

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Transmisi**

Transmisi adalah salah satu dari sistem pemindah tenaga dari mesin ke diferensial kemudian ke poros *axle* yang mengakibatkan roda dapat berputar dan menggerakkan mobil, yang berfungsi mendapatkan variasi momen dan kecepatan sesuai dengan kondisi jalan dan kondisi pembebanan, yang pada umumnya dengan menggunakan perbandingan-perbandingan roda gigi dan untuk mereduksi putaran sehingga diperoleh kesesuaian tenaga mesin dengan beban kendaraan. Transmisi diperlukan karena mesin pembakaran yang umumnya digunakan dalam mobil merupakan mesin pembakaran internal yang menghasilkan putaran rotasi.

Dalam sebuah rangkain transmisi terdapat komponen-komponen pendukung diantaranya *Transmission Case, Shift Fork, Input Shaft, Counter Gear, Gigi percepatan, Hub Sleeve, Sinkronizer ring / Singkromes, Reverse Gear, Main Bearing, Output shaft, Extension Housing*.

#### **2.2 Cara Kerja Transmisi manual**

Pada umumnya transmisi manual adalah sebagai salah satu komponen sistem pemindah tenaga yang mempunyai beberapa fungsi diantaranya sebagai berikut :

1. Meneruskan tenaga / putaran mesin dari kopling ke poros *propeler shaft*
2. Merubah momen yang dihasilkan mesin sesuai dengan kebutuhan (beban mesin dan kondisi jalan)
3. Memungkinkan kendaraan dapat berjalan mundur (*reserve*) pada kendaraan lebih dari 2 roda

#### 2.2.1 Posisi Netral (N).

Saat posisi netral tenaga dari mesin tidak diteruskan ke poros *out put*, karena *sincromesh* dalam keadaan bebas atau tidak terhubung dengan roda gigi.

#### 2.2.2 Posisi Gigi 1.

Geser tuas ke arah kiri kemudian dorong ke depan maka *gear selection fork* akan menghubungkan *unit sincromesh* untuk berkaitan dengan gigi tingkat 1. Posisi 1 akan menghasilkan putaran yang lambat tetapi momen pada poros *out put* besar.

#### 2.2.3 Posisi Gigi 2.

Dalam posisi netral (N) geser tuas ke arah kiri kemudian tarik ke belakang maka *selector fork* akan menggerakkan *hub sleeve* sehingga *unit sincromesh* berhubungan dengan roda gigi tingkat no 2. Posisi 2 putaran poros *out put* lebih cepat dibanding pada posisi 1.

#### 2.2.4 Posisi Gigi 3.

Dalam posisi netral (N) tuas didorong kedepan lurus maka *selector fork* akan menggerakkan *hub sleeve* sehingga menghubungkan *unit sincromesh* untuk berkaitan dengan gigi tingkat 3. Posisi 3 akan menghasilkan putaran yang cepat dibanding posisi 2.

#### 2.2.4 Posisi Gigi 4.

Dalam posisi netral (N) Tuas didorong lurus ke belakang maka *selector fork* akan menggerakkan *hub sleeve* sehingga unit *sincromesh* berhubungan dengan roda gigi tingkat no 4. Posisi 4 putaran poros *out put* lebih cepat dibanding pada posisi 3.

#### 2.2.5 Posisi Gigi R.

Tuas ditekan ke arah kanan kemudian ditarik ke belakang maka akan menggerakkan *gear selection fork* sehingga unit *sincromesh* berhubungan dengan roda gigi R. Antara roda gigi R dan roda gigi pembanding dipasangkan roda gigi idel (*idler gear*) yang menyebabkan putaran poros input berlawanan arah dengan poros *out put*.

### 2.3 Komponen Utama Transmisi Manual

Adapun komponen – komponen transmisi manual yaitu:

a. *Transmission Case*

*Transmission Case* (Bak transmisi) Komponen ini berfungsi sebagaiudukan *Bearing* transmisi dan poros-poros serta sebagai wadah oli/minyak transmisi.



Gambar 2.1. *Transmisson Case*

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

b. *Shift Fork*

*Shift Fork* (garpu pemindah) adalah batang untuk memindah gigi atau synchroniser pada porosnya sehingga memungkinkan gigi untuk dipasang/dipindah.



Gambar 2.2 *Shift Fork*

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

c. *Input Shaft*

*Input Shaft* berfungsi untuk meneruskan putaran dari kopling ke transmisi / *counter gear*.



Gambar 2.3. *Input Shaft*

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

d. *Counter Gear*

*Counter Gear* berfungsi untuk meneruskan putaran dari inputshaft ke gigi percepatan.



Gambar 2.4. *Counter Gear*

Sumber : [ Lit 4, 2016 ]

e. Gigi percepatan

Gigi percepatan berfungsi untuk merubah momen yang dihasilkan mesin sesuai dengan kebutuhan (beban mesin dan kondisi jalan).



Gambar 2.5. Gigi Percepatan

Sumber : [ Lit 5, 2016 ]

f. *Hub Sleeve*

*Hub Sleeve* berfungsi untuk mengunci singkromes dengan gigi percepatan sehingga memungkinkan output shaf bisa berputar dan berhenti.



Gambar 2.6. *Hub Sleeve*

Sumber : [ Lit 6, 2016 ]

g. *Sinkronizer ring / Singkromes*

*Sinkronizer ring / Singkromes* berfungsi sebagai komponen transmisi yang memungkinkan perpindahan gigi pada transmisi dapat bekerja/hidup.

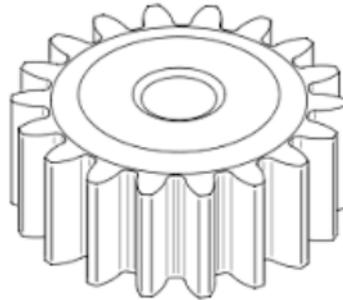


Gambar 2.7. *Sinkronizer ring / Singkromes*

Sumber : [ Lit 6, 2016 ]

h. *Reverse Gear*

*Reverse Gear* berfungsi sebagai gear perubah arah putaran *output shaft* sehingga memungkinkan kendaraan bisa bergerak mundur



Gambar 2.8. *Reverse Gear*

Sumber : [ Lit 5, 2016 ]

i. *Main Bearing*

*Main bearing* berfungsi sebagai bantalan *output shaft*.



Gambar 2.9. *Main Bearing*

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

j. *Output shaft*

*Output shaft* berfungsi untuk meneruskan putaran dari transmisi ke *propeller shaft*.

