

RANCANG BANGUN REM PADA KENDARAAN DINAS TNI-AD $\frac{3}{4}$ TON

Syaiful Anwar¹, Ardianto², Ali Imron³
Jurusan Teknik Otomotif Kendaraan Tempur, Poltekad Kodiklat Angkatan Darat
Poltekad Kodiklatad Ksatrian Pusdik Arhanud PO BOX 52 Malang
e-mail: Syaianwar455@gmail.com

ABSTRAK

Kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ ton merupakan mobil diesel jenis *Pick-up* menggunakan jenis mesin 4D56 DI-D 2.5L DOHC 16 valve *common rail*, yang dilengkapi dengan teknologi *variable geometry turbo* (VGT) dan *intercooler*. Kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ ton ini dapat digunakan di segala medan, baik di medan datar maupun medan yang terjal. Salah satu faktor menunjang keamanan dan kenyamanan berkendara adalah pentingnya sistem pengereman. Di lingkungan TNI AD sendiri, banyak fenomena terjadi kecelakaan lalu lintas yang mengakibatkan kerugian material, cacat permanen, bahkan sampai kematian yang disebabkan kurangnya kepedulian dan wawasan tentang sistem pengereman kendaraan.

Rem adalah perangkat kendaran yang dirancang untuk memperlambat dan menghentikan pergerakan roda kendaraan. Adapun jenis rem yang digunakan pada kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ ton adalah sejenis rem hidrolik menggunakan rem cakram di roda depan dan rem tromol di roda belakang. Setelah kita mengetahui beban kerja sistem rem maka diharapkan dapat meningkatkan keamanan bagi personil TNI AD, khususnya pengendara mobil dinas $\frac{3}{4}$ ton jenis *pick-up*.

Metode penelitian yang dilaksanakan adalah kuantitatif dilakukan untuk mengetahui berapa gaya yang dibutuhkan pada pedal rem dengan dimensi komponen rem pada kendaraan dinas TNI AD jenis *Pick-up* dengan beban total 3500 kg. Maka hasil pengujiannya adalah energi kinetik dengan kecepatan 80 km/jam = 1224,95 N, tekanan minyak rem = 684042,55 N/m²d, luas penampang piston rem pada master silinder roda depan = 0,0017 m², diameter piston rem = 0,045 m, luas penampang piston rem pada master silinder roda belakang = 0,0012 m², diameter piston rem = 0,038 m, dimensi master silinder atas, luas penampang master silinder = 0,00108 m², diameter piston master silinder = 0,036 m, gaya pedal rem = 15,49 kgf.

Kata kunci : Gaya, Kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ ton, mesin 4D56 DI-D 2.5L DOHC 16 valve *common rail* dan Hidrolik.

ABSTRACT

The $\frac{3}{4}$ ton official vehicle is a pick-up typed diesel car using a 4D56 DI-D 2.5L DOHC 16 valve common rail typed-engine equipped with variable geometry turbo (VGT) and intercooler technology. This $\frac{3}{4}$ ton official vehicle can be used in all fields both on flat and steep terrain. One of the factors supporting driving safety and comfort is the braking system. In the Indonesian Army, there are many phenomena of traffic accidents that result in material losses, permanent disability, and even death due to lack of awareness and insight about vehicle braking systems.

A brake is a vehicle tool designed to slow down and stop the movement of the vehicle wheels. The brake-type is used on the $\frac{3}{4}$ ton official vehicles namely the hydraulic brake using disc brakes on the front wheels and drum brakes on the rear wheels. After we know the brake system workload, it is expected to be able to improve security for the Indonesian Army soldiers, especially the $\frac{3}{4}$ ton pick-up typed official vehicle drivers.

This quantitative research method is conducted to find out how much force needed on the brake pedal with the dimensions of the brake component on the pick-up typed official vehicles of the Indonesian Army has a total load of 3500 kg. Then the test results are kinetic energy with a speed of 80 km/h = 1224.95 N, the brake fluid pressure = 684042.55 N/ m²d, the brake piston cross-sectional area on the front wheel master cylinder = 0.0017 m², the brake piston diameter = 0.045 m, the brake piston cross-sectional area on the rear wheel master cylinder = 0.0012 m², the brake piston diameter = 0.038 m, the upper master cylinder dimensions, the master cylinder cross-sectional area = 0.00108 m², the piston master cylinder diameter = 0.036 m, the pedal force brake = 15.49 kgf.

Keywords: Force, $\frac{3}{4}$ ton official vehicles, machine 4D56 DI-D 2.5L DOHC 16 valve *common rail* and hydraulics.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena yang terjadi banyak kecelakaan lalu lintas yang mengakibatkan kerugian disebabkan kurangnya kepedulian dan wawasan tentang sistem pengereman kendaraan. Rem merupakan peranti kendaraan yang dirancang untuk memperlambat dan menghentikan gerakan roda kendaraan. Rem mempunyai peranan yang sangat penting dalam teknik kendaraan dan teknik transportasi demi keamanan dan keselamatan berkendara.

