

MODUL 7 : REM

7.1. Sub Kompetensi

- Mahasiswa mampu memahami perhitungan dan pemilihan rem

7.2 Uraian Materi

Rem adalah komponen mesin yang berfungsi untuk menghentikan putaran poros, mengatur putaran poros dan mencegah putaran yang tidak dikehendaki.

Efek pengereman diperoleh dari :

- gesekan jika secara mekanik
- serbuk magnet, arus pusar, fasa yang dibalik, arus searah yang dibalik, penukaran kutub jika secara listrik.

Secara umum jenis rem yang biasa digunakan :

- Rem blok (Block or Shoe Brake)
- Rem pita (Band Brake)
- Rem drum/tromol (Internal Expanding Brake)
- Rem cakram (Disc Brake)

Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam desain rem :

- Gaya penggerak rem
- Daya yang dipindahkan
- Energi yang hilang
- Kenaikan suhu

A. Rem Blok

Prosedur analisis :

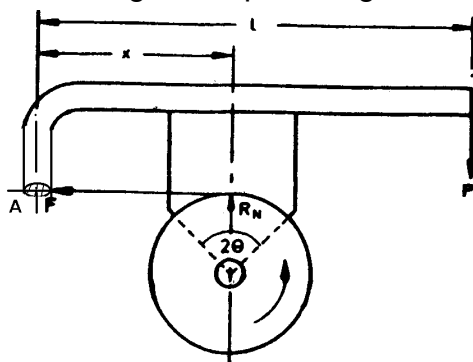
- Mencari distribusi tekanan pada permukaan gesek.
- Mencari hubungan tekanan maksimum dan tekanan pada setiap titik.
- Gunakan keseimbangan statis untuk : gaya gesek, daya, reaksi.

Konstruksi dari rem blok secara umum dapat dibedakan dalam tiga kondisi berdasarkan desain tumpuan handel penggerak rem. Rumus umum yang digunakan dalam perhitungan :

- Gaya tangensial : $F_t = \mu \cdot F_n$
- Torsi (T) = $F_t \cdot r = \mu \cdot F_n \cdot r$

1. Rem Blok Kasus I

Rem blok dengan tumpuan segaris dengan gaya tangensial (F_t)



F : gaya untuk pengereman

F_n : gaya normal

F_t : gaya tangensial

μ : koefisien gesek

r : jari-jari roda

2θ = sudut kontak antara roda dan bidang gesek (brake shoe)

Gambar 1. Rem Blok Kasus I

Roda berputar berlawanan arah jarum jam maka F_t ke kiri.

Roda berputar searah jarum jam maka F_t ke kanan.

Untuk menganalisis kasus I digunakan persamaan keseimbangan statis :

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F \cdot L - F_n \cdot X = 0$$

$$F_n = \frac{F \cdot L}{X}$$

Besarnya torsi pada rem :

$$T = \mu \cdot F_n \cdot r = \mu \cdot \frac{F \cdot L}{X} \cdot r$$

Note : Besar torsi rem sama untuk putaran SJJ atau BJJ

2. Rem Blok Kasus II

- Kasus ini terjadi karena tumpuan sendi dan gaya tengensial mempunyai jarak a sehingga menimbulkan momen $F_t \cdot a$

- Analisis : (roda BJJ)

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F \cdot L - F_n \cdot x + F_t \cdot a = 0$$

$$F_n \cdot x = F \cdot L + F_t \cdot a$$

$$F_n \cdot x = F \cdot L + F_t \cdot a \quad \text{dimana } F_t = \mu \cdot F_n$$

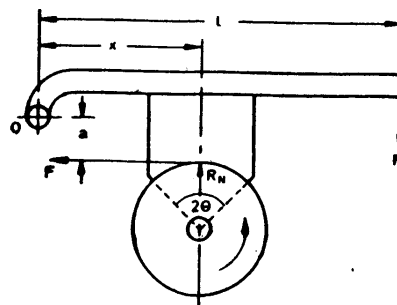
$$F_n \cdot x - F_t \cdot a = F \cdot L$$

$$F_n \cdot x - (\mu \cdot F_n \cdot a) = F \cdot L$$

$$F_n (x - \mu \cdot a) = F \cdot L$$

$$\text{Gaya normal : } F_n = \frac{F \cdot L}{(x - \mu \cdot a)}$$

$$\text{Torsi pengereman : } F_t \cdot r = \mu \cdot F_n \cdot r = \frac{\mu \cdot r \cdot F \cdot L}{x - \mu \cdot a}$$



