



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM141585

**ANALISA KINERJA *ANTILOCK* DAN *LOCK*  
*BRAKING SYSTEM* PADA KENDARAAN *SPORT*  
*UTILITY VEHICLE***

JIYI NUR FAUZAN  
NRP 2111100066

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

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017





---

TUGAS AKHIR – TM141585

ANALISA KINERJA ANTILOCK DAN LOCK BRAKING  
SYSTEM PADA KENDARAAN SPORT UTILITY VEHICLE

JIYI NUR FAUZAN  
NRP 2111100066

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

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017





FINAL PROJECT – TM141585

**PERFORMANCE ANALYSIS OF ANTILOCK  
BRAKING AND LOCK BRAKING SYSTEM IN  
SPORT UTILITY VEHICLE**

JIYI NUR FAUZAN  
NRP. 2112100066

Advisory Lecturer  
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc, Ph.D

BACHELOR PROGRAM  
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2017



# ANALISA KINERJA ANTILOCK DAN LOCK BRAKING SYSTEM PADA KENDARAAN SPORT UTILITY VEHICLE

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**JIYI NUR FAUZAN**  
NRP. 2111 100 066

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, MSc, PhD (Pembimbing)  
NIP. 195106051978031002
2. Dr. Unggul Wasiwitono, S.T, M.Eng., Sc (Penguji I)  
NIP 197805112001121001
3. Ir. Julendra Bambang Ariatedja, MT (Penguji II)  
NIP 196807061999031004
4. Achmad Syaifudin, S.T., M.Eng., PhD (Penguji III)  
NIP 197909262005001001

SURABAYA

JUNI, 2017





# **ANALISA KINERJA ANTILOCK BRAKING DAN LOCK BRAKING SYSTEM PADA KENDARAAN SPORT UTILITY VEHICLE**

**Nama Mahasiswa** : Jiyi Nur Fauzan  
**NRP** : 2111100066  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. I NyomanSutantra, M.Sc,  
Ph.D

## **Abstrak**

*Transportasi merupakan hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama untuk menunjang aktivitas yang penuh mobilitas. Hal ini menjadikan pengguna kendaraan pribadi terus bertambah. Seiring dengan pertumbuhan tersebut, teknologi otomotif disematkan haruslah mampu memenuhi tuntutan dari konsumen, oleh karena itu diperlukan peningkatan performa dari segala aspek seperti kenyamanan, keamanan, dan kestabilan. Sistem pengereman merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan kendaraan yang berpengaruh besar terhadap keamanan juga kestabilan. Hal ini menuntut untuk dirancangnya sistem pengereman yang sesuai dan aman untuk mendukung kesempurnaan kendaraan itu sendiri. Saat ini, dalam rangka pemenuhan sistem pengereman yang aman maka banyak digunakan sistem pengereman antilock. Sistem pengereman antilock atau ABS adalah suatu sistem yang digunakan agar menjaga roda tidak terkunci ketika pengereman dilakukan.*

*Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa sistem pengereman pada Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4) yang sudah menggunakan sistem pengereman antilock. Analisa yang akan dilakukan pada tugas akhir ini adalah melakukan pemodelan yang kemudian dilanjutkan dengan simulasi dengan menggunakan software SIMULINK MATLAB. Penelitian dilakukan dengan variasi kecepatan yaitu 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam. Selain itu penelitian juga dilakukan dengan asumsi jalan aspal lurus dan datar dengan mobil berisi 2 orang*

*penumpang. Validasi pemodelan dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan hasil uji jalan kendaraan.*

*Dari analisa yang dilakukan didapatkan besaran jarak pengereman yang dibutuhkan oleh kendaraan dengan sistem pengereman ABS lebih pendek daripada sistem pengereman LBS pada tiap kecepatan pengujian. Selain itu juga dapat lama waktu pengereman yang dibutuhkan pada tiap variasi kecepatan pada kendaraan dengan sistem pengereman ABS lebih singkat daripada sistem pengereman LBS. Serta, didapatkan juga perlambatan pada kendaraan dengan sistem pengereman ABS lebih baik daripada sistem pengereman LBS*

**Kata kunci : Sistem pengereman, antilock, jarak pengereman, waktu pengereman, perlambatan**

# PERFORMANCE ANALYSIS OF ANTILOCK BRAKING AND LOCK BRAKING SYSTEM IN SPORT UTILITY VEHICLE

**Name** : Jiyi Nur Fauzan  
**NRP** : 2111100066  
**Department** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Supervisor** : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc, Ph.D

## Abstract

*Transportation has been an important thing in daily life, especially to support activity with full of mobility. It hence the amount of private vehicle grown over the years. Along with those growth, technology in the vehicle also growth in improvement to fulfill costumer needs such as comfort, safety, and stability. A braking system is one of the most important aspect in a vehicle to make sure its safety. With that reason, the design of a braking system becomes important. Nowadays to improve the vehicle safety, manufacturer use an antilock braking system , a system that can make sure the wheel will not locked up.*

*In this final project, a case for Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4) is conducted. The analysis is done using SIMULINK MATLAB software. In this project, the variable is vehicle's speed which are 20 km/h, 40 km/h, and 60 km/h. The simulation assumed a smooth asphalt road with no gradient and the vehicle is having 2 passengers. For validation, a road experiment is conducted.*

*From the analysis, it conclude that a vehicle with antilock braking system has a shorter stopping distance compare to a vehicle with lock braking system. The ABS also has a shorter stopping time and better deceleration compare to LBS vehicle.*

**Keywords :** Braking system, antilock, stopping distance, stopping time, decceleration

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir strata (S1). Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pendidikan sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.

Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sangat dalam kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan berperan penting pada penyelesaian tugas akhir ini, yaitu:

1. **Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc, Ph.D** selaku dosen wali dan juga dosen pembimbing yang telah rela meluangkan waktu, tenaga dan pikiran hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. **Jeffry Haryanto** dan **Yuliani** selaku kedua orang tua penulis yang tak pernah lelah mendoakan, mendidik serta selalu mendukung penulis hingga saat ini.
3. **Jiyi Adriadi Widodo, Jiyi Doddy Muliawan, Jiyi Annisa Nur Fauziah** dan **Jiyi Malikah Adilah**, selaku saudara kandung penulis yang selalu ada dan selalu memberi motivasi penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. **Dr. Unggul Wasiwitono, S.T., M.Eng., Sc** serta **Ir. Julendra Bambang Ariatedja, MT** dan juga **Achmad Syaifudin, ST, M.Eng.,PhD** selaku dosen penguji dalam sidang tugas akhir penulis yang telah memberikan saran dan kritik pada laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan dalam tugas akhir ini, oleh sebab itu penulis memohon maaf sebesar-besarnya.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

Abstrak .....	i
Abstract .....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II.....	5
KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Sistem Pengereman Kendaraan .....	8
2.2.2 Pedal Rem.....	16
2.2.3 Penguat (Booster) .....	17
2.2.4 Master Silinder .....	18
2.2.5 Saluran Pengereman .....	20
2.2.6 Rem Cakram (Disk Brake) .....	20
2.2.7 Katup Hidrolik Rem ABS .....	21
2.2.8 Analisa Pemodelan Sistem Pengereman .....	22
2.2.9 Hubungan Traksi atau Gaya Rem Terhadap Slip dari Roda .....	26
BAB III.....	29
METODE PENELITIAN .....	29

3.1	Prosedur Penelitian.....	29
3.2	Flowchart Penelitian.....	29
3.3	Prosedur Uji Jalan Gerak Lurus .....	31
3.4	Flowchart Uji Jalan Gerak Lurus .....	31
3.5	Data dan Spesifikasi Kendaraan.....	33
3.6	Analisa Data .....	36
3.6.1	Gaya Pedal Rem .....	36
3.6.2	Gaya Tekan Booster Rem.....	36
3.6.3	Tekanan Hidrolik Master Silinder ( $P_e$ ).....	37
3.6.4	Gaya pada Kaliper .....	38
3.6.5	Gaya Gesek Pengereman.....	39
3.7	Pemodelan Dinamika Roda .....	39
3.8	Pemodelan Dinamika Kendaraan .....	40
3.9	Pemodelan di Simulink .....	41
BAB IV .....		43
HASIL DAN ANALISA .....		43
4.1	Kecepatan 20 km/jam.....	43
4.2	Kecepatan 40 km/jam.....	46
4.3	Kecepatan 60 km/jam.....	49
4.4	Perbandingan Respon pada kecepatan 20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam.....	52
4.5	Hasil Uji Jalan Kendaraan.....	54
4.6	Perbandingan hasil simulasi dengan pengujian .....	56
BAB V.....		57
KESIMPULAN DAN SARAN .....		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....		59
BIODATA PENULIS.....		61



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Respon Kecepatan Hasil Pengujian.....	5
Gambar 2.2 Kecepatan Kendaraan dan Kecepatan Roda Tanpa ABS .....	6
Gambar 2.3 Kecepatan Kendaraan dan Kecepatan Roda Dengan ABS .....	7
Gambar 2.4 Kurva koefisien gesek permukaan jalan vs slip roda .....	10
Gambar 2.5 Sensor Kecepatan Roda dan Reluctor Ring.....	13
Gambar 2.6 Electronic Control Unit .....	14
Gambar 2.7 Electronic Control Unit .....	15
Gambar 2.8 Blok diagram sistem kontrol umpan balik.....	15
Gambar 2.9 Skema pengereman ABS pada Mobil Toyota Fortuner .....	16
Gambar 2.10 Pedal Rem.....	17
Gambar 2.11 Skema <i>Booster</i> .....	18
Gambar 2.12 Master Silinder .....	18
Gambar 2.13 Skema Kerja Master Silinder.....	19
Gambar 2.14 Tempat Minyak Rem.....	19
Gambar 2.15 Saluran Pengereman .....	20
Gambar 2.16 Rem Cakram dan Bagian-Bagiannya .....	21
Gambar 2.18 Model dan Gaya Pedal Rem .....	22
Gambar 2.17 Skema Katup Hidrolik ABS .....	22
Gambar 2.19 Gaya Pedal dan Tekanan pada Master Silinder .....	24
Gambar 2.20 Gaya-gaya Pada <i>Disc Brake</i> .....	25
Gambar 2.21 Torsi yang Bekerja pada Roda.....	27

Gambar3.1 <i>Free body diagram</i> Mobil Toyota Fortuner Setelah Penambahan Penumpang.....	35
Gambar3. 2Skematik <i>Booster</i> Rem.....	37
Gambar3. 3Tekanan Hidrolik Master Silinder .....	37
Gambar 3. 4Skematik Kaliper .....	38
Gambar 3. 5Skematik <i>Disc Brake</i> .....	39
Gambar 3. 6 <i>Free Body Diagram</i> Roda.....	39
Gambar 3.7 <i>Free Body Diagram</i> Dinamika Kendaraan .....	41
Gambar 3.8 Blok Simulink MATLAB <i>Antilock Braking System</i> .....	42
Gambar 4.1 <i>Stopping Distance</i> ABS vs LBS pada kecepatan 20 km/jam.....	43
Gambar 4.2 <i>Slip Relative</i> (LBS vs ABS).....	44
Gambar 4.3 <i>Deceleration</i> (LBS vs ABS).....	45
Gambar 4.4 <i>Stopping Distance</i> ABS vs LBS pada kecepatan 40 km/jam.....	46
Gambar 4.5 <i>Slip Relative</i> (LBS vs ABS).....	47
Gambar 4.6 <i>Deceleration</i> (LBS vs ABS).....	48
Gambar 4.7 <i>Stopping Distance</i> ABS vs LBS pada Kecepatan 60 Km/Jam .....	49
Gambar 4.8 <i>Slip Relatives</i> (LBS vs ABS).....	50
Gambar 4.9 <i>Deceleration</i> (LBS vs ABS).....	51
Gambar 4.10 <i>Stopping Distance</i> ABS (20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam).....	52
Gambar 4. 11 <i>Slip relative</i> ABS (20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam) .....	53
Gambar 4. 12 <i>Deceleration</i> ABS (20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam) .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1Perbandingan <i>Stopping Distance</i> Hasil Simulasi .....	6
Tabel 2.2 Perbandingan Hasil Simulasi LBS vs ABS .....	8
Tabel 3. 1Data Spesifikasi Toyota Fortuner 4.0 V6 SR 4x4 AT [6] .....	33
Tabel 4.1Hasil Pengujian Kecepatan Awal Kendaraan 20 km/jam (ABS) .....	55
Tabel 4.2Hasil Pengujian Kecepatan Awal Kendaraan 40 km/jam (ABS) .....	55
Tabel 4.3Hasil Pengujian Kecepatan Awal Kendaraan 60 km/jam (ABS) .....	55
Tabel 4.4Perbandingan Hasil Pengujian dan Simulasi Pada Kecepatan 20 km/jam.....	56
Tabel 4.5Perbandingan Hasil Pengujian dan Simulasi Pada Kecepatan 40 km/jam.....	56
Tabel 4.6Perbandingan Hasil Pengujian dan Simulasi Pada Kecepatan 60 km/jam.....	56

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari, terutama untuk menunjang aktivitas yang penuh mobilitas. Walaupun saat ini transportasi umum sudah membaik, namun kendaraan pribadi tetap menjadi pilihan dari mayoritas masyarakat di ibu kota. Pada tugas akhir ini penulis akan fokus terhadap kendaraan roda-4. Akibat dari banyaknya penggunaan kendaraan roda-4 ini kondisi jalanan pun menjadi semakin macet dan membuat konsumen menjadi semakin selektif dalam memilih mobil seperti mencari yang nyaman, irit bahan bakar, kapasitas penumpang yang besar, dll. Untuk memenuhi permintaan dari konsumen, Toyota Indonesia mengeluarkan mobil tipe SUV yakni Toyota Fortuner.

