

**ANALISIS PENGARUH KECEPATAN TERHADAP JARAK DAN WAKTU  
PENEREMAN PADA MOBIL HYBRID URBAN KMHE 2018**



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
LA ODE MUHAMMAD AZDHAR BARUDDIN  
41316120055

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2019**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH KECEPATAN TERHADAP JARAK DAN WAKTU  
PENEREMAN PADA MOBIL HYBRID URBAN KMHE 2018



UNIVERSITAS  
Disusun Oleh :  
MERCU BUANA  
Nama : La Ode Muhammad Azdhar Baruddin  
NIM : 41316120055  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
FEBRUARI 2019

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan Hormat,

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : La Ode Muhammad Azdhar Baruddin  
NIM : 41316120055  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH KECEPATAN TERHADAP  
JARAK DAN WAKTU Pengereman pada Mobil  
Hybrid Urban Kmhe 2018

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan atau tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Jakarta, 18 Februari 2019



(La Ode Muhammad Azdhar Baruddin)

## LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH KECEPATAN TERHADAP JARAK DAN WAKTU  
PENEREMAN PADA MOBIL HYBRID URBAN KMHE 2018



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

Disusun Oleh :

Nama : La Ode Muhammad Azdhar Baruddin  
NIM : 41316120055  
Program Studi : Teknik Mesin

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

Telah Diperiksa Dan Disetujui Oleh Pembimbing

Pada Tanggal : 18 Februari 2019

Mengetahui,

Dosen Pembimbing,

  
(Hadi Pranoto, ST., MT)

Koordinator Tugas Akhir



  
(Alief Vicenna Luthfie, ST., M.Eng)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul : **“Analisis Pengaruh Kecepatan Terhadap Jarak Dan Waktu Pengereman Pada Mobil Hybrid Urban KMHE 2018”**. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui jarak pengereman, waktu pengereman serta hubungan antara kecepatan dengan jarak dan waktu pengereman pada mobil hybrid urban KMHE 2018, besar harapan penulis bahwa skripsi ini akan banyak memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ngadino Surip, MS, sebagai Rektor Universitas Mercu Buana yang telah memberikan izin dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Danto Sukmajati, MT., MSc., Ph.D, Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Hadi Pranoto, ST., MT, Sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, yang telah memberikan kesempatan dalam proses penulisan skripsi ini.
4. Bapak Hadi Pranoto, ST., MT, Sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu, tenaga, saran, pikiran dalam membantu menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang.
6. Bapak Nandi dan seluruh jajaran TU Teknik Mesin, yang telah banyak membantu dan memberikan arahan dalam proses persiapan sidang akhir.
7. Rekan-rekan satu tim TA Mobil Hybrid KMHE 2018, yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data guna menyelesaikan skripsi ini.
8. Kanda Muh. Makbul Ramadani, ST., M.Han., Selaku Direktur MARIN Nusantara yang sudah memberikan sumbangsi pemikiran dan juga selalu memberikan semangat serta motivasi dalam proses penulisan Skripsi ini.

9. Kanda Muhamad Harif, selaku Kabid Hukum MARIN Nusantara yang selalu mensupport dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
10. Orang tua dan kakak serta adik saya tercinta, atas doa, motivasi, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanannya selama penulis menjalani pendidikan di Universitas Mercu Buana.
11. Keluarga Besar dan saudara-saudara penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan doa.
12. Semua rekan-rekan dan sahabat penulis yang selama ini selalu mendukung, memberikan saran, serta motivasi kepada penulis guna menyemangati saya untuk menyelesaikan pendidikan.
13. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan namanya satu persatu, yang ikut membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi.



Jakarta, 18 Februari 2019

Penulis,

(La Ode Muh. Azdhar. B)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b>	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iv
<b>DAFTAR ISI</b>	vi
<b>DAFTAR TABEL</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	viii
<b>ABSTRAK</b>	1
<b>1. PENDAHULUAN</b>	1
<b>2. LANDASAN TEORI</b>	2
2.1. Hibridisasi	2
2.2. <i>Hybrid Electric Vehicle</i> (HEV)	2
2.3. Jenis-Jenis Kendaraan Hibrida	3
2.4. Konsep Dasar Pengereman	4
2.5. Perhitungan Pengereman	10
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	11
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Studi Literatur	12
3.3. Variabel Penelitian	12
3.4. Alat dan Bahan	12
3.5. Tahap Pengujian	12
3.6. Pengambilan Data dan Perhitungan	13
3.7. Tahap Analisa	14
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	14
<b>5. KESIMPULAN</b>	17
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	17

## DAFTAR TABEL

<b>No. Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Koefisien Adhesi	10
Tabel 2. Standart Perhitungan Jarak dan Waktu Pengereman	11
Tabel 3. Kofisien Gesek Bahan Rem	11
Tabel 4. Kategori Keamanan Jarak Pengereman	11
Tabel 5. Data Hasil Uji Kecepatan Kendaraan 20Km/ Jam	15
Tabel 6. Data Hasil Uji Kecepatan Kendaraan 30Km/ Jam	15
Tabel 7. Data Hasil Uji Kecepatan Kendaraan 40Km/ Jam	15



## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
Gambar 1. Rem Kendaraan	2
Gambar 2. Struktur Seri Hibrida	3
Gambar 3. Struktur Paralel Hibrida	3
Gambar 4. Sistem Rem Mekanik	5
Gambar 5. Sistem Rem Hidrolik	5
Gambar 6. Sistem Rem Pneumatik	5
Gambar 7. Caliper	6
Gambar 8. Sepatu Rem	6
Gambar 9. Piston Rem	6
Gambar 10. <i>Anti Squel Shim</i>	6
Gambar 11. <i>Torque Plate</i>	6
Gambar 12. <i>Slide Pin</i>	7
Gambar 13. Piston Seal	7
Gambar 14. Rem Cakram	7
Gambar 15. Rem Tromol	7
Gambar 16. Sepatu Rem	8
Gambar 17. <i>Backing Plate</i>	8
Gambar 18. Pedal Rem	8
Gambar 19. Booster Rem	9
Gambar 20. Master Silinder	9
Gambar 21. Katup Penyeimbang	9
Gambar 22. Selang Fleksibel	9
Gambar 23. Tuas Rem Tangan	9
Gambar 24. Kaliper Rem	9
Gambar 25. Kampas Rem	9
Gambar 26. Piringan Rem	10
Gambar 27. Sketch Pedal Rem	10
Gambar 28. DBB Pedal Rem	10
Gambar 29. Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 30. Menguji Rem Mobil Hybrid	13
Gambar 31. Menguji Gaya Pengereman	13

Gambar 32. Kondisi Jalan	13
Gambar 33. Kondisi Jalan (Aspal Kering)	13
Gambar 34. Mobil Hybrid	13
Gambar 35. Grafik Hubungan Antara Kecepatan dengan Jarak Pengereman	15
Gambar 36. Grafik Hubungan Antara Kecepatan dengan Waktu pengereman	16
Gambar 37. Grafik Rata-Rata Hubungan Antara Kecepatan Dan Jarak	16
Gambar 38. Grafik Rata-Rata Hubungan Antara Kecepatan Dan Waktu	16



# ANALISIS PENGARUH KECEPATAN TERHADAP JARAK DAN WAKTU PENEREMAN PADA MOBIL HYBRID URBAN KMHE 2018

La Ode Muhammad Azdhar Baruddin, Hadi Pranoto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta  
Jl. Meruya Selatan No. 01, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia