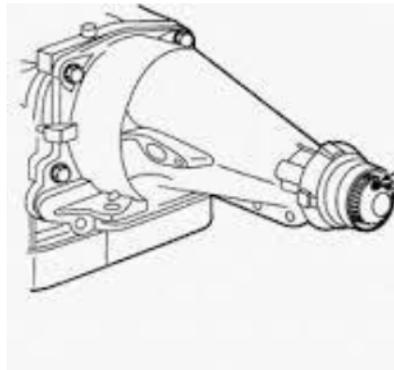


Gambar 2.10. *Output Shaft*

Sumber : [ Lit 3, 2016 ]

k. *Extension Housing*

*Extension Housing* berfungsi sebagai penutup *output shaft* sekaligusudukan tongkat *perseneling*.



Gambar 2.11. *Extension Housing*

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

## 2.4 Roda Gigi

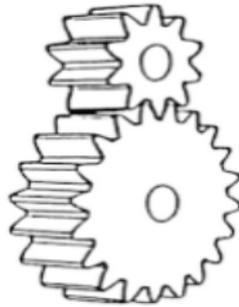
Roda gigi adalah sebuah silinder yang disekelilingnya terdapat gigi. Roda gigi merupakan alat pemindah daya / putaran yang paling presisi, oleh karena perpindahannya bukan berdasarkan gesekan antara roda dengan roda, tetapi antara gigi dengan gigi. Dalam hal ini gigi layaknya seperti tuas / pengungkit kecil yang menggerakkan komponen lain.

## 2.5 Macam-Macam Roda Gigi

Adapun macam – macam roda gigi yaitu:

### a. Roda gigi lurus

Roda gigi paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar poros

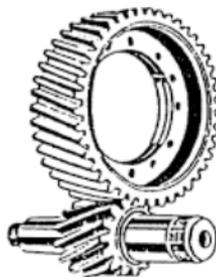


Gambar 2.12. Roda Gigi Lurus

Sumber : [ Lit 5, 2016 ]

### b. Roda gigi miring

Mempunyai jalur gigi yang membentuk ulir pada silinder jarak bagi.



Gambar 2.13. Roda Gigi Miring

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

### c. Roda gigi miring ganda

Gaya aksial yang timbul pada gigi yang mempunyai alur berbentuk V tersebut, akan saling meniadakan.



Gambar 2.14. Roda Gigi Miring Ganda  
Sumber : [ Lit 4, 2016 ]

d. Roda gigi dalam

Dipakai jika diinginkan alat transmisi dengan ukuran kecil dengan perbandingan reduksi besar, karena terletak didalam roda gigi



Gambar 2.15. Roda Gigi Dalam  
Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

e. Roda gigi kerucut lurus

Roda gigi yang paling mudah dibuat dan paling sering dipakai



Gambar 2.16. Roda Gigi Kerucut Lurus  
Sumber : [ Lit 3, 2016 ]

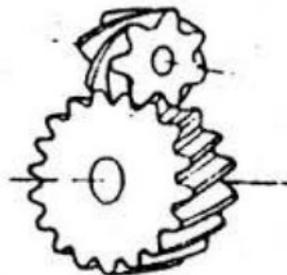
g. Roda gigi kerucut spiral

Karena mempunyai perbandingan kontak yang lebih besar, dapat meneruskan tinggi dan beban besar



Gambar 2.17. Roda Gigi Kerucut Spiral  
Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

h. Roda gigi miring silang

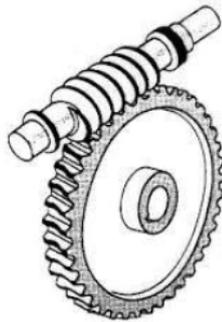


Gambar 2.18. Roda Gigi Miring Silang

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

i. Roda gigi cacing silindris

Mempunyai cacing berbentuk silindris dan lebih umum dipakai

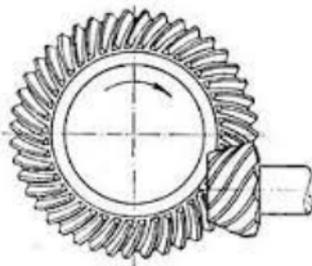


Gambar 2.19. Roda Gigi Cacing Silindris

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

j. Roda gigi *Hypoid*

Mempunyai jalur gigi berbentuk spiral pada bidang kerucut yang sumbunya bersilang dan pemindahan gaya pada permukaan gigi berlangsung secara meluncur dan menggelinding.



Gambar 2.20. Roda Gigi *Hypoid*

Sumber: [ Lit 1, 2016 ]

## 2.6 Pertimbangan dalam pemilihan bahan

Dalam setiap rancangan bangun alat, pertimbangan - pertimbangan dalam pemilihan bahan merupakan salah satu syarat yang penting sebelum melakukan perhitungan terhadap kekuatan dari komponen - komponen peralatan tersebut.

Tujuan dari pemilihan bahan tersebut diharapkan dapat menahan beban yang diterima dengan baik. Hal - hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan antara lain :

a. Sifat mekanis bahan

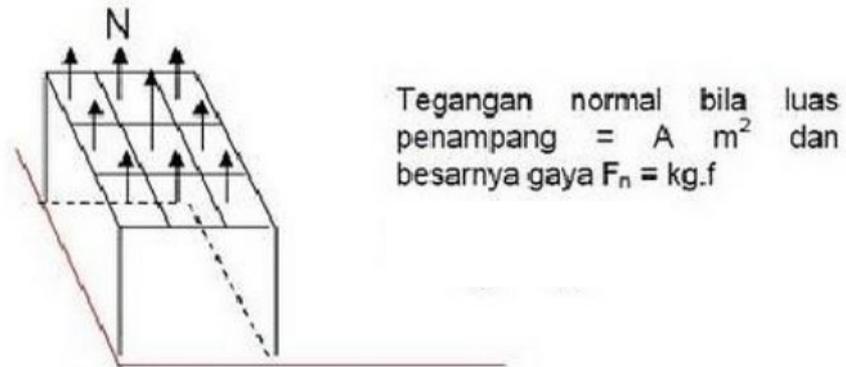
Dalam perencanaan, kita harus mengetahui sifat mekanis bahan sehingga dapat mengetahui kemampuan bahan dalam menerima beban, tegangan, gaya yang terjadi, dan lain - lain. Sifat mekanis bahan merupakan kekuatan tarik, tegangan geser, modulus elastisitas dan lain - lain. Sifat mekanik didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk membawa atau menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, atom - atom atau struktur molekul berada dalam kesetimbangan. Gaya ikatan pada struktur menahan setiap usaha untuk mengganggu kesetimbangan ini, misalnya gaya luar atau beban.

