



TUGAS AKHIR (*Desain*) - TM091486

## **ANALISA SISTEM Pengereman pada KENDARAAN HYBRID RODA TIGA "SAPUJAGAD"**

DIMAS PERDANA MARTINO  
NRP. 2108100093

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014





FINAL PROJECT (*Design*) - TM091486

## ANALYSIS BRAKING SYSTEM OF HYBRID VEHICLE "SAPUJAGAD"

DIMAS PERDANA MARTINO  
NRP. 2108100093

Academic Supervisor  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014

## **ANALISA SISTEM Pengereman PADA KENDARAAN *HYBRID* SAPUJAGAD**

**Nama Mahasiswa** : Dimas Perdana Martino  
**NRP** : 2108100093  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra,  
M.Sc., Ph.D.

### ***ABSTRAK***

*Pengereman bagi sebuah kendaraan merupakan salah satu faktor yang sangat penting yang mempengaruhi keamanan dan kestabilan arah kendaraan. Kinerja atau kemampuan sistem pengereman kendaraan dapat dinilai dari jarak pengereman minimum, dan kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman.*

*Pada tugas akhir kali ini akan dilakukan analisis stabilitas kendaraan pada kendaraan HyVI (Sapujagad). Analisis dilakukan dengan melakukan perumusan pada jarak pengereman minimum dan distribusi pengereman ( $K_{bf}$  dan  $K_{br}$ ), sehingga dapat diketahui kinerja pengereman kendaraan tersebut terhadap kestabilan arah kendaraan (*oversteer*, *understeer*) dengan memvariasikan kecepatan.*

*Hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini adalah jarak pengereman minimum kendaraan dengan kecepatan yang berbeda, dan distribusi pengereman yang ideal untuk kendaraan.*

***Kata kunci : kendaraan roda tiga, jarak pengereman minimum,  
 $K_{bf}$ ,  $K_{br}$ , oversteer, understeer.***

# ANALYSIS BRAKING SYSTEM OF HYBRID VEHICLE "SAPUJAGAD"

**Name of Student** : Dimas Perdana Martino  
**NRP** : 2108100093  
**Major** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Advisor Lecture** : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra,  
M.Sc., Ph.D.

## **ABSTRACT**

*Braking for a vehicle is one of the most important factors that affect the security and stability of the direction of the vehicle. Performance or the ability of the vehicle braking system can be judged from the minimum braking distance, and direction of the vehicle stability during braking.*

*The final project will be the analysis of the stability of the vehicle at the vehicle HyVI (Sapujagad). Analyses were performed with the formulation of the minimum braking distance and braking distribution ( $K_{bf}$  dan  $K_{br}$ ), so that it can be seen that the braking performance of the vehicle stability toward vehicle (oversteer, understeer) by varying the speed.*

*The results are from this final project is the minimum braking distances of vehicles with different speeds, and braking distribution that is ideal for vehicles.*

**Keywords** : *three-wheeled vehicles , minimum braking distance ,  $K_{bf}$ ,  $K_{br}$ , oversteer, understeer.*

**ANALISA BRAKING SYSTEM PADA KENDARAAN  
HYBRID RODA TIGA “SAPUJAGAD”**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Desain  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Dimas Perdana Martino**  
NRP. 2108 100 093

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantira, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing)
2. Yohanes, S.T., M.Sc., Eng. (Penguji I)
3. Dr.Eng. Harus Laksana Guntur, S.T., M.Eng. (Penguji II)
4. Dr. Wiwiek Hendrowati, S.T., M.T. (Penguji III)

**SURABAYA**  
**Januari 2014**

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjat puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat terselesaikan tugas akhir ini dengan judul “Analisa Pengereman Kendaraan Pedesaan Produk Dalam Negeri”.

Adapun tugas akhir ini merupakan salah satu syarat umum untuk menyelesaikan studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Eng.Sc., Ph.D. selaku ketua jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan masukan-masukan sehingga bisa terselesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. H. Komaruzzaman, S.H., M.H. dan Endang Sri Hartati yang telah menjadi orang tua yang begitu luar biasa dalam memberikan dukungan moral maupun materi dalam menyelesaikan studi S1 di kampus Teknik Mesin ITS.
4. Dwita Ajeng Martidhania dan Devita Triwiraputri Martinadhia sebagai adik yang senantiasa memberi dukungan tiada henti kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Anggita Claratika sebagai seseorang yang selalu menjadi penerang dalam kegelapan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. M. Rifki Effendi, Thaufan Yudhistira, Fachri Nugrahasyah, Bagus Kusuma, Dimaz Gesang, dan rekan-rekan laboratorium desain yang lain yang telah menemani hari-hari yang menyenangkan dalam laboratorium desain.



7. Semua sarekat merah rakyat mesin, M 51, dan terutama warga desain, dan semua pihak yang telah membantu tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.

Akhir kata penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi kita semua. Saya menyadari dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu sebagai penulis saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna kesempurnaan Tugas akhir ini.

Surabaya, Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

Judul.....	i
<i>Title</i> .....	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak.....	iv
<i>Abstrack</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Dasar Teori Umum.....	5
2.1.1 Sistem Pengereman.....	5
2.2 Dasar Teori Analisa Pengereman.....	8
2.2.1 Jarak Pengereman.....	8
2.2.2 Analisa Distribusi Pengereman berdasarkan Dimensi (Kemampuan Sitem Rem Kendaraan).....	10

2.2.2.1 Gaya Pedal.....	10
2.2.2.2 Tekanan Hidrolik Master Silinder .....	11
2.2.2.3 Rem Depan dan Rem Belakang (Disc Brake).....	12
2.2.2.4 Menghitung $K_{bf}$ dan $K_{br}$ Berdasarkan Dimensi .....	14
2.2.2.5 Perilaku Kestabilan Arah Kendaraan Pada Saat Pengereman .....	14
2.2.3 Distribusi Pengereman Secara Teoritis (Yang Dibutuhkan).....	16
2.2.2.4 Menghitung $K_{bf}$ dan $K_{br}$ Berdasarkan Teoritis .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Prosedur Penelitian .....	17
3.2 Prosedur Perhitungan .....	17
3.2.1 Prosedur Perhitungan Analisa Proporsi Pengereman Secara Dimensi dan Teoritis .....	17
3.2.2 Prosedur Perhitungan Jarak Pengereman Minimum .....	18
3.3 Flow Chart.....	18
3.3.1 Flowchart Perhitungan Analisa Proporsi Pengereman .....	18
3.3.2 Flowchart Perhitungan Jarak Pengereman.....	20
3.4 Tahapan Yang Akan Dilakukan Pada Eksperimen Ini ..	21

## BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

4.1 Data Kendaraan Dengan Dua Penumpang (200 kg).....	23
4.2 Analisa Data .....	24
4.2.1 Analisa Distribusi Pengereman Secara Dimensi.....	24
4.2.2 Analisa Distribusi Pengereman Secara Teoritis.....	30
4.2.3 Analisa Jarak Pengereman Minimum Ideal Dengan VARIasi Kecepatan .....	32
4.2.3.1 Jarak Pengereman Minimum .....	33
4.2.3.2 Jarak Pengereman Minimum Dengan Gaya Aktual.....	35
4.2.3.3 Perbandingan Jarak Pengereman Minimum Ideal, Dan Jarak Pengereman Minimum Dengan Gaya Rem Aktual.....	38
4.3 Hasil Eksperimen Dari Sistem Pengereman.....	39
4.4 Rekomendasi Desain Sitem Pengereman .....	41

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran .....	46

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## BIODATA PENULIS

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambar pedal rem.....	5
Gambar 2.2	Gambar master silinder.....	6
Gambar 2.3	Gambar skema kerja master silinder.....	6
Gambar 2.4	Gambar tempat minyak rem.....	7
Gambar 2.5	Gambar saluran pengereman.....	7
Gambar 2.6	Gambar rem cakram dan bagian-bagiannya.....	8
Gambar 2.7	Gambar perbandingan tuas pedal berbagai tipe...	10
Gambar 2.8	Gambar tekanan hidrolik.....	11
Gambar 2.9	Gambar Pressure Gauge.....	12
Gambar 2.10	Gambar gaya-gaya pada rem cakram.....	12
Gambar 4.1	Gambar pressure gauge tekanan hidrolik master silinder.....	25
Gambar 4.2	Gambar gaya rem cakram.....	26
Gambar 4.3	Gambar rem cakram depan (a) dan rem cakram belakang (b).....	27
Gambar 4.4	Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan.....	35
Gambar 4.5	Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (gaya rem aktual).....	37
Gambar 4.6	Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (pengereman minimum ideal dan gaya rem aktual).....	38

Gambar 4.7	Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (pengereman minimum ideal, gaya rem aktual dan hasil percobaan).....	38
Gambar 4.8	Gambar dimensi sistem pengereman SAPUJAGAD pada bagian roda belakang (menggunakan satu set kaliper).....	43
Gambar 4.9	Gambar dimensi sistem pengereman SAPUJAGAD pada bagian roda belakang setelah adanya perbaikan (menggunakan dua set kaliper).....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel koefisien gesek berbagai bahan rem.....	13
Tabel 2.2 Mencari koefisien adhesi ban padaa bermacam jenis jalan berdasarkan hasil studi <i>J.J. Taborek</i> .....	15
Tabel 2.3 Harga rata-rata koefisen hambatan rolling untuk beberapa jenis ban dan kondisi jalan hasil studi <i>J.J. Taborek</i> .....	15
Tabel 4.1 Data spesifikasi Sapujagad dengan penumpang dua orang.....	23
Tabel 4.2 Tabel koefisien gesek berbagai bahanpada rem.....	26
Tabel 4.3 Tabel $K_{bf}$ dan $K_{br}$ aktual dan teoritis.....	32
Tabel 4.4 Tabel jarak pengereman minimum.....	34
Tabel 4.5 Tabel jarak pengereman minimum dengan gaya rem aktual.....	37
Tabel 4.6 Tabel perbandingan jarak pengereman minimum anantara jarak pengereman minimum ideal, pengereman minimum dengan gaya rem aktual, dan pengereman minimum dengan hasil percobaan..	39
Tabel 4.7 Tabel $K_{bf}$ dan $K_{br}$ aktual dan teoritis.....	41

