

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam mendukung pembuatan mesin ini, berikut dikemukakan hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan pembuatan mesin pipa *rotary draw bending*.

Rusnadi, dkk (2020). Melakukan penelitian dengan judul Perancangan Mesin Bending Untuk Pipa Berdiameter Satu *Inch* Menggunakan Metode *Roll Bending*. Perancangan mesin bending pipa ini bertujuan agar dapat diperoleh sebuah alternatif rancangan mesin yang dapat melakukan proses *bending* pada pipa berdiameter satu *inch* dengan hasil yang baik. Selain itu, perancangan ini pun bertujuan untuk mengetahui kinerja dari proses *bending* pipa berdiameter satu *inch* dengan metode *roll bending*. Pada penelitian ini secara umum terbagi menjadi tiga buah kegiatan utama, yakni : kegiatan pertama adalah perancangan mesin *bending* pipa; kegiatan kedua adalah pengujian kinerja mesin *bending* pipa yang telah dirancang; serta kegiatan ketiga adalah kegiatan analisis pengaruh kedalaman penekanan pipa terhadap radius kelengkungan pipa yang dihasilkan. Berdasarkan kegiatan perancangan mesin yang telah dilakukan di dapatkan hasil yaitu, mesin yang dirancang memiliki dimensi umum panjang mesin sebesar 380 mm, lebar mesin 600 mm, dan tinggi mesin 1150 mm dan spesifikasi komponen mesin motor listrik penggerak 1 HP AC induksi 1 *phase*, jarak beban dongkrak 160mm, jari jari *sprocket* poros 1 70 mm, jari jari *sprocket* poros 2 70 mm, jari jari *sprocket* poros 3 70 mm, diameter *roller* 32 mm, dongkrak botol 2 ton, *gearbox* 1:50, *pulley* motor 100 mm, *pulley gearbox* 160 mm, jarak antar *roller* penggerak 370 mm, v-belt A42, *house bearing* 205. Kesimpulan penelitian ini adalah Rancangan mesin *bending* untuk pipa berdiameter satu *inch* telah berhasil dirancang dengan rata-rata laju proses pengerollan sebesar 0,5-0,6 mm/detik, mesin bending pipa yang dirancang telah mampu melakukan proses bending pipa SC45 berdiameter satu *inch* dengan *radius* kelengkungan maksimum pipa pada panjang 3 m, 2,5 m, 2 m, 1,5 m, serta 1 m masing-masing adalah 975 mm, 857 mm, 730 mm, 570 mm, serta 290 mm.

Wiyogo, S. R. (2022). Melakukan penelitian dengan judul Rancang bangun alat *bending* kaki kursi material pipa diameter $\frac{1}{2}$ inch. Penelitian diawali dengan melakukan studi lapangan dan *studi literatur*. Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dikarenakan data penelitian berupa angka-angka. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu proses produksi kursi dengan alat yang lebih efisien dan menggunakan biaya yang sesuai kriteria serta dapat digunakan untuk memproduksi secara masal. Hasil dari penelitian ini adalah mesin *roll bending* menggunakan motor penggerak dengan daya 1 HP dan kecepatan putarnya 1400 rpm, dengan kecepatan 1400 rpm maka di perlukan reduksi menggunakan 4 *pulley* yang terdiri dari ukuran 3 inch, 7 inch, 3 inch, dan 8 inch. Hingga menghasilkan 10 rpm. Kesimpulan penelitian ini adalah dalam perencanaan pembuatan alat *bending* kaki kursi ini proses pembendungan dilakukan secara otomatis dengan motor listrik, waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan alat *bending* kaki kursi ini adalah 529,07 menit, alat berfungsi dengan baik sesuai apa yang direncanakan sebelumnya.