1. Kekuatan (*strength*), menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja atau mengenainya. Contoh tegangan normal, tegangan tarik, tegangan tekan, tegangan geser, tegangan lengkung, tegangan puntir, dan tegangan *buckling*.

a) Tegangan normal

Tegangan normal terjadi akibat adanya reaksi yang diberikan pada benda. Jika gaya dalam diukur dalam N, sedangkan luas penampang dalam m<sup>2</sup>, maka satuan tegangan adalah N/m<sup>2</sup> atau dyne/cm<sup>2</sup>.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$



Gambar 2.21 tegangan normal

Sumber : [ Lit 6, 2016 ]

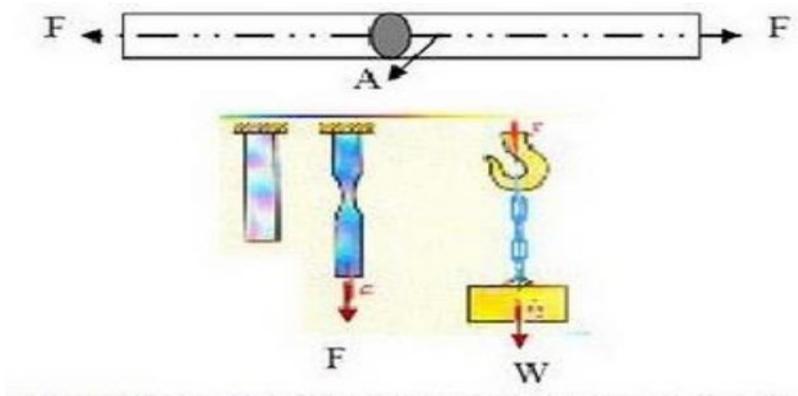
b) Tegangan tarik

Tegangan tarik pada umumnya terjadi pada rantai, tali, paku keling, dan lain lain. Rantai yang diberi beban W akan mengalami tegangan tarik yang besarnya tergantung pada beratnya.

Persamaan tegangan tarik dapat dituliskan :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana  $\sigma$  = Kekuatan tarik izin, dan  $v$  = Faktor keamanan



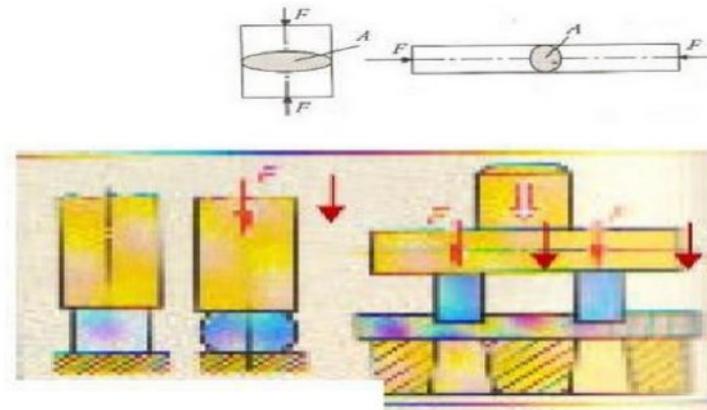
Gambar 2.22 Tegangan Tarik pada Penampang Luas A

Sumber : [ Lit 6, 2016 ]

c) Tegangan tekan

Tegangan tekan terjadi bila suatu batang diberi gaya  $F$  yang saling berlawanan dan terletak dalam suatu garis gaya. Misalnya, terjadi pada tiang bangunan yang belum mengalami tekukan, porok sepeda, dan batang torak. Tegangan tekan dapat ditulis:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

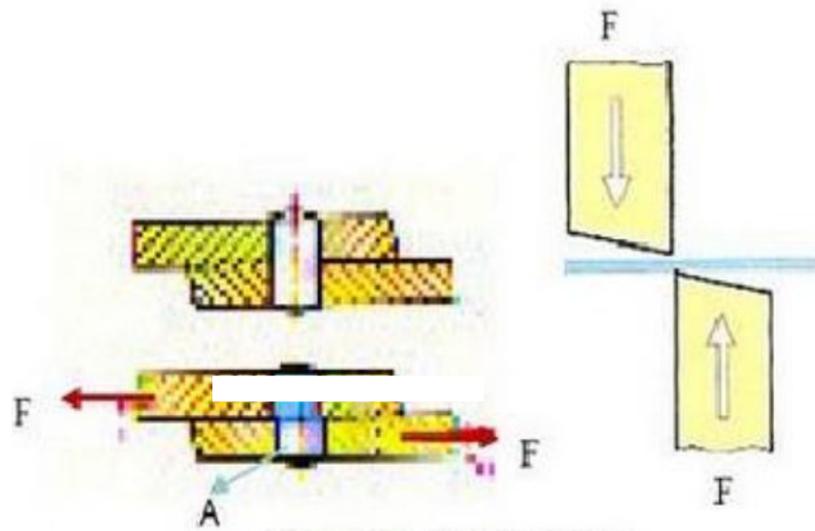


Gambar 2.23 tegangan tekan

Sumber : [ Lit 6, 2016 ]

d) Tegangan geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan paku keling, gunting, dan sambungan baut.



Gambar 2.24 tegangan geser

Sumber : [ Lit 6, 2016 ]

Pada gambar diatas dua gaya F sama besar berlawanan arah. Gaya F bekerja merata pada penampang A, pada material akan timbul tegangan gesernya, sebesar:

$$\tau_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\tau_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$\sigma_t$  = Kekuatan tarik izin

$\tau_g$  = Tegangan geser izin

Sf<sub>1</sub> = Faktor keamanan untuk bahan S-C = 6

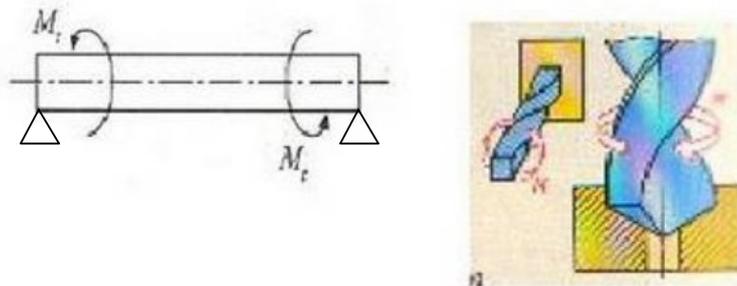
Sf<sub>2</sub> = Faktor keamanan karena konsentrasi tegangan = 3

Tegangan geser terjadi karena adanya gaya radial  $F$  yang bekerja pada penampang normal dengan jarak yang relatif kecil, maka pelengkungan benda diabaikan. Untuk hal ini tegangan yang terjadi adalah apabila pada konstruksi mempunyai  $n$  buah paku keling, maka sesuai dengan persamaan dibawah ini tegangan gesernya adalah

$$\tau_p = \frac{F}{n \cdot A} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana  $D$  = diameter paku keling

e) Tegangan puntir



Gambar 2.25 Tegangan puntir pada mata bor

Sumber : [ Lit 6, 2016 ]

