

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Prinsip Kerja Alat

Mesin pengupas kulit kopi menggunakan sistem transmisi berupa *pulley*, *belt*, *sprocket*, dan rantai. Mesin pengupas kulit kopi ini akan bekerja ketika motor bensin dihidupkan, kemudian motor bensin akan memutar *pulley*. Gerak putar dari motor bensin ditransmisikan dari *pulley* penggerak ke *pulley* pengupas yang terpasang pada poros dengan menggunakan *belt* untuk memutar *roll* pengupas. *Roll* pengupas akan berputar maka kopi siap untuk dimasukkan ke dalam *hopper*, kemudian biji kopi diarahkan dan diurai oleh *roll input* agar biji kopi yang masuk dapat teratur. *Roll input* menggunakan gerak putar yg ditransmisikan dari poros pengupas oleh *sprocket* dan rantai. Kopi akan menuju pengupasan dan keluar melalui saluran *output*. *Output* dari mesin pengupas kulit kopi ini berupa kulit kopi dan biji kopi pada saluran pengeluaran yang berbeda.

2.2 Karakteristik Kopi

Kopi adalah minuman hasil seduhan biji kopi yang telah disangrai dan dihaluskan menjadi bubuk¹. Kopi merupakan salah satu komoditas di dunia yang dibudidayakan lebih dari 50 negara. Dua varietas pohon kopi yang dikenal secara

¹ Webster M. 2010 "Coffee Definition". Diakses pada 5 Mei 2018

umum di Indonesia yaitu kopi robusta (*coffea canephora*) dan kopi arabika (*coffea arabica*).

Tanaman kopi memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom	:	<i>Plantae</i>
Ordo	:	<i>Gentianales</i>
Famili	:	<i>Rubiaceae</i>
Subfamili	:	<i>Ixoroideae</i>
Bangsa	:	<i>Coffeae</i>
Genus	:	<i>Coffea</i>

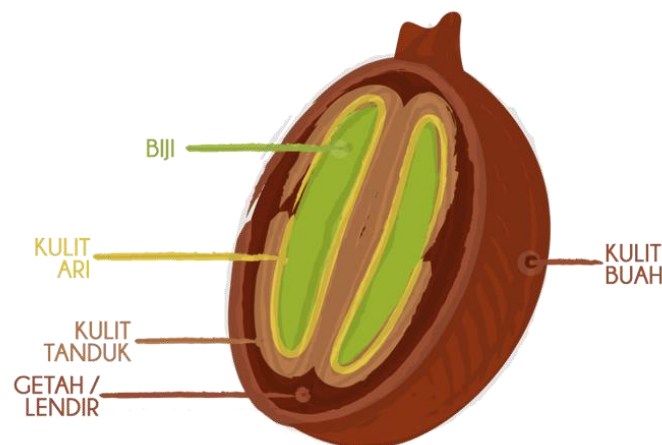
Sejarah mencatat bahwa penemuan kopi sebagai minuman berkhasiat dan berenergi pertama kali ditemukan oleh Bangsa Etiopia di benua Afrika sekitar 3000 tahun (1000 SM) yang lalu. Kopi kemudian terus berkembang hingga saat ini menjadi salah satu minuman paling populer di dunia yang dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat. Indonesia sendiri telah mampu memproduksi lebih dari 400 ribu ton kopi per tahunnya. Disamping rasa dan aromanya yang menarik, kopi juga dapat menurunkan risiko terkena penyakit kanker, diabetes, batu empedu, dan berbagai penyakit jantung (*kardiovaskuler*) karena memiliki kandungan gizi yang baik bagi tubuh. Berikut kandungan gizi yang terdapat pada kopi:

Informasi Gizi

Ukuran Porsi: 1 cangkir (240 ml)	:	per porsi
Kalori	:	2 kal

Lemak	:	0,05 g
Kolesterol	:	0 mg
Protein	:	0,28 g
Karbohidrat	:	0,09 g
Serat	:	0 g
Gula	:	0 g
Sodium	:	5 mg
Kalium	:	111 mg.

Kesimpulannya terdapat 2 kal dalam kopi (1 cangkir)².