Nurdin, dkk (2021). Penelitian ini berjudul Perancangan dan uji mesin pembengkok rol (*Roll Bending Machine*) untuk pipa galvanis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini studi kepustakaan, peninjauan lapangan, identifikasi lapangan, perancangan, analisis dan pengujian. Pada jurnal ini bertujuan untuk melakukan penelitian dengan merancang mesin pembengkok rol pipa (*roll bending machine*). Hasil dari mesin pembengkok rol pipa dengan motor listrik 1 HP putaran 1400 rpm, dalam reduksi putaran menggunakan *speed reducer* perbandingan 1:60 dan rantai perbandingan 1:1,5 menghasilkan putaran akhir 15,55 rpm. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan torsi yang maksimal dalam proses pembengkokan pipa. Perhitungan hasil torsi pada kinerja roller sebesar 2752,8 kg.mm dengan diameter poros 25,4 mm (1 inch), dan ukuran pasak 8 x 7 (b x h). Pengujian pengerolan menggunakan pipa galvanis ukuran 0,5 inci, tebal 1,6 mm dengan panjang pipa 2000 mm menghasilkan bentuk rol pipa yang membutuhkan rata-rata waktu 25,6 menit, diameter lingkaran 267,8 mm dan jarak *handle* 49,4 mm. Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah perhitungan poros untuk pengerolan menghasilkan dimensi 25,4 mm/1 inch dengan penampang pasak 8 x 7 (b x h), pada rantai 1 dengan jumlah gigi *sprocket* 20T :30T mengalami beban

sebesar 845,46 kg sementara kecepatan rantai yang dihasilkan yaitu 0,09 m/s dan pada rantai 2 dengan jumlah gigi *sprocket* 36T :36T kecepatan rantai yang dihasilkan 0,11 m/s dan rantai mengalami pembebanan sebesar 691,74 kg, dalam pembengkokan pipa sebesar 2,5 mm dibutuhkan gaya sebesar 186 kg dan torsi dibebankan pada *roller* sebesar 2752,8 kg/mm.

2.2 Landasan Teori

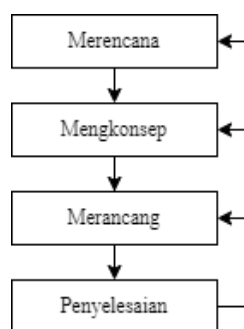
Sebelum melakukan rancang bangun penulis menggunakan beberapa landasan teori yang bermaksud untuk memperlancar penyusunan, sebagai berikut :

2.2.1 Perancangan

Menurut Ginting, (2010) perancangan adalah kegiatan penggambaran atau pemodelan sebelum kegiatan pembuatan pada suatu benda dilakukan. Dari hasil perancangan dapat diketahui deskripsi rinci pada benda yang akan dibuat. Salah satu cara untuk memunculkan ide dari sebuah perancangan yaitu dengan cara berorientasi terhadap keinginan dan kebutuhan pelanggan. Tujuan dari proses perancangan yaitu untuk menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan kebutuhan manusia.

2.2.2 Metode perancangan

Menurut Ginting, (2010) metode perencanaan dan perancangan merujuk dari metode menurut VDI 2222. VDI merupakan singakatan dari Verein Deutsche Ingenieuer yang artinya adalah Persatuan Insinyur Jerman. Perancangan menurut VDI 2222 terdapat 4 tahapan di dalamnya. Gambar 2.1 menunjukkan tahapan dari perancangan VDI 2222



Gambar 2. 1 Diagram alir perancangan VDI 2222 (Pujono, 2019)

Tahapan perancangan menurut VDI 2222 sebagai berikut :

a) Merencana

Merencana merupakan suatu kegiatan pertama dari tahap perancangan dalam mengidentifikasi suatu masalah. Kegiatan dari merencana adalah identifikasi masalah, studi literatur.

b) Mengkonsep

Perancangan konsep produk, spesifikasi perancangan berisi syarat-syarat teknis produk yang disusun dari daftar keinginan pengguna yang dapat diukur. Dalam tahap ini berisi membuat daftar tuntutan, penguraian fungsi keseluruhan.

