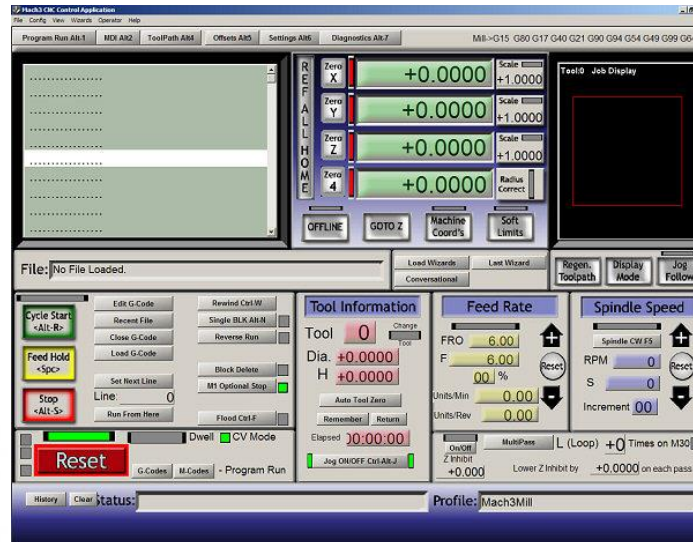
Mesin *Computer Numerical Control* (CNC) adalah mesin perkakas otomatis yang dapat diprogram secara numerik melalui komputer yang kemudian disimpan pada media penyimpanan. Mesin CNC terdiri dari beberapa sumbu gerak dimana setiap sumbu tersebut digerakkan oleh motor. Alat kerja dari mesin CNC dapat berupa bor, pemotong, atau pemahat. Mesin CNC biasanya digunakan di industri manufaktur yang menghasilkan produk dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan keakuratan dan kestabilan posisi alat kerja mesin CNC saat pembentukan kontur.

2.2. PC Based CNC

PC Based CNC adalah mesin perkakas dengan sistem pemrograman CNC (*Computer Numerical Control*), yang menggunakan *software* yang terinstall pada PC (*Personal Computer*) sebagai kontrolernya.

2.3. Artsoft Mach3

Mach3 adalah *software* yang bisa mengubah komputer dekstop menjadi sebuah piranti kontroller mesin CNC. Mach3 sangat kaya fitur dan memberikan nilai yang besar untuk mereka yang membutuhkan paket kontrol CNC. Mach3 bekerja pada PC Windows untuk mengendalikan gerakan motor (stepper & servo) dengan mengolah G-Code. Mach3 dapat mentransformasi gambar-gambar menjadi G-Code yang kemudian digunakan sebagai pengendali mesin. Bukan hanya milling dan bubut, Mach3 juga bisa dikembangkan untuk beberapa mesin CNC yang lainnya, seperti : *Plasma cutting* CNC, EDM Wire CUT, Water Jet, dan Laser. Mach3 memiliki fitur penambah program (VBscript) yang memungkinkan untuk menambahkan kefungsian khusus seperti : ATC (*Automatic Tool Changer*).



Gambar 2.1 Tampilan Software Mach3(<http://maxtronpersada.com/product/mach3>)

2.4. Power Supply

Pengertian *Power Supply* adalah sebagai alat atau perangkat keras yang mampu menyuplai tenaga atau tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik ke tegangan listrik yang lainnya. *Range* tegangan yang dimilikinya bisa berupa tegangan AC (misal : 120/240 Vac) maupun tegangan DC (misal : 24 V DC). Disini *Power Supply* digunakan sebagai penyedia daya untuk *driver motor stepper*, *cooling fan*, dan *tower lamp*.