E-mail: azdharbaruddin79@gmail.com

**Abstrak** – Kegagalan pada sistem pengereman dapat berakibat fatal dan berujung pada kecelakaan. Rem merupakan salah satu faktor penting dalam kendaraan, yang berfungsi memperlambat atau menghentikan laju kendaraan. Ada 3 tipe jenis rem yang digunakan yaitu rem mekanik, rem hidrolis dan rem pneumatik. Karena pentingnya fungsi rem pada kendaraan perlu dilakukan kajian mendalam tentang performa kerja rem tersebut. Oleh karena itu, dilakukan pengujian pengaruh kecepatan terhadap hasil pengereman mobil hybrid KMHE 2018 untuk mengetahui jarak dan waktu yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui, jarak pengereman, waktu pengereman serta hubungan antara kecepatan dengan jarak dan waktu pengereman. Dimana variasi kecepatan berubah-ubah dimulai dari 20, 30, dan 40 Km/Jam. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dan kemudian disajikan dalam bentuk deskriptif terhadap perilaku pengereman kendaraan hibrida urban KMHE. Gaya yang diberikan untuk menekan pedal rem konstant yaitu 80 N dengan kecepatan bervariasi, dan pengulangan pengujian sebanyak 5 kali untuk masing-masing variasi kecepatan. Hasil penelitian kecepatan 20 Km/ Jam jarak pengereman 2,08 m dan waktu 0,80 detik, kecepatan 30 Km/Jam jarak 5,05 m dan waktu 1,20 detik, kecepatan 40 Km/Jam jarak 8,26 m dan waktu 1,59 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan kendaraan berbanding lurus dengan jarak dan waktu pengereman. Dimana semakin tinggi kecepatan kendaraan maka jarak dan waktu pengereman semakin besar.

**Kata Kunci:** kecepatan, jarak, rem hidrolis, hybrid, KMHE

**Abstract** – Failure in the braking system can be fatal and lead to accidents. Brake is one of the important factors in a vehicle which has function to slow down or stop the vehicle. There are 3 types of brake, namely mechanical brake, hydraulic brake and pneumatic brake. Because of the importance of brake function on the vehicle, it is needed depth study of brake performance. Therefore, the effect of speed on the braking of the KMHE 2018 hybrid car needs to be tested to determine the distance and time produced. The purpose of this study is to find out the braking distance, braking time and the relationship between speed and braking distance. the variations of speed is changing everytime started at 20, 30, and 40 Km/ Hour. This study used an experimental design and presented in descriptive form to the braking behavior of urban hybrid vehicles KMHE 2018. The force is given to press the brake pedal constant which is 80 N with varying speeds, and repeats the test 5 times for each speed variation. The results of the study were 20 km/ Hour braking distance of 2,08 m and 0,80 seconds, speed 30 Km/ hour distance of 5,05 m and the time is 1.20 seconds, speed of 40 Km/ h distance of 8,26 m and time 1,59 seconds. This shows that the vehicle speed is directly proportional to the distance and braking time. Where the higher the speed of the vehicle, the greater the distance and braking time.

**Keywords:** speed, distance, brake, hydraulic brake, hybrid, KMHE

## 1. PENDAHULUAN

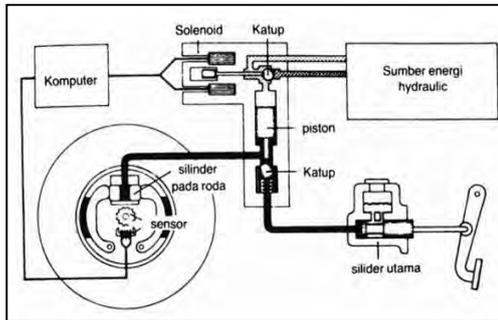
Perkembangan teknologi otomotif di era sekarang ini menuntut industri manufaktur kendaraan untuk berinovasi dalam memproduksi jenis kendaraan [1]. Kendaraan yang dimaksud tidak hanya aman dan efisien namun harus ada jaminan keamanan berkendara dalam setiap kondisi baik normal maupun sifatnya tiba-tiba seperti ditabrak oleh kendaraan lain di jalan raya. Salah satu faktor yang menentukan kenyamanan dan jaminan keselamatan suatu kendaraan ialah kepekaman suatu fungsi sistem pengereman [2].

Rem merupakan salah satu bagian utama dalam setiap kendaraan karena memiliki fungsi penting dalam pengoperasian kendaraan [3].

Dimana kendaraan bergerak dan berjalan pada jalan yang tidak selalu rata, kadang mendaki dan menurun. Demikian juga, tidak hanya berjalan pada jalan yang lurus terkadang kendaraan berbelok saat berada pada tikungan dan berhenti secara tiba-tiba [4]. Untuk mengatasinya, maka setiap kendaraan harus dilengkapi dengan sistem pengereman yang lebih aman [5]. Rem sendiri berfungsi mengurangi kecepatan dan menghentikan laju kendaraan [6].

Kerja rem dipengaruhi oleh jenis rem yang digunakan dan beban kendaraan termaksud beban roda depan dan belakang saat melaju di jalan raya, disamping faktor kondisi jalan [2]. Pengereman

yang baik adalah ketika jarak pengereman dan sudut pengeremannya sesuai dengan standar yaitu jarak pengereman yang pendek dan sudut pengereman 0 derajat [7].



**Gambar 1.** Rem Kendaraan (Hidrolis) [7]

Ada dua jenis pengereman yang terjadi pada kendaraan, yaitu pengereman dengan mesin dengan cara mengurangi kecepatannya (tidak bisa menghentikan kendaraan atau putaran mesin) dan pengereman dengan cara menginjak pedal rem (rem kaki) yang bisa mengurangi sekaligus menghentikan laju kendaraan dan atau menarik tuas rem (rem tangan) sebagai rem parkir atau menahan mobil supaya tidak mundur atau maju pada jalanan berlevasi [2].

Sistem pengereman hidrolis merupakan salah satu jenis sistem pengereman yang banyak digunakan pada beberapa kendaraan roda empat, dimana cairan disimpan dalam sebuah reservoir (tempat penyimpanan) yang biasa disebut sebagai master cylinder [8]. Rem hidrolis ini juga dipergunakan dalam pembuatan mobil hybrid urban untuk perlombaan KMHE 2018. Pemilihan sistem hidrolis ini dikarenakan lebih efisien dibandingkan dengan sistem pengereman yang lain seperti pengereman tromol, dimana sistem pengereman hidrolis hasil pengeremannya bisa mencapai 100 % dan tidak perlu menginjak lebih keras karena dibantu oleh fluida untuk menggerakkan piston yang mendorong kampas rem [3].

Pada sistem pengereman hidrolis hubungan antara gaya pedal dengan tekanan minyak rem mempengaruhi efektivitas rem mobil [2], dimana tekanan minyak rem dipengaruhi oleh variabel/ variasi gaya pengereman.

Pengujian sistem pengereman pada beberapa jenis mobil telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Mereka menggunakan variabel kecepatan, gaya, jarak, dan waktu.

Dari yang disebutkan beberapa penjelasan di atas, jelaslah bahwa rem sebagai salah satu sistem yang sangat penting dalam kendaraan, maka sistem pengereman harus berfungsi baik karena sangat menunjang dari segi keamanan dan sisi keselamatan pengendara serta menjadi salah satu syarat mutlak untuk pembuatan sebuah kendaraan [9]. Atas latar belakang itulah peneliti menganalisis pengaruh kecepatan terhadap jarak

dan waktu pengereman pada mobil hybrid urban KMHE 2018.

Rumusan Masalah pada penelitian ini adalah belum adanya data yang detail mengenai jarak dan waktu pengereman dengan variasi kecepatan pada mobil hybrid urban KMHE 2018. Kemudian belum diketahui hubungan antara kecepatan terhadap jarak dan waktu pengereman.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui jarak dan waktu pengereman dengan variasi kecepatan pada mobil hybrid urban KMHE 2018.
2. Untuk mengetahui hubungan antara kecepatan terhadap jarak dan waktu pengereman.