Sehubungan dengan hal di atas perlu adanya proses perencanaan dan perancangan system rem pengereman pada kendaraan, maka penulis bermaksud untuk membuat “RANCANG BANGUN REM PADA KENDARAAN DINAS TNI-AD $\frac{3}{4}$ TON”. Dengan tujuan memberi kenyamanan dan keamanan bagi pengendara.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud. Merancang bangun sistem rem jenis cakram dan tromol pada kendaraan dinas TNI AD $\frac{3}{4}$ ton.

1.2.2 Tujuan. Untuk mempermudah bintang siswa dalam memahami proses pembelajaran sistem rem cakram dan tromol pada kendaraan dinas TNI AD $\frac{3}{4}$ ton.

1.3 Ruang Lingkup

Membatasi masalah tentang sistem pengereman pada kendaraan dinas TNI AD $\frac{3}{4}$ ton adalah

1.3.1 Rumusan masalah.

Bagaimana merancang system rem cakram dan tromol pada kendaraan dinas TNI AD $\frac{3}{4}$ ton.

1.3.2 Batasan Masalah.

- 1) Menghitung gaya kinetic kendaraan pada kecepatan 80 km/jam.
- 2) Menghitung gaya untuk menekan master silinder bawah.
- 3) Merencanakan dimensi master silinder bawah.
- 4) Merencanakan dimensi master silinder atas.
- 5) Merencanakan dimensi pedal rem.
- 6) Menghitung gaya pedal rem.

1.4 Pendekatan dan Metode Penulisan

1.4.1 Metode Pendekatan.

- a. Literatur
- b. Observasi.

c. Wawancara.

1.4.2 Metode Penelitian. Metode kuantitatif induktif dengan membandingkan data empiris yang ada di lapangan dan secara teoritis dari buku panduan/referensi.

1.5 Manfaat Penelitian.

1.5.1 Secara Akademis. Penulisan tugas akhir merupakan aplikasi dasar pengembangan materi yang meliputi : elemen mesin 1 - 2 dan teori hukum pascal.

1.5.2 Secara Praktis.

- a. Memberi informasi dan masukan bagi TNI AD tentang cara kerja sistem rem cakram dan tromol pada kendaraan dinas TNI AD $\frac{3}{4}$ ton.
- b. Meningkatkan keamanan dan kenyamanan personel saat berkendara.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Umum.

Rem jenis hidrolik merupakan sistem rem yang memanfaatkan master rem yang berfungsi untuk menampung dan menyalurkan gaya tekan ke silinder roda yang dihasilkan dari injakan pedal rem oleh pengemudi. Agar sistem rem berfungsi dengan baik rem harus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Dapat bekerja dengan baik dan cepat.
- b. Mempunyai gaya tekan yang cukup.
- c. Ringan dalam pijakan pedal rem.
- d. Mudah diperiksa dan mudah disetel.

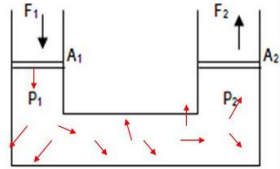
2.2 Macam-macam Rem. Rem dapat digolongkan menurut :

- a. Tempatnya.
 - 1) Rem pada roda.
 - 2) Rem pada propeller.
- b. Cara pelayanan.
 - 1) Rem tangan.
 - 2) Rem kaki.
- c. Kontruksinya.
 - 1) Rem dalam.
 - 2) Rem luar.
 - 3) Rem model piringan.
- d. Mekanismenya.
 - 1) Rem hidrolik.
 - 2) Rem mekanik.
 - 3) Rem elektrik.

2.3 Sistem Rem Hidrolik. Sistem rem hidrolik banyak digunakan karena sistem rem ini mempunyai kelebihan :

- a. sia pakai yang lama.
- b. Mudah dalam perawatan.

- c. Pijakan pedal ringan dan lembut.
 d. Bagian yang mengalami keausan hanya sedikit.
 Gambar dari penerapan Hukum Pascal seperti dibawah ini.



Gambar 2.1 Prinsip Hukum Pascal. (Sumber : Sears Zemansky, 1962 : 297)

2.4 Rem.

- a. Prinsip kerja rem. Kendaraan tidak dapat berhenti dengan segera apabila mesin dibebaskan (tidak dihubungkan) dengan pemindahan daya, kendaraan cenderung tetap bergerak.
 b. Tipe Rem.
 1. Rem kaki.
 2. Rem parkir.
 3. Rem tambahan

2.5 Jarak Pengereman. adalah jarak yang diperlukan untuk merubah tenaga kinetis (gerak) menjadi tenaga panas.

$$s = \frac{V^2}{2 \cdot e \cdot g}$$

(Sumber : Sularso, 1979: 88).

Keterangan :

V = Kecepatan kendaraan (m/det).

S = Jarak pengereman (m).

G = Gravitasi (9,81 m/det²).

e = Efisiensi (0,8).

2.6 Energi kendaraan. Suatu energi pada kendaraan saat berjalan atau energi yang berhubungan dengan gerak suatu benda.

$$W \cdot V^2 \cdot g \cdot \frac{W \cdot V^2}{2 \cdot g} = (Fd) \frac{(Fd)}{D} \cdot S \cdot 4$$

(Sumber : Sularso, 1979: 86).