Benda yang mengalami beban puntir akan menimbulkan tegangan puntir sebesar:

$$\tau_p = \frac{T \cdot r}{J} \dots \dots \dots (2.8)$$

$\tau$  momen puntir ( $\text{Kg/mm}^2$ )

$T$  momen yg terjadi pada poros (Nmm)

1. Kekerasan (*hardness*), dapat didefenisikan sebagai kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (*abrasi*), indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus (*wear resistance*). Kekerasan juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

2. Kekenyalan (*elasticity*), menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Bila suatu benda mengalami tegangan maka akan terjadi perubahan bentuk. Apabila tegangan yang bekerja besarnya tidak melewati batas tertentu maka perubahan bentuk yang terjadi hanya bersifat sementara, perubahan bentuk tersebut akan hilang bersama dengan hilangnya tegangan yang diberikan. Akan tetapi apabila tegangan yang bekerja telah melewati batas kemampuannya, maka sebagian dari perubahan bentuk tersebut akan tetap ada walaupun tegangan yang diberikan telah dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, atau dapat dikatakan dengan kata lain adalah kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi. Bisa disimpulkan bahwa regangan ( $\epsilon$ ) yang terjadi pada suatu benda berbanding lurus dengan tegangannya ( $\sigma$ ) dan berbanding terbalik terhadap ke elastisitasannya. Ini dinyatakan dengan rumus:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.9)$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \dots \dots \dots (2.9)$$

Bila nilai E semakin kecil, maka akan semakin mudah bagi bahan untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan.

3. Kekakuan (*stiffness*), menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) atau *defleksi*. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting daripada kekuatan.
4. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah *deformasi* plastik (permanen) tanpa mengakibatkan terjadinya

kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai macam pembentukan seperti *forging*, *rolling*, *extruding* dan lain sebagainya. Sifat ini juga sering disebut sebagai keuletan (*ductility*). Bahan yang mampu mengalami *deformasi* plastik cukup besar dikatakan sebagai bahan yang memiliki keuletan tinggi, bahan yang ulet (*ductile*). Sebaliknya bahan yang tidak menunjukkan terjadinya deformasi plastik dikatakan sebagai bahan yang mempunyai keuletan rendah atau getas (*brittle*).

5. Ketangguhan (*toughness*), menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit diukur.
6. Kelelahan (*fatigue*), merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang – ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastiknya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan ini. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting, tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.
7. *Creep*, atau bahasa lainnya merambat atau merangkak, merupakan kecenderungan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik yang besarnya berubah sesuai dengan fungsi waktu, pada saat bahan atau komponen tersebut tadi menerima beban yang besarnya relatif tetap.

#### b. Sifat fisis bahan

Sifat penting yang kedua dalam pemilihan material adalah sifat fisik. Sifat fisik adalah kelakuan atau sifat-sifat material yang bukan disebabkan oleh pembebanan seperti pengaruh pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik

yang lebih mengarah pada struktur material. Sifat fisik material antara lain : temperatur cair, konduktivitas panas dan panas spesifik. Struktur material sangat erat hubungannya dengan sifat mekanik. Sifat mekanik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik. Dengan adanya perlakuan fisik akan membawa penyempurnaan dan pengembangan material bahkan penemuan material baru.

c. Sifat teknis bahan

Kita harus juga mengetahui sifat - sifat teknis bahan agar kita dapat mengetahui apakah bahan yang dipilih dapat dikerjakan dengan permesinan atau tidak. Sifat material teknik dikelompokkan menjadi 6 golongan yaitu

Logam : baja, besi cor, titanium, logam paduan, dll.

Polimer : *polietilan, polipropilen, polikarbonat*, dll.

Karet : *isopren, neopren*, karet alam, dll.

Gelas : gelas soda, gelas silika dan gelas *borosilikat*.

Keramik : *alumina, karbida silikon, nitrida silikon*, dll.

Hibrida : komposit, *sandwich*, dan *foam*.

d. Fungsi komponen

Dalam membuat suatu rancang bangun, harus diperhatikan fungsi dari komponen - komponen yang digunakan. Karena bahan yang digunakan harus seuai dengan fungsi komponen-komponen tersebut.

e. Bahan mudah didapat

Untuk mempermudah pembuatan bahan-bahan yang diperlukan harus mudah didapat dipasaran agar bila terjadi kerusakan pada komponen - komponennya dapat langsung diperbaiki atau diganti.

f. Harga relatif murah

Bahan-bahan yang digunakan diusahakan semurah mungkin dengan tidak mengurangi kualitas dari bahan tersebut, agar dapat menekan biaya produksi yang direncanakan.

g. Daya guna seefisien mungkin

Dalam rancang bangun ini harus diperhatikan bahan yang seefisien mungkin. Dimana hal ini tidak mengurangi fungsi dari komponen-komponen sehingga material yang digunakan tidak terbuang dengan percuma.

Dikutip dari: Ashby, Michael; Shercliff, Hugh; Cebon, David (2007), “Materials – Engineering, Science, Processing and Design”, Elsevier ISBN 0-7506-8391-0

## 2.7 Komponen

Dalam membuat suatu perancangan alat tentunya alat tersebut terbagi atas beberapa komponen utama yang kemudian dirakit menjadi satu bagian. Komponen adalah bagian dari keseluruhan. Maksudnya ialah komponen sebagai bagian – bagian atau part – part dari suatu rangkaian mesin keseluruhannya.

Sebagai contoh, misalnya salah satu komponen dari mobil yaitu terdapat pintu yang artinya pintu itu adalah salah satu bagian dari rangkaian mobil tersebut. Tentunya dalam setiap benda atau alat pasti memiliki komponen atau part - part atau bagian – bagiannya masing masing.

### 2.7.1 Motor Penggerak

Tenaga penggerak biasanya menggunakan motor listrik atau pun motor bakar. Dimana kedua motor tersebut mempunyai keuntungan dan kerugiannya masing - masing. Dimana keuntungan dan kerugiannya adalah :

a. Motor Listrik

Keuntungan :

- Getaran yang ditimbulkan halus
- Tidak menimbulkan suara yang bising

Kerugian :

- Tidak dapat dibawa kemana mana- mana
- Tergantung keadaan listrik



Gambar 2.26. Motor Listrik

Sumber: [ Lit 2, 2016 ]

Motor listrik ini berfungsi sebagai sumber energi ( daya ) mesin yang ditranmisikan melalui pulley dan sabuk. Dimana untuk menggerakan motor penggerak tersebut diperlukan sumber arus listrik.