Batasan Masalah pada penelitian ini adalah :

1. Jalan yang digunakan aspal kering.
2. Gaya injak pedal rem konstant yaitu 80 N.
3. Nilai koefisien gesek diasumsikan konstant 0,7.
4. Pengujian dilakukan 5 kali pengulangan.
5. Variasi kecepatan 20, 30, 40 Km/ Jam.

Penelitian ini bermanfaat untuk menjadi landasan dan acuan bagaimana performa sistem rem dapat dinilai dari jarak dan waktu pengereman yang dapat diukur. Kemudian juga dapat menjadi teknologi yang diterapkan pada mobil dengan sistem hybrid atau mobil-mobil yang ada seperti saat sekarang ini.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Hibridisasi

Kendaraan hibrida adalah kendaraan dengan beberapa sumber energi berbeda yang dapat secara terpisah atau bersamaan dioperasikan untuk menggerakkan kendaraan. Banyak konfigurasi hibridisasi seperti sel bahan bakar, turbin gas, surya, hidrolik, pneumatik, etanol, listrik dan banyak lagi yang diusulkan selama bertahun-tahun. Di antaranya, kendaraan listrik hibrida, mengintegrasikan dua teknologi motor listrik dan mesin IC yang telah terbukti secara teknis dan terbukti secara komersial, yang memberikan manfaat serta diterima secara luas oleh teknologi dan pengguna [10].

### 2.2. Hybrid Electric Vehicle (HEV)

Ini adalah kendaraan hibrida yang paling sering diadaptasi yang menggabungkan sumber tenaga penggerak dari motor listrik dan mesin IC. Daya ke motor listrik berasal dari baterai onboard. Dalam HEV, mesin IC bekerja sama dengan motor listrik yang mengarah ke penggunaan mesin yang lebih optimal. Berkendara di dalam lalu lintas kota melibatkan sering terjadinya kemacetan. Selama kemacetan itu panjang serta lama, mesin mengkonsumsi lebih banyak bahan bakar tanpa menghasilkan pekerjaan yang bermanfaat sehingga berkontribusi pada konsumsi bahan

bakar yang lebih tinggi, lebih sedikit efisiensi dan emisi yang tidak perlu dari knalpot. HEV memecahkan masalah dengan beralih ke transmisi daya melalui motor dan mematikan mesin. Dengan cara ini tidak ada bahan bakar yang akan dikonsumsi. Keuntungan lain HEV adalah ketika tangki bahan bakar kosong saat mengendarai mesin, kendaraan dapat digerakkan dengan tenaga listrik dalam jangkauan maksimumnya [10].

### 2.3. Jenis-Jenis Kendaraan Hibrida

Kendaraan hibrida dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori dasar yaitu :

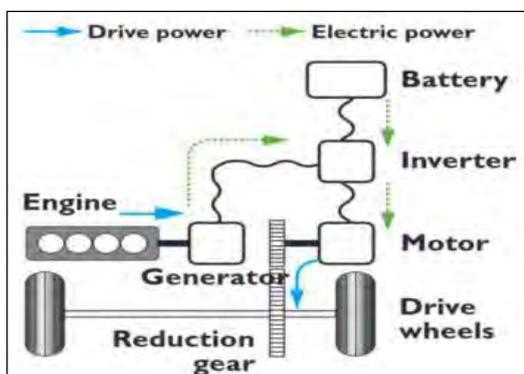
#### A. Seri Hybrid

Ini adalah kendaraan listrik dimana mesin IC bertindak sebagai generator untuk mengisi daya baterai dan menyediakan daya ke motor penggerak listrik yang dapat dilihat pada Gambar 2. Kendaraan ini biasanya memiliki baterai yang lebih besar dan motor yang lebih besar dengan mesin IC yang lebih kecil.

Seri hibrida dapat dibantu oleh ultracaps, yang dapat meningkatkan efisiensi dengan meminimalkan kerugian pada baterai. Mereka memberikan energi puncak selama akselerasi dan mengambil energi regeneratif saat pengereman.

Transmisi yang rumit antara motor dan roda tidak diperlukan, karena motor listrik efisien di atas rentang kecepatan yang luas. Jika motor dipasang ke bodi kendaraan, kopling fleksibel diperlukan.

Beberapa desain kendaraan memiliki motor listrik terpisah untuk setiap roda. Integrasi motor ke roda memiliki kerugian bahwa massa unsprung meningkatkan penurunan kinerja kendaraan. Keuntungan motor roda individu termasuk kontrol traksi yang disederhanakan (tidak ada elemen transmisi mekanis konvensional seperti gearbox, poros transmisi, dan diferensial), semua penggerak roda, dan memungkinkan rantai yang lebih rendah [10].



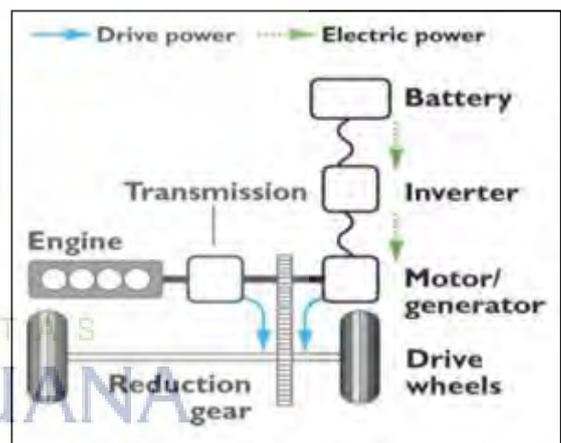
Gambar 2. Struktur Seri Hibrida

#### B. Paralel Hibrida

Sistem hibrida paralel memiliki mesin pembakaran internal (ICE) dan motor listrik secara paralel yang terhubung ke transmisi mekanis.

Sebagian besar desain menggabungkan generator listrik besar dan motor menjadi satu unit, sering terletak di antara mesin pembakaran dan transmisi, menggantikan baik motor starter konvensional dan alternator. Baterai dapat diisi ulang selama pemecah regeneratif, dan selama jelajah (ketika daya ICE lebih tinggi dari daya yang diperlukan untuk propulsi).

Lebih kompleks secara mekanis daripada seri hibrida, kendaraan paralel hibrida digerakkan ganda, memungkinkan baik mesin pembakaran dan motor listrik untuk menggerakkan mobil. Gbr.3 menunjukkan bahwa mesin IC dan motor beroperasi secara bersamaan. Biasanya mesin pembakaran beroperasi sebagai sarana utama propulsi dan motor listrik yang berfungsi sebagai cadangan atau torsi/power booster. Kelebihannya adalah baterai yang lebih kecil (bobot yang lebih sedikit) dan pengereman regeneratif umumnya lebih efisien untuk memperlambat mobil dan menangkap energi saat melakukannya. Keuntungan lainnya adalah dapat dengan mudah dimasukkan ke dalam model kendaraan yang ada.



Gambar 3. Struktur Paralel Hibrida

#### C. Seri-Paralel Hybrid

Kendaraan ini adalah kombinasi dari dua tipe, memungkinkan kendaraan untuk beroperasi karena semua-listrik (sebagai hibrida seri), sebagai semua kendaraan pembakaran, atau sebagai kombinasi dari keduanya (sebagai hibrida paralel). Ini adalah kendaraan paling rumit dan paling tidak efisien untuk sebagian besar aplikasi.

