

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

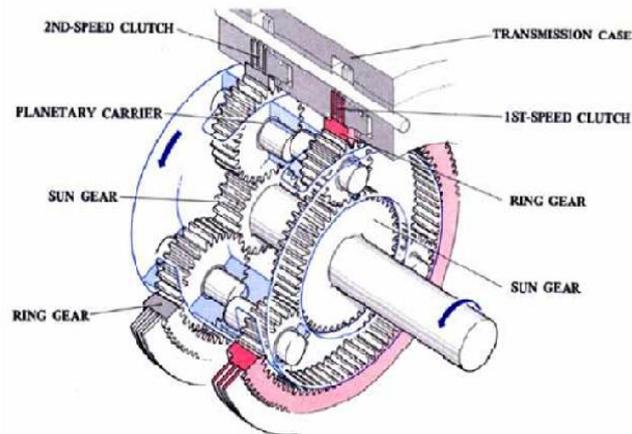
#### **2.1 *Torqflow Transmission***

*Torqflow transmission* adalah merupakan alat pemindah tenaga yang menggunakan fluida dalam hal ini oli sebagai pengontrolnya. *Torqflow transmission* berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak, maju atau mundur dan pada alat berat yang tak kalah pentingnya adalah untuk meningkatkan torsi dengan cara mereduksi putarannya melalui perbandingan jumlah gigi-giginya pada transmisi.

Pemasangan *Torqflow transmission* biasanya dipasang bersama *torque converter* apabila tanpa *torque converter* biasanya disebut *hidroshift transmission*. *Torqflow transmission* juga dinamakan *powershift transmission*. Sedangkan keuntungan dari alat ini adalah untuk meningkatkan efektivitas pengoperasian kenyamanan dan lain-lain yang akhirnya akan mempengaruhi produktivitas alat. Pada Komatsu dipakai tipe *power shift transmission Planetary Gear System*. (Sumber : Lit.1)

##### **2.1.1 *Planetary Gear System***

*Planetary gear system* terdiri dari tiga elemen, yaitu: *Sun gear*, *Carrier* dan *Ring gear*. Apabila mencoba untuk memutar dua elemen dari ketiganya atau satu diputar sedangkan satu lagi ditahan maka akan menghasilkan putaran yang bervariasi pada elemen *outputnya*, lebih cepat atau lebih lambat, maju atau mundur. *Speed ratio* dari gear penggerak dengan gear yang digerakkan adalah tergantung jumlah gigi dari masing-masing *gear*. Kebanyakan pemakaian dari *planetary gear system* terdapat pada *transmission system* yang mana untuk kecepatan putar dan arah putar dari *input* dapat diubah bervariasi dalam berbagai tingkatan pada *planetary gear system*.



Gambar 2.1 *Planetary Gear*

Sumber:lit.1

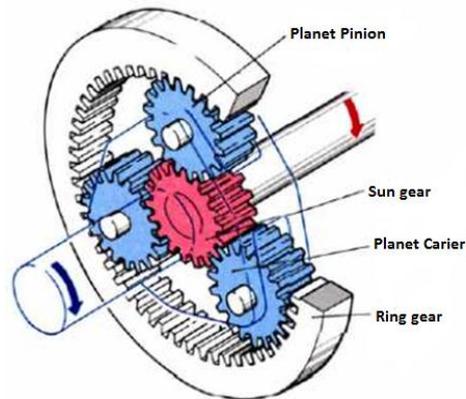
*Input shaft* dihubungkan dengan *planetary carrier* (untuk lebih singkat selanjutnya disebut *carrier* ), sedangkan *output shaft* dihubungkan dengan *sun gear*. Ketika kedua *ring gear* ditahan diam tak berputar (dengan cara meng-engage-kan *clutch* yaitu mengikat *ring gear* dengan *case*). Maka *sun gear* yang selanjutnya sebagai *output* : akan mendapat tenaga putar dari *input*.

Dikarenakan adanya perbedaan jumlah gigi dari kedua *sun gear* (lihat gambar) maka apabila *clutch* untuk *speed 2* di-engage-kan, *output* putarannya akan lebih cepat daripada *clutch* untuk *speed 1* yang di-engage-kan. (Sumber : Lit.1)

### 2.1.2 **Macam -macam *Planetary Gear System***

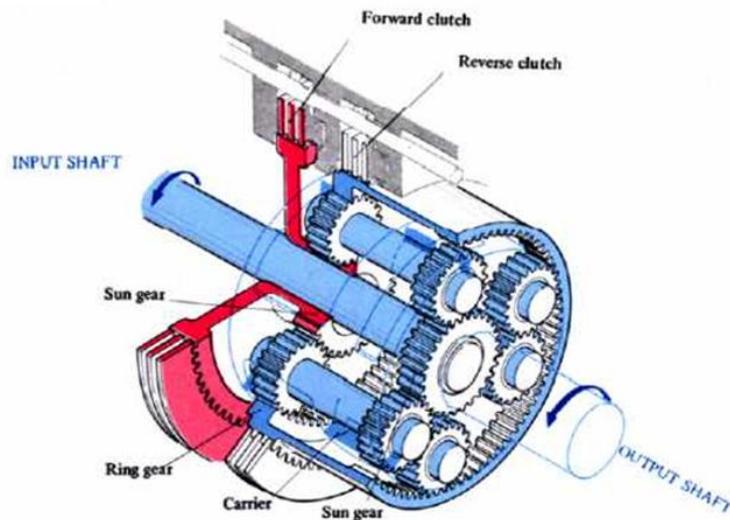
Terdapat 2 macam *planetary gear system* :

a. *Single Pinion Type*



Gambar 2.2 *Planetary Gear Single Pinion*

Sumber:lit.1



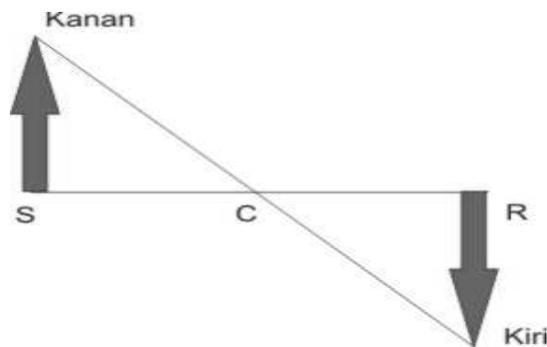
Gambar 2.3 Prinsip Kerja *Planetary Gear*

Sumber:lit.1

Apabila *carrier* ditahan, *ring gear* akan berputar berlawanan arah terhadap *sun gear* ketika sedang berputar. Ini salah satu aplikasi pada *planetary gear transmission* untuk mendapatkan posisi gerak mundur ( *Reverse* ). Yaitu dengan cara menahan *carriernya*, apabila sebagai input adalah *sun gear*

berputar ke kanan dan sebagai outputnya *ring gear* maka *ring gear* akan berputar ke kiri. (Sumber : Lit.1)

- Cara menentukan arah putaran pada *planetary single pinion*



Gambar 2.4 Arah Putaran *Planetary Gear Single Pinion*

Sumber:Lit.1

S = *Sun Gear*

C = *Carrier*

R = *Ring Gear*

Apabila *sun gear* kita putar ke arah kanan, sedangkan *carrier*-nya kita paksa untuk diam atau ditahan, maka *ring gear* nantinya akan berputar ke kiri. Cara melihatnya adalah seperti gambar disamping, pertama kita buat S, C dan R segaris. Kemudian, kita tarik keatas untuk S-nya untuk menunjukkan putaran kanan dan C ditahan (tanpa garis). Setelah itu, kita tarik garis lurus antara S dan memotong titik C sampai ke arah R. Kemudian bisa kita lihat, jika kita tarik garis tegak di titik R, maka garis tersebut akan mengarah ke bawah. Hal ini menunjukkan bahwa hasil putaran R adalah ke kiri atau berlawanan dengan S-nya. (Sumber : Lit.1)

- Menghitung *speed ratio* untuk tipe *single pinion*

Untuk menghitung *speed ratio* pada *single pinion* dapat digunakan rumus

$$(S \times N_s) + (R \times N_r) = (S + R) N_c \dots \dots \dots (1, \text{Lit.1})$$

Dimana :