Jika P adalah daya yang dibutuhkan untuk menggerakan poros, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam suatu perencanaan.

Untuk mencari daya motor listrik agar dapat menggerakan poros maka digunakan persamaan :

$$P = T \times \frac{\omega}{60} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$P$  = Daya yang dibutuhkan ( Watt )

$T$  = Torsi ( Nmm )

$n$  = Kecepatan ( rpm )

Jika faktor koreksi adalah  $f_c$ , maka daya yang direncanakan adalah :

$$P_d = f_c \cdot P ( w ) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

$P$  = Daya ( kw )

$f_c$  = Faktor koreksi

Tabel 2.1 Faktor – faktor koreksi daya yang akan ditranmisikan :

Daya yang ditranmisikan	$f_c$
Daya rata- rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

### 2.7.2 Pulley

*Pulley* adalah suatu peralatan mesin yang berfungsi untuk meneruskan putaran motor penggerak kebagian yang lain yang akan digerakan, mengatur kecepatan atau dapat mempercepat dan memperlambat putaran yang di perlukan dengan cara mengatur diameternya. *Pulley* digunakan untuk mentransmisikan daya dari suatu poros ke poros yang lain dengan perantara sabuk dan bisa juga untuk menurunkan putaran dari motor listrik dengan menggunakan perbandingan diameter *pulley* yang digunakan, perbandingan kecepatan merupakan kebalikan dari perbandingan diameter *pulley* secara vertikal. Untuk kontruksi ringan digunakan bahan dari panduan alumunium dan baja untuk kontruksi kecepatan sabuk tinggi.



Gambar 2.27. *Pulley*

Sumber : [ Lit 2, 2016 ]

*Pulley* biasanya di pasang pada sebuah poros, *pulley* tidak dapat bekerja sendiri. Maka dari itu dibutuhkan pula sebuah sabuk sebagai penerus putaran dari motor. Dalam penggunaan *pulley* kita harus mengetahui beberapa besar putaran yang akan kita gunakan serta menetapkan diameter dari salah satu *pulley* yang kita gunakan, *pulley* biasanya dibuat dari besi, baja dan alumunium.

a. *Cast iron pulley*

*Pulley* ini terbuat dari besi tuang kelabu sehingga harganya lebih murah *pulley* ini biasanya dibuat dengan alur sabuk di sekelilingnya. *Pulley* biasa juga dibuat dalam bentuk padat atau dengan bentuk yang memakai lengan atau jeruji.

b. *Stell pulleys*

*Pulley* ini terbuat dari baja yang diberi tekanan dan mempunyai kekuatan serta daya tahan yang besar. *Pulley* ini lebih ringan massanya dari *cast iron pulleys* dengan kapasitas dan bentuk yang sama apabila di gunakan dengan kecepatan tinggi.

c. *Wonder pulleys*

*Pulley* ini biasanya lebih ringan dan mempunyai koefisien gesek yang lebih tinggi dari *cast iron* dan *steel pulleys*. *Pulley* ini mempunyai berat  $\frac{2}{3}$  dari *cast iron pulleys* dengan ukuran yang sama.

Berikut adalah perhitungan rumus yang digunakan dalam perancangan pulley diantaranya yaitu:

a) Diameter lingkaran jarak bagi puli ( $d_1, d_2$ )

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} \dots \dots \dots (2.12)$$

Maka  $Dp = \dots$

Dimana:

$n_1$  = putaran motor penggerak (rpm)

$n_2$  = putaran poros kopling (rpm)

$d_1$  = diameter pulley yang digerakkan (mm)

$d_2$  = diameter pulley penggerak (mm)

$i$  = perbandingan

### 2.7.3 Belt

Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi putaran atau daya yang lain dapat diterapkan, di mana sebuah sabuk luwes atau rantai dibelitkan sekeliling *pulley* atau *sprocket* pada poros.

Transmisi dengan elemen mesin yang luwes dapat digolongkan atas transmisi sabuk, transmisi rantai, dan transmisi kabel atau tali. Dari macam – macam transmisi tersebut, kabel atau tali hanya dipakai untuk maksud khusus. Transmisi sabuk dapat dibagi atas tiga kelompok. Dalam kelompok pertama, sabuk rata dipasang pada puli silinder dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 10 meter dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 6/1. Dalam kelompok kedua, sabuk dengan penampang trapezium dipasang pada puli dengan alur dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 5 meter dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 7/1. Kelompok terakhir terdiri atas sabuk dengan gigi yang digerakkan dengan *sprocket* pada jarak pusat hingga mencapai 2 meter, dan meneruskan putaran secara tepat dengan perbandingan antara 1/1 sampai 6/1. Sabuk rata yang banyak ditulis dalam buku – buku lama belakangan ini pemakaiannya tidak seberapa luas lagi. Namun akhir – akhir ini dikembangkan sabuk rata untuk beberapa pemakaian khusus. Sebagian besar transmisi menggunakan sabuk V (*V belt*) karena mudah penanganannya dan

harganya yang relative murah. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 hingga 10 m/s pada umumnya, dan maksimal 25m/s. Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500kW.

Karena terjadi slip antara puli dan sabuk, sabuk V tidak dapat meneruskan putaran dengan perbandingan yang tepat. Dengan sabuk gilir transmisi dapat dilakukan dengan perbandingan putaran yang tepat seperti pada roda gigi. Karena itu sabuk gilir telah digunakan secara luas dalam *industry* mesin jahit, *computer*, mesin fotokopi, mesin listrik, dan sebagainya.

Dalam hal ini alat yang akan dibuat dirancang menggunakan *belt*. Alasannya adalah karena rangkaian dengan menggunakan *belt* tidak bising dan juga mesin ini tidak terlalu memiliki daya yang besar dalam artian *belt* masih mampu menopang beban yang ada. *Belt* adalah sebuah lingkaran bahan fleksibel yang digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih *shaft* secara mekanis, paling sering paralel. Sabuk dapat digunakan sebagai sumber gerak, untuk mengirimkan daya secara efisien, atau untuk melacak gerakan relatif.

