

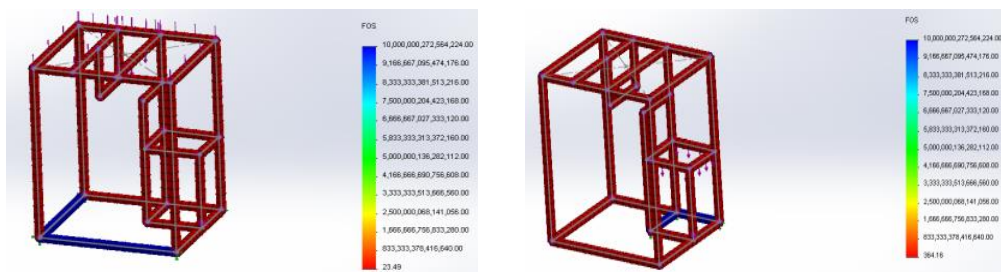
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Perancangan mesin pembangkit listrik tenaga magnet telah banyak dipaparkan dengan berbagai macam desain hasil penelitian. Kajian pustaka dari hasil peneltian dan perancangan dapat digunakan untuk memperdalam tinjauan pustaka. Kajian-kajian pustaka tersebut adalah sebagai berikut:

Penelitian yang membahas tentang analisis kekuatan rangka mesin band saw pada *software solidworks*. Hasil analisis didapatkan bahwa rangka utama mesin aman digunakan karena *factor of safety* yang terkecil sebesar 23,49 yang berarti rangka utama ini aman jika diberi beban statis sebesar 50 kg, dan pengujian kedua pada rangka dudukan mesin menghasilkan *factor of safety* yang terkecil sebesar 364 yang berarti rangka utama ini aman jika diberi beban statis sebesar 12 kg (Panutan, 2014). Hasil *factor of safety* pada rangka utama dan dudukan mesin dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



(a) Rangka utama

(b) Dudukan mesin

Gambar 2.1 (a) Hasil *factor of safety* pada rangka utama dan (b) Hasil *factor of safety* pada dudukan mesin (Panutan, 2014)

Penelitian yang membahas tentang pengujian magnet permanen jenis *neodymium* (NdFeB) pada rancang bangun generator *portable fluks aksial*. Hasil putaran 100-600 rpm sebesar 0,3-6,2 V untuk tegangan AC sebesar 0-5,5 V. Hasil pengujian tersebut diketahui bahwa rangkaian pengisian baterai baru bekerja pada saat kecepatan putaran 400 rpm dan tegangan DC sebesar 4,2 V sehingga

kecepatan putaran ideal untuk pengisian daya baterai yaitu 400-600 rpm atau saat tegangan DC mencapai 4,2-5,5 V (Muliawati & Ramadhan, 2017).

2.2 Landasan Teori

Pembuatan mesin pembangkit listrik tenaga magnet terdapat beberapa teori penunjang yang diperlukan untuk memperlancar proses pembuatan mesin. Berikut adalah beberapa dasar teori yang digunakan penulis dalam perancangan mesin pembangkit listrik tenaga magnet:

2.2.1 Generator

Generator adalah sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip *induksi elektromagnetik*, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga menimbulkan gaya gerak listrik *induksi* (Putra et al., 2018). Ada dua cara mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, yaitu:

2.2.1.1 Generator DC

Generator arus searah (DC) adalah alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik searah (DC), karena di dalamnya terdapat sistem penyearahan yang dilakukan bisa berupa komutator atau menggunakan dioda. Prinsip kerjanya sama dengan generator AC namun, pada generator DC arah arus induksinya tidak berubah. Hal ini disebabkan cincin yang digunakan pada generator DC berupa cincin belah (komutator). Generator ini dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet terhadap jangkar (*anker*), yaitu:

a. Generator penguat terpisah

Generator ini apabila arus kemagnetannya diperoleh dari sumber tenaga listrik arus searah dari luar generator. Generator tersebut hanya dipakai dalam keadaan tertentu dengan terpisahnya sumber arus kemagnetan dari generator, berarti besar kecilnya arus kemagnetan tidak berpengaruh oleh nilai-nilai arus ataupun tegangan generator. Sumber tegangan tersebut bisa dari baterai atau sumber listrik arus searah lainnya.