Dimana :

W = Berat kendaraan (Kg).

V = Kecepatan (m/s)².

G = Gravitasi (m/s)².

d = Diameter drum (m).

D = Diameter roda (m).

S = Jarak pengereman (m).

Rumus mencari torsi roda sebagai berikut :

$$T_r = \mu \cdot F \cdot R_D$$

(Sumber : R.S. Khurmi, 1980 : 883)

Dimana :

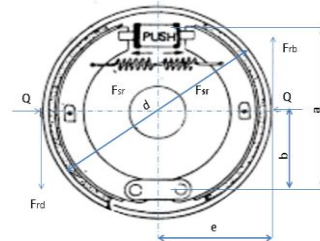
T_r = Torsi roda (Nm).

F = Gaya rem tiap-tiap roda (N).

R_D = Jari-jari roda (m).

μ = Koefisien (0,8).

2.7 Rem Tromol



Gambar 2.2 Rem Tromol
(Sumber : Ir Sularso MSME
etc, 1979 : 85)

Keterangan :

F_{sr} = Gaya pada silinder roda (N).

a = Jarak antara ujung sepatu rem (m).

b = Jarak antara sumbu roda dengan engsel (m).

e = Jarak engsel dengan permukaan sepatu roda (m).

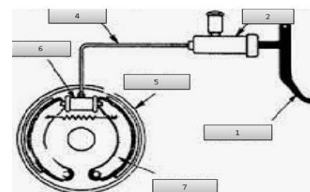
d = Diameter tromol (m).

Q = Gaya tekan terhadap tromol (N).

F_{rd} = Gaya yang terjadi pada sepatu depan (N).

F_{rb} = Gaya yang terjadi pada sepatu belakang (N).

Cara kerja sistem rem tromol. Pada saat pedal rem ditekan maka *push rod* akan menekan piston *master* silinder. *Piston* tersebut menekan minyak rem yang ada pada ruang silinder selanjutnya minyak rem disalurkan ke pipa-pipa penyalur, tekanan minyak rem akan menekan piston pada silinder roda selanjutnya piston tersebut menekan sepatu rem. Sepatu rem menekan tromol dan terjadi gesekan sehingga terjadi pengereman.



Gambar 2.3 Sistem rem tromol
(Sumber : Toyota, 1961 : 4-3)

Keterangan :

1. Pedal rem.

2. Master silinder.

3. Tangki minyak.

4. Pipa penyalur minyak.

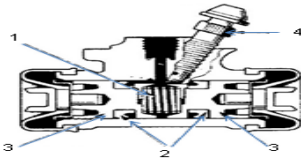
5. Tromol.

6. Silinder roda.

7. Sepatu rem.

Gaya-gaya yang terjadi pada rem tromol adalah

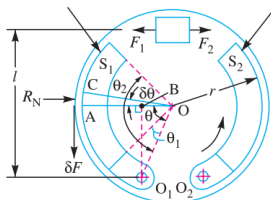
a. Silinder roda.



Gambar 2.4 Silinder roda
(Sumber : Toyota, 1961 : 4-16)

Keterangan :

1. Compression speering
2. Piston cup.
3. Piston.
4. Bleeder plug.



Gambar 2.5 Tromol.
(Sumber : R.S. Khurmi,1980 : 916)

Keterangan :

- l = Jarak engsel dan silinder roda (m).
- Q₁ = Momen engsel kiri (N/m).
- Q₂ = Momen engsel kanan (N/m).
- S₁ = Kanvas kiri.
- S₂ = Kanvas kanan.

Tekanan minyak rem yang dibutuhkan untuk menekan sepatu rem sebagai berikut :

$$Tr = \mu \cdot P_1 \cdot c \cdot r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

(Sumber : R.S. Khurmi,1980 : 916)

Jadi untuk mencari tekanan minyak rem (P₁) pada sepatu rem.

$$P_1 = \frac{Tr \cdot \mu \cdot c \cdot r^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{Tr}$$

Dimana :

- P₁ = Tekanan minyak rem (N/m²).
- T_r = Torsi roda (Nm).
- μ = Koefisien gesek (0,4).
- c = Lebar kanvas rem.
- r_{ck} = Jari-jari kanvas rem (m).
- θ₁ = Sudut engsel dan ujung kanvas rem (sin 25°).
- θ₂ = Sudut kanvas rem (sin 125°).

Dari rumus di atas, dapat mencari momen pada setiap titik tumpu pada sepatu rem depan dan belakang.

Pada sepatu depan.

$$M_n = 0,5 \cdot P_1 \cdot c \cdot r \cdot 001 [(\theta_2 - \theta_1) + 0,5(\sin 2 \cdot \theta_1 - \sin 2 \cdot \theta_2)]$$

(Sumber : R.S. Khurmi,1980 : 916).