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Transportasi merupakan suatu hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama untuk menunjang aktifitas dan serta untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Untuk saat ini kendaraan roda-4 merupakan solusi nyata bagi sebagian besar masyarakat di kota-kota besar. Namun kebutuhan masyarakat terhadap kendaraan roda-4 mengakibatkan kemacetan di kota-kota besar dan menipisnya ketersediaan bahan bakar minyak. Kendaraan hybrid yang memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang tinggi bagi pengendara dan penumpang merupakan solusi dari permasalahan ini. Pengereman bagi kendaraan merupakan salah satu faktor penting bagi kendaraan yang mempengaruhi keamanan dan kestabilan arah kendaraan. Salah satu contoh mobil hybrid yang sedang dikembangkan ialah mobil Hybrid SAPUJAGAD.

Sistem rem kendaraan harus mampu mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan secara aman baik pada kondisi jalan lurus maupun belok pada segala kecepatan. Pada dasarnya besar gaya rem ideal yang dibutuhkan setiap kendaraan adalah berbeda. Begitu juga distribusi ideal gaya rem pada setiap roda untuk setiap kendaraan berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kondisi jalan, koefisien gesek ban dan jalan dan sistem pengereman. Diharapkan adanya pemberian gaya pengereman yang proposional pada setiap ban. Pemberian gaya rem yang terlalu kecil akan menyebabkan kendaraan tidak dapat berhenti dengan cepat sesuai dengan keinginan pengendara. Sebaliknya pemberian gaya yang terlalu besar akan menyebabkan "lock" saat kendaraan masih melaju di atas jalan. Apabila hal tersebut terjadi pada roda depan maka akan mengakibatkan tidak efektifnya penggunaan steer, kejadian ini yang dinamakan understeer dan apabila terjadi pada ban belakang dapat



menimbulkan confusing bagi kendaraan dan akan sulit dikendalikan kejadian ini dinamakan oversteer.

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa kestabilan arah kendaraan saat pengereman pada kendaraan hybrid beroda tiga yang berkapasitas dua penumpang. Sehingga sistem pengereman dapat dikembangkan untuk mencapai kestabilan yang lebih baik, demi kemajuan teknologi otomotif Indonesia.

## 1.2 Perumusan Masalah

Setiap kendaraan memiliki kemampuan pengereman yang berbeda. Kemampuan pengereman maksimal ditentukan oleh pencapaian jarak pengereman yang minimum dan kondisi yang baik dari kestabilan arah. Pada tugas akhir ini dirumuskan beberapa masalah antara lain :

1. Bagaimana distribusi gaya rem depan dan belakang berdasarkan dimensi.
2. Bagaimana distribusi gaya rem depan dan belakang secara teoritis.
3. Bagaimana jarak pengereman minimum kendaraan.
4. Bagaimana stabilitas arah kendaraan jika diberi rem.
5. Bagaimana detail komponen rem depan dan belakang.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terarah maka perlu diberikan beberapa batasan masalah, yaitu :

1. Kendaraan yang analisis adalah mobil HyVI (Sapujagad) dengan 2 penumpang masing-masing 100 kg.
2. Data spesifikasi kendaraan dengan 2 penumpang :  
 Wheelbase ( $a+b$ ) = 2.2 m  
 Weight ( $W$ ) = 4751.552 N  
 Front weight ( $W_f$ ) = 2807.7353 N  
 Rear weight ( $W_r$ ) = 1943.8167 N

Posisi CG (a) = 0.9 m

Posisi CG (b) = 1.3 m

Posisi CG (h) = 0.55 m

3. Analisis jarak pengereman minimum dilakukan dengan variasi kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam.
4. Analisis distribusi gaya pengereman dilakukan pada kendaraan bergerak lurus dengan jalan datar dan kecepatan konstan.
5. Kendaraan berpengerem belakang..
6. Defleksi pada ban diabaikan.
7. Posisi centre of pressure (CP) dan centre of gravity (CG) berimpit.
8. Efek gaya samping dan gaya angkat akibat angin diabaikan.
9. Kecepatan relatif angin terhadap kendaraan dianggap sama dengan kecepatan kendaraan.
10. Kendaraan berjalan di jalan aspal, jalan yang dilalui datar (tidak ada kemiringan) dan tidak bergelombang (halus/rata).

#### **1.4 Tujuan**

1. Mengetahui distribusi pengereman secara dimensi.
2. Mengetahui distribusi pengereman secara teoritis.
3. Mencari jarak pengereman minimum dari kendaraan.
4. Mengetahui kestabilan arah kendaraan pada saat diberi rem.
5. Mengetahui dimensi detail sistem pengereman yang ideal.

#### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian pada tugas akhir ini, dapat dijadikan referensi dalam dunia otomotif untuk membuat desain mobil yang lebih baik.

2. Sebagai media penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dalam dunia otomotif.
3. Dapat menjadi dasar untuk pengembangan model brake rancangan dalam negeri.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Dasar Teori Umum**

##### **2.1.1 Sistem Pengereman**

Rem merupakan komponen yang sangat penting dalam sebuah kendaraan karena rem adalah suatu peranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda. Karena gerak roda menjadi lambat, secara otomatis gerak kendaraan menjadi lambat. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini biasanya diubah menjadi panas karena gesekan. Secara umum piranti pengereman di kendaraan terdiri dari :

- Pedal rem atau tuas rem

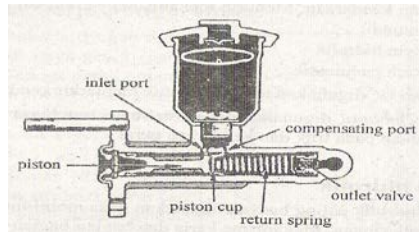
Pedal rem adalah alat yang berfungsi untuk melakukan pengereman yang inputnya dilakukan oleh gerakan tekan manusia. Seperti pada gambar pedal rem berada diantara pedal gas dan pedal kopling.



*Gambar 2.1. Gambar pedal rem*

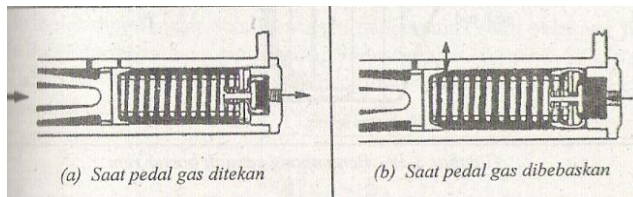
- Master silinder

Master silinder berfungsi meneruskan tekanan dari pedal menjadi tekanan hidrolis minyak rem untuk menggerakkan sepatu rem (pada model rem tromol) atau menekan pada rem (pada model rem piringan).



*Gambar 2.2. Gambar master silinder*

Bila pedal rem ditekan, batang piston akan mengatasi tekanan pegas pembalik (return piston) dan piston digerakkan ke depan. Pada waktu piston cup berada di ujung torak, compensating port akan tertutup. Bila piston maju lebih jauh lagi, tekanan minyak rem di dalam silinder akan bertambah dan mengatasi tegangan pegas outlet untuk membuka katup.



*Gambar 2.3. Gambar skema kerja master silinder*

Bila pedal rem dibebaskan, maka piston akan mundur ke belakang pada posisinya semula (sedikit di dekat inlet port) karena adanya desakan pegas pembalik. Dalam waktu yang bersamaan katup outlet tertutup. Ketika piston kembali, piston cup mengerut dan memungkinkan minyak rem yang ada "di sekeliling piston cup dapat mengalir dengan cepat di sekeliling bagian luar cup masuk ke silinder, hingga silinder selalu terisi penuh oleh minyak rem. Sementara itu tegangan pegas-pegas sepatu rem atau pad rem pada roda bekerja membalikan tekanan

pada minyak rem yang berada pada pipa-pipa untuk masuk kembali ke master silinder.



*Gambar 2.4. Gambar tempat minyak rem*

- Saluran pengereman  
Saluran pengereman berfungsi sebagai tempat fluida kerja atau yang biasa disebut minyak rem mengalir dalam sistem pengereman.



*Gambar 2.5. Gambar saluran pengereman*

- Rem cakram (disc brake)

Rem cakram (disc brake) pada dasarnya terdiri atas cakram yang dapat berputar bersama-sama roda dan pada (bahan gesek) yang dapat menjepit cakram. Pengereman terjadi karena adanya gaya gesek dari pad-pad pada kedua sisi dari cakram dengan adanya tekanan dari piston-piston hidrolis.



*Gambar 2.6. Gambar rem cakram dan bagian-bagiannya*

Piranti pengereman dalam sebuah kendaraan tergabung dalam sebuah sistem yaitu sistem pengereman. Sistem pengereman dalam teknik otomotif berfungsi untuk :

- Mengurangi kecepatan kendaraan.
- Menghentikan kendaraan yang sedang berjalan.
- Menjaga kendaraan agar tetap berhenti.