b. Generator shunt

Generator ini merupakan generator yang lilitan penguat magnetnya disambung paralel dengan lilitan jangkar. Pada generator ini, jumlah lilitan penguat magnet banyak namun luas penampang kawatnya kecil. Hal ini bertujuan agar hambatan lilitan penguatnya besar. Tegangan awal generator diperoleh dari magnet sisa yang terdapat pada medan magnet stator. Rotor berputar dalam medan magnet yang lemah, dihasilkan tegangan yang akan memperkuat medan magnet stator sampai dicapai tegangan nominalnya.

c. Generator kompon

Generator ini merupakan gabungan dari generator shunt dan generator seri, yang dilengkapi dengan kumparan shunt dan seri dengan sifat yang dimiliki termasuk gabungan dari keduanya. Generator kompon bisa dihubungkan sebagai kompon pendek atau kompon panjang. Perbedaan dari kedua hubungan ini hampir tidak ada, karena tahanan kumparan seri kecil sehingga tegangan drop pada kumparan ini ditinjau dari tegangan terminal kecil sekali dan berpengaruh. Biasanya digunakan untuk motor atau generator khusus seperti untuk mesin las.

2.2.1.2 Generator AC

Generator arus bolak-balik (AC) atau bisa disebut sebagai alternator adalah suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan memasukkan tenaga mekanik. Jadi disini generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik, alat ini sering dimanfaatkan di industri untuk menggerakkan beberapa mesin yang menggunakan arus bolak-balik sebagai sumber penggerak. Prinsip kerja generator AC, bilamana rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perubahan tegangan, dengan dasar inilah timbul arus listrik, arus melalui kabel/kawat yang kedua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser (alip ring), pada cincin tersebut menggeser sikat-sikat sebagai terminal penghubung keluar.

Setelah mengetahui pengertian generator, kali ini kami akan menjelaskan tentang bagian-bagian dan komponen penyusun generator buat bisa mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang terdiri dari:

- a. Rangka stator, yaitu badan atau body utama dari sebuah generator yang biasanya terbuat dari baja ringan.
- b. Stator, yaitu bagian yang menempel ke rangka generator dan ada lilitan stator yang nantinya berfungsi sebagai induksi gaya gerak listrik (ggl). Jadi penempatan stator biasanya mengelilingi rotor, stator bisa berupa gulungan kawat tembaga yang berinteraksi dengan angker dan membentuk medan magnet untuk mengatur perputaran rotor.
- c. Rotor, yaitu bagian generator yang berputar dan ada kutub magnet dengan lilitannya yang terbuat dari tembaga. Perputaran rotor disebabkan karena adanya medan magnet dan lilitan kawat email pada rotor, sedangkan torsi dari perputaran rotor ditentukan oleh banyak lilitan kawat dan juga diameternya.
- d. Slip ring, yaitu bentuknya seperti cincin dan terdiri dari dua buah ikat yang berputar bersamaan dengan rotor dan poros generator, biasanya terbuat dari bahan tembaga atau kuningan. Bagian itulah yang berfungsi untuk mentransfer energi listrik dari sebuah rotor.
- e. Kumputaran jangkar, berfungsi untuk membangkitkan gaya gerak listrik melalui kumputaran yang berputar sehingga memotong fluks magnetik yang dihasilkan kumputaran medan dari arah kutub utara menuju kutub selatan medan magnet.
- f. *Armatur/anker*, yaitu konstruksi dari plat-plat yang disusun berlapis-lapis disatukan dalam satu poros dan mempunyai alur sebagai tempat kumputaran. Kumputaran dapat digulung langsung pada alur membentuk gulungan.
- g. *Komutator*, yaitu berfungsi sebagai penyearah mekanik untuk mengumpulkan arus listrik induksi dari konduktor jangkar dan mengkonversikan menjadi arus searah melalui sikat.
- h. Sikat (*brush*), yaitu berfungsi untuk jembatan bagi aliran arus dari lilitan jangkar dengan beban, memegang peranan penting untuk terjadinya komutasi. Agar gesekan antara *komutator* dan sikat tidak mengakibatkan ausnya *komutator*, maka sikat lebih lunak daripada *komutator*.