Pada sepatu belakang.

$$M_f = \mu \cdot P_1 \cdot c \cdot r [r (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) + 0014 \frac{001}{4} (\cos 2 \cdot \theta_2 - \cos 2 \cdot \theta_1)]$$

(Sumber : R.S. Khurmi,1980 : 916).

Dimana :

- M_n = Momen pada sepatu depan (N/m).
- M_f = Momen pada sepatu belakang (N/m).
- P₁ = Tekanan minyak rem (N/m²).
- r_t = Jari-jari tromol (m).
- c = Lebar kanvas rem (m).
- 001 = Geometri kanvas rem (m).
- θ₁ = Sudut engsel dan ujung kanvas rem (sin 25°).
- θ₂ = Sudut kanvas rem (sin 125°).
- μ = Koefisien gesek kanvas (0,4).

Perhitungan gaya pada silinder roda bawah sebagai berikut :

$$F_1 \cdot L = M_n - M_f$$

(Sumber : R.S. Khurmi,1980 : 917)

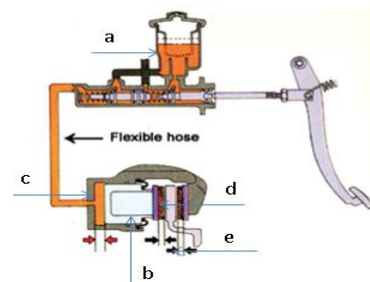
$$F_2 \cdot L = M_n - M_f$$

(Sumber : R.S. Khurmi,1980 : 916)

Dimana :

- F₁ = Gaya untuk silinder roda kiri (N).
- F₂ = Gaya untuk silinder roda kanan (N).
- L = Jarak engsel dan pusat silinder roda (m).

2.8 Rem Cakram.

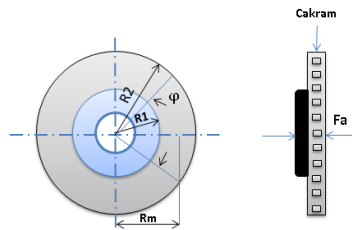


Gambar 2.6 Rem cakram
(Sumber : Toyota 1, 1961 : 5-76)

Keterangan :

- a. Master silinder.
- b. Piston.
- c. Minyak rem.
- d. Kanvas rem.

Rem cakram mempunyai batasan pembuatan pada bentuk dan ukuran.



Gambar 2.7 Gaya pada rem cakram
(Sumber : Sularso, 1987 : 91)

Keterangan :

- F_a = Gaya rem pada sisi cakram (kg).
 R_m = Jari-jari pusat cakram dengan pusat kanvas (m).
 R_1 = Jari-jari dalam kanvas (m).
 R_2 = Jari-jari cakram (m).

Gaya pengereman yang terjadi pada roda depan (F depan). Dimana gaya tekan silinder roda depan pada rem cakram :

$$F_{ck} = 0,5 \cdot \pi \cdot P_1 \cdot r_{ck} (D_{ck} - r_{ck})$$

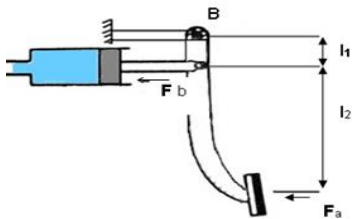
(Sumber : Dr.Ir. Dahmir Dahlan M.Sc 2011 : 242)

$$A_{ck} = F_{ck} P_1 \frac{F_{ck}}{P_1}$$

Keterangan :

- F_{ck} = Gaya tekan silinder roda (N).
 A_{ck} = Luas penampang piston cakram (m²).
 P_1 = Tekanan minyak rem (N/m²).
 D_{ck} = Diameter cakram (m).
 r_{ck} = Jari-jari cakram (m).

2.9 Pedal.



Gambar 2.8 Pedal rem
(Sumber : Toyota, 1961 : 4-2)

keterangan :

- l_1 = Jarak *push rod* dengan ujung atas pedal rem (m).
 l_2 = Jarak antara ujung pedal dengan *push rod* (m).
 F_a = Gaya pijakan manusia (N).
 F_b = Gaya tekan *push rod* (N).
 Sehingga persamaan untuk mencari moment (Nm):
 $M = F \cdot L$ (Nm)

Untuk mencari F_b dapat diketahui :

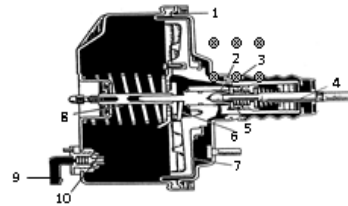
$$F_b = F_a \left(\frac{l_2 + l_1}{l_2} \right) \quad (N)$$

(Sumber : Toyota 2, 1980: 4-4).

Keterangan :

- M = Moment (Nm).
 F_a = Gaya pedal (N).
 L = Panjang lengan (m).
 l_2 = Jarak ujung pedal dan *push rod* (m).
 l_1 = Jarak ujung pedal atas dan rem (m).