## **2.2. Dasar Teori Analisa Pengereman**

### **2.2.1. Jarak Pengereman**

Kinerja dari sistem pengereman sebuah kendaraan dapat dinilai melalui sebuah parameter yaitu jarak pengereman. Semakin kecil jarak pengereman suatu kendaraan yang berjalan dari kecepatan tertentu sampai kendaraan tersebut berhenti maka semakin baik pula kinerja sistem pengereman dari kendaraan tersebut. Jika efisiensi pengereman  $< 100\%$  maka jarak pengereman akan lebih besar daripada jarak pengereman

minimum kendaraan. Dalam kondisi ini jarak pengereman sebuah kendaraan dapat dirumuskan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\gamma_m \times W}{2g \times C_{ae}} \ln \left[ 1 + \frac{C_{ae} \times V_1^2}{F_{bmax}} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{\gamma_m \times m \times g}{2g \times C_{ae}} \ln \left[ 1 + \frac{C_{ae} \times V_1^2}{\mu \times W} \right] + t_d \cdot V_1
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

dimana :

- S = jarak pengereman (m)
- $\gamma_m$  = faktor equivalen massa ( $\gamma_m = 1,04$ )
- $F_{bmax}$  = gaya pengereman kendaraan dengan 2 penumpang (N)
- g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $C_{ae}$  =  $\rho/2 \cdot C_d \cdot A_f$
- $V_1$  = kecepatan awal kendaraan

Akan tetapi, dalam kenyataan selalu terjadi keterlambatan respon dari sistem rem sebuah kendaraan, hal ini mengakibatkan jarak pengereman aktual selalu lebih besar dari perhitungan. Sebagai pendekatan, tambahan jarak pengereman akibat dari keterlambatan respon sistem pengereman dapat dirumuskan :

$$S_a = t_d \cdot V_1 \tag{2.2}$$

dimana :

- $S_a$  = pendekatan jarak tambahan pengereman akibat keterlambatan respon sistem
  - $t_d$  = waktu respon dari sistem rem  $\approx 0,3$  s
  - $V_1$  = kecepatan awal kendaraan
- Maka jarak pengereman total dapat dirumuskan sebagai :

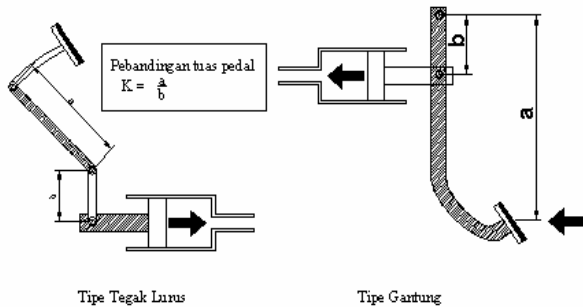
$$S_{tot} = S + S_a \tag{2.3}$$



## 2.2.2. Analisa Distribusi Pengereman Berdasarkan Dimensi (Kemampuan Sistem Rem Kendaraan)

### 2.2.2.1 Gaya Pedal

Gaya pedal adalah gaya yang diberikan pedal untuk menekan master silinder. Gaya yang diberikan manusia dapat diubah menjadi gaya pedal dengan menggunakan perbandingan jarak tuas seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.7. Gambar perbandingan tuas pedal berbagai tipe

Maka gaya pedal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_k = F \cdot \frac{a}{b} \quad (2.4)$$

dimana :

- $F_k$  = gaya pedal
- $F$  = gaya oleh manusia ke pedal
- $a$  = jarak dari pedal rem ke tumpuan
- $b$  = jarak dari pushrod ke tumpuan

### 2.2.2.2 Tekanan Hidrolik Master Silinder

Tekanan Hidrolik ( $p_e$ ) yang dibangkitkan master silinder pada rangkaian rem yang menggunakan Sistem Hidrolik menggunakan rumus :

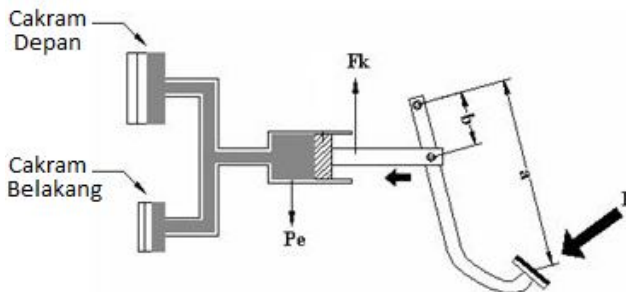
$$P_e = \frac{F_k}{0,25 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.5)$$

dimana :

$P_e$  = tekanan hidrolik master silinder

$F_k$  = gaya pedal

$d$  = diameter dalam master silinder



*Gambar 2.8. Gambar tekanan hidrolik*

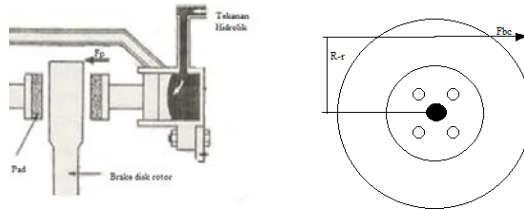
Pada penelitian tugas akhir ini untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, tekanan hidrolik master silinder rem didapatkan dengan cara melakukan pengukuran menggunakan pressure gauge dengan skala maksimum yaitu  $315 \text{ kgf/cm}^2$  atau setara  $31,5 \text{ MPa}$  ( $31500 \text{ kN/m}^2$ ).



*Gambar 2.9. Gambar Pressure Gauge*

### 2.2.2.3 Rem Depan dan Rem Belakang (Disc Brake)

Gaya pengereman pada rem model disc brake adalah gaya yang diberikan oleh brake pad terhadap piringan cakram (rotor). Skema pengereman rem disc brake dapat dilihat pada gambar berikut.



*Gambar 2.10. Gambar gaya-gaya pada rem cakram*

Gaya piston yang menekan pada brake dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_p = P_e \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \quad (2.6)$$

dimana :

$F_p$  = gaya yang menekan pada rem

$P_e$  = tekanan hidrolik

$d$  = diameter piston rem

Sedangkan gaya gesek pengereman dapat dirumuskan menjadi :

$$F_{bc} = \mu \cdot F_p \quad (2.7)$$

dimana :

$F_{bc}$  = gaya gesek pengereman rem cakram

$\mu$  = koefisien gesek pada rem

Nilai koefisien gesek dari pad rem berbeda-beda sesuai dengan bahan dari pada rem tersebut, nilai koefisien gesek pad rem dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

*Tabel 2.1. Tabel koefisien gesek berbagai bahan pada rem*

No	Bahan Gesek	Koefisien Gesek ( $\mu$ )
1.	Besi Cor	0,08 – 0,12
2.	Perunggu	0,10 – 0,20
3.	Kayu	0,10 – 0,35
4.	Tenunan	0,35 – 0,60
5.	Cetakan/Pasta	0,30 – 0,60
6.	Paduan Sinter	0,20 – 0,50

Torsi pengereman rem model cakram dapat diperoleh menggunakan rumus :

$$T_{bc} = F_{bc} \cdot (R - r) \quad (2.8)$$

dimana :

$T_{bc}$  = torsi pengereman rem cakram

$F_{bc}$  = gaya gesek pengereman rem cakram

- R = jari-jari rotor/piringan cakram  
 r = jari-jari piston kaliper

#### 2.2.2.4 Menghitung $K_{bf}$ Dan $K_{br}$ Berdasarkan Dimensi

Proporsi pengereman berdasarkan dimensi dari piranti pengereman dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Proporsi gaya rem depan

$$K_{bf} = \frac{T_{bf}}{T_{bf} + T_{br}} \quad (2.9)$$

- Proporsi gaya rem belakang

$$K_{br} = \frac{T_{br}}{T_{br} + T_{bf}} \quad (2.10)$$

$$K_{bf} + K_{br} = 1 \quad (2.11)$$

dimana :

$K_{bf}$  = proporsi gaya rem depan

$K_{br}$  = proporsi gaya rem belakang

#### 2.2.2.5 Perilaku Kestabilan Arah Kendaraan Pada Saat Pengereman

Perilaku sebuah kendaraan pada saat pengereman dapat diketahui dengan cara mencari perlambatan yang terjadi pada saat roda depan dan roda belakang lock. Perlambatan roda depan dan roda belakang lock tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Perlambatan roda depan lock

$$\left(\frac{\alpha}{g}\right) f = \frac{\mu \cdot b + K_{bf} \cdot L \cdot f_r}{L \cdot K_{bf} - \mu \cdot h} \quad (2.12)$$

- Perlambatan roda belakang lock

$$\left(\frac{\alpha}{g}\right) r = \frac{\mu \alpha + K_{BR} \cdot L \cdot f_r}{L \cdot K_{BR} - \mu \cdot h} \quad (2.13)$$

Tabel 2.2. Mencari koefisien adhesi ban pada bermacam jenis jalan berdasarkan hasil studi J.J. Taborek

No	Permukaan Jalan	Koefisien adhesi tertinggi $\mu_p$	Koefisien adhesi roda lock $\mu_s$
1	Aspal dan beton (kering)	0,85	0,75
2	Aspal (basah )	0,6	0,58
3	beton (basah )	0,8	0,7
4	Gravel	0,6	0,55
5	jalan tanah (kering)	0,68	0,65
6	jalan tanah (basah)	0,55	0,45
7	Snow	0,2	0,15
8	Ice	0,1	0,07