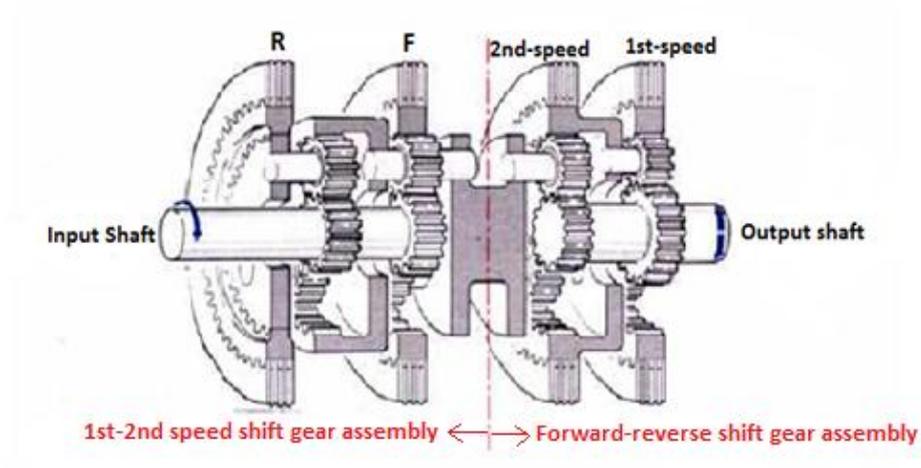
$S$  = jumlah gigi *sun gear*

$R$  = jumlah gigi *ring gear*

$N_s$  = jumlah putaran *sun gear*

$N_r$  = jumlah putaran *ring gear*

$N_c$  = jumlah putaran *carrier*

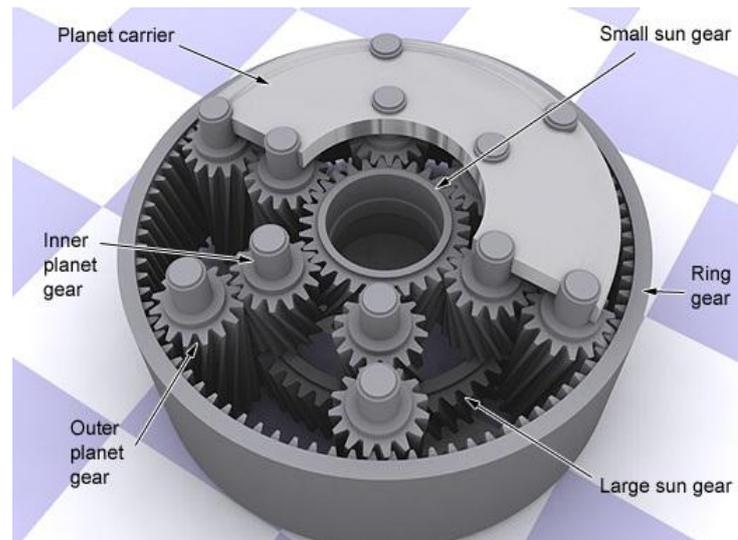


Gambar 2.5 Skematik *Speed Ratio* Untuk *Single Pinion*

Sumber:lit.1

b. *Double Pinions Type*

Pada *planetary gear double pinions* apabila *carrier* ditahan maka *sun gear* dan *ring gear* akan searah putarannya. Namun apabila *ring gear* yang ditahan *carrier* akan berputar berlawanan dengan arah *sun gear*. Aplikasi dari *planetary gear system* seperti ini digunakan untuk gerak mundur ( *reverse* ). yaitu *sun gear* sebagai *input* putaran berputar ke kanan, *carrier* sebagai *output* akan berputar ke kiri apabila *ring gear*nya ditahan.



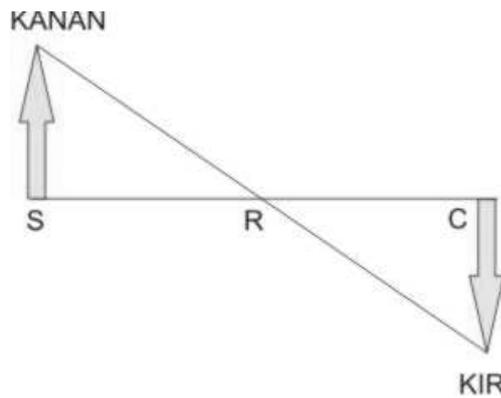
Gambar 2.6 *Double Pinions Type*  
Sumber:lit.7

Keterangan :

Pada gambar menunjukkan *double*, yang mana mempunyai 3 pasang *pinion* (6 buah). Pada sistem ini apabila *carrier* ditahan maka *sun gear* dan *ring gear* akan searah putarannya. Namun apabila *ring gear* yang ditahan akibatnya *carrier* akan berlawanan dengan *sun gear*. Aplikasi dari *planetary gear system* seperti digunakan untuk gerak mundur (*reverse*). Yaitu *sun gear* sebagai input putaran berputar ke kanan, *carrier* sebagai *output* akan berputar ke kiri apabila *ring gear*nya ditahan.

- Cara Menentukan Arah Putaran :

Apabila *sun gear* diputar kekanan (KA), *ring gear* ditahan, maka arah *carrier* adalah kekiri (KI). Jadi putaran *input sun gear* akan berlawanan dengan putaran *output Carrier*.



Gambar 2.7 Arah Putaran *Planetary Gear*

Sumber: Lit.1

Untuk Menghitung *Speed Ratio Double Pinions*

$$(R \times N_r) - (S \times N_s) = (R - S) \cdot N_c \quad \dots\dots\dots (2, \text{Lit.1})$$

Dimana

S = jumlah gigi *sun gear*

R = jumlah gigi *ring gear*

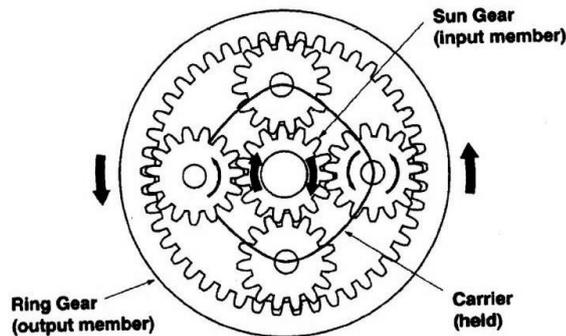
N<sub>s</sub> = jumlah putaran *sun gear*

N<sub>r</sub> = jumlah putaran *ring gear*

N<sub>c</sub> = jumlah putaran *carrier*

- **Gerak Mundur ( *Reverse Drive* )**

Ketika *carrier* diam dan roda gigi yang lain adalah sebagai *input*, roda gigi *output* akan berputar dalam arah berkebalikan. Dengan *carrier* diam, ketika *sun gear* berputar searah jarum jam, roda gigi *pinion* dan *ring gear* digerakan dalam arah berkebalikan (berlawanan arah jarum jam).

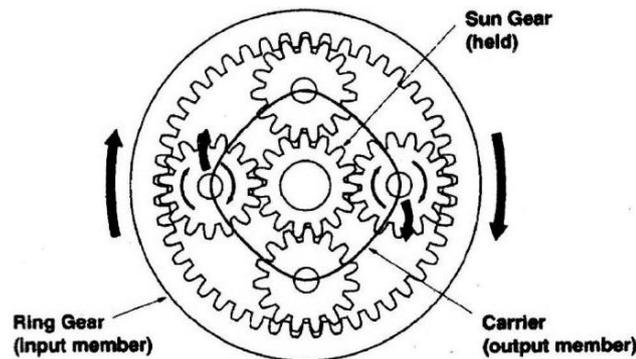


Gambar 2.8 Gerak Mundur (*Revers Drive*)

Sumber:lit.1

- **Gerak Maju (*Forward Drive*)**

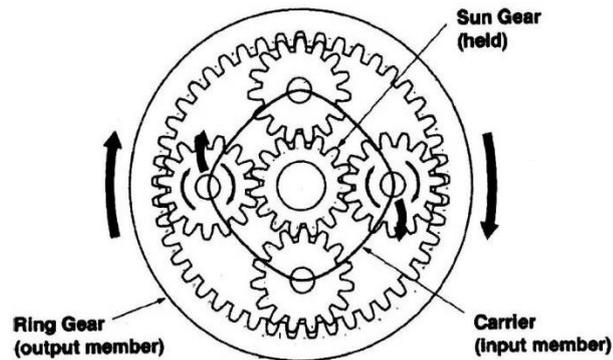
Ketika *Ring gear* atau *Sun gear* ditahan dalam sebuah posisi yang tetap, dan anggota-anggota yang lain sebagai *input*, arah putaran roda gigi *output* selalau sama dengan arah putaran *input*. Ketika *Ring gear* berputar searah jarum jam (*clock wise*), roda gigi *pinion* berjalan searah jarum jam di sekeliling roda gigi *sun gear* yang diam. Akibatnya *carrier* berputar pada kecepatan yang diperlambat (kecepatan menurun).