c) Merancang

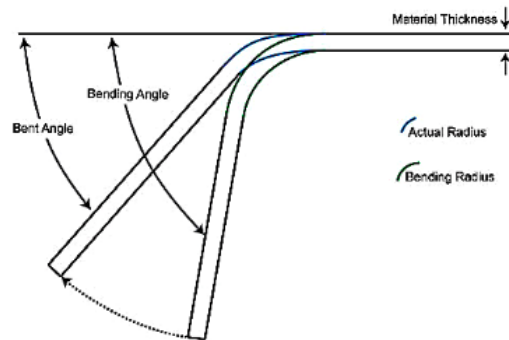
Merancang merupakan tahapan dalam penggambaran wujud produk yang didapat dari hasil penilaian konsep rancangan. Kontruksi rancangan ini merupakan pilihan optimal setelah tahapan penilaian teknis maupun ekonomis. Tahapan dalam merancang adalah membuat pradesain berskala dan membuat perbaikan pradesain.

d) Penyelesaian

Setelah tahap merancang selesai dilakukan maka tahap penyelesaian akhir adalah membuat gambar bagian/*detail* dan daftar bagian.

2.2.3 Bending

Proses *bending* adalah proses perubahan bentuk logam secara plastis lewat *roll*, penjepit dan pembentuk (*die*) dimana bentuk yang tadinya lurus menjadi lengkungan . Proses *bending* dilakukan dengan menekuk benda kerja hingga mengalami perubahan bentuk yang menimbulkan peregangan pada sisi luar benda kerja pada sekitar garis lurus. Proses *bending* ini tidak hanya berfungsi untuk membentuk benda kerja tetapi juga berguna untuk meningkatkan sifat mekanik berupa kekakuan dari suatu benda yang telah mengalami proses bending dengan cara menambah momen inersia bending (Kuntoro dkk, 2018). *Draw Bending* merupakan jenis pembengkokan yang dilakukan dengan menggunakan *pressure die* dan *bend die*. *Bending* jenis ini biasanya digunakan untuk membengkokkan pipa. Berikut gambar proses *bending* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Proses *bending* (Andrijono, 2020)

2.2.3.1 Berbagai jenis *bending*

a) Mesin *bending* manual

Seperti namanya, mesin *bending* manual menggunakan tenaga manusia atau dikerjakan secara manual dalam pengoperasiannya. Mesin jenis ini dapat mengurangi biaya operasional karena tidak menggunakan daya listrik. Namun, kekurangan dari mesin ini adalah hanya terbatas untuk membengkokkan *sheet metal* dengan ketebalan kecil (tipis).

b) Mesin *bending* mekanikal

Mesin *bending* mekanikal menggunakan motor listrik dan *gear* (roda gigi) sebagai sumber tenaga. Mesin jenis ini memiliki kecepatan yang tinggi dan tenaga yang besar, namun untuk mengoperasikan mesin ini membutuhkan daya listrik yang besar dan menimbulkan suara yang berisik.

c) Mesin *bending* hidrolis

Mesin ini menggunakan sistem *hidrolik* dalam proses *bending* sebagai sumber tenaganya. Dibandingkan dengan *bending* mekanikal, mesin *bending* hidrolis menggunakan tenaga listrik yang lebih kecil untuk menggerakkan pompa *hidrolik*.

2.2.3.2 Macam- macam proses *bending*

a) *Press brake*

Press brake merupakan proses kerja yang dibantu penekan serta sebuah cetakan tertentu. Hal ini tentunya akan menghasilkan tekukan yang persis sama dengan bentuk cetakan.

b) *Angle*

Angle merupakan proses pembentukan plat maupun besinya dibuat dengan menekuk pada bagian plat tertentu saja. Hal ini semata mata bertujuan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan.

c) *Draw*

Proses *draw* merupakan mencetak plat dengan yang menggunakan *roll* penekan atau cetakan tertentu. Pengerjaannya terbilang sangat cepat sehingga mampu menghasilkan produk yang banyak.