Toyota Fortuner merupakan SUV *flagship* dari Toyota Motor Indonesia. Oleh karena kemampuan Toyota Manufacturer Motor Indonesia menciptakan mobil yang sangat laku di pasaran maka, TMMI pun diberikan tugas oleh Toyota Jepang untuk membuat mobil Toyota Fortuner 4.0 L 4x4 yang akan diekspor ke timur tengah. Sebagai *flagship* untuk kelas SUV, Toyota Fortuner ini haruslah menjadi yang terbaik dalam sisi kenyamanan dan keamanan. Untuk memastikan sisi keamanan yang terbaik, maka pada Toyota Fortuner 4.0 L 4x4 berbahan bakar bensin ini sudah ditanamkan fitur ABS (*Antilock Braking System*) pada sistem pengeremannya. Sistem pengereman *antilock* ini bertujuan agar roda dari mobil tidak terkunci ketika pengereman dilakukan yang umumnya terjadi apabila kendaraan mendapatkan gaya pengereman yang terlalu besar dan dapat membuat kendaraan mengalami ketidakstabilan arah seperti *understeer* atau *oversteer*. Gaya pengereman ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : kondisi jalan, koefisien gesek, kondisi ban, dll.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan pemodelan sistem pengereman ABS yang dimiliki oleh mobil Toyota Fortuner 4.0 L 4x4 berbahan bakar bensin, lalu dilakukan analisa kinerja dari sistem pengereman ABS tersebut. Sehingga dapat diketahui performa dari sistem pengereman ABS tersebut dan perbaikan apa yang dapat dilakukan agar kinerja sistem pengeremannya semakin baik.

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah :

1. Pemodelan sistem pengereman *antilock braking system* menggunakan spesifikasi dari Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4X4)
2. Menganalisa respon performa pengereman *antilock braking system* dengan variasi kecepatan 20,40,60 km/jam terhadap *stopping distance*, perlambatan, dan waktu pengereman

## 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penulisan tugas akhir ini tidak terlalu melebar maka perlu diberikan beberapa batasa masalah, yaitu :

1. Kendaraan yang dianalisa adalah Toyota Fortuner 4.0 L 4x4 berbahan bakar bensin.
2. Kendaraan berjalan di kondisi jalan aspal, datar (tidak ada kemiringan), dan tidak bergelombang.
3. Analisa jarak pengereman dilakukan pada variasi kecepatan 20, 40,dan 60 km/jam
4. Pemodelan kendaraan menggunakan seperempat kendaraan

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memodelkan sistem pengereman dengan blok diagram simulink matlab

2. Menganalisa respon performa dari sistem pengereman

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian pada tugas akhir ini dapat dijadikan referensi dalam dunia otomotif dalam topik *Antilock Braking System*
2. Sebagai media penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dalam dunia otomotif.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

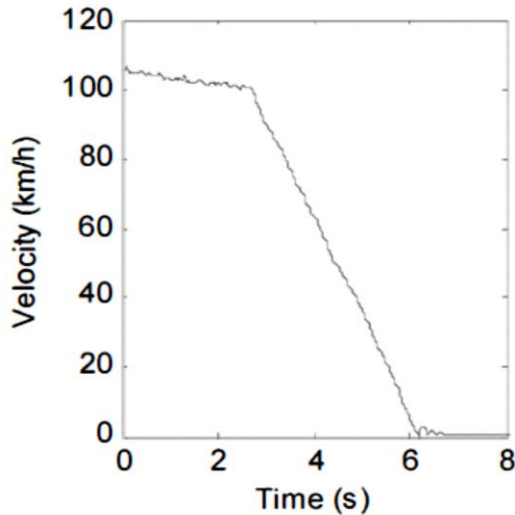


## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Wenjuan Li dkk [1] pada tahun 2008 melakukan *modeling* dan simulasi sistem pengereman dengan dasar konversi energi kinetik dengan menentukan parameter kondisi kecepatan dan menghasilkan jarak pengereman. Untuk membandingkan kinerja kendaraan yang disimulasikan dengan dasar energi kinetik, maka dibandingkan dengan simulasi menggunakan persamaan Newton,  $F = m \cdot a$ , dimana  $F$  = Gaya (N) ,  $m$  = massa (kg) dan  $a$  = percepatan ( $m/s^2$ ). Tabel 2.1 berikut adalah hasil *stopping distance* dari hasil simulasi pada umumnya menggunakan persamaan hukum Newton dan simulasi dengan persamaan energi kinetik.

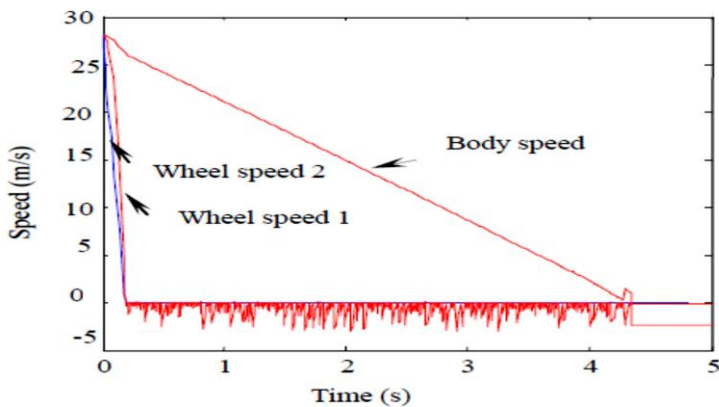


Gambar 2.1 Respon Kecepatan Hasil Pengujian

**Tabel 2.1** Perbandingan *Stopping Distance* Hasil Simulasi

Initial speed(km/h)	Braking distance in (m)	Simulation braking distance (m)
40 (wet road)	18	16
60 (wet road)	36	32
100 (dry road)	52	49

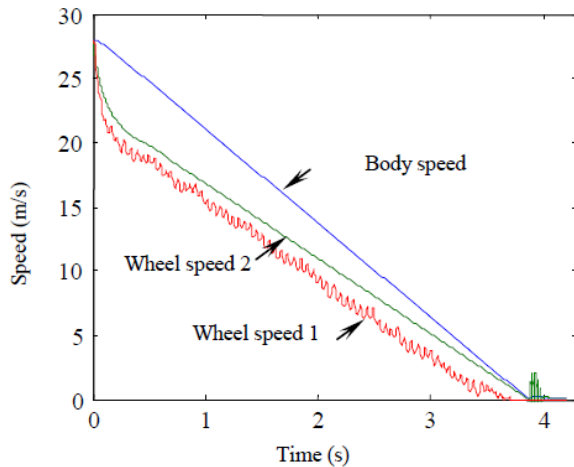
Selain *stopping distance*, dari hasil simulasi didapatkan hasil simulasi berupa kecepatan kendaraan dan kecepatan roda. Simulasi dilakukan dengan dan tanpa ABS. Pada gambar 2.2. dilakukan menunjukkan grafik simulasi kecepatan kendaraan dan kecepatan roda tanpa ABS. Pada gambar 2.2 dijelaskan bahwa *wheel speed 1* adalah hasil simulasi kecepatan roda yang disimulasikan pada penelitian menggunakan energi kinetik.



**Gambar 2.2** Kecepatan Kendaraan dan Kecepatan Roda Tanpa ABS

*Wheel speed 2* adalah kecepatan roda yang disimulasikan menggunakan persamaan pada umumnya. Dari perbandingan

kedua kecepatan roda dengan metode yang berbeda tersebut dengan kendaraan tanpa ABS, menunjukkan perbedaan yang tidak cukup signifikan antara keduanya. Sedangkan pada kecepatan kendaraan terjadi selisih waktu pemberhentian selama kurang lebih 5 detik lebih lama dari berhentinya putaran roda. Dalam selisih waktu inilah terjadi slip pada kendaraan. Pada gambar 2.3 dijelaskan bahwa *wheel speed 1* adalah hasil simulasi kecepatan roda yang disimulasikan pada penelitian menggunakan energi kinetik. *Wheel speed 2* adalah kecepatan roda yang disimulasikan menggunakan persamaan pada umumnya. Dari perbandingan kedua kecepatan roda dengan metode yang berbeda tersebut dengan kendaraan ABS, menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara keduanya. Pada *wheel speed 1* kendaraan akan berhenti lebih lama, dan hampir bersamaan dengan berhentinya kendaraan. Pada *wheel speed 2* waktu pemberhentian akan lebih cepat dari pada *wheel speed*.



**Gambar 2.3** Kecepatan Kendaraan dan Kecepatan Roda Dengan ABS

Sedangkan pada kecepatan kendaraan terjadi selisih waktu pemberhentian yang sangat pendek, dan hampir bersamaan dengan *wheel speed* 1, dari pada *wheel speed* 2. Hampir bersamaannya waktu berhentinya roda dengan kendaraan akan menyebabkan tidak terjadi slip pada kendaraan.

Rofit waroni dkk [2] pada tahun 2013 membuat modeling dan simulasi untuk mengetahui respon *antilock braking system* (ABS) pada kendaraan *multiple purpose vehicle* (MPV) Toyota Avanza 1.5 S A/T dengan parameter *stopping distance* dan perlambatan dari kendaraan.

Dari simulasi yang dilakukan didapat bahwa :

**Tabel 2.2** Perbandingan Hasil Simulasi LBS vs ABS

	Kecepatan 40 km/jam	
	ABS	LBS
Jarak Pengereman (m)	7,315	9,319
Perlambatan ( $m/s^2$ )	10,68	7,738
Waktu Pengereman (s)	1,17	1,557

Tabel 2.2 di atas menunjukkan bahwa pada kendaraan dengan sistem pengereman ABS maka akan memperoleh jarak pengereman yang lebih pendek, waktu pengereman yang lebih singkat, dan perlambatan yang lebih besar. Maka dapat disimpulkan bahwa performa pengereman pada kendaraan dengan sistem pengereman ABS lebih baik daripada kendaraan non ABS.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Sistem Pengereman Kendaraan

Sistem pengereman merupakan salah satu elemen terpenting dalam suatu kendaraan untuk memastikan keamanan kendaraan ketika sedang dikendarai. Sistem pengereman yang baik harus memiliki kemampuan untuk mengurangi atau menghentikan laju kendaraan baik pada kondisi jalan lurus maupun belok pada segala kecepatan kemudi. Pada dasarnya rem

memanfaatkan gesekan untuk menghentikan kendaraan. Gesekan pada rem timbul dari kontak antara kampas rem atau friction materials dengan metal surfaces (Puhn, 1985). Karena adanya perbedaan baik dari segi dimensi kendaraan serta tenaga dari mesin yang digunakan, maka sistem pengereman antar kendaraan pasti berbeda. Akibatnya, maka besar gaya pengereman yang didistribusikan pada setiap kendaraan akan berbeda pula.

Secara umum sistem pengereman yang berkembang untuk kendaraan saat ini ada dua jenis, yaitu:

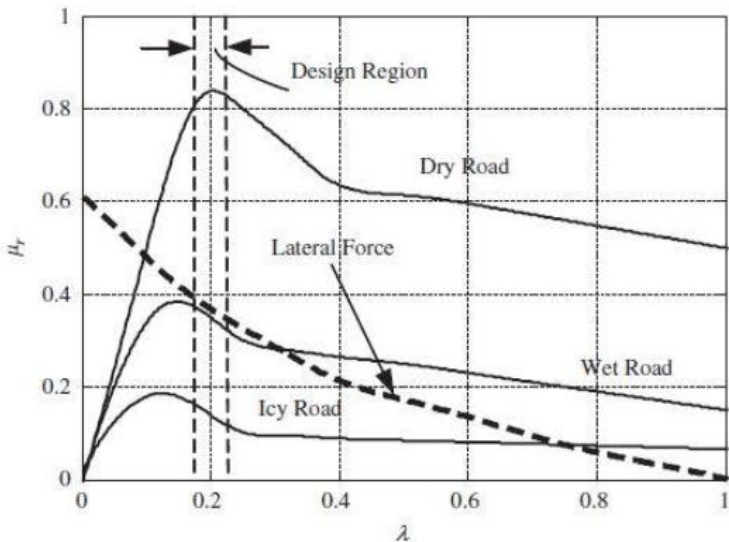
1. Sistem pengereman *lock*  
Merupakan sistem pengereman dimana proses mengurangi atau menghentikan laju kendaraan dilakukan dengan mengunci roda sehingga roda berhenti berputar. Gaya gesek yang antara ban yang *lock* dengan jalan inilah yang membuat kendaraan dapat berhenti.
2. Sistem pengereman *anti lock (Anti-lock Breaking System – ABS)*  
Berbeda dengan sistem pengereman *lock*, pada sistem pengereman anti lock roda kendaraan dijaga agar tidak lock dengan keadaan slip tertentu dimana koefisien adhesi antara jalan dan ban adalah paling besar. Hal ini menjadikan jarak pengereman (*stopping distance*) dari kendaraan lebih pendek dan kendaraan masih tetap stabil atau mudah dikendalikan walau direm pada kondisi berbelok.[3]

### 2.2.1.1 Sistem Pengereman Antilock

Sistem pengereman *antilock (ABS)* adalah sebuah sistem dimana ketika terjadi proses pengereman, rem tidak mengalami lock atau terkunci. Sistem ini sangat bermanfaat ketika kendaraan melakukan pengereman di jalan yang licin atau pengereman dilakukan secara mendadak. ABS memodulasi garis tekanan independen rem dari kekuatan pedal, sehingga kecepatan roda kembali ke tingkatan slip yang diperbolehkan untuk kinerja pengereman yang optimal. Sistem rem anti lock modern

umumnya terdiri dari sensor kecepatan roda, electronic control unit, dan modulator tekanan pengereman. ABS memiliki sistem kontrol umpan balik yang memodulasi tekanan rem dalam menanggapi perlambatan roda dan kecepatan sudut roda untuk mencegah roda dari mengalami lock. sistem dimatikan ketika kecepatan kendaraan di bawah ambang batas yang telah ditetapkan

Pada gambar 2.4 ditunjukkan bahwa untuk beragam kondisi jalan, koefisien gesek optimum adalah ketika rasio slip roda bernilai sekitar 0,2 dan sangat buruk ketika bernilai 1 atau dengan kata lain roda mengalami lock. Jadi secara matematis, tujuan dari kontrol pada sistem pengereman antilock adalah untuk mengatur agar nilai rasio slip roda sebesar 0,2 untuk memaksimalkan koefisien gesek ( $\mu$ ) pada semua kondisi jalan.