Gambar 2.9 Mekanisme Reduksi pada *Planetary Gear*

Sumber:lit.1

Ketika *carrier* berputar searah jarum jam (*clock wise*), roda gigi *pinion* menyebabkan *Ring gear* berputar searah jarum jam dan dipercepat pada kecepatan yang lebih besar dari pada kecepatan *carrier*.



Gambar 2.10 Mekanisme *overdrive* pada *planetary gear*  
Sumber:lit.1

### 2.1.3 Kelebihan dan kekurangan *planetary gear system*

Kelebihan dari *planetary gear system*, adalah pemindahan kecepatan dengan cara yang sederhana yaitu cukup membuat *engage* dan *disengage clutch*nya. Karena semua *gear* sudah saling berhubungan satu sama lain ( contoh *constantmesh* ). Hal ini dapat mengurangi kebisingan dari hubungan roda giginya pada waktu *shifting*.

Apabila kita ingin *clutch engage* menahan *ring gear*. Berarti kita harus mengirimkan *oil pressure* dari *control valve* untuk mendorong piston menekan *disc* dan *plate*. *Disc* dan *plate* tertekan akibatnya *ring gear* dan *case* akan tertahan putarannya. Akibatnya *ring gear* akan tertahan putarannya. Untuk *release*, kita alihkan *oil pressure*nya kembali ke *control valve* / tanki, sehingga piston akan kembali ke posisi semula dibantu dengan adanya *return spring*.

Kekurangan dari *planetary gear* sistem tidak cocok untuk kecepatan tinggi karena *planetary gear* memiliki torsi yang besar. Harga dari *planetary gear* yang lumayan mahal juga menjadi kendala dalam hal pemilihan sistem transmisi dan juga susunan dari *planetary* yang cukup rumit sehingga membutuhkan tingkat presisi yang tinggi agar setiap gerakan bisa bersinggungan. (Sumber : Lit.1)

## 2.2 Roda gigi

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Roda gigi sering

digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya, selain itu roda gigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu :

- Sistem transmisinya lebih sederhana, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
- Sistem yang sama sehingga konstruksinya sederhana.
- Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.
- Kecepatan transmisi roda gigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar.

Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Di samping itu terdapat pula roda gigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus. Dalam teori, roda gigi pada umumnya dianggap sebagai benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk dalam jangka waktu lama.

### 2.2.1 Macam-macam Roda Gigi

#### 1. Menurut arah putaran

Menurut arah putarannya, roda gigi dapat dibedakan atas :

- Roda gigi luar ; arah putarannya berlawanan.
- Roda gigi dalam dan *pinion* ; arah putarannya sama.

#### 2. Menurut bentuk jalur gigi

Berdasarkan bentuk jalur giginya, roda gigi dapat dibedakan atas :

##### a. Roda gigi Lurus

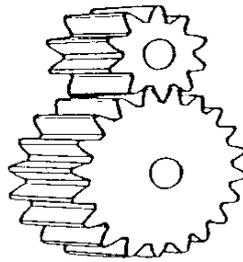
Roda gigi lurus digunakan untuk poros yang sejajar atau paralel. Dibandingkan dengan jenis roda gigi yang lain roda gigi lurus ini paling mudah

dalam proses pengerjaannya (*machining*) sehingga harganya lebih murah. Roda gigi lurus ini cocok digunakan pada sistim transmisi yang gaya kelilingnya besar, karena tidak menimbulkan gaya aksial.

Jenis-jenis roda gigi lurus antara lain :

- Roda gigi lurus (*external gearing*)

Roda gigi lurus (*external gearing*), pasangan roda gigi lurus ini digunakan untuk menaikkan atau menurunkan putaran dalam arah yang berlawanan.



Gambar 2.11 Roda gigi Lurus Luar

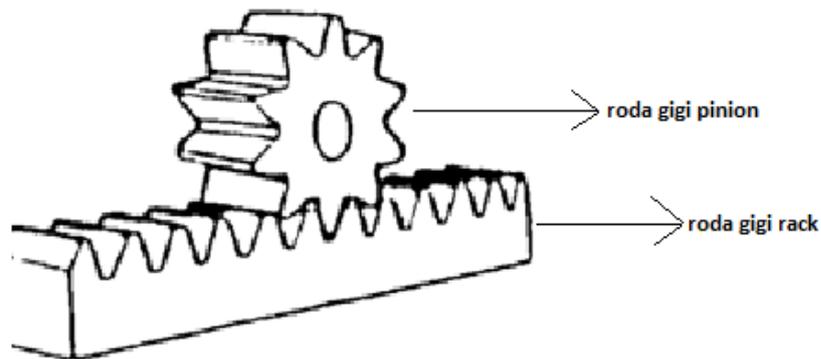
Sumber:lit.4

- Roda gigi dalam (*internal gearing*)

Roda gigi dalam dipakai jika diinginkan alat transmisi yang berukuran kecil dengan perbandingan reduksi besar.

- Roda gigi Rack dan Pinion

Roda gigi Rack dan Pinion berupa pasangan antara batang gigi dan *pinion* roda gigi jenis ini digunakan untuk merubah gerakan putar menjadi lurus atau sebaliknya.

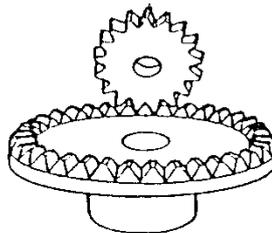


Gambar 2.12 Roda gigi *Rack* dan *Pinion*

Sumber:lit.4

- Roda gigi permukaan

Roda gigi lurus permukaan memiliki dua sumbu saling berpotongan dengan sudut sebesar  $90^\circ$ .



Gambar 2.13 Roda gigi Permukaan

Sumber:lit.4

b. Roda gigi Miring

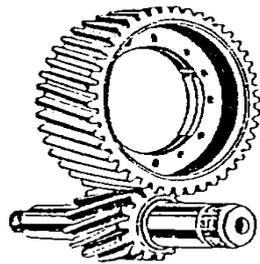
Roda gigi miring kriterianya hampir sama dengan roda gigi lurus, tetapi dalam pengoperasiannya roda gigi miring lebih lembut dan tingkat kebisingannya rendah dengan perkontakan antara gigi lebih dari 1.

Ciri-ciri roda gigi miring adalah :

1. Arah gigi membentuk sudut terhadap sumbu poros.

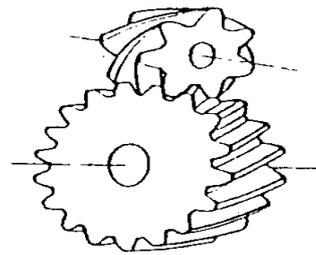
2. Distribusi beban sepanjang garis kontak tidak *uniform*.
3. Kemampuan pembebanan lebih besar dari pada roda gigi lurus.
4. Gaya aksial lebih besar sehingga memerlukan bantalan aksial dan roda gigi yang kokoh.

Jenis-jenis roda gigi miring antara lain :



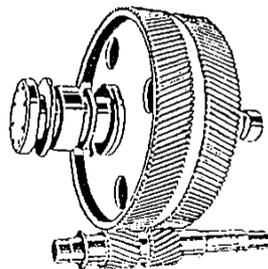
Gambar 2.14 Roda gigi Miring Biasa.

Sumber:lit.4



Gambar 2.15 Roda gigi Miring Silang.