d) *Roll forming*

Ini merupakan proses pembentukan kontur suatu benda kerja dengan memanfaatkan *cold working*. Proses ini digunakan ketika melakukan pembentukan kompleks.

e) *Roll*

Roll adalah proses yang umum dilakukan ketika membentuk silinder maupun lengkung lingkaran lainnya. Plat logam ini nantinya akan disisipkan pada *roll* yang mengalami perputaran.

f) *Seaming*

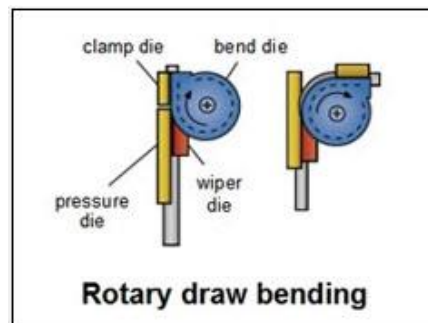
Proses pengerjaan ini dilakukan ketika hendak menyambungkan bagian ujung lembaran logam untuk membentuk benda kerja. Nantinya sambungan tersebut akan disambungkan dengan *roll* kecil lainnya.

g) *Flanging*

Proses pengerjaan benda kerja secara *flanging* serupa dengan *seaming*. Hanya saja proses ini digunakan untuk melipat sekaligus membentuk permukaan yang jauh lebih besar.

h) *Straightening*

Straightening merupakan proses pengerjanya yang berlawanan dengan bending itu sendiri. Jadi proses ini justru bisa meneruskan atau meluruskan logam. Jadi, bisa dikatakan mesin ini yang paling berbeda. Proses *rotary draw bending* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *Rotary draw bending* (Nurdin, dkk (2021)

2.2.4 Gambar Teknik

Menurut Sato & Hartanto, (2008) gambar merupakan sebuah alat untuk menyatakan maksud dari seorang sarjana teknik. Oleh karena itu gambar sering juga disebut sebagai “Bahasa teknik” atau “Bahasa untuk sarjana teknik”. Adapun fungsi gambar antara lain :

- a) Penyampaian informasi.
- b) Pengawetan, penyimpanan dan penggunaan keterangan.
- c) Cara-cara pemikiran dalam penyiapan informasi.

Gambar teknik juga mempunyai tujuan-tujuan gambar sebagai berikut ;

- 1) Internasionalisasi gambar

Peraturan-peraturan gambar dimulai dengan persetujuan bersama antara orang-orang bersangkutan, dan kemudian telah menjadi bentuk standar perusahaan. Bersama dengan meluasnya dunia usaha, keperluan standar perdagangan dan standar nasional meningkat.

- 2) Mempopulerkan gambar

Dalam lingkungan teknologi tinggi, akibat dikenalnya teknologi, golongan yang harus membaca dan mempergunakan gambar meningkat jumlahnya. Akibatnya diperlukan mempopulerkan gambar, dan gambar harus jelas, mudah, dan peraturan-peraturan, standar sederhana dan eksplisit sangat diperlukan.

- 3) Perumusan gambar

Hubungan yang erat antara bidang-bidang industri seperti permesinan, perkapalan, arsitektur, dan teknik sipil, masing-masing dengan kemajuan masyarakat teknologinya, tidak memungkinkan menyelesaikan suatu proyek dari

suatu bidang saja secara bebas, bahkan dari itu, telah menjadi suatu keharusan untuk menyediakan keterangan-keterangan gambar yang dapat dimengerti, terlepas dari bidang-bidang diatas. Untuk tujuan ini masing-masing bidang akan mencoba untuk mempersatukan dan mengidentisir standar-standar gambar.

4) Sistematika gambar

Mengingat gambar kerja saja. Isi gambar menyajikan banyak perbedaan-perbedaan, tidak hanya dalam penyajian bentuk dan ukuran, tetapi tanda-tanda toleransi ukuran, toleransi bentuk dan keadaan permukaan juga.