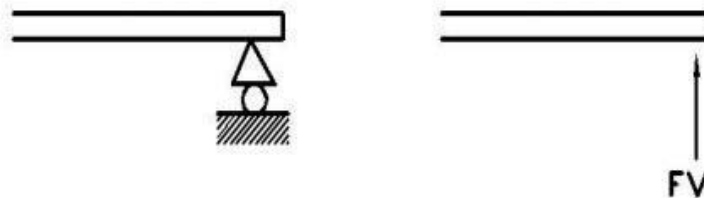
2.2.2 Rangka

Rangka adalah struktur datar yang terdiri dari sejumlah batang-batang yang disambung antara satu dengan yang lain pada ujungnya, sehingga

membentuk suatu rangka yang kokoh (Prasetyo, 2012). Konstruksi rangka bertugas mendukung beban atau gaya yang bekerja pada sebuah sistem tersebut. Beban tersebut harus ditumpu dan diletakkan pada peletakkan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya. Beberapa peletakkan antara lain:

a. Tumpuan rol

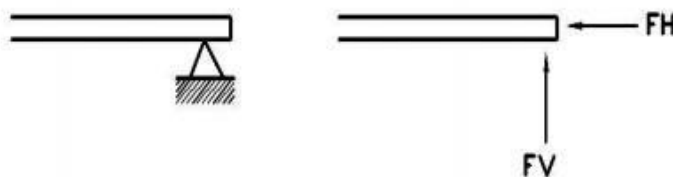
Tumpuan rol adalah tumpuan yang dapat menahan gaya tekan yang arahnya tegak lurus bidang tumpuannya. Tumpuan rol tidak dapat menahan gaya yang arahnya sejajar dengan bidang tumpuan dan momen. Tumpuan rol ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Tumpuan rol (Prasetyo, 2012)

b. Tumpuan sendi

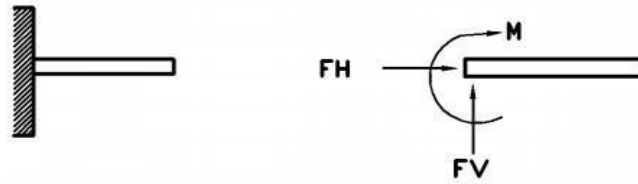
Tumpuan sendi adalah tumpuan yang mampu menahan gaya yang arahnya sembarang pada bidang tumpuan. Tumpuan sendi dapat menumpu gaya yang arahnya tegak lurus maupun sejajar dengan bidang tumpuan. Tumpuan sendi ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Tumpuan sendi (Prasetyo, 2012)

c. Tumpuan jepit

Tumpuan jepit adalah tumpuan yang dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen. Tumpuan jepit ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4 Tumpuan jepit (Prasetyo, 2012)

Berikut ini merupakan rumus perhitungan mekanika teknik pada rangka yang akan digunakan pada mesin pembangkit listrik tenaga magnet:

a. Gaya yang bekerja

Berikut adalah rumus gaya yang bekerja untuk rangka mesin pembangkit listrik tenaga magnet (Agustinus P.I., 2007).

$$F = m \times g \quad (2.1)$$

Dimana:

F = gaya (N)

m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

b. Beban merata

Berikut adalah rumus beban merata yang digunakan untuk rangka mesin pembangkit listrik tenaga magnet (Agustinus P.I., 2007).

$$F_{total} = Q \times L \quad (2.2)$$

$$Q = \frac{F}{L}$$

Dimana:

F_{total} = gaya keseluruhan (N)

Q = beban merata (N/mm)

L = panjang beban (mm)

c. Momen yang bekerja

Berikut adalah rumus momen yang bekerja untuk rangka mesin pembangkit listrik tenaga magnet (Agustinus P.I., 2007).

$$M = F \times d \quad (2.3)$$

Dimana:

M = momen (Nmm)

$F = \text{gaya (N)}$

$d = \text{Panjang dari titik ke titik (mm)}$

d. Momen pada beban merata

Berikut adalah rumus momen pada beban merata yang digunakan untuk rangka mesin pembangkit listrik tenaga magnet (Agustinus P.I., 2007).

$$M = \frac{1}{2} Q \cdot (L)^2 \quad (2.4)$$

Dimana:

$M = \text{momen (Nmm)}$

$Q = \text{beban merata (N/mm)}$

$L = \text{Panjang beban (mm)}$

e. Tegangan lentur yang diizinkan

Berikut adalah rumus tegangan lentur yang diijinkan untuk rangka mesin pembangkit listrik tenaga magnet (Agustinus P.I., 2007).

$$\sigma_{\text{izin}} = \frac{\sigma}{S_f} \quad (2.5)$$

Dimana:

$\sigma_{\text{izin}} = \text{tegangan yang diizinkan (N/mm}^2\text{)}$

$\sigma = \text{tegangan luluh (N/mm}^2\text{)}$

$S_f = \text{faktor keamanan beban yang dikenakan}$

f. Menghitung tegangan lentur

Berikut adalah rumus tegangan lentur yang digunakan untuk rangka mesin pembangkit listrik tenaga magnet (Popov, E.P., 1995).

$$\sigma = \frac{M}{I} X C \quad (2.6)$$

Dimana:

$\sigma = \text{Tegangan lentur (N/mm}^2\text{)}$

$M = \text{Momen maksimal (Nmm)}$

$I = \text{Momen inersia (mm}^4\text{)}$

$C = \text{Luas penampang (mm}^2\text{)}$

g. Tegangan geser

Berikut adalah rumus tegangan geser yang digunakan untuk rangka mesin pembangkit listrik tenaga magnet (Popov, E.P., 1995).

$$\tau_{beban} = \frac{v_{maks}}{A} \quad (2.7)$$

Dimana:

τ_{beban} = tegangan geser beban (N/mm^2)

v_{maks} = gaya vertikal maksimal (N)

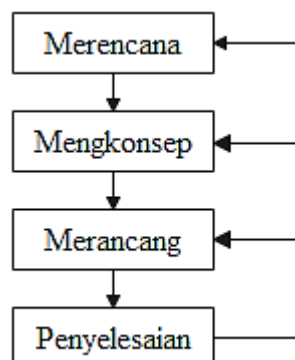
A = luas penampang (mm^2)

2.3 Proses Perancangan

Proses perancangan adalah suatu rumusan rancangan yang di dalamnya memenuhi kebutuhan manusia. Pada awal mulanya, suatu kebutuhan tertentu mudah untuk dapat diutarakan secara jelas. Sebelum sebuah produk diproduksi maka dilakukan terlebih dahulu dengan proses perancangan yang bertujuan menghasilkan sebuah desain sketsa atau gambar sederhana dari produk tersebut sehingga akan menghasilkan produk yang bermutu yang dapat memenuhi kebutuhan manusia dan pembuatannya cukup aman, efisien, andal, ekonomis dan praktis (Ginting, 2010).

2.3.1 Perancangan menurut VDI 2222

VDI merupakan singkatan dari *Verien Deutsche Ingenieur* yang artinya adalah Persatuan Insinyur Jerman. Perancangan menurut VDI 2222 lebih sederhana dan lebih singkat untuk perancangan inovasi (Pahl & Beitz, 2007). Tahapan perancangan menurut VDI 2222 dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Metode perancangan menurut VDI 2222 (Pahl & Beitz, 2007)

Dari gambar diatas tahapan metode perancangan menurut VDI 2222 adalah sebagai berikut:

a. Merencana

Merencana yaitu merencanakan desain awal yang akan dibuat. Dalam tahapan tersebut berisi tentang masukan desain dan rencana realisasi desain tersebut.

b. Mengkonsep

Mengkonsep yaitu memberikan sketsa dan spesifikasi teknis terhadap ide-ide desain yang sudah ditentukan.

c. Merancang

Merancang yaitu memberikan suatu desain wujud dan desain rincian terhadap ide desain apabila sudah melewati analisa, pemilihan dan penentuan ide desain.

d. Penyelesaian

Penyelesaian yaitu tahap akhir dengan melakukan proses *finishing* terhadap rancangan desain dengan melakukannya verifikasi terhadap kebutuhan dan menyiapkan lembar dokumen untuk disampaikan kepada lini produksi.

2.4 Gambar Teknik

Gambar teknik termasuk sebuah alat bertujuan untuk menyampaikan maksud dari seseorang perancang tersebut. Oleh sebab itu gambar teknik sering juga disebut sebagai bahasa teknik (Anwari, 1997). Tugas gambar teknik digolongkan dalam 3 golongan, diantaranya:

a. Penyampaian informasi

Gambar teknik memiliki tugas penting dalam meneruskan maksud dari perancang dengan tepat untuk orang-orang yang bersangkutan, kepada perancangan proses, pembuatan, pemeriksaan dan perakitan.