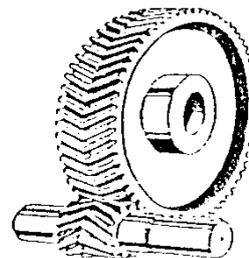
Sumber:lit.4



Gambar 2.16

Roda Gigi Miring Ganda

Sumber:lit.4

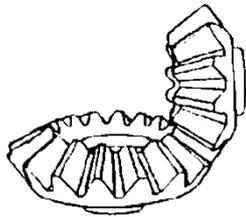


Gambar 2.17

Roda gigi Ganda Bersambung

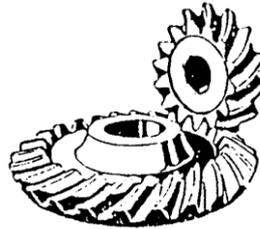
Sumber:lit.4

### C. Roda gigi Kerucut



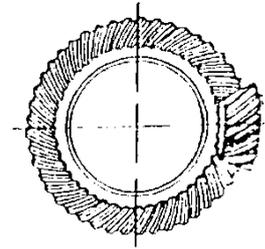
Gambar 2.18  
Roda gigi Kerucut Lurus

Sumber:lit.4



Gambar 2.19  
Roda gigi Kerucut

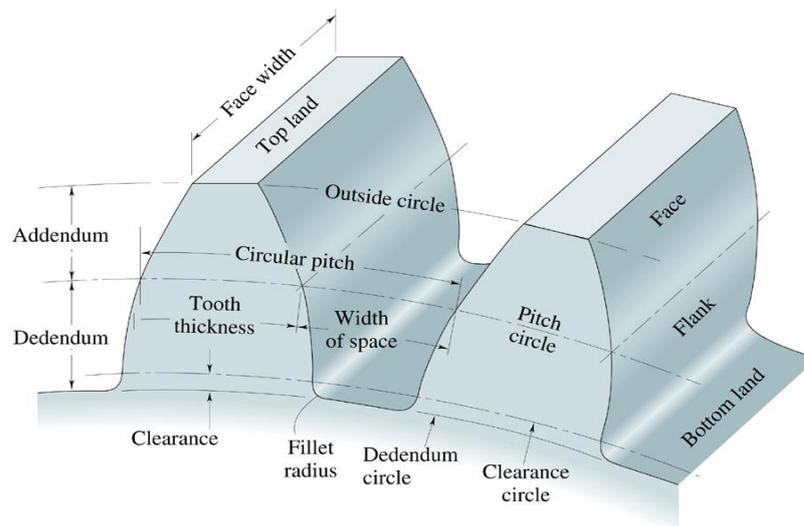
Sumber:lit.4



Gambar 2.20  
Miring Roda gigi Kerucut Spiral

Sumber:lit.4

### 2.2.2 Nama-nama Bagian Roda Gigi



Gambar 2.21 Bagian-bagian dari roda gigi kerucut lurus

Sumber:lit.9

Berikut beberapa buah istilah yang perlu diketahui dalam perancangan roda gigi yang perlu diketahui yaitu Lingkaran puncak (*pitch circle*) . Lingkaran

khayal yang menggelinding tanpa terjadinya slip. Lingkaran ini merupakan dasar untuk memberikan ukuran-ukuran gigi seperti tebal gigi, jarak antara gigi dan lain-lain.

1. *Pinion*

Roda gigi yang lebih kecil dalam suatu pasangan roda gigi.

2. Diameter lingkaran *pitch* (*pitch circle diameter*)

Merupakan diameter dari lingkaran *pitch*.

3. Diametral *Pitch*

Adalah perbandingan antara jumlah gigi pada roda gigi dengan diameter puncak.

4. Jarak lengkung puncak (*circular pitch*)

Jarak sepanjang lingkaran *pitch* antara profil dua gigi yang berdekatan atau keliling lingkaran *pitch* dibagi dengan jumlah gigi.

5. Modul (*module*)

perbandingan antara diameter lingkaran *pitch* dengan jumlah gigi.

6. Adendum (*addendum*)

Jarak antara lingkaran kepala dengan lingkaran *pitch* dengan lingkaran *pitch* diukur dalam arah radial.

7. Dedendum (*dedendum*)

Jarak antara lingkaran *pitch* dengan lingkaran kaki yang diukur dalam arah radial.

8. *Working Depth*

Jumlah jari-jari lingkaran kepala dari sepasang roda gigi yang berkontak dikurangi dengan jarak poros.

10. *Clearance Circle*

Lingkaran yang bersinggungan dengan lingkaran *addendum* dari gigi yang berpasangan.

11. *Pitch point*

Titik singgung dari lingkaran *pitch* dari sepasang roda gigi yang berkontak yang juga merupakan titik potong antara garis kerja dan garis pusat.

12. *Operating pitch circle*

lingkaran-lingkaran singgung dari sepasang rodagigi yang berkontak dan jarak porosnya menyimpang dari jarak poros yang secara teoritis benar.

13. *Addendum circle*

Lingkaran kepala gigi yaitu lingkaran yang membatasi gigi.

14. *Dedendum circle*

Lingkaran kaki gigi yaitu lingkaran yang membatasi kaki gigi.

15. *Width of space*

Tebal ruang antara rodagigi diukur sepanjang lingkaran *pitch*.

16. Sudut tekan (*pressure angle*)

Sudut yang dibentuk dari garis normal dengan kemiringan dari sisi kepala gigi.

17. Kedalaman total (*total depth*)

Jumlah dari *adendum* dan *dedendum*.

18. Tebal gigi (*tooth thickness*)

Lebar gigi diukur sepanjang lingkaran *pitch*.

19. Lebar ruang (*tooth space*)

Ukuran ruang antara dua gigi sepanjang lingkaran *pitch*

20. Backlash

Selisih antara tebal gigi dengan lebar ruang.

21. Sisi kepala (*face of tooth*)

Permukaan gigi diatas lingkaran *pitch*

22. Sisi kaki (*flank of tooth*)

Permukaan gigi dibawah lingkaran *pitch*.

23. Puncak kepala (*top land*)

Permukaan di puncak gigi

24. Lebar gigi (*face width*)

Kedalaman gigi diukur sejajar sumbunya.

### 2.2.3 Rumus Perhitungan Roda Gigi

1. Modul

$$M = \frac{D}{Z} \quad (3, \text{Lit.5,1992})$$

2. Diameter luar

$$Da = (Z + 2)M \quad (4, \text{Lit.5,1992})$$

3. Putaran tuas kepala pembagi

$$Nc = \frac{I}{Z} \quad (5, \text{Lit.5,1992})$$

Dimana

M = Modul gigi

Z = Jumlah gigi

D = Diameter pitch

I = Perbandingan jumlah gigi

## 2.3 Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dan setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros.

### 2.3.1 Macam – macam Poros

Poros untuk meneruskan daya dikasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut:

1. Poros Transmisi

Poros macam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sproket rantai.

2. Spindel

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

3. Gandar

Poros seperti yang dipasang di antara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar, disebut gandar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga. (Sumber : Lit:5,1992)

### **2.3.2 Hal Penting Dalam Perencanaan Poros**

Untuk merencanakan sebuah poros, hal-hal berikut ini perlu diperhatikan.

1. Kekuatan poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur atau gabungan antara puntir dan lentur seperti telah diutarakan di atas. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan seperti poros baling-baling kapal atau turbin.

2. Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup tetapi jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidak-telitian (pada mesin perkakas) atau getaran dan suara (misalnya pada turbin dan kotak roda gigi).

Karena itu, disamping kekuatan poros, kekakuannya juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan dilayani poros tersebut.

### 3. Putaran Kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terja yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik, dll., dan dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa hingga putaran kerjanya lebih rendah dan putaran kritisnya.

### 4. Korosi

Bahan – bahan tahan korosi (termasuk plastik) harus dipilih untuk poros propeller dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian pula untuk poros-poros yang terancam kavitasi, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama. Sampai batas-batas tertentu dapat pula dilakukan perlindungan terhadap korosi.

### 5. Bahan Poros

Poros untuk mesin umum biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan S-C) yang dihasilkan dan ingat yang di-"kill" (baja yang dideoksidasikan dengan ferrosilikon dan dicor; kadar karbon terjamin. (Sumber: Lit.5,1992)

Rumus untuk mengetahui tegangan bengkok yang terjadi pada poros

$$\sigma_b = \frac{MT}{W_b} \quad (6, \text{Lit.5.1992})$$

Dengan

$\delta_b$  = tegangan bengkok ( $\text{N/mm}^2$ )

MT = momen kombinasi (Nmm)

$W_b$  = momen tahanan bending ( $\text{mm}^3$ )

## 2.4 Motor Listrik

Motor listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak yang digunakan untuk menggerakkan poros input dari *planetary gear*. Penggunaan dari motor listrik ini disesuaikan dengan kebutuhan daya dari input *planetary gear* tersebut, Jika  $n_1$  (rpm) adalah putaran dari motor listrik dan T (Nm) adalah torsi pada motor listrik, maka besarnya daya P (kW) yang diperlukan untuk menggerakkan sistem yaitu:

$$P = F \times \frac{\pi DN}{60} \dots\dots\dots (7, \text{Lit.4.2011})$$

dengan P = Daya Motor Listrik (Watt)

F = Gaya total (N)

N = Putaran motor listrik (rpm)

D = Diameter (m)

## 2.5 Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yan poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus aman dan umur pemakaiannya. 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. (Sumber : Lit.5,1992)

Tabel 2.1 Umur Bantalan (Sumber : Lit.5)