Sistem hibrida gabungan memiliki fitur hibrida seri dan paralel. Ada hubungan ganda antara mesin dan poros penggerak: mekanik dan listrik. Jalur listrik terpisah ini memungkinkan interkoneksi tenaga mekanik dan listrik, dengan biaya yang rumit.

Perangkat power-split tergabung dalam power train. Kekuatan ke roda dapat berupa mekanik atau elektrik atau keduanya. Ini juga terjadi pada hibrida paralel. Tetapi prinsip utama di balik sistem gabungan adalah pemisahan kekuatan yang

dipasok oleh mesin dari daya yang diinginkan oleh pengemudi.

Dalam kendaraan konvensional, mesin yang lebih besar digunakan untuk menyediakan akselerasi dari berhenti daripada yang diperlukan untuk pelayaran berkecepatan tetap. Ini karena torsi mesin pembakaran minimal pada RPM rendah, karena mesin adalah pompa udara sendiri. Di sisi lain, motor listrik menunjukkan torsi maksimum di kiosk dan sangat cocok untuk melengkapi kekurangan torsi mesin pada RPM rendah.

Dalam kombinasi hibrida pada kecepatan rendah, sistem ini beroperasi sebagai HEV seri, sementara pada kecepatan tinggi, di mana powertrain seri kurang efisien, mesin mengambil alih. Sistem ini lebih mahal daripada sistem paralel murni karena membutuhkan generator tambahan, sistem pembagian kekuatan mekanik dan lebih banyak daya komputasi untuk mengendalikan sistem ganda.

#### 2.4. Konsep Dasar Pengereman

Pada setiap kendaraan system pengereman menjadi sesuatu yang penting karena mempengaruhi keselamatan berkendara. Semakin tinggi kemampuan kendaraan tersebut melaju maka semakin tinggi pula tuntutan kemampuan sistem rem yang lebih handal dan optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan. Suatu sistem rem dirancang untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan atau memungkinkan parkir pada tempat dengan kemiringan tertentu [11]. Untuk mencapai pengereman yang sempurna dibutuhkan komponen-komponen yang bekerja dengan baik dan memiliki fungsi masing-masing, baik itu pada rem tromol (*drum brake*) dan pada rem cakram (*disc brake*). Sistem pengereman yang baik adalah sistem rem yang jika dilakukan pengereman baik dalam kondisi apapun pengemudi tetap dapat mengendalikan arah laju kendaraan [12].

Pada dasarnya prinsip rem hidrolik menggunakan prinsip Hukum Pascal yaitu: bila gaya yang bekerja pada suatu penampang dari fluida, gaya tersebut akan diteruskan ke segala arah dengan besar gaya yang sama. Gaya penekanan pedal rem akan diubah menjadi tekanan fluida oleh piton dari master silinder. Tekanan ini dipindahkan ke kaliper melalui selang rem dan menekan pada pad rem (kanvas rem) untuk menghasilkan gaya pengereman [8].

#### A. Tujuan Pengereman

Sekali kendaraan mulai berjalan, maka kelajuan kendaraan akan tetap ada sekalipun mesin telah dimatikan atau pemindah daya yang menggerakkan roda dibebaskan oleh kopling, tetapi dengan cara ini pengereman kendaraan belum terpenuhi. Untuk itu maka kendaraan harus

dilengkapi sistem rem sebagai mengurangi laju kecepatan kendaraan saat berjalan [12].

Sistem rem yang diperlukan pada kendaraan baik sepeda motor maupun mobil adalah sistem rem yang memiliki kriteria sebagai berikut [13]:

- a. Dapat bekerja dengan baik.
- b. Dapat dipercaya.
- c. Mempunyai daya tekan yang cukup.
- d. Mudah diperiksa dan mudah disetel/diperbaiki.

#### B. Prinsip Kerja Rem

Prinsip kerja rem adalah berlawanan dengan prinsip kerja mesin “mengubah energi panas menjadi energi gerak (kinetik) untuk menggerakkan kendaraan” sedangkan pada prinsip kerja rem berlaku sebaliknya yaitu, “mengubah energi gerak (kinetik) menjadi energi panas untuk menghentikan laju kendaraan”. Rem bekerja disebabkan adanya sistem gabungan penekan melawan sistem gerak tukar [7]. Efek pengereman diperoleh dari adanya gesek yang ditimbulkan antara dua objek yaitu :

1. Kanvas rem dengan tromol pada sistem rem tromol (*drum brake*), gesekan antara tromol dan kanvas rem akan dipengaruhi oleh temperatur kanvas itu sendiri, biasanya gesekan akan berkurang dan gaya pengereman menjadi menurun ketika tromol dan kanvas menjadi panas.
2. Pad dengan cakram pada sistem rem cakram (*disc brake*), karena bidang gesek selalu terkena udara, radiasi panasnya dapat disalurkan secepatnya sehingga fungsi rem tetap stabil dalam berbagai kondisi.

#### C. Fungsi Rem

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa rem merupakan bagian penting dari sebuah kendaraan baik sepeda, sepeda motor, maupun mobil sehingga setiap kendaraan selalu dilengkapi dengan sistem rem. Rem dalam kendaraan memiliki fungsi [12]:

1. Untuk mengurangi atau memperlambat laju kendaraan.
2. Menghentikan kendaraan.
3. Sebagai alat keselamatan dan menjamin keamanan bagi pengendaranya.

#### D. Jenis-Jenis Rem

Dengan banyaknya variasi kendaraan yang digunakan pada saat ini maka sistem rem juga harus disesuaikan dengan kondisi dari kendaraan yang ada, misalnya saja sistem rem yang ada pada kendaraan minibus tidaklah sama dengan sistem rem yang ada pada kendaraan seperti bus, hal ini disebabkan karena torsi yang dihasilkan oleh bus jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan minibus sehingga digunakan sistem rem yang berbeda pada kedua kendaraan tersebut.

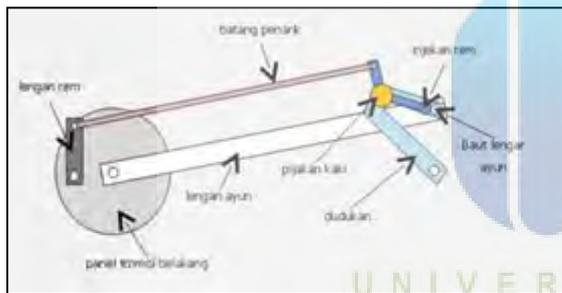
Begitu juga kendaraan lainnya sistem rem yang digunakan haruslah sesuai dengan karakteristik dari setiap kendaraan [14].

Berdasarkan sistem prinsip kerjanya maka sistem rem dibagi menjadi 3 yaitu : sistem rem mekanik, sistem rem hidrolis, dan sistem rem pneumatik [15]. Berdasarkan sistem kontrolnya maka sistem rem dibagi menjadi 3 yaitu : ABS (*Antilock Brake System*), EBD (*Electronic Brake Distribution*), BA/EBA (*Brake Asistant/Emergency Brake Asistant*). Berdasarkan tipe-tipenya maka rem dibagi menjadi 2 yaitu : rem cakram dan rem tromol [15].

Berikut adalah jenis-jenis sistem rem dibedakan menurut prinsip kerjanya, yaitu [14] :

### 1. Sistem Rem Mekanik

Sistem rem mekanik ini merupakan sistem rem yang paling sederhana dan tidak terlalu banyak memakai komponen. Sistem rem ini umumnya digunakan untuk kendaraan kecil dan kendaraan lama, juga digunakan pada rem tangan (*hand brake*). Komponen terpenting dalam sistem rem jenis mekanik ini yaitu sepatu rem, tuas dan kawat/seling. Sistem rem mekanik lebih mudah dalam perawatan dan perbaikan karena konstruksi yang sederhana. Berikut adalah gambar sistem rem mekanik [14].