b. Pengawetan, penyimpanan dan penggunaan keterangan

Gambar teknik termasuk dalam data teknis yang sangat efisien, dimana teknologi dari suatu perusahaan dipersatukan sehingga dapat

mensuplai bagian-bagian produk untuk proses perbaikan dan hasil gambar tersebut diperlukan data penyimpanan agar bisa digunakan menjadi bahan informasi untuk rencana baru dikemudian hari.

c. Cara-cara pemikiran dalam penyiapan informasi

Gambar teknik juga memerlukan perencanaan yang memiliki konsep abstrak yang terlintas dalam pemikiran yang diwujudkan dalam bentuk gambar melalui proses pemikiran. Masalahnya pertama dilakukannya analisa dan disintesa dengan gambar sehingga gambarnya dapat diteliti dan dikembangkan untuk mengetahui hasil terbaik dari rancangan gambar tersebut.

Gambar teknik juga mempunyai tujuan-tujuan gambar sebagai berikut:

a) Internasionalisasi gambar

Dasar gambar teknik memiliki peraturan yang disepakati oleh bersama antara orang-orang yang bersangkutan dan setelah itu telah menjadi bentuk standar perusahaan tersebut seiringnya perkembangan dalam dunia usaha, keperluan standar perdagangan dan standar nasional meningkat.

b) Mempopulerkan gambar

Akibat dikenalnya kemajuan dalam bidang teknologi menyebabkan meningkatnya jumlah golongan yang harus membaca dan mempergunakan gambar maka diperlukan mempopulerkan gambar dan harus jelas dan mudah dipahami.

c) Perumusan gambar

Memiliki hubungan yang erat di dalam gambar teknik sangatlah penting diantara bidang industri seperti permesinan, struktur perkapalan, arsitektur dan teknik sipil, masing-masing dengan perkembangannya teknologi sehingga menjadi suatu keharusan untuk menyediakan keterangan gambar yang mudah dipahami, terlepas dari bidang diatas sehingga bertujuan untuk mencoba mempersatukan dan mengidentifikasi masing-masing bidang sesuai nilai standar tersebut.

d) Sistematika gambar

Tahap ini berisi tentang kajian dalam bentuk dan ukuran tetapi juga meliputi tanda-tanda nilai toleransi ukuran, toleransi bentuk dan keadaan permukaan.

e) Penyederhanaan gambar

Penghematan tenaga kerja dalam gambar teknik sangat penting, tidak hanya untuk mempersingkat waktu tetapi juga untuk meningkatkan kualitas dari rencana gambar tersebut. Oleh sebab itu diperlukannya penyederhanaan dalam gambar teknik menjadi masalah utama untuk menghemat tenaga saat proses menggambar.

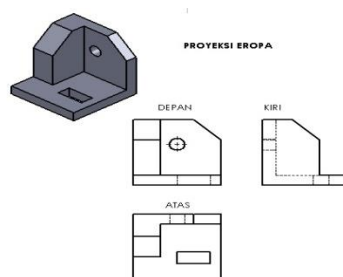
f) Modernisasi gambar

Seiring perkembangannya teknologi, standar gambar juga telah dipaksa mengikutinya. Perencanaan model baru (modern) yang telah dikembangkan seperti missal pembuatan film berbentuk mikro dan berbagai macam mesin perencanaan gambar otomatis dengan bantuan komputer (*CAD-Computer Aided Design*).

Sedangkan dalam gambar teknik juga mempunyai sudut pandang atau proyeksi yang bertujuan untuk mempermudah pembacaan gambar dalam bentuk 2D. Proyeksi ada 2 jenis yaitu proyeksi eropa dan proyeksi amerika.

2.4.1 Proyeksi eropa

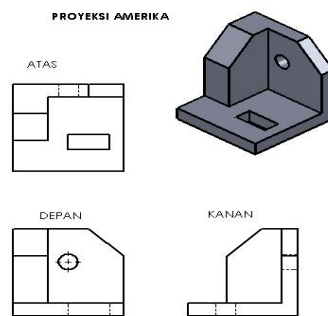
Proyeksi eropa disebut juga pandangan sudut pertama, juga ada yang menyebutkan pandangan kuadran I, perbedaan sebutan ini tergantung dari masing-masing penulis dari buku yang menjadi bahan referensi (Anwari, 1997). Juga dikatakan yang letak pandangan bidanganya terbalik dengan arah pandangannya. Proyeksi eropa dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6 Proyeksi eropa (Anwari, 1997)

