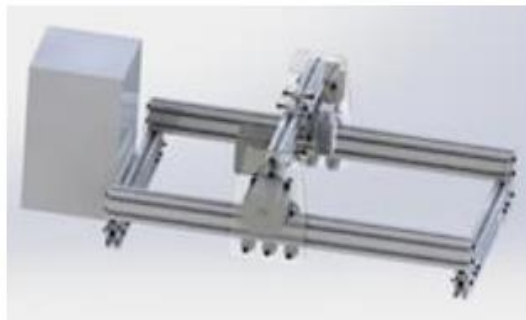


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

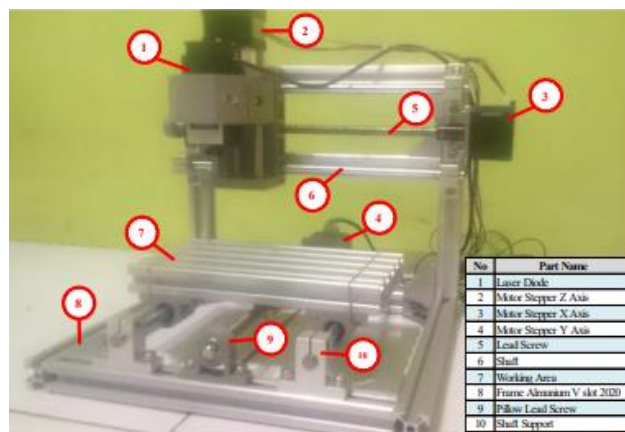
Munadi, dkk., (2018) melakukan penelitian tentang mengemukakan cara merancang-bangun sebuah prototipe mesin CNC *laser engraving* untuk benda kerja akrilik. Mesin dirancang semurah mungkin tetapi memberikan manfaat yang besar. Rangka mesin menggunakan bahan *aluminium extrusion*, laser menggunakan jenis laser diode, aktuator penggerak sumbu menggunakan motor *stepper*, dan *software* kontrol menggunakan USB CNC *controller*. Benda kerja yang mampu dikerjakan berdimensi 600 mm x 300 mm x 2 mm. optimasi sistem penggerak motor *stepper* dipilih 1/8 *micro stepping* dan 1/16 *micro stepping*. Dengan menggunakan modul diode laser 2,5 watt, panas radiasi yang diterima benda kerja akrilik saat proses *engraving* sebesar $558,8 \times 10^{-5}$ kal/detik.



Gambar 2.1 Desain mesin CNC *laser engraving* (Munadi, dkk., 2018)

Sutisna & Fauzi, (2020) membahas tentang penggunaan mesin gravir laser saat ini mengalami peningkatan diantaranya untuk kegiatan produksi dan praktikum di beberapa sekolah kejuruan dan universitas teknik di Indonesia. Namun harga mesin gravir laser yang dipasaran masih cukup tinggi. Oleh karena itu perlu adanya langkah mencari solusi untuk mengatasi hal tersebut diantaranya dengan merancang bangun mesin gravir laser yang dikhususkan untuk keperluan praktikum dengan harga terjangkau. Sistem kontrol pada mesin gravir laser dirancang menggunakan sistem mikrokontroler CNC 2 axis berbasis kontroler ATmega328 arduino nano, dengan penggerak tiga buah motor *stepper* sebagai

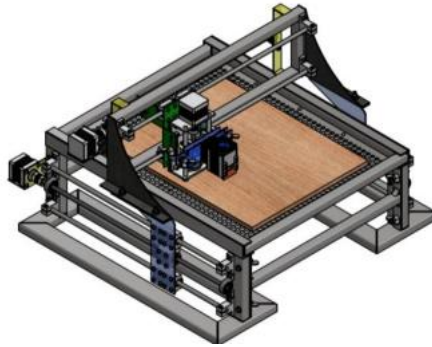
aktuator, untuk menggerakkan mesin terhadap sumbu x, y, z dan modul laser dengan daya 2.500 mW. Untuk mencegah kerusakan jika ada kesalahan pergerakan, mesin dilengkapi tombol *emergency stop*. Penggunaan sistem kontrol dengan mikrokontroler CNC 2 axis berbasis ATmega328 arduino nano dipilih pada mesin gravir laser karena termasuk *open source* dengan lebih terjangkau. Diharapkan dengan diterapkannya dikembangkan lebih lanjut agar sistem kontrol lebih stabil. Dari hasil pengujian mesin gravir laser dengan menggunakan parameter jarak laser, daya laser dan kecepatan gerak laser, didapat nilai parameter mesin gravir terbaik yang dijadikan sebagai standar parameter.



