



TUGAS AKHIR (DESAIN) - TM141585

**ANALISA SISTEM PENEREMAN CBS
(*COMBINED BRAKE SYSTEM*) PADA HONDA
VARIO TECHNO 125 *IDLING STOP SYSTEM*
PGM-FI DENGAN KONDISI JALAN MENURUN**

FITRI DEWI PUTRI AULIA
NRP. 2111100031

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

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT (DESIGN) - TM141585

**COMBINED BRAKE SYSTEM (CBS) ANALYSIS
ON HONDA VARIO 125 TECHNO IDLING STOP
SYSTEM PGM-FI WITH DECLAINING ROAD
CONDITIONS**

FITRI DEWI PUTRI AULIA
NRP. 2111100031

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 2015

ANALISA SISTEM Pengereman CBS (*COMBINED BRAKE SYSTEM*) PADA HONDA VARIO TECHNO 125 IDLING STOP SYSTEM PGM-FI DENGAN KONDISI JALAN MENURUN

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:

FITRI DEWI PUTRI AULIA
NRP. 2111 100 031

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc.PhD (Pembimbing)
(NIP. 195106051978031002)
2. Ir. J. Lubi (Penguji I)
(NIP. 194802201976031001)
3. Ir. Yusuf Kaelani, MSc.E (Penguji II)
(NIP. 196511031990021001)
4. Moch. Solichin, ST, MT (Penguji III)
(NIP.2100201405003)

SURABAYA

Juli, 2015

ANALISA SISTEM Pengereman CBS (*COMBINED BRAKE SYSTEM*) PADA HONDA VARIO TECHNO 125 IDLING STOP SYSTEM PGM-FI DENGAN KONDISI JALAN MENURUN

Nama Mahasiswa : Fitri Dewi Putri Aulia
NRP : 2111100031
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc., PhD.

Abstrak

Rem merupakan bagian kendaraan yang memiliki fungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraannya. Dalam proses perlambatan atau pemberhentian kendaraan tersebut dibutuhkan kestabilan, dimana salah satu upaya untuk meningkatkan kestabilan sepeda motor saat pengereman adalah menggunakan sistem pengereman CBS, yakni sistem pengereman dengan tuas rem kanan dan kirinya disambungkan oleh tali kabel. Ketika tuas rem kiri ditekan, rem kanan akan turut bekerja. Hal ini menjadikan motor lebih stabil ketika dilakukan pengereman. CBS juga dapat digunakan untuk memperpendek jarak pengereman kendaraan dengan kontribusi kedua rem (rem depan dan belakang) didalamnya.

Dalam tugas akhir ini dilakukan analisa distribusi pengereman antara rem depan dan belakang pada kendaraan Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi dengan kondisi jalan menurun. Serta dilakukan analisa jarak pengereman dan kestabilan arah dari kendaraan tersebut. Analisa dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara perhitungan (teoritis) dan percobaan (aktual). Yang dimaksud perhitungan teoritis disini adalah dibutuhkan oleh sistem, dimana seluruh elemen yang digunakan dianggap dalam keadaan berfungsi secara baik dan prima. Sedangkan yang dimaksud percobaan aktual adalah diberikan oleh sistem, dimana keadaan elemen yang digunakan bisa saja tidak sama atau kurang sesuai dengan standarnya. Variasi

percobaan dilakukan berdasarkan tingkat kecepatan dan keadaan jalan. Tingkat kecepatan yang digunakan adalah dari kecepatan 20 km/h sampai dengan kecepatan 40 km/h dengan interval 10 km/h. Sementara keadaan jalan yang digunakan adalah jalanan menurun 8° dan jalanan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m.

Dari hasil yang didapat pada analisa distribusi pengereman pada jalanan menurun nilai Kbr yang diberikan sistem lebih kecil daripada yang dibutuhkan sistem maka kendaraan akan cenderung oversteer (skid pada ban belakang). Sementara pada analisa perbandingan jarak pengereman pada jalanan menurun menunjukkan bahwa jarak pengereman dengan tuas rem kiri (CBS) lebih kecil dibandingkan jarak pengereman dengan tuas rem kanan (cakram) dimana prosentase pengurangan jarak pengeremannya sebesar 10,81%. Terakhir, pada analisa perbandingan kestabilan arah kendaraan saat rem pada jalanan menurun dibelokan fungsi kecepatan dan kondisi jalan menurun didapatkan hasil yang sama antara teoritis dan aktual, bahwa kendaraan akan mengalami skid belakang pada kecepatan 30 km/jam dan diatasnya.

Kata kunci : CBS (Combined Brake System), distribusi pengereman, jalan menurun, jarak pengereman, kestabilan arah kendaraan.

COMBINED BRAKE SYSTEM (CBS) ANALYSIS ON HONDA VARIO 125 TECHNO IDLING STOP SYSTEM PGM-FI WITH DECLINING ROAD CONDITIONS

Name : Fitri Dewi Putri Aulia
NRP : 2111100031
Department : Teknik Mesin FTI-ITS
Advisor Lecturer : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc., PhD.

Abstract

Brake is a vehicle part that has the function to slow or to stop the vehicle. In the process of slowing or stopping, the vehicle stability is required, in which one of the efforts to improve the stability of the motorcycle while braking is using a CBS braking system, which the braking system with brake lever right and left are connected by a cable. When the left brake lever is pressed, the right brake will also work. It makes the bike more stable while braking. CBS can also be used to shorten the vehicle's braking distance with the contribution of both brakes (front and rear brake) therein.

In this final project to analyzed the distribution of braking between front and rear brakes on the vehicle Honda Vario Techno 125 PGM-Fi ISS with declining road condition. And also analyzed the braking distance and direction stability of the vehicle. Analysis was done by two ways, in the calculation (theoretical) and experimental (actual). What are meant theoretical is calculations required by the system, which is all elements used are considered in state of well functioning and vibrant. While the definition of an actual experiment is given by the system, where the state of the elements used may not be same or less in accordance with their standard. Variations of the experiment conducted by the level of speed and road conditions. The rate of speed used in between 20 km / h up to 40 km / h with interval 10 km / h. While the condition of the road used a

decreased 8° streets and downhill turning road with 30.15 m turning radius.

From the results obtained in distribution analysis of braking on a downhill road, Kbrgavea smaller value from system than its needed, the vehicle will tend to over steer (skid on rear tires). While the comparative analysis braking distance on the decline road indicates that the braking distance with the left brake lever (CBS) is smaller than the braking distance with the right brake lever (disc) where the percentage reduction in braking distance of 10.81%. Finally, the comparative analysis on the stability of the direction of the vehicle when braking on a downhill turning road speed function and declining road conditions obtained similar results between theoretical and actual, that the vehicle will have rear skid at a speed of 30 km / h and above.

Key words : CBS (Combined Brake System), braking distribution, decreasing road conditions, braking distance, stability direction of the vehicle.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dihaturkan kehadirat Allah Subhanallahu Wa Ta'ala, hanya karena tuntunan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Analisa Sistem Pengereman CBS (*Combined Brake System*) Pada Honda Vario Techno 125 *Idling Stop System* PGM-FI Dengan Kondisi Jalan Menurun. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tersayang yang telah menjadi orang-orang terbaik dalam hidup penulis dan selalu memberikan doa dan dorongan dalam segala kondisi.
2. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc., PhD., selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. J. Lubi, Bapak Ir. Yusuf Kaelani, MSc.E., dan Bapak Moch. Solichin, ST., MT., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis.
4. Bapak Ir. Achmad Muljana selaku dosen wali yang telah memberikan arahan-arahannya kepada penulis selama masa perkuliahan tahap Sarjana.
5. Viola Agus Arintika, sahabat sekaligus partner tugas akhir yang telah berjuang bersama, bersabar, dan bergembira dalam mengerjakan dan menyelesaikan setiap bagian dari Tugas Akhir ini.
6. Rizky Iqbal Reza Pahlevi, adik tercinta penulis yang selalu menemani dan memberikan motivasi serta dukungannya.
7. Ajeng, Vicky, Daris, Daus, Angga, Muchlis, Simen, Bayu, Ste, Azhar, Indira, Mas Tomi, teman-teman laboratorium Desain yang selalu bersedia membantu.

8. Sahabat-sahabat penulis, Wildan, Azwar, Sendy, Imas, Arsy, dan Icha.
9. Teman-teman satu angkatan M54.
10. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, semoga ilmu yang disampaikan bermanfaat kedepannya bagi diri penulis maupun bagi bangsa dan negara.
11. Segenap karyawan Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, Pak Mul, Pak Agus, Bu Sri, Mbah No, terima kasih atas waktu dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis, semoga dapat terus membantu kedepannya bagi adik-adik di Jurusan Teknik Mesin ITS.

Dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Semoga hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Hasil Penelitian	3

BAB II DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori	5
2.1.1 Sistem pengereman	5
2.1.2 Dasar teori analisa pengereman	9
2.1.2.1 Cara mencari CG (<i>center of gravity</i>) ...	9
2.1.2.2 Cara menghitung jarak pengereman ..	12
2.1.2.3 Cara analisa gaya pengereman	15
2.1.2.4 Cara menghitung Kbf dan Kbr yang diberikan sistem (aktual)	20
2.1.2.5 Distribusi pengereman yang dibutuhkan oleh sistem (teoritis)	20
2.1.2.6 Perilaku kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman	23
2.1.2.7 Perilaku kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman dalam keadaan belok	24

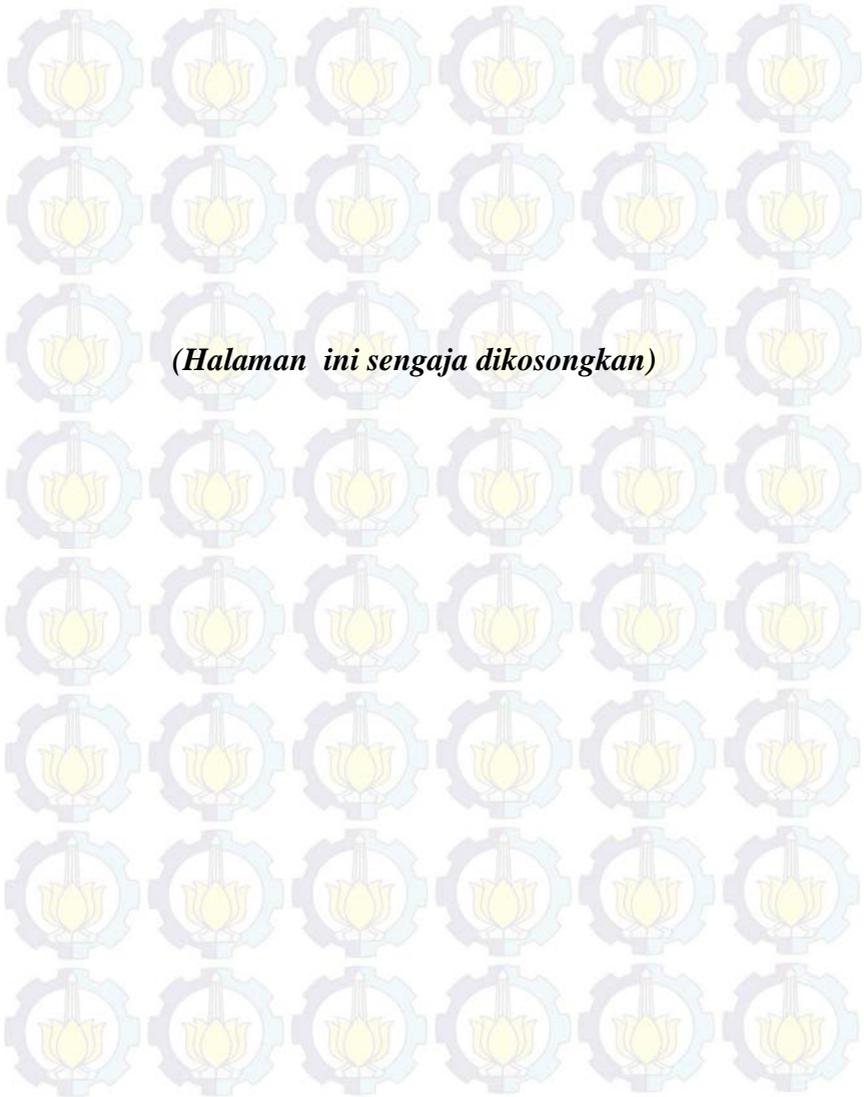
2.2	Kajian Pustaka	26
2.2.1	Distribusi pengereman secara teoritis dan aktual	26
2.2.2	Mencari jarak pengereman minimum kendaraan	27
2.2.3	Analisa perilaku kestabilan arah kendaraan saat pengereman dalam keadaan belok	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Flowchart Penelitian	31
3.2	Peralatan yang digunakan	32
3.3	Flowchart Percobaan	36
3.4	Flowchart Perhitungan	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pelaksanaan Percobaan	41
4.1.1	Kendaraan uji dan pengendara	41
4.1.2	Lokasi percobaan	41
4.1.3	Perhitungan radius belok	42
4.1.4	Penimbangan massa	43
4.1.5	Pengukuran tekanan hidrolik cakram	44
4.1.6	Pengambilan data percobaan	45
4.2	Data Percobaan	46
4.3	Analisa Data	49
4.3.1	Perhitungan CG (<i>center of gravity</i>) dengan 2 penumpang	49
4.3.2	Perhitungan distribusi pengereman teoritis pada kondisi jalan menurun	50
4.3.3	Perhitungan distribusi pengereman actual pada kondisi jalan menurun	51
4.3.4	Perbandingan distribusi pengereman teoritis dan actual pada kondisi jalan menurun	52
4.3.5	Perhitungan jarak pengereman teoritis pada jalan menurun	53
4.3.6	Perbandingan jarak pengereman teoritis dan	

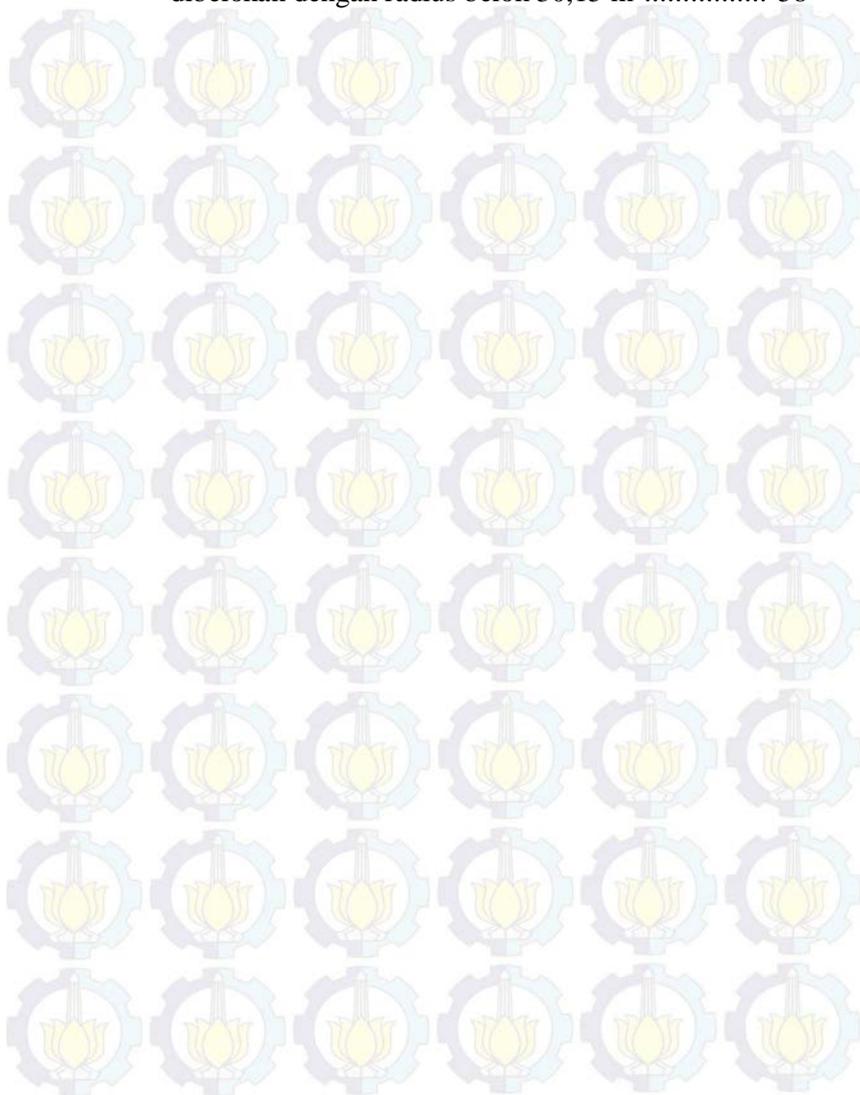


(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan antara rem tromol dan rem cakram	7
Tabel 2.2	Koefisien hambat aerodinamis untuk kendaraan ...	14
Tabel 2.3	Koefisien gesek berbagai bahan pada rem	16
Tabel 2.4	Harga fr pada sepeda motor	22
Tabel 2.5	Koefisien adhesi ban pada bermacam jenis jalan berdasarkan hasil studi J.J Taborek.....	24
Tabel 2.6	Harga rata-rata koefisien hambatan <i>rolling</i> untuk beberapa jenis ban dan kondisi jalan berdasarkan hasil studi J.J Taborek.....	24
Tabel 2.7	Perbandingan distribusi pengereman teoritis dan aktual	26
Tabel 2.8	Perbandingan analisa <i>skid</i> secara teoritis dan Aktual berdasarkan variasi kecepatan	28
Tabel 4.1	Terjadinya <i>skid</i> pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m	48
Tabel 4.2	Perhitungan Kbf dan Kbr berdasarkan variasi kecepatan	50
Tabel 4.3	Hasil perhitungan gaya dan torsi pengereman rem cakram secara aktual	51
Tabel 4.4	Hasil perhitungan gaya dan torsi pengereman rem tromol secara aktual	52
Tabel 4.5	Perbandingan distribusi pengereman teoritis dan aktual	52
Tabel 4.6	Perhitungan Fgf, Fgr, Fcf, dan Fcr berdasarkan variasi kecepatan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m	56
Tabel 4.7	Analisa <i>skid</i> depan dan <i>skid</i> belakang berdasarkan variasi kecepatan secara teoritis saat pengereman dilakukan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m	57
Tabel 4.8	Perbandingan analisa <i>skid</i> secara teoritis dan aktual berdasarkan variasi kecepatan saat	