2.10 Boster Rem.



Gambar 2.9 Booster Rem
(Sumber : Toyota New Step, Bab V Hal 59)

Keterangan :

1. Karet diafragma.
2. Katup udara.
3. Katup vakum.
4. Tuas pendorong.
5. Katup pengontrol vakum.
6. Tuas reaksi.
7. Torak *booster*.
8. Tuas pendorong.
9. Saluran vakum.

a. Gaya yang dihasilkan oleh *booster* rem.

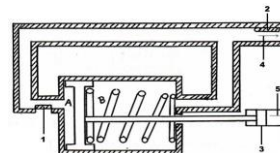
$$F_{bos} = (RTV - RTK) \cdot A_{bos} \quad (N)$$

(Sumber : Sears Zemansky, 1994, Fisika Universitas 1, Jakarta).

Keterangan :

- RTV = Ruang Tekan Variabel (N/m²).
 RTK = Ruang Tekan Konstan (N/m²).
 A_{bos} = Luas penampang diafragma (m²).
 F_{bos} = Gaya untuk menekan silinder rem (N).

b. Prinsip kerja *booster* rem.

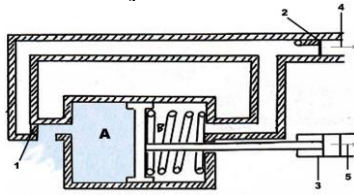


Gambar 2.10 Booster Rem Sebelum Bekerja
(Sumber : Toyota Step 2)

Keterangan :

1. Katup udara
2. Katup satu arah vakum.

3. Hidrolik silinder.
4. Dari *intake manifold*.
5. Arah menuju silinder roda.

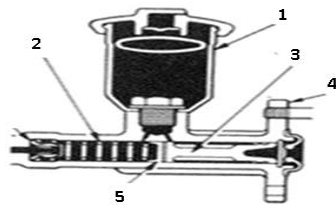


Gambar 2.11 Booster Rem Dalam Keadaan Bekerja (Sumber : Toyota Step 2)

Keterangan :

1. Katup udara.
2. Katup satu arah vakum.
3. Hidrolik silinder.
4. Dari *intake manifold*.
5. Arah menuju silinder roda.

2.11 Master silinder.



Gambar 2.12 Master silinder (Sumber : Toyota, 1961 : 4-2)

Keterangan :

1. Reservoir tank.
2. Pegas.
3. *Piston*.
4. *Body*.
5. *Piston cup*.

mencari tekanan dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$P_{ms} = \frac{F_b}{A_{ms}} \quad (N/m^2)$$

(Sumber : Prof. Emeritus, Sears Zemansky, 1994, Fisika Universitas 1, Jakarta, Hal 297)

Keterangan :

F_b = Gaya untuk menekan silinder rem (N)

P_{ms} = Tekanan minyak rem (N/m²)

A_{ms} = Luas penampang master silinder (m²)

Maka luas penampang piston pada master silinder menggunakan persamaan:

$$A_{ms} = \pi \frac{D_{ms}^2}{4} \quad (m^2)$$

keterangan :

D_{ms} = Diameter master silinder (m).

A_{ms} = Luas penampang master silinder (m²).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Perancangan Rem pada Kendaraan Dinas ¾ ton.

- a. Menghitung gaya kendaraan pada kecepatan 80 Km/jam yang harus dihabiskan sampai kendaraan berhenti (F_{ran}).
- b. Menghitung torsi roda kendaraan.
- c. Menghitung gaya untuk menekan master silinder bawah.
- d. Menentukan dimensi komponen sistem rem kendaraan.
 - 1) Dimensi tromol.
 - 2) Dimensi cakram.
 - 3) Dimensi silinder roda.
 - 4) Dimensi caliper/piston rem.
 - 5) Dimensi master silinder atas.
 - 6) Dimensi pedal rem.
 - 7) Pengujian sistem rem.

3.2 Alat dan bahan

3.2.1 Alat yang digunakan terdiri dari:

- a. Jangka sorong.
- b. Satu set Toolkit

3.2.2 Bahan :

- a. Pedal rem.
- b. Boster rem.
- c. Master silinder rem.
- d. Silinder roda.
- e. *Caliper/piston* rem.

3.3 Prosedur Perancangan.

Prosedur perancangan dimulai secara bertahap, meliputi tahap-tahap pengujian sebagai berikut:

3.3.1 Tahap persiapan.

- a. Menentukan tempat perancangan sistem rem kendaraan.
- b. Mempersiapkan alat perlengkapan yang dibutuhkan dalam perancangan sistem rem kendaraan.

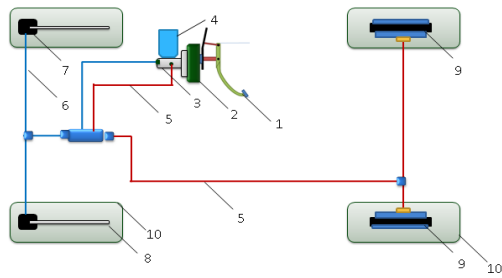
3.3.1 Tahap perencanaan.

- a. Menghitung gaya kinetik kendaraan.
- b. Menentukan dimensi komponen sistem pengereman.