2.4.2 Proyeksi amerika

Proyeksi amerika disebut juga pandangan sudut ketiga, juga ada yang menyebutkan pandangan kuadran III, perbedaan sebutan ini tergantung dari masing-masing penulis dari buku yang menjadi bahan referensi. Juga dikatakan yang letak pandangan bidanganya sama dengan arah pandangannya (Anwari, 1997). Proyeksi amerika dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Proyeksi amerika (Anwari, 1997)

2.5 Peranan Komputer dalam Proses Perancangan

Pada metode perancangan grafis komputer berperan sangat penting dengan berbagai kemudahan, kecepatan, keleluasaan dalam menghasilkan suatu gagasan yang visual. Kemajuan teknologi komputer menciptakan suatu ruang untuk bermain dan berkreasi bagi pada designer seluas-luasnya, dari banyak hal-hal baru yang sebelumnya tidak memungkinkan untuk dilakukan dengan teknik manual (Sisyanto, 2014).

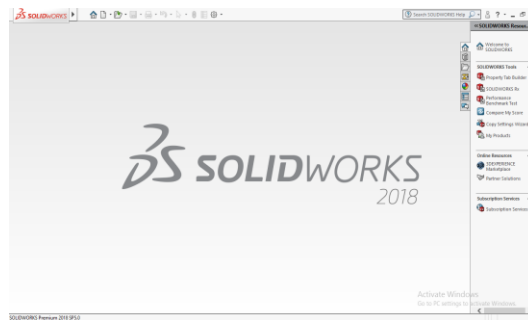
Ide, akal, mata dan tangan adalah alat seorang designer untuk merancang sebuah gambar dengan menggunakan konsep atau ide yang biasanya tidak dianggap sebagai sebuah desain sebelum direalisasikan atau dinyatakan dalam bentuk visual. Dalam proses perancangan produk dengan bantuan komputer hasil dari rancangan produk dituangkan menggunakan suatu *software* gambar.

2.5.1 *SolidWorks* 2018

Software CAD yang meliputi *SolidWorks* dipercaya sebagai perangkat lunak yang membantu untuk proses mendesain gambar dengan efektif. Di Negara Indonesia terdiri sudah banyak perusahaan industri manufaktur yang menerapkan perangkat lunak *SolidWorks*. Keunggulan dari *Software SolidWorks* dari *Software*

CAD lainnya adalah sanggup menyediakan sketsa rancangan 2D yang dapat *diupgrade* menjadi bentuk rancang 3D. *SolidWorks* banyak digunakan untuk merancang elemen seperti roda gigi, mesin kendaraan, casing ponsel dan lain-lain. Berbagai macam fitur yang tersedia didalam *SolidWorks* lebih *easy-to-use* dibanding dengan aplikasi CAD lainnya (Pujono, 2019). Terutama untuk mahasiswa yang sedang menjalankan pendidikan di jurusan teknik sipil, teknik industri dan teknik mesin sangat disarankan untuk mempelajari *software solidworks*.

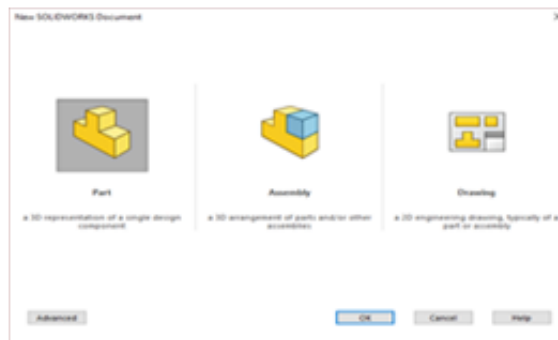
Perkembangan *Software SolidWorks* berdampak dalam komunikasi desain dengan menggunakan 3DVIA *Composer* yang tentunya juga terintegrasi dengan *SolidWorks* 3D CAD. Sejak awal dibentuk sampai sekarang *SolidWorks* telah mengeluarkan beberapa produknya, salah satunya adalah *SolidWorks* 2018. Gambar 2.8 dibawah ini merupakan tampilan awal dari *SolidWorks* 2018 Original.



Gambar 2.8 Tampilan *SolidWorks* 2018 Original (Pujono, 2019)

Software SolidWorks memiliki 3 macam *mode* untuk merancang desain, yaitu:

- Part, mode* ini memiliki fungsi untuk menggambarkan sebuah sketsa dalam bentuk 2D dan 3D sebuah komponen.
- Assembly, mode* ini memiliki fungsi untuk menyusun atau menyatukan komponen-komponen yang sudah digambarkan pada *mode part*.
- Drawing, mode* ini memiliki fungsi untuk membuat desain secara detail dan komponen yang sudah bentuk gambar pada *mode part* dan *mode assembly*.