pengereman dilakukan pada jalan menurun
dibelokkan dengan radius belok 30,15 m 58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konstruksi dan operasi rem cakram	5
Gambar 2.2	Bagian-bagian rem tromol	6
Gambar 2.3	Aplikas rem	8
Gambar 2.4	Skema sistem pengeremn CBS	9
Gambar 2.5	Penimbangan bidang datar	10
Gambar 2.6	Distribusi gaya-gaya pada penimbangan bidang miring	11
Gambar 2.7	Bagian-bagian rem cakram	15
Gambar 2.8	Gaya-gaya pada rem cakram	15
Gambar 2.9	Pressure gauge modifikasi	17
Gambar 2.10	Profil tuas rem kiri	17
Gambar 2.11	Gaya pada <i>drum</i> tromol	18
Gambar 2.12	Pengukuran gaya tangan untuk pengereman ...	19
Gambar 2.13	Gaya-gaya saat kendaraan turun di rem	21
Gambar 2.14	Gaya-gaya saat kendaraan belok	25
Gambar 2.15	Grafik perbandingan jarak pengereman vs kecepatan antara jarak pengereman teoritis dan aktual pada jalan lurus	27
Gambar 3.1	Flowchart penelitian	31
Gambar 3.2	Spesifikasi Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi	33
Gambar 3.3	Timbangan badan digital	33
Gambar 3.4	<i>Pressure gauge</i> modifikasi	34
Gambar 3.5	Neraca pegas	34
Gambar 3.6	Meteran	35
Gambar 3.7	<i>Stopwatch</i>	35
Gambar 3.8	Flowchart percobaan	37
Gambar 3.9	Flowchart perhitungan	39
Gambar 4.1	Pengendara dengan kendaraan Honda Vario Techno 125	41
Gambar 4.2	Lokasi pengambilan data percobaan (a) turun lurus (b) turun belok	42
Gambar 4.3	Perhitungan radius belok	42

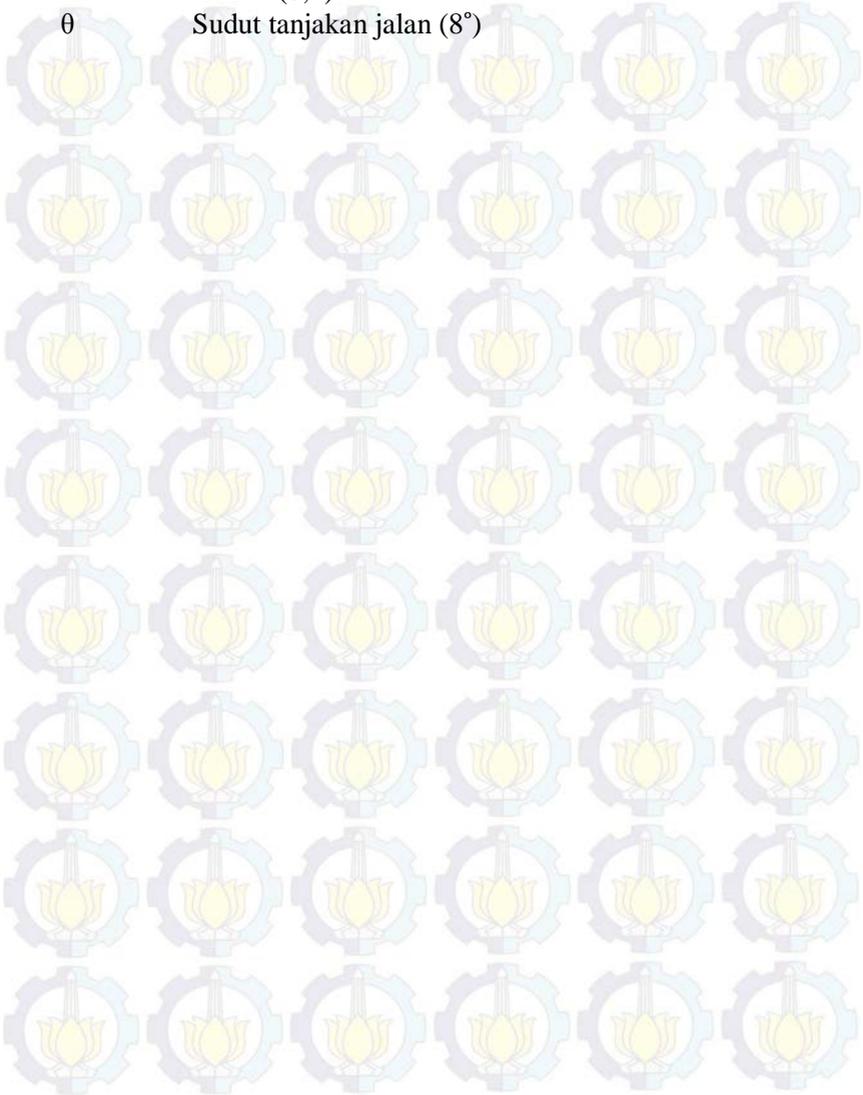
Gambar 4.4	Penimbangan massa kendaraan dengan 2 penumpang	43
Gambar 4.5	Peletakkan timbangan massa digital (a) roda depan (b) roda belakang	44
Gambar 4.6	Pemasangan <i>pressure gauge</i> modifikasi pada rem cakram	45
Gambar 4.7	Pengukuran jarak pengereman	45
Gambar 4.8	Grafik jarak pengereman aktual (m) vs kecepatan kendaraan (km/jam) pada jalan menurun 8°	48
Gambar 4.9	<i>Center of gravity</i> Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi	49
Gambar 4.10	Grafik jarak pengereman teoritis (m) vs kecepatan kendaraan (km/jam) pada jalan menurun 8°	54
Gambar 4.11	Grafik perbandingan jarak pengereman aktual dan teoritis (m) vs kecepatan kendaraan (km/jam) antara jarak pengereman teoritis dan aktual pada jalan menurun 8°	55

DAFTAR SIMBOL

a	Perlambatan kendaraan (m/s^2)
A_f	Luas permukaan frontal yang menahan angin ($0,7 \text{ m}^2$)
C_d	Koefisien hambat aerodinamis kendaraan (1,8)
d_{piston}	Diameter piston cakram ($0,033928 \text{ m}$)
F_{bf}	Gaya pengereman cakram karena adanya 2 buah piston yang bergesekan dengan <i>caliper</i> (N)
$F_{b_{\text{max}}}$	Gaya pengereman maksimum kendaraan (N)
F_{br}	Gaya pengereman tromol karena adanya gaya gesek antara kampas rem dengan <i>drum</i> tromol (N)
F_{cam}	Gaya yang diberikan pada <i>cam</i> tromol karena adanya perbesaran gaya baik dari gaya tangan pengemudi maupun panjang tuas (N)
F_{cf}	Gaya sentrifugal roda depan (N)
F_{cr}	Gaya sentrifugal roda belakang (N)
F_{gf}	Gaya samping roda depan (N)
F_{gr}	Gaya samping roda belakang (N)
F_{max}	Gaya yang tepusat ditengah <i>drum</i> tromol (N)
F_p	Gaya yang diberikan piston karena adanya tekanan hidrolik cakram yang mengenai luas permukaan piston (N)
$f_{r_{\text{kecepatan}}}$	Koefisien <i>rolling resistance</i> akibat kecepatan
$f_{r_{\text{kendaraan}}}$	Koefisien <i>rolling resistance</i> kendaraan (0,08)
F_{tangan}	Gaya tarik tangan pengemudi (19 N)
g	Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
h	Tinggi CG (m)
K_{bf}	Proporsi rem depan
K_{br}	Proporsi rem belakang
L	Jarak antar kedua poros roda (m)
l_1	Panjang tuas rem kiri (15 cm)
l_2	Jarak antara pivot tuas rem dan lubang tempat dipasangnya kabel rem (2,6 cm)
l_3	Panjang tuas penyambung antara kabel rem dengan <i>cam</i> (6,2 cm)

l_4	Panjang <i>cam</i> (1,8 cm)
L_f	Jarak dari poros roda depan ke CG (m)
L_r	Jarak dari CG ke poros roda belakang (m)
m	Massa kendaraan dengan 2 penumpang (kg)
P_e	Tekanan hidrolik cakram (3.922.722,37 N/m ²)
R	Radius belok jalan (30,15 m)
R_a	Gaya hambatan aerodinamis (N)
r_{drum}	Jari-jari drum tromol (0,07 m)
R_{rotor}	Jari-jari <i>calliper</i> cakram (0,09 m)
r_{piston}	Jari-jari piston <i>caliper</i> (0,016964 m)
S	Jarak pengereman (m)
S_a	Pendekatan jarak pengereman akibat adanya <i>time respon</i> (m)
S_{tot}	Jarak pengereman total (m)
T_{bf}	Torsi pengereman cakram (Nm)
T_{br}	Torsi pengereman tromol (Nm)
t_d	Waktu respon sistem rem (0,3 s)
V	Kecepatan kendaraan (m/s)
W	Berat kendaraan dengan 2 penumpang (N)
W_f	Berat kendaraan bagian depan dengan 2 penumpang (N)
W_{motor}	Berat kendaraan kosong (N)
W_r	Berat kendaraan bagian belakang dengan 2 penumpang (N)
δf	Sudut belok rata-rata dari roda depan (radian)
η_b	Efisiensi pengereman kendaraan dari perbandingan perlambatan secara aktual dan ideal dengan kecepatan yang sama
γ	Faktor equivalen massa (1,04)
μ_{aspal}	Koefisien gesek jalan (aspal) saat kendaraan berjalan lurus (0,75)
μ_{cakram}	Koefisien gesek antara <i>disc brake pad</i> dan <i>caliper</i> (0,3)
μ_{lateral}	Koefisien gesek jalan (aspal) saat kendaraan berjalan belok (0,29)

μ_{tromol} Koefisien gesek antara kampas rem dengan drum tromol (0,4)
 θ Sudut tanjakan jalan (8°)





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS

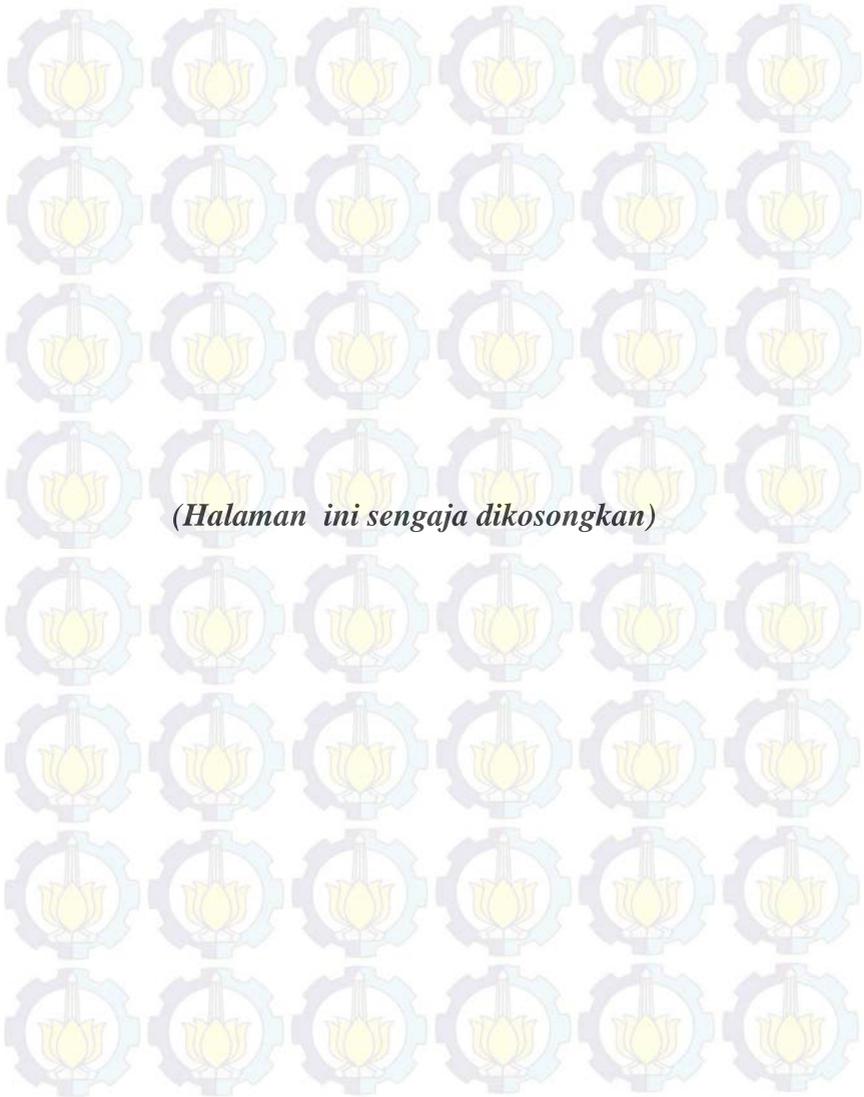


Fitri Dewi Putri Aulia lahir di Surabaya, 13 Maret 1994. Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara pasangan Prabudiono dan Pipik Mariapuspitawati. Pendidikan formal yang ditempuh adalah SD Islam Maryam (1994-2004), SD Negeri Petiken III (2004-2005), SMP Negeri 12 Surabaya (2005-2008), dan SMA Negeri 10 Surabaya (2008-2011). Sejak muda, penulis selalu tertarik dengan dunia desain. Oleh karena itu, penulis memilih untuk melanjutkan studinya di jurusan Teknik Mesin

Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang terdaftar dengan NRP 2111100031.

Selama masa kuliah, penulis aktif mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Mesin dalam Departemen Kesejahteraan Mahasiswa khususnya pada Biro Kesehatan untuk meningkatkan *soft skill*. Penulis juga aktif sebagai Asisten Praktikum Dinamika Teknik, Mekanika Getaran, Grader dalam mata kuliah Menggambar Mesin, serta aktif dalam beberapa kepanitiaan. Di Jurusan Teknik Mesin, penulis mengambil bidang studi Desain sebagai bahasan Tugas Akhir yang memiliki topik analisa sistem pengereman CBS (*Combined Brake System*) dengan kondisi jalan menurun di bawah bimbingan Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

Jika ada informasi, pertanyaan maupun saran yang ingin disampaikan kepada Penulis, dapat melalui email fitridewiaulia@gmail.com.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi adalah salah satu kebutuhan manusia dimana kecanggihannya merupakan penyempurnaan dari teknologi sebelumnya. Penyempurnaan itu merupakan sebuah proses dimana perkembangan teknologi tidak mungkin terjadi secara langsung tanpa melalui kesalahan atau kekurangan. Hal tersebut juga terjadi pada perkembangan teknologi bidang otomotif, dimana salah satunya adalah pada sistem rem. Sistem rem pertama yang ditemukan adalah rem tromol, dan hampir semua kendaraan dari berbagai kelas menggunakan sistem rem ini. Selanjutnya sistem rem berkembang menjadi sistem rem cakram pada tahun 1970an, kemudian pada tahun 1983 Honda menerapkan sistem rem *Combined Brake System* pada GL1100.

Sekarang ini teknologi sistem rem CBS dapat dijumpai pada Honda Vario Techno 125 ISS PGM-FI, salah satu jenis sepeda motor matik keluaran Honda. Sepeda motor ini menggunakan sistem transmisi otomatis dengan mengaplikasikan CVT (*Continuously Variable Transmission*) sebagai pengganti rantai dan gear. Dikarenakan menggunakan transmisi otomatis yang menggunakan *belt* dan *pulley*, maka *engine brake* pada kendaraan ini sangat kecil, sehingga tidak bisa membantu proses pengereman. Tujuan utama dari penggunaan teknologi sistem rem CBS adalah untuk meningkatkan perlambatan dari pedal rem (atau tuas kiri), yang sebelumnya relatif lebih rendah selama penerapan rem roda belakang saja. Untuk mencapai tujuan tersebut, dimungkinkan untuk menerapkan rem secara bersamaan pada roda depan dan belakang dengan pengoperasian pedal rem (tuas kiri) saja.

