

**BAB III**  
**ANALISIS SISTEM REM**  
**PADA KENDARAAN *OFF ROAD* TOYOTA FJ40**  
**A. Spesifikasi Kendaraan *Off Road* Toyota FJ40**



**Gambar 3.1** Unit kendaraan *off road* Toyota FJ40  
(Sumber : Dokumentasi oleh Jaelani)

**1. Dimensi Kendaraan**

Panjang	: 3840 mm
Lebar	: 1666 mm
Tinggi	: 2000 mm
Jarak sumbu roda	: 2285 mm
Jarak pijak depan	: 1460 mm
Jarak pijak belakang	: 1440 mm

**2. Berat**

Berat kosong	: 2100 kg
Berat depan	: 1260 kg
Berat belakang	: 840 kg
Berat berpenumpang (asumsi)	: 3100 kg

Berat depan + penumpang : 1660 kg

Berat belakang + penumpang : 1440 kg

### 3. *Engine*

Model : Toyota Dyna 14B

Diameter x langkah : 72,0 x 91,8 mm

Isi silinder : 3900 cc

Tenaga : 97/6000 ps/rpm

Torsi : 134/4400 nm/rpm

### B. Analisis Sistem Rem Cakram

Sebelum dilakukan proses modifikasi, sistem pengereman yang ada pada unit kendaraan off road Toyota FJ40 ini menggunakan sistem rem tromol tipe *double action two leading*.



**Gambar 3.2** Kondisi rem tromol setelah di bongkar  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Sementara itu rem cakram yang akan dipasang pada unit kendaraan off road Toyota FJ40 ini merupakan rem cakram tipe *fixed caliper* dan juga dengan menggunakan cakram tipe ventilasi.



**Gambar 3.3** Kondisi rem cakram setelah dipasang  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Adapun proses pembongkaran rem tromol dan pemasangan rem cakram yaitu sebagai berikut :

1. Proses pembongkaran rem tromol



**Gambar 3.4** Kondisi rem tromol setelah dibongkar dari unit kendaraan  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- a. Angkat kendaraan dengan menggunakan *car lift*.
- b. Kendorkan mur pengikat roda dengan menggunakan *impact*.
- c. Lepaskan roda dengan kedua tangan.
- d. Lepaskan tutup tromol dengan kedua tangan.
- e. Lepaskan sepatu rem tromol.
- f. Lepaskan pegas pengembali.

- g. Lepaskan *axle shaft* dengan menggunakan *sliding hammer*.
  - h. Lepaskan mur dan baut *tie rod* dari *steering knuckle*.
  - i. Lepaskan *back plate*.
2. Pemasangan rem cakram



**Gambar 3.5** Kondisi rem cakram sebelum dibersihkan  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- a. Lakukan pembersihan dan pemeriksaan terlebih dahulu pada komponen - komponen yang terdapat pada rem cakram.
  - Pembersihan cakram dari karat dan kerak yang menempel.



**Gambar 3.6** Kondisi rem cakram setelah dibersihkan  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- Pemeriksaan permukaan cakram dengan menggunakan *dial gauge*.



**Gambar 3.7** Pemeriksaan kondisi permukaan cakram  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- Pembersihan caliper rem dari kotoran dan kerak dengan menggunakan sikat kawat.



**Gambar 3.8** Kondisi caliper rem sebelum dan setelah dibersihkan  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- Pemeriksaan kondisi *piston* rem dan *seal*. *Seal piston* rem telah rusak sehingga harus dilakukan penggantian dengan yang baru.



**Gambar 3.9** Kondisi *piston* rem cakram  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- Penggantian *seal piston* rem serta pemasangan kembali *piston* rem ke dalam *caliper* rem.



**Gambar 3.10** Pemasangan *seal piston* rem cakram  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- Pembersihan *brake pad* dengan menggunakan amplas kasar untuk menghilangkan kerak dan kotoran yang menempel pada *brake pad* serta penggunaan amplas halus untuk menghaluskan permukaan *brake pad* yang telah diampelas kasar, lalu disemprotkan udara dari *air gun* untuk menghilangkan kotoran-kotoran kecil bekas pengamplasan.
- Pemasangan seluruh komponen menjadi utuh kembali.