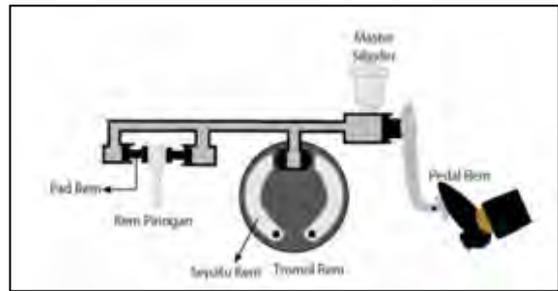
Gambar 4. Sistem Rem Mekanik

### 2. Sistem Rem Hidrolis

Sistem rem hidrolis merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida cair sebagai media penghantar/ penyalur gerakan. Sistem rem hidrolis ini perlu perawatan yang berkala karena komponen-komponen rawan terhadap kerusakan, apabila terjadi kerusakan/ kebocoran pada selang atau sambungan- sambungan penyalur fluida maka akan mengganggu siklus aliran atau kerja dari sistem rem hidrolis. Komponen terpenting dalam sistem rem hidrolis yaitu sepatu rem, master silinder, *actuator cylinder*, dan tuas [14].

Sistem rem hidrolis ini bekerja yaitu apabila tuas pedal rem diinjak maka tuas akan meneruskan gerakan ke master silinder, didalam master silinder terjadi perubahan dari energi kinetik menjadi tekanan pada minyak rem yang kemudian diteruskan menuju *actuator cylinder* melewati selang/pipa-pipa tekanan tinggi, setelah tekanan sampai di *actuator cylinder* kemudian gaya tekan berubah kembali menjadi gerakan/ kinetik oleh *actuator cylinder* untuk menggerakkan sepatu rem yang kemudian menekan tromol/ *disk* agar

terjadi proses pengereman. Berikut adalah gambar sistem rem hidrolis.

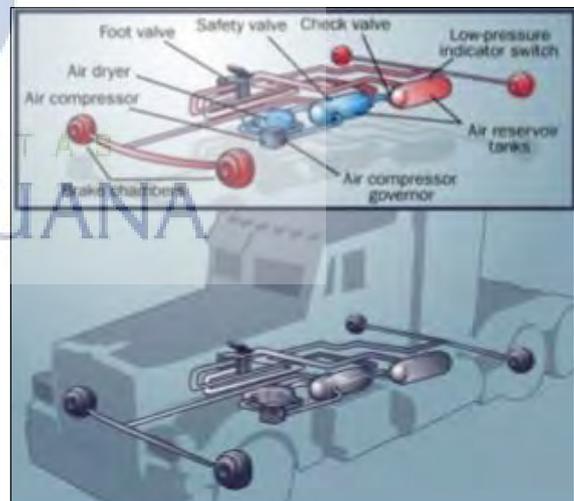


Gambar 5. Sistem Rem Hidrolis [16]

### 3. Sistem Rem Pneumatik

Sistem rem pneumatik merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida gas sebagai penghantar/ penyalur gerakan. Dalam Sistem ini konstruksi tidak terlalu rumit karena sistem rem pneumatik ini merupakan sistem rem tambahan untuk membantu sistem rem kendaraan. Sistem rem pneumatik ini umumnya dipasang pada kendaraan berat dan besar karena membutuhkan daya pengereman yang besar juga.

Komponen terpenting dalam sistem rem ini adalah kompresor, selang tekanan tinggi, dan katup pengatur [14]. Berikut adalah gambar sistem rem pneumatik [14] :



Gambar 6. Sistem Rem Pneumatik

### E. Tipe-tipe Rem

#### 1. Rem Cakram (*Disk Brake*)

Rem cakram adalah perangkat pengereman yang digunakan pada kendaraan modern [17]. Rem ini bekerja dengan menjepit cakram yang dipasang pada roda kendaraan, untuk menjepit cakram digunakan *caliper* yang digerakkan oleh piston untuk mendorong sepatu rem (*brake pad*) ke cakram [18]. Rem jenis ini juga digunakan pada kereta api, sepeda motor, sepeda. Pada mobil balap bahan yang digunakan biasanya dari keramik agar lebih tahan terhadap panas yang ditimbulkan selama proses pengereman [14].

Prinsip kerja sistem rem cakram (*disc brake*) adalah mengubah tenaga kinetik menjadi panas dengan cara menggesekan dua buah logam pada benda yang berputar sehingga putarannya akan melambat [19]. Oleh sebab itu komponen rem yang bergesekan ini harus tahan terhadap gesekan (tidak mudah aus), tahan panas dan tidak mudah berubah bentuk pada saat bekerja dalam suhu tinggi [14].

Berikut adalah komponen– komponen pada tipe rem cakram, yaitu [13] :

#### 1. Cakram

Pada rem cakram komponen cakram atau piringan merupakan bagian yang secara langsung menghasilkan pengereman dengan adanya gesekan dengan pad. Cakram atau piringan terbesar dari besi tuang yang mampu menahan panas akibat gesekan dan tahan korosi [13].

#### 2. Caliper

Bagian yang tidak bergerak dari rem pad cakram adalah caliper, dimana terdapat silinder-silinder rem berikut sepatu rem dan pirodonya. Apabila pedal rem diinjak maka silinder-silinder rem akan bekerja secara hidraulik sehingga sepatu-sepatu rem atau pad akan menjepit, menahan dan menghentikan cakram rem yang sedang berputar [13].



**Gambar 7. Caliper**

#### 3. Sepatu Rem (*Pad Brake*)

Pad rem dalam sistem rem cakram merupakan bagian yang secara langsung berhubungan atau bergesekan dengan cakram yang akhirnya menghasilkan pengereman [13]. Pad terbuat dari *metallic fiber* dicampur serbuk tembaga yang mampu menahan panas akibat gesekan serta memiliki kekerasan yang cukup tinggi. Untuk mengetahui keausan maksimum suatu pad akibat gesekan maka pada pad diberi celah pembatas agar diketahui keausan pad. Bila pedal sudah aus maka perlu diganti, hal ini untuk mengetahui pengereman kendaraan yang baik. Keausan pad menyebabkan *clearance* antara pad dan rotor terlalu renggang sehingga saat rem bekerja melalui penekanan piston maka gesekan akan berkurang dan cakram akan kurang terjepit pad. Hal ini menyebabkan pengereman tidak berlangsung baik [13].



**Gambar 8. Sepatu Rem**

#### 4. Piston Rem (*Piston Brake*)

Piston rem adalah komponen dalam caliper yang menerima tekanan dari minyak rem untuk diteruskan ke pad rem lalu menekan *disc* rotor guna melakukan pengereman [13].



**Gambar 9. Piston Rem**

#### 5. Anti Squeal Shim

Pada beberapa pad terdapat *anti squeal shim* yang berfungsi untuk mencegah bunyi saat pengereman [13].



**Gambar 10. Anti Squeal Shim**

#### 6. Torque Plate

*Torque plate* fungsinya adalah untuk tempat kedudukan caliper [13].



**Gambar 11. Torque Plate**

### 7. Slide Pin (Main Pin)

*Slide pin* (main pin) fungsinya adalah untuk dudukkan caliper dan torque plate. Pada umumnya caliper tipe floating menggunakan slide pin (main pin) karena pada saat pengereman caliper juga terjadi pergerakan sehingga slide pin akan bekerja pada saat pengereman [13].