Melihat kontur jalan yang tidak selalu datar, terdapat juga jalanan menurun yang tidak menutup kemungkinan bagi pengendara untuk melakukan pengereman. Banyak kecelekaan yang terjadi karena kurang tepatnya waktu penarikan tuas rem di

turunan. Dimana pada saat turunan penggunaan rem harusnya lebih dimaksimalkan pada rem belakang. Namun untuk mencapai jarak pengereman yang minimal diperlukan kombinasi antara penggunaan rem depan dan belakang. Hal ini berbanding lurus dengan tujuan dari penerapan sistem CBS. Oleh karena hal itu, maka pada tugas akhir ini dilakukan analisa kestabilan kendaraan saat pengereman pada kendaraan roda dua dengan sistem CBS dengan kondisi jalan yang menurun. Sehingga bisa didapatkan distribusi pengereman yang stabil dan kenyamanan bagi pengendara, serta demi kemajuan teknologi otomotif Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Kemampuan pengereman suatu kendaraan ditentukan oleh pencapaian jarak pengereman minimum dan kestabilan arah yang baik. Pada tugas akhir ini beberapa masalah yang dirumuskan adalah :

1. Bagaimana perbandingan distribusi gaya rem depan dan belakang secara teoritis dan aktual saat jalan menurun pada sistem rem CBS.
2. Bagaimana perbandingan jarak pengereman kendaraan secara teoritis dan aktual saat jalan menurun dengan sistem rem CBS.
3. Bagaimana stabilitas arah kendaraan jika diberi gaya rem saat jalan menurun dibelokan pada sistem CBS.

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini terarah, diberikan beberapa batasan masalah antara lain :

1. Kendaraan yang dianalisa adalah sepeda motor Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi dengan 2 penumpang yang memiliki massa 80 dan 53 kg.
2. Analisa jarak pengereman pada jalan menurun dilakukan pada variasi kecepatan 20, 30, dan 40 km/jam.

3. Analisis distribusi gaya pengereman kendaraan dilakukan pada jalanan menurun dengan sudut 8° serta pada jalanan menurun di belokan dengan radius belok 30,15 m.
4. Defleksi pada ban diabaikan.
5. Efek gaya samping dan gaya angkat akibat angin diabaikan.
6. Kecepatan relatif angin terhadap kendaraan dianggap sama dengan kecepatan kendaraan.
7. Stabilitas arah kendaraan yang dianalisa adalah *understeer*, *oversteer* dan *skid*.
8. Stabilitas arah kendaraan dilakukan pada jalan aspal kering.
9. Luaran yang diharapkan tidak akan mengubah dimensi rem.
10. Sudut *camber* yang muncul dalam kondisi belok diabaikan (kendaraan dianggap tidak miring saat belok).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbandingan distribusi gaya rem depan dan belakang secara teoritis dan aktual saat jalan menurun pada sistem rem CBS.
2. Untuk mengetahui perbandingan jarak pengereman secara teoritis dan aktual kendaraan saat jalan menurun dengan sistem rem CBS.
3. Untuk mengetahui stabilitas arah kendaraan jika diberi gaya rem saat jalan menurun dibelokan dengan sistem rem CBS.

1.5 Manfaat Hasil Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan informasi berupa data pengereman pada sistem rem CBS saat jalan menurun maupun menurun dibelokan yang dapat dijadikan referensi dunia otomotif untuk membuat desain rem sepeda motor yang lebih baik.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai sistem pengereman CBS saat jalan menurun sehingga menjadikan hal ini salah satu pengetahuan dalam keamanan dan kenyamanan saat berkendara.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

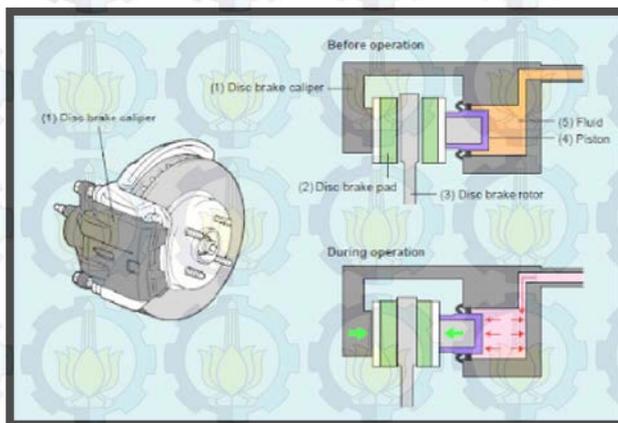
2.1 Dasar Teori

2.1.1 Sistem pengereman

Sistem rem (*brake*) adalah alat yang digunakan untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan melalui rodanya. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini biasanya diubah menjadi panas karena gesekan. Adanya rem pada kendaraan sangat penting untuk keselamatan penumpang, jika tidak ada rem maka penumpang bisa mengalami kecelakaan yang bisa menyebabkan kematian. Pada dasarnya ada 2 jenis rem yang umumnya digunakan pada motor yaitu :

➤ Rem cakram (*disk brake*)

Rem Cakram adalah rem yang bekerja atas dasar menjepit cakram (*disk*) yang dipasangkan pada roda kendaraan. Untuk menjepit cakram digunakan *caliper* yang digerakkan oleh piston untuk mendorong sepatu rem (*brake pads*) ke piringan cakram. Skema operasinya seperti digambarkan pada gambar 2.1.

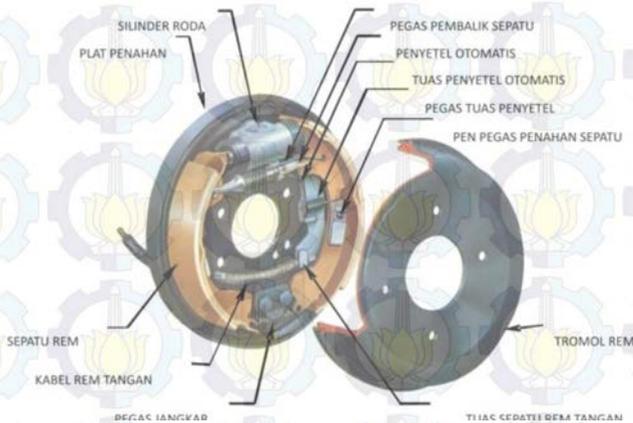


Gambar 2.1 Konstruksi dan operasi rem cakram ^[1]

Tekanan hidrolis akan muncul dari master silinder yang mendapat tekanan dari tarikan tuas rem pengendara. Dimana tekanan hidrolis tersebut akan menggerakkan fluida untuk mendorong piston. Piston yang terdorong akan menekan *brake pads* dan mengakibatkannya bergesekan dengan *disc brake pads* sehingga putaran roda akan melambat dan berhenti berputar.

➤ Rem tromol (*drum brake*)

Rem tromol adalah rem yang bekerja atas dasar gesekan antara kampas rem dengan *drum* tromol yang ikut berputar dengan putaran roda kendaraan, sehingga diharapkan dapat mengurangi laju motor secara perlahan. Rem jenis ini terdiri dari banyak bagian yang dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bagian-bagian rem tromol [2]

➤ Perbandingan rem cakram dan rem tromol

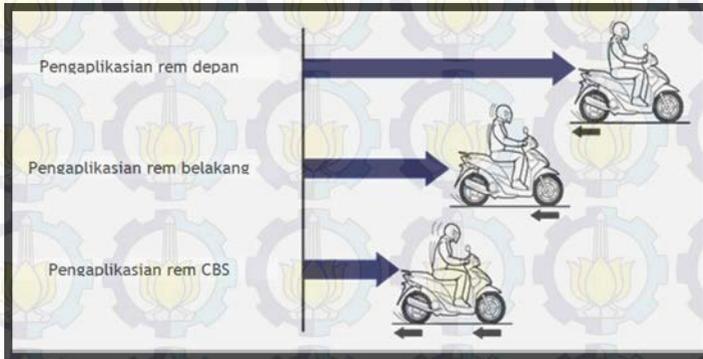
Pada dasarnya setiap jenis rem memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Dan perkembangan akan selalu ada pada setiap penyempurnaan. Dari segala penyempurnaan yang telah dilakukan, pada tabel 2.1 adalah beberapa perbandingan antara rem cakram dan rem tromol.

Tabel 2.1 Perbandingan antara rem tromol dan rem cakram ^[3]

Rem Cakram (<i>Disk Brake</i>)	Rem Tromol (<i>Drum Brake</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Tidak perlu menarik tuas rem terlalu keras karena dibantu oleh fluida (hidrolis) untuk menggerakkan piston yang mendorong kampas rem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lebih berat karena murni tenaga manual untuk menarik tuas rem.
<ul style="list-style-type: none"> • Kampas tidak cepat panas (memiliki pelepasan panas yang lebih baik) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lebih cepat panas (minim pembuangan panas)
<ul style="list-style-type: none"> • Hasil pengereman dapat mencapai 100% (karena menggunakan prinsip “menjepit”) 	<ul style="list-style-type: none"> • Daya pengereman maksimal hanya sekitar 70% (karena kampas rem tidak seluruhnya menempel pada tromol roda)
<ul style="list-style-type: none"> • Daya pengereman lebih bergantung kepada lebar cakram dan kekuatan piston 	<ul style="list-style-type: none"> • Rem tidak pakem saat banjir (karena perangkat rem dipenuhi air) dan memiliki permukaan gesek yang lebih lebar dengan kinerja pengereman yang lebih lembut
<ul style="list-style-type: none"> • Konstruksinya dan sistem pengeremannya terbuka (kaliper berpotensi ditumpuki kotoran yang mengeras dan dapat merusak cakram) 	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruksi tertutup (kampas tidak gampang rusak terkena kotoran dari luar)

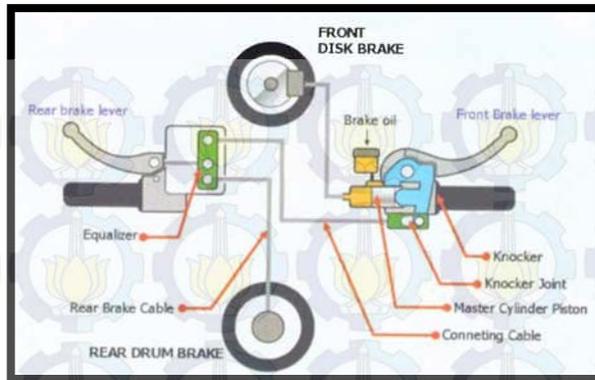
➤ **CBS (*Combined Brake Sytem*)**

Combined Brake Sytem adalah sistem pengereman yang mengkombinasikan antara rem depan dan belakang. Cukup dengan menarik tuas rem kanan, akan didapatkan pengereman di roda depan juga di roda belakang. Pada sepeda motor konvensional, rem depan dan rem belakang merupakan dua sistem yang saling bebas dan berdiri sendiri (terpisah). Padahal fungsi pengereman akan optimal ketika rem depan dan rem belakang dioperasikan secara simultan (bersamaan) dengan menggerakkan satu tuas rem saja. Pada gambar 2.3 disimulasikan 3 jenis aplikasi rem.



Gambar 2.3 Aplikasi rem ^[4]

Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa pengaplikasian sistem rem CBS akan menghasikan jarak pengereman yang paling pendek diantara pengaplikasian rem depan saja maupun rem belakang saja. Karena pada *Combined Brake System* Honda Vario 125 ISS PGM-Fi, sistem pengereman didesain untuk mengkombinasikan antara rem depan dan rem belakang sedemikian rupa agar dapat bekerja secara bersama dengan hanya menggunakan satu tuas rem. Sistem kerjanya seperti diskemakan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skema sistem pengereman CBS ^[5]

Mekanisme kerja sistem pengereman CBS berada pada 2 titik sentral, yakni *knocker join* dan *equalizer box*. Pada CBS, *knocker* (tuas rem) depan terpasang sebuah *knocker joint*. Ketika tuas rem kanan ditekan, *knocker joint* sama sekali tidak bekerja, karena fungsi utama *knocker joint* ini adalah mendorong rem depan bekerja saat tuas rem kiri ditarik oleh pengendara. Sedangkan ketika tuas rem kiri ditarik, *equalizer box* akan menarik kabel rem belakang dan rem depan sekaligus yang terhubung melalui *connecting cable*.

2.1.2 Dasar teori analisa pengereman

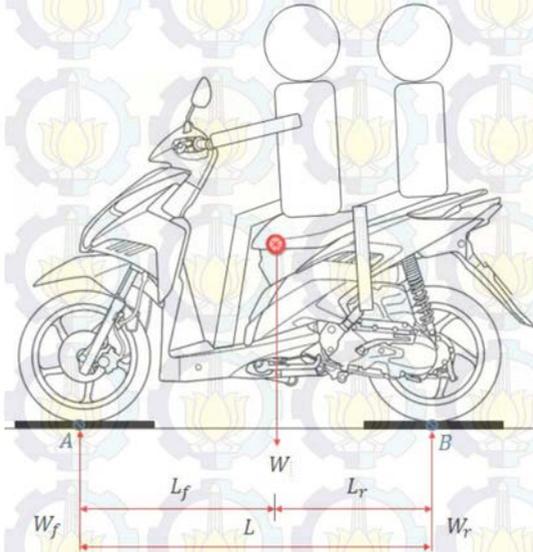
2.1.2.1 Cara mencari CG (*center of gravity*)

Setiap benda yang memiliki massa pasti memiliki titik berat atau titik pusat massa, begitu pula dengan kendaraan. Sebelum jauh melakukan percobaan dan perhitungan secara menyeluruh, perlu diketahui tentang posisi *center of gravity* kendaraan untuk memudahkan perhitungan. Mencari posisi CG terdiri dari beberapa langkah, yakni sebagai berikut :

➤ Menghitung nilai L_f dan L_r

Untuk menghitung nilai L_f dan L_r kendaraan, perlu dilakukan penimbangan massa kendaraan dengan cara menaruh

timbangan badan digital tepat dibawah roda depan dan roda belakang kendaraan. Dalam hal ini penimbangan harus tepat dalam kondisi horisontal. Contoh penimbangannya seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Penimbangan bidang datar

Pada penimbangan ini akan didapatkan nilai W_f dan W_r , yaitu distribusi berat di bagian depan dan belakang kendaraan dengan menggunakan rumus (2.1) dan (2.2).

- Apabila tumpuan di roda depan (titik A) :

$$\sum M_A$$

$$W L_f - W_r L$$

$$L_f \frac{W_r L}{W} \dots\dots\dots(2.1)$$

- Apabila tumpuan di roda belakang (titik B) :

$$\sum M_B$$

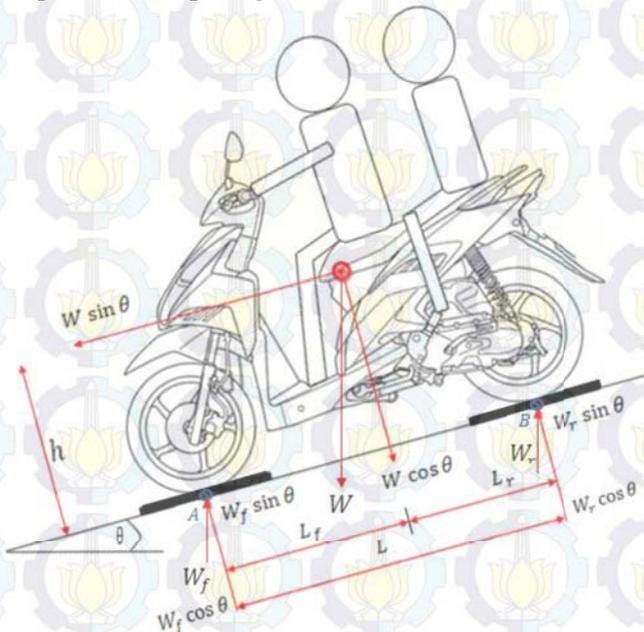
$$-W L_r + W_f L$$

$$L_r \frac{W_f L}{W} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana : L_f = jarak CG sampai tumpuan roda depan (m)
 L_r = jarak CG sampai tumpuan roda belakang (m)
 L = jarak dari poros roda depan dan belakang (m)
 W_f = Berat kendaraan bagian depan + penumpang (kg)
 W_r = Berat kendaraan bagian belakang + penumpang (kg)
 W = Berat total kendaraan + penumpang (kg)

➤ Menghitung nilai h

Untuk mencari nilai h dalam penentuan CG kendaraan, diperlukan penimbangan kendaraan pada kondisi jalan yang memiliki sudut tanjakan 8° - 15° . Proses penimbangan masih sama dengan sebelumnya, yaitu timbangan badan digital diletakkan di bawah tumpuan roda depan dan belakang. Contoh penimbangannya seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Distribusi gaya-gaya pada penimbangan bidang miring

Untuk mencari nilai h dalam penentuan CG diperlukan penimbangan kendaraan pada kondisi jalan yang memiliki sudut tanjakan 8° - 15° . Proses penimbangan sama dengan sebelumnya, yaitu dengan timbangan diletakkan di bawah salah satu roda. Dalam penimbangan kali ini, timbangan diletakkan di bawah roda depan, nilai h bisa didapat dengan menggunakan rumus (2.3).