Gambar 2. 1 Bagian-bagian biji kopi

Pemrosesan kopi sebelum dapat diminum, melalui proses panjang yaitu dari pemanenan biji kopi yang telah matang baik dengan cara mesin maupun dengan tangan kemudian dilakukan pengupasan biji kopi dan pengeringan sebelum menjadi kopi gelondong. Proses selanjutnya yaitu penyangraian dengan tingkat derajat yang

² <https://www.fatsecret.co.id/kalori-gizi/umum/kopi>. Diakses pada 5 Mei 2018

bervariasi. Setelah penyangraian biji kopi digiling atau dihaluskan menjadi bubuk kopi sebelum kopi dapat diminum.

Pengupasan kulit kopi adalah proses memisahkan antara kulit buah dengan biji kopi yang ada di dalamnya. Dipanen dan dipilih biji-biji kopi yang berkualitas, kemudian dilakukan pengupasan pada biji kopi basah. Mesin pengupas kulit kopi ini adalah mesin yang digunakan untuk membantu dalam proses pengolahan kopi basah.

Memahami apa yang terjadi selama proses pengupasan kopi, tentunya kita harus mengetahui dulu anatomi dasar buah kopi sebagai berikut:

a.) Kulit buah (*pulp*)

Di bagian luar, biji kopi terbungkus kulit tipis yang berwarna merah ketika matang. Terdapat beberapa varietas yang berwarna coklat, oranye, kuning, bahkan hijau ketika matang.

b.) Lendir/getah/cairan buah (*mucilage*)

Cairan buah kopi terasa lengket dan manis karena mengandung banyak gula.

c.) Kulit tanduk (*parchment*)

Lapisan tipis yang terasa seperti kertas ketika kering.

d.) Kulit ari (*chaff*)

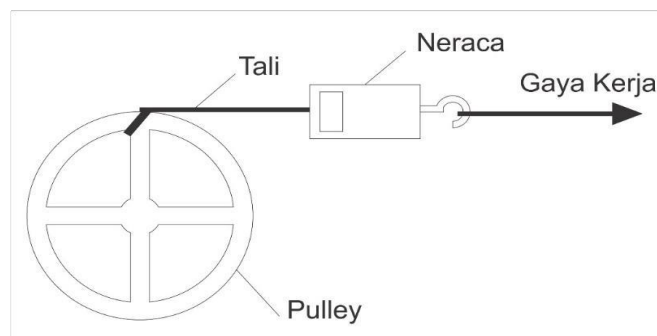
Lapisan lebih tipis berwarna keperakan yang sering terlihat ketika proses sangrai.

e.) Biji (*bean*)

Umumnya dalam 1 buah terdapat 2 biji kopi, kecuali untuk *pea berry* (biji lanang) yang hanya mengandung 1 biji dengan persentase 5% dari biji kopi normal.

2.3 Gaya yang Bekerja pada Mesin Pengupas

Teori dasar dalam menghitung torsi yaitu dengan menggunakan gaya yang bekerja untuk mengupas kulit kopi sehingga didapatkan biji kopi basah yang akan diproses ke tahapan selanjutnya. Menentukan gaya kerja pada roll pengupas kulit kopi, di bagian dalam roll dimasukkan biji kopi sebagai beban sesuai panjang roll pengupas, tali dikaitkan dengan *pulley* yang sejajar dengan roll pengupas. Tali tersebut disambungkan dengan neraca pegas, dan di ujung tali ditarik sekuat mungkin agar kulit kopi yang berada dalam roll pengupas dapat terlepas dengan pisau dengan arah saling berhadapan. Pengujian dilakukan dengan cara tiga kali untuk mendapatkan data gaya rata-rata.



Gambar 2. 2 Skema pengukuran gaya kerja mesin

Mencari gaya rata-rata yang bekerja pada pengupas kulit kopi menggunakan rumus:

$$\bar{F} = \frac{\sum F}{n}$$

Keterangan:

\bar{F} = Gaya rata-rata yang bekerja pada *roll* pengupas kulit kopi (N)

$\sum F$ = Jumlah gaya tangensial saat pengujian (N)

n = Banyaknya pengujian

2.4 Torsi

Gaya yang bekerja pada mesin pengupas kulit kopi digunakan untuk menghitung torsi yang bekerja pada silinder pengupas.