5) Penyederhana gambar

Penghemat tenaga menggambar adalah penting, tidak kerja dalam hanya untuk mempersingkat waktu, tetapi juga untuk meningkatkan mutu rencana. Oleh karena itu penyederhanaan gambar menjadi masalah penting untuk menghemat tenaga menggambar.

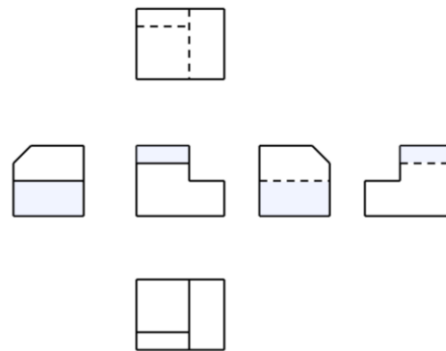
6) *Modernisasi* gambar

Bersamaan dengan kemajuan teknologi, standar gambar juga telah dipaksa mengikutinya. Dapat disebutkan disini cara-cara baru (*modern*) yang telah dikembangkan seperti misalnya pembuatan film mikro, berbagai macam mesin gambar otomatis dengan bantuan komputer, perencanaan dengan bantuan komputer (*CAD-Computer Aided Design*).

Gambar teknik memiliki beberapa arah pandangan dalam proses menggambar yang disebut proyeksi. Adapun beberapa proyeksi dalam gambar teknik sebagai berikut :

a) Proyeksi Eropa

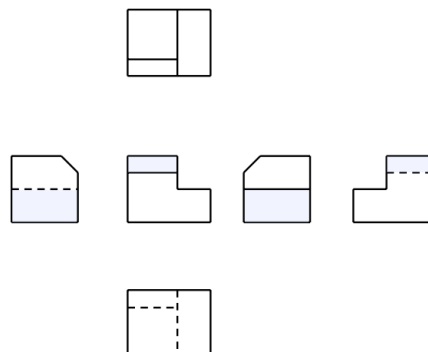
Proyeksi Eropa disebut juga proyeksi sudut pertama atau proyeksi kuadran I, Dapat dikatakan bahwa Proyeksi Eropa ini merupakan proyeksi yang letak bidangnya terbalik dengan arah pandangannya. Gambar 2.4 dibawah ini merupakan gambar tata letak proyeksi eropa seperti berikut :



Gambar 2. 4 Tata letak proyeksi eropa (Anwari, 1997)

b) Proyeksi Amerika

Proyeksi Amerika dikatakan juga proyeksi sudut ketiga atau proyeksi kuadran III. Proyeksi Amerika merupakan proyeksi yang letak bidangnya sama dengan arah pandangannya. Gambar 2.5 dibawah ini merupakan gambar tata letak proyeksi eropa sebagai berikut :

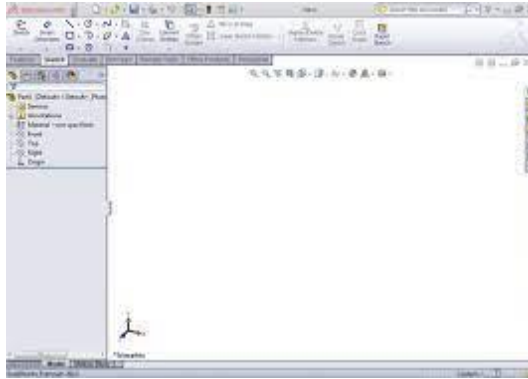


Gambar 2. 5 Tata letak proyeksi amerika (Anwari, 1997)

2.2.5 Solidworks

Solidworks adalah salah satu CAD software yang dibuat oleh *Dessault Systemes* digunakan untuk merancang part pemesinan atau susunan part pemesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk mempresentasikan part sebelum real part nya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses pemesinan.

Tampilan *solidworks* tidak jauh berbeda dengan *software-software* lain yang berjalan diatas *windows*, jadi tidak ada yang akan merasa aneh dengan tampilan dari *solidworks*. Gambar 2.6 merupakan tampilan awal dari *solidworks*.