- Apabila tumpuan di roda depan (titik A) :

$$\Sigma M_A$$

$$W \sin \theta h - W_r \cos \theta L - W_f L = 0$$

$$h = \frac{W_r \cos \theta L + W_f L}{W \sin \theta} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana : h = tinggi pusat CG dengan tanah (m)
 θ = sudut tanjakan ($^{\circ}$)

2.1.2.2 Cara menghitung jarak pengereman

Kinerja dari sistem pengereman sebuah kendaraan dapat dinilai melalui sebuah parameter, yang salah satunya 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 dihitung dengan menggunakan rumus (2.4).

$$a = \frac{Fb_{max}}{m}$$

$$a ds = \left[\frac{Fb_{max}}{m \gamma_m} - \frac{\Sigma R}{m} \right] ds$$

$$a d V t = \left[\frac{Fb_{max}}{m \gamma_m} - \frac{\Sigma R}{m} \right] ds$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{Fb_{max}}{W} \frac{\Sigma R}{\gamma_m} \\
 V &= \frac{Fb_{max}}{W} \frac{\Sigma R}{\gamma_m} \\
 ds &= \frac{g Fb_{max}}{W \gamma_m V} \frac{\Sigma R}{V} dV \\
 S &= \int \frac{g Fb_{max}}{W \gamma_m} \frac{\Sigma R}{V} dV \\
 S &= \frac{g Fb_{max}}{W \gamma_m} \int \frac{\Sigma R}{V} dV
 \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 Fb_{max} &= \Sigma R \left(\mu_{aspal} \frac{W}{Ra} + \theta \right) + (f r_{kendaraan} \frac{W}{Ra} + \theta) \\
 &= \frac{\rho}{Ra} C_d A_f V^2 + C_{ae} V
 \end{aligned}$$

maka :

$$S = \frac{W \gamma_m}{g C_{ae}} \ln \left[\frac{\mu \theta + C_{ae} V_i}{\mu \theta} \right] \dots \dots (2.4)$$

dimana : S = jarak pengereman (m)

γ_m = faktor equivalen massa
($\gamma_m = 1,04$; untuk kendaraan konvensional)

Fbmax = gaya pengereman maksimum kendaraan dengan 2 penumpang (N)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Koefisien hambat aerodinamis kendaraan (C_d) memiliki nilai yang bergantung dari jenis kendaraan. Dimana semakin besar nilai koefisien ini maka semakin besar pula nilai hambatan aerodinamisnya. Pada tabel 2.2 adalah nilai C_d dari beberapa jenis kendaraan.

Tabel 2.2 Koefisien hambatan aerodinamis untuk kendaraan [6]

No	Jenis Kendaraan	Koefisien Hambat
1	kendaraan penumpang	0,3 - 0,6
2	kendaraan <i>convertible</i>	0,4 - 0,65
3	kendaraan balap	0,25 - 0,3
4	Bus	0,6 - 0,7
5	<i>Truck</i>	0,8 - 1
6	<i>Tractor - trailer</i>	0,8 - 1,3
7	Sepeda motor + penumpang	1,8

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 dituliskan dalam rumus (2.5) dan (2.6).

$$S_a = t_d V_1 \dots\dots\dots(2.5)$$

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 (m/s)

maka :

$$S_{tot} = S + S_a \dots\dots\dots(2.6)$$

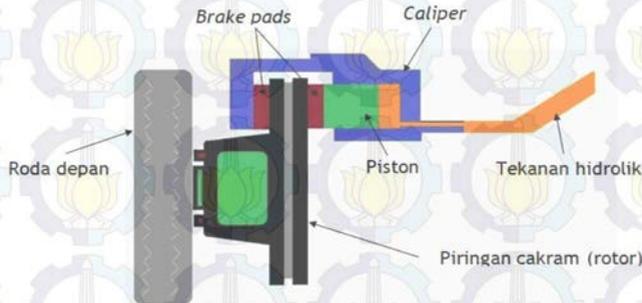
dimana : S_{tot} = jarak pengereman total (m)

Untuk kendaraan roda dua tidak serta merta jarak pengereman yang pendek bisa dikatakan aman, karena bisa saja dengan jarak pengereman yang pendek pengendara akan terpelecut dari motornya. Untuk itu perlu diketahui cara-cara pengereman yang aman dilakukan pengendara.

2.1.2.3 Cara analisa gaya pengereman

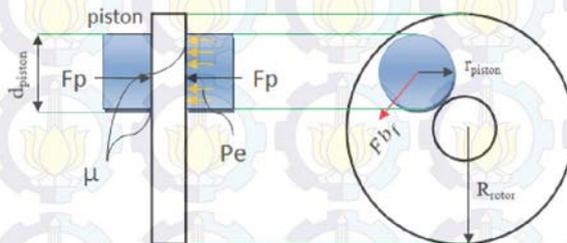
➤ Rem cakram

Gaya pengereman pada rem tipe *disk brake* adalah gaya yang diberikan oleh *brake pads* terhadap piringan cakram (rotor). Gaya tersebut merupakan terusan dari bagian *disk brake* lainnya. Bagian-bagian *disk brake* tersebut dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Bagian-bagian rem cakram [7]

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa piston mendapat tekanan hidrolik dari *master cylinder* akan menekan piston dan *brake pads* sampai terjadi gesekan dengan rotor. Gesekan inilah yang dapat memperlambat putaran roda dan mengakitkannya berhenti berputar. Gaya-gaya yang terjadi pada *disk brake* dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Gaya-gaya pada rem cakram

Gaya piston yang menekan pada *brake pads* dapat dituliskan pada rumus (2.7).

$$F_p = P_e \cdot \pi \cdot d_{piston} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana : F_p = gaya piston yang menekan pada rem (N)
 P_e = tekanan hidrolis cakram (N/m²)
 d_{piston} = diameter piston *caliper* (m)

Sedangkan gaya gesek yang terjadi pada piringan cakram dapat dirumuskan menjadi :

$$F_{bf} = \mu_{cakram} \cdot F_p \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana : F_{bf} = gaya gesek pengereman rem cakram (N)
 μ_{cakram} = koefisien gesek pada piringan cakram

Efisiensi pengereman akan tergantung dari bahan *brake pads* yang berbeda-beda. Semakin tinggi nilai efisiensi pengereman akan membutuhkan gaya gesek yang besar. Perbedaan bahan itulah yang menyebabkannya memiliki nilai koefisien yang berbeda-beda pula. Dimana nilai koefisien gesek dari *brake pads* dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Koefisien gesek berbagai bahan rem ^[8]

No	Bahan Gesek	Koefisien Gesek (μ)
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 cakram dapat diperoleh menggunakan rumus (2.9).

$$T_{bf} = F_{bf} \cdot r_{piston} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana : T_{bf} = torsi pengereman rem cakram (Nm)
 F_{bf} = gaya gesek pengereman rem cakram (N)
 R_{rotor} = jari-jari efektif rotor / piringan cakram (m)
 r_{piston} = jari-jari piston (m)

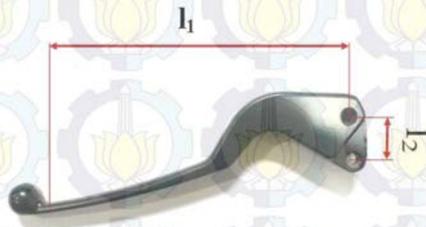
Untuk mendapatkan tekanan hidrolis dari *master cylinder* yang menekan piston, dapat digunakan *pressure gauge* yang telah dimodifikasi memiliki sambungan. Contoh *pressure gauge* modifikasi itu seperti ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Pressure gauge* modifikasi

➤ Rem tromol

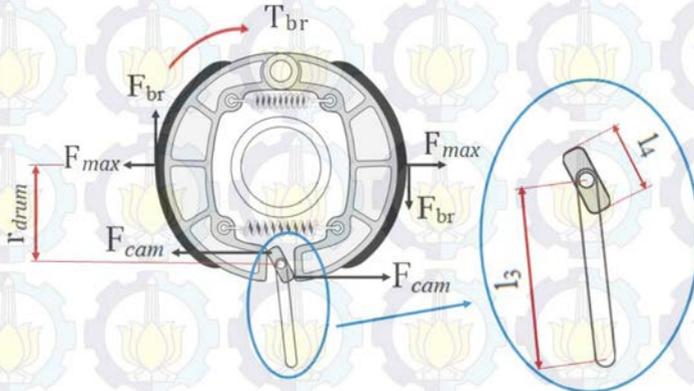
Sementara gaya pengereman pada rem tromol adalah gaya yang diberikan oleh tarikan tangan pengemudi pada tuas rem untuk menggerakkan kampas rem tromol melalui kabel. Pada gambar 2.10 dapat dilihat bahwa gaya yang diberikan oleh tarikan tangan pengemudi pada tuas rem didistribusikan kepada tuas rem yang memiliki nilai l_1 dan l_2 , yakni panjang tuas rem kiri dan jarak antara pivot tuas rem ke lubang tempat dipasangnya kabel rem.



Gambar 2.10 Profil tuas rem kiri ^[9]

Selanjutnya distribusi gaya akan dilanjutkan ke *drum* tromol melalui tuas penyambung antara kabel rem dengan *cam* yang memiliki panjang, l_3 , dan diteruskan kembali oleh *cam*

tromol yang memiliki panjang l_4 , seperti dijelaskan pada gambar 2.11. Gaya yang diterima oleh cam tromol (F_{cam}) akan tepusat ditengah *drum* tromol (F_{max}) dan masih akan diteruskan melalui kampas rem sehingga dapat bergesekan dengan drum tromol. Gaya gesek (F_{br}) akan terjadi di tengah *drum* tromol sehingga gaya-gayanya dapat dijelaskan seperti terlihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Gaya pada *drum* tromol ^[9]

Sehingga gaya yang diterima oleh *cam* tromol (F_{cam}) dapat dihitung dengan rumus (2.10).

$$F_{cam} = F_{tangan} \left(\frac{l}{l}\right) \left(\frac{l}{-l}\right) \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana : F_{cam} – Gaya yang diterima *cam* tromol (N)

F_{tangan} = Gaya tarik tuas tangan pengemudi (N)

$\left(\frac{l}{l}\right)$ – Perbesaran gaya akibat adanya panjang dan lebar tuas rem

$\left(\frac{l}{-l}\right)$ – Perbesaran gaya akibat adanya tuas drum tromol dan *cam* tromol

Gaya yang tepusat ditengah *drum* tromol (F_{max}) dapat dihitung dengan rumus (2.11).

$$F_{max} = F_{cam} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana : F_{max} = Gaya yang tepusat ditengah *drum* tromol (N)

Sehingga gaya gesek antara kampas dengan *drum* tromol (F_{br}) dapat dihitung dengan rumus (2.12).

$$F_{br} = F_{cam} \mu_{tromol} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana : F_{br} – Gaya gesek antara kampas dengan *drum* tromol (N)
 μ_{tromol} – koefisien gesek tromol rem

Karena F_{cam} bergerak ke kanan dan kiri maka F_{max} yang dihasilkan juga berjumlah 2. Oleh karena itu nilai F_{br} nantinya akan dikalikan 2. Akhirnya dengan menggunakan rumus (2.13), perhitungan torsi pengereman rem tromol (T_{br}) dapat dilakukan.

$$T_{br} = 2 r_{drum} F_{br} \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana : T_{br} = Torsi pengereman rem tromol (Nm)
 r_{drum} – jari-jari *drum* tromol (m)

Untuk mendapatkan gaya tarik maksimal yang diberikan oleh tangan pengemudi pada tuas rem, dapat digunakan neraca pegas. Dimana teknik penggunaannya seperti ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Pengukuran gaya tangan untuk pengereman [4]

2.1.2.4 Cara menghitung K_{bf} Dan K_{br} yang diberikan system (aktual)

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

- Proporsi gaya rem depan

$$K_{bf} = \frac{T_{bf}}{T_{bf} + T_{br}} \dots\dots\dots (2.14)$$

- Proporsi gaya rem belakang

$$K_{br} = \frac{T_{br}}{T_{br} + T_{bf}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dan dari keduanya harus memenuhi persamaan :

$$K_{bf} + K_{br} = 1 \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana : K_{bf} = proporsi gaya rem depan

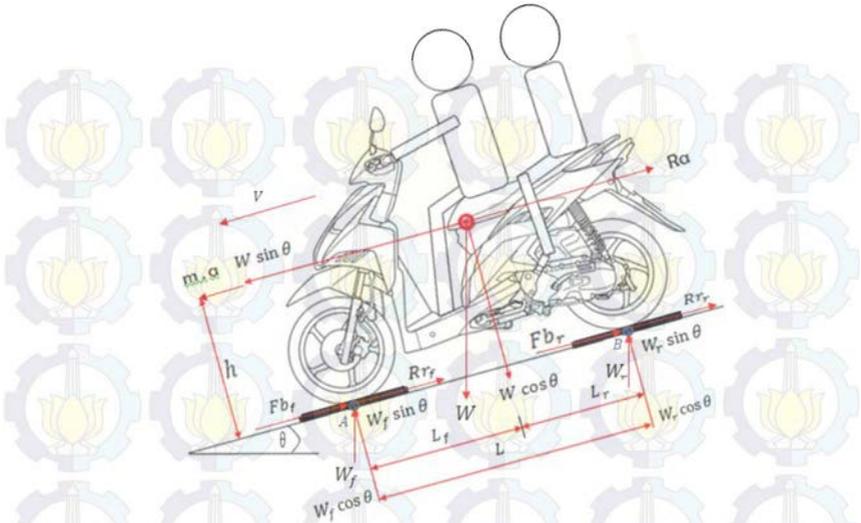
K_{br} = proporsi gaya rem belakang

T_{bf} = torsi pengereman rem depan (cakram)

T_{br} = torsi pengereman rem belakang (tromol)

2.1.2.5 Distribusi pengereman yang dibutuhkan sistem (teoritis)

Distribusi gaya pengereman antara roda depan dan belakang dapat diketahui dengan menghitung proporsi pengereman antara roda depan dan roda belakang. Proporsi pengereman dapat dirumuskan melalui perbandingan berat kendaraan. Dimana gaya-gaya yang terjadi saat pengereman dilakukan di jalan menurun seperti terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Gaya-gaya saat kendaraan turun di rem.

Analisa gayanya adalah sebagai berikut :

$$\Sigma F_x = Fb_f + Fb_r + Rr_f + Rr_r + W_f \cdot \sin \theta + W_r \cdot \sin \theta + Ra - W \cdot \sin \theta - m \cdot a = 0$$

$$0 = Fb + Rr + Ra - m \cdot a$$

$$Fb + Rr = Ra - m \cdot a$$

- Untuk tumpuan di roda belakang (titik B) :

$$\Sigma M_B = W_f \cdot \cos \theta \cdot L = W \cdot \cos \theta \cdot L_r + W \cdot \sin \theta \cdot h + m \cdot a \cdot h - Ra \cdot h$$

$$W_f \cdot \frac{h}{L} \left[W \cdot L_r \cdot \frac{h}{\theta} (W \cdot \theta - m \cdot a - Ra) \right]$$

$$- \frac{h}{L} \left[W \cdot L_r \cdot \frac{h}{\theta} (W \cdot \theta - Fb - Rr) \right]$$

$$- \frac{h}{L} \left[W \cdot L_r \cdot \frac{h}{\theta} (W \cdot \theta - \mu \cdot W \cdot fr) \right]$$

$$fr \cdot W]$$

$$= \frac{W}{L} \left[L_r \cdot \frac{h}{\theta} (\theta - \mu \cdot fr) \right]$$

- Untuk tumpuan di roda depan (titik A) :

$$\begin{aligned} \Sigma M_A \\ W_r \cdot \cos \theta \cdot L &= W \cdot \cos \theta \cdot L_f - W \cdot \sin \theta \cdot h + m \cdot a \cdot h - \\ &Ra \cdot h \\ W_r &= \frac{1}{L} \left[W L_f - \frac{h}{\theta} (W \sin \theta + m a - Ra) \right] \\ &= \frac{1}{L} \left[W L_f - \frac{h}{\theta} (W \sin \theta + F_b + R_r) \right] \\ &= \frac{1}{L} \left[W L_f - \frac{h}{\theta} (W \sin \theta + \mu W \cos \theta + f_r W) \right] \\ &= \frac{W}{L} \left[L_f - \frac{h}{\theta} (\sin \theta + \mu \cos \theta + f_r) \right] \end{aligned}$$

Jadi, proporsi gaya pengereman dapat dituliskan dalam rumus (2.17) dan (2.18).