3.4 Data Teknik Kendaraan Dinas ¾ ton.

1. Panjang Kendaraan (P_{ran}): 5000 mm.
2. Berat Kendaraan (W_{ran}) : 2850 Kg.
3. Lebar Kendaraan (L_{ran}) : 1800 mm.
4. Tinggi Kendaraan (T_{ran}) : 1800 mm.
5. Jarak poros roda (L_{rd}) : 3000 mm.
6. Diameter roda (D_r) : 590 mm.
7. Diameter pipa rem (D_{pr}) : 5 mm.
8. Berat roda depan (W_D) : 1878 Kg
9. Berat roda belakang (W_B) : 1252 Kg.
10. Tinggi sumbu kendaraan (h) : 900 mm.

3.5 Desain Gambar konstruksi sistem pengereman pada mobil dinas ¾ ton.

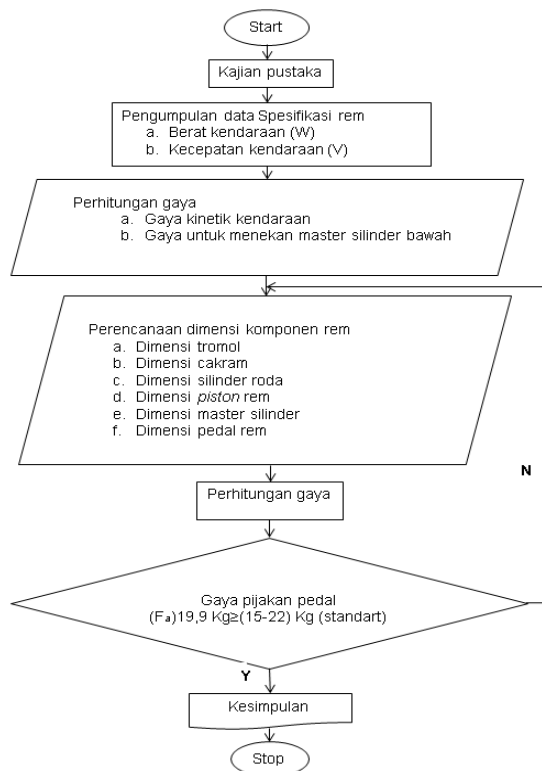


Gambar 25. Tampak atas.

Keterangan :

1. Pedal rem.
2. Boster rem.
3. Master rem.
4. *Reservoir tank*.
5. Pipa saluran minyak rem roda belakang.
6. Pipa saluran minyak rem roda depan.
7. Rangkaian rem cakram.
8. *Disk brake* / Piringan cakram.
9. Rangkaian rem tromol pada roda belakang.
10. Ban kendaraan.

3.6 Diagram Alir.



3.7 Hasil Data Dan Pembahasan Perhitungan.

3.7.1 Gaya Kendaraan.

$$W \cdot V^2 \cdot 2 \cdot g = \left(\frac{F_{\text{ran}} \cdot r_t}{r_t D} \right) \cdot S \cdot 4$$

Dimana :

$$S = \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{(22,8 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 25,696 \text{ m}$$

$$W \cdot V^2 \cdot 2 \cdot g = \left(\frac{F_{\text{ran}} \cdot d}{D} \right) \cdot S \cdot 4$$

$$\frac{3500 \text{ Kg} (80 \text{ km/jam})^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{3500 \text{ Kg} (80 \text{ km/jam})^2} = \left(\frac{F_{\text{ran}} \cdot 0,3 \text{ m}}{0,6 \text{ m}} \right) \cdot 33,11 \text{ m} \cdot 4$$

$$\frac{3500 \text{ Kg} (22,8 \text{ m/s})^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{3500 \text{ Kg} (22,8 \text{ m/s})^2} = \left(\frac{F_{\text{ran}} \cdot 0,3 \text{ m}}{0,6 \text{ m}} \right) \cdot 33,11 \text{ m} \cdot 4$$

$$\frac{92733,94 \text{ Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m/s}^2}{92733,94 \text{ Nm}} = F_{\text{ran}} \cdot 66,22 \text{ m}$$

3.7.2 Torsi roda (Tr).

$$T_r = F_{\text{ran}} \cdot r_d \cdot \mu$$

$$= 1400,39 \text{ N} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 0,8$$

$$= 336,09 \text{ Nm.}$$

3.7.3 Tekanan minyak rem (P_1) pada satu sepatu rem.

$$P = \frac{Tr \mu \cdot c \cdot r^2 (\cos 25^\circ - \cos 125^\circ)}{Tr}$$

$$\mu \cdot c \cdot r^2 (\cos 25^\circ - \cos 125^\circ)$$

$$= 336,09 \text{ Nm} \cdot 0,4 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot (0,15 \text{ m})^2 (0,90 - (-0,57))$$

$$\frac{336,09 \text{ Nm.}}{0,4 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot (0,15 \text{ m})^2 (0,90 - (-0,57))}$$

$$\frac{336,09 \text{ Nm}}{336,09 \text{ Nm}}$$

$$= 336,09 \text{ Nm} / 0,00066 \text{ m}^3 = 509227,27 \text{ N/m}^2$$

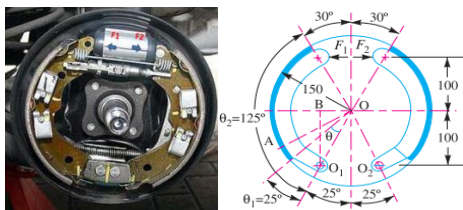
Tekanan minyak rem yang dibutuhkan pada dua sepatu rem.