Tabel 2.3. Harga rata-rata koefisien hambatan rolling untuk beberapa jenis ban dan kondisi jalan hasil studi J.J. Taborek

Jenis Kendaraan	Permukaan Jalan		
	Beton	Keras/Aspal	Pasir
Kendaraan Penumpang	0,015	0,08	0,3
Truk	0,012	0,06	0,25
Traktor	0,020	0,04	0,2

Roda depan akan lock duluan apabila

$\left(\frac{\alpha}{g}\right) f < \left(\frac{\alpha}{g}\right) r$ , kendaraan cenderung understeer

Roda belakang akan lock duluan apabila

$\left(\frac{\alpha}{g}\right) r < \left(\frac{\alpha}{g}\right) f$ , kendaraan cenderung oversteer

## 2.2.3. Distribusi Pengereman Secara Teoritis (Yang Dibutuhkan)

### 2.2.3.1. Menghitung K<sub>bf</sub> dan K<sub>br</sub> Secara Teoritis

Distribusi gaya pengereman antara roda depan dan belakang dapat diketahui dengan cara mencari proporsi pengereman antara roda depan dan roda belakang. Proporsi pengereman dapat dirumuskan sebagai :

- Proporsi gaya rem depan

$$K_{bf} = \frac{w_f}{w_f + w_r} \quad (2.14)$$

- Proporsi gaya rem belakang

$$K_{br} = \frac{w_r}{w_f + w_r} \quad (2.15)$$

dimana :

$K_{bf}$  = proporsi gaya rem depan

$K_{br}$  = proporsi gaya rem belakang

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Prosedur Penelitian**

Pada penyusunan Tugas Akhir ini prosedur penelitian dilakukan dalam tiga tahap. Tahap awal dari penelitian ini adalah dilakukan studi mengenai analisa-analisa tentang pengereman yang berasal dari buku, jurnal, maupun penelitian terdahulu.

Tahap yang kedua adalah penentuan jenis mobil yang akan dijadikan obyek penelitian. Kendaraan yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah kendaraan perkotaan (mobil HyVI Sapujagad).

Pada tahap ketiga atau tahap terakhir ini setelah didapatkan data spesifikasi dari mobil HyVI (Sapujagad) dilakukan analisa pengereman pada kendaraan tersebut. Analisis dilakukan dengan cara Kalkulasi Quasi Dinamis. Quasi Dinamis merupakan menganalisis kendaraan yang sedang bergerak dinamis, tapi dianalisis seolah-olah dalam kondisi statis.

#### **3.2. Prosedur Perhitungan**

##### **3.2.1. Prosedur Perhitungan Analisa Proporsi Pengereman Secara Dimensi dan Teoritis.**

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam analisa proporsi pengereman secara teoritis dan dimensi kendaraan mobil HyVI (Sapujagad 2) ini adalah sebagai berikut :

- a. Langkah awal dari perhitungan ini adalah mencatat data-data spesifikasi kendaraan seperti berat muatan/penumpang, lokasi *Center of Gravity*, *rolling resistance*, dimensi pengereman, tekanan hidrolik dan koefisien *drag*, serta luas dari sisi frontal.



- b. Menghitung gaya-gaya pengereman yang terjadi berdasarkan tekanan hidrolik yang diukur, gaya gesek pengereman depan dan belakang ( $F_{bcf}$ ,  $F_{bcr}$ ), torsi pengereman depan dan belakang ( $T_{bf}$ ,  $T_{br}$ ), serta gaya pengereman depan dan belakang ( $F_{bf}$ ,  $F_{br}$ ).
- c. Menghitung besarnya proporsi pengereman roda depan dan belakang secara dimensi ( $K_{bf}$  dan  $K_{br}$ ).
- d. Menganalisa perilaku kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman menggunakan perlambatan roda depan dan belakang lock yaitu  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) f$  dan  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) r$ , apakah kendaraan understeer atau oversteer.
- e. Menganalisa kesesuaian antara proporsi pengereman secara dimensi dan secara teoritis.

### 3.2.2. Prosedur Perhitungan Jarak Pengereman Minimum

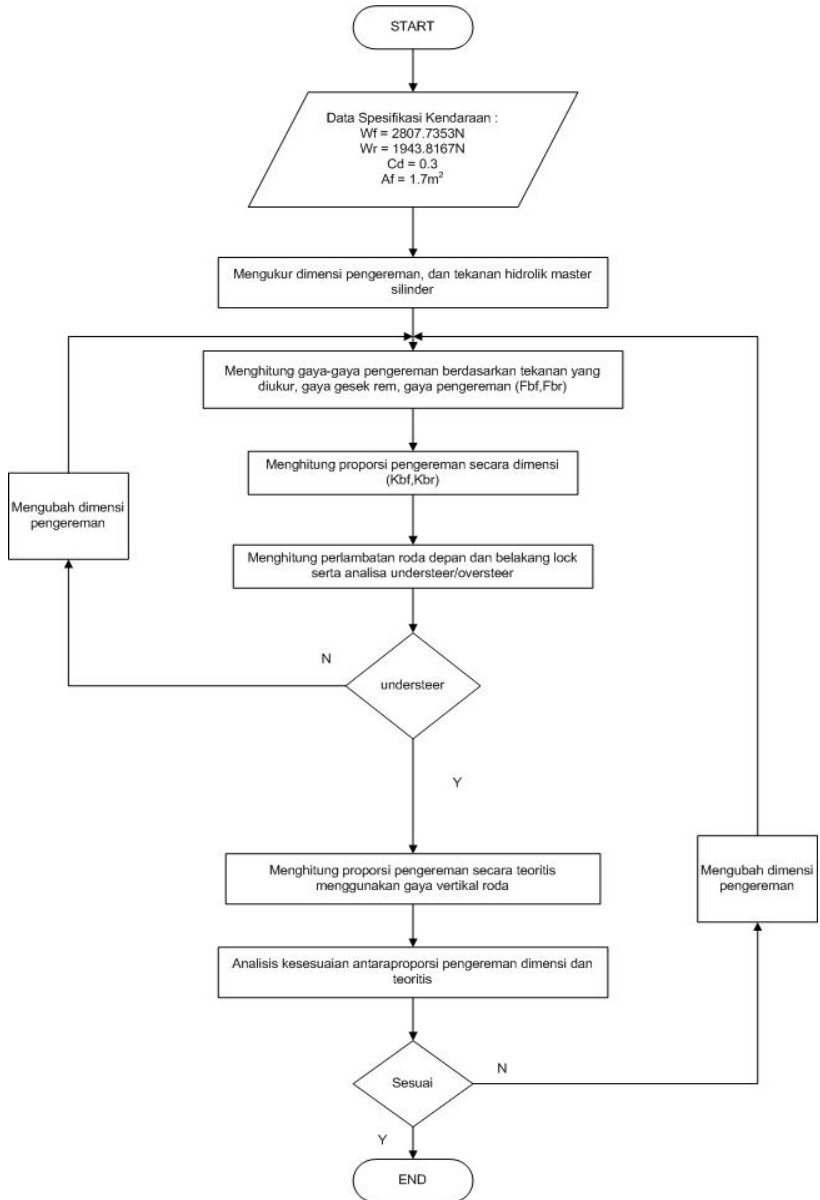
Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam analisa jarak pengereman minimum metode kalkulasi quasi dinamis kendaraan HyVI (Sapujagad 2) ini adalah sebagai berikut :

- a. Langkah awal dari penelitian ini adalah memasukkan nilai  $W_f$  dan  $W_r$  dengan muatan (penumpang) 200 kg.
- b. Menghitung gaya pengereman depan dan belakang maksimum ( $F_{bfmax}$ ,  $F_{brmax}$ )
- c. Menghitung jarak pengereman minimum total

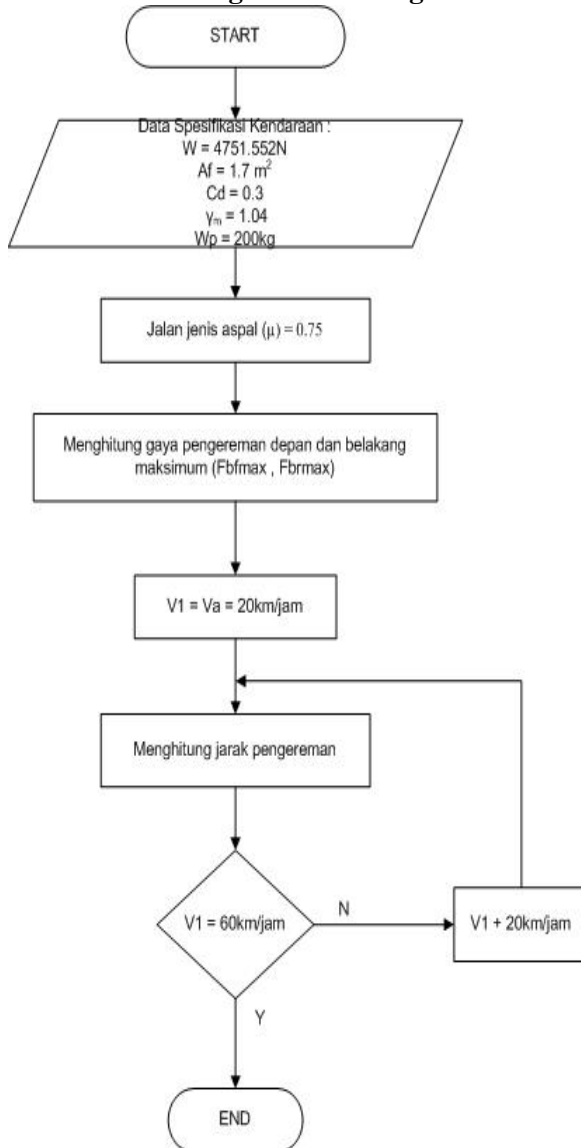
$$\begin{aligned}
 S &= \frac{ym \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V_1^2}{Fbmax} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{ym \times m \times g}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V_1^2}{\mu \times W} \right] + t_d \cdot V_1
 \end{aligned}$$