- Proporsi gaya rem depan

$$K_{bf} = \frac{W_f}{W} \dots \dots \dots (2.17)$$

dimana: $W_f = \frac{W}{L} \left[L_r - \frac{h}{\theta} (\sin \theta + \mu_{aspal} \cos \theta + f_{rkendaraan}) \right]$

- Proporsi gaya rem belakang

$$K_{br} = \frac{W_r}{W} \dots \dots \dots (2.18)$$

dimana: $W_r = \frac{W}{L} \left[L_f - \frac{h}{\theta} (\sin \theta + \mu_{aspal} \cos \theta + f_{rkendaraan}) \right]$

Tabel 2.4 Harga fr pada sepeda motor [8]

V(km/jam)	fr	V(km/jam)	fr
10	0,0175	60	0,01845
20	0,017625	70	0,018675
30	0,0178	80	0,018925
40	0,018	90	0,0192
50	0,0182	100	0,019625

2.1.2.6 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 dihitung dengan mengabaikan nilai R_a karena kecepatan yang digunakan menimbulkan nilai R_a yang kecil, sehingga nilai R_a dapat diabaikan. Analisa gayanya menjadi :

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= Fb_f + Fb_r + Rr_f + Rr_r - W \cdot \sin \theta - m \cdot a = 0 \\ 0 &= Fb + R_r - W \cdot \sin \theta - m \cdot a \\ Fb &= m \cdot a - R_r + W \cdot \sin \theta \\ &= \frac{W}{g} \cdot a - f_r \cdot W + W \cdot \sin \theta \\ &= W \left(\frac{a}{g} - f_r + \sin \theta \right)\end{aligned}$$

dimana :

- Gaya rem yang diberikan oleh sistem (*actual*) adalah :

$$Fb_f = Kb_f \cdot Fb$$

$$Fb_r = Kb_r \cdot Fb$$

- Gaya rem yang dibutuhkan oleh sistem (*teoritis*) adalah :

$$Fb_f = \mu \cdot W_f$$

$$Fb_r = \mu \cdot W_r$$

- Kondisi ideal adalah kondisi dimana :
gaya rem diberikan sistem = gaya rem dibutuhkan sistem
(*actual*) (teoritis)

$$Kb_f \cdot Fb = \mu \cdot W_f, \text{ lock depan}$$

$$Kb_r \cdot Fb = \mu \cdot W_r, \text{ lock belakang}$$

Tabel 2.5 Koefisien adhesi ban pada berbagai jenis jalan berdasarkan hasil studi J.J. Taborek ^[6]

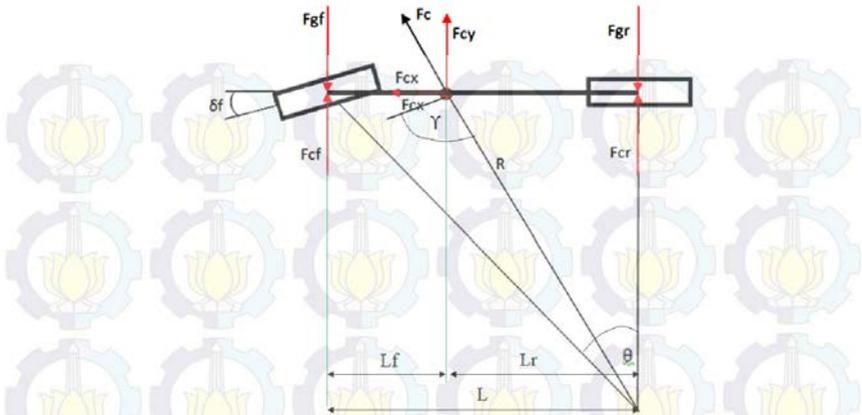
No	Permukaan Jalan	Koefisien adhesi tertinggi μ_p	Koefisien adhesi roda lock μ_s
1	Aspal dan beton (kering)	0,85	0,75
2	Aspal (basah)	0,6	0,58
3	beton (basah)	0,8	0,7
4	Gravel	0,6	0,55
5	jalan tanah (kering)	0,68	0,65
6	jalan tanah (basah)	0,55	0,45

Tabel 2.6 Harga rata-rata koefisien hambatan *rolling* untuk berbagai jenis ban dan kondisi jalan hasil studi J.J. Taborek ^[6]

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

2.1.2.7 Perilaku kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman dalam keadaan belok

Kontur jalan yang tidak selalu datar, memungkinkan pengendara untuk melakukan pengereman di jalan menurun yang memiliki radius belok. Gaya sentrifugal yang arahnya berlawanan dengan arah belok kendaraan akan muncul dan memungkinkan kendaraan menjadi tidak stabil. Untuk dapat mengatasinya diperlukan gaya pengereman yang sedemikian rupa. Gaya yang muncul saat kendaraan belok dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Gaya-gaya saat kendaraan belok [6]

Dari gambar 2.15 dapat disimpulkan bahwa gaya-gaya yang berpengaruh saat kendaraan belok adalah F_g dan F_c , baik itu depan ataupun belakang. Dimana kendaraan akan mengalami *skid* depan jika $F_{cf} > F_{gf}$ dan mengalami *skid* belakang jika $F_{cr} > F_{gr}$. yang nilainya dapat diketahui dengan rumus-rumus di bawah ini :

$$F_{gf} = W_f \mu \dots\dots\dots (2.19)$$

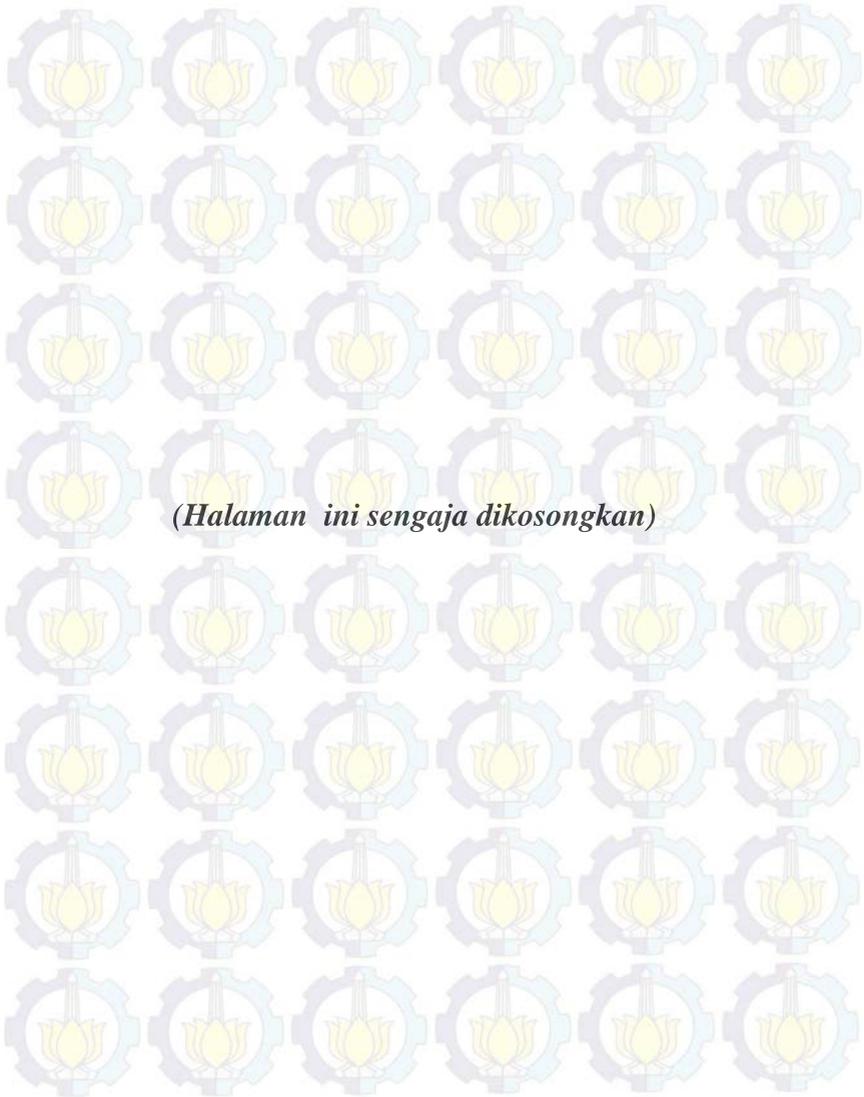
$$F_{gr} = W_r \mu \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\delta = \dots\dots\dots (2.21)$$

$$F_c = \frac{m V}{R} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\dots\dots\dots \delta \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\dots\dots\dots \delta \dots\dots\dots (2.24)$$



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

2.1 Kajian Pustaka

Analisa gaya pengereman CBS (*Combined Brake System*) pada skuter matik sebelumnya telah dilakukan oleh **Enggar Rofiq Subagio** pada tugas akhirnya dengan judul **Analisa Sistem Pengereman CBS (*Combined Brake System*) pada Skuter Matik Vario 125 PGM-FI pada tahun 2014**. Analisa yang dilakukan adalah membandingkan antara distribusi pengereman teoritis dengan percobaan pada kondisi jalan lurus dan berbelok, mencari jarak pengereman minimum kendaraan, serta mengetahui kestabilan arah kendaraan saat diberi gaya pengereman.

2.1.1 Distribusi pengereman secara teoritis dan aktual.

Yang dimaksud distribusi pengereman teoritis adalah distribusi pengereman yang dibutuhkan oleh sistem. Analisa distribusi pengereman untuk mendapatkan nilai K_{bf} dan K_{br} secara teoritis ini dilakukan dengan menganalisa gaya vertikal yang bekerja pada roda kendaraan pada saat pengereman dengan variasi kecepatan yang sudah ditentukan.

Sedangkan yang dimaksud distribusi pengereman aktual disini adalah distribusi pengereman yang diberikan oleh sistem dan dapat dicari melalui perhitungan gaya-gaya yang terjadi pada rem. Setelah mengetahui nilai gaya pengereman depan dan belakang, dengan menggunakan persamaan (2.14) dan (2.15) didapatkan nilai K_{bf} dan K_{br} yang dituliskan dalam tabel 2.7.

Tabel 2.7 Perbandingan distribusi pengereman teoritis dan aktual^[4]

V (km/jam)	Distribusi pengereman teoritis (yang dibutuhkan)		Distribusi pengereman aktual (yang diberikan)	
	K_{bf}	K_{br}	K_{bf}	K_{br}
20	0.721093	0.278907		
30	0.72117	0.27883		
40	0.72125	0.278742	0.79003	0.20997
50	0.721345	0.278655		
60	0.721093	0.278545		

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai K_{bf} yang diberikan sistem lebih besar dari yang dibutuhkan, sementara nilai K_{br} yang diberikan lebih kecil dari yang dibutuhkan. Hal ini terjadi merata pada semua variasi kecepatan. Dan jika nilai K_{bf} lebih besar dari K_{br} , maka kendaraan akan cenderung *oversteer* (*skid* pada ban belakang).

2.1.2 Mencari jarak pengereman minimum dari kendaraan.

Perbandingan jarak pengereman minimum dengan jarak pengereman saat percobaan dilakukan untuk melihat apakah pengereman kendaraan Vario 125 PGM FI sudah bekerja dengan ideal. Pada gambar 2.15 berikut ditunjukkan grafik perbandingan jarak pengereman vs kecepatan antara jarak pengereman teoritis dan aktual pada jalan lurus.



Gambar 2.15 Grafik perbandingan jarak pengereman vs kecepatan antara jarak pengereman teoritis dan aktual pada jalan lurus ^[4]

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan maka semakin jauh pula jarak pengereman kendaraan tersebut. Jarak pengereman secara aktual bernilai lebih besar dari jarak pengereman minimum kendaraan. Hal ini berlaku sama pada pengereman teoritis dan aktual. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa jarak pengereman secara percobaan belum sesuai dengan jarak pengereman minimum yang bisa

dicapai kendaraan. Namun dari percobaan yang telah dilakukan, pengereman menggunakan tuas rem kiri lebih mendekati jarak pengereman minimum kendaraan. Sehingga lebih disarankan karena akan menghasilkan jarak pengereman yang lebih pendek.

2.1.3 Analisa perilaku kestabilan arah kendaraan saat pengereman dalam keadaan belok

Untuk menganalisa kestabilan arah kendaraan pada saat pengereman dalam keadaan belok perlu diketahui gaya-gaya yang bekerja pada kendaraan, dalam hal ini adalah F_{gf} , F_{gr} , F_{cf} dan F_{cr} seperti ditunjukkan pada gambar 2.14. Dengan persamaan (2.19), (2.20), (2.21), (2.22), (2.23), dan (2.24) bisa didapatkan nilai F_{gf} , F_{cf} , F_{gr} dan F_{cr} . Tabel 2.8 menunjukkan nilai perhitungan F_{gf} , F_{gr} , F_{cf} dan F_{cr} berdasarkan variasi kecepatan, dengan ketentuan apabila $F_{cf} > F_{gf}$ akan terjadi *skid* depan dan apabila $F_{cr} > F_{gr}$ akan terjadi *skid* belakang.

Tabel 2.8 Perbandingan analisa *skid* secara teoritis dan aktual berdasarkan variasi kecepatan ^[4]

V (Km/jam)	Analisa <i>skid</i> melalui percobaan		Analisa <i>skid</i> secara teoritis	
	Kiri	Kanan	$F_{cr} > F_{gr}$ (<i>skid</i> belakang)	$F_{cf} > F_{gf}$ (<i>skid</i> depan)
20	N	N	N	N
30	N	N	N	N
40	Y	N	N	N
50	Y	N	N	N
60	Y	N	Y	N

Tabel 2.8 menunjukkan perbandingan analisa *skid* secara teoritis dan aktual berdasarkan variasi kecepatan. Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa secara teori kendaraan hanya mengalami *skid* pada ban belakang pada kecepatan 60 km/jam. Namun pada

percobaan terjadi *skid* pada ban belakang mulai dari kecepatan 40 km/jam sampai 60 km/jam. Hal ini dikarenakan distribusi pengereman yang diberikan oleh sistem memiliki nilai K_{bf} yang lebih tinggi daripada distribusi pengereman yang dibutuhkan sistem, sehingga kendaraan cenderung mengalami *skid* pada ban belakang saat dilakukan pengereman.

Dari berbagai analisa yang telah disebutkan diatas, belum pernah dilakukan analisa mengenai distribusi pengereman, jarak pengereman, serta kestabilan arah kendaraan saat pengereman dilakukan pada jalan yang menurun maupun menurun dibelokan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis membahas mengenai analisa sistem pengereman CBS pada kondisi jalan yang menurun.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flowchart Penelitian

Penulisan tugas akhir dilakukan untuk menganalisa sistem pengereman CBS pada kondisi jalan menurun dan kecepatan tertentu. Dalam menganalisis dilakukan beberapa tahapan yang ditunjukkan oleh diagram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart penelitian

Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan dalam empat tahap. Tahap awal adalah studi literatur dengan merumuskan dan mengkaji permasalahan yang terjadi. Tahap ini dilakukan melalui buku, jurnal, maupun penelitian terdahulu.

Tahap yang kedua adalah penentuan jenis kendaraan dan pencarian data spesifikasi kendaraan yang akan dijadikan sebagai objek penelitian. Dalam penelitian ini akan digunakan kendaraan Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi.

Tahap selanjutnya adalah percobaan pengereman yang dilakukan pada jalanan menurun dengan variasi kecepatan. Pada tahap ini akan didapatkan jarak pengereman dan waktu pengereman aktual.

Pada tahap akhir penelitian dilakukan analisa pengereman hasil percobaan serta perhitungan secara teoritis dari kendaraan Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi tersebut. Hasil percobaan (*actual*) akan dibandingkan dengan perhitungan teoritisnya, sehingga dapat ditarik kesimpulan yang menjadi akhir dari penelitian.

3.2 Peralatan yang digunakan

Adapun beberapa peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Kendaraan Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi

Kendaraan Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi dipilih karena telah menggunakan teknologi sistem rem CBS. Selain itu, kendaraan ini memiliki spesifikasi yang telah tertera seperti ditunjukkan pada gambar 3.2. Spesifikasi Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi ini sangat diperlukan untuk dapat memudahkan pengujian dalam melakukan analisa.



Gambar 3.2 Spesifikasi Honda Vario Techno 125 PGM-Fi

2. Timbangan badan digital

Fungsi dari timbangan sendiri adalah untuk mencari posisi CG (*Center of Grafity*) dari kendaraan yang akan dilakukan analisa. Dimana timbangan yang digunakan adalah timbangan badan digital untuk mendapatkan hasil yang lebih presisi seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Timbangan badan digital

Cara yang dilakukan untuk menimbang adalah dengan meletakkan timbangan di bawah ban depan dan belakang sehingga didapat distribusi berat bagian depan dan belakang. Hal ini dilakukan 2 kali yaitu pada kondisi horizontal dan kondisi tanjakan dengan sudut 8° . Lalu dengan perumusan yang ada bisa didapatkan posisi CG kendaraan.

3. *Pressure gauge* modifikasi

Dalam penelitian ini, dibutuhkan alat untuk mendapatkan tekanan hidrolik dari master silinder cakram. Alat pengukur tekanan pada umumnya adalah *pressure gauge*, akan tetapi pada tahap ini dibutuhkan modifikasi

berupa sambungan untuk tetap dapat menghubungkan antara master silinder dengan kabel rem. Dimana contoh *pressure gauge* modifikasinya seperti terlihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 *Pressure gauge* modifikasi

Cara yang dilakukan adalah dengan memasang *pressure gauge* modifikasi tersebut ke master silinder dan menyambungkannya dengan kabel rem. Kemudian tuas rem kanan ditarik sekuat mungkin, sehingga akan didapatkan nilai tekanan maksimal yang nilainya tertera di *pressure gauge* dengan satuan kgf/cm^2 .

4. Neraca pegas

Dalam penelitian ini, neraca pegas digunakan untuk mendapatkan gaya maksimal yang diberikan oleh tangan pengemudi kepada tuas rem. Dimana contoh tekniknya seperti terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Neraca pegas

Cara yang dilakukan adalah dengan menarik tuas neraca menggunakan tangan kiri penguji sekuat mungkin, sehingga didapatkan gaya tarik maksimal yang nilainya tertera di neraca dengan satuan Newton (N).