Umur Lh	2000-4000 (jam)	5000-15000 (jam)	20000-30000 (jam)	40000-60000 (jam)
	Pemakaian Jarang	Pemakaian sebentar-sebentar (tidak terus menerus)	Pemakaian terus menerus	Pemakaian terus menerus dengan keandalan tinggi
Faktor beban $f_w$				

1 - 1,1	Kerja halus tanpa tumbukan	Aliran listrik rumah tangga, sepeda	Konveyer, Mesin pengangkat, Lift, Tangga jalan	Pompa, Poros transmisi, Separator, pengayak, mesin perkakas, Pres putar, Seperator Sentrifugal, Sentrifus pemumi gula, Motor Listriks	Poros transmisi utama yang memegang peranan penting, Motor – motor listrik yang penting
1,1 – 1,3	Kerja biasa	Mesin pertanian gerinda tangan	Otomobil, mesin jahit	Motor kecil, roda meja, pemegang pinion, Roda gigi reduksi, Kereta rel	Pompa penguras, Mesin pabrik kertas, Rol kalender, Kipas angin, Kran, penggiling bola, Motor utama kereta rel listrik
1,2 – 1,5	Kerja dengan geratan atau tumbukan		Alat – alat besar, unit roda gigi dengan getaran besar, Rolling mill	Penggetar, Penghancur	

### 2.5.1 Klasifikasi Bantalan

Bantalan diklasifikasikan antara lain :

1. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros, yaitu :
  - a. Bantalan luncur : Terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan (permukaannya ditumpu lapisan pelumas).
  - b. Bantalan Gelinding , terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam dengan perantara lemen gelinding ,seperti : Bola, rol, jarum.
2. Berdasarkan Beban terhadap poros.

- a. Bantalan radial : Beban tegak lurus sumbu poros
- b. Bantalan Aksial : Beban Sejajar/searah sumbu poros
- c. Bantalan Gelinding Khusus : Arah beban sejajar dan tegak lurus sumbu poros

## 2.6 Proses Pengelasan

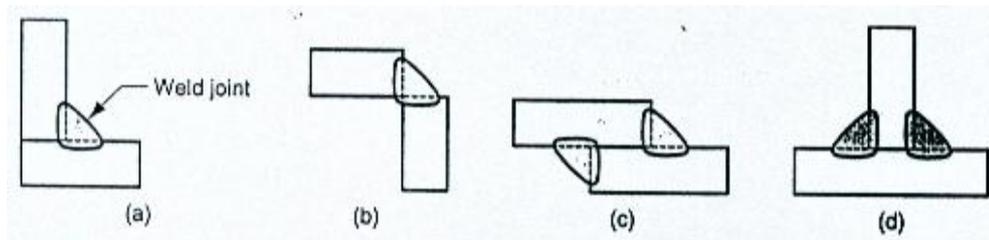
Dalam proses pengelasan rangka, jenis las yang digunakan adalah las listrik DC dengan pertimbangan akan mendapatkan sambungan las yang kuat. Pada dasarnya instalasi pengelasan busur logam terdiri dari bagian-bagian penting sebagai berikut :

- a. Sumber daya, yang bisa berupa arus bolak balik (ac) atau arus searah (dc).
- b. Kabel timbel las dan pemegang elektroda.
- c. Kabel balik las (bukan timbel hubungan ke tanah) dan penjepit.
- d. Hubungan ke tanah.

### 2.6.1 Jenis – Jenis Las

Setiap jenis sambungan yang disebutkan di atas dapat dibuat dengan pengelasan. Proses penyambungan yang lain dapat juga digunakan, tetapi pengelasan merupakan metode penyambungan yang paling universal. Berdasarkan geometrinya, las-an dapat dikelompokkan sebagai berikut (Dasar – Dasar Pengelasan, W Kenyon, 1994) :

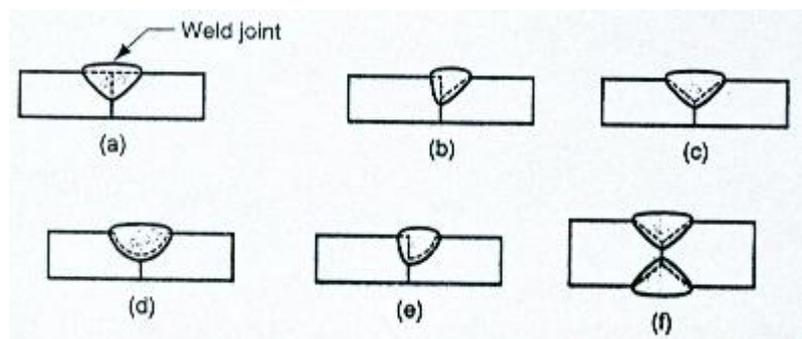
- Las-an jalur (*fillet weld*); digunakan untuk mengisi tepi pelat pada sambungan sudut, sambungan tumpang, dan sambungan T dalam gambar 12.3. Logam pengisi digunakan untuk menyambung sisi melintang bagian yang membentuk segitiga siku-siku;



Gambar 2.22 Beberapa Bentuk Las-an Jalur

Sumber : Lit.6

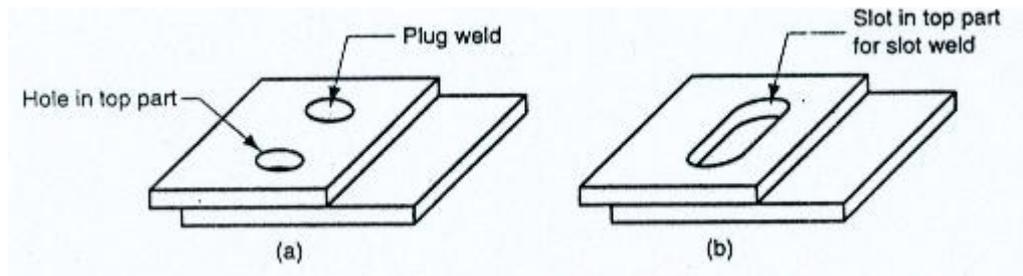
- Las-an alur (*groove welds*); ujung bagian yang akan disambung dibuat alur dalam bentuk persegi, serong (*bevel*), V, U, dan J pada sisi tunggal atau ganda, seperti dapat dilihat dalam gambar 12.4. Logam pengisi digunakan untuk mengisi sambungan, yang biasanya dilakukan dengan pengelasan busur dan pengelasan gas;



Gambar 2.23 Beberapa Bentuk Las-an Alur

Sumber : Lit.6

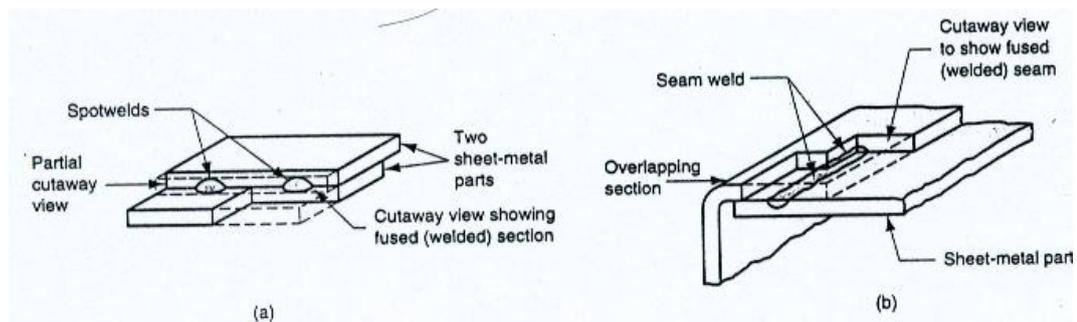
- Las-an sumbat dan las-an slot (*plug and slot welds*); digunakan untuk menyambung pelat datar seperti dapat dilihat dalam gambar 12.5, dengan membuat satu lubang atau lebih atau slot pada bagian pelat yang diletakkan paling atas, dan kemudian mengisi lubang tersebut dengan logam pengisi sehingga kedua bagian pelat melumer menjadi satu;



Gambar 2.24 (a) Las-an sumbat dan (b) las-an slot

Sumber : Lit.6

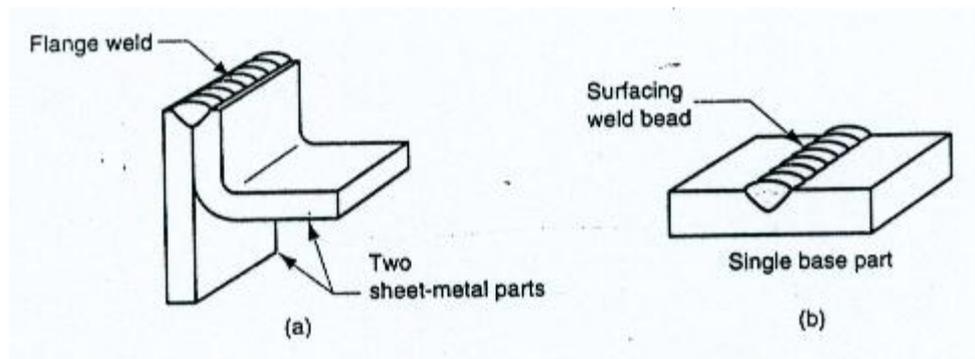
- Las-an titik dan las-an kampuh (*spot and seam welds*); digunakan untuk sambungan tumpang seperti dapat dilihat dalam gambar 12.6. Las-an titik adalah manik las yang kecil antara permukaan lembaran atau pelat. Las-an titik diperoleh dari hasil pengelasan resistansi listrik. Las-an kampuh hampir sama dengan las-an titik, tetapi las-an kampuh lebih kontinu dibandingkan dengan las-an titik.