## 3.3. Flowchart

### 3.3.1. Flowchart Perhitungan Analisa Proporsi Pengereman



### 3.3.2. Flowchart Perhitungan Jarak Pengereman



### **3.4 Tahapan yang akan dilakukan pada eksperimen ini.**

Adapun tahapan - tahapan yang akan dilakukan pada eksperimen pengereman ini, diantaranya :

1. Kemudikan kendaraan hingga mencapai kecepatan 20km/jam; 40km/jam; dan 60km/jam.
2. Mencatat posisi awal pengereman pada saat pengereman dilakukan (sesaat sebelum pengereman berlangsung).
3. Mencatat posisi akhir pengereman setelah kendaraan berhenti.
4. Perhatikan roda mana yang lock terlebih dahulu (oversteer/understeer).
5. Menghitung jarak antara posisi pengereman awal dengan posisi pengereman akhir.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**BAB IV**  
**PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA**

**4.1. Data Kendaraan dengan dua penumpang (200 kg)**

*Tabel 4.1. Data Spesifikasi Sapujagad dengan penumpang dua orang*

<b>Spesifikasi Sapujagad dengan dua penumpang</b>	
<b>Dimensi</b>	
Jarak sumbu roda	2200 mm
Jarak CG ke sumbu roda depan(a)	900 mm
Jarak CG ke sumbu roda belakang(b)	1300 mm
Tinggi CG dari permukaan jalan (h)	550 mm
<b>Berat</b>	
Berat total (W)	4751,55 kg
Berat depan ( $W_f$ )	2807,73 kg
Berat belakang ( $W_r$ )	1943,82 kg
<b>Aerodynamic</b>	
Luas frontal ( $A_f$ )	1,7 m <sup>2</sup>
Massa jenis angin ( $\rho$ )	1,23 kg/m <sup>3</sup>
Koefisien drag ( $C_d$ )	0,3
<b>Dimensi Pengereman</b>	
Jarak pedal rem ke tumpuan (a)	0,27 m
Jarak push rod ke tumpuan (b)	0,11 m
Diameter dalam master silinder	0,03 m
<b>Rem Model Cakram Depan ( Single Piston )</b>	
Diameter piston kaliper	0,05 m
Diameter rotor disk	0,26 m
Koefisien gesek pada rem ( $\mu$ )	0,5

<b>Rem Model Cakram Belakang ( Single Piston )</b>	
Diameter piston kaliper	0,03 m
Diameter rotor disk	0,23 m
Koefisien gesek pada rem ( $\mu$ )	0,5
<b>Ban ( P 185/60 R14 )</b>	
Jenis	Radial
Diameter roda	560 mm
Lebar	185 mm
Koefisien rolling ( $f_r$ )	0,08
Koefisien adhesi aspal ( $\mu_s$ )	0,75

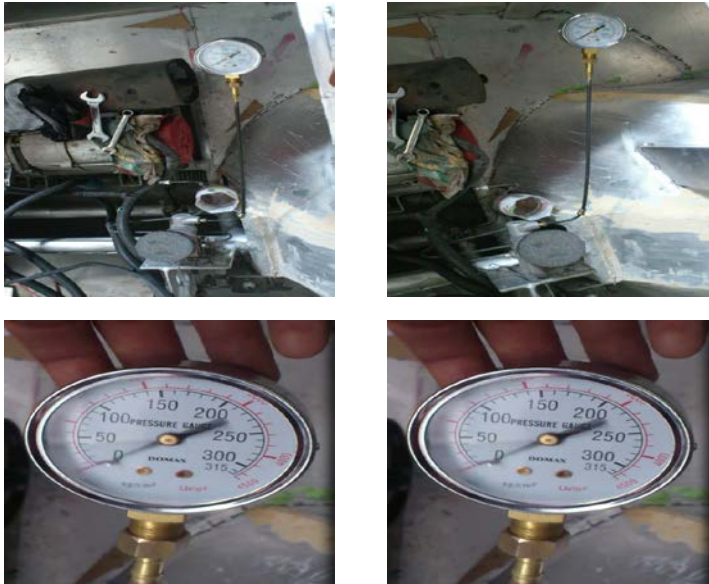
## 4.2. Analisa Data

### 4.2.1. Analisa Distribusi Pengereman Secara Dimensi (Kemampuan Sistem)

Analisa distribusi pengereman dilakukan agar didapat nilai  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  dari sistem pengereman yang dimiliki oleh kendaraan dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran terhadap tekanan hidrolis master silinder.

- **Tekanan Hidrolis Master Silinder ( $P_e$ )**

Tekanan hidrolis master silinder dapat diperoleh dengan pengukuran menggunakan pressure gauge yang diletakkan pada saluran pengereman seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini, didapatkan tekanan hidrolis master silinder sebesar  $40 \text{ kgf/cm}^2$  atau  $3922,658 \text{ kPa}$  ( $3922,658 \text{ kN/m}^2$ ).



Gambar 4.1. Gambar pressure gauge tekanan hidrolisk master silinder

- Rem Depan (Model Disk Brake)

Gaya piston yang menekan pada rem ( $F_p$ )

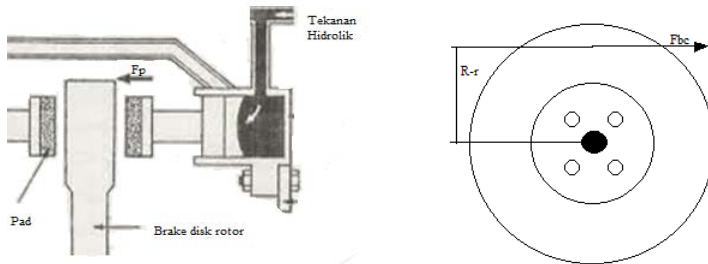
$$F_p = P_e \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$F_p = 3922,658 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (0,05 \text{ m})^2$$

$$F_p = 7,698 \text{ kN}$$

$$F_p = 7698 \text{ N}$$





Gambar 4.2. Gambar gaya rem cakram

Gaya gesek pengereman

$$F_{bc} = \mu \cdot F_p$$

$$F_{bc} = 0,57698 N$$

$$F_{bc} = 3849 N$$

Torsi pengereman depan

$$T_{bc} = F_{bc} \cdot (R - r)$$

$$T_{bc} = 3849 N \cdot (0,13 - 0,025)m$$

$$T_{bc} = 404,145 Nm$$

Tabel 4.2. Tabel koefisien gesek berbagai bahan pada rem

No	Bahan Gesek	Koefisien Gesek ( $\mu$ )
1.	Besi Cor	0,08 – 0,12
2.	Perunggu	0,10 – 0,20
3.	Kayu	0,10 – 0,35

4.	Tenunan	0,35 – 0,60
5.	Cetakan/Pasta	0,30 – 0,60
6.	Paduan Sinter	0,20 – 0,50

- **Rem Belakang (Model Disk Brake)**



Gambar 4.3. Gambar rem cakram depan (a) dan rem cakram belakang (b)

Gaya piston yang menekan pada rem ( $F_p$ )

$$F_p = P_e \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$F_p = 3922,658 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (0,03 \text{ m})^2$$

$$F_p = 2,771 \text{ kN}$$

$$F_p = 2771 \text{ N}$$

Gaya gesek pengereman

$$F_{bc} = \mu \cdot F_p$$

$$F_{bc} = 0,5 \cdot 2771 \text{ N}$$

$$F_{bc} = 1385,5 \text{ N}$$

*Torsi pengereman belakang*

$$T_{bc} = F_{bc} \cdot (R - r)$$

$$T_{bc} = 1385,5 \text{ N} \cdot (0,115 - 0,015) \text{ m}$$

$$T_{bc} = 138,55 \text{ Nm}$$

## Proporsi Pengereman

*Proporsi gaya rem depan*

$$K_{bf} = \frac{T_{bc \text{ depan}}}{T_{bc \text{ depan}} + T_{bc \text{ belakang}}}$$

$$K_{bf} = \frac{404,145 \text{ Nm}}{(404,145 + 138,55) \text{ Nm}}$$

$$K_{bf} = 0,74$$

*Proporsi gaya rem belakang*

$$K_{br} = \frac{T_{bc \text{ belakang}}}{T_{bc \text{ belakang}} + T_{bc \text{ depan}}}$$

$$K_{br} = \frac{138,55 \text{ Nm}}{(138,55 + 404,145) \text{ Nm}}$$

$$K_{br} = 0,26$$

## Gaya Pengereman Faktual Depan

$$F_{bf} = \frac{2 \cdot T_{bc \text{ depan}}}{R_{roda}}$$

$$F_{bf} = \frac{2 \cdot 404,145 \text{ Nm}}{0,28 \text{ m}}$$

$$F_{bf} = 2886,75 \text{ N}$$

### Gaya Pengereman Faktual Belakang

$$F_{br} = \frac{T_{bc \text{ belakang}}}{R_{roda}}$$

$$F_{br} = \frac{138,55 \text{ Nm}}{0,28 \text{ m}}$$

$$F_{br} = 494,82 \text{ N}$$

### Gaya Pengereman Faktual Total

$$F_b = F_{bf} + F_{br}$$

$$F_b = 2886,75 \text{ N} + 494,82 \text{ N}$$

$$F_b = 3381,57 \text{ N}$$

- **Analisa Perilaku Kestabilan Arah Pada Saat Pengereman Secara Dimensi**

Untuk menganalisa perilaku kestabilan arah pada saat pengereman diperlukan mengetahui perlambatan roda depan lock dan perlambatan roda belakang lock.