**Gambar 12.** Slide Pin

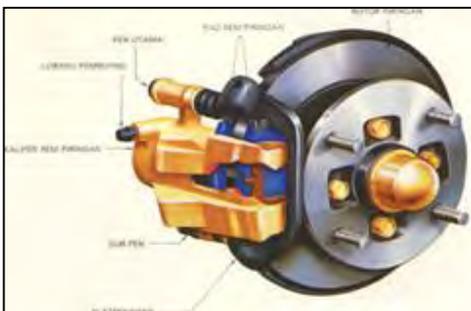
### 8. Piston Seal

*Piston seal* adalah suatu komponen alat yang digunakan untuk mencegah cairan oli di dalam caliper agar tidak terjadi kebocoran pada dinding piston saat piston diberi tekanan oleh cairan oli pada saat pengereman. Piston seal terbuat dari bahan karet elastis tidak mudah rusak jika terkena oli [13].



**Gambar 13.** Piston Seal

Untuk lebih jelasnya berikut adalah gambar rem cakram [20], yaitu :



**Gambar 14.** Rem Cakram

Semua rem memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan rem cakram sebagai berikut [13]:

### 1. Kelebihan Rem Cakram

Rem cakram dapat digunakan dari berbagai suhu, sehingga hampir semua kendaraan menerapkan sistem rem cakram sebagai andalannya. Selain itu rem cakram tahan terhadap genangan air sehingga pada kendaraan yang telah menggunakan rem cakram dapat menerjang banjir. Kemudian rem cakram memiliki sistem rem yang berpendingin di luar (terbuka) sehingga pendinginan dapat dilakukan pada saat mobil melaju, ada beberapa cakram yang juga dilengkapi oleh ventilasi (ventilatin disk) atau cakram yang memiliki lubang sehingga pendinginan rem lebih maksimal digunakan. Kegunaan rem cakram banyak dipergunakan pada roda depan kendaraan karena gaya dorong untuk berhenti pada bagian depan kendaraan lebih besar dibandingkan di belakang sehingga membutuhkan pengereman yang lebih pada bagian depan. Namun saat ini telah banyak mobil yang menggunakan rem cakram pada keempat rodanya.

### 2. Kekurangan Rem Cakram

Rem cakram yang sifatnya terbuka memudahkan debu dan lumpur menempel, lama kelamaan lumpur (kotoran) tersebut dapat menghambat kinerja pengereman sampai merusak komponen pada bagian caliper, seperti piston bila dibiarkan lama. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pembersihan sesering mungkin.

### 2. Rem Tromol (Drum Brake)

Rem tromol pada umumnya dibuat dari besi tuang. Drum rem ini dipasangkan hanya diberi sedikit renggang dengan sepatu rem dan drum yang berputar bersama roda. Bila rem ditekan maka kanvas rem akan menekan terhadap permukaan dalam *drum* [14].

Karena itu, untuk mencegah *drum* ini menjadi terlalu panas ada semacam *drum* yang di sekeliling bagian luarnya diberi sirip yang terbuat dari paduan aluminium yang mempunyai daya hantar panas yang tinggi. Permukaan *drum* rem dapat menjadi tergores ataupun cacat, tetapi hal ini dapat diperbaiki dengan jalan dibubut bila goresan itu tidak terlalu dalam. Berikut adalah gambar rem tromol [14] :



**Gambar 15.** Rem Tromol

Berikut ini adalah nama dari komponen rem tromol yaitu [13]:

### 1. Silinder Roda (*Wheel Cylinder*)

Fungsi dari silinder roda adalah untuk menekan sepatu rem (*brake shoe*) ke rem tromol (*brake drum*). Di dalam silinder roda terpasang satu atau dua buah piston beserta seal tergantung dari konstruksi rem tromolnya. Bila brake pedal diinjak, tekanan minyak rem dari master silinder disalurkan ke semua wheel silinder, tekanan didalam wheel silinder menekan piston kearah luar dan selanjutnya piston menekan brake shoe menggesek tromol sehingga roda berhenti. Bila brake pedal dilepas maka, brake shoe kembali ke posisi semula oleh tarikan pegas, roda bebas [13].

### 2. Sepatu Rem (*Brake Shoe*)

Sepatu rem (*brake shoe*) berfungsi untuk menahan putaran brake drum melalui gesekan. Pada bagian luar *brake shoe* terbuat dari asbes dengan tembaga atau campuran plastik yang tahan panas [13].



Gambar 16. Sepatu Rem

### 3. Pegas Pengembali (*Return Spring*)

Pegas pengembali berfungsi untuk mengembalikan sepatu rem (*brake shoe*) ke posisi semula pada saat tekanan silinder roda turun [13].

### 4. Backing Plate

*Backing plate* berfungsi sebagai tumpuan untuk menahan putaran drum sekaligus sebagaiudukan silinder roda [13].



Gambar 17. Backing Plate

### 5. Piston Rem (*Piston Brake*)

Piston rem adalah komponen dalam *wheel cylinder* yang menerima tekanan dari minyak rem untuk diteruskan menekan kampas rem guna melakukan pengereman. Seperti telah dijelaskan di atas bahwa jumlah piston rem dalam satu *wheel cylinder* hanya ada satu, yaitu ke arah penekanan kampas rem bagian depan [13].

### 6. Penyetel Rem

Penyetel rem adalah komponen rem yang berguna mengatur jarak antara tromol dengan kampas rem. Pada tipe ini penyetel rem dipasangkan pada bagian bawah pada ujung kampas rem depan dan kampas rem belakang. Sementara bagian atas dari kampas rem depan dan belakang dipasangkan pada piston rem. Penyetel rem pada tipe rem tromol ini dibuat mengambang terhadap backing plate [13].

### 7. Spring Retainer

Spring retainer adalah komponen rem yang berguna mengkaitkan kampas rem ke backing plate [13].

Semua rem memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan rem tromol [13]:

#### 1. Kelebihan Rem Tromol

Kelebihan rem tromol, adalah tidak gampang dimasuki kotoran karena posisinya tertutup, sehingga meringankan dalam perawatan terutama pembersihannya. Disamping itu, kinerja rem juga lebih lembut dan permukaan kampas rem lebih lebar.

#### 2. Kekurangan Rem Tromol

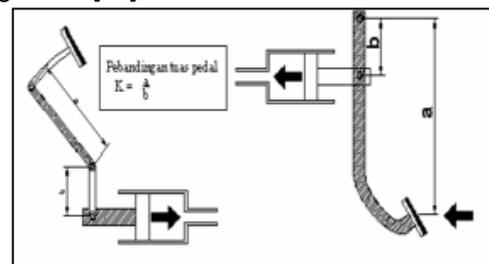
Kekurangan rem tromol adalah pada daya pengereman tidak sekuat rem cakram, karena tidak seluruh permukaan kampas rem menempel pada tromol roda, sehingga daya pengereman hanya mencapai lebih kurang 70%. Rem tromol juga gampang panas karena menggunakan sistem tertutup. Kelemahan lainnya, tidak segera kering apabila terkena air sehingga sistem pengereman terganggu.

### F. Komponen-Komponen Sistem Rem

Untuk lebih memahami sistem brake/rem yang terdapat pada kendaraan, berikut adalah komponen-komponen yang digunakan pada sistem *brake*/ rem, beserta fungsinya [21], yaitu :

#### 1. Pedal Rem

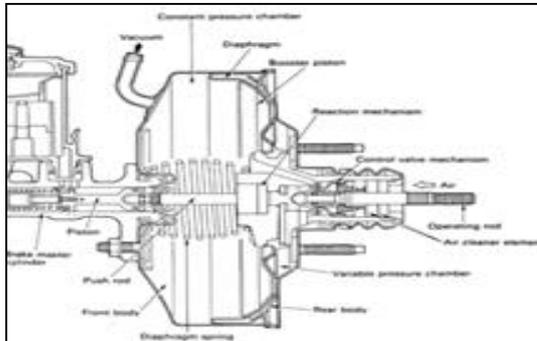
Fungsi dari pedal rem adalah sebagai titik kontrol pengemudi dalam melakukan proses pengereman, disebut titik kontrol karena saat melakukan pengereman maka pedal rem haruslah diinjak oleh pengemudi [21].