Gambar 2.25 (a) Las-an titik dan (b) las-an kampuh

Sumber : Lit.6

- Las-an lekuk dan las-an rata (*flange and surfacing welds*); ditunjukkan dalam gambar 12.7. Las-an lekuk dibuat pada ujung dua atau lebih bagian yang akan disambung, biasanya merupakan lembaran logam atau pelat tipis, paling sedikit satu bagian ditekuk (gambar 12.7a). Las-an datar tidak digunakan untuk menyambung bagian benda, tetapi merupakan lapisan penyangkang (ganjal) logam pada permukaan bagian dasar.



Gambar 2.26 (a) Las-an lekuk dan (b) las-an rata

Sumber : Lit.6

### 2.6.2 Rumus Perhitungan Las

- Menentukan luas penampang las :

$$A = t (2b + 2l) \quad \dots\dots\dots(8, \text{Lit.6,2011})$$

- Tegangan geser Las :

$$\tau = \frac{P}{A} \quad \dots\dots\dots .(6 \text{ Lit.6,2011})$$

- Momen lentur las :

$$M = P \times e \quad \dots\dots\dots .(10, \text{Lit.6,2011})$$

- Tegangan lentur :

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots(11, \text{Lit.6,2011})$$

- Section Modulus :

$$Z = t \left( b \cdot l + \frac{b^2}{2} \right) \quad \dots\dots\dots(12, \text{Lit.6,2011})$$

- Tegangan geser maksimal :

$$\tau_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4 \tau^2} \quad \dots\dots\dots(13, \text{Lit.6,2011})$$

Keterangan :

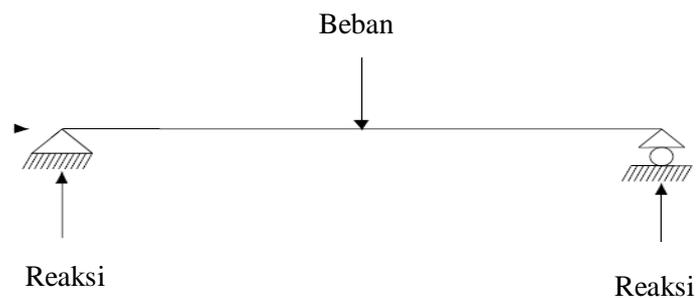
A : luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  : beban (N)  
 $e$  : jarak las dengan beban (mm)  
 $z$  : seksion modulus ( $\text{mm}^3$ )  
 $\sigma_b$  : tegangan lentur ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )  
 $Z$  : section modulus ( $\text{mm}^3$ )  
 $l$  : Lebar luar pelat (mm)  
 $b$  : tinggi dalam pelat (mm)  
 $s$  : lebar gerigi las (mm)

## 2.7 Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang sebuah statika dari suatu beban terhadap gaya - gaya dan juga beban yang mungkin ada pada bahan tersebut. dalam ilmu statika keberadaan gaya - gaya yang mempengaruhi sistem menjadi suatu objek tinjauan utama. sedangkan dalam perhitungan kekuatan rangka, gaya - gaya yang diperhitungkan adalah gaya luar dan gaya dalam.



Gambar 2.27 Sketsa prinsip statika keseimbangan

(Sumber : Lit.4)

Jadi beban dapat dibagi menjadi :

1. Beban dinamis adalah beban yang besar atau arahnya berubah terhadap waktu.
2. Beban statis adalah beban yang besar atau arahnya tidak berubah terhadap waktu.
3. Beban terpusat adalah beban yang berkerja pada suatu titik.

4. Beban terbagi adalah beban yang terbagi merata sama pada setiap satuan luas.
5. Beban momen adalah hasil gaya dengan jarak antara gaya dengan titik yang di tinjau.
6. Beban torsi adalah beban akibat puntiran.

### 2.7.1 Gaya Luar

Adalah beban yang di akibatkan oleh beban yang berasal dari luar sistem yang umumnya menciptakan kesetabilan konstruksi. Gaya luar dapat berupa gaya vertikal, horizontal dan momen puntir. pada persamaan statis tertentu untuk menghitung besarnya gaya yang berkerja harus memenuhi syarat dari kesetimbangan :

$$\Sigma F_x = 0 \quad \dots\dots\dots(14, \text{Lit.5,1992})$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad \dots\dots\dots(15, \text{Lit.5,1992})$$

$$\Sigma M = 0 \quad \dots\dots\dots(16, \text{Lit.5,1992})$$

### 2.7.2 Gaya dalam

Gaya dalam adalah gaya yang berkerja di dalam konstruksi sebagai reaksi terhadap gaya luar.

Gaya dalam dapat dibedakan menjadi :

1. Gaya Normal (Normal force ) adalah gaya yang berkerja dengan sumbu batang.
2. Gaya lintang/geser adalah gaya yang berkerja tegak lurus dengan batang.
3. Momen Lentur (Momen bending).

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \leq \sigma_b \text{izin} \quad \dots\dots\dots (17, \text{Lit.5,1992})$$

Dimana

$\sigma_b$  = tegangan bending yang terjadi (N/mm<sup>2</sup>)

$M_b$  = momen bending yang terjadi (Nmm)

$W_b$  = momen tahanan bending (mm<sup>3</sup>)

$\sigma_b$  izin = tegangan bending izin dari bahan (N/mm<sup>2</sup>)

$$W_b = \frac{I_x}{R} \dots\dots\dots(18, \text{Lit.5, 1992})$$

Dimana

$I_x$  = momen inersia ( $\text{mm}^4$ )

R = Resultan ( $\text{mm}^3$ )

## **2.8 Sabuk**

### **2.8.1 Pengertian Sabuk**

Sabuk digunakan untuk menghantarkan daya dari suatu poros ke poros lainnya dengan menggunakan puli yang memutar dengan kecepatan yang sama atau berbeda. Penggerak sabuk digunakan bila kecepatan rotasi relatif tinggi, seperti pada pengurang kecepatan tingkat pertama dari motor atau mesin. Pada kecepatan rendah, tegangan dalam sabuk menjadi sangat besar terutama untuk jenis gaya sentrifugal dan vibrasi akan mengurangi keefektifan dan umur pakainya. Jumlah daya yang dapat ditransmisikannya tergantung pada faktor-faktor berikut ini :

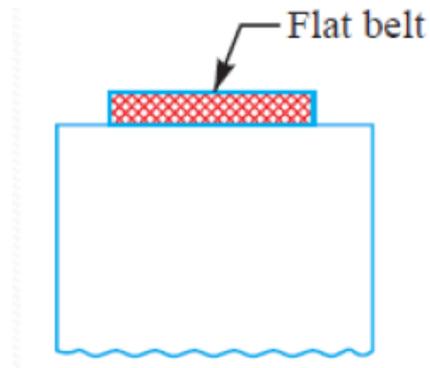
- Kecepatan sabuk
- Tegangan sabuk yang ditempatkan pada puli
- Busur kontak antara sabuk dan puli terkecil
- Kondisi dimana sabuk digunakan. (Sumber : Lit.4)

### **2.8.2 Jenis-Jenis Sabuk**

Walaupun banyak jenis sabuk yang digunakan saat ini, berikut ini adalah beberapa diantaranya :

- Sabuk datar

Sabuk datar kebanyakan digunakan di pabrik atau di bengkel untuk mentransmisikan daya yang sedang, dengan jarak puli-puli lebih dari 10 m jauhnya.