#### Perlambatan roda depan lock

$$\left(\frac{\alpha}{g}\right) f = \frac{\mu \cdot b + K_{bf} \cdot L \cdot f_r}{L \cdot K_{bf} - \mu \cdot h}$$

$$\left(\frac{\alpha}{g}\right) f = \frac{0,75 \cdot 1,3 + 0,74 \cdot 2,2 \cdot 0,08}{2,2 \cdot 0,74 - 0,75 \cdot 0,55}$$

$$\left(\frac{\alpha}{g}\right) f = 0,91$$

#### Perlambatan roda belakang lock

$$\left(\frac{\alpha}{g}\right) r = \frac{\mu \cdot a + K_{br} \cdot L \cdot f_r}{L \cdot K_{br} - \mu \cdot h}$$

$$\left(\frac{a}{g}\right) r = \frac{0,75 \cdot 0,9 + 0,26 \cdot 2,2 \cdot 0,08}{2,2 \cdot 0,26 - 0,75 \cdot 0,55}$$

$$\left(\frac{a}{g}\right) r = 4,52$$

dari analisa perilaku kestabilan arah saat pengereman diatas dapat diketahui  $\left(\frac{a}{g}\right) f < \left(\frac{a}{g}\right) r$ , maka kendaraan cenderung understeer.

#### 4.2.2. Analisa Distribusi Pengereman Secara Teoritis (Kebutuhan Sistem)

Analisa distribusi pengereman untuk mendapatkan nilai  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  secara teoritis dilakukan dengan menganalisa gaya vertikal yang bekerja pada roda kendaraan pada saat pengereman dengan dua orang penumpang.

- **Proporsi Pengereman**

*Proporsi gaya rem depan*

$$K_{bf} = \frac{W_f}{W_f + W_r}$$

$$K_{bf} = \frac{2807,73 \text{ N}}{(2807,73 + 1943,82) \text{ N}}$$

$$K_{bf} = 0,59$$

*Proporsi gaya rem belakang*

$$K_{br} = \frac{W_r}{W_f + W_r}$$

$$K_{br} = \frac{1943,82 \text{ N}}{(2807,73 + 1943,82) \text{ N}}$$

$$K_{br} = 0,41$$

- **Analisa Perilaku Kestabilan Arah Pada Saat Pengereman Secara Teoritis**

Untuk menganalisa perilaku kestabilan arah pada saat pengereman diperlukan mengetahui perlambatan roda depan lock dan perlambatan roda belakang lock.

Perlambatan roda depan lock

$$\begin{aligned} \left(\frac{\alpha}{g}\right) f &= \frac{\mu \cdot b + K_{bf} \cdot L \cdot f_r}{L \cdot K_{bf} - \mu \cdot h} \\ \left(\frac{\alpha}{g}\right) f &= \frac{0,75 \cdot 1,3 + 0,59 \cdot 2,2 \cdot 0,08}{2,2 \cdot 0,59 - 0,75 \cdot 0,55} \\ \left(\frac{\alpha}{g}\right) f &= 1,22 \end{aligned}$$

Perlambatan roda belakang lock

$$\begin{aligned} \left(\frac{\alpha}{g}\right) r &= \frac{\mu \cdot a + K_{br} \cdot L \cdot f_r}{L \cdot K_{br} - \mu \cdot h} \\ \left(\frac{\alpha}{g}\right) r &= \frac{0,75 \cdot 0,9 + 0,41 \cdot 2,2 \cdot 0,08}{2,2 \cdot 0,41 - 0,75 \cdot 0,55} \\ \left(\frac{\alpha}{g}\right) r &= 1,53 \end{aligned}$$

dari analisa perilaku kestabilan arah saat pengereman diatas dapat diketahui  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) f < \left(\frac{\alpha}{g}\right) r$ , maka kendaraan cenderung understeer.

Tabel 4.3. Tabel  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  aktual dan teoritis

	Dimensi (Kemampuan Sistem)	Teoritis (Kebutuhan Sistem)
$K_{bf}$	0,74	0,59
$K_{br}$	0,26	0,41

#### 4.2.3. Analisa Jarak Pengereman Minimum Ideal Dengan Variasi Kecepatan

##### Perumusan perhitungan

Jarak pengereman kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \frac{\gamma_m \times W}{2g \times C_{ae}} \ln \left[ 1 + \frac{C_{ae} \times V^2}{F_{bmax}} \right] + t_d \cdot V_1$$

dimana :

- S = jarak pengereman (m)
- $\gamma_m$  = faktor equivalen massa ( $\gamma_m = 1,04$ )
- $F_{bf}$  = gaya pengereman depan maksimum(N)
- $F_{br}$  = gaya pengereman belakang maksimum(N)
- g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $C_{ae}$  =  $\rho/2 \cdot C_d \cdot A_f$
- $V_1$  = kecepatan awal kendaraan

Sebagai pendekatan, tambahan jarak pengereman akibat dari keterlambatan respon sistem pengereman dapat dirumuskan :

$$S_a = t_d \cdot V_1$$

dimana :

$S_a$  = pendekatan jarak tambahan pengereman akibat keterlambatan respon sistem

$t_d$  = waktu respon dari sistem rem  $\approx 0,3$  s

Maka jarak pengereman total dapat dirumuskan sebagai :

$$S_{tot} = S + S_a$$

Perhitungan  $C_{ae}$

$$\begin{aligned} C_{ae} &= \frac{\rho}{2} \times C_d \times A_f \\ &= \frac{1,23}{2} \times 0,3 \times 1,7 \\ &= 0,3136 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.2.3.1. Jarak pengereman minimum

Kecepatan 20 km/jam

$$\begin{aligned} S &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times C_{ae}} \ln \left[ 1 + \frac{C_{ae} \times V^2}{F_{bmax}} \right] + t_d \cdot V_1 \\ &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times C_{ae}} \ln \left[ 1 + \frac{C_{ae} \times V^2}{\mu \times W} \right] + t_d \cdot V_1 \\ &= \frac{1,04 \times 4751,55}{2 \times 9,81 \times 0,3136} \ln \left[ 1 + \frac{0,3136 \times 5,56^2}{0,75 \times 4751,55} \right] + 0,3 \cdot 5,56 \\ &= 3,85 \text{ m} \end{aligned}$$



Kecepatan 40 km/jam

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V^2}{Fb_{max}} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V^2}{\mu \times W} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{1,04 \times 4751,55}{2 \times 9,81 \times 0,3136} \ln \left[ 1 + \frac{0,3136 \times 11,11^2}{0,75 \times 4751,55} \right] + 0,3 \cdot 11,11 \\
 &= 12,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kecepatan 60 km/jam

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V^2}{Fb_{max}} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V^2}{\mu \times W} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{1,04 \times 4751,55}{2 \times 9,81 \times 0,3136} \ln \left[ 1 + \frac{0,3136 \times 16,67^2}{0,75 \times 4751,55} \right] + 0,3 \cdot 16,67 \\
 &= 24,40 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat ditabelkan hasil jarak pengereman minimum dengan variasi kecepatan pada jalan aspal adalah sebagai berikut :

*Tabel 4.4. Tabel jarak pengereman minimum*

<b>Jarak Pengereman Minimum Ideal</b>	
V (km/jam)	S (m)
20	3,85
40	12,01
60	24,40

Dari tabel diatas dapat dapat dibuat sebuah grafik jarak pengereman minimum ideal berbanding dengan kecepatan kendaraan yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.4. Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan suatu kendaraan maka akan semakin jauh jarak pengereman kendaraan tersebut.

#### 4.2.3.2. Jarak Pengereman Minimum Dengan Gaya Rem Aktual

Jarak pengereman minimum ini didapat dengan menggunakan  $F_b$  yang sesuai dengan kemampuan sistem pengereman yang telah dilakukan pada pengukuran dan pada perhitungan.