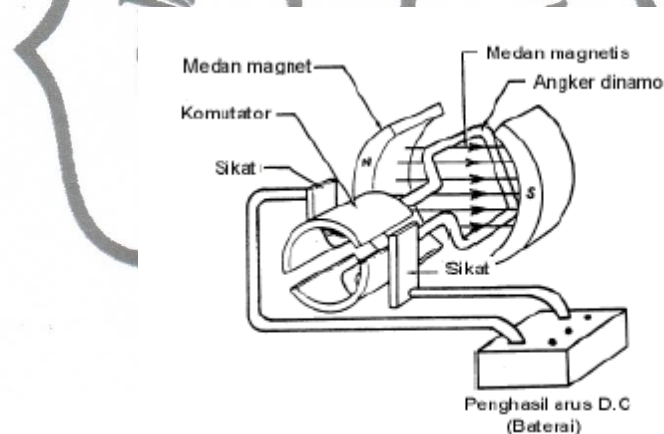


Gambar 2.2 Power Supply (<http://www.teknikelektronika.com/category/equipment/powersupply/>)

commit to user

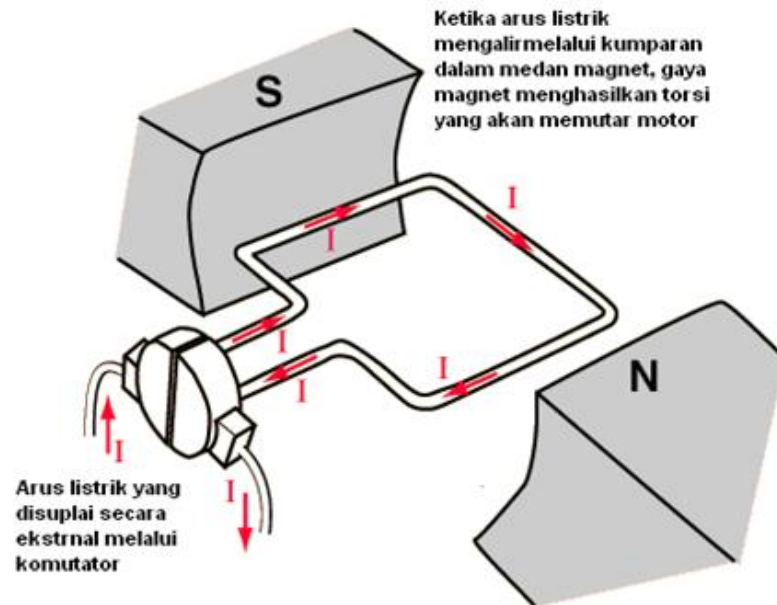
2.5. Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). 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 seperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3. Komponen Motor DC (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/prinsip-kerja-motor-dc/>)

Pada motor dc, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2.4. Prinsip Kerja Motor DC (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/prinsip-kerja-motor-dc/>)

2.5.1. Jenis-Jenis Motor DC

1. Motor DC Standar

Motor DC standar adalah Motor dengan kecepatan putaran tinggi pada poros namun torsi / daya geraknya rendah. Motor DC cocok digunakan pada aplikasi yang menggunakan kecepatan tinggi dan torsi yang tidak terlalu besar. Oleh karena itu, motor ini biasanya digunakan pada bagian roda penggerak dari sebuah sistem. Kecepatan putar motor dc jenis dihitung berdasarkan jumlah putaran yang terjadi dalam satu menit atau RPM (*Rotation Per Minute*).

2. Motor Stepper

Motor Stepper adalah suatu motor listrik yang dapat mengubah pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan motor diskrit (terputus) yang disebut step (langkah). Satu putaran motor memerlukan 360° dengan jumlah langkah yang tertentu perderajatnya. Ukuran kerja dari motor stepper biasanya diberikan dalam jumlah langkah per-putaran per-detik. Motor stepper bekerja berdasarkan pulsa-pulsa yang diberikan pada lilitan fasenya dalam

urut-urutan yang tepat. Selain itu, pulsa-pulsa itu harus juga menyediakan arus yang cukup besar pada lilitan fase tersebut.

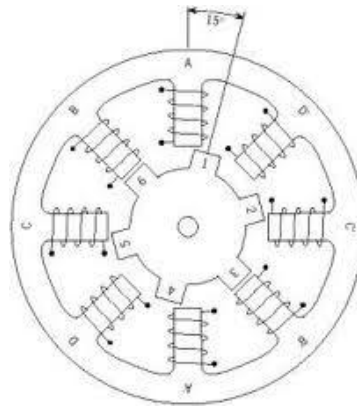


Gambar 2.5 Motor Stepper (<http://elektronika-dasar.web.id/motor-stepper/>)

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. Pada dasarnya terdapat 3 tipe motor stepper yaitu:

1) Motor Stepper Tipe Variable Reluctance (VR)

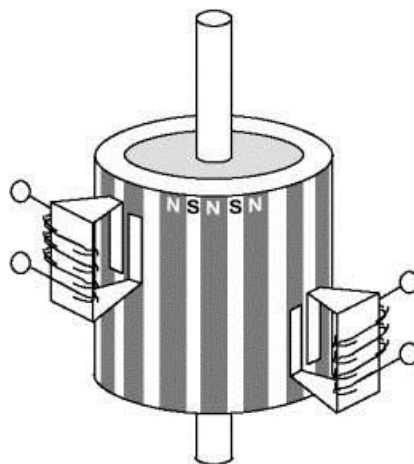
Motor stepper jenis ini telah lama ada dan merupakan jenis motor yang secara struktural paling mudah untuk dipahami. Motor ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi energi dengan arus DC, kutub-kutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator. Penampang melintang dari motor stepper tipe variable reluctance (VR) seperti gambar 2.6:



Gambar 2.6 Penampang melintang motor stepper *variable reluctance* (VR) (<http://elektronika-dasar.web.id/motor-stepper/>)

2) Motor Stepper Tipe *Permanent Magnet* (PM)

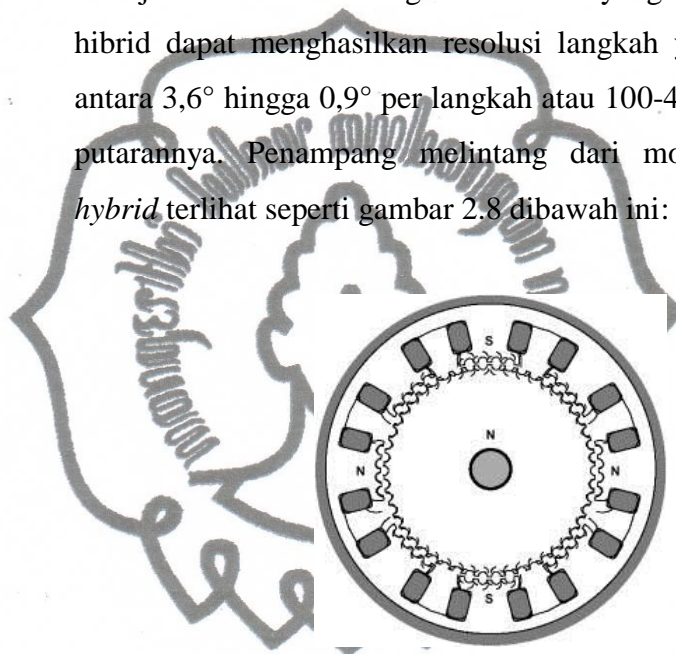
Motor stepper jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar (tin can) yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan. Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (step) yang rendah yaitu antara $7,5^\circ$ hingga 15° per langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya. Ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe permanent magnet seperti gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Ilustrasi motor stepper permanent magnet (PM)
(<http://elektronika-dasar.web.id/motor-stepper/>)

3) 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 gerigi 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 untuk aktuator mesin CNC karena kinerja lebih baik dan tingkat ketelitian yang tinggi. Motor tipe hibrid dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara $3,6^\circ$ hingga $0,9^\circ$ per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya. Penampang melintang dari motor stepper tipe *hybrid* terlihat seperti gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2.8 Penampang melintang motor stepper tipe *hybrid*

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

3. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo merupakan salah satu jenis motor DC. Berbeda dengan motor stepper, motor servo beroperasi secara *close loop*. Poros motor dihubungkan dengan rangkaian kendali, sehingga jika putaran poros belum sampai pada posisi yang diperintahkan maka rangkaian kendali akan terus mengoreksi posisi hingga mencapai posisi yang diperintahkan. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian

commit to user

gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. *Potensiometer* berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran *servo*.