Untuk menghitung torsi yang bekerja digunakan rumus sebagai berikut:

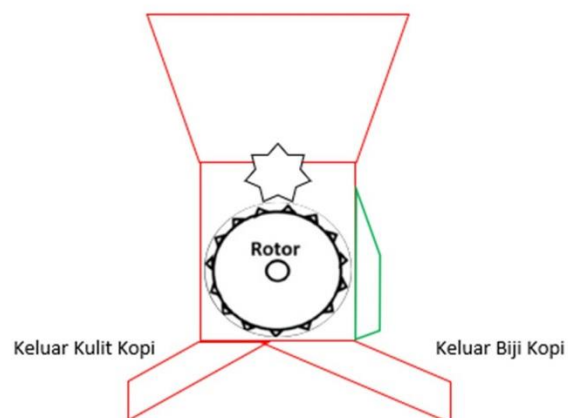
$$T = F \times r \text{ (Nm)} \quad (2.1)^3$$

Keterangan:

T = Torsi benda berputar (Nm)

F = Gaya tangensial *roll* pengupas (N)

r = Jarak gaya kerja ke pusat rotasi (m)



Gambar 2. 3 Skema *roll* pengupas kulit kopi

³ Ferdinand, P. 1987. Mechanis for Engineers: Statics and Dynamics halaman 59

2.5 Daya Motor

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya yaitu besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu.

Rumus umum yang digunakan untuk menentukan daya motor sebagai berikut:

$$P = \frac{T \cdot n \cdot 2\pi}{60} \quad (2.2)^4$$

Keterangan:

P = Daya (watt)

T = Torsi (Nm)

n = Putaran *roll* pengupas (rpm)

Untuk mengubah menjadi satuan HP, maka digunakan rumus:

$$P = \frac{P \text{ (watt)}}{745,7} \quad P = (\text{HP})$$

2.6 Pulley

Rasio transmisi pada *pulley* adalah perbandingan antara kecepatan *pulley* penggerak dengan *pulley* yang digerakkan atau perbandingan diameter *pulley* yang digerakkan dengan diameter *pulley* penggerak.

Maka rasio transmisi pada *pulley* dapat dirumuskan sebagai berikut:

⁴ Khurmi 2005. *Machine Design*, Halaman 531

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.3)^5$$

Keterangan:

n_1 = Putaran mesin bensin (rpm)

n_2 = Putaran *roll* pengupas (rpm)

D_1 = Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_2 = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

2.7 V– belt

Jarak yang cukup jauh yang memisahkan antara dua buah poros mengakibatkan tidak memungkinkannya menggunakan transmisi langsung dengan roda gigi. *V-belt* merupakan sebuah solusi yang dapat digunakan. *V-belt* adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya *V-belt* dibelitkan mengelilingi alur *pulley* yang berbentuk V pula. Bagian *belt* yang membelit pada *pulley* akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar.

V-belt banyak digunakan karena *V-belt* sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu *V-belt* juga memiliki keunggulan lain dimana *V-belt* akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, *V-belt* bekerja lebih halus dan tak bersuara.

⁵ Sularso. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Halaman 166

Perhitungan panjang *v-belt* menggunakan rumus:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{1}{4C} (D_2 - D_1)^2 \quad (2.4)^6$$

Keterangan:

L = Panjang *V-belt* (mm)

C = Jarak pusat *pulley* (mm)

D_1 = Diameter *pulley* penggerak (mm)

D_2 = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

Perhitungan daya rencana menggunakan rumus:

$$P_d = f_c \cdot P \quad (2.5)^7$$

Keterangan:

P_d = Daya rencana (kW)