Kecepatan 20 km/jam

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V_1^2}{Fb} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{1,04 \times 4751,55}{2 \times 9,81 \times 0,3136} \ln \left[ 1 + \frac{0,3136 \times 5,56^2}{3381,57} \right] + 0,3 \cdot 5,56 \\
 &= 3,97 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kecepatan 40 km/jam

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V_1^2}{Fb} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{1,04 \times 4751,55}{2 \times 9,81 \times 0,3136} \ln \left[ 1 + \frac{0,3136 \times 11,11^2}{3381,57} \right] + 0,3 \cdot 11,11 \\
 &= 12,47 \text{ m}
 \end{aligned}$$


---

Kecepatan 60 km/jam

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\gamma m \times W}{2g \times Cae} \ln \left[ 1 + \frac{Cae \times V_1^2}{Fb} \right] + t_d \cdot V_1 \\
 &= \frac{1,04 \times 4751,55}{2 \times 9,81 \times 0,3136} \ln \left[ 1 + \frac{0,3136 \times 16,67^2}{3381,57} \right] + 0,3 \cdot 16,67 \\
 &= 25,44 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat ditabelkan hasil jarak pengereman minimum dengan variasi kecepatan dengan gaya rem aktual adalah sebagai berikut :

*Tabel 4.5. Tabel jarak pengereman minimum dengan gaya rem aktual*

<b>Jarak Pengereman Minimum Dengan Gaya Aktual</b>	
<b>V (km/jam)</b>	<b>S (m)</b>
20	3,97
40	12,47
60	25,44

Dari tabel diatas dapat dapat dibuat sebuah grafik jarak pengereman minimum ideal berbanding dengan kecepatan kendaraan yaitu sebagai berikut :

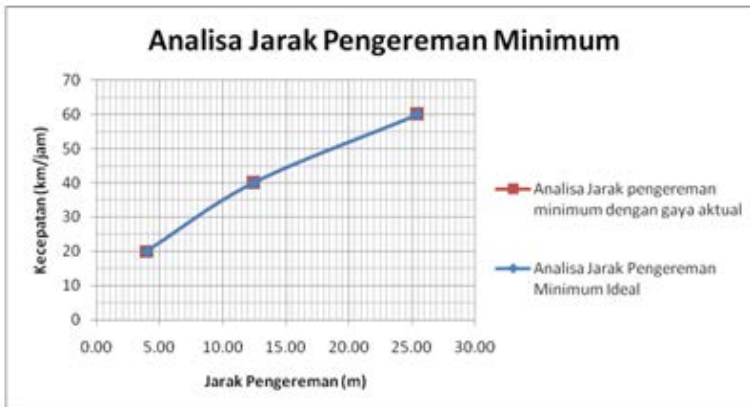


*Gambar 4.5. Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (gaya rem aktual)*

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan suatu kendaraan maka akan semakin jauh jarak pengereman kendaraan tersebut. Hal ini sama dengan Analisa Jarak Pengereman Minimum Ideal (kebutuhan sistem pengereman).

#### 4.2.3.3. Perbandingan Jarak Pengereman Minimum Ideal, Dan Jarak Pengereman Minimum Dengan Gaya Rem Aktual

Dari analisa jarak pengereman minimum ideal, dapat dibuat grafik perbandingan jarak pengereman minimum ideal dengan gaya rem aktual sistem,yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.6. Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (pengereman minimum ideal dan gaya rem aktual)

Dari kedua grafik perbandingan jarak pengereman minimum ideal dengan jarak pengereman minimum berdasarkan gaya pengereman aktual, dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan suatu kendaraan maka akan semakin jauh jarak pengereman kendaraan tersebut. Jarak pengereman minimum berdasarkan gaya rem aktual sistem lebih besar sedikit

dibandingkan dengan jarak pengereman minimum ideal dikarenakan pada jarak pengereman minimum ideal efisiensi pengereman diasumsikan sebesar 100%.

### 4.3. Hasil Eksperimen Dari Sistem Pengereman

Pengambilan data pada eksperimen ini, kendaraan SAPUJAGAD tidak menggunakan bodi secara tertutup dan berpenumpang dua orang (160 kg) yang memiliki berat total ( $W = 3996,06 \text{ N}$ ). Percobaan ini dilakukan pada jalan aspal yang kering dan pada waktu malam hari. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali dari tiap-tiap kecepatan (20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam). Dari percobaan ini didapatkan hasil sebagai berikut :

*Tabel 4.6. Tabel perbandingan jarak pengereman minimum antara jarak pengereman minimum ideal, pengereman minimum dengan gaya rem aktual, dan pengereman minimum dengan hasil percobaan*

Kecepatan (km/jam)	Jarak Pengereman (m)		
	Ideal (Kebutuhan Sistem)	Gaya Aktual (Kemampuan Sistem)	Percobaan
20	3,85	3,60	4,17
40	12,00	11,02	12,74
60	24,36	22,18	24,55

Dari tabel diatas dapat dapat dibuat sebuah grafik jarak pengereman minimum ideal berbanding dengan kecepatan kendaraan yaitu sebagai berikut :



*Gambar 4.7. Grafik jarak pengereman minimum vs kecepatan (pengereman minimum ideal, gaya rem aktual dan hasil percobaan)*

Dari ketiga grafik perbandingan antara jarak pengereman minimum ideal, jarak pengereman minimum dan jarak pengereman minimum dari hasil percobaan yang dilakukan, dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan suatu kendaraan maka akan semakin jauh jarak pengereman kendaraan tersebut. Jarak pengereman minimum berdasarkan hasil percobaan lebih besar dibandingkan dengan jarak pengereman minimum ideal dan jarak pengereman dengan gaya aktual dikarenakan pada jarak pengereman minimum hasil percobaan memiliki faktor - faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengambilan data, seperti : adanya hambatan angin pada saat pengambilan data, kurangnya ketelitian pada praktikan saat pengukuran, dan peralatan sistem pengereman yang sudah lama (*second*) yang dimana tidak bekerja dengan baik sebagaimana fungsinya.

#### 4.4. Rekomendasi Desain Sistem Pengereman

Berdasarkan perhitungan pada analisa data distribusi pengereman, nilai  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  aktual sistem pengereman adalah 0,74 dan 0,26 sedangkan hal ini tidak sesuai dengan nilai  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  yang dibutuhkan oleh kendaraan,  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  yang dibutuhkan pada sistem pengereman ini ialah sebesar 0,59 dan 0,41. Maka dari itu dimensi sistem pengereman harus diubah untuk memenuhi kebutuhan tersebut, hal ini juga berfungsi untuk menghindari understeer yang berlebihan. Dalam hal ini variabel yang saya rekomendasikan untuk diubah dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan kesulitan dalam melakukan perubahan, adalah menambah luas area dari piston kaliper pada roda belakang. Luas area dari piston kaliper pada roda belakang dapat diperoleh dari persamaan berikut :

Tabel 4.7. Tabel  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  aktual dan teoritis

	Dimensi (Kemampuan Sistem)	Teoritis (Kebutuhan Sistem)
$K_{bf}$	0,74	0,59
$K_{br}$	0,26	0,41

Rekomendasi sistem pengereman mencari luas area piston yang dibutuhkan, menggunakan nilai  $K_{bf}$  dan  $K_{br}$  yang dibutuhkan oleh kendaraan SAPUJAGAD :

Torsi pengereman belakang

$$K_{bf} = \frac{T_{bc\ depan}}{T_{bc\ depan} + T_{bc\ belakang}}$$



$$0,59 = \frac{404,145 \text{ Nm}}{(404,145 + T_{bc \text{ belakang}}) \text{ Nm}}$$

$$T_{bc \text{ belakang}} = 280,847$$

*Gaya gesek pengereman*

$$\begin{aligned} T_{bc \text{ belakang}} &= F_{bc} \cdot (R - r) \\ 280,847 &= F_{bc} \cdot N \cdot (0,115 - 0,015) \text{ m} \\ F_{bc} &= 2808,47 \text{ N} \end{aligned}$$

*Gaya piston yang menekan pada rem*

$$\begin{aligned} F_{bc} &= \mu \cdot F_p \\ 2808,47 &= 0,5 \cdot F_p \\ F_p &= 5616,94 \text{ N} \end{aligned}$$

*Luas area piston yang dibutuhkan pada kendaraan ini*

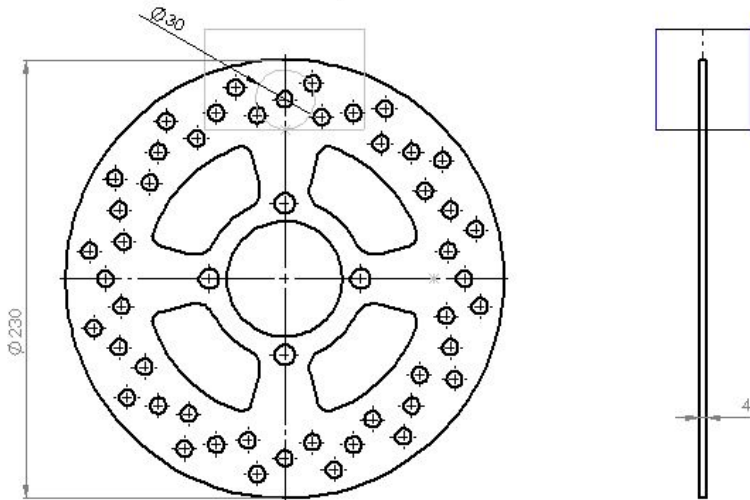
$$\begin{aligned} F_p &= P_s \cdot A \\ 5616,94 \text{ N} &= 3922658 \text{ N/m}^2 \cdot A \\ A &= 0,001432 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

*Luas area piston yang dimiliki pada kendaraan ini*

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \cdot \pi \cdot (0,03 \text{ m})^2 \\ A &= 0,0007065 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

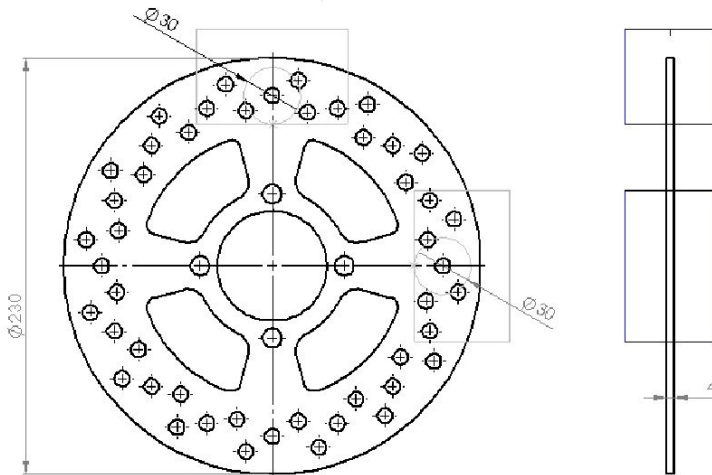
Luas area piston kaliper (A) yang terdapat pada sistem pengereman dibagian belakang sebesar  $0,0007065 \text{ m}^2$  dan yang dibutuhkan pada sistem pengereman sebesar  $0,001432 \text{ m}^2$ . Hal ini menunjukkan besarnya luas area piston kaliper (A) yang dimiliki kurang mencukupi dari nilai luas area piston kaliper (A) yang dibutuhkan pada sistem pengereman. Dengan melihat perbandingan (A) diantara keduanya, dan dengan mempertimbangkan faktor ekonomi serta kesulitan dalam melakukan perubahan, maka hal ini dapat teratasi dengan adanya

penambahan satu set kaliper dibagian roda belakang, agar terjadi penambahan luas area piston kaliper ( $2A$ ) sehingga menjadi 0,001413. Dari hasil ini sudah dapat memenuhi kebutuhan sistem pengereman yang dibutuhkan agar kendaraan ini memiliki standart pengereman yang tergolong aman (*safety*).