Gambar 2.2 Prototype mesin laser graver (Sutisna & Fauzi, 2020)

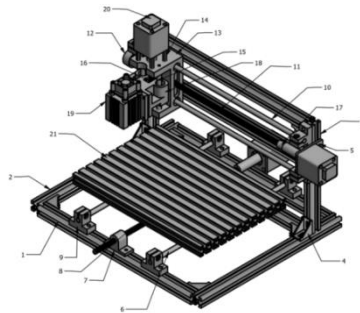
Dari penelitian Yanto, dkk., (2021) Tahap desain dimulai dari unit modul laser sebagai input pada tahap desain CNC 3-axis mesin untuk menggerakkan laser. Geometri utama mesin dirancang mengacu pada posisi laser yaitu ruang kerja dan ketinggian laser sehubungan dengan meja ukir. Kemudian geometri *drive laser* searah Z-axis unit ditentukan untuk membantu saat menyesuaikan ketinggian laser ukiran meja. Kemudian geometri unit penggerak laser searah X-axis dan Y-axis dirancang untuk bergerak pada area ukiran, lalu geometri meja ukiran dirancang. Setelah desain selesai desainnya divalidasi dengan menganalisis struktur mesin berdasarkan kondisi dan beban kerja mesin untuk mendapatkan dimensi yang sesuai dan bahan. Analisis desain dan struktur CNC *Laser Engraver* mesin dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CAD. Hasil desain dari mesin *laser engraver* CNC terdiri 5 unit yaitu modul *laser engraver* unit, unit sumbu Z, unit sumbu X, unit sumbu Y, dan unit meja ukiran yang dipasang dengan sistem

baut. Mesin *laser engraver* CNC ini dirancang memiliki ruang kerja 310 mm x 390 mm pada bidang X-Y dengan tinggi laser masuk arah Z-axis dapat disesuaikan 10 mm hingga 60 mm diatas ukiran meja. Dimensi total dari mesin *laser engraver* CNC ini adalah 585 mm x 533 mm x 350 mm dengan berat total sekitar 22 kg.



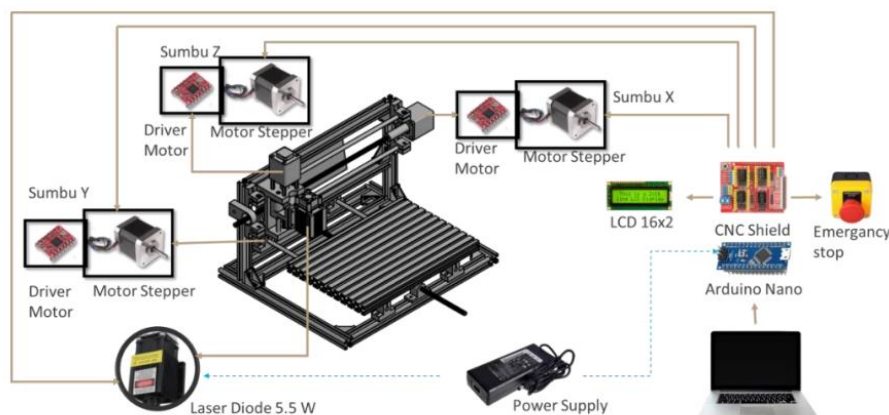
Gambar 2.3 Hasil Rancangan (Yanto, dkk., 2021)