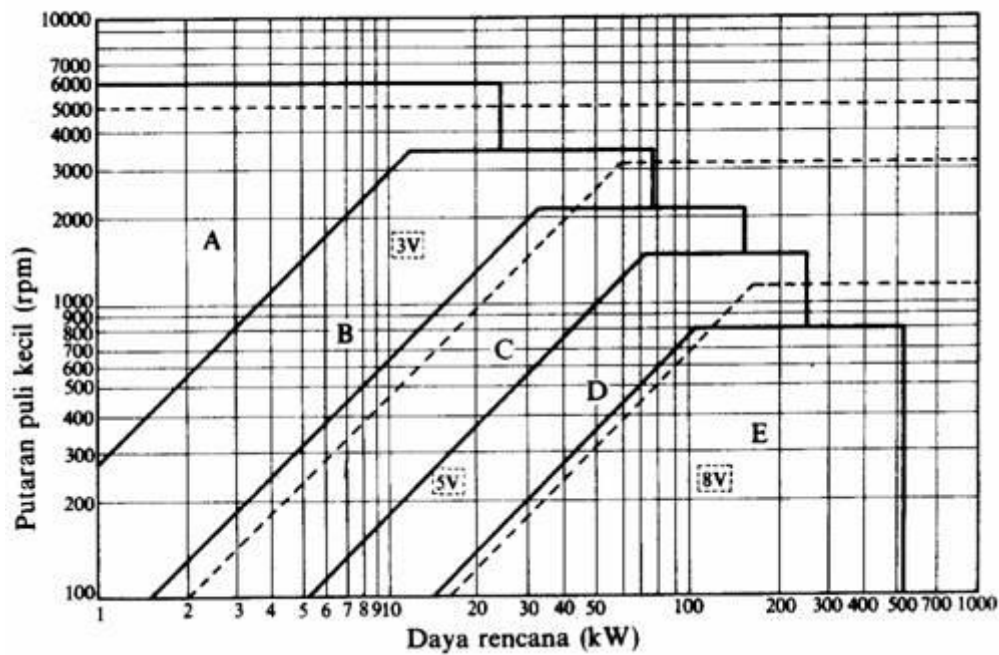
f_c = Faktor koreksi

P = Daya *output* motor penggerak (kW)

Untuk menentukan jenis *belt* digunakan gambar 2.3 Diagram pemilihan *belt* berikut.

⁶ Ibid, Halaman 170

⁷ Ibid, Halaman 7



Gambar 2. 4 Diagram pemilihan *belt*

2.8 Poros

Poros merupakan salah satu bagian dari mesin yang sangat penting karena hampir semua mesin meneruskan tenaga dengan gerak memutar, oleh karenanya poros memegang peranan utama dalam transmisi dalam sebuah mesin.

Macam-macam jenis poros:

- Shaft* adalah poros yang ikut berputar untuk memindahkan daya dari mesin ke mekanisma lainnya.
- Axle* adalah poros yang tetap tapi mekanismenya yang berputar pada poros tersebut, juga berfungsi sebagai pendukung.
- Spindle* adalah poros yang pendek, terdapat pada mesin perkakas dan sangat aman terhadap *momen bending*.

- d) *Line shaft* adalah suatu poros yang langsung berhubungan dengan mekanisme yang digerakkan dan berfungsi memindahkan daya motor penggerak ke mekanisme tersebut.
- e) *Flexible shaft* adalah poros yang berfungsi memindahkan daya dari dua mekanisme dimana perputaran poros membentuk sudut dengan poros lainnya, dimana daya yang dipindahkan relatif kecil.

Lubang pasak merupakan lubang yang dibuat berbentuk longitudinal pada poros untuk menempatkan pasak. Terdapat dua tipe lubang pasak yang sering digunakan, yaitu *profile* dan *sled runner*. Lubang pasak berbentuk *profile* dibuat menggunakan *end mill* yang memiliki diameter sama dengan lebar dari pasak. Hasilnya lubang pasak pada dasar rata dan memiliki sudut yang tajam. Lubang pasak *sled runner* dibuat menggunakan *circular milling cutter* dengan lebar yang sama dengan lebar dari pasak. Pada awal atau akhir dari pemotongan lubang pasak, membentuk radius yang halus. Karena itu, faktor *stress concentration* untuk lubang pasak *sled runner* lebih kecil dibandingkan dengan lubang pasak *profile*.

Untuk menentukan diameter yang dipakai bermula dari rumus:

$$\frac{T}{I} = \frac{\tau}{r} \quad (2.7)^8$$

Keterangan:

T = Momen puntir pada poros

I = Momen inersia polar

r = Jari-jari poros

τ = Tegangan geser (MPa)

⁸ Sonawan, H. Perancangan Elemen Mesin, Halaman 35

Untuk poros solid dapat dirumuskan:

$$I = \frac{\pi}{32} \times d^4 \quad (2.8)^9$$

Sehingga momen puntir pada poros adalah:

$$\frac{T}{\frac{\pi}{32} \times d^4} = \frac{\tau p}{\frac{d}{2}}$$

$$T = \frac{\pi}{16} \times d^3 \times \tau p \quad (2.9)^{10}$$

Sehingga untuk mencari diameter sebagai berikut:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T \times 16}{\pi \times \tau p}}$$

d = Diameter poros pengupas kulit kopi

2.9 Pasak

Pasak merupakan suatu elemen mesin yang dipakai untuk menetapkan bagian-bagian mesin seperti roda gigi, *sproket*, *pulley*, *kopling* dan poros. Pasak berfungsi untuk mencegah pergerakan relatif antara sebuah poros dengan roda gigi. Pada umumnya bahan yang digunakan untuk pasak adalah bahan yang memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan kekuatan porosnya. Hal ini dimaksudkan agar pasak apabila dioperasikan akan lebih dulu rusak dibandingkan porosnya, karena harga pasak lebih murah dibandingkan dengan poros atau roda gigi. Perhitungan pasak didasarkan pada tegangan geser dan gaya tekan yang terjadi pada pasak.