**Gambar 3.11** Kondisi rem cakram setelah dipasang kembali  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

b. Pemasangan rem cakram ke unit kendaraan.

- Pasang kembali *drive shaft* yang telah dibersihkan serta diolesi kembali dengan gemuk.



**Gambar 3.12** Kondisi *drive shaft* setelah dipasang kembali ke unit  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

- Pemasangan rem cakram pada unit kendaraan dengan baut-baut.
- Pemasangan kembali *steering knuckle* pada rem cakram serta disambungkan pada tie rod dengan menggunakan mur dan baut.



**Gambar 3.13** Kondisi rem cakram setelah dipasang kembali ke unit  
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

### C. Perhitungan Pengereman pada Kendaraan *Off Road* Toyota FJ40

#### 1. Perhitungan Gaya yang Terjadi pada Rem

##### a. Gaya Pengereman

Besarnya gaya pengereman pada kendaraan dapat diketahui dengan persamaan berikut ini :

$$F_{b,d} = e \cdot F_{d,D} \quad (\text{Sularso, 1997 : 77})$$

Dimana :

$F_{b,d}$  = Gaya pengereman untuk roda depan (kg)

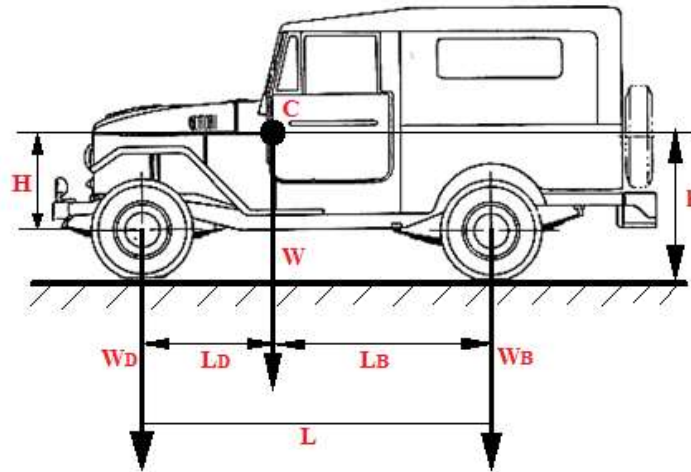
$F_{d,D}$  = Beban dinamis kendaraan bagian depan (kg)

$e$  = Koefisien gesek antara roda dan permukaan jalan (0,6)



## b. Perhitungan Titik Berat/Center of Gravity (CG)

### 1. Titik berat terhadap jarak sumbu roda kendaraan



**Gambar 3.14** Titik berat kendaraan terhadap jarak sumbu kendaraan  
(Sumber : <http://autoautomobiles.narod.ru/english/toyota/Toyota-Land-Cruiser-FJ28KB-1958/>)

$$\sum \text{Momen di titik D} = 0$$

$$W_B \cdot L - W \cdot L_D = 0 \quad (\text{Sutantra I.N, 2001 : 63})$$

$$W_B \cdot L = W \cdot L_D$$

➤ Pada saat beban  $W_1 = 2100 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} L_{D1} &= \frac{W_B \cdot L}{W_1} \text{ mm} \\ &= \frac{840 \cdot 2285}{2100} \text{ mm} \\ &= 914 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Pada saat beban  $W_2 = 3100 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} L_{D2} &= \frac{W_B \cdot L}{W_2} \text{ mm} \\ &= \frac{840 \cdot 2285}{3100} \text{ mm} \\ &= 1333 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Pada saat beban  $W_1 = 2100$  kg