Sedangkan dari penelitian Syaifullah, dkk., (2021) dari jurnalnya yang berjudul “Desain dan Simulasi Tegangan pada Mesin CNC *Laser Cutting* untuk Produk Berbahan *Acrylic*” mengungkapkan penelitian yang bertujuan mendesain mesin CNC *laser cutting portable*, alat ini menggunakan laser sebagai alat potong untuk mengerjakan benda kerja, dengan ukuran laser berdiameter 0,02 mm, metode penelitian yang digunakan untuk tahap untuk tahap perancangan yaitu melakukan studi literatur lalu menganalisa kebutuhan pembuatan mesin, memilih dan membandingkan alternatif desain, melakukan pemilihan konsep, perancangan modul laser serta, perancangan sistem gerak 3-axis, perancangan daya motor serta mensimulasikan *frame* dengan menggunakan metode elemen hingga hasil penelitian ini memperoleh skematik sistem kontrol mesin CNC laser, menghasilkan prototipe mesin CNC laser, dan nilai parameter dari data-data hasil uji kinerja mesin CNC laser dengan *microcontroller* CNC 3 axis berbasis Atmega328 Arduino nano dengan modul laser 5,5 Watt dengan kapasitas maksimal bidang kerja 200x100x10 mm. Hasil dari simulasi tegangan *von mesis stress* sebesar 0,07658 Mpa.



Gambar 2.4 Desain mesin CNC *laser cutting* (Syaifullah, dkk., 2021)

Tunggal, dkk., (2021) membahas sistem kontrol yang bertujuan untuk menghasilkan sistem kendali kecepatan putar motor pada mesin CNC *laser cutting* sehingga dapat meningkatkan kinerja dari mesin laser ini dan mendapatkan konfigurasi potongan yang tepat untuk material akrilik. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan modul CNC *Shield* dan Arduino sebagai sistem kendali untuk menguji dan membangun mesin. Proses simulasi, menggunakan *software Inkscape* untuk mendesain pola atau menggambar. Proses verifikasi merupakan proses membandingkan data yang dikonversi dari citra kebahasa G-code dengan data dokumen. Melalui dokumen ini telah dirancang dan dibuat sistem kontrol kecepatan gerak motor *stepper* pada mesin CNC laser dengan menggunakan sistem kontrol PID dengan nilai $P = 85,7095$, $I = 8786,01$, $D = 0,2090$ hasil pengujian menunjukkan putaran motor *stepper* menunjukkan kecepatan motor 200 rpm dan didapatkan akurasi putaran motor 200,25 rpm.



Gambar 2.5 Desain *Instalasi Hardware* (Tunggal, dkk., 2021)

2.2 Landasan Teori

Untuk merealisasikan proses desain dan uji hasil mesin CNC *laser cutting engraving*. Penulis memerlukan landasan teori yang diperlukan sebagai berikut: perancangan, *laser diode*, adaptor, *motor stepper*, sistem minimum mikrokontroller, *driver motor*, *power supply*, poros, *aluminium extrude profile*, *SolidWorks*, elemen mesin, prinsip dasar perencanaan elemen mesin.

2.2.1 Perancangan (Desain)

Perancangan adalah setiap prosedur, teknik, atau alat khusus yang mempresentasikan serangkaian aktifitas tertentu yang digunakan oleh perancang selama proses perancangan. Tujuan dari proses perancangan yaitu untuk dapat membuat produk yang dapat memuaskan kebutuhan orang dan sesuai dengan keinginannya. Perancangan produk sudah memiliki aspek teknis produk, dimulai dari penggantian komponen, pembuatan, perakitan, penyelesaian hingga pada kekurangan. Produk yang bagus dikerjakan lebih dari pengerjaan biasa untuk meningkatkan kualitasnya, dengan cara mempertimbangkan harga, kelengkapan produk, dan target pasar. (Rosnani, 2010)

Dalam melakukan perancangan desain mesin CNC *laser cutting engraving*. Metode perancangan yang digunakan yaitu pendekatan pada perancangan James H. Earle. Metode perancangan menurut James H. Earle adalah sebagai berikut.

2.2.1.1 Identifikasi masalah (identify)

Identifikasi masalah adalah kegiatan mengamati atau mencari tahu suatu kebutuhan dan merupakan langkah awal ketika seorang perancang menyelesaikan suatu masalah. Pertama yang dilakukan adalah mengenal kebutuhan selanjutnya mengusulkan kriteria rancangan.

2.2.1.2 Ide awal

Kreatifitas sangat tinggi pada tahap ide awal dalam proses desain, karena tidak ada batasan berinovasi, mencoba, dan tantangan. Pada pada tahap selanjutnya dari proses desain, kebebasan kreatifitas dikurangi dan kebutuhan akan informasi semakin bertambah.

2.2.1.3 Perbaiki ide

Perbaikan dari ide-ide rancangan awal adalah permulaan dari kreatifitas dan imajinasi yang tidak terbatas. Seorang perancang sekarang ini berkewajiban memberi pertimbangan utama pada fungsi dan kegunaanya.