Gambar 18. Pedal Rem [7]

## 2. Booster Rem

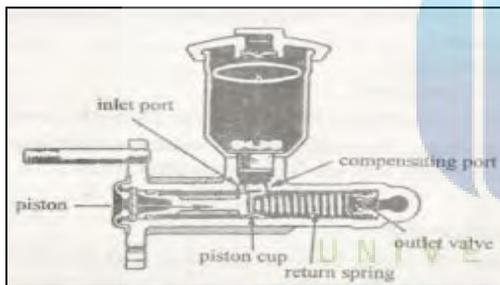
Fungsi dari booster rem adalah meneruskan tekanan yang diterima oleh pedal rem ke master silinder yang kemudian menekan fluida yang terdapat pada master silinder [21].



Gambar 19. Booster Rem

## 3. Master Silinder

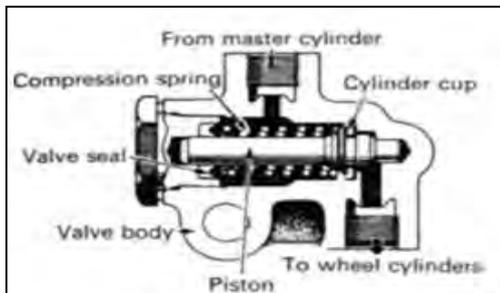
Master silinder berfungsi untuk mengubah gerak pedal rem ke dalam tekanan hidolis [7]. Master Silinder berguna untuk meneruskan tekanan pengereman dari pedal ke silinder roda melalui pipa-pipa rem sesuai dengan tekanan pengereman [22].



Gambar 20. Master Silinder [7]

## 4. Katup Propotioning (Katup Penyeimbang)

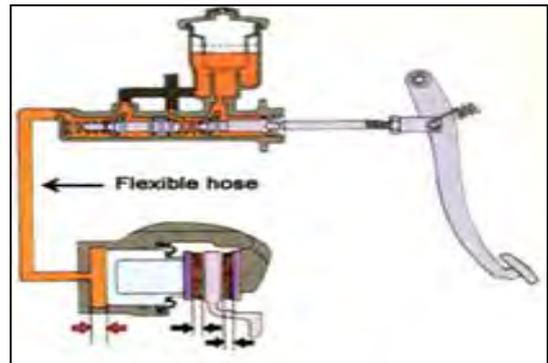
Fungsi dari katup Propotioning atau katup penyeimbang adalah untuk menambah gaya pengereman yang ada pada roda depan kendaraan [21].



Gambar 21. Katup Penyeimbang [7]

## 5. Flexible Hose/ Selang Fleksibel

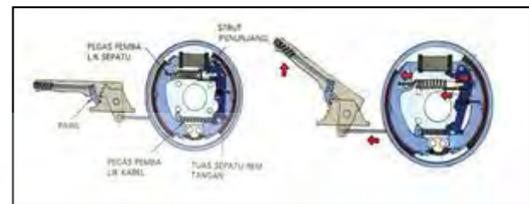
Adalah komponen yang berfungsi untuk menghubungkan pipa rem dan rem roda untuk mengimbangi gerakan suspensi [7].



Gambar 22. Selang Fleksibel [7]

## 6. Tuas Rem Parkir/ Rem Tangan

Tuas rem parkir adalah komponen yang berfungsi untuk mengerem roda kendaraan belakang secara mekanis melalui batang penghubung dan kabel.



Gambar 23. Tuas Rem Tangan

## 7. Kaliper

Kaliper berfungsi untuk meneruskan tekanan yang di tranfer melalui selang fleksibel dan kemudian menggerakkan piston pada kaliper mendorong pad rem untuk menjepit / menggesek piringan dan drum pada rem [21].



Gambar 24. Kaliper Rem

## 8. Pad Rem/ Kanvas Rem

Fungsi dari Pad rem / kanvas rem adalah sebagai media yang akan bergesekan dengan piringan cakram ataupun drum rem untuk menghentikan laju putaran pada roda [21].



Gambar 25. Kanvas Rem

### 9. Piringan Cakram

Fungsi dari piringan cakram adalah sebagai media yang terdapat pada rotor/ roda untuk menciptakan gesekan yang akan menghentikan laju putaran dari rem [21].



Gambar 26. Piringan Rem

tertentu sampai kendaraan tersebut berhenti maka semakin baik pula kinerja sistem pengereman dari kendaraan tersebut [23].

Nilai dari jarak pengereman didapatkan dengan rumus di bawah [24] :

$$V_t = V_0 - a \cdot t$$

$$S = V_0 \cdot t - \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2\right) \quad (2)$$

Dimana :

SJarak Pengereman (m)

t = Waktu (s)

V<sub>0</sub> = Kecepatan Awal (m/s)

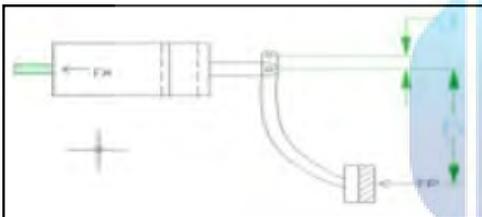
V<sub>t</sub> = Kecepatan Akhir (m/s)

a = Perlambatan (m/s<sup>2</sup>)

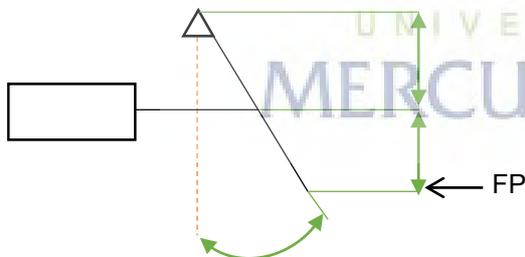
### 2.5. Perhitungan Pengereman

#### A. Gaya Pengereman

Menghitung gaya pengereman dilakukan guna mengetahui jarak dan waktu pada saat pengambilan data. Maka digunakan formula sebagai berikut :



Gambar 27. Sketch Pedal Rem



Gambar 28. DBB Pedal Rem

$$F = m \cdot g \quad (1)$$

Dimana :

F = Gaya (N)

m = Massa (Kg)

g = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

#### B. Jarak Pengereman

Jarak pengereman merupakan suatu keadaan suatu kendaraan melakukan pengereman guna memperlambat ataupun menghentikan kendaraan pada suatu jarak.

Kinerja dari sistem pengereman kendaraan dapat dinilai melalui sebuah parameter yaitu jarak pengereman. Semakin kecil jarak pengereman suatu kendaraan yang berjalan pada kecepatan

Tabel 1. Koefisien Adhesi [9]

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

Catatan: Koefisien gesek adhesi aspal yang digunakan yaitu konstant pada permukaan jalan aspal (kering) dengan nilai 0,7.