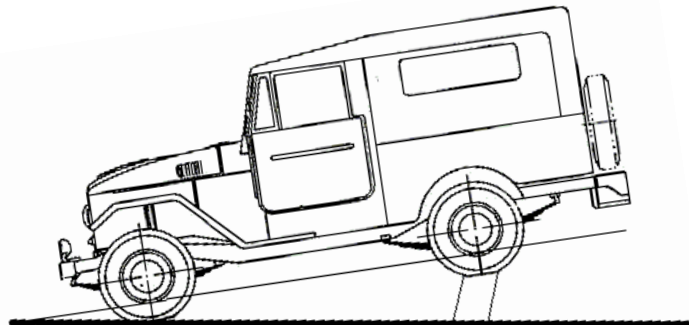
$$\begin{aligned} L_{B_1} &= L - L_{D_1} \text{ mm} \\ &= 2285 - 914 \text{ mm} \\ &= 1371 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Pada saat beban  $W_2 = 3100$  kg

$$\begin{aligned} L_{B_2} &= L - L_{D_2} \text{ mm} \\ &= 2285 - 1333 \text{ mm} \\ &= 952 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 2. Tinggi titik berat

Untuk mencari tinggi titik berat kendaraan, pada roda belakang atau depan dapat ditopang dengan timbangan dan roda lain didongkrak sehingga membentuk sudut  $\theta$   $20^\circ$ .



**Gambar 3.15** Tinggi titik berat kendaraan

(Sumber : <http://autoautomobiles.narod.ru/english/toyota/Toyota-Land-Cruiser-FJ28KB-1958/>)

Diketahui :

$$W_1 = 2100 \text{ kg}$$

$$W_2 = 3100 \text{ kg (berpenumpang)}$$

$$\text{Sudut } \theta = 20^\circ$$

$$W_{dD1} = 1360 \text{ kg (perubahan berat bagian depan setelah diangkat)}$$

$$W_{dD2} = 1760 \text{ kg (perubahan berat berpenumpang bagian depan setelah diangkat)}$$

$$\text{Diameter velg} = 410 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Ban} = 230 \text{ mm}$$

$$\text{Kemudian : } r = \frac{1}{2} \varnothing \text{ velg} + \text{tebal ban}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 410 + 230$$

$$= 435 \text{ mm}$$

➤ Pada saat beban  $W_1 = 2100 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} H_1 &= \frac{(W_{dD1} \cdot L) - (W \cdot LB_1)}{W_1 \tan \theta} \\ &= \frac{(1360 \cdot 2285) - (2100 \cdot 1371)}{2100 \tan 20} \\ &= \frac{(3107600) - (2879100)}{756} \\ &= 302,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Pada saat beban  $W_2 = 3100 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} H_2 &= \frac{(W_{dD2} \cdot L) - (W \cdot LB_2)}{W_2 \tan \theta} \\ &= \frac{(1760 \cdot 2285) - (3100 \cdot 952)}{3100 \tan 20} \\ &= \frac{(4021600) - (2951200)}{1116} \\ &= 959,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi titik pusat kendaraan dari permukaan tanah kemudian dirumuskan dengan penambahan jari-jari dari roda kendaraan tersebut.

➤ Pada saat beban  $W_1 = 2100$  kg

$$\begin{aligned} h_1 &= H_1 + r \\ &= 302,2 + 435 \\ &= 837,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Pada saat beban  $W_2 = 3100$  kg

$$\begin{aligned} h_2 &= H_2 + r \\ &= 959,1 + 435 \\ &= 1394,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Keterangan :

$r$  = Jari-jari roda (mm)

$H$  = Tinggi titik berat kendaraan ke sumbu roda (mm)

$h$  = Tinggi titik berat kendaraan ke permukaan tanah (mm)

Sehingga penambahan gaya reaksi roda depan dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

➤ Pada saat beban  $W_1 = 2100$  kg

$$\begin{aligned} F'_{\text{depan}} &= W_1 \cdot e \frac{h_1}{L} && \text{(Sularso, 1997 : 87)} \\ &= 2100 \cdot 0,6 \frac{837,2}{2285} \\ &= 462 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Pada saat beban  $W_2 = 3100$  kg

$$F'_{\text{depan}} = W_2 \cdot e \frac{h_2}{L}$$

$$= 3100 \cdot 0,6 \frac{1394,1}{2285}$$

$$= 1135 \text{ kg}$$

### c. Beban Dinamis Kendaraan

Beban dinamis kendaraan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Pada saat tidak berpenumpang