2.2.1.4 Analisa rancangan

Analisa rancangan adalah pengevaluasian dari sebuah rancangan yang didasarkan atas pemikiran objektif dan merupakan aplikasi teknologi. Analisa rancangan merupakan langkah dimana ilmu pengetahuan digunakan dengan intensif untuk mengevaluasi desain terbaik dan membandingkan kelebihan setiap desain dengan perhatian kepada biaya, kekuatan, fungsi, dan permintaan pasar.

2.2.1.5 Keputusan

Setelah seorang perancang menyusun analisa perbaikan dan pengembangan untuk beberapa desain, kemudian salah satu dari desain tersebut harus dipilih untuk diimplementasikan. Proses pengambilan keputusan untuk menentukan semua kesimpulan tentang penemuan- penemuan signifikan, keistimewaan, perkiraan-perkiraan dan rekondisi- rekondisi desain tersebut dimulai dengan presentasi dari perancang (tim perancang) Agar mudah pelaksanaannya presentasi harus terorganisir dan juga dapat mengkomunikasikan semua kesimpulan serta rekomendasi yang ditentukan si perancang sebab hal ini sangat berarti untuk memperoleh dukungan agar proyek tersebut nantinya dapat diterapkan menjadi suatu kenyataan. Pada umumnya tim membuat keputusan dari mana pembiayaan harus diperoleh. Sekalipun pengambilan keputusan dipengaruhi oleh fakta, data, analisa, yang pada akhirnya penilaian subjektif lah yang terbaik.

2.2.1.6 Implementasi

Implementasi adalah langkah terakhir dalam proses desain, dimana sebuah desain menjadi nyata Perancang mendetailkan produk dalam gambar kerja dengan spesifikasi dan catatan fabrikasi. Metode grafik sangat penting dalam proses implementasi, karena semua produk diproses berdasarkan gambar kerja dan spesifikasinya.

2.2.2 Komponen-Komponen Mesin *Laser Cutting Engraving*

Dalam melakukan perancangan desain mesin CNC *laser cutting engraving*. Komponen-komponen yang digunakan pada perancangan mesin *laser cutting engraving* adalah sebagai berikut:

2.2.2.1 *Laser diode*

Laser diode hanyalah salah satu jenis perangkat atau teknologi yang dapat menghasilkan sinar. Jenis lainnya yang dapat menghasilkan sinar laser diantaranya adalah *Solid State Laser*, *Gas Gas*, *Chemical Laser* dan *Dye Laser* pada dasarnya, *laser diode* hampir sama dengan lampu *LED* yaitu dapat mengkonversi energi listrik menjadi menjadi cahaya, *namun laser diode* dapat menghasilkan sinar cahaya atau *beam* dengan intensitas yang lebih tinggi. Berdasarkan cara kerjanya, *laser diode* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *Injection Laser Diode (ILD)* dan *Optically Pumped Semiconductor Laser*. Dalam melakukan perancangan desain CNC *laser cutting & engraving* ini penulis merencanakan menggunakan *laser diode 5500 mW* (Rosadi, dkk., 2019).



Gambar 2.6 Modul Laser 5500 mW

2.2.2.2 *Motor Stepper*

Motor Stepper adalah seperangkat alat elekelektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis. Pemilihan *motor stepper* sebagai aktuator atau penggerak dilakukan karena motor tersebut dapat dikendalikan dengan cukup mudah dan memiliki ketelitian yang cukup tinggi.

Motor stepper sebagai penggerak sumbu X dan Y, adapun motor yang digunakan pada proses desain dan uji hasil mesin CNC *laser cutting and engraving*. Dalam perancangan CNC *laser cutting & engraving* penulis menggunakan *motor stepper* dengan jenis NEMA 17 (Rosadi, dkk., 2019).