⁹ Ibid, Halaman 22

¹⁰ Ibid, Halaman 35

Tabel 2. 1 Tabel Pasak menurut Standar JIS

Ukuran nominal (bxh) mm	Ukuran pasak prismatis	c mm	L mm	h1	h2	Diameter mm
2 x 2	2	0,16 – 1,25	6 – 20	1,2	1,0	6 – 8
3 x 3	3		6 – 36	1,8	1,4	8 – 10
4 x 4	4		8 – 48	2,3	1,8	10 – 12
5 x 5	5		10 – 56	3,0	2,3	12 – 17
6 x 6	6		14 - 70	3,5	2,8	17 - 22
7 x 7	7	0,25 – 0,40	16 – 40	4,0	3,0	20 – 25
8 x 7	7		18 – 90	4,0	3,3	22 – 30
10 x 8	8		22 – 110	5,0	3,3	30 – 38
12 x 8	8		28 – 140	5,0	3,3	38 – 44
14 x 9	9		36 - 160	5,5	3,8	44 - 50
14 x 10	10	0,40 – 0,60	40 – 180	5,0	5,0	50 – 55
16 – 10	10		45 – 180	6,0	4,3	50 – 58
18 x 11	11		50 – 200	7,0	4,4	58 – 65
20 x 12	12		56 – 220	7,5	4,9	65 – 75
22 x 14	14		63 – 250	9,0	5,4	75 – 85
24 x 16	16	0,60 – 0,80	70 – 280	8,0	8,0	80 – 90
25 x 14	14		70 – 280	9,0	5,4	85 – 95
28 x 16	16		80 – 320	10,0	6,4	95 – 110
32 x 18	18		90 – 360	11,0	7,4	110 - 130

Sumber: Sularso & KiyokadsuSuga, 1990

Menentukan tegangan desak pada pasak dengan rumus:

$$T_p = l \cdot \frac{h}{2} \cdot \tau_d \cdot \frac{d}{2} \quad (2.10)^{11}$$

Keterangan:

T_p = Torsi yang bekerja pada pasak (Nmm)

l = Panjang pasak (mm)

h = Tinggi pasak (mm)

σ_d = Tegangan desak (Mpa)

d = Diameter poros (mm)

Mencari torsi yang terjadi pada poros dengan rumus:

$$T = \frac{\pi}{16} \cdot \bar{\sigma}_p \cdot d^3 \quad (2.11)^{12}$$

Keterangan:

T = Torsi yang bekerja pada poros (Nmm)

$\bar{\sigma}_p$ = Tegangan puntir yang diijinkan pada poros (Mpa)

d = Diameter poros (mm)

Mencari tegangan puntir yang diijinkan pada poros:

$$\bar{\sigma}_p = \frac{0,6 \sigma_t}{4}$$

¹¹ Khurmi 2005, *Machine Design*, Halaman 475

¹² Sonawan, H. *Perancangan Elemen Mesin*, Halaman 35

Keterangan:

$\bar{\sigma}_p$ = Tegangan puntir yang diijinkan (Mpa)

σ_t = Tegangan tarik (MPa)

4 = Angka keamanan

Mencari torsi yang bekerja pada pasak dengan rumus:

$$T_p = k \cdot T \quad (2.12)^{13}$$

Keterangan:

T_p = Torsi yang bekerja pada pasak (Nmm)

k = Faktor perencanaan = 1,25 s/d 1,5

T = Torsi yang bekerja pada poros (Nmm)

2.10 Bantalan

Bantalan adalah elemen yang menumpu poros beban, sehingga putara atau gerakan bolak-baliknya dapat berangsung secara halus, aman dan poros dapat menambah masa pakai poros. *Bearing* harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka kemampuan elemen mesin lainnya akan meurun.