Gambar 2. Rem Blok Dengan Tumpuan Di atas F_t

- Untuk roda berputar SJJ, maka : F_t ke kanan.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F \cdot L - F_n \cdot x - F_t \cdot a = 0$$

$$F_n \cdot x + F_t \cdot a = F \cdot L$$

$$F_n \cdot x + \mu \cdot F_n \cdot a = F \cdot L$$

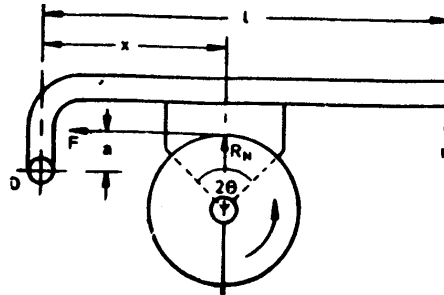
$$F_n (x + \mu a) = F \cdot L$$

$$\text{Gaya normal : } F_n = \frac{F \cdot L}{(x + \mu a)}$$

$$\text{Torsi pengereman : } T = \mu \cdot F_n \cdot r = \mu \cdot \frac{F \cdot L \cdot r}{(x + \mu a)}$$

3. Rem Blok Kasus III

- Kasus ini terjadi karena tumpuan sendi dan gaya tangensial mempunyai jarak a sehingga menimbulkan momen $F_t \cdot a$



Gambar 3. Rem Blok Dengan Tumpuan Di bawah F_t

- Analisis untuk roda berputar BJJ :

$$\sum M_A = 0$$

$$F \cdot L - F_n \cdot x - F_t \cdot a = 0$$

$$F_n \cdot x + F_t \cdot a = F \cdot L$$

$$F_n \cdot x + \mu \cdot F_n \cdot a = F \cdot L$$

$$F_n = \frac{F \cdot L}{x + \mu a}$$

$$T = F_t \cdot r = \mu \cdot F_n \cdot r = \frac{\mu \cdot F \cdot L \cdot r}{(x + \mu a)}$$

- Untuk roda berputar SJJ :

$$\text{Gaya normal : } F_n = \frac{F \cdot L}{x - \mu a}$$

$$\text{Torsi pengereman : } T = \frac{\mu \cdot F \cdot L \cdot r}{(\mu - x a)}$$

Catatan :

- Jika sudut kontak lebih dari 60° maka koefisien gesek yang digunakan adalah koefisien gesek ekuivalen.

$2\theta > 60^\circ$, maka dipakai μ' : koefisien gesek ekvivalen.

$$\mu' = \frac{4\mu \sin \theta}{2\theta + \sin 2\theta}$$

- Torsi pengereman :

$$T = \mu' \cdot F_n \cdot r$$

- Untuk rem blok ganda berlaku :

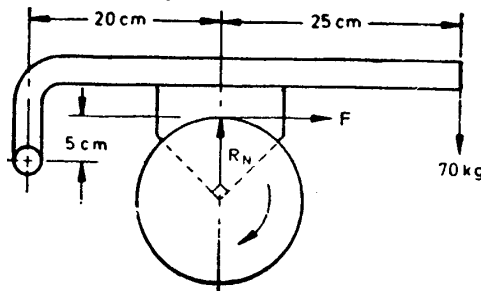
$$T = (F_{t1} + F_{t2}) \cdot r$$

F_{t1} : gaya tangensial pada blok 1

F_{t2} : gaya tangensial pada blok 2

4. Contoh Soal

1. Rem blok tunggal seperti Gambar 4. Diameter drum rem (brake drum)/roda = 25 cm. Dan sudut kontak 90° . jika gaya yang diperlukan untuk mengoperasikan rem 700 N dan koefisien gesek antara drum dan sepatu rem : 0,35. Cari torsi yang dapat ditransmisikan oleh rem tersebut.



Gambar 4. Rem Blok Soal 1

Jawab :

Diketahui :

$F = 700 \text{ N}$

$X = 25 \text{ cm}$

$L = 50 \text{ cm}$

$a = 5 \text{ cm}$

$\mu = 0,35$

$d = 25 \text{ cm}$

$r = 12,5 \text{ cm}$

$$\bullet \mu' = \frac{4\mu \sin \theta}{2\theta + \sin 2\theta} = \frac{4 \cdot (0,35) \sin 45^\circ}{\frac{\pi}{2} + \sin 90^\circ} = 0,385$$

$$\bullet \Sigma M_A = 0$$

$$F \cdot L - F_n \cdot x + F_t \cdot a = 0$$

$$- F_n \cdot x + F_t \cdot a = - F \cdot L$$

$$F_n \cdot x - F_t \cdot a = F \cdot L$$

$$F_n \cdot x - \mu \cdot F_n \cdot a = F \cdot L$$

$$F_n (x - \mu a) = F \cdot L$$

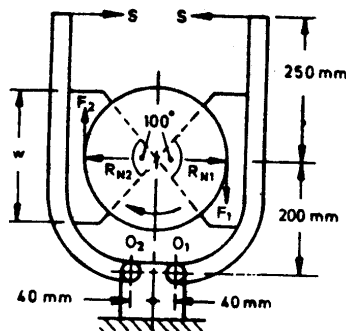
$$\text{Gaya normal : } F_n = \frac{F \cdot L}{(x - \mu a)} = \frac{700 \times 50}{(25 - 0,385 \times 5)} = 1517 \text{ N}$$

Torsi pengereman :

$$T = \mu \cdot F_n \cdot r$$

$$= 0,385 \cdot 1517 \cdot 12,5 = 7300 \text{ N} \cdot \text{cm}$$

2. Rem blok ganda dapat digunakan untuk menyerap torsi 1400 N.m. Diameter drum rem 350 mm dan sudut kontak setiap sepatu 100° . Jika koefisien gesek antara drum dan lining 0,4. Hitung :
 - a) pegas yang diperlukan untuk operasional drum.
 - b) lebar sepatu rem, jika $p = 0,3 \text{ N/mm}^2$.