5. Meteran

Dalam penelitian ini, meteran digunakan untuk menentukan jarak CG kendaraan dan jarak pengereman dari percobaan yang dilakukan. Salah satu contoh bentuk meteran yang dapat digunakan seperti terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Meteran

Cara yang dilakukan untuk menentukan CG kendaraan adalah dengan mengukur jarak dari pusat pengemudi hingga menyentuh tanah, sedangkan untuk menentukan jarak pengereman adalah dengan mengukur jarak dari jalan yang telah diberi tanda berupa isolasi (titik dimana tuas rem mulai ditekan) sampai titik dimana motor berhenti.

6. Stopwatch

Stopwatch digunakan dalam penentu-an awal mulai dilakukannya pengereman dan perhitungan lama waktu pengereman. Salah satu contoh bentuk *stopwatch* yang dapat digunakan adalah seperti terlihat pada gambar 3.7.

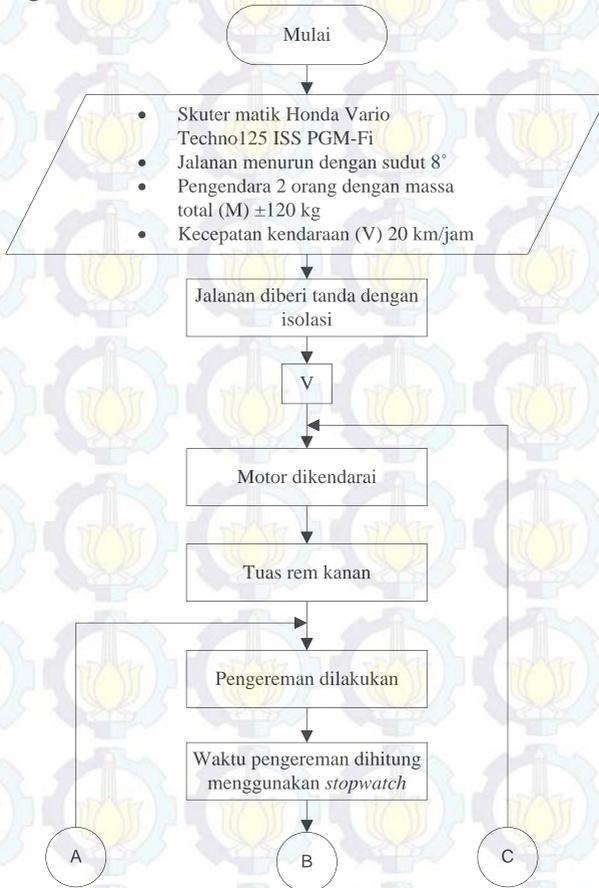


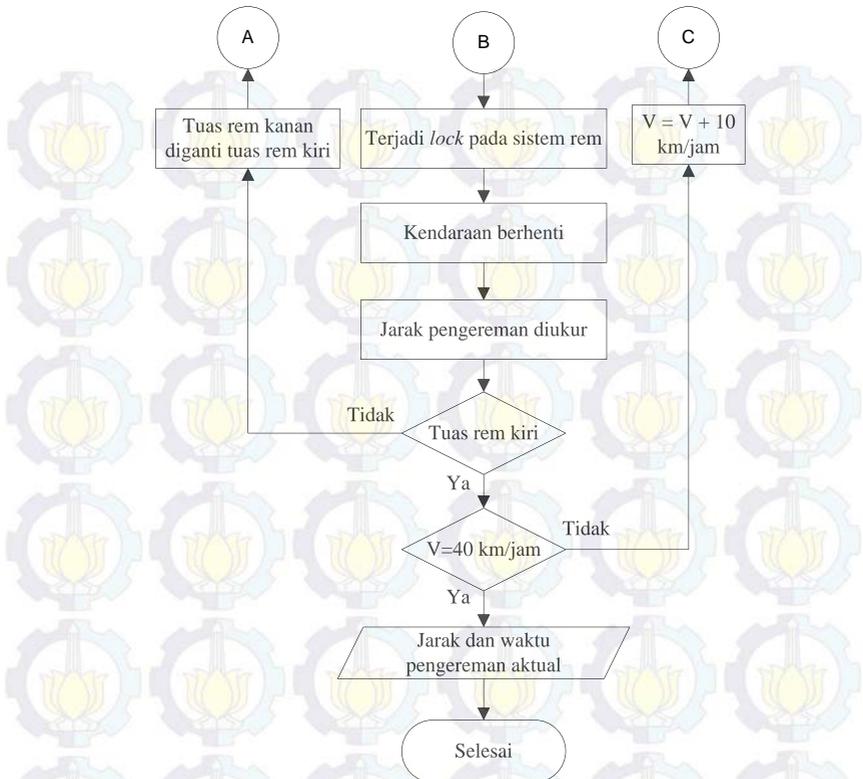
Gambar 3.7 Stopwatch

Cara yang dilakukan adalah dengan menghitung waktu dari jalan yang telah diberi tanda berupa isolasi (titik dimana tuas rem ditekan) sampai titik dimana motor berhenti.

3.3 Flowchart Percobaan

Secara garis besar percobaan ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dapat ditransformasikan menjadi diagram alir pada gambar 3.8.





Gambar 3.8 Flowchart percobaan

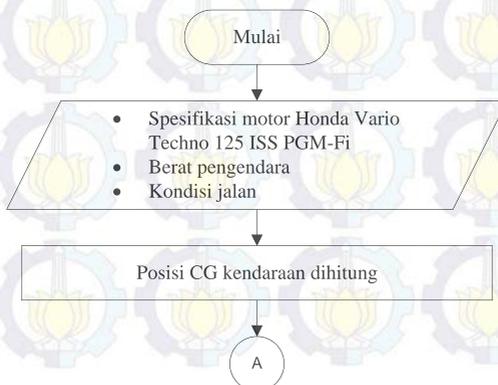
Adapun tahapan yang akan dilakukan pada percobaan pengereman ini adalah sebagai berikut :

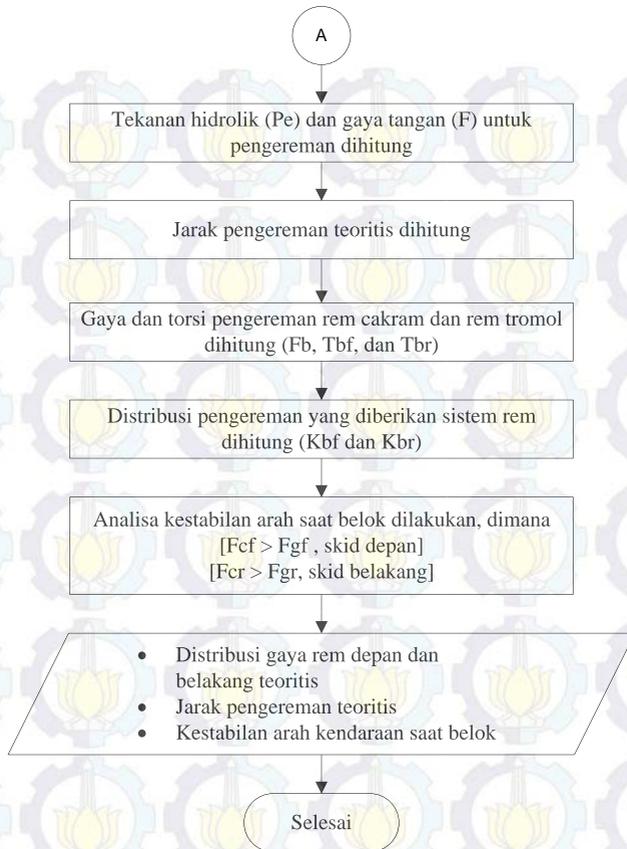
1. Kendaraan uji berupa sepeda motor Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi disiapkan.
2. Jalanan (aspal kering) menurun dengan sudut 8° yang akan dijadikan sebagai lokasi percobaan diberi tanda dengan menggunakan isolasi (titik dimana tuas rem mulai ditekan sebagai pengereman awal).

3. Pengendara, yakni 2 orang penumpang dengan massa masing-masing 80 kg dan 53 kg dipersiapkan untuk melakukan percobaan.
4. Kendaraan dikemudikan hingga mencapai kecepatan 20 km/jam pada jalanan menurun dengan sudut tanjakan 8° .
5. Pengereman dilakukan dengan menggunakan tuas rem kanan.
6. Sistem rem akan mengalami *lock*, yakni roda berhenti berputar.
7. Waktu pengereman dihitung menggunakan *stopwatch* dari tuas rem pertama ditekan sampai motor berhenti.
8. Jarak pengereman diukur dari jalanan yang telah diberi tanda (posisi pengereman awal) sampai titik dimana kendaraan berhenti (posisi pengereman akhir).
9. Langkah 5-8 diulangi dimana pengereman dilakukan dengan menggunakan tuas rem kiri.
10. Langkah 4-9 diulangi dengan pencapaian kecepatan 30 km/jam dan 40 km/jam.

3.4 Flowchart Perhitungan

Untuk dapat membandingkan hasil percobaan, dalam tugas akhir ini dilakukan perhitungan melalui beberapa tahapan yang dapat dilihat pada gambar 3.9.





Gambar 3.9 Flowchart perhitungan

Adapun tahapan yang akan dilakukan pada perhitungan penelitian pengereman ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan spesifikasi motor Honda Vario techno 125 PGM-Fi berupa berat kosong kendaraan, jari-jari roda, jarak antar sumbu roda, seperti tertera pada gambar 3.2.
2. Kendaraan uji berupa sepeda motor Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi ditentukan titik CG-nya dengan menggunakan rumus 2.1, 2.2, dan 2.3.

3. Mendapatkan tekanan hidrolik rem cakram (P_e) dengan bantuan orang bengkel dan mendapatkan gaya rem tangan (F) dengan menggunakan neraca.
4. Menghitung jarak pengereman teoritis dengan menggunakan rumus 2.4, 2.5, dan 2.6.
5. Gaya pengereman rem cakram dihitung dengan menggunakan rumus 2.7, dan 2.8 sementara gaya pengereman rem tromol dihitung dengan menggunakan rumus 2.10, 2.11 dan 2.12, serta menghitung torsi pengereman rem cakram dan tromol dengan menggunakan rumus 2.9, dan 2.13.
6. Distribusi pengereman yang diberikan oleh sistem dihitung dengan menggunakan rumus 2.14, 2.15, dan 2.16.
7. Kemudian analisa kestabilan arah dilakukan untuk mengetahui apakah kendaraan mengalami skid depan atau skid belakang saat pengereman dilakukan pada jalan menurun dibelokan. Kendaraan akan mengalami skid depan bila $F_{cf} > F_{gf}$ dapat digunakan rumus 2.23 dan 2.19 dan skid belakang bila $F_{cr} > F_{gr}$ dapat digunakan rumus 2.24 dan 2.20.
8. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dari hasil penelitian tersebut. Yang akan didapatkan antara lain :
 - Distribusi gaya rem depan dan belakang teoritis
 - Jarak pengereman teoritis
 - Kestabilan arah kendaraan saat belok
 - Teknik pengereman yang dianggap aman untuk dilakukan di jalan menurun.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pelaksanaan Percobaan

4.1.1 Kendaraan uji dan pengendara

Seperti yang telah dijelaskan di bab sebelumnya, kendaraan yang diuji adalah sepeda motor Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi dengan 2 penumpang yang memiliki total massa ± 120 kg. Selama pengambilan data, pengendara diwajibkan mengenakan helm untuk keamanan. Gambar 4.1 adalah gambar pengemudi dengan kendaraan uji.



Gambar 4.1 Pengendara dengan kendaraan Honda Vario Techno 125

4.1.2 Lokasi percobaan

Percobaan dilakukan di daerah Eastcost Residence tepatnya di jembatan terakhir Jalan Raya Laguna Surabaya. Lokasi ini dipilih karena memiliki beberapa kriteria yang diinginkan, seperti memiliki kondisi jalan yang menurun, memiliki radius belok, dan memiliki permukaan aspal yang cukup rata. Gambar 4.2 adalah beberapa gambar yang diambil di lokasi.



(a) (b)
Gambar 4.2 Lokasi pengambilan data percobaan
(a) turun lurus (b) turun belok

4.1.3 Perhitungan radius belok

Seperti yang telah dijelaskan di bab sebelumnya, percobaan dilakukan dengan 2 variasi jalan yakni turun lurus dan turun belok. Perhitungan radius belok jalan dilakukan menggunakan bantuan aplikasi *google maps* dan *software corel draw* seperti terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perhitungan radius belok

Pada gambar diatas terlihat bahwa skala *map*-nya adalah 20 m . Sementara panjang gambar dari skala tersebut adalah 9 mm. Sehingga apabila digambarkan sebuah lingkaran tepat diatas belokan dari lokasi percobaan dengan radius lingkaran 13,58 mm

maka radius belok kendaraan yang sebenarnya dapat dihitung dengan perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{diketahui : Skala} &= 20 \text{ m} \\ \text{Panjang skala pada gambar} &= 9 \text{ mm} \\ \text{Radius lingkaran pada gambar} &= 13,58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{maka : Panjang per mm} &= \frac{\text{skala}}{\text{panjang pada gambar}} = \frac{m}{mm} \\ &= 2,22 \text{ m} \\ \text{Radius belok sebenarnya} &= \text{rad ling gbr} \times \text{p jg per mm} \\ &= \text{mm} \times \frac{m}{m} \end{aligned}$$

4.1.4 Penimbangan massa

Seperti yang telah dijelaskan di bab sebelumnya, percobaan dilakukan untuk membandingkan antara keadaan aktual dan teorinya. Oleh karena itu, penimbangan massa kendaraan dilakukan dilokasi percobaan yang memiliki kondisi jalan menurun dengan meletakkan timbangan massa digital di bawah kedua roda kendaraan. Penimbangan ini dilakukan baik saat kendaraan kosong maupun dengan 2 penumpang di atasnya. Gambar 4.4 adalah gambar yang diambil di lokasi saat penimbangan massa dengan 2 penumpang. Sementara posisi peletakkan timbangan massa digital dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.4 Penimbangan massa kendaraan dengan 2 penumpang



(a) (b)
Gambar 4.5 Peletakkan timbangan massa digital
(a) roda depan (b) roda belakang

Untuk mengantisipasi adanya ketidak linieran posisi kendaraan saat dilakukan penimbangan massa, digunakan 2 buah timbangan massa digital yang keduanya diletakkan di roda depan dan roda belakang kendaraan. Ketika dilakukan penimbangan massa yang terdistribusi di bagian depan kendaraan, penguji hanya tinggal melihat nilai yang tertera pada timbangan massa digital di bawah roda depan kendaraan. Dan begitu pula sebaliknya.

4.1.5 Pengukuran tekanan hidrolik cakram

Pengukuran tekanan hidrolik cakram perlu dilakukan untuk mengetahui besar tekanan yang menekan piston pada rem cakram. Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa pengukuran tekanan hidrolik cakram ini membutuhkan *pressure gauge* yang telah dimodifikasi. Dalam prakteknya, penguji meminta bantuan dari para ahli di bengkel resmi Honda mengingat tingkat kesulitan dan ketelitian yang diperlukan sangat tinggi. Gambar 4.6 adalah salah satu gambar yang diambil di lokasi saat sebelum dilakukannya pengukuran tekanan hidrolik cakram.



Gambar 4.6 Pemasangan *pressure gauge* modifikasi pada rem cakram

4.1.6 Pengambilan data percobaan

Penambahan tanda berupa garis pada jalan dilakukan untuk memperjelas waktu awal dilakukannya pengereman. Dalam pemberian tanda ini digunakan isolasi berwarna putih supaya kontras dengan jalan. Hal ini juga memudahkan peneliti untuk menghitung lamanya waktu pengereman. Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan jarak pengereman aktual kendaraan pada jalan menurun. Ketika pengereman dilakukan, kendaraan akan melambat dan berhenti pada satu titik untuk kemudian diberi tanda berupa isolasi. Gambar 4.7 adalah gambar yang diambil di lokasi saat dilakukan pengukuran jarak pengereman dengan kondisi jalan menurun.



Gambar 4.7 Pengukuran jarak pengereman

Keseluruhan percobaan dengan berbagai variasi dilakukan, baru setelahnya dilakukan pengukuran jarak dari garis putih sampai ke tanda-tanda yang telah diberikan tadi. Hal ini dilakukan untuk efisiensi waktu percobaan dan pengambilan data hasil percobaan.