$$F_{Dd1} = W_{D1} + F'_{\text{depan}} \quad (\text{Sularso, 1997 : 88})$$

$$= 1260 + 462$$

$$= 1722 \text{ kg}$$

Jadi gaya pengereman untuk roda depan adalah :

$$F_{bd1} = e \cdot F_{Dd1} \quad (\text{Sularso, 1997 : 77})$$

$$= 0,6 \cdot 1722$$

$$= 1033,2 \text{ kg}$$

- Pada saat berpenumpang

$$F_{Dd2} = W_{D2} + F'_{\text{depan}} \quad (\text{Sularso, 1997 : 88})$$

$$= 1660 + 1135$$

$$= 2795 \text{ kg}$$

Jadi gaya pengereman untuk roda depan adalah :

$$F_{bd2} = e \cdot F_{Dd2} \quad (\text{Sularso, 1997 : 77})$$

$$= 0,6 \cdot 2795$$

$$= 1677 \text{ kg}$$

## 2. Perhitungan Tekanan Hidrolik

### a. *Output* pedal rem

Untuk mengetahui besarnya output pedal rem, digunakan persamaan berikut :

$$FK = Q \cdot \frac{a}{b} \quad (\text{Toyota Astra Motor, 1998 : 20})$$

Dimana :

FK = *Output* pedal rem (kg)

Q = Gaya yang menekan pedal rem (kg)

$\frac{a}{b}$  = Perbandingan tuas pedal rem

Dari hasil pengukuran terhadap pedal rem *off road* Toyota FJ40 diketahui bahwa perbandingan panjang pedal rem adalah 6 : 1. Angka tersebut didapat dari panjang a = 420 mm dan panjang b = 70 mm.

Perhitungan :

$$\begin{aligned} FK &= Q \cdot \frac{a}{b} \\ &= 25 \cdot 6 \\ &= 150 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, akan didapat sebuah tabel output pedal rem pada gaya variasi yang menekan pedal rem antara 5 – 50 kg sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Output pedal rem

Gaya yang menekan pedal rem (Q)	Output pedal (FK)
5 kg	30 kg
10 kg	60 kg
15 kg	90 kg

Gaya yang menekan pedal rem (Q)	Output pedal (FK)
20 kg	120 kg
25 kg	150 kg
30 kg	180 kg
35 kg	210 kg
40 kg	240 kg
45 kg	270 kg
50 kg	300 kg

**b. Gaya yang menekan *piston* master silinder**

Gaya yang menekan *piston* master silinder pada kendaraan yang menggunakan *booster* rem, dapat diketahui dengan persamaan :

$$F_d = F_K \cdot v$$

Dimana :

$F_d$  = Gaya yang menekan *piston* master silinder (kg)

$F_K$  = Output pedal rem (kg)

$v$  = 1,73 (*amplification factor / booster* rem)

Perhitungan :

$$\begin{aligned} F_d &= F_K \cdot v \\ &= 150 \cdot 1,73 \\ &= 259,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama maka akan diperoleh tabel harga  $F_d$  untuk gaya yang menekan pedal rem (Q) 5 – 50 kg adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.2** Gaya yang menekan *piston* master silinder

<b>Q</b>	<b>FK</b>	<b>Fd</b>
5 kg	30 kg	51,9 kg
10 kg	60 kg	103,8 kg
15 kg	90 kg	155,7 kg
20 kg	120 kg	207,6 kg
25 kg	150 kg	259,5 kg
30 kg	180 kg	311,4 kg
35 kg	210 kg	363,3 kg
40 kg	240 kg	415,2 kg
45 kg	270 kg	467,1 kg
50 kg	300 kg	519 kg

### c. Tekanan hidrolik

Untuk menghitung tekanan hidrolik ( $P_e$ ) pada rem hidrolik disc brake, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_e = \frac{4F_d}{\pi \cdot d^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (\text{G. Hamm G. Burk, 1986 : 63})$$

Dimana :

$P_e$  = Tekanan hidrolik (kg/cm<sup>2</sup>)

$F_d$  = Gaya yang menekan master silinder (kg)

$D_m$  = Diameter master silinder (cm)