Gambar 5. Rem Blok Ganda Soal 2

Jawab :

$$T = 1400 \text{ Nm} = 1400 \cdot 10^3 \text{ N mm.}$$

$$d = 350 \text{ mm, } r = 175 \text{ mm}$$

$$2\theta = 100^\circ = 100 \cdot \frac{\pi}{180} = 1,75 \text{ rad}$$

$$\mu = 0,4$$

$$p = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

Note :

$2\theta > 60^\circ$, maka dipakai μ' : koefisien gesek ekuivalen.

(i) Koefisien gesek ekuivalen :

$$\mu' = \frac{4\mu \sin \theta}{2\theta + \sin 2\theta} = \frac{4 \cdot (0,4) \sin 50^\circ}{1,75 + \sin 100^\circ} = 0,45$$

(ii) $\Sigma M_{O1} = 0$

$$s \cdot 450 - F_{n1} \cdot 200 - F_{t1} \cdot (175 - 40) = 0 \quad \text{Note : } F_{t1} = \mu' F_n$$

$$s \cdot 450 - \frac{F_{t1}}{0,45} \cdot 200 - F_{t1} \cdot 135 = 0, \quad \text{Note : } F_{n1} = \frac{F_{t1}}{\mu'}$$

$$F_{t1} = \frac{s \cdot 450}{579,4} = 0,776 \text{ s} \quad (1)$$

(iii) $\Sigma M_{O2} = 0$

$$s \cdot 450 + F_{t2} \cdot (175 - 40) - F_{n2} \cdot 200 = 0$$

$$s \cdot 4500 + F_{t2} \cdot (-135) - \frac{F_{t2}}{0,45} \cdot 200 = 0$$

$$F_{t2} = \frac{s \cdot 450}{309,4} = 1,454 \text{ s} \dots\dots\dots (2)$$

(iv) Torsi yang dapat diserap :

$$T = (F_{t1} + F_{t2}) \cdot r = (0,776 \text{ s} + 1,454 \text{ s}) \cdot 175$$

$$T = 390,25 \text{ s.}$$

Gaya pegas yang diperlukan :

$$S = \frac{T}{390,25} = \frac{1400 \cdot 10^3}{390,25} = 3587 \text{ N}$$

(v) Lebar bidang gesek (b) :

$$\begin{aligned} \bullet \quad A &= 2 r \sin \theta \cdot b \\ &= 2 \cdot 175 \cdot \sin 50^\circ \cdot b = 268 \text{ b} \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_{n1} &= \frac{F_{t1}}{\mu'} = \frac{0,776 \text{ s}}{0,45} = \frac{0,776 \cdot 3587}{0,45} \\ &= 6185,6 \text{ N} \end{aligned}$$

- $$F_{n2} = \frac{Ft_1}{\mu} = \frac{1454s}{0,45} = \frac{1454.3587}{0,45}$$

$$= 11590 \text{ N}$$

- $F_{n1} < F_{n2}$, digunakan F_{n2} untuk mencari lebar bidang gesek (b)

- $$P = \frac{F_{n2}}{A}$$

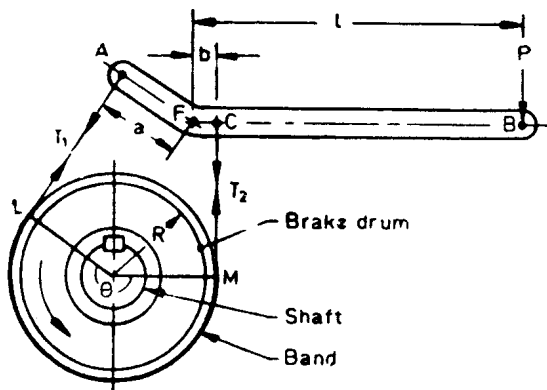
$$A = \frac{F_{n2}}{p} = \frac{11590}{0,3} = 38633$$

$$268 \text{ b} = 38633$$

$$\text{lebar bidang gesek : } b = \frac{38633}{268} = 144,2 \text{ mm}$$

B. Rem Pita

Rem pita (band brake) merupakan rem dengan bidang gesek untuk proses pengereman berupa pita atau tali. Bahan dasar dari pita antara lain terbuat dari : kulit, kain dan baja.