4.2 Data Percobaan

Sebelum dilakukan perhitungan dan analisa data, dilakukan terlebih dahulu percobaan untuk dapat dibandingkan dengan teori. Selain itu dilakukan juga pengukuran dimensi-dimensi yang belum diketahui. Data pengukuran tersebut diantaranya sebagai berikut :

1. Data mengenai pengukuran CG (*center of gravity*) :

Berat kosong kendaraan (W)	= 1.098,72 N
Berat penumpang 1 (W ₁)	= 784,8 N
Berat penumpang 2 (W ₂)	= 519,93 N
Panjang kendaraan (L)	= 1,281 m
2. Data hasil pengukuran berat kendaraan + 2 penumpang :
 - Penimbangan bidang datar

Berat bagian depan (W _f)	= 69,6 kg
	= 682,78 N
Berat bagian belakang (W _r)	= 156,7 kg
	= 1.537,23 N
 - Penimbangan bidang miring (8°)

Berat bagian depan (W _f)	= 83,3 kg
	= 817,17 N
Berat bagian belakang (W _r)	= 143 kg
	= 1.402,83 N
3. Data mengenai perhitungan gaya dan torsi pengereman pada rem cakram :

Tekanan hidrolik cakram (P _e)	= 40 kgf/cm ²
	= 3.922.722,37 N/m ²
Diameter piston rem (d _{piston})	= 0,033928 m
koef. gesek cakram (μ _{cakram})	= 0,3
Jari-jari <i>calliper</i> (R _{rotor})	= 0,09 m
Jari-jari piston rem (r _{piston})	= 0,016964 m

4. Data mengenai perhitungan gaya dan torsi pengereman pada rem tromol :

Gaya tarik tangan (F_{tangan})	= 19 N
koef. gesek tromol (μ_{tromol})	= 0,4
Jari-jari drum tromol (r_{drum})	= 0,07 m
Panjang tuas rem kiri (l_1)	= 15 cm
Jarak antara pivot tuas rem dan lubang tempat dipasangnya kabel rem (l_2)	= 2,6 cm
Panjang tuas penyambung antara kabel rem dengan <i>cam</i> (l_3)	= 6,2 cm
Panjang <i>cam</i> tromol (l_4)	= 1,8 cm

5. Data mengenai perhitungan jarak pengereman teoritis pada jalan turun lurus :

Sudut turunan (θ)	= 8°
Gaya gravitasi (g)	= $9,81 \text{ m/s}^2$
Faktor ekuivalen massa (Y_m)	= 1,04
Koef. hambat aerodinamis (C_d)	= 1,8
Luas permukaan frontal (A_f)	= $0,33 \text{ m}^2$
Koef. gesek jalan (μ_{aspal})	= 0,75
fr kendaraan penumpang ($fr_{\text{kendaraan}}$)	= 0,08
Waktu respon sistem rem (t_d)	= 0,3 s
$\cos(8^\circ)$	= 0,99
$\sin(8^\circ)$	= 0,14

6. Data hasil percobaan jarak pengereman pada jalan menurun dengan sudut turunan 8° dapat dilihat pada gambar 4.8. Dari gambar tersebut perlu dijelaskan bahwa percobaan dilakukan untuk mengambil data berupa jarak pengereman pada jalan menurun pada kecepatan 20 km/jam, 30 km/jam, dan 40 km/jam menggunakan tuas rem kanan (cakram) saja dan tuas rem kiri (CBS) saja.



Gambar 4.8 Grafik jarak pengereman aktual (m) vs kecepatan kendaraan (km/jam) pada jalan menurun 8°

7. Data mengenai perhitungan kestabilan arah kendaraan secara teoritis di jalan turun belok :

$$\text{Radius belok kendaraan (R)} = 30,15 \text{ m}$$

$$\text{Koef. gesek lateral } (\mu_{\text{lateral}}) = 0,29$$

8. Data hasil percobaan kestabilan arah kendaraan pada kondisi jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m :

Tabel 4.1 Terjadinya *skid* pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m.

Kecepatan	Roda	Tuas Rem Kanan (Cakram)	Tuas Rem Kiri (CBS)
20 km/jam	Depan	Tidak	Tidak
	Belakang	Tidak	Tidak
30 km/jam	Depan	Tidak	Tidak
	Belakang	Tidak	Ya
40 km/jam	Depan	Tidak	Tidak
	Belakang	Tidak	Ya

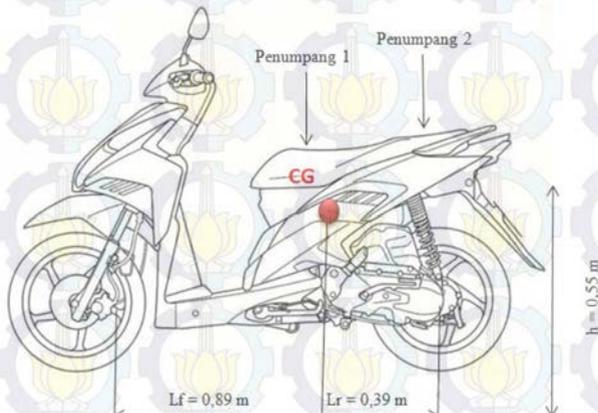
Dari tabel 4.1 di atas diketahui bahwa saat percobaan dilakukan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m, terjadi skid saat pengereman dilakukan dengan menggunakan tuas rem kiri (CBS) saja pada kecepatan 30 km/jam dan 40 km/jam.

4.3 Analisa Data

Dalam penelitian ini didapatkan distribusi gaya rem depan dan belakang aktual dari kendaraan, jarak pengereman aktual, serta stabilitas arah kendaraan kendaraan secara aktual pada jalan menurun 8° dan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m dengan variasi kecepatan yang digunakan, yakni 20 km/jam, 30 km/jam, dan 40 km/jam. Selanjutnya, data aktual akan dibandingkan dengan perhitungan teoritis untuk mengetahui kesesuaian spesifikasi kendaraan. Khusus untuk analisa stabilitas arah kendaraan dilakukan variasi kecepatan hingga 50 km/jam untuk didapatkan analisa yang lebih jauh, dimana percobaan tidak dilakukan pada kecepatan ini karena telah dianggap berbahaya.

4.3.1 Perhitungan CG (*center of gravity*) dengan 2 penumpang

Pada penelitian ini analisa dilakukan pada kendaraan dengan 2 penumpang yang memiliki berat seperti yang telah disebutkan pada sub bab 4.1. Untuk mempermudah analisa, perhitungan CG dilakukan menggunakan 2 timbangan massa sekaligus yang masing-masing diletakkan dibawah roda depan dan belakang kendaraan.



Gambar 4.9 CG Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi

Dari data yang ada, persamaan (2.1), (2.2), dan (2.3) dapat diketahui posisi CG dari kendaraan. Yakni nilai L_f sebesar 0,89 m, L_r sebesar 0,39 m, dan h sebesar 0,55 m seperti dapat dilihat pada gambar 4.9 di atas. Pada hasil yang telah didapat, posisi CG sedikit lebih jauh kebelakang mengingat penumpang yang berjumlah 2 orang.

4.3.2 Perhitungan distribusi pengereman teoritis pada kondisi jalan menurun

Yang dimaksud distribusi pengereman teoritis adalah distribusi pengereman yang dibutuhkan oleh sistem. Analisa distribusi pengereman untuk mendapatkan nilai K_{bf} dan K_{br} secara teoritis ini dilakukan dengan menganalisa total berat kendaraan dengan penumpangnya yang terdistribusi ke bagian depan dan belakang kendaraan saat pengereman pada jalan menurun dilakukan dengan variasi kecepatan yang telah ditentukan.

Dengan menggunakan persamaan (2.16) dan (2.17) bisa didapatkan nilai distribusi pengereman roda depan dan roda belakang kendaraan seperti yang tertulis pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan K_{bf} dan K_{br} berdasarkan variasi kecepatan

V (km/jam)	$f_{r_{kecepatan}}$	W_f (N)	W_r (N)	K_{bf}	K_{br}
20	0,017625	1.168,34	561,10	0,74255	0,25745
30	0,01780	1.618,65	561,21	0,74269	0,25750
40	0,01800	1.619,01	561,33	0,74286	0,25756

Tabel 4.2 menunjukkan perhitungan K_{bf} dan K_{br} berdasarkan variasi kecepatan. Dimana nilai $f_{r_{kecepatan}}$ akan berubah sesuai dengan kecepatan. Sehingga didapatkan distribusi pengereman yang dibutuhkan kendaraan seperti yang ditunjukkan pada tabel diatas.

4.3.3 Perhitungan distribusi pengereman aktual pada kondisi jalan menurun

Yang dimaksud distribusi pengereman aktual disini adalah distribusi pengereman yang diberikan oleh sistem. Distribusi pengereman teoritis ini dapat dicari melalui perhitungan gaya-gaya yang terjadi pada rem yang antara lain :

- Gaya pengereman pada rem depan (cakram)

Tekanan hidrolik master silinder (P_e) dapat diperoleh dengan pengukuran menggunakan *pressure gauge* yang memiliki sambungan. *Pressure gauge* diletakkan pada saluran pengereman sehingga didapatkan tekanan hidrolik master silinder sebesar 40 kgf/cm^2 atau $3.922.722,37 \text{ N/m}^2$. Dan didapatkan nilai gaya yang menekan piston pada rem depan (F_p) dengan persamaan (2.7), nilai gaya pengereman rem depan (F_{bf}) dengan persamaan (2.8), serta nilai torsi pengereman roda depan (T_{bf}) dengan persamaan (2.9). Seluruhnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan gaya dan torsi pengereman rem cakram secara aktual

Besaran	Nilai	Satuan
F_p	3.544,65	N
F_{bf}	2.126,79	N
T_{bf}	155,332	Nm

- Gaya pengereman rem belakang (tromol)

Perhitungan gaya pengereman rem belakang dilakukan dengan menghitung gaya yang menekan pada tromol *cam brake* menggunakan persamaan (2.10), kemudian didapatkan gaya tepusat ditengah *drum* tromol dengan persamaan (2.11), dan diteruskan dengan persamaan (2.12) yakni gaya yang bergesekan dengan drum tromol. Serta torsi pengereman roda belakang dengan persamaan (2.13). Seluruhnya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan gaya dan torsi pengereman rem tromol secara aktual

Besaran	Nilai	Satuan
Fcam	755,13	N
Fmax	1.510,26	N
Fbr	1.208,21	N
Tbr	84,57	Nm

- Perhitungan nilai Kbf dan Kbr

Setelah mengetahui nilai gaya pengereman depan dan belakang, didapatkan nilai Kbf dan Kbr yang diberikan oleh sistem dengan menggunakan persamaan (2.14) dan (2.15) yakni sebesar 0.64757 dan 0.35253.

4.3.4 Perbandingan distribusi pengereman teoritis dan aktual pada kondisi jalan menurun

Perbandingan distribusi pengereman secara teoritis dan aktual dilakukan untuk melihat apakah sistem pengereman CBS (*Combi Brake System*) pada kendaraan Vario 125 PGM FI memberikan distribusi pengereman yang dibutuhkan oleh sistem atau tidak. Dari tabel 4.5 berikut ditunjukkan perbandingan distribusi pengereman tersebut.

Tabel 4.5 Perbandingan distribusi pengereman teoritis dan aktual

V (km/jam)	Distribusi pengereman teoritis (yang dibutuhkan sistem)		Distribusi pengereman aktual (yang diberikan sistem)	
	Kbf	Kbr	Kbf	Kbr
20	0,74255	0,25745		
30	0,74269	0,25750	0,64747	0,35253
40	0,74286	0,25756		

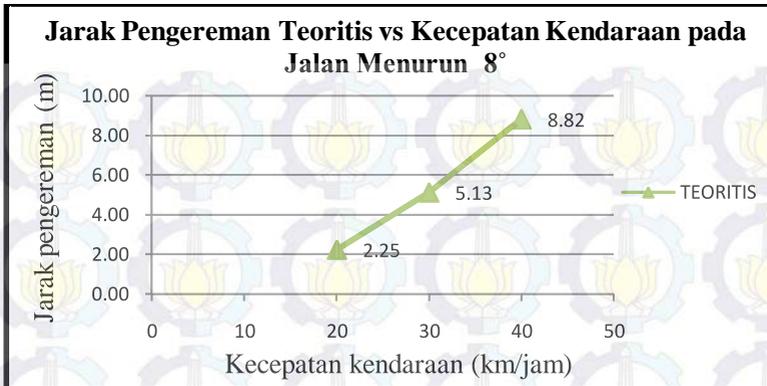
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai Kbf yang dibutuhkan sistem lebih besar daripada yang diberikan, sementara nilai Kbr yang dibutuhkan lebih kecil daripada yang diberikan.

Hal ini terjadi merata pada semua variasi kecepatan. Fenomena inilah yang menyebabkan kendaraan mengalami *oversteer* (*skid* pada ban belakang). Namun dikarenakan selisih nilai antara distribusi yang dibutuhkan dan yang diberikan tidak terlalu tinggi, kemungkinan *skid* bisa dikurangi dengan tata cara pengereman yang benar.

Bila dibandingkan dengan data telah yang dimiliki sebelumnya, yakni ketika analisa dilakukan pada jalan datar, didapatkan hasil yang sama (*oversteer*) namun dengan nilai K_{bf} dan K_{br} yang sedikit berbeda. Pada jalan menurun, nilai K_{br} yang diberikan oleh sistem sedikit lebih besar dibandingkan dengan nilai K_{br} yang diberikan sistem pada jalan mendatar. Hal ini dapat dikarenakan adanya faktor jalan menurun sehingga distribusi pengereman yang harus diberikan pada roda belakang lebih besar dibandingkan saat jalan datar, supaya kendaraan tidak terbalik dan terjungkal ke depan karena berat total kendaraan beserta penumpangnya terdistribusi lebih banyak di bagian depan kendaraan.

4.3.5 Perhitungan jarak pengereman teoritis pada jalan menurun

Perhitungan jarak pengereman teoritis untuk kendaraan Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi ini dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4), (2.5), dan (2.6) pada variasi kecepatan yang sama dengan percobaan, yakni 20, 30, dan 40 km/jam. Hasil perhitungannya dapat digrafikkan pada gambar 4.10.

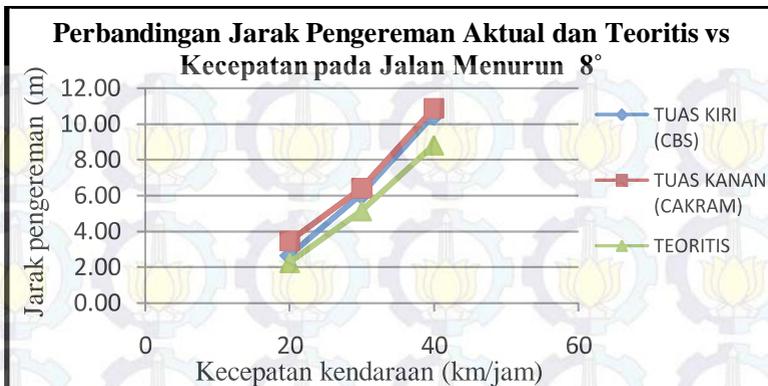


Gambar 4.10 Grafik jarak pengereman teoritis (m) vs kecepatan kendaraan (km/jam) pada jalan menurun 8°

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa jarak pengereman akan semakin jauh seiring dengan tingginya kecepatan kendaraan. Jarak pengereman paling pendek yang didapat dari percobaan, terjadi pada kecepatan kendaraan 20 km/jam yakni 2,25 m dan jarak pengereman paling jauh terjadi pada kecepatan 40 km/jam yakni 8,82 m.

4.3.6 Perbandingan jarak pengereman teoritis dan aktual pada jalan menurun

Perbandingan jarak pengereman teoritis dan aktual dilakukan untuk melihat apakah pengereman pada kendaraan Honda Vario Techno 125 ISS PGM-Fi sudah bekerja secara ideal. Gambar 4.11 berikut menunjukkan grafik perbandingan jarak pengereman (m) vs kecepatan kendaraan (km/jam) antara jarak pengereman teoritis dan aktual dengan kondisi jalan menurun.



Gambar 4.11 Grafik perbandingan jarak pengereman aktual dan teoritis (m) vs kecepatan kendaraan (km/jam) pada menurun 8°

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan melaju maka semakin jauh pula jarak pengereman kendaraan tersebut. Pada kecepatan 20 km/jam, 30 km/jam, maupun 40 km/jam pengereman menggunakan tuas rem kiri menghasilkan jarak pengereman yang lebih pendek dibanding tuas rem kanan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem rem CBS (tuas rem kiri) akan lebih efektif sebesar 10,81% dibandingkan non-CBS (cakram) dalam fungsi jarak pengeremannya. Jarak pengereman secara aktual bernilai lebih besar dari jarak pengereman teoritis. Hal ini dipengaruhi oleh adanya faktor - faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengambilan data, seperti teknik pengambilan data yang kurang konstan, ketidakrataan jalan, kurangnya ketelitian praktikan baik saat melakukan pengambilan data pengereman maupun pengukuran hasil jarak pengereman, serta alat ukur yang kurang presisi.

Bila dibandingkan dengan data telah yang dimiliki sebelumnya, yakni ketika pengambilan dilakukan pada jalan datar, didapatkan hasil yang jauh berbeda. Pada jalan menurun, besar jarak pengereman baik teoritis maupun aktual memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan jarak pengereman pada jalan mendatar. Hal ini dapat dikarenakan adanya faktor jalan menurun sehingga dengan distribusi pengereman yang sama,

dapat menghasilkan jarak pengereman yang lebih pendek dibandingkan saat jalan datar.

4.3.7 Analisa kestabilan arah kendaraan saat pengereman dilakukan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m

Untuk melakukan analisa kestabilan arah kendaraan saat pengereman dalam kondisi jalan menurun dibelokan, perlu diketahui gaya-gaya yang bekerja pada kendaraan seperti telah ditunjukkan pada gambar 2.15. Dalam hal ini gaya-gaya yang dimaksud adalah F_{gf} , F_{gr} , F_{cf} dan F_{cr} yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.18), (2.19), (2.22), dan (2.23). Hasil perhitungannya telah dituliskan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan F_{gf} , F_{gr} , F_{cf} dan F_{cr} berdasarkan variasi kecepatan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m

V (km/jam)	F_{cf} (N)	F_{cr} (N)	F_{gf} (N)	F_{gr} (N)
20	69,88	157,34	469,32	162,72
30	157,24	354,01	469,41	162,75
40	279,54	629,36	469,51	162,79
50	436,77	983,37	469,62	162,82

Hasil dari analisa kestabilan arah kendaraan ini memiliki ketentuan jika $F_{cf} > F_{gf}$ akan terjadi *skid* pada ban depan dan jika $F_{cr} > F_{gr}$ akan terjadi *skid* pada ban belakang. Oleh karena itu, analisa *skid* dapat disimpulkan seperti pada tabel 4.7. Tabel tersebut menunjukkan hasil analisa *skid* depan dan *skid* belakang berdasarkan variasi kecepatan secara teoritis.