Gambar 2. 6 Tampilan *solidworks*

2.2.6 Komponen-Komponen Elemen Mesin

2.2.6.1 Motor Penggerak

Motor listrik termasuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Bagia I nyoman, 2018). Motor penggerak arus listrik ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Motor penggerak (Bagia I nyoman, 2018)

A. Motor penggerak arus AC

Menurut Mott, (2009) Sumber daya arus bolak-balik (AC) dimaksudkan untuk memasok kebutuhan listrik dalam berbagai industri, perdagangan, atau pelanggan tetap yang disalurkan dalam kondisi yang beragam. Sumber daya AC juga dikelompokkan dalam satu fasa atau tiga fasa. Sebagian besar unit yang tetap dan instalasi komersial ringan hanya mempunyai sumber daya satu fasa, yang

disalurkan dengan memakai dua kawat konduktor dan satu kawat tanah. Daya tiga fasa disalurkan ke sistem tiga kawat dan tersusun dari tiga gelombang berbeda dengan amplitudo dan frekuensi sama dengan beda tiap fasa 120 derajat. Instalasi industri dan komersil yang besar menggunakan daya tiga fasa untuk menangani beban listrik yang besar, karena memungkinkan pemakaian motor yang lebih kecil dan lebih ekonomis dalam pengoprasian.

B. Motor Penggerak Arus DC

Motor DC mempunyai beberapa kelebihan yang khas bila dibandingkan dengan motor AC, salah satunya kecepatannya dapat diubah dengan menggunakan sebuah tahanan atur (*rheostat*) sederhana yaitu dengan mengatur tegangan yang diberikan ke motor. Kekurangan motor DC adalah keharusan ketersedianya sumber daya DC. Kebanyakan tempat tinggal dan industri hanya memiliki sumber daya AC yang disediakan oleh perusahaan umum setempat. Terdapat tiga macam komponen yang dapat digunakan untuk menyediakan daya DC yaitu baterai, *generator*, penyearah.

2.2.6.2 Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerak bolak baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya. Bantalan dalam permesinan dapat disamakan perannya dengan pondasi pada gedung (Sularso, 2008). Bantalan ditunjukkan pada Gambar 2.8.

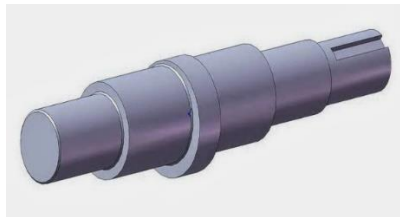


Gambar 2. 8 Bantalan (Sularso, 2008)

2.2.6.3 Poros

Sularso, (2008) poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. Perbedaan poros dengan as adalah poros meneruskan momen torsi, sedangkan as tidak.

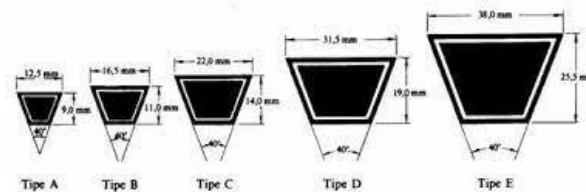
Trasmisi atau sering disebut poros digunakan pada mesin rotasi untuk mentransmisikan putaran dan torsi dari suatu lokasi ke lokasi lain. Poros mentransmisikan torsi dari *driver* (motor/engine) ke *driven*. Komponen mesin yang biasa digunakan bersama poros adalah roda gigi, puli, dan sprocket. Gambar poros dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Poros (Sularso, 2008)

2.2.6.4 Sabuk V

Menurut Sularso, (2008) jarak yang cukup jauh untuk memisahkan antara dua buah poros mengakibatkan tidak memungkinkan menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. Sabuk-V merupakan sebuah solusi yang dapat digunakan. Sabuk-V adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya sabuk-V dibelitkan mengelilingi alur puli yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang membelit pada puli akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Tipe standar sabuk-V ditunjukkan pada Gambar 2.10.