Sifat penting dari sabuk yang perlu diperhatikan adalah perubahan bentuknya karena tekanan samping, dan ketahanannya terhadap panas. Bahan yang biasa dipakai adalah karet alam atau sintesis. Pada masa sekarang, telah banyak dipakai karet *neopron*. Sebagai inti untuk pemakaian inti *tetoron* semakin populer untuk memperbaiki sifat perubahan panjang sabuk karena kelembaban dan karena pembebanan. Secara logikanya *belt* adalah tali penghubung yang menghubungkan dua katrol antara benda penggerak dan yang digerakkan.

a) Kecepatan sabuk ( $v$ )

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana

$v$  = kecepatan puli (m/s)

$d$  = Diameter puli kecil (mm)

$n$  = putaran poros penggerak (rpm)

b) Panjang Keliling Sabuk(L)

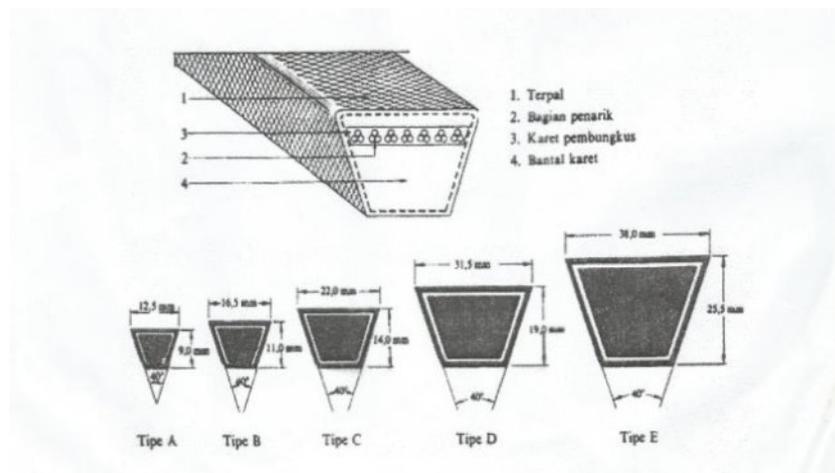
$$L = \pi (r_1 + r_2) + 2x + \left(\frac{r_2 - r_1}{x}\right)^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

c) Jarak sumbu poros (C)

$$C = \frac{L - \pi (r_1 + r_2)}{2} \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Maka  $b = 2L - 3,14 (r_1 + r_2)$

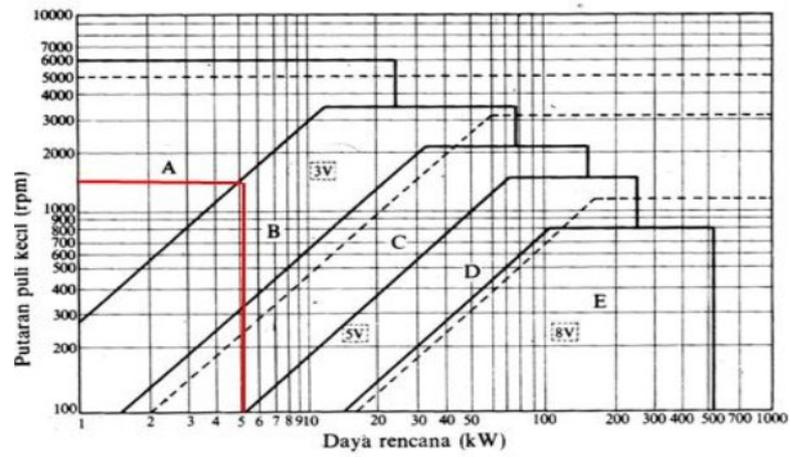
Ukuran dari tiap – tiap tipe sabuk – V dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.28 Ukuran penampang sabuk

(Sumber : [ Lit 1, 2016 ])

Diagram Pemilihan sabuk :



Gambar 2.29 Diagram pemilihan sabuk

(Sumber : [ Lit 1, 2016 ])

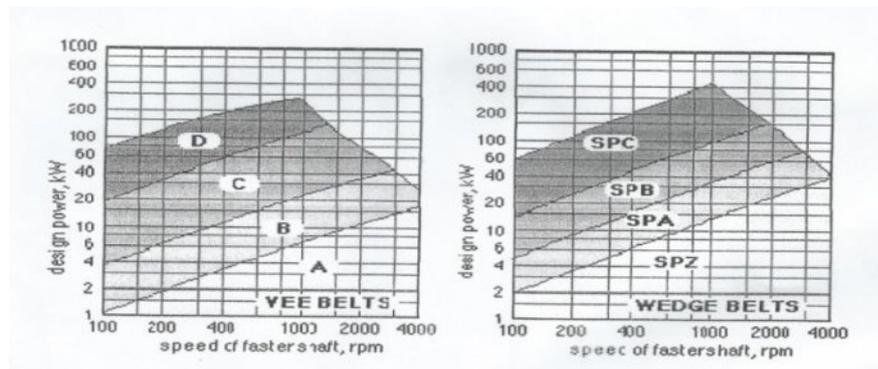
Mesin yang di gerakan		Penggerak					
		Momen puntir puncak 200%			Momen puntir puncak > 200%		
		Momen arus bolak - balik (momen normal sangkar bajing sinkron) motor searah (lilitan shunt).			Motor arus bolak - balik (momen tinggi, fasa tunggal lilitan seri), motor searah (lilitan komponen, lilitan seri) mesin torak, kopling tak tetap.		
		Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah Jam Kerja tiap hari		
		3 - 5 jam	8 - 10 jam	16 - 24 jam	3 - 5 jam	8 - 10 jam	16 - 24 jam
Variasi beban sangat kecil	Pengaduk zat cair, kipas angin, blower (sdampai 7,5 Kw) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan.	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Variasi beban kecil	Konveyor sabuk, (pasir, batu bara), pengaduk kipas angin (lebih dari 7,5 Kw) Mesin torak peluncur, mesin perkakas, mesin pencetak.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variasi beban sedang	Konveyor (ember sekrup), pompa torak, kompresor, gilingan palu, pengocok, roots blower, mesin tekstil, mesin kayu.	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Variasi beban besar	Penghancur gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet, ( rol kalender).	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
---------------------	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabel 2.2 Faktor Koreksi Transmisi Sabuk - V

(Sumber : [ Lit 8, 2016 ])

Untuk menentukan ukuran/tipe sabuk-V maka dapat menggunakan bantuan diagram karpet :



Gambar 2.30 Diagram Karpet

(Sumber : [ Lit 8, 2016 ])

Ukuran minimal puli driver dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Ukuran minimal puli *driver*

Jenis/tipe sabuk	Diameter pitch minimal (inc)
A	3,0
B	5,4
C	9,0
D	13,0
E	21,0

(Sumber : [ Lit 8, 2016 ])

Tidak seperti sabuk datar (*flat belt*) yang mempunyai panjang tertentu, panjang sabuk-V yang beredar di pasaran mempunyai panjang yang sudah tertentu. Panjang keliling sabuk-V pada tipe A, B, C, D, dan E dapat dilihat tabel di bawah.