R : jari-jari drum

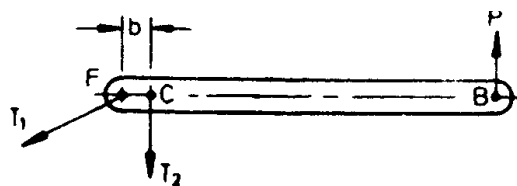
t : tebal pita

R_e : jari-jari efektif drum

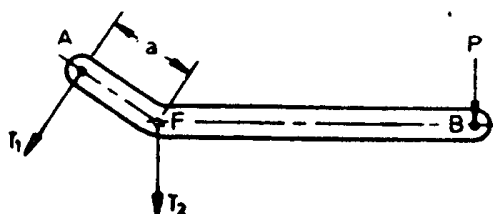
$$R_e = R + \frac{t}{2}$$

P : gaya untuk mengerem

Gambar 1. Konstruksi Rem Pita Tipe I



Gambar 2. Konstruksi Rem Pita Tipe II



Gambar 3. Konstruksi Rem Pita Tipe III

1. Torsi Pengereman

Jika :

T_1 : tegangan bagian tegangan dari pita

T_2 : tegangan bagian kendur dari pita
 θ : sudut kontak tali / pita dengan drum
 μ : koefisien gesek tali dan drum
 F : Gaya pengereman (pada gambar tertulis P)

Analisis tegangan tali menggunakan prinsip tegangan sabuk (belt).

Misal : drum berputar berlawanan arah jarum jam, maka :

T_1 : (tegangan pada sisi tegang) $>$ T_2 (sisi kendur)

Berlaku persamaan tegangan sabuk (belt) :

(i) $\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta}$ atau $2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu\theta$

(ii) Gaya untuk pengereman = $T_1 - T_2$

(iii) Torsi pengereman :

- $T_B = (T_1 - T_2) R_e$ (jika ketebalan pita diperhitungkan)
- $T_B = (T_1 - T_2) R$ (jika ketebalan pita tidak dihitung)

(iv). Keseimbangan momen di F ($\sum M_F = 0$)

- $\sum M_F = 0$ (CCW) $T_1 > T_2$ (Gambar 1.)
 $F \cdot L = T_1 \cdot a - T_2 \cdot b$

- $\sum M_F = 0$ (CW) $T_1 < T_2$ (Gambar 3.)
 $F \cdot L = T_2 \cdot a - T_1 \cdot b$

- $\sum M_F = 0$ (Gambar 2.)
 $F \cdot L = T_2 \cdot b$

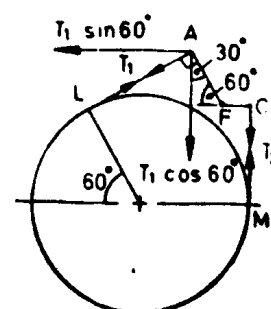
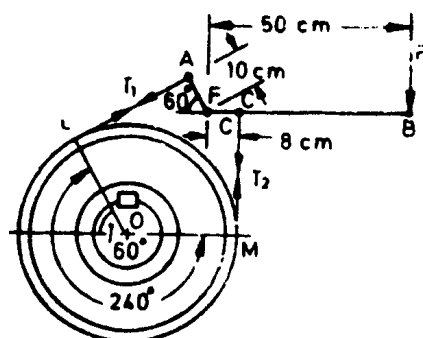
- $\sum M_F = 0$ (Gambar 3.)
 $F \cdot L = T_1 \cdot a$

(v) Untuk rem terjadi **self locking (terkunci)**, nilai $F = 0$. Kondisi terjadi penguncian rem ini

- CCW $\rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{a}{b}$
- CW $\rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{a}{b}$

2. Contoh Soal

1. Sebuah rem pita dengan panjang handel 50 cm, diameter drum 50 cm dan torsi maksimum 10 000 kg.cm. Jika koefisien gesek 0,3, hitung tegangan T_1 , T_2 dan gaya untuk pengereman.



Gambar 4. Konstruksi Rem Pita Soal 1

Jawab :

(i) Torsi pengereman :

$$T_B = (T_1 - T_2) R$$

$$10000 = (T_1 - T_2) \times \frac{50}{2}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{10000}{25} = 400 \text{ kg} \dots\dots\dots (1)$$

(ii) Sudut kontak (θ) :

$$\theta = 240^\circ = 240 \times \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{4}{3} \pi \text{ radian}$$

(iii) Mencari T_1 & T_2 =

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta$$

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = 0,3 \times \frac{4\pi}{3} = 1,26$$

$$\log \frac{T_1}{T_2} = \frac{1,26}{2,3} = 0,546$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 3,516 \text{ maka } T_1 = 3,516 T_2 \dots\dots\dots (2)$$

(iv) Substitusi persamaan (2) \rightarrow (1)

$$T_1 - T_2 = 400$$

$$3,516 T_2 - T_2 = 400$$

$$2,516 T_2 = 400$$

$$\text{Tegangan tali : } T_2 = \frac{400}{2,516} = 159 \text{ kg} = 1590 \text{ N}$$

$$\text{Tegangan tali : } T_1 = 3,51 T_2 = 3,516 \cdot 159 = 559 \text{ kg} = 5590 \text{ N}$$