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a) Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros

¹³ Industrial-engineering-new.blogspot.co.id/2017/01/sambungan-pasak.html

1.) Bantalan luncur : Pada bantalan ini terjadi gerakan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.

2.) Bantalan gelinding : Pada bantalan ini terjadi gesekan antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru). Gaya yang bekerja pada bantalan ini adalah gaya arah aksial, gaya arah radial atau dapat berupa gaya kombinasi antara gaya arah aksial dan gaya arah radial.

b) Atas dasar beban terhadap poros

1.) Bantalan radial : Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.

2.) Bantalan aksial : Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

3.) Bantalan gelinding khusus : Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar sekaligus tegak lurus sumbu poros.

Perbandingan antara bantalan luncur dan bantalan gelinding adalah bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban besar. Bantalan ini sederhana konstruksinya dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah, karena gesekannya besar pada awal mulai bekerja, bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar. Bantalan ini dapat meredam tumbukan dan getaran sehingga hampir tidak bersuara. Tingkat ketelitian yang diperlukan tidak setinggi bantalan gelinding sehingga dapat lebih mudah.

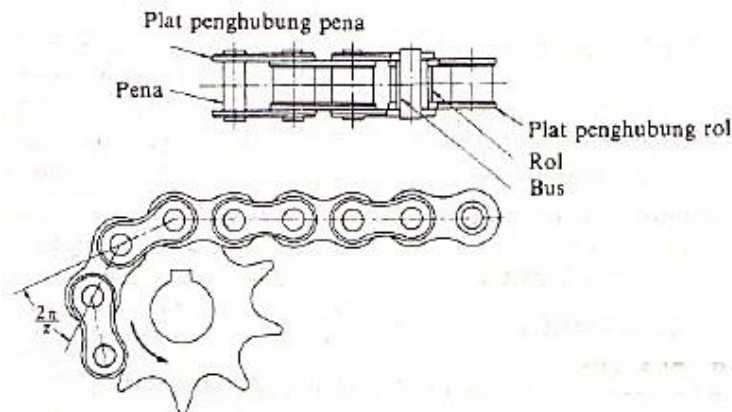
Bantalan gelinding lebih cocok untuk beban kecil dibandingkan bantalan luncur, tergantung pada bentuk elemen gelindingnya. Putaran pada bantalan ini dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut. karena konstruksinya yang sulit dan ketelitiannya yang tinggi, maka bantalan gelinding

hanya dapat dibuat oleh pabrik-pabrik tertentu saja. Keunggulan bantalan gelinding adalah gesekannya yang sangat rendah, pelumasannya pun sangat sederhana, bahkan yang memakai *seal* sendiri tidak perlu pelumasan lagi. Temperature kerja maksimum bantalan gelinding adalah sekitar 120°C.

Bentuk elemen gelinding yang terdapat pada bearing dapat berupa *roll (ball bearing)* maupun silinder (*roller bearing*). Gaya-gaya yang bekerja pada bearing merupakan gaya axial dan gaya radial atau paduan dari kedua jenis gaya tersebut.

2.11 Transmisi Rantai *Rol*

Rantai transmisi daya biasanya dipergunakan di mana jarak poros lebih besar dari pada transmisi roda gigi tetapi lebih pendek dari pada dalam transmisi sabuk.



Gambar 2. 5 Rantai *rol*

Rantai mengait pada gigi sproket dan meneruskan daya tanpa slip, jadi menjamin perbandingan putaran yang tetap. Rantai sebagai transmisi mempunyai keuntungan-keuntungan seperti: mampu meneruskan daya besar karena kekuatannya yang besar, tidak memerlukan tegangan awal, keausan kecil pada

bantalan, dan mudah memasangnya. Karena keuntungan-keuntungan tersebut, rantai mempunyai pemakaian yang luas seperti roda gigi dan sabuk

Rantai rol dipakai bila diperlukan transmisi positif (tanpa *slip*) dengan kecepatan sampai 600 (m/min), tanpa pembatasan bunyi, dan murah harganya. Untuk bahan pena, bus, dan rol dipergunakan baja karbon atau baja khrom dengan pengerasan kulit. Rantai dengan rangkaian tunggal adalah yang paling banyak dipakai. Rangkaian banyak, seperti dua atau tiga rangkaian dipergunakan untuk transmisi beban berat. Dengan kemajuan teknologi yang terjadi akhir-akhir ini, kekuatan rantai semakin meningkat.