Gambar 2.9 Motor servo standar (<http://elektronika-dasar.web.id/>)

2.6. Driver

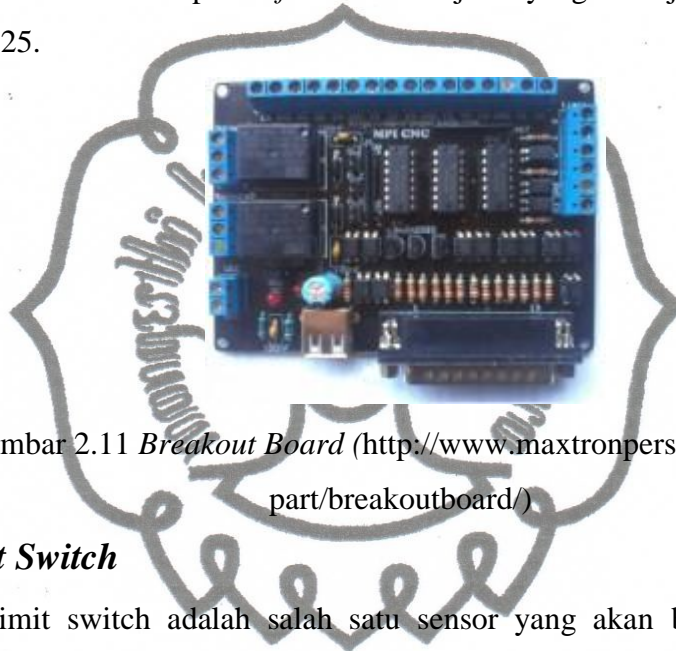
Untuk menggerakkan motor *stepper* diperlukan sebuah rangkaian yang dapat memberikan catu daya ke Motor Stepper. Disamping memberikan catu daya, *driver* tersebut juga mengatur *input* -an yang berupa pulsa untuk mengatur gerakan dari Motor Stepper karena motor *stepper* bergerak *step by step*. Fungsi dari *stepper driver* itu sendiri yaitu untuk menerima sinyal keluaran dari rangkaian *breakout board* yang kemudian menerjemahkannya untuk memberikan *input* tegangan dan frekuensi tertentu. *Stepper driver* ini mengendalikan arah putaran motor dengan cara membalik urutan pemberian tegangan pada lilitan motor *stepper*. Sedangkan untuk mengatur kecepatan putaran motor, *driver* akan mengatur besarnya frekuensi pulsa yang masuk pada lilitan motor *stepper*.



Gambar 2.10 *Stepper Driver* (<http://elektronika-dasar.web.id/stepper-driver/>)

2.7. Breakout Board

Breakout Board (BOB) adalah *card electronic* yang berfungsi menghubungkan sinyal data dari komputer dengan perangkat *input* maupun *output*. BOB merupakan komponen utama yang digunakan untuk merakit mesin cnc, menghubungkan sinyal data dari komputer menuju driver atau *relay*, serta menghubungkan sinyal *input* dr luar untuk bisa dibaca komputer. BOB menggunakan *parallel port* komputer DB25, bisa bekerja menggunakan *software* MACH3 maupun *software* lain sejenis yang bekerja dengan *parallel port* DB25.



Gambar 2.11 Breakout Board (<http://www.maxtronpersada.com/cnc-part/breakoutboard/>)

2.8. Limit Switch

Limit switch adalah salah satu sensor yang akan bekerja jika pada bagian actuator nya tertekan suatu benda, baik dari samping kiri ataupun kanan, mempunyai micro switch dibagian dalamnya yang berfungsi untuk mengontakkan atau sebagai pengontak, gambar batang yang mempunyai roda itu namanya actuator lalu diikat dengan sebuah baud, berfungsi untuk menerima tekanan dari luar, roda berfungsi agar pada saat limit switch menerima tekanan , bisa bergerak bebas, kemudian mempunyai tiga lubang pada body nya berfungsi untuk tempat dudukan baud pada saat pemasangan di mesin. Ketika actuator dari Limit switch tertekan suatu benda baik dari samping kiri ataupun kanan sebanyak 45 derajat atau 90 derajat (tergantung dari jenis dan type limit switch) maka, actuator akan bergerak dan diteruskan ke bagian dalam dari limit switch, sehingga mengenai micro switch dan menghubungkan kontak-kontaknya, pada micro switch terdapat kontak jenis NO dan NC seperti juga sensor lainnya, kemudian kontak nya mempunyai

beban kerja sekitar 5 A, untuk dihubungkan ke perangkat listrik lainnya, dan begitulah seterusnya, selain itu limit switch juga mempunyai head atau kepala tempat dudukan actuator pada bagian atas dari limit switch dan posisinya bisa dirubah-rubah sesuai dengan kebutuhan. Penerapan dari limit switch adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak, pada mesin ini digunakan untuk menghentikan atau membatasi pergerakan sumbu.