Gambar 2.7 Motor Stepper NEMA 17

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan beban pada sumbu X, Y, dan Z adalah sebagai berikut (Mott, 2004)

$$T_u = \frac{FDp}{2} \left[\frac{L + \pi f Dp}{\pi Dp - fL} \right] \quad (2.1)$$

Dimana :

T_u = torsi (N.m)

F = gaya yang akan dipindahkan (N)

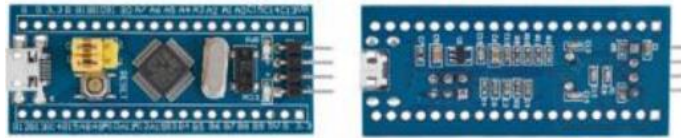
Dp = ukuran belt

L = kisar belt

f = koefisien gesekan

2.2.2.3 Sistem Minimum Mikrokontroler STM32F103C8T6

Mikrokontroler ini mempunyai kinerja *processor* 32-bit ARM Cortex-M3 dan *clock frekuensi* 72 MHz. Mikrokontroler STM32 tidak seperti Atmega yang tersedia dalam bentuk DIP (*Dual In Line Packge*) yang mudah dalam pemasanganya, melainkan hanya tersedia dalam bentuk LQFP (*Low Profile Quad Flat Pacage*) atau dalam bentuk SMD yang dalam pemasanganya biasanya harus menggunakan solder uap. Terdapat beberapa *board* minimum sistem mikrokontroler STM32, salah satu dari board tersebut merupakan hasil produksi diluar produk STMicroelectronics. Didalam *board* tersebut terdapat seri STM32F103C8T6 yang biasa disebut Bluepill. Dengan adanya *board* ini dapat memudahkan *developer* mikrokontroler STM32 sehingga tidak perlu lagi membuat *board* minimum sendiri (Carin et al., 2018).



Gambar 2.8 Board Microcontroller STM32F103C8T6 (Bluepill)

2.2.2.4 Driver Motor

Driver Motor merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan *controller* dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari *controller* sehingga dapat dibaca oleh aktuator. Dalam perancangan elemen kontrol ini motor *driver* yang digunakan adalah *Driver Motor* TB6600 (Rosadi, dkk., 2019).



Gambar 2.9 Driver Motor TB6600

2.2.2.5 Power Supply

Power supply merupakan perangkat yang berfungsi sebagai penyedia utama daya tegangan arus searah bagi CNC laser seperti untuk sumber daya *motor stepper* dan laser. Fungsi laser dari *power supply* adalah merubah tegangan arus bolak balik menjadi arus searah. Daya yang dihasilkan oleh *power supply* ini dijaga konstan agar memberikan suplai yang optimal bagi motor dan laser (Rosadi, dkk., 2019).



Gambar 2.10 Power Supplay 12V 5A

2.2.2.6 Poros

Poros merupakan salah satu bagian terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam hal transmisi dipegang oleh poros. Elemen poros merupakan elemen utama pada sistem transmisi putar yang dapat berfungsi sebagai pembawa, pendukung putaran dan beban, dan pengatur gerak putaran menjadi gerak lurus.

Macam-macam poros :

1. Poros transmisi

Poros semacam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, pully sabuk atau sprocket rantai, dll.

2. *Spindel*

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut *spindel*. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

3. Gandar

Poros seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar, disebut gandar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga. Menurut bentuk poros dapat digolongkan atas poros lurus umum, poros engkol sebagai poros utama pada mesin torak, dan lain-lain. Poros luwes untuk transmisi daya kecil agar terdapat kebebasan bagi perubahan arah, dan lain-lain (Mulyono, 2013). Terlihat pada gambar 2.13 bentuk dari poros



Gambar 2.11 Poros

Rumus perhitungan:

1. Rumus Perhitungan Momen

Rumus perhitungan yang digunakan untuk mengetahui momen yang bekerja dalam mekanisme penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin *laser cutting engraving* adalah sebagai berikut (Irawan, 2007)

Momen yang bekerja = gaya x jarak

$$M = F \times s \quad (2.2)$$

Keterangan :

M = momen (N.mm)

F = gaya (N)

S = jarak dari titik ke titik (mm)

2. Rumus Perhitungan tegangan Geser

Rumus perhitungan yang digunakan untuk mengetahui tegangan geser yang diijinkan dalam mekanisme penggerak sumbu X dan Y pada mesin *laser cutting engraving* adalah sebagai berikut (Popov, 2004)

Tegangan geser yang diijinkan :

$$\tau_{ijin} = \frac{\sigma}{sf_1 \times sf_2} \quad (2.3)$$

Keterangan :

τ_{ijin} = tegangan yang diijinkan (N/mm²)