#### 2.7.4 Poros

Perencanaan poros adalah suatu persoalan perencanaan dasar. Poros merupakan bagian yang terpenting dari suatu mesin yang berputar. Setiap bagian komponen mesin yang berputar, pasti terdapat poros yang berfungsi untuk memutar komponen tersebut. Jadi poros adalah komponen mesin yang berfungsi untuk memindahkan dan meneruskan putaran dari suatu bagian ke bagian lain dalam suatu mesin.

Berdasarkan bebanya poros dibedakan menjadi 3 yaitu: *shaft* (poros transmisi), *axle* ( gandar ), dan *spindle*. *Shaft* adalah poros yang biasanya menerima beban bengkok dan puntir sekaligus beban gabungan. Poros ini biasanya digunakan untuk memindahkan putaran, tetapi sekaligus juga untuk mendukung suatu beban. Sedangkan *axle* ( gandar ) adalah poros yang biasanya hanya menerima beban bengkok saja. Poros ini hanya mendukung beban. Misalnya poros pada roda kendaraan bermotor, atau poros roda becak / gerobak, dan lainnya. *Spindle* adalah poros yang hanya menerima beban puntir saja berarti poros ini hanya digunakan untuk memindahkan putaran saja. Poros seperti ini misalnya pada mesin- mesin perkakas ( mesin bubut, mesin frais dan sebagainya ).

Hal- hal penting dalam perencanaan poros :

a. Kekuatan Poros

Sebuah poros harus direncanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban-beban seperti beban tarik atau tekan, beban puntir atau lentur dan pengaruh tegangan lainnya.

b. Kekakuan poros

Meskipun kekuatan sebuah poros cukup tinggi namun jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidak telitian atau getaran dan suara. Oleh karena itu kekakuan poros haruslah diperhatikan.

c. Bahan poros

Alat ini di karenakan dalam penggunaannya untuk mendukung beban dan memindahkan putaran, biasanya poros ditumpu/ didukung bantalan yang berfungsi untuk membatasi gerakan dari poros tersebut. Sehingga bahan poros harus mempunyai kekuatan dan kekerasan yang memadai untuk itu, yaitu lebih kuat atau lebih keras dari bahan bantalan.

Terdapat bermacam- macam baja khusus yang digunakan sebagai komponen permesinan, misalnya baja AISI ( *American Iron and Steel Institute*), baja SAE ( *Society of Automotive Engineers* ), baja JIS ( *Japan Industrial Standard*), baja ASSAB ( *Associated Swedish Steel AB*), dan sebagainya.

Meskipun demikian, bahan ini kelurusannya agak kurang tetap dan dapat mengalami deformasi karena tegangan yang kurang seimbang. Misalnya bila diberi alur pasak, karena ada alur pasak didalam terasnya. Tetapi penarikan dingin membuat permukaan poros menjadi keras permukaanya dan kekuatannya bertambah besar.

Poros- yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan berat beban umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan terhadap kehausan. Beberapa diantaranya adalah baja *khrom* nikel, baja *khrom nikel molibden*, baja *khrom*, baja *khrom molibden* sekalipun demikian pemakaian baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasanya hanya putaran tinggi dan berat. Pada umumnya maha diklafikasikan atas baja lunak, baja liat, baja agak

keras, dan baja keras. Diantaranya, baja liat dan baja agak keras banyak dipilih untuk poros. Kandungan karbonnya adalah seperti yang tertera dalam tabel 2.4

Tabel 2.4 penggolongan baja secara umum

Golongan	Kadar C (%)
Baja lunak	< 0,15
Baja liat	0,2 – 0,3 %
Baja agak keras	0,3 – 0,5 %
Baja Keras	0,5 – 0,8 %
Baja sangat keras	0,8 – 0,12 %

(Sumber : [ Lit 8, 2016 ])

Didalam perencanaan ini, poros yang digunakan yaitu poros eksentrik, yang mana salah satu bagian stasioner yang berputar, biasanya berbentuk bulat dimana terpasang elemen- elemen seperti *pulley*, bantalan, pasak dan lain- lain. Poros biasanya akan mengalami beban puntir dan lentur. Beban puntir terjadi dikarenakan adanya torsi dari putaran motor. Sedangkan beban lentur terjadi akibat tegangan sabuk dan *pulley*.

d. Putaran kritis

Bila putaran suatu mesin lebih tinggi dari putaran kritisnya maka dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya.

e. Korosi

Bahan – bahan tahan korosi ( termasuk plastik ) harus dipilih untuk poros propeller dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian juga untuk poros - poros mesin yang sering berhenti lama.

Untuk menentukan poros ada beberapa tahap perhitungan dengan rumus – rumus sebagai berikut:

a) Menghitung daya rencana

$$D_p = K_f P \text{ (Kw)} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

$K_f$  = faktor koreksi

P = Daya nominal (Kw)

- b) Menghitung momen yang terjadi pada poros

$$T = 9,74 \times \frac{P}{n} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

T = momen poros (kg.mm)

$n$  = putaran poros (rpm)

- c) Gaya Tarik *belt* pada pembebanan poros

$$(T_1 - T_2) = \frac{T}{R} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

T = torsi motor listrik (kg.mm)

R = jari-jari *pulley* pada poros (mm)

- d) Mencari tegangan geser yang diizinkan

$$\tau = \frac{T}{J} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

$\tau$  = Tegangan geser yang diizinkan (kg/cm<sup>2</sup>)

$T$  = Kekuatan tarik (kg/cm<sup>2</sup>)

$J$  = Faktor keamanan

### 2.7.5 Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerak bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan dibuat untuk menerima beban radial murni, beban aksial murni, atau gabungan dari keduanya. 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 tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros.

1. Bantalan luncur (*journal/sliding bearing*).

Bantalan luncur adalah bantalan dimana bagian yang bergerak (berputar) dan yang diam melakukan persinggungan secara langsung. Bagian yang bergerak biasanya ujung poros yang juga disebut tap (*journal*). Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas. Bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban yang besar. Bantalan ini memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dibuat dan dipasang dengan mudah

2. Bantalan Gelinding (*Anti-friction bearing*).

Bantalan gelinding adalah bantalan dimana bagian yang bergerak dan yang diam tidak bersinggungan langsung, tapi terdapat perantara (media). Bila perantara berbentuk bola (*ball*) maka disebut *ball bearing*, tapi bila perantaranya berbentuk *roll*, maka disebut *roller bearing*. Keunggulan dari bantalan gelinding yaitu, gesekan yang terjadi pada saat berputar sangat rendah. Pelumasannya pun sangat sederhana, yaitu cukup dengan gemuk, bahkan pada jenis bantalan gelinding yang memakai sil sendiri tidak perlu pelumasan lagi.