Tabel 4.7 Analisa *skid* depan dan *skid* belakang berdasarkan variasi kecepatan secara teoritis saat pengereman dilakukan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m

V (km/jam)	Fcf > Fgf (<i>skid</i> depan)	Fcr > Fgr (<i>skid</i> belakang)
20	Tidak	Tidak
30	Tidak	Ya
40	Tidak	Ya
50	Tidak	Ya

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa *skid* hanya terjadi pada kecepatan 50 km/jam dan pada ban belakang saja. Sementara pada kecepatan < 50 km/jam, kendaraan tidak mengalami *skid* sama sekali baik pada ban depan maupun ban belakang.

4.3.8 Analisa perbandingan kestabilan arah kendaraan saat pengereman dilakukan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m secara teoritis dan aktual

Perbandingan kestabilan arah kendaraan saat pengereman di jalan turun belok secara teoritis dan aktual dilakukan untuk melihat apakah sistem pengereman CBS (*Combi Brake System*) pada kendaraan Vario 125 PGM FI akan memberikan perilaku arah kendaraan yang stabil atau tidak. Dari tabel 4.5 ditunjukkan perbandingan distribusi pengereman tersebut.

Tabel 4.8 Perbandingan analisa *skid* secara teoritis dan aktual berdasarkan variasi kecepatan saat pengereman dilakukan pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m

V (Km/jam)	Analisa <i>skid</i> secara teoritis		Analisa <i>skid</i> melalui percobaan	
	Fcf > Fgf (<i>skid</i> depan)	Fcr > Fgr (<i>skid</i> belakang)	Tuas Kanan (Cakram)	Tuas Kiri (CBS)
20	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
30	Tidak	Ya	Tidak	Ya
40	Tidak	Ya	Tidak	Ya
50	Tidak	Ya		

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa secara teori kendaraan mengalami *skid* belakang pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam, dan 60 km/jam. Sementara pada percobaan juga terjadi *skid* belakang pada kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50 km/jam. Antara perhitungan teoritis dan data aktual menunjukkan hasil yang sama. Kendaraan akan mengalami *skid* belakang mulai dari kecepatan 30 km/jam hingga ditingkatkan seterusnya dengan interval 10 km/jam. Hal ini dikarenakan pada distribusi pengereman yang diberikan oleh sistem memiliki nilai Kbr yang lebih tinggi daripada yang dibutuhkan oleh sistem, sementara nilai Kbr yang diberikan oleh sistem justru lebih rendah daripada yang dibutuhkan oleh sistem, sehingga kendaraan cenderung mengalami *skid* pada ban belakang (*oversteer*) saat dilakukan pengereman pada kondisi jalan menurun dibelokan.

Bila dibandingkan dengan data telah yang dimiliki sebelumnya, yakni ketika analisa dilakukan pada jalan datar, didapatkan hasil yang berbeda. Pada jalan datar, kendaraan akan mengalami *skid* pada ban belakang (*oversteer*) pada kecepatan \geq 40 km/jam. Hal ini dapat dikarenakan adanya faktor jalan menurun sehingga letak posisi CG bergeser sedikit lebih jauh ke belakang dan menyebabkan nilai Fcr yang lebih besar. Faktor lain

yaitu karena adanya faktor nilai radius belok yang berbeda. Pada penelitian jalan menurun kali ini nilai radius belok yang digunakan bernilai 2 kali lebih besar dibandingkan penelitian pada jalan datar sebelumnya. Hal ini dapat menyebabkan nilai F_{cr} yang lebih kecil, mengetahui bahwa semakin besar nilai radius belok (R) akan semakin kecil nilai gaya sentrifugalnya (F_c).

4.4 Rekomendasi Cara Pengereman pada Jalan Menurun

Dari percobaan, perhitungan, serta analisa data yang telah dilakukan saat pengereman dilakukan pada jalan menurun baik dengan menggunakan tuas rem kanan (cakram) maupun tuas rem kiri (CBS) memiliki keuntungannya masing-masing. Dimana pada kondisi jalan menurun, pengereman dengan tuas rem kanan (cakram) cenderung tidak mengalami *skid* baik pada roda depan maupun roda belakang. Hal ini didukung dengan data percobaan yang telah diambil sampai pada kecepatan 40 km/jam. Sedangkan pengereman dengan tuas rem kiri (CBS) cenderung memiliki jarak pengereman yang lebih pendek.

Sehingga untuk mendapatkan pengereman dengan jarak pengereman yang pendek dan tanpa *skid* pada jalan menurun, khususnya 8° , pengereman dapat dilakukan menggunakan tuas rem kiri (CBS). Rekomendasi cara pengereman ini memiliki syarat, yaitu penarikan tuas dilakukan tidak sampai roda belakang mengalami *lock* (kendaraan berhenti). Penarikan tuas rem kiri hanya dilakukan untuk memperlambat kecepatan kendaraan. Setelah kendaraan mencapai kecepatan < 30 km/jam, penarikan tuas dapat dilakukan kembali sampai kendaraan berhenti. Rekomendasi cara pengereman ini diberikan dengan dasar data yang ada, bahwa kendaraan tidak mengalami *skid* pada kecepatan < 30 km/jam. Cara pengereman seperti ini bertujuan untuk tetap mendapatkan jarak pengereman yang pendek namun tanpa mengalami *skid* pada roda belakang.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raharjo, Dedy. 2013. **Analisis Gaya Pada Rem Cakram (Disk Brake) Untuk Kendaraan Mitsubishi Lancer.** <www.dedypoltran.blogspot.com>
- [2] Mandala, Danial. 2013. **Memelihara Sistem Rem Dan Komponennya.** <www.rem-cakram.com>
- [3] Honda. 2013. **Membahas Kelebihan Rem Cakram dibanding Rem Tromol.** <www.membahas-kelebihan-rem-cakram-dibandingkan-rem-tromol.com>
- [4] Subagio, Enggar Rofiq. 2014. **Analisa Sistem Pengereman CBS (Combined Brake System) Pada Skuter Matik Vario 125 PGM-Fi.**
- [5] Honda. 2013. **Teknologi Combined Brake.** <www.asper-honda.com>
- [6] Sutantra, I Nyoman. 2010. **Teknologi Otomotif Edisi Kedua.** Surabaya: Teknik Mesin ITS.
- [7] Abhang, Swapril R., & Bhaskar, D.P. 2014. *Design and Analysis of Disc Brake. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) Volume 8 Number 4, February 2014 ISSN: 2231-5381, 165-167*
- [8] Anonim. 2000. **Modul Pelatihan Otomotif-Sistem Rem.** Malang: PPP GT VEDC.
- [9] Subramanyam, Anirudh L., & Banik, Sandeep. 2014. *Maximum Brake Force Calculations for Drum Brake.*



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data hasil percobaan dan perhitungan saat pengereman dilakukan pada jalan menurun yang telah dianalisa sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Distribusi pengereman saat jalan menurun yang dibutuhkan dan diberikan sistem memiliki perbedaan dengan nilai $K_{bf}^{\text{dibutuhkan}}$ lebih besar dari $K_{bf}^{\text{diberikan}}$. Sedangkan, nilai $K_{br}^{\text{dibutuhkan}}$ lebih kecil dari $K_{br}^{\text{diberikan}}$. Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan akan cenderung mengalami *oversteer* (*skid* belakang) saat dilakukan pengereman pada jalan menurun.
2. Jarak pengereman aktual lebih besar dari jarak pengereman teoritis baik menggunakan tuas rem kiri maupun tuas rem kanan dengan kondisi jalan yang menurun.
3. Jarak pengereman pada jalan menurun dengan tuas rem kiri (CBS) lebih kecil dari jarak pengereman dengan tuas rem kanan (cakram). Hal ini menunjukkan bahwa pengereman dengan sistem CBS akan lebih efisien dibandingkan dengan sistem rem biasa (cakram) dengan prosentase pengurangan jarak pengereman sebesar 10,81% dengan kondisi jalan yang menurun.
4. Perilaku kestabilan arah kendaraan teoritis dan aktual saat pengereman pada jalan menurun dibelokan dengan radius belok 30,15 m menghasilkan bahwa kendaraan mengalami *skid* belakang pada kecepatan ≥ 30 km/jam apabila pengereman dilakukan dengan menggunakan tuas kiri (CBS).

5.2 Saran

Berdasarkan pengalaman saat pengereman dilakukan pada jalan menurun, saran untuk pengguna kendaraan berteknologi CBS dan bagi pengembangan dalam penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Proses pengereman yang baik dengan jarak pengereman pendek dan tidak terjadi *skid* khususnya pada kondisi jalan yang menurun dapat dilakukan dengan menarik tuas rem kiri (CBS). Dengan syarat roda belakang tidak sampai mengalami *lock* (berhenti). Penarikan tuas sampai roda belakang *lock* baru dilakukan setelah kendaraan mengalami perlambatan dan mencapai kecepatan < 30 km/jam.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa divariasikan sudut turunan yang lebih tinggi dari 8° untuk didapatkan perbedaan proporsi gaya pengereman yang lebih besar serta radius belok yang lebih kecil.
3. Pengukuran radius belok dapat diambil dengan skala perbandingan aktual pada lokasi percobaan untuk didapatkan hasil yang akurat (sesuai dengan yang sebenarnya), dengan kata lain tidak hanya mengadakan bantuan aplikasi saja.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Perhitungan CG (*center of gravity*)

- Saat Penimbangan bidang Datar

Wf	69,60	kg	683,78	N
Wr	156,70	kg	1.537,23	N
W	226,30	kg	2.220,00	N
L	128,10	cm	1,28	M
Lf	0,89	m	88,70	cm
Lr	0,39	m	39,40	cm

- Saat Penimbangan Bidang Miring

Wf	83,30	kg	817,17	N
Wr	143,00	kg	1.402,83	N
W	226,30	kg	2.220,00	N
L	128,10	cm	1,28	m
cos (8)	0,99			
sin (8)	0,14			
h	0,55	m	55,18	cm

Lampiran 2: Data Perhitungan Gaya dan Torsi Pengereman Aktual

- Rem Cakram

Pe	40,00	kgf/cm ²	3.922.722.37	N/m ²
d _{piston}	0,033928	m		
μ _{cakram}	0,30			
cos (8)	0,99			
R _{rotor}	0,09	m		
r _{piston}	0,016964	m		
Fp	3.544,65	N		
Fbf	2.126,79	N		
Tbf	155,33	Nm		

- Rem Tromol

F _{tangan}	19,00	N	l ₁	15,00	mm
μ _{tromol}	0,40	N	l ₂	2,60	mm
r _{drum}	0,07	m	l ₃	6,20	mm
l ₁ /l ₂	5,77		l ₄	1,80	mm
l ₃ /l ₄	3,44				
F _{cam}	755,13	N			
F _{max}	1.510,26	N			
Fbr	1.208,21	N			
Tbr	84,57	Nm			

Lampiran 3: Data Perhitungan Distribusi Gaya Pengereman

- Yang dibutuhkan oleh sistem (teoritis)

μ_{aspal}	0,75			
L_f	0,89	m		
L_r	0,39	m		
L	1,28	m		
h	0,55	m		
$\cos(\theta)$	0,99			
$\sin(\theta)$	0,14			
V	20	30	40	km/jam
$f_{r_{kecepatan}}$	0,017625	0,0178	0,018	
W_f	1.618,34	1.618,65	1.619,01	N
W_r	561,10	561,21	561,33	N
W	2.179,44	2.179,44	2.179,44	N
K_{bf}	0,74255	0,74269	0,74286	
K_{br}	0,25745	0,25750	0,25756	

- Yang diberikan oleh sistem (aktual)

T_{bf}	155,33	Nm
T_{br}	84,57	Nm
K_{bf}	0,64747	
K_{br}	0,35253	

Lampiran 4: Data Perhitungan Jarak Pengereman Teoritis Saat Kondisi Jalan Menurun 8°

W	245,00	kg	2.403,45	N
g	9,81	m/s ²		
cos (8)	0,99			
sin (8)	0,14			
Y _m	1,04			
C _{ae}	0,37			
μ _{aspal}	0,75			
f _r _{kendaraan}	0,08			
t _d	0,30			
V ₁	20	km/jam	5,56	m/s
V ₂	30	km/jam	8,33	m/s
V ₃	40	km/jam	11,11	m/s

- Jarak pengereman saat percobaan (aktual)

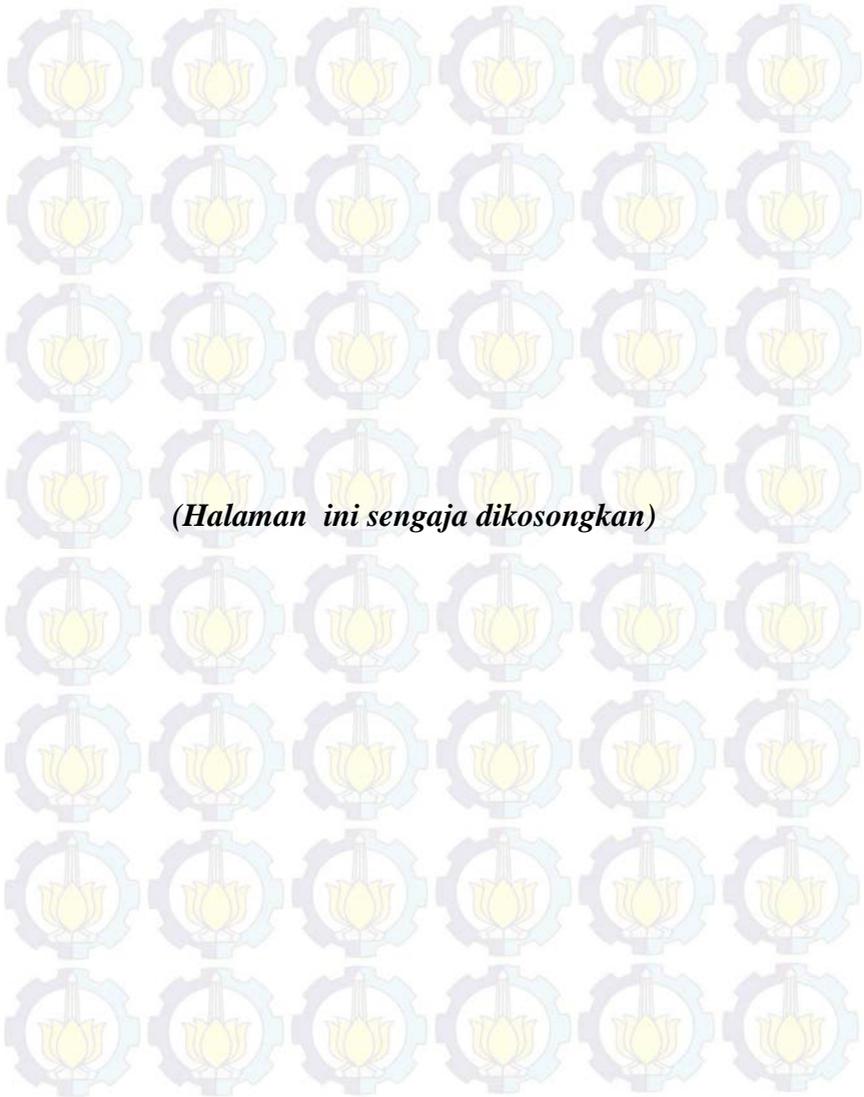
Rem kiri (CBS)		Rem kanan (cakram)		μ _{actual}
2,64	m	3,46	m	0,79
6,06	m	6,40	m	0,78
10,48	m	10,86	m	0,80
S ₁	2,25	m		
S ₂	5,13	m		
S ₃	8,82	m		

**Lampiran 5: Data Perhitungan Kestabilan Arah Kendaraan
Saat Pengereman di Jalan Turun 8° dan
Berbelok 30,15 m pada Berbagai Kecepatan**

μ_{aspal}	0,75			
Lf	0,89	m		
Lr	0,39	m		
L	1,28	m		
h	0,55	m		
$\cos(8)$	0,99			
$\sin(8)$	0,14			
V	20	30	40	km/jam
$f_{r_{kecepatan}}$	0,017625	0,0178	0,018	
Wf	1.618,34	1.618,65	1.619,01	N
Wr	561,10	561,21	561,33	N
W	2.179,44	2.179,44	2.179,44	N
Kbf	0,74255	0,74269	0,74286	
Kbr	0,25745	0,25750	0,25756	

- Kesimpulan

Kecepatan	Skid Depan	Skid Belakang
	$F_{cf} > F_{gf}$	$F_{cr} > F_{gr}$
20 km/jam	Tidak	Tidak
30 km/jam	Tidak	Ya
40 km/jam	Tidak	Ya
50 km/jam	Tidak	Ya



(Halaman ini sengaja dikosongkan)