Perhitungan :

$$F_d = 259,5 \text{ kg}$$

$$D_m = 2,54 \text{ cm}$$

$$\text{➤ } P_e = \frac{4F_d}{\pi \cdot d^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$



$$= \frac{4 \cdot 259,5}{3,14 \cdot (2,54)^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$= \frac{1038}{20,26} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$= 51,23 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama maka diperoleh suatu tabel tekanan hidrolik disc brake pada kendaraan off road Toyota FJ40, sebagai berikut :

<b>Q</b>	<b>FK</b>	<b>Fd</b>	<b>Pe</b>
5 kg	30 kg	51,9 kg	10,25 kg/cm <sup>2</sup>
10 kg	60 kg	103,8 kg	20,5 kg/cm <sup>2</sup>
15 kg	90 kg	155,7 kg	30,74 kg/cm <sup>2</sup>
20 kg	120 kg	207,6 kg	41 kg/cm <sup>2</sup>
25 kg	150 kg	259,5 kg	51,23 kg/cm <sup>2</sup>
30 kg	180 kg	311,4 kg	61,5 kg/cm <sup>2</sup>
35 kg	210 kg	363,3 kg	71,73 kg/cm <sup>2</sup>
40 kg	240 kg	415,2 kg	82 kg/cm <sup>2</sup>
45 kg	270 kg	467,1 kg	92,22 kg/cm <sup>2</sup>
50 kg	300 kg	519 kg	102,5 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabel 3.3** Tekanan hidrolik

#### **d. Waktu pengereman**

$$t = \frac{v}{e.g} \text{ (s)} \quad \text{(Nyoman Sutantra, 2001 : 63)}$$

Dengan asumsi kecepatan kendaraan  $v = 90 \text{ km/jam} = 25 \text{ m/s}$

Perhitungan :

$$t = \frac{25}{0,6 \cdot 9,8} \text{ (s)}$$

$$= 4,25 \text{ s}$$

### e. Jarak pengereman

Untuk mengetahui besarnya jarak pengereman dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S = \frac{v^2}{2 \cdot g} \text{ (m)} \quad \text{(Nyoman Sutantra, 2001 : 63)}$$

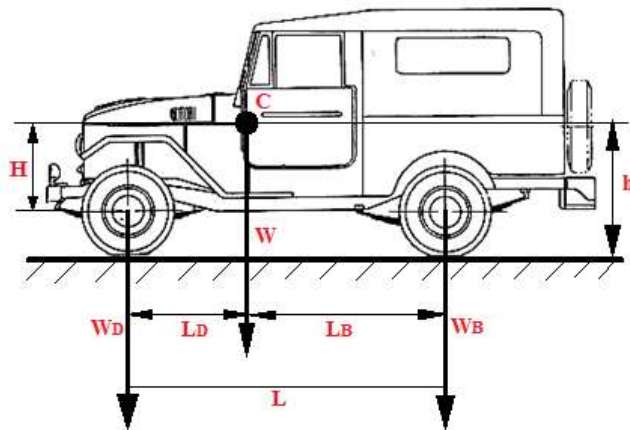
Dengan asumsi kecepatan kendaraan  $v = 90 \text{ km/jam} = 25 \text{ m/s}$

Perhitungan :

$$S = \frac{(25)^2}{0,6 \cdot 9,8} \text{ (m)}$$

$$= 106,3 \text{ m}$$

### D. Data Hasil Perhitungan



- H = 302,2 mm (tanpa penumpang) dan 959,1 mm (berpenumpang)
- h = 837,2 mm (tanpa penumpang) dan 1394,1 mm (berpenumpang)
- W = 2100 kg (tanpa penumpang) dan 3100 kg (berpenumpang)
- $W_D$  = 1260 kg (tanpa penumpang) dan 1860 kg (berpenumpang)
- $L_D$  = 914 mm (tanpa penumpang) dan 1333 mm (berpenumpang)
- $W_B$  = 840 kg (tanpa penumpang) dan 1240 kg (berpenumpang)
- $L_B$  = 1371 mm (tanpa penumpang) dan 952 mm (berpenumpang)
- L = 2285 mm