Gambar 2.9 Macam *template/mode* dari *SolidWorks* (Pujono, 2019)

2.6 Komponen Mesin Pembangkit Listrik Tenaga Magnet

Tahap ini penulis menjelaskan komponen-komponen dalam pembuatan mesin pembangkit listrik tenaga magnet yang akan digunakan sebagai berikut:

2.6.1 Generator DC

Generator DC (arus searah) kadang disebut sebagai alternator atau juga generator sinkron yaitu suatu sistem yang menghasilkan listrik dengan adanya masukan dari tenaga mekanik. Sumber awal dari penggerak generator dengan menggunakan gaya tolak-menolak dari medan magnet karena semakin cepat putarannya maka torsi yang dibutuhkan untuk memutar poros hanyalah sedikit sehingga hasil dari putaran magnet tersebut menghasilkan daya listrik (watt) yang tinggi (Putra et al., 2018). Pada penelitian kali ini generator dc yang dipakai bertegangan 12-24 Volt seperti ditunjukkan pada gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10 Generator DC (Putra et al., 2018)

2.6.2 *Power inverter*

Inverter merupakan suatu peralatan yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara membentuk gelombang tegangan. Gelombang yang berbentuk itu gelombang persegi (Faruq & Yunitasari, 2016). Jadi di penelitian kali ini *inverter* yang dipakai memiliki kuat arus 3 ampere yang

bertujuan untuk memindahkan dan mengatur tegangan dari sumber DC (searah) ke beban AC (bolak-balik). Sumber tegangan *inverter* ini dapat berupa baterai, solar panel dan aki kering seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 2.11 *Power inverter* (Faruq & Yunitasari, 2016)

2.6.3 Baterai

Baterai merupakan peralatan yang berfungsi untuk sumber dan menyimpan energi dari tenaga listrik dengan melalui proses *elektrokimia* dan melayani proses sistem pengapian hingga melayani penerangan lampu. Disebut elemen kering yang tidak bisa di isi ulang karena elektrolitnya merupakan campuran antara serbuk karbon, batu kawi dan salmiak berbentuk pasta kering. Sedangkan elemen basah yang bisa di isi ulang semisal aki karena terdiri atas timbal dioksida dimana tiap keping ini disebut sel (Nery, 2012). Pada penelitian kali ini baterai yang dipakai bertegangan 4 volt seperti ditunjukkan pada gambar 2.12 berikut ini.



Gambar 2.12 Baterai (Nery, 2012)

2.6.4 *Charge controller*

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charge controller* untuk mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan *voltase* dari generator karena kelebihan *voltase* dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Bila baterai sudah penuh

terisi maka secara otomatis pengisian arus dai generator berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai, *charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan *drop*, maka baterai akan diisi kembali (Yaqin et al., 2019).



Gambar 2.13 *Charge controller* (Yaqin et al., 2019)

2.6.5 Digital *multi-function* power meter

Digital *multifunction* power meter pada dasarnya merupakan gabungan dari 2 alat ukur yaitu amperemeter dan voltmeter, untuk itu terdiri dari kumparan arus (kumparan tetap) dan kumparan tegangan (kumparan putar) sehingga pemasangannya juga sama yaitu kumparan arus dipasang seri dengan beban dan kumparan tegangan dipasang parallel dengan sumber tegangan (Hasrullah et al., 2014). Merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur daya listrik secara langsung seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14 berikut ini.



Gambar 2.14 Digital *multifunction* power meter (Hasrullah et al., 2014)

2.7 Proses Produksi

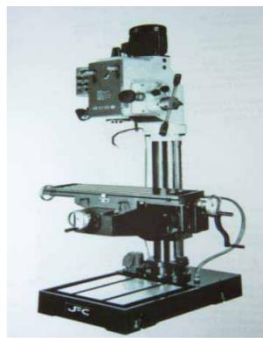
Proses produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan faktor-faktor yang ada seperti tenaga kerja, mesin, bahan/material dan dana agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia (Satria, 2014).