**Gambar 2.4** Kurva koefisien gesek permukaan jalan vs slip roda

Untuk dapat mengatur nilai-nilai tersebut maka pada kendaraan dengan sistem pengereman antilock akan terdapat sensor-sensor yang digunakan. Pada umumnya sensor yang digunakan pada kendaraan dengan sistem pengereman antilock adalah sensor kecepatan kendaraan dan sensor kecepatan putar roda. Pada kasus mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (4x4) ini sensor yang digunakan hanya sensor kecepatan kendaraan.

### 2.2.1.2 Kelebihan Sistem Pengereman Antilock

Sistem pengereman antilock (ABS) merupakan sebuah pembaharuan dari sistem pengereman yang sebelumnya ada pada kendaraan, yaitu sistem lock. Sistem pengereman antilock (ABS) memiliki kelebihan dibandingkan sistem pengereman lock, antara lain :

- Jarak berhenti kendaraan yang lebih pendek  
Jarak untuk sebuah kendaraan berhenti merupakan fungsi massa kendaraan, kecepatan awal kendaraan serta gaya pengereman. Dengan memaksimalkan gaya pengereman, maka jarak berhenti kendaraan akan semakin kecil apabila fungsi lainnya konstan. Selain itu, dengan menjaga roda tidak lock maka gaya gesek roda terhadap permukaan jalan akan semakin besar yang secara jelas mengakibatkan berkurangnya jarak berhenti kendaraan.
- Stabilitas kendaraan yang lebih baik  
Perlambatan serta berhenti kendaraan adalah tujuan utama dari sistem pengereman, namun gaya gesek maksimum yang terjadi tidak selalu baik karena dapat mengakibatkan gaya pengereman yang lebih besar di salah satu sisi kendaraan. Apabila hal itu terjadi maka kendaraan sangat mungkin mengalami yawing. Dengan menggunakan sistem pengereman antilock (ABS) maka besar sudut slip yang tercipta dapat dikontrol sehingga gaya gesek yang terjadi dapat dijaga agar rendah. Hal ini akan meningkatkan stabilitas kendaraan direm.
- *Steerability* yang lebih baik saat pengereman

Kontrol yang baik terhadap besar gaya gesek sangat penting dalam demi mendapat gaya lateral yang diinginkan. Apabila gaya lateral yang terjadi sesuai dengan yang diinginkan, maka steerability dari kendaraan pun akan meningkat. Steerability ketika pengereman sangat penting karena tidak selamanya kondisi jalan mulus sehingga apabila steerability nya buruk besar kemungkinan terjadi kecelakaan.

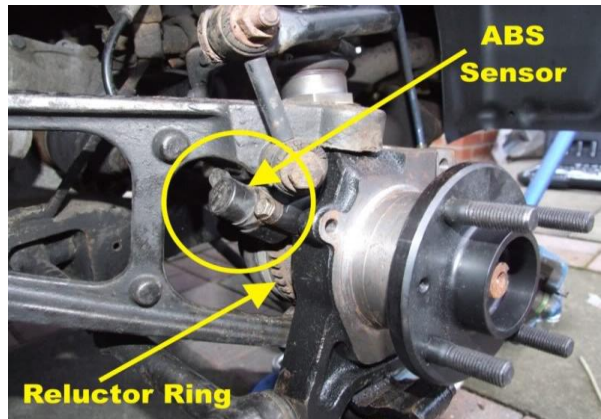
### 2.2.1.3 Cara Kerja ABS

Seperti dijelaskan sebelumnya, komponen-komponen yang terdapat pada ABS adalah sensor kecepatan roda, electronic control unit, dan modulator tekanan pengereman. Berikut adalah penjelasan kerja masing-masing komponen :

- Sensor kecepatan

Sensor kecepatan diletakkan di komponen yang berputar di drive train atau hub roda. Sensor kecepatan roda ini terdiri dari sensor dan reluctor ring. Cara kerja dari sensor ini yaitu terdapat magnet yang menghasilkan garis gaya magnet dan pada reluctor ring terdapat gigi-gigi. Saat reluctor ring berputar, roda gigi yang berputar memotong garis gaya magnet sehingga menghasilkan gaya induksi elektromotif bolak balik sesuai dengan kecepatan kendaraan. Lalu oleh sensor gaya induksi elektromotif bolak balik ini diubah menjadi sinyal gelombang sinus tegangan yang kemudian dikirimkan ke ABS Control Unit





**Gambar 2.5** Sensor Kecepatan Roda dan Reluctor Ring

- **Electronic control unit**  
 Electronic control unit menerima dan menyaring sinyal sensor untuk menghitung kecepatan rotasi dan percepatan roda. Unit ini juga menggunakan kecepatan dua roda diagonal lainnya untuk menghitung perkiraan kecepatan kendaraan. Slip pada setiap roda diperoleh dengan membandingkan kecepatan referensi ini dengan kecepatan roda individu. Percepatan dan slip roda berfungsi untuk mengingatkan ECU untuk setiap kecenderungan terjadinya lock. Mikrokomputer menanggapi peringatan tersebut dengan mengirimkan sinyal untuk mengatur tekanan pada solenoid valve melalui modulator tekanan untuk memodulasi tekanan rem di roda silinder rem individu.



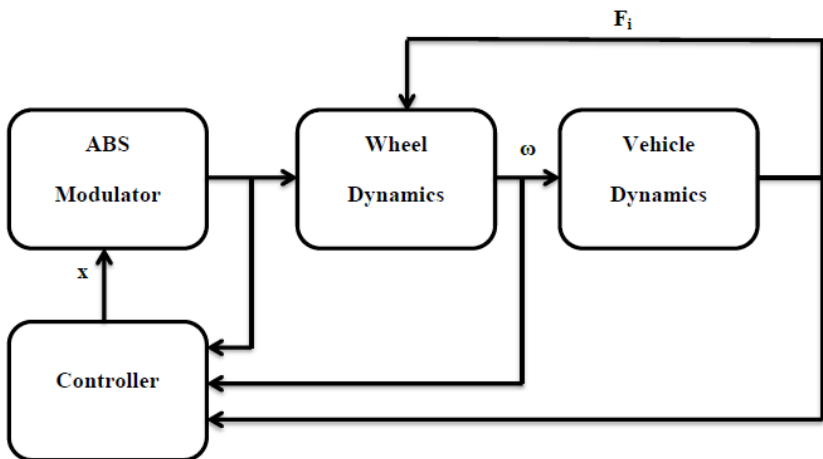
**Gambar 2.6** Electronic Control Unit

- Modulator tekanan pengereman  
Modulator hidrolis menggabungkan secara seri katup solenoid yang dapat membuka atau menutup sirkuit hidrolis antara master silinder dan rem. Selain itu, modulator ini dapat menghubungkan rem ke pompa kembali. Kebanyakan secara umum di modulator hidrolis, katup solenoid dengan dua koneksi hidrolis dan dua katup posisi digunakan. Ketika proses mengerem, *inlet valve* antara master silinder dan rem terbuka, sementara *outlet valve* antara rem dan pompa tekanan tertutup. Sebaliknya, jika terdapat kelebihan tekanan oleh minyak rem, maka pompa bertenaga bekerja untuk mengembalikan minyak rem ke reservoir. Terdapat satu pasang katup solenoid untuk setiap rem atau tiap roda.



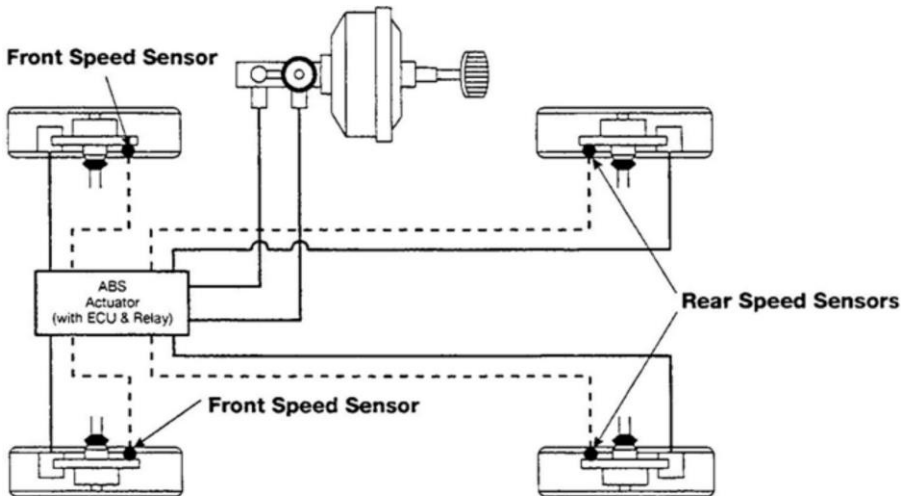
**Gambar 2.7** Electronic Control Unit

Hubungan antara sensor kecepatan, *electronic control unit*, dan modulator tekanan pengereman dijelaskan melalui blok diagram seperti pada Gambar 2.8.



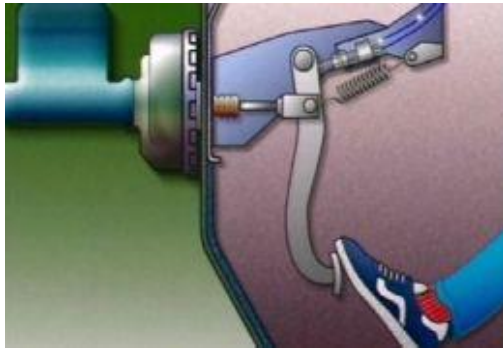
**Gambar 2.8** Blok diagram sistem kontrol umpan balik

Pada mobil toyota fortuner sendiri susunan sistem pengereman ABS secara skematik ditunjukkan pada gambar 2.9. Pada gambar 2.9 tersebut dijelaskan bahwa mobil Toyota fortuner ini menggunakan 4 sensor kecepatan yang terletak pada masing-masing roda



**Gambar 2.9**Skema pengereman ABS pada Mobil Toyota Fortuner

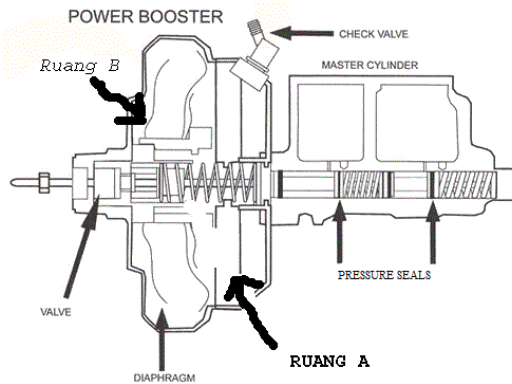
Pedal rem adalah komponen pada sistem pengereman yang mendapat kontak langsung dari pengemudi dalam melakukan pengereman. Pedal rem memiliki tinggi yang telah ditentukan sesuai kebutuhan. Jika terlalu tinggi maka diperlukan waktu pengereman yang lebih lama. Sebaliknya ketika tinggi pedal terlalu rendah maka akan membuat jarak cadangan yang kurang sehingga gaya pengereman yang dihasilkan tidak mencukupi.



**Gambar 2.10**Pedal Rem

### **2.2.3 Penguat (Booster)**

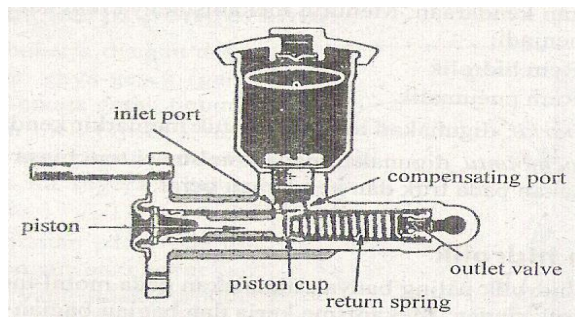
Penguat atau *booster* merupakan salah satu komponen pada sistem pengereman yang dipasangkan menjadi satu dengan master silinder dan setelah pedahl rem. *Booster* memiliki fungsi untuk menguatkan tekanan yang diberikan pengemudi sehingga dengan hanya sedikit sentuhan dapat diperoleh hasil pengereman yang maksimal



**Gambar 2.11 Skema Booster**

### 2.2.4 Master Silinder

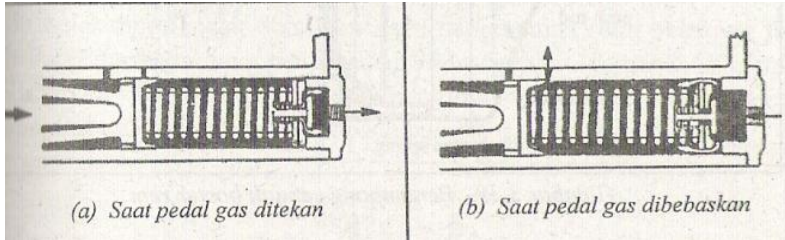
Master silinder berfungsi meneruskan tekanan dari pedal menjadi tekanan hidrolis minyak rem untuk menggerakkan sepatu rem (pada model rem tromol) atau menekan pada rem (pada model rem piringan).