(v) Gaya untuk operasional rem

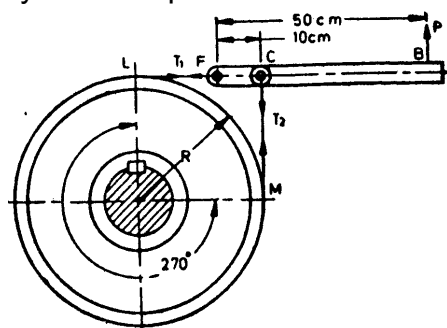
$$\sum M_F = 0$$

$$F \cdot 50 + T_2 \cdot 8 - T_1 \cdot 10 = 0$$

$$F \cdot 50 + T_1 \cdot 10 - T_2 \cdot 8 = 559 \cdot 10 - 159 \cdot 8$$

$$F = \frac{4318}{50} = 86,36 \text{ kg} = 864 \text{ N}$$

2. Sebuah rem pita seperti pada gambar. Diagram drum 45 cm., sudut kontak : 270° torsi pengereman maksimum 2250 kg.cm., koefisien gesek $\mu = 0,25$. Hitunglah : tegangan tali sisi kendur, tegang dan gaya untuk operasional reem.



Gambar 5. Konstruksi Rem Pita Soal 2

Jawab :

(i) Sudut kontak $\theta = 270^\circ = 270^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} = 4,713 \text{ rad}$

(ii) Torsi pengereman :

$$T_B = (T_1 - T_2) \cdot R$$

$$2250 = (T_1 - T_2) \times \frac{45}{2}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{2250}{22,5} = 100 \dots\dots\dots (1)$$

(iii) Tegangan tali :

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \theta$$

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = 0,25 \cdot 4,713 = 1,178 \text{ maka } \log \frac{T_1}{T_2} = \frac{1,178}{2,3} = 0,5122$$

$$\frac{T_1}{T_2} = 3,253 \quad \rightarrow \text{gunakan anti log } 0,5122$$

$$T_1 = 3,253 T_2 \dots\dots\dots (2)$$

(iv) Substitusi persamaan (2) \rightarrow (1) :

$$(T_1 - T_2) = 100$$

$$3,253 T_2 - T_2 = 100$$

$$2,253 T_2 = 100$$

$$T_2 = 44,4 \text{ kg} = 444 \text{ N}$$

$$T_1 = 3,253 T_2 = 3,253 (44,4) = 144,4 \text{ N}$$

(v) Gaya untuk mengoperasikan rem.

$$\sum M_F = 0$$

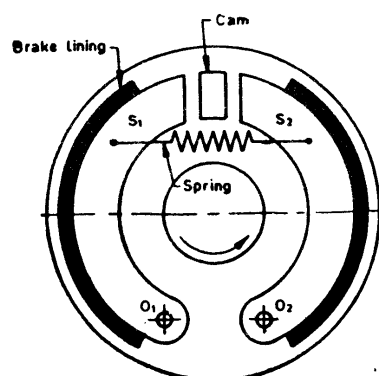
$$F \cdot L - T_2 \cdot b = 0$$

$$F \cdot L = T_2 \cdot b = 44,4 \cdot 10 = 444$$

$$F = \frac{444}{50} = 8,88 \text{ kg} = 88,8 \text{ N}$$

C. REM TROMOL

Rem tromol (*internal expanding brake*) merupakan jenis rem yang banyak digunakan pada bidang otomotif, seperti sepeda motor dan mobil. Penggerak rem dapat berupa gaya pegas dengan menggunakan *cam* atau menggunakan sistem hidrolik.