3. Atas dasar arah beban terhadap poros.

a. Bantalan radial.

Pada bantalan ini arah beban yang ditumpu adalah tegak lurus sumbu poros

b. Bantalan aksial.

Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros

c. Bantalan gelinding khusus.

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros

## 4. Rumus dasar perhitungan.

Rumus perhitungan bantalan gelinding antara lain :

1) Beban ekuivalen dinamis ( $P_e$ ).

$$P_e = ((V \times X \times F_r) + (Y \times F_a)) \times K_s \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$P_e$  = beban ekuivalen dinamis (kg)

$X$  = faktor untuk beban radial

$Y$  = faktor untuk beban aksial

$F_a$  = beban aksial (kg)

$F_r$  = beban radial (kg)

$K_s$  = faktor koreksi

Untuk tekanan stabil dan merata = 1

Untuk tekanan beban ringan = 1,5

Untuk tekanan beban sedang = 2

Untuk tekanan beban berat = 2,5

$V$  = faktor pembebanan

Jika cincin dalam yang berputar = 1,2

Jika cincin luar yang berputar = 1

2) Faktor kecepatan ( $F_n$ ).

Untuk elemen gelinding bola (*ball bearing*)

$$F_n = \left( \frac{33,3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$F_n$  = faktor kecepatan

$n$  = putaran (*Rpm*)

Untuk elemen gelinding roll (*Roller bearing*)

$$F_n = \left( \frac{33,3}{n} \right)^{\frac{3}{10}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

$F_n$  = faktor kecepatan

$n$  = putaran (*Rpm*)

3) Faktor umur bantalan ( $F_h$ ).

$$F_h = F_n \left( \frac{C}{P_e} \right) \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

$F_h$  = faktor umur bantalan

$F_n$  = faktor kecepatan

$P_e$  = beban ekuivalen dinamis ( $K_g$ )

$C$  = beban nominal dinamis spesifik ( $K_g$ )

4) Umur nominal bantalan ( $L_h$ )

$$L_h = 500(F_h)^3 \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

$L_h$  = umur nominal bantalan

$Fh$  = faktor umur bantalan

### 2.7.6 Baut dan Mur

Baut dan mur berfungsi untuk mengikat antar rangka. Adapun jenis baut dan mur yang digunakan dalam konstruksi ini menggunakan bahan Fc35. Untuk menentukan jenis dan ukuran baut dan mur harus memperhatikan berbagai faktor seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, cara kerja mesin, kekuatan bahan, dan lain sebagainya. Adapun gaya – gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

1. Beban statis aksial murni
2. Beban aksial bersama beban puntir
3. Beban geser

Tegangan geser yang terjadi pada baut pengikat :

$$\tau = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

$\tau$  = tegangan geser ( N /  $\text{mm}^2$  )

F = beban ( N )

A = luas penampang baut (  $\text{mm}^2$  )

### 2.7.7 Rangka



Gambar 2.31 Square pipe

Sumber : [ Lit 1, 2016 ]

Untuk mencari bahan yang sesuai dengan tentu kita harus mengetahui terlebih dahulu berapa beban yang akan diterima oleh kerangka tersebut dan dapat mengetahui berapa beban yang diterima di setiap kaki, sehingga nantinya dapat menopang benda dengan aman.

a). Menghitung berat kerangka

Rangka berfungsi sebagai tempat dudukan dari rangkaian alat yang akan digunakan. Berat rangka dalam keadaan normal tanpa beban adalah :

$$W = V \cdot \rho$$

$$V = p \cdot l \cdot t \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :  $W$  = Berat kerangka (kg)

$V$  = volume kerangka (cm<sup>3</sup>)

$p$  = panjang kerangka (cm)

$l$  = lebar kerangka (cm)

$t$  = tinggi kerangka (cm)

b). Titik Berat Benda

Titik berat benda merupakan pusat massa benda dimana benda akan berada dalam keseimbangan rotasi

Rumus titik berat benda dengan  $f_i$  = gaya yang terjadi dititik  $i$ ,  $x_i$  = jarak sumbu x dititik  $i$ , dan  $y_i$  = jarak sumbu y dititik  $i$  :

- Untuk sumbu x:

$$x = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

- Untuk sumbu y:

$$y = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

- Resultan sumbu x dan sumbu y:

$$R = \sqrt{\sum x_i^2 + \sum y_i^2}$$

- Arah R terhadap  $f_i$  .  $y_i$ :

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i R}$$

## 2.8 Proses Permesinan

Pada proses perancangan alat ini dibutuhkan proses pembuatan beberapa komponen alat yaitu :

### 2.8.1 Perhitungan Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan salah satu jenis mesin perkakas. Prinsip kerja pada proses *turning* atau lebih dikenal dengan proses bubut adalah proses penghilangan bagian dari benda kerja untuk memperoleh bentuk tertentu. Disini benda kerja akan diputar / rotasi dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relative dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan (*feeding*).

a. Rumus perhitungan mesin.

$$N = \frac{V_c}{\pi d} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

$V_c$  = kecepatan potong ( m / menit )

$d$  = diameter benda kerja ( mm )

$N$  = banyak putaran ( rpm )

b. Rumus pemakanan memanjang

$$T_m = \frac{L}{S_r} \dots\dots\dots(2.28)$$

c. Rumus pemakanan melintang

$$T_m = \frac{L}{S_r} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

$T_m$  = waktu pengerjaan ( menit )

$L$  = panjang benda kerja yang dibubut (mm )

$S_r$  = kedalaman pemakanan ( mm / putaran )

$N$  = kecepatan putaran mesin (rpm)

$r$  = jari – jari benda kerja

## 2.8.2 Perhitungan Mesin bor

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakan yang memutar alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan).Sedangkan pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor dan memiliki fungsi untuk membuat lubang,membuat lubang bertingkat, membesarkan lubang, *chamfer*.

a. Rumus perhitungan putaran mesin

$$N = \frac{V_c}{\pi d} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

$V_c$  = kecepatan potong ( m / menit )

$d$  = diameter benda kerja ( mm )

$N$  = banyak putaran ( rpm )

b. Rumus perhitungan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{S_r} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

$T_m$  = waktu pengerjaan ( menit )

$L$  = kedalaman pengeboran ( mm )

$S_r$  = ketebalan pemakanan ( mm / putaran )

Kemudian hitung total waktu pengerjaan yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan alat ini dengan rumus :

$$T_{total} = \sum T_{m_{bubut}} + \sum T_{m_{bor}} + \text{Waktu assembly}$$