**Gambar 2.12 Master Silinder**

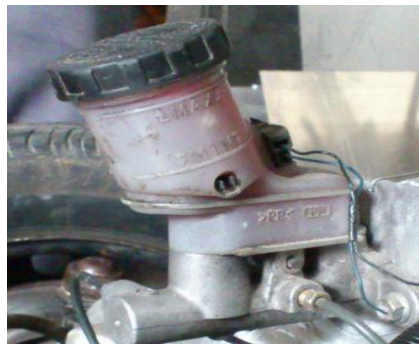
Bila pedal rem ditekan, batang piston akan mengatasi tekanan pegas pembalik (return piston) dan piston digerakkan ke depan. Pada waktu piston cup berada di ujung torak,

compresating port akan tertutup. Bila piston maju lebih jauh lagi, tekanan minyak rem di dalam silinder akan bertambah dan mengatasi tegangan pegas outlet untuk membuka katup.



**Gambar 2.13**Skema Kerja Master Silinder

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



**Gambar 2.14**Tempat Minyak Rem

### 2.2.5 Saluran Pengereman

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

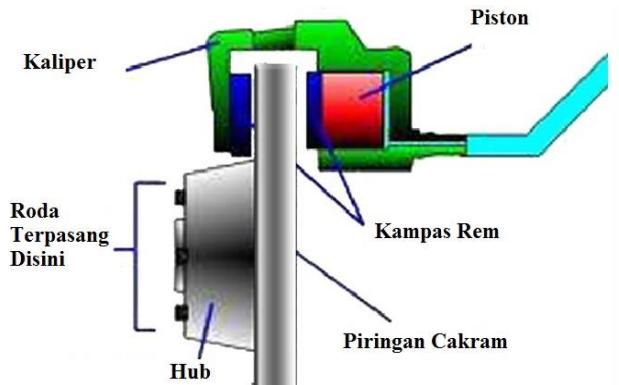


Gambar 2.15 Saluran Pengereman

### 2.2.6 Rem Cakram (Disk Brake)

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





**Gambar 2.16** Rem Cakram dan Bagian-Bagiannya

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

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

### 2.2.7 Katup Hidrolik Rem ABS

Salah satu bagian dari *antilock braking system* adalah katup hidrolik yang berfungsi untuk mengontrol dan mendistribusikan tekanan fluida kerja atau minyak rem.

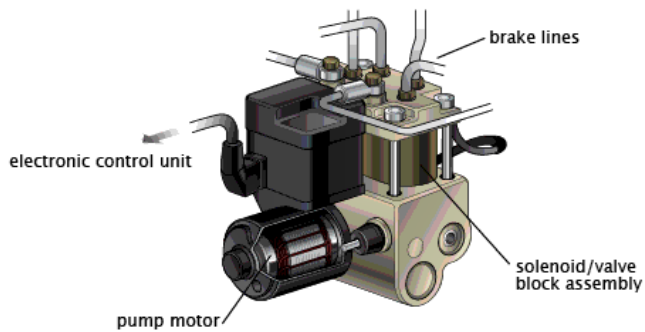


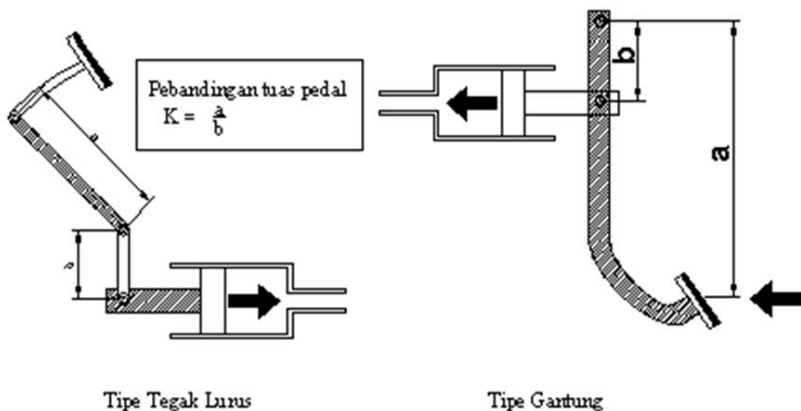
Image courtesy of ClearMechanic.com

**Gambar 2.17**Skema Katup Hidrolik ABS

## 2.2.8 Analisa Pemodelan Sistem Pengereman

### 2.2.8.1 Gaya Pengereman

Gaya pedal adalah gaya yang diberikan pedal untuk menekan master silinder. Gaya yang diberikan manusia dapat diubah menjadi gaya pedal dengan menggunakan perbandingan jarak tuas seperti pada gambar berikut. Pada gambar 2.4 ditunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada pedal rem.



**Gambar 2.18**Model dan Gaya Pedal Rem

Untuk mendapatkan data hubungan yang diinginkan, maka dilakukan langkah-langkah pengolahan data sebagai berikut:

Menghitung perbandingan gaya pada pedal (K) didapat dari persamaan.

$$K = a \times b \quad (2.1)$$

Dimana:

a = jarak dari pedal ke tumpuan

b = jarak dari pushrod ke tumpuan

Persamaan yang digunakan untuk mencari gaya yang keluar dari pedal rem ( $F_k$ ):

$$F_k = F \times \left(\frac{a}{b}\right) \quad (2.2)$$

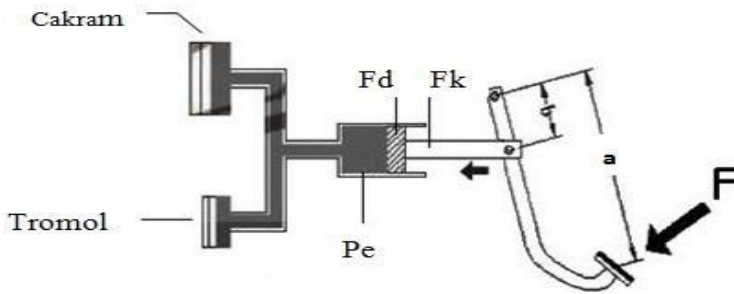
Dimana:

$F_k$  = gaya yang dihasilkan dari pedal rem

F = gaya yang menekan pedal rem

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

### 2.2.8.2 Tekanan Hidrolik Master Silinder



**Gambar 2.19** Gaya Pedal dan Tekanan pada Master Silinder

Berdasarkan gambar 2.5 di atas mengenai tekanan pada master silinder, maka dapat dicari hubungan antara tekanan dengan gaya tekan pedal yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_e = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

$$P_e = \frac{F_k}{0,25 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.4)$$

$$P_e = \frac{F_k}{0,785 \cdot d^2} \quad (2.5)$$

dimana :

$P_e$  = tekanan hidrolik master silinder

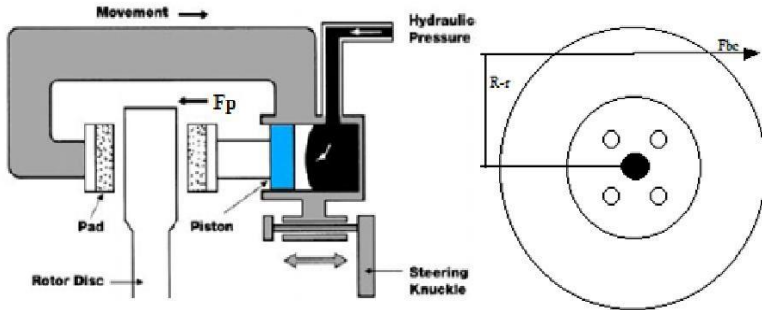
$F_k$  = gaya pedal

$d$  = diameter dalam master silinder

### 2.2.8.3 Disc Brake

Gaya pengereman pada rem model *disc brake* adalah gaya yang diberikan oleh *brake pad* terhadap piringan cakram (rotor).

Skema pengereman rem *disc brake* dapat dilihat pada gambar 2.6 sebagai berikut.



**Gambar 2.20** Gaya-gaya Pada *Disc Brake*

Gaya piston yang menekan *brake pad* dapat dirumuskan sebagai :

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

dimana :

$F_p$  = gaya yang menekan *brake pad*

$P_e$  = tekanan hidrolik

$d$  = diameter piston rem

Sedangkan gaya gesek pengereman dapat dirumuskan menjadi :

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

dimana :

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

$n$  = jumlah silinder kaliper

$\mu$  = koefisien gesek *brake pad*

Nilai koefisien gesek dari *brake pad* berbeda-beda sesuai dengan bahan dari *brake pad* tersebut. Torsi pengereman rem model cakram dapat diperoleh menggunakan rumus :

$$T_{bc} = \mu n (R-r) \quad (2.8)$$

dimana :

$T_{bc}$  = torsi pengereman rem cakram

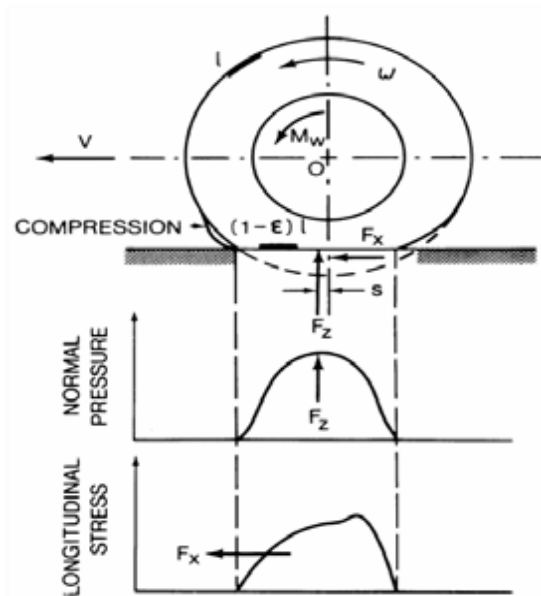
$F_{bc}$  = gaya gesek pengereman rem cakram

$R$  = jari-jari rotor/piringan cakram

$r$  = jari-jari *piston caliper*

### 2.2.9 Hubungan Traksi atau Gaya Rem Terhadap Slip dari Roda

Ketika gaya torsi bekerja pada roda yang menggunakan tekanan udara maka gaya traksi akan terjadi pada kontak antara roda dan jalan. Sebagaimana terlihat pada gambar 2.20.



**Gambar 2.21**Torsi yang Bekerja pada Roda

Bagian depan dari kontak antara roda dan jalan akan mengalami kompresi, akibatnya akan terjadi *shear deformation* sehingga telapak dari roda berkembang. Permukaan dari roda akan mengalami kompresi sebelum memasuki daerah kontak antara roda dan jalan, jarak yang dipindahkan akibat putaran ini akan lebih kecil dari jarak yang di dapat dari putaran bebas. Fenomena inilah yang digunakan sebagai dasar untuk terjadinya deformasi slip. Slip pada kendaraan ketika dikenai gaya torsi didefinisikan sebagai berikut :

$$i = (1 - v\omega \cdot r) \times 100\% = \left(1 - \frac{r}{r_e}\right) \times 100\% \quad (2.9)$$

dimana :

- v = Kecepatan dari pusat roda
- $\omega$  = Kecepatan sudut dari roda
- r = Radius roda pada putaran bebas
- re = Efektif radius dari roda

Selanjutnya perkembangan dari slip adalah sebagai hasil ketidakstabilan dari situasi dengan harga koefisien dari adhesi roda dari harga  $\mu_p$  sampai  $\mu_s$ . Dalam kenyataan tekanan normal tidak terdistribusi secara uniform. Dimana tekanan akan turun secara perlahan mendekati tepi kontak. Ini menunjukkan sebagian kecil dari daerah sliding akan berkembang pada bagian daerah kontak sehingga memperkecil gaya traksi yang terjadi. Ketika torsi pengereman bekerja pada roda maka tarikan akan terjadi pada telapak roda sebelum memasuki daerah kontak. Jarak yang dipindahkan ketika torsi pengereman bekerja akan lebih besar dari putaran bebas. *Skid* didefinisikan sebagai berikut :

$$i_s = \left( 1 - \frac{v}{\omega \cdot r} \right) 100 \% = ( 1 - rre ) 100 \% \quad (2.10)$$

Untuk *lock*, maka  $\omega = 0$  padahal kecepatan perpindahan dari roda tidak sama dengan nol, pada kondisi ini terjadi *skid* 100%. Biasanya koefisien pengereman didefinisikan sebagai perbandingan beban normal roda dan *skid* sesuai dengan karakteristik traksi dan slip pada bahasan di depan.