$$P_1 = 2 \cdot P$$

$$= 2 \cdot 509227,27 \text{ N/m}^2$$

$$= 1018454,54 \text{ N/m}^2.$$

3.7.4 Perencanaan dimensi tromol.



Gambar 3.1 Dimensi tromol.
(Sumber : Photo Doc. VEDC Malang)

sehingga gaya silinder roda (F_1 dan F_2) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_1 \cdot L = M_n - M_f, F_2 \cdot L = M_n + M_f$$

Dimana :

a. Geometri angka

$$00_1 = 01 B \cos 25^\circ \cos 25^\circ =$$

$$\frac{10}{100,90} = 0,1111 \text{ m.}$$

$$\theta_1 = 25^\circ = 25 \cdot \frac{3,14}{180} = 0,436 \text{ rad.}$$

$$\theta_2 = 125^\circ = 125 \cdot \frac{3,14}{180} = 2,18 \text{ rad.}$$

b. Momen normal kanvas rem.

$$M_n = \frac{1}{2} \cdot P_1 \cdot c \cdot r \cdot 00_1$$

$$[(\theta_2 - \theta_1) + 0,5 (\sin 2 \cdot \theta_1 - \sin 2 \cdot \theta_2)]$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1018454,54 \text{ N/m}^2 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 0,1111 \text{ m} [(2,18 - 0,436) + 0,5(0,76 - (-0,93))]$$

$$= 3819,2 \text{ N} \cdot 2,594 \text{ m}$$

$$= 9907,004 \text{ Nm.}$$

$$M_f = \mu \cdot P_1 \cdot c \cdot r$$

$$\frac{001}{[r (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) + 001 \frac{4}{4} (\cos 2 \cdot \theta_2 - \cos 2 \cdot \theta_1)]}$$

$$= 0,4 \cdot 1018454,54 \text{ N/m}^2 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot \frac{0,1111}{[0,1 \text{ m} (\cos 25^\circ - \cos 125^\circ) + 0,1111 \frac{4}{4} (\cos 50^\circ - \cos 250^\circ)]}$$

$$= 3055,36 \text{ N/m}^2 \cdot (0,2205 \text{ m} + (-0,00825)) = 648,50 \text{ Nm.}$$

Jadi

$$F_1 \cdot L = M_n - M_f$$

$$F_1 \cdot 0,2 \text{ m} = 9907,004 \text{ Nm} - 648,50 \text{ Nm}$$

$$\frac{9258,50 \text{ N/m}}{F_1 = 9258,50 \text{ N/m} / 0,2 \text{ m} = 46292,52 \text{ N.}}$$

$$F_2 \cdot L = M_n + M_f$$

$$F_2 \cdot 0,2 \text{ m} = 9907,004 \text{ Nm} + 648,50 \text{ Nm.}$$

$$\frac{1,47 \text{ N/m}}{F_2 = 1,47 \text{ N/m} / 0,2 \text{ m} = 5277,75 \text{ N.}}$$

Luas penampang silinder roda bawah

$$\frac{F_2}{A_{sr} = \frac{F_2 P_1 P_1}{5277,75 \text{ N} \cdot 1018454,54 \text{ N/m}^2} = 0,0051 \text{ m}^2.$$

Menghitung diameter silinder roda bawah

$$A_{sr} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{sr}^2$$

$$D_{sr}^2 = \frac{A_{sr} \cdot 4}{\pi}$$

$$\frac{0,0051 \text{ m}^2}{= 0,0051 \text{ m}^2 \cdot 3,14 / 4 = 0,0064 \text{ m}^2}$$

$$D_{sr} = 0,08 \text{ m.}$$

Jadi diameter silinder roda pada rem tromol sebesar 0,08 m.

3.7.5 Perencanaan dimensi cakram.



Gambar 3.2 Dimensi tromol.
(Sumber : Photo Doc. VEDC Malang)

maka direncanakan diameter cakram (D_{ck}) 0,22 m:

$$F_{ck} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot P_1 \cdot r_{ck} (D_{ck} - r_{ck})$$

Dimana :

$$r_{ck} = \frac{D_{ck}}{2} = \frac{0,22 \text{ m}}{2} = 0,11 \text{ m}$$

Sehingga :

$$F_{ck} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot P_1 \cdot r_{ck} (D_{ck} - r_{ck}) = \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 1018454,54 \text{ N/m}^2 \cdot 0,11 \text{ m} (0,22 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) = 175887,09 \text{ Nm/m}^2 \cdot 0,11 \text{ m} = 19347,58 \text{ N}$$

Menghitung luas penampang *caliper/piston* pada cakram.