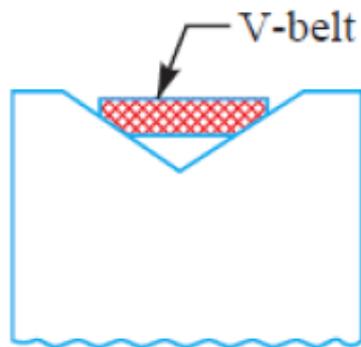


Gambar 2.28 Sabuk Datar

(Sumber : Lit.4)

➤ Sabuk V

Sabuk V kebanyakan digunakan di pabrik atau di bengkel untuk mentransmisikan daya yang besar, dengan jarak puli-puli sangat dekat

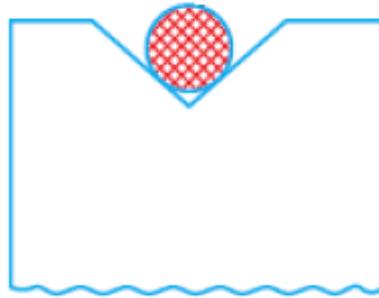


Gambar 2.29 Sabuk V

(Sumber : Lit.4)

➤ Sabuk bulat atau tali

Sabuk bulat atau tali biasanya digunakan di pabrik atau di bengkel, untuk mentransmisikan daya yang besar, dengan jarak puli-puli lebih dari 5 m.



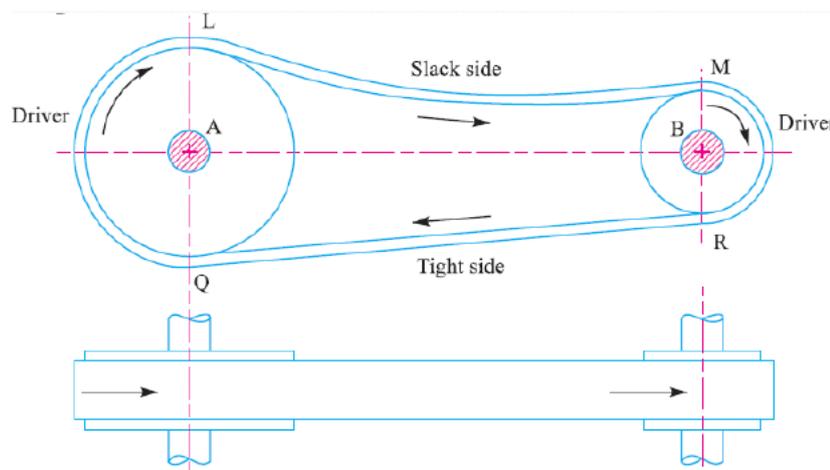
Gambar 2.30 Sabuk Bulat atau Tali

(Sumber : Lit.4)

### 2.8.3 Jenis-Jenis Penggerak Sabuk

#### a. Penggerak sabuk terbuka

Penggerak sabuk terbuka digunakan dengan poros yang sejajar dan berputar pada arah yang sama. Bila jarak pusat antara kedua poros besar, kemudian sisi kencang sabuk adalah di bagian bawah.

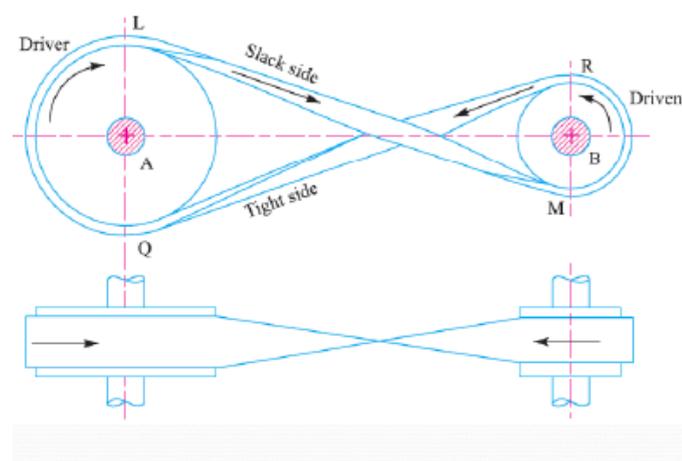


Gambar 2.31 Penggerak Sabuk Terbuka

(Sumber : Lit.4)

b. Penggerak sabuk tertutup silang

Penggerak pada sabuk ini digunakan pada poros yang diatur sejajar dan berputar pada arah yang berlawanan. Pada bagian yang bersilangan, sabuk bergesek satu sama lain dan akan ada koyak dan aus yang berlebihan. Untuk menghindari ini poros ditempatkan pada jarak maksimal  $20b$  dimana  $b$  adalah lebar sabuk dan kecepatan sabuk sebaiknya kurang dari 14 m/det.

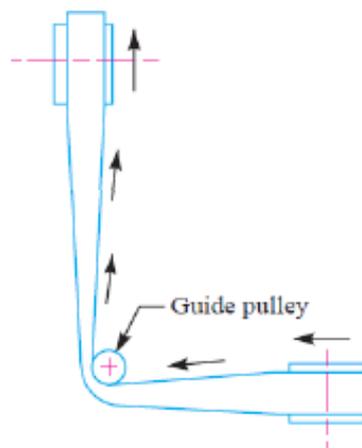


Gambar 2.32 Penggerak Sabuk Tertutup Silang

(Sumber : Lit.4)

c. Penggerak sabuk bersilang seperempat

Penggerak ini digunakan pada poros yang diatur bersudut siku dan berputar pada arah tertentu. Untuk mencegah sabuk keluar dari puli, lebar puli sebaiknya lebih besar atau sama  $1,4b$  dimana  $b$  adalah lebar sabuk.

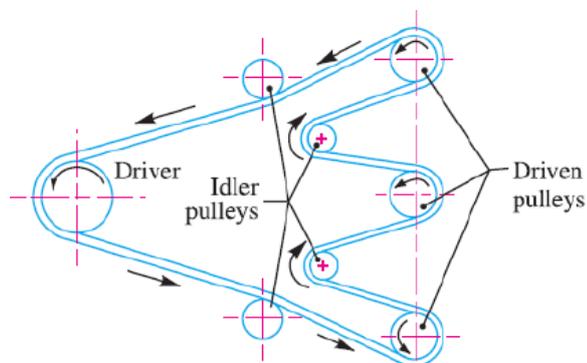


Gambar 2.33 Penggerak Sabuk Bersilang Seperempat

(Sumber : Lit.4)

d. Penggerak sabuk dengan puli pengarah

Putaran sabuk dengan puli pengarah digunakan pada poros-poros yang diatur paralel dan saat sabuk terbuka tidak bisa digunakan karena sudut kontak yang kecil pada puli yang lebih kecil. Jenis penggerak sabuk ini digunakan untuk memperoleh rasio kecepatan yang tinggi dan jika tegangan sabuk yang diinginkan tidak dapat diperoleh dengan alat lain. Bila diinginkan mentransmisikan gerakan dari satu poros ke beberapa poros lainnya, semua disusun secara paralel.



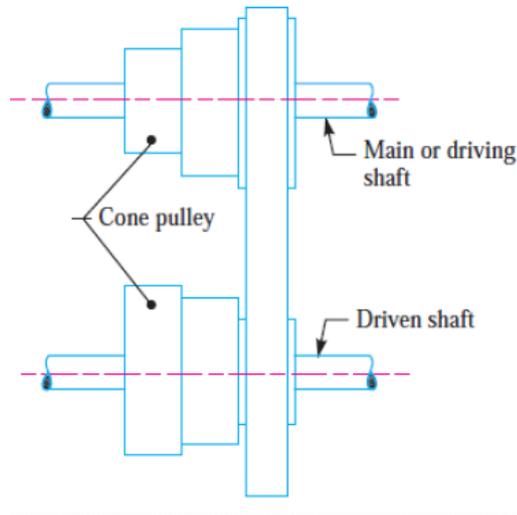
Gambar 2.34 Penggerak Sabuk Dengan Puli Pengarah

(Sumber : Lit.4)

e. Penggerak sabuk kerucut atau bertingkat

Penggerak puli bertingkat atau kerucut digunakan untuk mengubah kecepatan poros yang digerakan sementara poros utama atau yang menggerakkan berputar

pada kecepatan konstan. Hal ini dilakukan dengan menggeser sabuk dari satu bagian tingkatan ke tingkat yang lainnya.