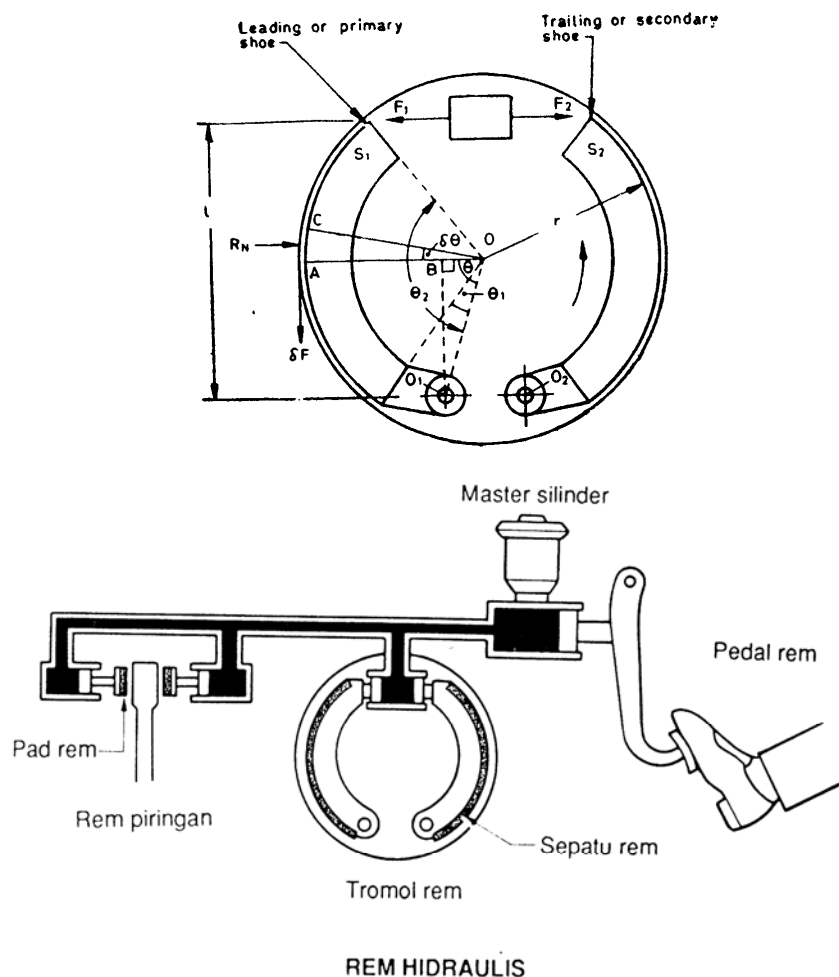
Gambar 1. Konstruksi Rem Tromol

Cara kerja rem tromol:

- Cam dengan bantuan tali penggerak, diubah posisinya dari vertikal ke horisontal.
- Pada posisi horisontal, *cam* akan menekan *brake lining* kearah kiri dan kanan sehingga bergesekan dengan *drum*. Jika tekanan *cam* diperbesar maka gesekan antara *brake lining* dengan *drum* juga makin besar sehingga *drum* berhenti berputar.
- Jika proses pengereman ingin dihentikan, dilakukan dengan mengembalikan *cam* ke posisi vertikal atau melepas tegangan tali rem, akibat gaya pegas, S_1 dan S_2 , maka *brake lining* akan kembali ke posisi awal (rem terlepas).
- Jika fungsi *cam* diganti dengan sistem hidrolik, maka tekanan ke *brake lining* ke *drum* dilakukan oleh aliran fluida hidrolik.

Rem tromol sangat baik untuk pengereman dengan daya dan putaran yang tidak terlalu besar. Kerusakan yang terjadi biasanya pada bagian sepatu rem yang aus akibat proses pengereman. Penggantian sepatu rem ini dapat dengan mudah dilakukan karena konstruksi rem yang sederhana.

1. Terminologi Rem Tromol



Gambar 2. Bagian-bagian Rem Tromol

Keterangan :

Misal : *drum* berputar berlawanan arah jarum jam.

Bagian kiri sepatu rem (1) disebut dengan *leading or primary shoe*. Bagian kanan sepatu rem (2) disebut dengan *trailing or secondary shoe*

r : jari-jari dalam *drum*

b : lebar *brake lining*

p_1 : tekanan maksimum

p_n : tekanan normal

F_1 : gaya pada *cam* dengan arah sepatu rem 1 (*leading*)

F_2 : gaya pada *cam* dengan arah sepatu rem 2 (*trailing*)

2. Gaya Pengereman Pada rem Tromol

- Tekanan normal, $p_n = p_1 \sin \theta$
- Gaya normal pada elemen kecil :
 $\delta F_n = \text{tekanan normal} \times \text{luas permukaan}$
 $\delta F_n = p_n (b \cdot r \cdot \delta \theta) = p_1 \sin \theta (b \cdot r \cdot \delta \theta)$
- Gaya gesek rem pada elemen kecil :
 $\delta F = \mu \cdot \delta F_n$
 $= \mu \cdot p_1 \sin \theta (b \cdot r \cdot \delta \theta)$
- Torsi pengereman :
 $\delta F_B = \delta F \cdot r$
 $= \mu \cdot p_1 \sin \theta (b \cdot r \cdot \delta \theta) r$
 $= \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r^2 (\sin \theta \cdot \delta \theta)$
- Torsi pengereman untuk satu sepatu rem diperoleh dari integrasi torsi pengereman elemen dengan batas θ_1 sd. θ_2 .

$$T_B = \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r^2 \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta \, d\theta = \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r^2 [-\cos \theta]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$T_B = \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

- Torsi pengereman untuk 2 sepatu rem :
 $T_{B \text{ total}} = 2 T_B$
- Momen normal untuk elemen kecil terhadap sendi O_1
 $\delta M_n = \delta F_n \cdot O_1 B$
 $= \delta F_n (OO_1 \sin \theta)$
 $= p_1 \sin \theta (b \cdot r \cdot \delta \theta) (OO_1 \sin \theta)$
 $= p_1 \sin^2 \theta (b \cdot r \cdot \delta \theta) OO_1$