Panjang rantai dapat diukur menggunakan rumus:

$$L_p = \frac{z_1 + z_2}{2} + 2 C_p + \frac{[(z_1 - z_2) / 6,28]^2}{C_p} \quad (2.13)^{14}$$

Keterangan:

L_p : Panjang rantai, dinyatakan dalam jumlah rantai

z_1 : Jumlah gigi sproket kecil

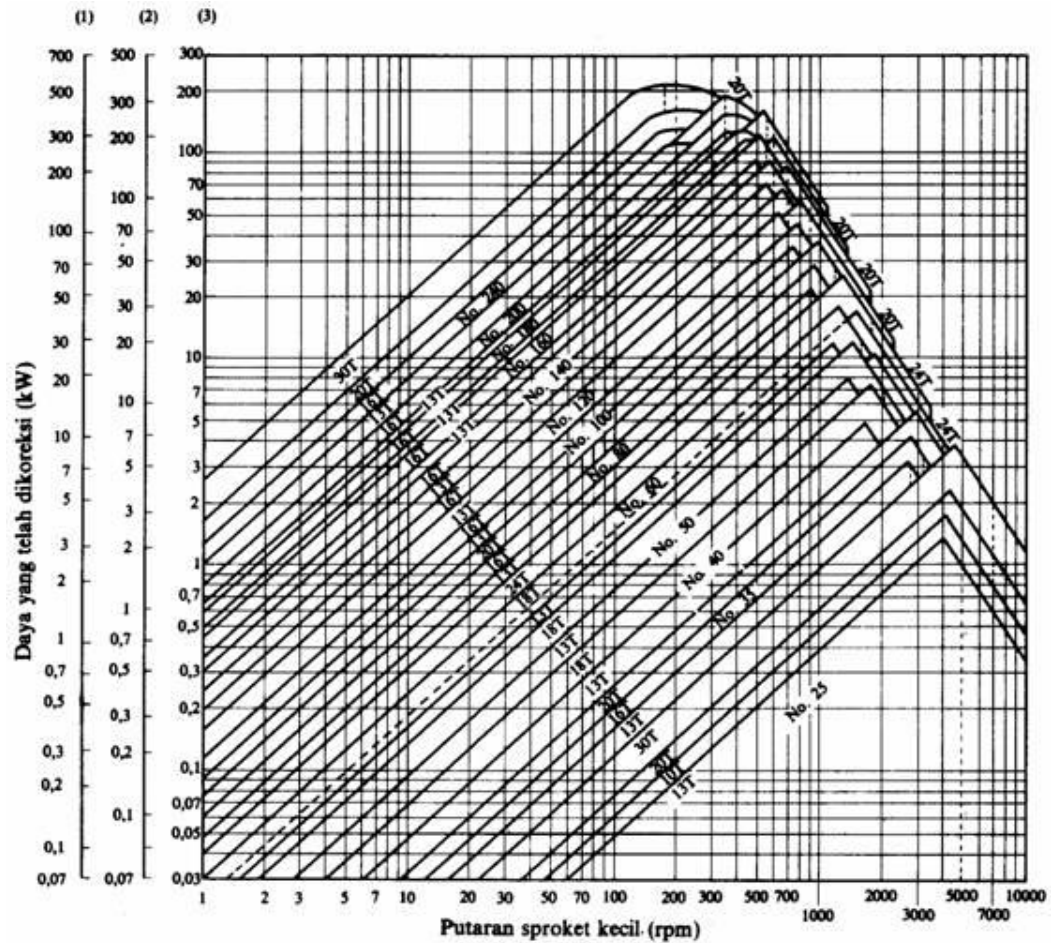
z_2 : Jumlah gigi sproket besar

C_p : Jarak sumbu poros, dinyatakan dalam jumlah mata rantai (dapat berupa pecahan)

Sprocket rantai dibuat dari baja karbon untuk ukuran kecil, dan besi cor atau baja untuk ukuran besar. Pemilihan rantai dapat menggunakan diagram di gambar

¹⁴ Sularso & Kitokatsu Suga. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Halaman 197

2.4. Daya yang akan ditransmisikan (kW), putaran poros penggerak dan yang digerakkan (rpm), dan jarak sumbu poros kira-kira (mm), diberikan lebih dahulu.



Gambar 2. 6 Diagram pemilihan rantai *roll*