Gambar 2.12 *Limit switch* (<http://elektronika-dasar.web.id/>)

2.9. Relay

Relay adalah suatu piranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor (saklar) yang tersusun. Kontaktor akan tertutup (*On*) atau terbuka (*Off*) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar dimana pergerakan kontaktor (*On/Off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik. Berdasarkan cara kerjanya relay dibagi menjadi 3 :

1. *Normaly On* : Kondisi awal kontaktor tertutup (*On*) dan akan terbuka (*Off*) jika relay diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan (*coil*) relay. Istilah lain kondisi ini adalah *Normaly Close* (NC).
2. *Normaly Off* : Kondisi awal kontaktor terbuka (*Off*) dan akan tertutup jika relay diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan (*coil*) relay. Istilah lain kondisi ini adalah *Normaly Open* (NO).
3. *Change-Over* (CO) atau *Double-Throw* (DT) : Relay jenis ini memiliki dua pasang terminal dengan dua kondisi yaitu *Normaly Open* (NO) dan *Normaly Close* (NC). *commit to user*



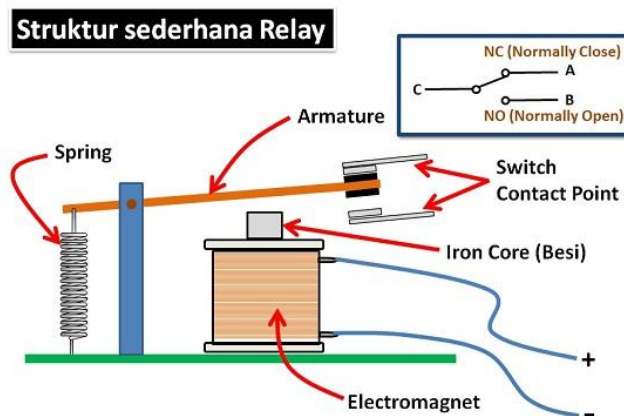
Gambar 2.13 Relay (<http://www.teknikelektronika.com/relay/>)

Prinsip kerja relay

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu:

1. *Electromagnet (Coil)*
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point (Saklar)*
4. *Spring*

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2.14 Struktur sederhana relay
(<http://www.teknikelektronika.com/relay/>)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *Coil* yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan *Coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari Posisi

sebelumnya *Normaly Close* (NC) ke posisi baru *Normaly Open* (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya *Normaly Open* (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya *Normaly Close* (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal *Normaly Close* (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik *Contact Point* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

2.10. MCB (*Mini Circuit Breaker*)

MCB (*Mini Circuit Breaker*) yang memiliki fungsi sebagai alat pengaman arus lebih. MCB ini memproteksi arus lebih yang disebabkan oleh terjadinya beban yang berlebih dan arus lebih karena adanya hubungan pendek. Dengan demikian prinsip dasar bekerjanya yaitu untuk memutuskan hubungan yang disebabkan beban lebih dengan *relay* arus lebih seketika digunakan electromagnet.



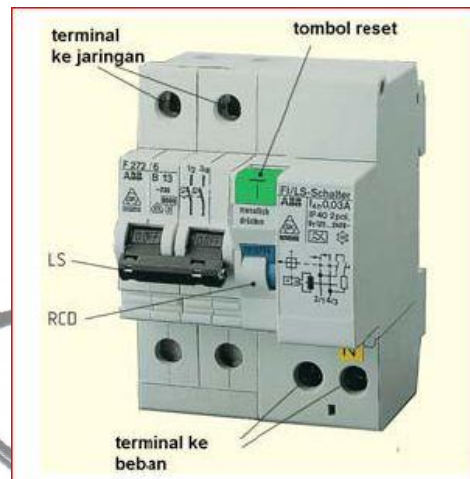
Gambar 2.15. MCB (*Mini Circuit Breaker*)(<https://duniatehnikku.wordpress.com/MCB/>)

2.11. ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*)

ELCB adalah sebuah alat pemutus ketika terjadi kontak antara arus positif, arus negatif dan grounding pada instalasi listrik. Dan yang lebih penting lagi ELCB bisa memutuskan arus listrik ketika terjadi kontak antara listrik dan tubuh manusia. ELCB mempunyai mekanisme trip tersendiri dan juga dapat dioperasikan secara manual seperti saklar. Alat

commit to user

ini digunakan jika pengaman arus bocor dibutuhkan pada sekelompok sirkit yang maksimum terdiri dari 4 sirkit.