- Momen normal total :

$$M_n = \int_{\theta_1}^{\theta_2} p_1 \sin^2 \theta (b \cdot r \cdot \delta \theta) OO_1$$

$$= p_1 \cdot b \cdot r \cdot OO_1 \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \theta \, d\theta = p_1 \cdot b \cdot r \cdot OO_1 \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\theta) \, d\theta$$

$$\text{catatan : } \sin^2 \theta = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\theta)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2} p_1 \cdot b \cdot r \cdot OO_1 \left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2} \right]_{\theta_1}^{\theta_2} \\
M_n &= \frac{1}{2} p_1 \cdot b \cdot r \cdot OO_1 \left[\theta_2 - \frac{\sin 2\theta_2}{2} - \theta_1 + \frac{\sin 2\theta_1}{2} \right] \\
M_n &= \frac{1}{2} p_1 \cdot b \cdot r \cdot OO_1 \left[(\theta_2 - \theta_1) + \frac{1}{2} (\sin 2\theta_1 - \sin 2\theta_2) \right]
\end{aligned}$$

- Momen gesek pada rem :

$$\begin{aligned}
\delta M_F &= \delta F \cdot AB \\
&= \delta F \cdot (r - OO_1 \cos \theta), \quad \text{Note : } AB = r - OO_1 \cos \theta \\
&= \mu \cdot p_1 \sin \theta (b \cdot r \cdot \delta \theta) (r - OO_1 \cos \theta) \\
&= \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r (r \sin \theta - OO_1 \sin \theta \cos \theta) \delta \theta \\
&= \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r \left(r \sin \theta - \frac{OO_1}{2} \sin 2\theta \right) \delta \theta
\end{aligned}$$

$$\text{Note : } 2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$$

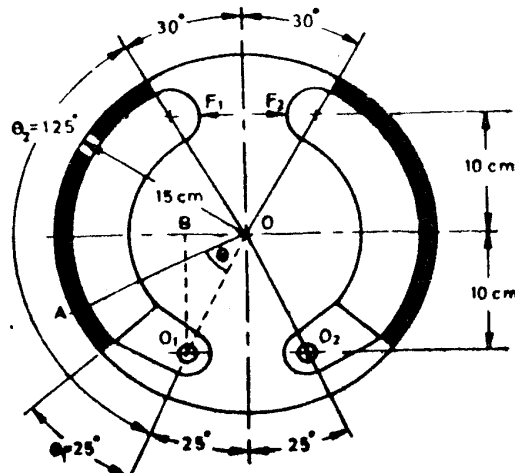
- Momen gesek total :

$$\begin{aligned}
M_F &= \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(r \sin \theta - \frac{OO_1}{2} \sin 2\theta \right) d\theta \\
&= \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r \left[-r \cos \theta + \frac{OO_1}{4} \cos 2\theta \right]_{\theta_1}^{\theta_2} \\
&= \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r \left[-r \cos \theta_2 + \frac{OO_1}{4} \cos 2\theta_2 + r \cos \theta_1 - \frac{OO_1}{4} \cos 2\theta_1 \right] \\
M_F &= \mu \cdot P_1 \cdot b \cdot r \left[r (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) + \frac{OO_1}{4} (\cos 2\theta_2 - \cos 2\theta_1) \right]
\end{aligned}$$

- Jika harga : T_B total, M_n dan M_F diketahui, maka besar gaya pengereman dapat di cari (F_1 dan F_2) dapat dihitung.
- Untuk sepatu rem 1 (*leading shoe*) terhadap O_1 :
 $F_1 \times L = M_n - M_F$
- Untuk sepatu rem 2 (*trailing shoe*) terhadap O_2 :
 $F_2 \times L = M_n + M_F$
- Jika $M_F > M_n$ maka rem akan terjadi *self locking* (terkunci). Pada proses pengereman harus dihindari pengereman mendadak yang mengakibatkan $M_F > M_n$. Jika hal ini terjadi maka roda akan berhenti berputar dan bergerak tergelincir sehingga roda sulit untuk dikontrol.

3. Contoh Soal

1. Sebuah rem tromol dengan data-data seperti pada gambar. Gaya F_1 bekerja pada pusat O_1 (tumpuan). Gaya F_2 bekerja pada pusat O_2 (tumpuan). Lebar rem 3,5 cm. Tekanan maksimum : 4 kg/cm², koefisien gesek : 0,4. Hitung besarnya torsi pengereman dan gaya F_1 dan F_2 yang bekerja pada sepatu rem terhadap O_1 dan O_2 .