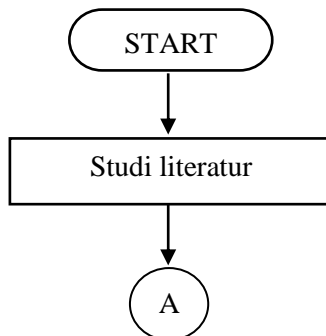


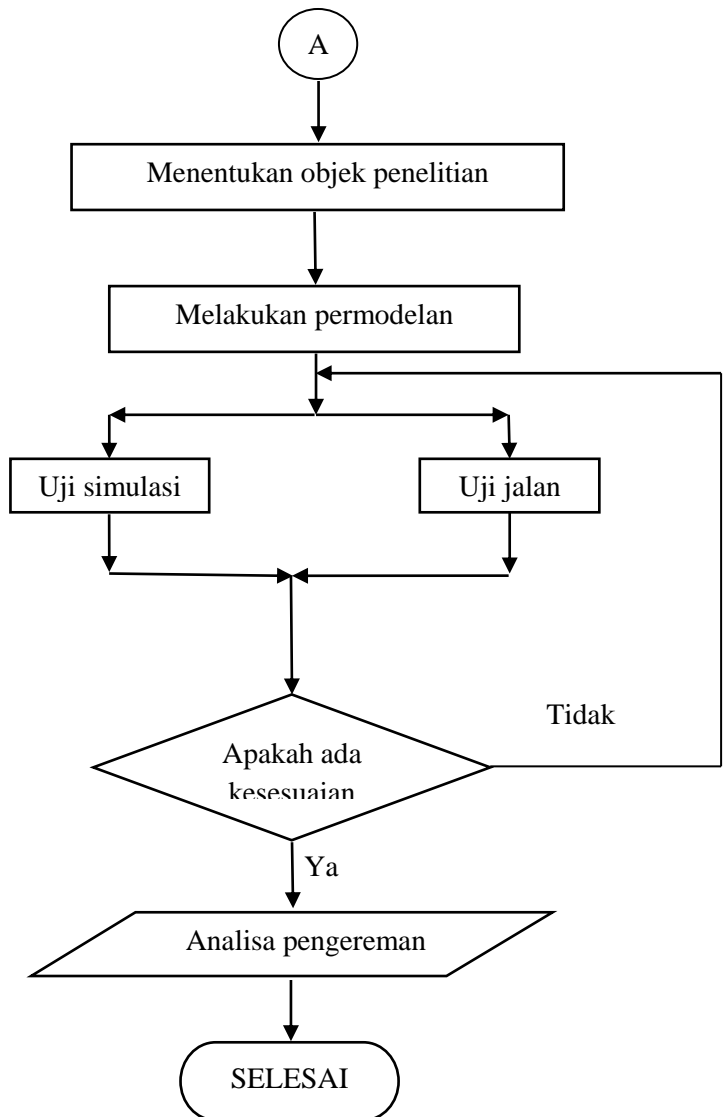
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Prosedur Penelitian

Dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat 4 tahapan. Tahapan pertama adalah melakukan studi literatur mengenai sistem pengereman pada kendaraan melalui buku, jurnal, dan penelitian terdahulu mengenai sistem pengereman khususnya sistem pengereman *antilock*. Tahap kedua adalah menentukan objek penelitian berikut data kelengkapan spesifikasinya. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, mobil yang diteliti adalah “Toyota Fortuner 4.0 V6 (AT 4x4) tahun 2014“. Tahap ketiga adalah melakukan pemodelan terhadap sistem pengereman pada kendaraan uji. Tahap keempat adalah melakukan uji jalan dan uji simulasi untuk mengetahui respon dari kendaraan uji. Pada metode uji jalan, kendaraan akan diuji di jalan dengan parameter pengujian yang sudah ditetapkan. Dari hasil pengujian jalan ini akan dianalisa jarak pengereman yang dibutuhkan oleh kendaraan serta waktu yang dibutuhkan untuk kendaraan berhenti. Sedangkan pada uji simulasi, kendaraan diuji menggunakan simulasi pada SIMULINK MATLAB sesuai dengan pemodelan matematis yang sudah dibuat.

### 3.2 Flowchart Penelitian



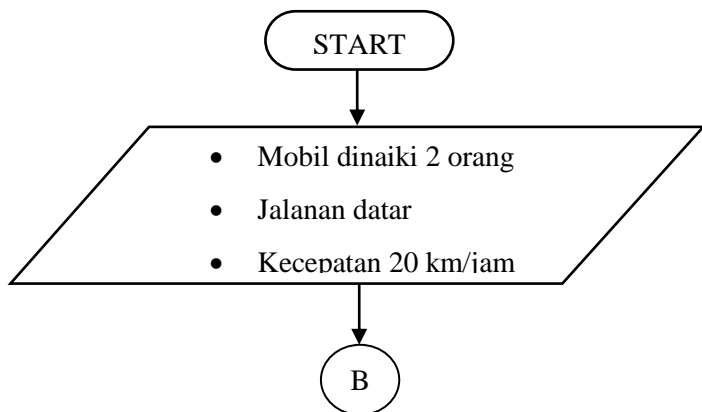


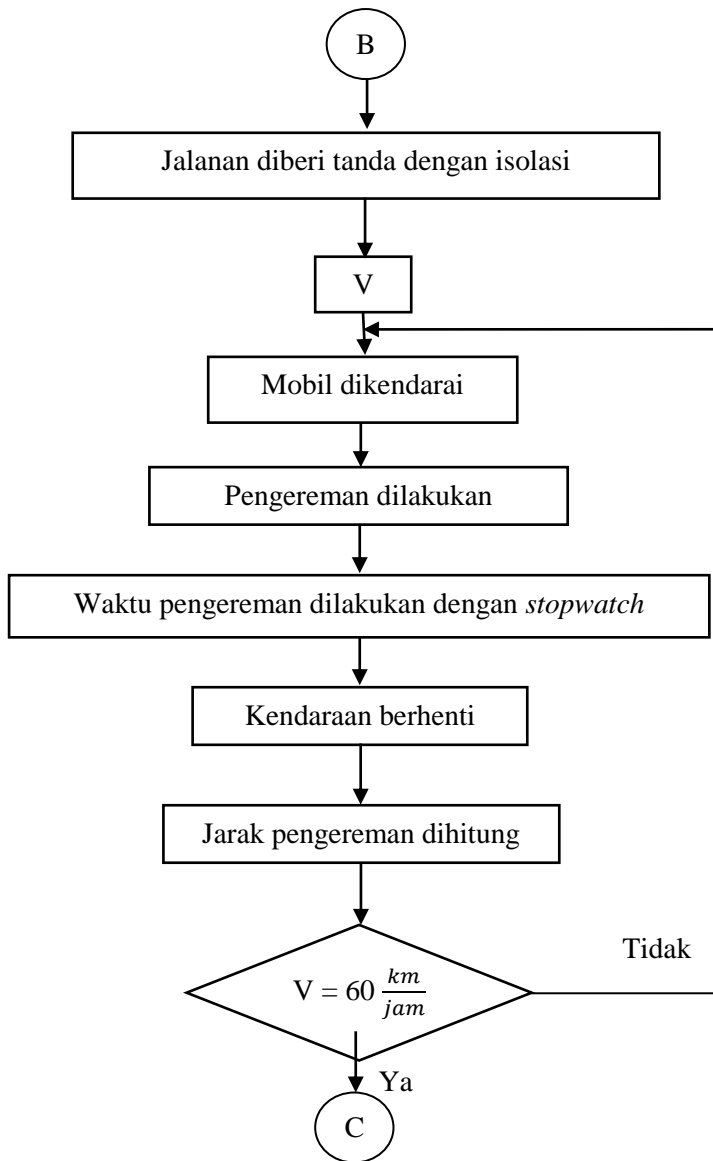
### 3.3 Prosedur Uji Jalan Gerak Lurus

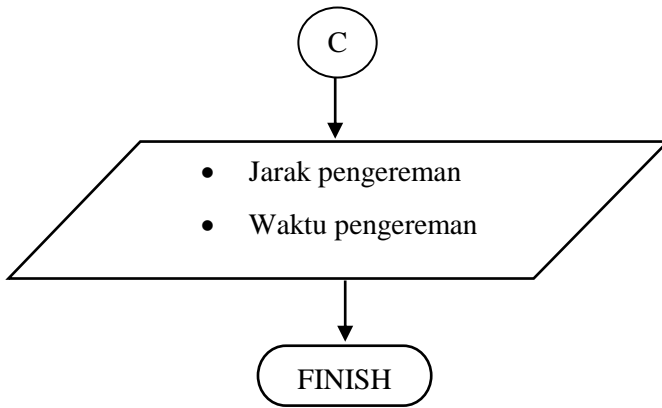
Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam uji jalan mobil Toyota Fortuner pada kondisi gerak lurus adalah sebagai berikut :

1. Kendaraan uji yaitu Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4) disiapkan
2. Jalanan aspal, datar, dan kering disiapkan dan diberikan tanda dengan isolasi
3. Pengendara berjumlah 2 orang dengan massa masing-masing 70 Kg dipersiapkan untuk pengujian
4. Kendaraan dikemudikan hingga mencapai kecepatan 20 km/jam
5. Pengereman dilakukan dengan menginjak pedal rem
6. Waktu pengereman dihitung menggunakan stopwatch dari pertama kali pedal rem diinjak hingga kendaraan berhenti total
7. Jarak pengereman diukur dari posisi awal tanda hingga posisi berhenti terakhir kendaraan
8. Langkah 4 sampai 7 diulangi dengan variasi kecepatan 40 km/jam dan 60 km/jam

### 3.4 Flowchart Uji Jalan Gerak Lurus







### 3.5 Data dan Spesifikasi Kendaraan

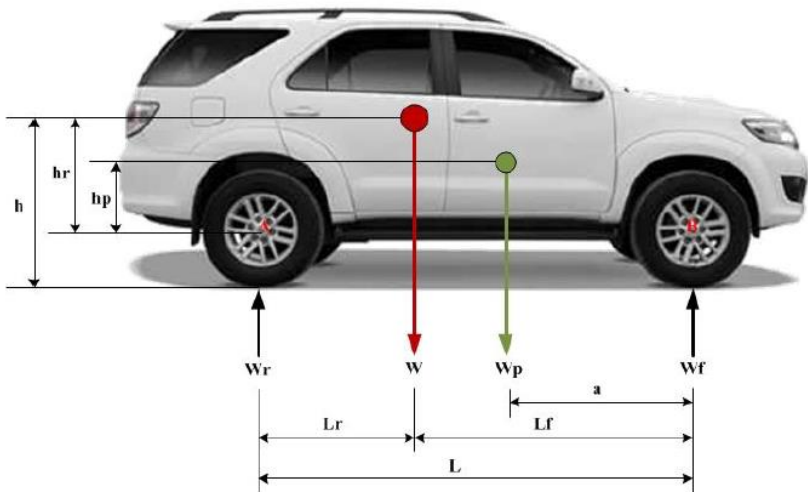
Sebelum melakukan perhitungan dan analisa, pengetahuan mengenai data-data spesifikasi dari kendaraan uji sangat diperlukan. Adapun spesifikasi dari mobil toyota Fortuner yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

**Tabel 3. 1** Data Spesifikasi Toyota Fortuner 4.0 V6 SR 4x4 AT [6]

Dimensi	
Panjang keseluruhan	4705 mm
Lebar keseluruhan	1840 mm
Jarak sumbu roda (L)	2750 mm
Jarak pijak roda depan (Lr)	1540 mm
Jarak pijak roda belakang (Lf)	1540 mm
Jarak suspensi depan	1080 mm
Jarak suspensi belakang	1080 mm
Radius belok minimum	5900 mm

<i>Ground clearance</i>	220 mm
<b>Massa Kendaraan</b>	
Massa total (M)	1865,5 kg
Berat depan ( $M_f$ )	1031 kg
Berat belakang ( $M_r$ )	834,5 kg
<b>Aerodynamic</b>	
Luas frontal ( $A_f$ )	2.48 m <sup>2</sup>
Massa jenis angin ( $\rho$ )	1,23 kg/m <sup>3</sup>
Koefisien drag ( $C_d$ )	0,38
<b>Dimensi Pengereman</b>	
Jarak pedal rem ke tumpuan (a)	0,18 m
Jarak push rod ke tumpuan (b)	0,04 m
Diameter dalam master silinder	0,02 m
<b>Rem Model Cakram</b>	
Diameter piston caliper	0,05 m
Diameter rotor disk	0,26 m
Koefisien gesek pada rem ( $\mu$ )	0,5
<b>Ban ( 265/65 R17)</b>	
Jenis	Radial
Diameter roda	432 mm
Lebar	265 mm
Koefisien rolling (fr)	0,08
Koefisien adhesi aspal ( $\mu_s$ )	0,9

Pada penelitian kali ini, kondisi dari kendaraan uji akan diisi oleh dua penumpang, sehingga akibatnya adalah terjadi perubahan posisi dari titik berat kendaraan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan letak titik berat kendaraan dengan dua penumpang dengan *freebody diagram* tempat duduk seperti pada gambar 3.1



**Gambar 3.1** *Free body diagram* Mobil Toyota Fortuner Setelah Penambahan Penumpang

Dimana :

$W_r$  = Berat kendaraan bagian belakang [N]

$W_p$  = Berat kendaraan bagian depan [N]

$W_p$  = Berat penumpang [N]

$L$  = Panjang kendaraan total [m]

$L_f$  = Jarak center of gravity ke sumbu roda depan [m]

$L_r$  = Jarak center of gravity ke sumbu roda belakang [m]

$a$  = Jarak titik berat penumpang ke sumbu roda depan [m]

sehingga:

$$L_f' = \frac{W_p \cdot a + W \cdot L_f}{W_t}$$

$$L_f' = \frac{1373,4 \cdot 1,37 + 18300 \cdot 6,1,23}{19674}$$

$$L_f' = 1,24 \text{ m}$$

$$L_r' = 2,75 - 1,24 = 1,51 \text{ m}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapat spesifikasi kendaraan yang akan digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

- $W_f = 1080,82 \text{ N}$
- $W_r = 8871,19 \text{ N}$
- $L_f = 1,24 \text{ m}$
- $L_r = 1,51 \text{ m}$

Data mengenai beberapa variasi dalam parameter operasional yang akan digunakan dalam perhitungan untuk mengetahui performa pengereman pada kondisi gerak lurus adalah

- Variasi kecepatan,  $V_1 = 20 \text{ km/jam}$ ,  $V_2 = 40 \text{ km/jam}$ , dan  $V_3 = 60 \text{ km/jam}$

### 3.6 Analisa Data

#### 3.6.1 Gaya Pedal Rem

Pedal mendapat gaya dari injakan kaki pengemudi. Rata-rata besar gaya yang dihasilkan dari injakan kaki adalah 242,25 N. Sehingga dapat dihitung besar gaya yang dihasilkan dari pedal yaitu :

$$F_k = F \times \left(\frac{a}{b}\right)$$

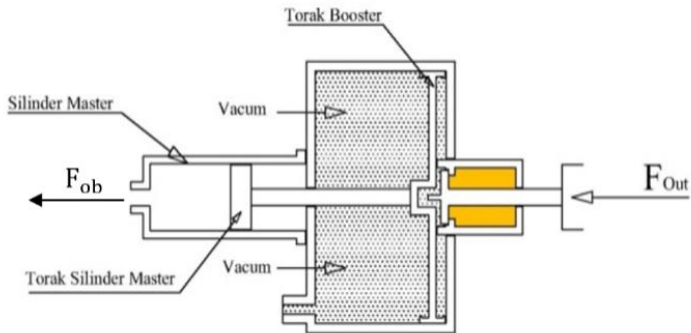
$$F_k = 242,25 \text{ N} \times \left(\frac{0,18 \text{ m}}{0,04 \text{ m}}\right)$$

$$F_k = 1103,63 \text{ N}$$

#### 3.6.2 Gaya Tekan Booster Rem

Gaya  $F_k$  yang dihasilkan oleh pedal selanjutnya akan dilanjutkan ke *booster* rem sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2. Berikut adalah perhitungan mengenai gaya tekan booster rem