$$A_{ck} = \frac{F_{ck}}{P_1} = \frac{19347,58 \text{ N}}{1018454,54 \text{ N/m}^2} = 0,018 \text{ m}^2$$

Menghitung diameter *caliper/piston* rem cakram pada roda depan

$$A_{ck} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{ck}^2$$

$$D_{ck}^2 = \frac{A_{ck}}{\pi/4} = \frac{0,018 \text{ m}^2}{3,14/4} = 0,022 \text{ m}^2$$

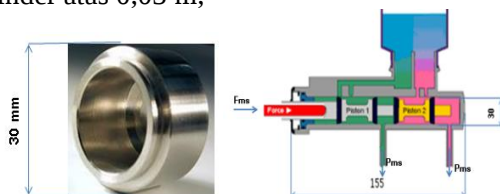
$$D_{ck} = 0,14 \text{ m}$$

Jadi diameter *caliper/piston* rem cakram pada roda depan 0,14 m.

3.7.6 Perencanaan dimensi master silinder atas.

$$P_{ms} = \frac{F_b}{A_{ms}} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Direncanakan diameter piston pada master silinder atas 0,03 m,



Gambar 3.3 Dimensi master silinder.
(Sumber : Photo Doc. VEDC Malang)

Luas penampang master silinder atas sebagai berikut :

$$A_m = \frac{\pi}{4} (D_{ms}^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,03\text{m})^2 = 3,144 \cdot 4 \cdot (0,03\text{m})^2$$

$$= 0,785 \cdot 0,00009 \text{ m}^2 = 0,0007 \text{ m}^2$$

Jadi luas penampang (A_{ms}) master silinder atas sebesar $0,0007 \text{ m}^2$, maka gaya pada batang pendorong (F_b) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

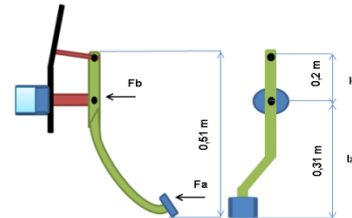
$$P_{ms} = \frac{F_b}{A_{ms}} \cdot \mu_h$$

$$F_b = P_{ms} \cdot A_{ms}$$

$$\mu_h = 509227,27 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0007 \text{ m}^2 \cdot 0,9 = 320,81 \text{ N}$$

Jadi gaya pada batang pendorong sebesar 320,81 N.

3.7.7 Perencanaan Pedal.



Gambar 3.4 Dimensi pedal rem.
(Sumber : Photo Doc. VEDC Malang)

Sehingga dapat menentukan gaya pijakan manusia yang diperlukan pada saat pengereman dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_b = F_a \cdot \frac{(l_2 + l_1) l_2}{l_1}$$

$$320,81 \text{ N} = F_a \cdot \frac{(0,31 \text{ m} + 0,2 \text{ m}) 0,31 \text{ m}}{0,31 \text{ m}}$$

$$320,81 \text{ N} = F_a \cdot \frac{0,51 \text{ m} 0,31 \text{ m}}{0,31 \text{ m}}$$

$$320,81 \text{ N} = F_a \cdot 1,64$$

$$F_a = \frac{320,81 \text{ N}}{1,64} = 195,61 \text{ N}$$

$$F_a = 19,9 \text{ Kg}$$

Jadi gaya yang dibutuhkan untuk menekan pedal rem sebesar 19,9 Kg.

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan rem pada kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ Ton, dengan berat kendaraan, berat muatan dan 4 penumpang 3500 Kg pada kecepatan 80 Km/jam. maka diperoleh hasil dan dimensi komponen rem yang direncanakan sebagai berikut :

- Energi kinetik total pada kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ ton dengan kecepatan 80 km/jam = 1224,95 N.
- Tekanan minyak rem yang dibutuhkan = 684042,55 N/m²
- Dimensi master silinder bawah pada roda depan.

- 1) Luas penampang piston rem = 0,0017 m².
- 2) Diameter piston rem = 0,045 m.
- d. Dimensi master silinder bawah pada roda belakang.
 - 1) Luas penampang piston rem = 0,0012 m².
 - 2) Diameter piston rem = 0,038 m.
- e. Dimensi master silinder atas.
 - 1) Luas penampang master silinder = 0,00108 m².
 - 2) Diameter piston master silinder = 0,036 m.
- f. Gaya pedal rem = 15,49 kgf.

5. SARAN

5.1 Agar sistem rem pada kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ Ton dilakukan tes *drive* dan tes *Bench*.

5.2 Agar sistem rem pada kendaraan dinas $\frac{3}{4}$ Ton bisa dianalisa dan dibandingkan dengan kendaraan yang mempunyai spesifikasi yang sama.

6. DAFTAR PUSTAKA.

Sears. Zemansky.1982, Fisika Untuk Universitas 1 Jilid 4, Bina cipta, Bandung.

Sularso. Ir. MSME. 1987 Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin. Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Toyota New Step 1 Training Manual, penerbit PT Toyota Astra Motor.

Toyota Step 2 Chassis Group, penerbit PT Toyota Astra Motor.

Ram Nagar, 1980 New Delhi-110055.