Gambar 2.16 Bentuk fisik ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) (<http://projectmedias.blogspot.com/search/label/Electrical/ELCB/>)

Cara Kerja ELCB

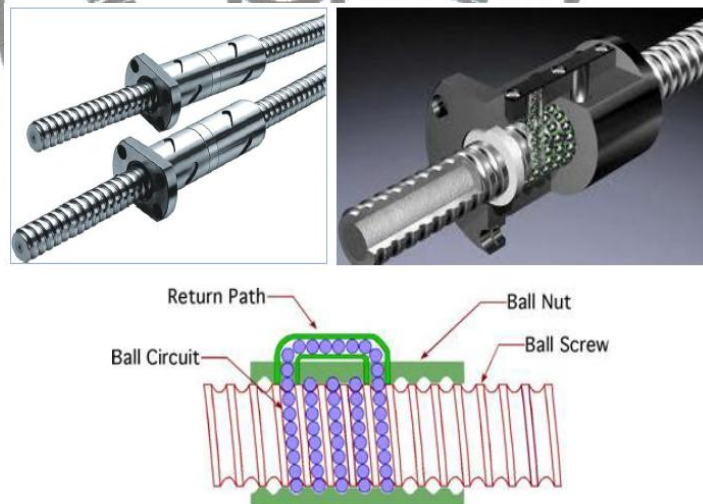
Cara kerja ELCB secara sederhana diuraikan sebagai berikut: Pada umumnya, bila peralatan listrik bekerja normal, maka total arus yang mengalir pada kawat “plus” dan “netral” adalah sama sehingga tidak ada perbedaan arus. Namun bila seseorang tersengat listrik, maka kawat “plus” akan mengalirkan arus tambahan melewati tubuh orang yang tersengat ke tanah.

Ilustrasi di atas menggambarkan bahwa pada kawat “plus” atau “fasa” akan mengalir tambahan arus sebesar ΔI bila ada seseorang yang tersengat aliran listrik. Bila ELCB terpasang, maka tambahan arus tersebut akan dideteksi oleh rangkaian khusus. Bila ada tambahan arus maka berarti ada perbedaan arus yang mengalir antara kawat “plus” dan “netral”. Perbedaan arus sebesar 30 mA sudah cukup untuk mengaktifkan relay untuk memutus MCB sisi atasnya. Dengan demikian, ELCB dapat melindungi orang dari bahaya tersengat aliran listrik.

2.12. 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 actuator 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)

2.13. Torsi

Pengertian Momen Gaya (torsi) dalam gerak rotasi, penyebab berputarnya benda merupakan momen gaya atau torsi. Momen gaya atau torsi sama dengan gaya pada gerak translasi. Momen gaya (torsi) adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda

sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi. Besarnya momen gaya (torsi) tergantung pada gaya yang dikeluarkan serta jarak antara sumbu putaran dan letak gaya. Apabila ingin membuat sebuah benda berotasi, harus memberikan momen gaya pada benda tersebut. Torsi disebut juga momen gaya dan merupakan besaran vektor. Untuk memahami momen gaya anda dapat melakukan hal berikut ini. Ambillah satu penggaris. Kemudian, tumpukan salah satu ujungnya pada tepi meja.

Saat memberikan gaya F yang arahnya tegak lurus terhadap penggaris, penggaris itu cenderung untuk bergerak memutar. Namun, saat memberikan gaya F yang arahnya sejajar dengan panjang penggaris, penggaris tidak bergerak.. Gaya yang menyebabkan benda dapat berputar menurut sumbu putarnya inilah yang dinamakan **momen gaya**. Torsi adalah hasil perkalian silang antara vektor posisi r dengan gaya F .

$$\text{Momen Gaya } \mathbf{T} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

Definisi momen gaya secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$\mathbf{T} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

r = lengan gaya = jarak sumbu rotasi ke titik tangkap gaya (m),

F = gaya yang bekerja pada benda (N), dan

τ = momen gaya (Nm).