Gambar 3. Soal 1

Jawab :

$$\begin{aligned} b &= 3,5 \text{ cm} \\ p_1 &= 4 \text{ kg/cm}^2 \\ \mu &= 0,4 \\ r &= 15 \text{ cm} \\ L &= 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Torsi pengereman untuk satu sepatu rem :

$$\begin{aligned} T_B &= \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \\ &= 0,4 \cdot 4 \cdot 3,5 \cdot (15)^2 (\cos 25^\circ - \cos 125^\circ) \\ &= 1864 \text{ kg-cm.} \end{aligned}$$

- Torsi pengereman untuk 2 buah sepatu rem :

$$\begin{aligned} T_{B \text{ total}} &= 2 T_B \\ &= 2 \times 1864 = 3728 \text{ kg-cm.} \end{aligned}$$

- Mencari gaya pengereman (F_1 dan F_2)

$$(i) \quad OO_1 = \frac{O_1 B}{\cos 25^\circ} = \frac{10}{0,9063} = 10,38 \text{ cm}$$

$$(ii) \quad \theta_1 = 25^\circ = 25 \times \frac{\pi}{180} = 0,436 \text{ rad}$$

$$(iii) \quad \theta_2 = 125^\circ = 125 \times \frac{\pi}{180} = 2,18 \text{ rad}$$

- (iv) Momen Normal :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{1}{2} p_1 \cdot b \cdot r \cdot OO_1 [(\theta_2 - \theta_1) + \frac{1}{2} (\sin 2\theta_1 - \sin 2\theta_2)] \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 3,5 \cdot 15 \cdot 10,38 [(2,18 - 0,436) + \frac{1}{2} (\sin 50^\circ - \sin 250^\circ)] \\ &= 1090 [1,744 + \frac{1}{2} (0,766 + 0,9397)] \\ &= 2834 \text{ kg-cm.} \end{aligned}$$

- (v) Momen gesek :

$$M_F = \mu \cdot p_1 \cdot b \cdot r [r (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) + \frac{OO_1}{4} (\cos 2\theta_2 - \cos 2\theta_1)]$$

$$= 0,4 \cdot 4 \cdot 3,5 [15 (\cos 25^\circ - \cos 125^\circ) + \frac{10,38}{4} (\cos 250^\circ - \cos 50^\circ)]$$

$$M_F = 84 (15 \times 1,4792 - 2,595 \times 0,9848) = 1\,650 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

(vi) Gaya F_1 (*leading shoe*) terhadap O_1 :

$$F_1 \times L = M_N - M_F$$

$$F_1 \times 20 = 2\,834 - 1\,650$$

$$F_1 = 59,2 \text{ kg} = 592 \text{ N}$$

(vii) Gaya F_2 (*trailing shoe*) terhadap O_2 :

$$F_2 \times L = M_N + M_F$$

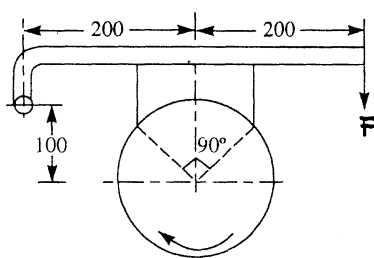
$$F_2 \times 20 = 2\,834 + 1\,650$$

$$F_2 = 224,2 \text{ kg} = 2\,242 \text{ N}$$

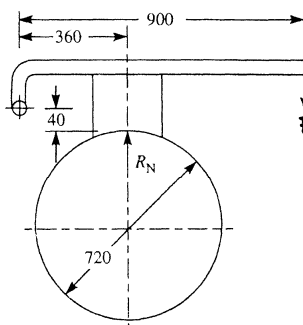
Soal Latihan:

1. Sebuah rem blok tunggal seperti gambar mempunyai diameter drum 250 mm. Sudut kontak antara bidang gesek dan drum 0,35. Jika torsi yang dapat ditransmisikan sebesar 70 Nm, hitung gaya yang diperlukan untuk pengereman.

Jawaban : 700 N



Gambar soal 1.



All dimensions in mm.
Gambar soal 2.

2. Sebuah rem blok tunggal seperti gambar, mempunyai drum dengan diameter 720 mm. Jika torsi pengereman 225 Nm pada putaran 500 r/min dan koefisien gesek 0,3 hitung :
- gaya pengereman jika drum berputar searah jarum jam.
 - gaya pengereman jika drum berputar berlawanan arah jarum jam.

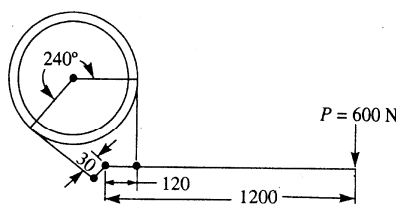
Jawaban : 805,4 N dan 861 N

3. Sebuah rem pita mempunyai diameter drum 800 mm. Pita melingkar pada drum dengan sudut 240° . Bahan pita adalah asbestos fabric dengan koefisien gesek 0,3. Jika gaya pengereman diberikan sebesar 600 N, hitunglah pada putaran searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam dari drum :

- gaya maksimum dan minimum pada pita (gaya sisi kencang dan sisi kendur).
- Torsi pengereman yang dihasilkan.

Jawaban :

176 kN, 50 kN, 50,4 kNm, 6,46 kN, 1,835 kN, 1,85 kNm



All dimensions in mm.