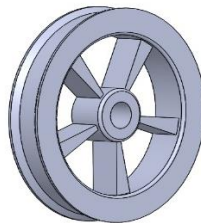
Gambar 2. 10 Tipe standar sabuk-V (Sularso, 2008).

Bahan sabuk-V antara lain adalah berasal dari kulit, anyaman benang, dan karet. Sabuk-V ini pun dibagi menjadi beberapa tipe yaitu :

- 1) Tipe standar ; Dengan karakteristik tanda huruf A, B, C, D dan E.
- 2) Tipe sempit ; Dengan karakteristik symbol 3V, 5V, dan 5L.
- 3) Tipe beban ringan ; Dengan karakteristik tanda 3L, 4L, 5L.

2.2.6.5 Puli

Menurut mott, (2009) puli adalah elemen mesin yang berfungsi sebagai komponen atau penghubung putaran yang diteria dari motor listrik kemudian diteruskan dengan menggunakan sabuk atau *belt* ke benda yang ingin digerakan. Ukuran puli (*shaeave*) dinyatakan dengan diameter jarak bagi, sedikit lebih kecil dari pada diameter bagian luar puli. Rasio kecepatan antara puli penggerak dan yang digerakan berbanding terbalik dengan rasio diameter jarak bagi puli. Gambar puli dapat dilihat pada Gambar 2. 11.



Gambar 2. 11 Puli

2.2.6.6 Gearbox

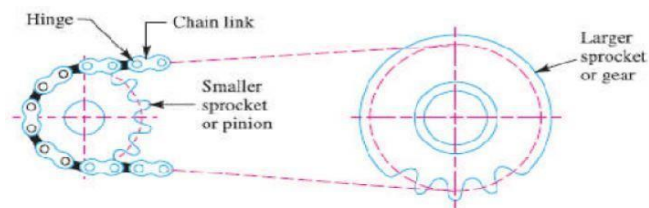
Gearbox adalah komponen utama motor yang diperlukan untuk menyalurkan daya atau torsi (*torque*) mesin ke bagian mesin lainnya sehingga unit mesin tersebut dapat bergerak menghasilkan pergerakan, baik itu putaran atau pergeseran serta mengubah daya atau torsi dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar (Amir dan Kurnadi, 2018). *Gearbox* ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 *Gearbox* (Amir dan Kurnadi, 2018)

2.2.6.7 Rantai

Menurut Khurmi & Gupta, (2005) rantai yang terdiri dari sejumlah *link* kaku yang berengsel dan di sambung oleh pin untuk memberikan *fleksibilitas* yang diperlukan. Rantai digunakan untuk mentransmisikan daya dimana jarak kedua poros besar dan di kehendaki tidak terjadi slip. Dibandingkan dengan transmisi roda gigi, rantai jauh lebih murah akan tetapi brisik serta kapasitas daya dan kecepatannya lebih kecil. Gambar *Sprocket* dan rantai dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 *Sproket* dan Rantai (Khurmi & Ghupta, 2005)

Rantai sebagian besar digunakan untuk mengirimkan gerakan dan daya dari satu poros ke poros yang lain, seperti ketika jarak pusat antara poros pendek seperti pada sepeda, sepeda motor, mesin pertanian, konveyor, dan juga rantai mungkin dapat juga digunakan untuk jarak pusat yang panjang sampai 8 meter.

2.2.7 Proses Produksi

2.2.7.1 Proses pengukuran

Menurut Sasri dkk, (2018) pengukuran adalah bagian dari ketrampilan. Proses *Sains* yang merupakan pengumpulan informasi baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif. Dengan melakukan pengukuran, dapat diperoleh besarnya atau nilai suatu besaran atau bukti kualitatif. Ditinjau dari cara pengukurannya, besaran-besaran fisika ada yang diukur secara langsung dan ada (lebih banyak) yang diukur secara tidak langsung.