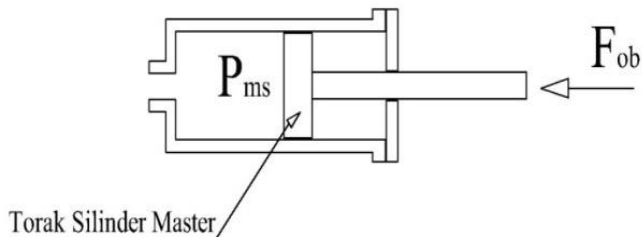


**Gambar3. 2**Skematik *Booster Rem*

$$\begin{aligned}
 F_{ob} &= F_{out} \times \frac{P_{atm}}{P_{vacm}} \\
 &= 1103,63 \text{ N} \times \frac{101324 \text{ N/m}^2}{33774.67 \text{ N/m}^2} \\
 &= 3310,89 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### 3.6.3 Tekanan Hidrolik Master Silinder ( $P_c$ )

Berikut adalah perhitungan mengenai gaya piston pada rem dilakukan berdasarkan pada skema gaya yang ditunjukkan pada gambar 3.3 di bawah ini



**Gambar3. 3**Tekanan Hidrolik Master Silinder

$$P_{ms} = \frac{F_{ob}}{A}$$

$$P_{ms} = \frac{F_{ob}}{0,25 \times \pi \times d^2}$$

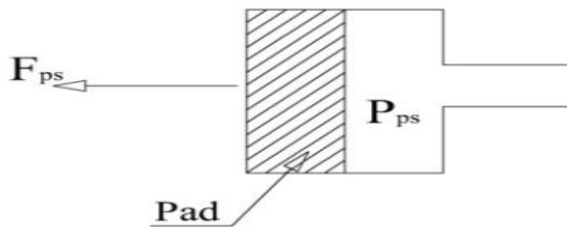
$$P_{ms} = \frac{F_{ob}}{0,785 \times d^2}$$

$$P_{ms} = \frac{3310,89}{0,785 \times (0,02)^2}$$

$$P_{ms} = 10544235,67 \text{ Pa}$$

### 3.6.4 Gaya pada Kaliper

Kaliper yang mendapat tekanan dari master silinder kemudian bergerak mendorong pad yang nantinya akan bergesekan dengan piringan cakram. Skematik dari gaya yang terjadi pada kaliper ditunjukkan pada gambar 3.4. Berikut adalah perhitungan besar gaya pada kaliper :



Gambar 3. 4Skematik Kaliper

$$F_p = P_{ms} \cdot A_{pc}$$

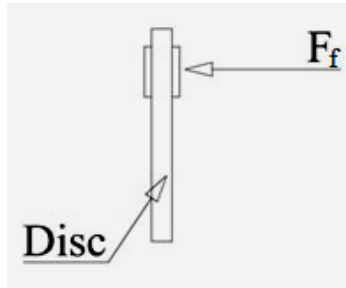
$$F_p = P_e \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$F_p = 10544235,67 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (0,05)^2$$

$$F_p = 20703,558 \text{ N}$$

### 3.6.5 Gaya Gesek Pengereman

Gaya gesek pengereman terjadi ketika pad bergesekan dengan piringan cakram sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.5 Berikut adalah perhitungan gaya gesek pengereman yang terjadi :



**Gambar 3. 5**Skematik *Disc Brake*

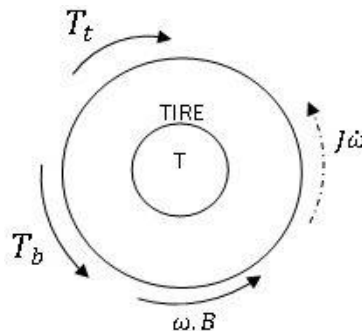
$$F_{bf} = \mu \cdot F_p$$

$$F_{bf} = 0,5 \cdot 20703,558 \text{ N}$$

$$F_{bf} = 10351,779 \text{ N}$$

### 3.7Pemodelan Dinamika Roda

Pemodelan dinamika roda didasarkan pada *free body diagram* dari roda seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6 di bawah ini.



**Gambar 3. 6***Free Body Diagram* Roda

Dari gambar 3.6 di atas maka dapat dibuat persamaan dari kecepatan angular sesuai dengan diagram gaya, yaitu :

$$J\dot{\omega} + T_b - T_t = 0$$

$$J\dot{\omega} = T_t - T_b$$

$$\dot{\omega} = \frac{T_t - T_b}{J}$$

dimana :

Inersia Roda

$$J = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (r_{\text{tire}}^2 + r_w^2)$$

Torsi traktif

$$T_t = F_t \cdot r_{\text{dinamis}}$$

Torsi *brake*

$$T_b = F_b \cdot r_{\text{dinamis}}$$

Redaman jalan (torsi gesek)

$$\omega \cdot B = W \cdot r_w \cdot \mu_d$$

Radius dinamis roda

$$r_{\text{dinamis}} = r_w + \frac{r_w - r_{\text{tire}}}{2}$$

### 3.8 Pemodelan Dinamika Kendaraan

Pemodelan dinamis kendaraan merupakan salah satu pemodelan matematis yang menganalisa gaya-gaya kendaraan pada saat pengereman. Pemodelan ini didasarkan pada skema seperti pada gambar 3.9 di bawah ini



**Gambar 3.7** *Free Body Diagram* Dinamika Kendaraan

Roda mengalami *lock* :

$$F_b = \mu \times W$$

Hukum Newton II

$$\sum F = m \times a$$

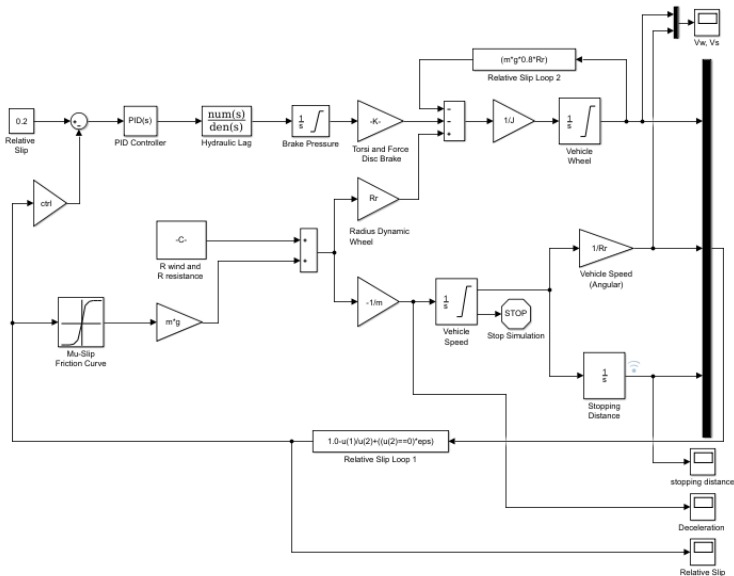
$$R_{rr} + R_{rf} + R_a = m \cdot a$$

$$a = \frac{R_{rr} + R_{rf} + R_a}{m}$$

### 3.9 Pemodelan di Simulink

Setelah mendapatkan pemodelan matematis dari dinamika kendaraan pada saat terjadi pengereman maka selanjutnya akan dibuat blok-blok diagram pada program MATLAB sesuai dengan pemodelan matematis diatas, pada gambar 3.9 berikut merupakan blok simulasi dari program MATLAB untuk kondisi pengereman dengan ABS. Pada gambar 3.10 ditunjukkan blok simulasi dari program MATLAB untuk kondisi pengereman ketika ABS

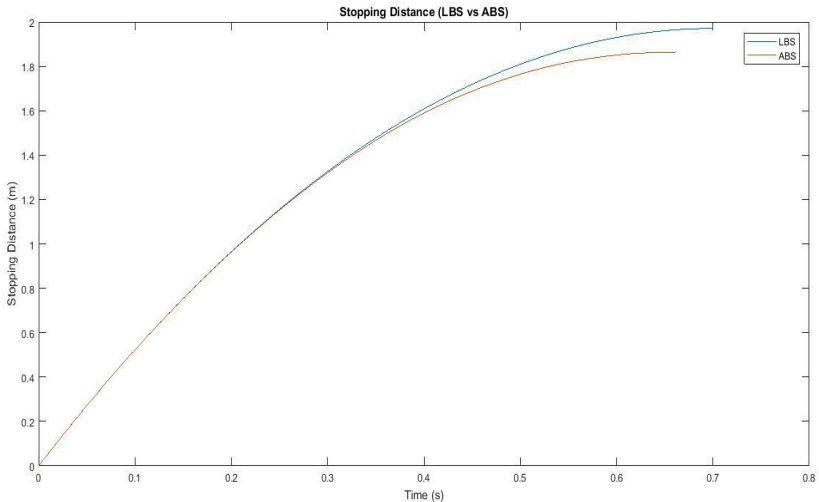
dimatikan. Perbedaan dari kedua blok simulasi tersebut terletak pada blok aktuator hidrolik. Pada sistem pengereman ABS terdapat blok aktuator hidrolik sedangkan pada kondisi LBS tidak ada. Keberadaan aktuator hidrolik pada pengereman ABS memungkinkan terjadinya pengaturan pada besar gaya rem yang dihasilkan demi menjaga agar roda tidak terkunci. Pada simulink ini ada beberapa parameter pemodelan yang di tuliskan pada *m-script* (terlampir)



**Gambar 3.8** Blok Simulink MATLAB *Antilock Braking System*

## BAB IV HASIL DAN ANALISA

### 4.1 Kecepatan 20 km/jam



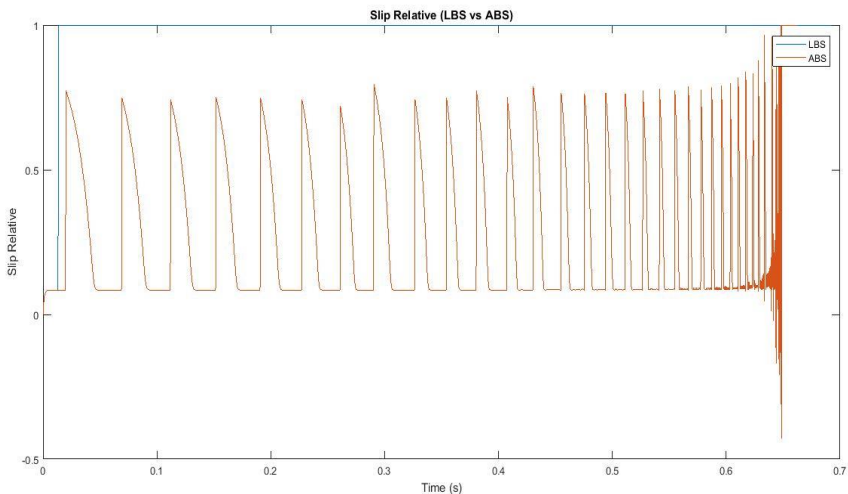
**Gambar 4.1** *Stopping Distance* ABS vs LBS pada kecepatan 20 km/jam

Pada grafik *stopping distance* di atas untuk kendaraan dengan kecepatan 20 km/jam, ditunjukkan bahwa jarak pengereman untuk kendaraan dengan sistem pengereman ABS adalah sebesar 1,864m dalam waktu 0,661 detik. Sedangkan untuk kendaraan dengan sistem pengereman LBS jarak pengeremannya adalah sebesar 1,971 m dalam waktu 0,7detik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa respon dari sistem pengereman ABS lebih baik daripada sistem pengereman LBS dimana terdapat selisih jarak pengereman yakni sebesar 0,107m dan waktu pengereman sebesar 0,030detik.

Hal ini sesuai dengan teori yang ada dimana pada saat ABS bekerja, maka besar gaya pengereman yang dikeluarkan

akan berubah-ubah agar menjaga kondisi ban tidak mengalami *lock*. Akibatnya, gaya gesek yang terjadi lebih besar daripada pada sistem pengereman LBS sehingga menghasilkan jarak pengereman yang lebih singkat.

Selain jarak pengereman, parameter lain dari sistem pengereman ABS adalah pada besarnya slip relatif yang terjadi dimana dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini



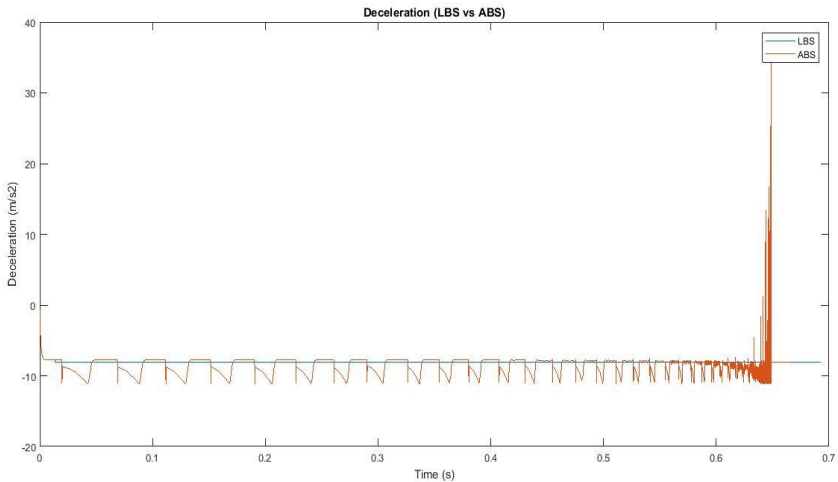
**Gambar 4.2** Slip Relative (LBS vs ABS)

Dari gambar 4.2 di atas terlihat bahwa pada sistem pengereman ABS grafiknya bersifat fluktuatif menyerupai sinusoidal, dimana kondisi slip kendaraan dijaga antara 0,08 hingga 0,7. Berbeda dari sistem pengereman ABS, pada sistem pengereman LBS kendaraan tidak mempunyai kemampuan untuk menjadi besarnya slip sehingga slip yang terjadi besarnya sama dengan 1.