Besarnya momen gaya atau torsi tergantung pada besar gaya dan lengan gaya. Sedangkan arah momen gaya menuruti aturan putaran tangan kanan. Jika arah putaran berlawanan dengan arah jarum jam maka arah momen gaya atau torsi ke atas, dan arah bila arah putaran searah dengan arah putaran jarum jam maka arah momen gaya ke bawah.

Gaya yang menyebabkan timbulnya momen gaya pada benda harus membentuk sudut θ terhadap lengan gayanya. Momen gaya terbesar diperoleh saat $\theta = 90^\circ$ ($\sin\theta = 1$), yaitu saat gaya dan lengan gaya saling tegak lurus. Juga dapat dinyatakan bahwa jika gaya searah dengan arah lengan gaya, tidak ada momen gaya yang ditimbulkan (benda tidak akan berotasi).

Arah gaya terhadap lengan gaya menentukan besarnya momen gaya yang ditimbulkan. Sebagai besaran vektor, momen gaya τ memiliki besar dan arah. Perjanjian tanda untuk arah momen gaya adalah sebagai berikut :

- Momen gaya, τ , diberi tanda positif jika cenderung memutar benda searah putaran jarum jam, atau arahnya mendekati pembaca.
- Momen gaya, τ , diberi tanda negatif jika cenderung memutar benda berlawanan arah putaran jarum jam, atau arahnya menjauhi pembaca.

Perjanjian tanda untuk arah momen gaya ini dapat dijelaskan dengan aturan tangan kanan, seperti yang ditunjukkan pada. Arah jari - jari merupakan arah lengan gaya, dan putaran jari merupakan arah gaya (searah putaran jarum jam atau berlawanan arah). Arah yang ditunjukkan oleh ibu jari merupakan arah momen gaya. Jika pada benda bekerja beberapa gaya, momen gaya total benda tersebut adalah sebagai berikut. Besar τ yang ditimbulkan oleh F_1 dan F_2 terhadap titik O adalah τ_1 dan τ_2 . τ_1 bernilai negatif karena arah rotasi yang ditimbulkannya berlawanan arah putaran jarum jam. Sedangkan, τ_2 bernilai positif karena arah rotasi yang ditimbulkannya searah putaran jarum jam. Resultan momen gaya benda itu terhadap titik O dinyatakan sebagai jumlah vektor dari setiap momen gaya. Secara matematis dituliskan :

$$\tau_{\text{total}} = \Sigma (r \times F)$$

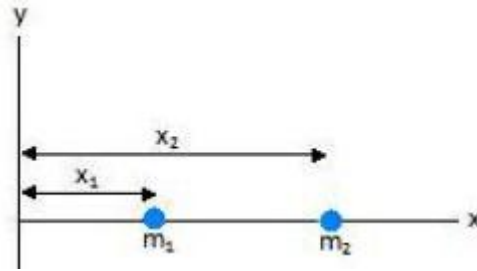
atau

$$\tau_{\text{total}} = \tau_1 + \tau_2$$

..... (2)

2.14. Titik Pusat Beban

Setiap benda tegar dianggap tersusun dari banyak partikel di mana jarak antara setiap partikel sama. Walaupun demikian, untuk mempermudah penurunan rumus menentukan pusat massa, dibuat penyederhanaan dengan menganggap benda tegar hanya terdiri dari dua partikel. Kedua partikel ini dapat disebut sistem benda tegar.



Gambar 2.18 Skema perhitungan titik pusat massa(<http://gurumuda.net/pusat-massa.html>)

m_1 = massa benda 1, m_2 = massa benda 2. Kedua benda berada pada sumbu x. Partikel 1 berjarak x_1 dari sumbu y dan partikel 2 berjarak x_2 dari sumbu y. Pusat massa disingkat PM atau disebut juga *Center of Gravity (CG)*.

$$CG = \frac{m_1 \times X_1 + m_2 \times X_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$