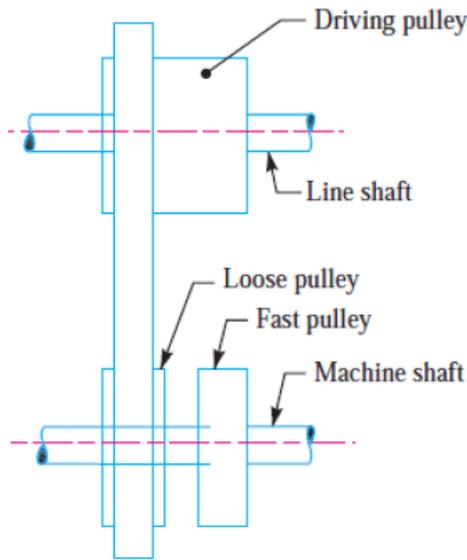


Gambar 2.35 Penggerak Sabuk Kerucut Atau Bertingkat

(Sumber : Lit.4)

f. Penggerak sabuk cepat dan lambat

Digunakan bila poros mesin atau yang berputar harus dimulai atau dihentikan kapanpun diinginkan tanpa mengganggu poros pemutar. Puli yang disatukan/dipasak dengan poros mesin dinamakan puli cepat dan berputar pada kecepatan yang sama dengan poros mesin. Puli yang lambat/kendor berputar bebas melalui poros mesin dan tidak mentransmisikan daya. Bila poros yang digerakan harus berhenti, sabuk didorong puli lambat/kendor dengan menggunakan batang peluncur yang mempunyai garpu-garpu sabuk.



Gambar 2.36 Penggerak Sabuk Cepat dan Lambat  
(Sumber : Lit.4)

**2.8.4 Rumus Perhitungan Sabuk**

a. Rasio kecepatan penggerak sabuk

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{d_1}{d_2} \dots\dots\dots(19,Lit.4,2011)$$

- Dengan  $d_1$  = diameter Penggerak (cm)
- $d_2$  = diameter yang digerakkan (cm)
- $N_1$  = kecepatan pemutar (rpm)
- $N_2$  = kecepatan yang diputar (rpm)

b. Menghitung panjang sabuk

➤ Panjang sabuk terbuka

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{1}{4.C}(d_2 - d_1)^2 \dots\dots\dots (20,Lit.4,2011)$$

- Dengan  $L$  = Panjang total sabuk (mm)
- $d_1$  = diameter puli penggerak (mm)
- $d_2$  = diameter puli yang digerakkan (mm)
- $C$  = jarak antara pusat kedua puli (mm)

➤ Panjang sabuk menyilang

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{1}{4.C}(d_2 + d_1)^2 \dots\dots\dots (21, \text{Lit.4,2011})$$

Dengan        L = Panjang total sabuk (mm)  
                   d<sub>1</sub> = diameter puli penggerak (mm)  
                   d<sub>2</sub> = diameter puli yang digerakkan (mm)  
                   C = jarak antara pusat kedua puli (mm)

c. Kecepatan pada sabuk

$$V = \frac{\pi x d_1 x N}{60 x 1000} \dots\dots\dots (22, \text{lit.5,1992})$$

Dengan        d<sub>1</sub> = radius puli terbesar (mm)  
                   N = Kecepatan penggerak (rpm)  
                   V = kecepatan sabuk (m/det)

d. Mencari jarak sumbu poros

$$C = \frac{\sqrt{b + \sqrt{b^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}}{8} \dots\dots\dots (23, \text{Lit:5,1992})$$

e. Daya yang dihantarkan oleh sabuk

$$P = (T_1 - T_2) x V \dots\dots\dots(24, \text{Lit.4,2011})$$

Dengan        P = Daya Transmisi (watt)  
                   T<sub>1</sub> = tegangan pada sisi kencang (N)  
                   T<sub>2</sub> = tegangan pada sisi kendur (N)  
                   V = kecepatan pada sabuk (m/detik)

f. Untuk menentukan kekuatan sabuk

$$2,3 \text{ Log } \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta \text{ cosec } \alpha \dots\dots (25, \text{Lit:5,1992})$$

Dimana

T<sub>1</sub> = gaya sabuk kencang (N)  
 T<sub>2</sub> = gaya sabuk kendur (N)  
 μ = koefisien gesek antara sabuk dan puli (0,3)  
 θ = sudut kontak antara sabuk dan puli  
 α = sudut alur V puli  
 σ = kekuatan tarik bahan sabuk

## 2.9 Proses Permesinan

Proses permesinan adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan elemen-elemen mesin, yang meliputi proses kerja mesin dan waktu pemasangan. Pada umumnya mesin-mesin perkakas mempunyai bagian utama sebagai berikut :

- a. Motor penggerak (sumber tenaga).
- b. Kotak transmisi (roda-roda gigi pengatur putaran).
- c. Pemegang benda kerja.
- d. Pemegang pahat/alat potong.

Macam-macam gerak yang terdapat pada mesin perkakas sebagai berikut :

- a. Gerak utama (gerak pengirisan).

Adalah gerak yang menyebabkan mengirisnya alat pengiris pada benda kerja. Gerak utama dapat dibagi :

1. Gerak utama berputar

Misalnya pada mesin bubut, mesin frais, dan mesin *drill*. Mesin perkakas dengan gerak utama berputar biasanya mempunyai gerak pemakanan yang kontinyu.

2. Gerak utama lurus

Misalnya pada mesin sekrup. Mesin perkakas dengan gerak utama lurus biasanya mempunyai gerak pemakanan yang periodik.

- b. Gerak pemakanan.

Gerak yang memindahkan benda kerja atau pahat tegak lurus pada gerak utama.

- c. Gerak penyetelan.

Menyetel atau mengatur tebal tipisnya pemakanan, mengatur dalamnya pahat masuk dalam benda kerja.

Adapun macam-macam mesin perkakas yang digunakan antar lain:

1. Mesin bubut

Prinsip kerja mesin bubut adalah benda kerja yang berputar dan pahat yang menyayat baik memanjang maupun melintang. Benda kerja yang dapat dikerjakan pada mesin bubut adalah benda kerja yang silindris, sedangkan macam-macam pekerjaan yang dapat dikerjakan dengan mesin ini adalah antara lain :

- Pembubutan memanjang dan melintang
- Pengeboran
- Pembubutan dalam atau memperbesar lubang
- Membubut ulir luar dan dalam

Perhitungan waktu kerja mesin bubut adalah:

1. Kecepatan pemotongan (v).

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (26, \text{Lit:5,1992})$$

dimana :

d = Diameter benda kerja (mm).

n = Kecepatan putaran (rpm).

v = Kecepatan potong (m/menit)

2. Pemakanan memanjang.

$$n = \frac{V \times 1000}{\pi \cdot d} \quad (27, \text{Lit:5,1992})$$

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n} \quad (28, \text{Lit:5,1992})$$

dimana :

$T_m$  = waktu permesinan memanjang (menit)

L = panjang pemakanan (mm)

S = pemakanan (mm/putar)

N = putaran mesin (rpm)

d = diameter benda kerja (mm)

v = kecepatan pemakanan (m/menit)

3. Pada pembubutan melintang

waktu permesinan yang dibutuhkan pada waktu pembubutan melintang adalah :

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n} \quad (29, \text{Lit:5,1992})$$

Dimana :

$r$  = Jari-jari bahan (mm)

## 2. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk membuat lubang (*drilling*) serta memperbesar lubang (*boring*) pada benda kerja. Jenis mesin bor adalah sebagai berikut :

- Mesin Bor Tembak
- Mesin Bor vertical
- Mesin Bor Horizontal

Pahat bor memiliki dua sisi potong, proses pemotongan dilakukan dengan cara berputar. Putaran tersebut dapat disesuaikan atau diatur sesuai dengan bahan pahat bor dan bahan benda kerja yang dibor. Gerakan pemakanan pahat bor terhadap benda kerja dilakukan dengan menurunkan pahat hingga menyayat benda kerja.

## 3. Mesin Frais (Milling)

Proses permesinan frais (milling) adalah Proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak dengan mengintari pisau ini bisa menghasilkan proses permesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut dan melengkung. Terjadinya penyayatan dan pemotongan dengan kedalaman yang disesuaikan karena alat potong yang berputar dan gigi potong yang menyentuh permukaan benda kerja yang dijepit pada ragum meja, dan menghasilkan benda produksi sesuai benda kerja yang dikehendaki (Scharkus dan Jutzs, 1996).

Rumus Kecepatan Potong :

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (30, \text{Lit.5, 1992})$$

Dimana :  $V$  = kecepatan Potong (m/menit)

$d$  = diameter pisau (mm)

$n$  = putaran spindel (menit)