2.7.1 Pengukuran

Kegiatan mengukur dapat diartikan sebagai proses perbandingan suatu obyek terhadap standar yang relevan dengan mengikuti peraturan terkait dengan tujuan untuk dapat memberi gambaran yang jelas tentang obyek ukurnya. Untuk melakukan kegiatan pengukuran, diperlukan suatu perangkat yang dinamakan *instrument* (alat ukur). Alat ukur adalah sesuatu yang digunakan untuk membantu kerja indera untuk melakukan proses pengukuran (Nugraha & Ramadhan, 2018).

2.7.2 Proses gurdi

Proses gurdi yang dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat menggunakan mata bor (*twist drill*) (Widarto et al., 2008). Berikut ini gambar 2.15 merupakan gambar mesin gurdi.



Gambar 2.15 Mesin gurdi (Widarto et al., 2008)

2.7.3 Proses Gerinda

Mesin gerinda adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Prinsip kerja mesin ini adalah roda gerinda berputar, bersentuhan dengan benda kerja dan terjadi pengikisan, penajaman, pemotongan dan pengasahan (Rochim, 2007). Beberapa mesin gerinda yaitu sebagai berikut:

a. Mesin gerinda tangan

Menggerinda bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat atau dapat untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan benda

kerja untuk dilas dan lain-lain. Contoh mesin gerinda tangan pada gambar 2.16 berikut ini.



Gambar 2.16 Mesin gerinda tangan

b. Mesin gerinda potong

Mesin gerinda potong merupakan mesin gerinda yang digunakan untuk memotong benda kerja dari bahan pelat atau pipa. Roda gerinda yang digunakan dengan kecepatan tinggi. Contoh mesin gerinda potong pada gambar 2.17 berikut ini.



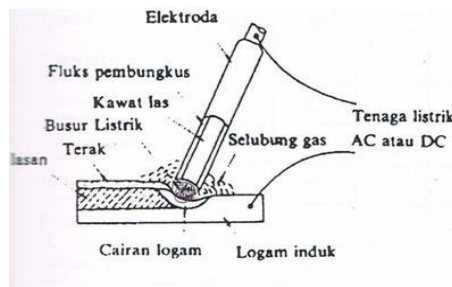
Gambar 2.17 Mesin gerinda potong

2.7.4 Proses pengelasan

Proses pengelasan dilakukan guna menyatukan bagian-bagian rangka (Wiryosumarto & Okumura, 2008). Berdasarkan cara kerjanya pengelasan dapat dibagi dalam 3 kelas utama yaitu:

- a. pengelasan cair yaitu dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
- b. pengelasan tekan yaitu dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
- c. Pematrian yaitu dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah.

Jenis las yang digunakan dalam proses penyambungan rangka adalah jenis las busur listrik. Hal tersebut didasarkan pada karakter komponen yang digunakan. Berikut ini gambar 2.18 merupakan proses pengelasan.



Gambar 2.18 Proses pengelasan SMAW (Wiryosumarto & Okumura, 2008)

2.7.5 Proses *finishing*

Proses *finishing* merupakan tahapan terakhir dalam proses produksi. Sebelum produk masuk *quality control* tahap akhir dan pengepakan maka dilakukan *finishing* terlebih dahulu. *Finishing* adalah suatu proses penyelesaian atau penyempurnaan akhir dari suatu produk. Pada umumnya, *finishing* dilakukan dengan melapisi material dengan cat, politur, pelindung air atau bahan lain. Selain membuat tampilan produk menjadi lebih menarik, *finishing* juga dapat memberikan perlindungan pada material agar lebih tahan goresan, benturan dan tahan lebih lama (Arifudin, 2017).

2.7.6 Proses perakitan

Perakitan adalah suatu proses penyusunan dan penyatuan beberapa bagian komponen menjadi suatu alat atau mesin yang mempunyai fungsi tertentu. Pekerjaan perakitan dimulai dari obyek sudah siap untuk dipasang dan berakhir bila obyek tersebut telah bergabung secara sempurna. Perakitan juga dapat diartikan penggabungan antara bagian yang satu terhadap bagian yang lain atau pasangannya (Fauzia et al., 2019).

2.7.7 Biaya produksi

Biaya produksi atau biaya pabrik adalah biaya untuk mengolah bahan baku menjadi barang atau produk jadi (Nurrohman, 2020). Terdapat 3 elemen biaya, yaitu: biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung dan biaya *overhead* pabrik.