Perubahan nilai slip yang terjadi pada sistem pengereman ABS disebabkan perubahan gaya pengereman yang terjadi. Dengan adanya penambahan aktuator hidrolik pada sistem pengereman ABS maka besarnya gaya pengereman dapat diubah-ubah untuk menjaga kondisi ban tidak mengalami *lock*.



Parameter terakhir yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kinerja sistem pengereman adalah deceleration atau perlambatan yang terjadi. Hasil simulasi perlambatan kendaraan pada kecepatan 20 km/jam dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini

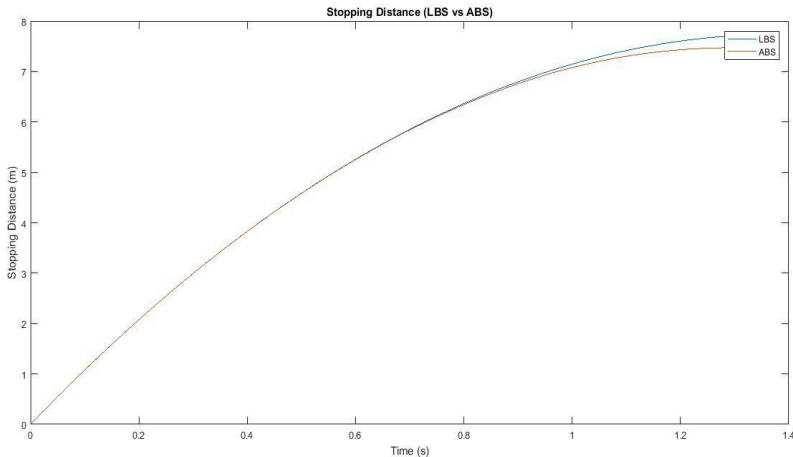


**Gambar 4.3** *Deceleration (LBS vs ABS)*

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kondisi sistem pengereman LBS, nilai dari perlambatannya adalah konstan sebesar  $8,034 \text{ m/s}^2$ . Sedangkan pada sistem pengereman ABS nilai perlambatan yang terjadi bernilai fluktuatif yaitu antara  $7,34 \text{ m/s}^2$  hingga  $10,73 \text{ m/s}^2$ .

Pada sistem pengereman ABS, perubahan gaya pengereman yang terjadi membuat perlambatan dari kendaraan berubah-ubah pula. Ketika gaya pengereman yang dihasilkan besar maka perlambatannya pun akan besar, begitu pula sebaliknya ketika gaya pengereman yang dihasilkan kecil maka perlambatan yang terjadi pun akan kecil.

## 4.2 Kecepatan 40 km/jam

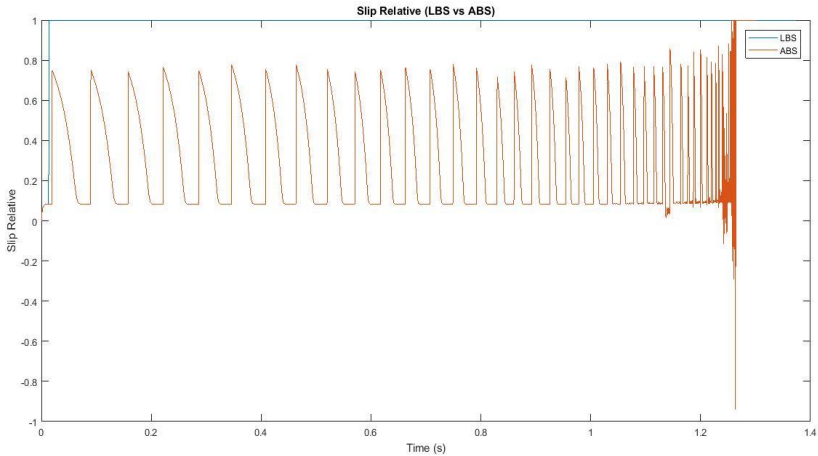


**Gambar 4.4** *Stopping Distance* ABS vs LBS pada kecepatan 40 km/jam

Pada grafik *stopping distance* di atas untuk kendaraan dengan kecepatan 40 km/jam, ditunjukkan bahwa jarak pengereman untuk kendaraan dengan sistem pengereman ABS adalah sebesar 7,476 m dalam waktu 1,306 detik. Sedangkan untuk kendaraan dengan sistem pengereman LBS jarak pengeremannya adalah sebesar 7,742 m dalam waktu 1,379 detik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa respon dari sistem pengereman ABS lebih baik daripada sistem pengereman LBS dimana terdapat selisih jarak pengereman yakni sebesar 0,266 m dan waktu pengereman sebesar 0,073 detik.

Hal ini sesuai dengan teori yang ada dimana pada saat ABS bekerja, maka besar gaya pengereman yang dikeluarkan akan berubah-ubah agar menjaga kondisi ban tidak mengalami lock. Akibatnya, gaya gesek yang terjadi lebih besar daripada pada sistem pengereman LBS sehingga menghasilkan jarak pengereman yang lebih singkat.

Selain jarak pengereman, parameter lain dari sistem pengereman ABS adalah pada besarnya slip relatif yang terjadi dimana dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini

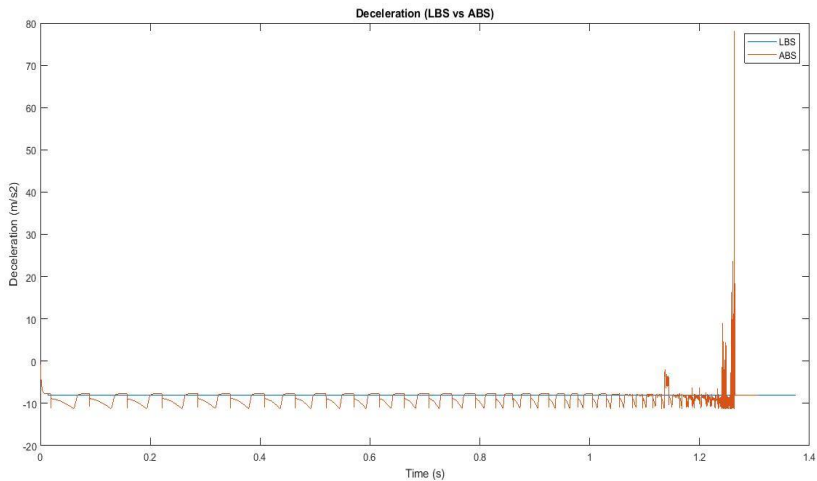


**Gambar 4.5** Slip Relative (LBS vs ABS)

Dari gambar 4.5 di atas terlihat bahwa pada sistem pengereman ABS grafiknya bersifat fluktuatif menyerupai sinusoidal, dimana kondisi slip kendaraan dijaga antara 0,08 hingga 0,8. Berbeda dari sistem pengereman ABS, pada sistem pengereman LBS kendaraan tidak mempunyai kemampuan untuk menjadi besarnya slip sehingga slip yang terjadi besarnya sama dengan 1.

Perubahan nilai slip yang terjadi pada sistem pengereman ABS disebabkan perubahan gaya pengereman yang terjadi. Dengan adanya penambahan aktuator hidrolik pada sistem pengereman ABS maka besarnya gaya pengereman diubah-ubah untuk menjaga kondisi ban tidak mengalami lock.

Parameter terakhir yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kinerja sistem pengereman adalah *deceleration* atau perlambatan yang terjadi. Hasil simulasi perlambatan kendaraan pada kecepatan 40 km/jam dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini

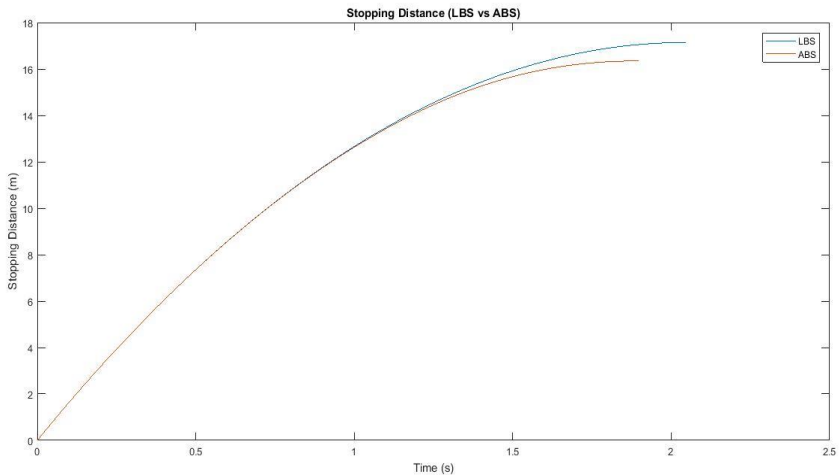


**Gambar 4.6** *Deceleration (LBS vs ABS)*

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kondisi sistem pengereman LBS, nilai dari perlambatannya adalah konstan sebesar  $8,09 \text{ m/s}^2$ . Sedangkan pada sistem pengereman ABS nilai perlambatan yang terjadi bernilai fluktuatif yaitu antara  $7,76 \text{ m/s}^2$  hingga  $10,73 \text{ m/s}^2$ .

Pada sistem pengereman ABS, perubahan gaya pengereman yang terjadi membuat perlambatan dari kendaraan berubah-ubah pula. Ketika gaya pengereman yang dihasilkan besar maka perlambatannya pun akan besar, begitu pula sebaliknya ketika gaya pengereman yang dihasilkan kecil maka perlambatan yang terjadi pun akan kecil.

### 4.3 Kecepatan 60 km/jam

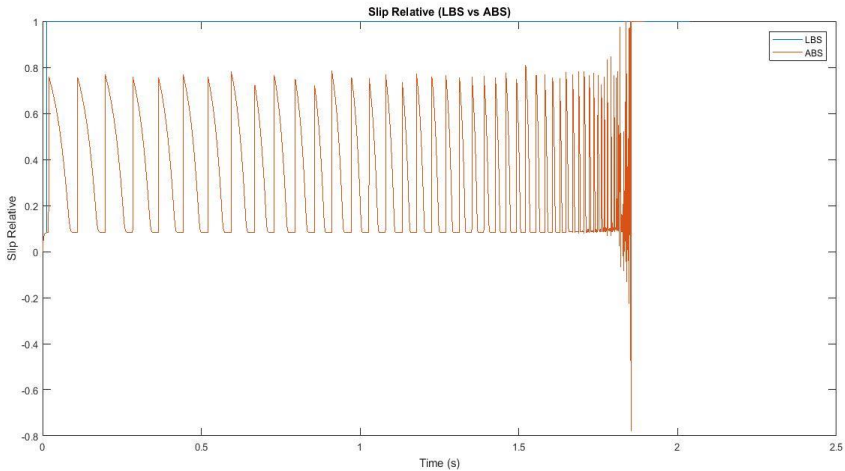


**Gambar 4.7** *Stopping Distance* ABS vs LBS pada Kecepatan 60 Km/Jam

Pada grafik *stopping distance* di atas untuk kendaraan dengan kecepatan 40 km/jam, ditunjukkan bahwa jarak pengereman untuk kendaraan dengan sistem pengereman ABS adalah sebesar 16,347 m dalam waktu 1,894 detik. Sedangkan untuk kendaraan dengan sistem pengereman LBS jarak pengeremannya adalah sebesar 17,143 m dalam waktu 2,042 detik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa respon dari sistem pengereman ABS lebih baik daripada sistem pengereman LBS dimana terdapat selisih jarak pengereman yakni sebesar 0,796 m dan waktu pengereman sebesar 0,148 detik.

Hal ini sesuai dengan teori yang ada dimana pada saat ABS bekerja, maka besar gaya pengereman yang dikeluarkan akan berubah-ubah agar menjaga kondisi ban tidak mengalami lock. Akibatnya, gaya gesek yang terjadi lebih besar daripada pada sistem pengereman LBS sehingga menghasilkan jarak pengereman yang lebih singkat.

Selain jarak pengereman, parameter lain dari sistem pengereman ABS adalah pada besarnya slip relatif yang terjadi dimana dapat dilihat pada gambar 4.14 di bawah ini



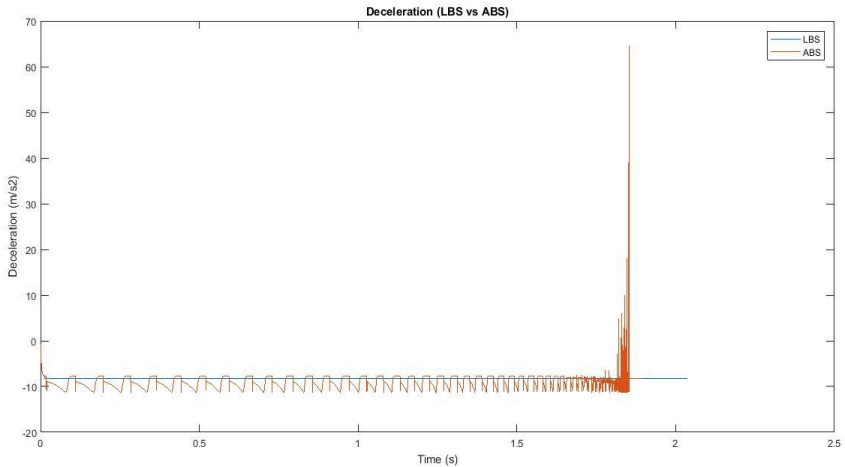
**Gambar 4.8** Slip Relatives (LBS vs ABS)

Dari gambar 4.5 di atas terlihat bahwa pada sistem pengereman ABS grafiknya bersifat fluktuatif menyerupai sinusoidal, dimana kondisi slip kendaraan dijaga antara 0,1 hingga 0,8. Berbeda dari sistem pengereman ABS, pada sistem pengereman LBS kendaraan tidak mempunyai kemampuan untuk menjadi besarnya slip sehingga slip yang terjadi besarnya sama dengan 1.