- 1) Pengukuran langsung adalah pengukuran suatu besaran yang tidak tergantung pada pengukuran besaran-beasaran lain. Contoh : Mengukur panjang tongkat dengan jangka sorong, mengukur waktu menggunakan *stopwatch*. Jadi pengukuran suatu besaran secara langsung adalah membandingkan besaran tersebut secara langsung dengan besaran acuan.
- 2) Pengukuran tidak langsung adalah pengukuran besaran fisika dengan cara tidak langsung membandingkannya dengan besaran acuan, akan tetapi dengan besaran-besaran lain. Contoh : mengukur suhu dengan cara mengukur perubahan volume air raksa, mengukur berat benda dengan cara mengukur pertambahan panjang pegas, mengukur kecepatan, kalor. Semuanya merupakan pengukuran tidak langsung.

2.2.7.2 Proses gurdi

Menurut Widarto, (2008) proses gurdi adalah proses pemesinan yang paling sederhana diantara proses pemesinan lainnya. Biasanya di bengkel atau *workshop* proses ini dinamakan proses bor, walaupun istilahnya ini sebenarnya kurang tepat. Proses gurdi yang dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat menggunakan mata bor. Sedangkan proses bor adalah proses meluaskan atau memperbesar lubang yang bisa dilakukan dengan batang bor yang tidak hanya dilakukan pada mesin gurdi, tetapi bisa dengan mesin bubut, mesin frais, mesin bor. Gambar 2.14 menunjukkan mesin gurdi.



Gambar 2. 14 Mesin gurdi

2.2.7.3 Proses bubut

Menurut Rochim, (2007) proses bubut merupakan salah satu dari berbagai macam proses permesinan dimana proses permesinan sendiri adalah proses pemotongan logam yang bertujuan untuk mengubah bentuk suatu benda kerja dengan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas.

Jadi proses bubut dapat didefinisikan sebagai proses permesinan yang biasa dilakukan pada mesin bubut dimana pahat bermata potong tunggal pada mesin bubut bergerak memakan benda kerja yang berputar, dalam hal ini pahat bermata potong tunggal adalah gerak potong dan gerak translasi pahat adalah gerak makan. Mesin bubut dapat dilihat pada Gambar 2.15.

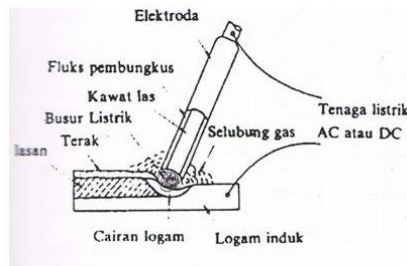


Gambar 2. 15 Mesin bubut

2.2.7.4 Proses pengelasan

Wahyuningsih dan Saputra, (2022) pengelasan (*welding*) dapat didefinisikan sebagai Teknik penyambungan logam secara permanen dari dua buah komponen atau lebih dengan mencairkan logam induk dan logam pengisi. Pengelasan dilakukan dengan atau tanpa tekanan serta menggunakan atau tanpa menggunakan logam penambah.

Harsono dan Okumura, (2008) adapun jenis las yang digunakan dalam proses penyambungan rangka adalah jenis las busur listrik dengan elektroda terbungkus. Las listrik dengan elektroda terbungkus merupakan cara pengelasan yang paling banyak digunakan. Pengelasan ini menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Dalam Gambar 2.16 dapat dilihat bahwa busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.



Gambar 2. 16 Las busur dengan elektroda terbungkus (Harsono dan Okumura, 2008)

Dalam las elektroda terbungkus, busurnya ditimbulkan dengan menggunakan listrik arus bolak - balik (AC) atau arus searah (DC). Penggunaan listrik AC lebih banyak digunakan karena pertimbangan harga, mudah penggunaannya dan perawatan yang sederhana. Sementara itu, keunggulan penggunaan listrik DC adalah mantapnya busur yang ditimbulkan, sehingga sangat sesuai untuk pengelasan pelat-pelat yang amat tipis.