Gambar 4.8. Gambar dimensi sistem pengereman SAPUJAGAD pada bagian roda belakang (menggunakan satu set kaliper)

Gambar diatas ialah gambar dimensi sistem pengereman yang terdapat pada kendaraan SAPUJAGAD. Pada keadaan diatas, sistem pengereman dibagian belakang belum dapat memenuhi kebutuhan sistem pengereman yang dibutuhkan pada bagian belakang. Maka dari itu, dengan adanya penambahan satu set kaliper dibagian belakang memenuhi kebutuhan sistem pengereman yang dibutuhkan pada bagian roda belakang kendaraan SAPUJAGAD.



*Gambar 4.9. Gambar dimensi sistem pengereman SAPUJAGAD pada bagian roda belakang setelah adanya perbaikan (menggunakan dua set kaliper)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Distribusi pengereman secara dimensi atau dengan kata lain sesuai dengan kemampuan sistem yang didapat dari analisis pada tugas akhir kali ini adalah  $K_{bf}$  sebesar 0,745 ;  $K_{br}$  sebesar 0,255 ;  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) f$  sebesar 0,903 ;  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) r$  sebesar 4,848. Maka kendaraan SAPUJAGAD ini cenderung akan mengalami understeer yang cukup lama pada saat pengereman, roda depan akan lock lebih awal dibandingkan dengan roda belakang (  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) f$  jauh lebih kecil dibandingkan dengan  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) r$ ).
2. Distribusi pengereman secara teoritis atau dengan kata lain sesuai dengan kebutuhan sistem yang didapat dari analisis pada tugas akhir ini adalah  $K_{bf}$  sebesar 0,591 ;  $K_{br}$  sebesar 0,409 ;  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) f$  sebesar 1,22 ;  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) r$  sebesar 1,53. Maka kendaraan SAPUJAGAD ini akan mengalami sedikit understeer pada saat pengereman berlangsung, roda depan akan sedikit lock lebih awal dibandingkan roda belakang (  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) f$  sedikit lebih kecil dibandingkan dengan  $\left(\frac{\alpha}{g}\right) r$ ).
3. Hasil percobaan (eksperimen) pada sistem pengereman ini memiliki nilai jarak pengereman

minimum yang lebih besar dari jarak pengereman ideal (kebutuhan sistem) dan dari jarak pengereman dengan gaya aktual (kemampuan sistem). Hal ini diakibatkan dari beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil percobaan, seperti lamanya waktu respon dari sistem pengereman, kurangnya efisiensi dari perangkat pengereman yang digunakan, dan besarnya koefisien adhesi roda lock ( $\mu_s$ ) tidak sama seperti pada data diperhitungkan (lebih rendah).

4. Dimensi sistem pengereman yang ideal untuk kendaraan kota SAPUJAGAD dengan bermuatan dua penumpang (200 kg) ialah dengan cara menambahkan satu set kaliper yang sama kaliper belakang pada kendaraan tersebut. Dapat terlihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 Seperti yang telah diketahui pada gambar terjadi perubahan dimensi, yang semula menggunakan satu set kaliper menjadi menggunakan dua set kaliper.

## 5.2. Saran

1. Untuk penelitian berikutnya mengenai jarak pengereman dapat dilakukan dengan percobaan yang menggunakan peralatan alat ukur yang lebih akurat dan memakai perangkat sistem pengereman yang masih baru serta disediakannya jalan atau tempat khusus untuk melakukan percobaan ini agar dapat diketahui bagaimana efisiensi dari sistem pengereman kendaraan tersebut.
2. Komponen pengereman bagian belakang ditambahkan dengan satu set kaliper yang sama dengan kaliper pengereman belakang pada kendaraan tersebut (*double*

*calipers*) agar dapat memenuhi kebutuhan sistem pengereman pada kendaraan SAPUJAGAD.



## DAFTAR PUSTAKA

- Deutschman, Aaron D., *Machine Design Theory And Practice*, Macmillan Publishing Co, New York, 1975.
- Sutantra, I Nyoman, *Teknologi Otomotif Edisi Kedua*, Teknik Mesin ITS, Surabaya, 2010.
- Febriantio, Devid, "Analisa Pengereman Kendaraan Pedesaan Produk Dalam Negeri", Teknik Mesin ITS, Surabaya, 2012.
- Ruswandiri, Bagus Kusuma, " Analisis Stabilitas pada Kendaraan Hybrid Roda Tiga dengan Variabel Kecepatan, Sudut Belok terhadap Posisi Generator Set dan Baterai", Teknik Mesin ITS, Surabaya, 2014.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic\\_brake](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_brake)



## BIODATA PENULIS



Dimas Perdana Martino dilahirkan di Jakarta, 15 Maret 1990. Anak pertama dari H. Komaruzzaman, S.H., M.H dan Endang Sri Hartati, kakak dari Dwita Ajeng Martidhania dan Devita Triwiraputri Martinadhia.

Penulis menyelesaikan masa studi Sekolah Dasar di SD Sultan Agung 01 pada tahun 2002, dilanjutkan ke SMPN 252 Jakarta lulus pada tahun 2005 dan SMAN 61 Jakarta lulus pada tahun 2008.

Selepas SMA penulis melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan Teknik Mesin. Penulis mengambil bidang studi desain (otomotif). Pada masa perkuliahan penulis memiliki beberapa prestasi diantaranya pada penulis ikut serta dalam ITS Team Sapu Angin 2012 dan mendapatkan juara satu *Urban Concept Fame* dan peringkat kelima *Prototype Gasoline* dalam *Shell Eco Marathon Asia 2012*. Penulis memiliki hobi bermain *billiard* dan pernah meraih *Runner-Up* pada kompetisi *Billiard* yang diadakan oleh ITS pada tahun 2009.

## LAMPIRAN

- Data perhitungan eksperimen

Dimensions		
Wheelbase (a+b)	2.2	m
Track width (t)	1.5	m
Mass (m)	407.35	kg
Gravity	9.81	m/s <sup>2</sup>
Weight (W)	3996.06	N

Aerodynamics		
Air density ( $\rho$ )	1.23	kg/m <sup>3</sup>
Drag coef. (Cd)	0.3	
Frontal area (Af)	1.7	m <sup>2</sup>
Cae	0.31365	

Tyre		
Rr coef. (fr)	0.08	
Friction coef. ( $\mu$ )	0.75	
Diameter roda	0.56	m

Rem depan		
Diameter piston kaliper	0.05	m
Diameter rotor disk	0.26	m
Koefisien gesek pada rem	0.5	
Tekanan hidrolis (Pe)	3922.66	kN/m <sup>2</sup>

Rem belakang		
Diameter piston kaliper	0.03	m
Diameter rotor disk	0.23	m
Koefisien gesek pada rem	0.5	
Tekanan hidrolis (Pe)	3,922.66	kN/m <sup>2</sup>

Rem depan		
Analisa secara dimensi (kemampuan sistem)		
Gaya piston pada rem (Fp)	7.698	kN
	7698	N
Gaya gesek pengereman (Fbc)	3849	N
Torsi pengereman depan (Tbc)	404.15	Nm
Proporsi gaya rem depan (Kbf)	0.74	
Gaya pengereman Faktual (Fbf)	2886.75	

Rem belakang		
Analisa secara dimensi (kemampuan sistem)		
Gaya piston pada rem (Fp)	2.771	kN
	2771	N
Gaya gesek pengereman (Fbc)	1385.5	N
Torsi pengereman depan (Tbc)	138.55	Nm
Proporsi gaya rem belakang (Kbr)	0.26	
Gaya pengereman Faktual (Fbr)	494.82	

Gaya pengereman Faktual total		3381.57
Analisa perilaku kestabilan arah pada saat pengereman	Depan	0.08
	Belakang	0.08

Analisa jarak pengereman minimum ideal			
Kecepatan (V)		Jarak pengereman (S)	
20	km/jam	3.85	m
40	km/jam	12.00	m
60	km/jam	24.36	m

Analisa jarak pengereman minimum dengan gaya aktual			
Kecepatan (V)		Jarak pengereman (S)	
20	km/jam	3.60	m
40	km/jam	11.02	m
60	km/jam	22.18	m

- Data yang didapat pada saat percobaan

Kecepatan	Percobaan (m)					Rata-rata
		I	II	III		
20	km/jam	4.17	4.2	4.14		4.17
40	km/jam	11.63	13.76	12.83		12.74
60	km/jam	25.12	24.08	24.45		24.55