Perubahan nilai slip yang terjadi pada sistem pengereman ABS disebabkan perubahan gaya pengereman yang terjadi. Dengan adanya penambahan aktuator hidrolis pada sistem pengereman ABS maka besarnya gaya pengereman diubah-ubah untuk menjaga kondisi ban tidak mengalami lock.

Parameter terakhir yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kinerja sistem pengereman adalah *deceleration* atau perlambatan yang terjadi. Hasil simulasi perlambatan

kendaraan pada kecepatan 60 km/jam dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut ini

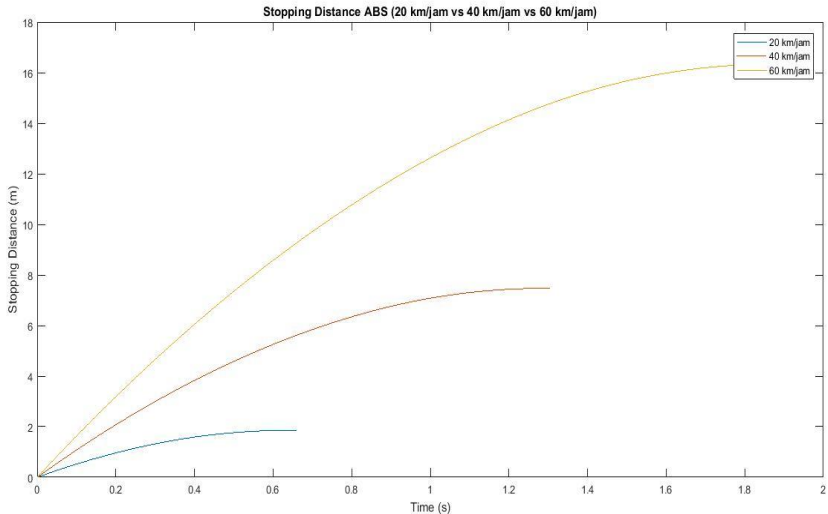


**Gambar 4.9** *Deceleration (LBS vs ABS)*

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa kondisi sistem pengereman LBS, nilai dari perlambatannya adalah konstan sebesar 8,19  $m/s^2$ . Sedangkan pada sistem pengereman ABS nilai perlambatan yang terjadi bernilai fluktuatif yaitu antara 7,8  $m/s^2$  hingga 10,8  $m/s^2$ .

Pada sistem pengereman ABS, perubahan gaya pengereman yang terjadi membuat perlambatan dari kendaraan berubah-ubah pula. Ketika gaya pengereman yang dihasilkan besar maka perlambatannya pun akan besar, begitu pula sebaliknya ketika gaya pengereman yang dihasilkan kecil maka perlambatan yang terjadi pun akan kecil

#### 4.4 Perbandingan Respon pada kecepatan 20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam

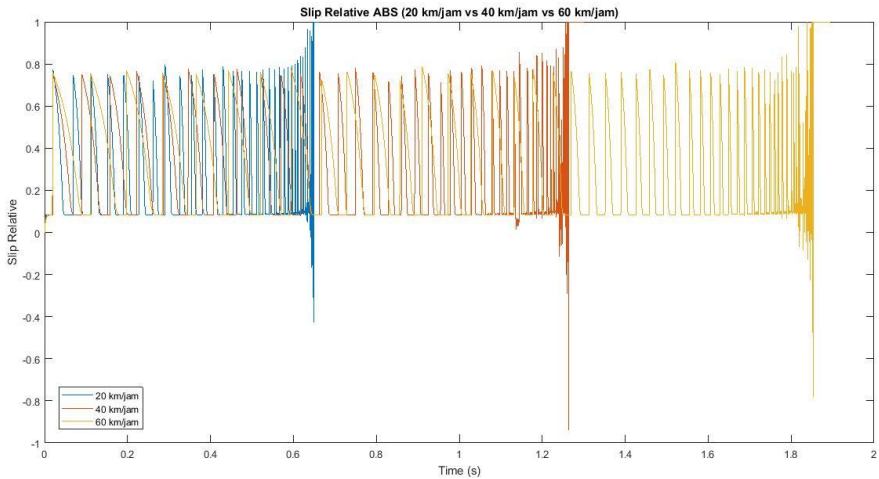


**Gambar 4.10** *Stopping Distance ABS (20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam)*

Dari gambar 4.10 di atas dapat dilihat bahwa hubungan antara kecepatan kendaraan berbanding lurus dengan jarak pengereman dan waktu pengereman. Artinya, ketika kecepatan kendaraan meningkat maka jarak pengereman dan waktu pengereman yang dibutuhkan meningkat.

Fenomena ini terjadi dikarenakan semakin tinggi kecepatan dari kendaraan maka gaya rem diperlukan pun semakin besar. Namun, gaya rem yang dapat dihasilkan terbatas oleh parameter-parameter seperti besar radius dari disk, jenis pad gesek yang digunakan, dan sebagainya. Sehingga akibatnya jarak pengereman pun semakin membesar.

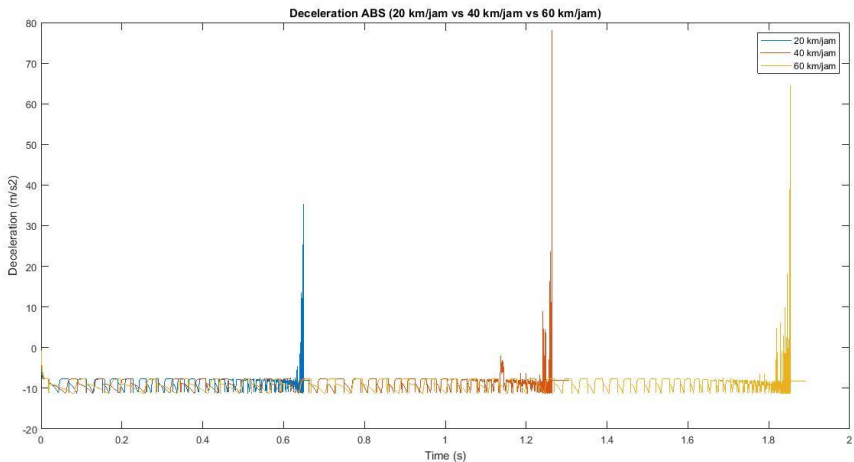




**Gambar 4. 11** Slip relative ABS (20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam)

Pada gambar 4.11 di atas terlihat bahwa besar relatif slip dari tiap kendaraan berada pada range yang mirip antara satu sama lain. Ketiganya berbentuk menyerupai grafik sinusoidal dengan nilai di bawah 1.

Hal ini terjadi karena pada kondisi pengereman ABS, kondisi ban dijaga agar tidak terkunci. Ban akan mengalami terkunci ketika nilai relatif slip nya adalah 1.



**Gambar 4. 12** *Deceleration ABS (20 km/jam vs 40 km/jam vs 60 km/jam)*

Perlambatan yang terjadi pada kendaraan dengan sistem pengereman ABS memiliki nilai yang fluktuatif menyesuaikan dengan besar gaya pengereman yang dihasilkan. Semakin besar kecepatan kendaraan *range* atau jangkauan dari perlambatan yang terjadi akan semakin besar pula. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kecepatan maka gaya pengereman yang dibutuhkan akan semakin besar pula.

#### 4.5 Hasil Uji Jalan Kendaraan

Pengujian dilakukan pada jalan lurus, datar (tidak bergelombang) dengan kondisi jalan aspal kering. Berikut adalah hasil pengujian kendaraan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam dengan kendaraan uji Toyota Fortuner 4,0 V6 SR (AT 4x4).

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Kecepatan Awal Kendaraan 20 km/jam (ABS)

	Pengujian ke						Rata - rata
	1	2	3	4	5	6	
Jarak Pengereman (m)	2	2,05	1,8	1,83	2,04	1,86	1,93
Waktu Pengereman (detik)	0,78	0,81	0,67	0,7	0,8	0,73	0,748

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Kecepatan Awal Kendaraan 40 km/jam (ABS)

	Pengujian ke						Rata - rata
	1	2	3	4	5	6	
Jarak Pengereman (m)	7,66	7,62	7,55	7,58	7,42	7,47	7,55
Waktu Pengereman (detik)	1,60	1,58	1,45	1,5	1,4	1,41	1,49

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Kecepatan Awal Kendaraan 60 km/jam (ABS)

	Pengujian ke						Rata - rata
	1	2	3	4	5	6	
Jarak Pengereman (m)	17,2	16,99	16,91	16,86	16,66	16,66	16,88
Waktu Pengereman (detik)	2,21	2,15	2,12	2,1	1,99	2,01	1,99

#### 4.6 Perbandingan hasil simulasi dengan pengujian

Berikut ini adalah tabel perbandingan hasil pengujian dan hasil simulasi dengan matlab dengan variasi kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 60 km/jam

**Tabel 4.4** Perbandingan Hasil Pengujian dan Simulasi Pada Kecepatan 20 km/jam

	Kecepatan 20 km/jam	
	Pengujian	Simulasi
Jarak Pengereman (m)	1,93	1,864
Waktu Pengereman (detik)	0,748	0,661

**Tabel 4.5** Perbandingan Hasil Pengujian dan Simulasi Pada Kecepatan 40 km/jam

	Kecepatan 40 km/jam	
	Pengujian	Simulasi
Jarak Pengereman (m)	7,55	7,476
Waktu Pengereman (detik)	1,49	1,306

**Tabel 4.6** Perbandingan Hasil Pengujian dan Simulasi Pada Kecepatan 60 km/jam

	Kecepatan 60 km/jam	
	Pengujian	Simulasi
Jarak Pengereman (m)	16,88	16,347
Waktu Pengereman (detik)	2,09	1,894

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dapat dilakukan pemodelan sistem pengereman pada mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4) dengan SIMULINK MATLAB dengan menambahkan gaya-gaya hambat yang bekerja pada kendaraan agar perhitungan menyerupai kondisi nyata
2. Respon performa dari sistem pengereman ABS pada mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4) diperoleh dengan memasukkan parameter-parameter yang sesuai dengan kondisi nyata dari mobil tersebut.
3. Respon performa dari sistem pengereman pada mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4) dapat diperoleh juga dengan menghilangkan blok actuator hidrolis pada pemodelan yang dilakukan

#### **5.2 Saran**

Berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan agar penelitian kedepannya menjadi lebih baik

1. Untuk penelitian berikutnya dapat dilakukan pengujian lapangan untuk melihat performa nyata dari sistem pengereman pada kendaraan uji.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai performa sistem pengereman pada kondisi gerak belok untuk mengetahui performa sistem pengereman secara lebih lanjut

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Li, W et al., Modeling and Simulation of Automobile Braking System Based on Kinetic Energy Conversion. Journal, IEEE 978-1-4244-1849 (2008)
2. Waroni, R., Analisa Kinerja Antilock Braking System pada kendaraan Multi Purpose Vehicle, 2013, Surabaya : Teknik Mesin ITS
3. Sutantira, I.N. Teknologi Otomotif, Guna Widya, 2010, Surabaya, Indonesia
4. Budijono, A.P., Model dan Karakteristik Integrated Control Pumpless ABS Untuk Meningkatkan Stabilitas Arah Kendaraan, 2004, Surabaya : Teknik Mesin ITS
5. Aulia, F.D, Analisa Sistem Pengereman CBS (Combined Brake System) pada Hinda Vario Techno 125 Iding Stop System PGM-FI dengan Kondisi Jalan Menurun, 2015, Surabaya : Teknik Mesin ITS
6. Andriansyah, D., Analisis Pengaruh Parameter Operasional dan Penggunaan Stabilizer Terhadap Perilaku Arah Belok pada Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 SR (AT 4x4), 2016. Surabaya : Teknik Mesin ITS
7. Suryawan, I.G.P.A., Analisa dan Desain Sistem Pengereman Kendaraan Dengan Simulink Matlab, Bali : Teknik Mesin Universitas Udayana
8. Fu, T. Modeling and Performance Analysis of ABS Systems With Nonlinear Control, 2000, Montreal, Canada

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BIODATA PENULIS



**Jiyi Nur Fauzan** lahir pada 9 Juni 1993 di Kota Bekasi – Jawa Barat, adalah anak ketiga dari lima bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan mulai dari SDI Al-Azhar 9 (1999-2005), SMPI Al-Azhar 8 (2005-2008) dan SMAN 3 Jakarta (2008-2011). kemudian pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana (S1) di Jurusan Teknik Mesin - Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dengan

NRP 2111100066.

Selain belajar, penulis juga pernah aktif dalam *event* besar Teknik Mesin ITS tahun 2013 “*Mechanical City*” sebagai anggota sie transportasi. Penulis juga memiliki hobi olah raga bulutangkis. Selama masa perkuliahan, penulis sangat tertarik bidang ilmu mengenai Desain dan Otomotif Dalam.Keinginan untuk mengamalkan ilmu yang didapat selama kuliah, mendorong penulis untuk mengambil topik tugas akhir “Analisa Kinerja *Antilock dan Lock Braking System*(ABS) pada Kendaraan *Sport Utility Vehicle*” dibawah bimbingan Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc, Ph.D.Penulis memiliki harapan agar ilmu yang telah didapatkan dapat diamalkan untuk keluarga, lingkungan, bangsa.