σ = tegangan luluh (N/mm²)

Sf₁ = faktor keamanan menurut harga bahan

Sf₂ = faktor keamanan beban yang dikenakan

3. Rumus Perhitungan Diameter Poros

Rumus perhitungan yang digunakan untuk mengetahui diameter poros yang digunakan dalam mekanisme penggerak sumbu X pada mesin *laser cutting engraving* adalah sebagai berikut (Khurmi & Gupta, 2005)

Perhitungan diameter poros dengan beban kombinasi puntir dan lentur.

a. Tegangan tarik ijin

$$\sigma_a = 0,36\sigma_u \quad (2.4)$$

Dimana :

σ_u = Ultimate tensile strength dari material yang digunakan.

b. Tegangan geser ijin

$$\tau_a = 0,18\sigma_u \quad (2.5)$$

Dimana :

σ_u = Ultimate tensile strength dari material yang digunakan.

c. Perhitungan torsi ekuivalen

$$T_e = \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \quad (2.6)$$

Dimana :

T_e = torsi ekuivalen gabungan (N.m)

K_t = factor kombinasi kejutan dan fatik untuk torsi

K_m = factor kombinasi kejut dan fatik untuk bending momen

d. Perhitungan momen ekuivalen

$$M_e = \frac{1}{2} [(K_m \times M) + T_e] \quad (2.7)$$

Dimana :

T_e = torsi ekuivalen gabungan (N.m)

K_m = faktor kombinasi kejut dan fatik untuk bending momen

e. Perhitungan diameter poros berdasarkan momen ekuivalen.

$$d_m = \left(\frac{32M_e}{\pi\sigma_a} \right)^{1/3} \quad (2.8)$$

Dimana :

d = diameter poros (mm)

M_e = momen ekuivalen (N/mm)

σ_a = tegangan geser ijin (N/mm²)

f. Perhitungan diameter poros berdasarkan torsi ekuivalen

$$d_T = \left(\frac{16T_e}{\pi \tau a} \right)^{1/3} \quad (2.9)$$

Dimana :

d = diameter poros (mm)

T_e = torsi ekuivalen (n.mm)

τ_a = tegangan geser ijin (N/mm²)

2.2.2.7 Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tidak dapat bekerja secara semestinya. Jadi, bantalan dalam permesinan dapat disamakan perannya dengan pondasi pada gedung. Dapat kita lihat pada gambar 2.12 yang menunjukkan bentuk dari bantalan tersebut. Adapun beberapa Klasifikasi Bantalan sebagai berikut :

a. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros

- 1) Bantalan luncur, bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.
- 2) Bantalan gelinding, pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum dan rol bulat.

b. Atas dasar arah beban dan poros

- 1) Bantalan radial, arah bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.
- 2) Bantalan aksial, bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.
- 3) Bantalan gelinding khusus, bantalan ini dapat manampu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.



Gambar 2.12 Bantalan

2.2.2.8 Leadscrew

Leadscrew juga dikenal sebagai sekrup daya adalah sekrup yang digunakan sebagai penghubung dalam sebuah mesin, untuk mengubah gerakan memutar menjadi gerakan linear, biasanya tidak digunakan untuk membawa daya tinggi, tetapi lebih untuk penggunaan intermiten dalam aktuator daya rendah dan mekanisme *positioner*. Kekuatan sekrup diklasifikasikan berdasarkan geometri ulirnya. *V-threads* kurang cocok untuk *leadscrew* dari pada yang lain seperti ACME karena mereka memiliki lebih banyak gesekan antara *thread*. Utasnya dirancang untuk mendorong gesekan ini agar pengikat tidak kendur. *Leadscrew* ditunjukkan pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Leadscrew

Leadscrew, dirancang untuk meminimalkan gesekan. Oleh karena itu, dalam sebagian besar penggunaan komersial dan industri, *V-threads* dihindari penggunaan *leadscrew*.

2.2.2.9 SolidWorks

SolidWorks adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh *Dassault Systemes* digunakan untuk merancang *part* permesinan atau susunan *part* permesinan yang berupa *assembling* dengan tambahan 3D untuk

mempersentasikan *part* sebelum *real part* nya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. Dapat dilihat pada gambar 2.14 dibawah tampilan dari *SolidWorks*.



Gambar 2.14 Tampilan dari SolidWorks