#### C. Waktu Pengereman

Untuk menghitung standar waktu pengereman maka digunakan formula [24], yaitu adalah:

$$t = \frac{V_t - V_0}{-a} \quad (3)$$

Dimana :

t<sub>e</sub> = Waktu pengereman (s)

V<sub>t</sub> = Kecepatan Akhir (m/s)

V<sub>0</sub> = Kecepatan Awal (m/s)

a = Perlambatan (m/s<sup>2</sup>)

**Tabel 2.** Standart Perhitungan Jarak dan Waktu Pengereman menurut Solarso dan Kiyokatsu Suga 1997:91.

Standart Perhitungan Jarak dan Waktu Menurut Solarso dan Kiyokatsu Suga 1997:91				
No	Kecepatan (Km/Jam)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Jarak (m)
1	10	2,78	0,40	0,56
2	20	5,56	0,81	2,25
3	30	8,33	1,21	5,06
4	40	11,11	1,62	8,99
5	50	13,89	2,02	14,05

**Tabel 3.** Koefisien Gesek Bahan Rem [9]

No	Bahan Gesek	Koefisien Gesek ( $\mu$ )
1.	Besi Cor	0.10 - 0.20
2.	Perunggu	0.08 - 0.12
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

Catatan: Koefisien gesek bahan rem yang digunakan diasumsikan nilainya konstant dengan nilai 0,3. Dimana bahan gesek rem yang digunakan yaitu cetakan (pasta) dapat dilihat pada tabel di atas.

#### D. Kategori Keamanan Jarak Pengereman

Selain menentukan jarak pengereman standart kategori keamanan jarak pengereman juga harus ditentukan untuk menilai apakah jarak pengereman yang ada pada mobil hybrid urban KMHE 2018 tersebut harus dilakukan perbaikan atau tidak. Kategori keamanan jarak pengereman dibagi menjadi tiga yaitu [15] :

1. Sempurna (sistem rem bekerja dengan sangat baik sebagaimana fungsinya).
2. Baik (sistem rem masih bekerja dengan baik tetapi sistem rem mengalami penurunan performa dibandingkan dengan kondisi sempurna).
3. Buruk (sistem rem tidak bekerja dengan baik sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk mencegah hal yang tidak diinginkan).

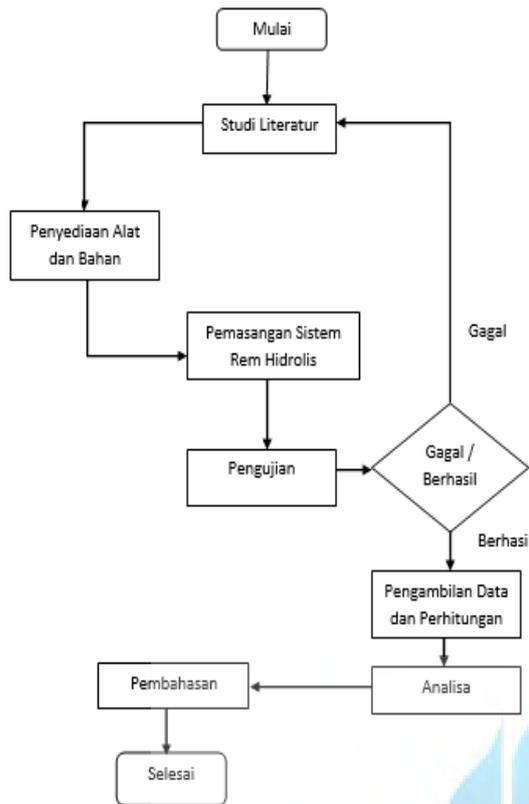
**Tabel 4.** Kategori Keamanan Jarak Pengereman [15].

N o	Kecepatan (Km/Jam)	Jarak Pengereman (m)	Kategori Keamanan Jarak Henti
1	10	$\leq 0,50$	Sempurna/sangat baik
		$> 0,50$ dan $< 1,50$	Baik
		$> 1,50$	Buruk/harus dilakukan perbaikan
2	20	$\leq 2,20$	Sempurna/sangat baik
		$> 2,20$ dan $< 3,70$	Baik
		$> 3,70$	Buruk/harus dilakukan perbaikan
3	30	$\leq 5$	Sempurna/sangat baik
		$> 5$ dan $< 7$	Baik
		$> 7$	Buruk/harus dilakukan perbaikan
4	40	$\leq 8$	Sempurna/sangat baik
		$> 8$ dan $< 10$	Baik
		$> 10$	Buruk/harus dilakukan perbaikan
5	50	$\leq 10$	Sempurna/sangat baik
		$> 10$ dan $< 16$	Baik
		$> 16$	Buruk/harus dilakukan perbaikan

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan suatu metode dan prosedur untuk menentukan langkah-langkah penelitian, sehingga dapat dicapai hasil-hasil penelitian yang optimal. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah dengan melakukan percobaan terhadap kelompok-kelompok eksperimen. Kepada tiap kelompok eksperimen dikenakan perlakuan-perlakuan dengan kondisi-kondisi yang dapat dikontrol. Setelah metode penelitian eksperimen dilakukan maka, bentuk penyajian data akan dilakukan dengan metode deskriptif.

Metode penelitian deskriptif adalah upaya memberikan dengan sistematis dan cermat fakta-fakta aktual dan sifat-sifat tertentu. Dan penelitian memiliki alur sebagai berikut :



Gambar 29. Diagram Alir Penelitian

### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

#### A. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Oktober 2018-Januari 2019.

#### B. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di sekitaran jalan Gedung Olahraga (GOR), Kota Tegal, Jawa Tengah.

### 3.2. Studi Literatur

Studi literatur adalah pengumpulan data yang menunjang baik melalui media cetak (*text book*, *hand book*), *softfile* berupa *e-book* atas karya ilmiah yang telah dilakukan sebelumnya, maupun media elektronik (internet). Adapun tema yang digali adalah seputar Analisis Pengaruh Kecepatan Terhadap Jarak Dan Waktu Pengereman.

### 3.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian : Jarak pengereman, kecepatan kendaraan, waktu pengereman, pembebanan pedal rem.

### 3.4. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian adalah seperti yang tercantum pada tabel berikut ini :

### 1. Alat

Alat	Fungsi
Mobil Hybrid	Objek Penelitian
Meteran	Mengukur jarak pengereman
Stopwach	Mengukur waktu
Timbangan	Mengukur berat mobil
Obeng (+-)	Memasang aki mobil
Speedometer	Mengukur kecepatan
Spring Scale	Alat pengukur massa benda berdasarkan gravitasi, alat ini digunakan untuk mengukur tekanan gaya yang diberikan pada pedal rem.

### 2. Bahan

Bahan	Fungsi
Bahan Bakar (Pertamax)	Mendukung unjuk kerja engine/ mesin
Minyak Rem	Meredam panas akibat gesekan antara <i>disc</i> dan pad rem.
Kampas Rem	Media yang bergesekan dengan <i>disc</i> untuk menghentikan laju kendaraan.

### 3.5. Tahap Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap pengujian mobil hybrid urban KMHE 2018 adalah :

1. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam uji eksperimental mobil hybrid urban KMHE 2018.
2. Mobil dinyalakan dan kemudian dikendarai dengan kecepatan yang telah ditentukan (20, 30, 40 Km/Jam), sampai kecepatan mobil stabil, maka pedal rem ditekan dengan gaya 80 N sampai mobil tersebut berhenti ( $V=0$ ).
3. Terukur jarak yang ditempuh kendaraan saat pengereman dilakukan hingga kendaraan berhenti ( $V=0$ ).
4. Terhitung waktu yang dibutuhkan kendaraan dari pengereman mulai dilakukan hingga kendaraan berhenti ( $V=0$ ).
5. Pengulangan proses pengujian dilakukan sebanyak 5 kali terhadap masing-masing variasi kecepatan kendaraan.

Parameter-parameter yang berpengaruh pada pengereman yaitu :

1. Berat mobil hybrid urban KMHE 2018 196 Kg.
2. Kondisi jalan yang tidak selalu rata atau berpasir.
3. Kondisi angin yang kadang berubah-ubah/ berbeda, meskipun waktu penelitian yang sama.
4. Kecepatan kendaraan.
5. Gaya pengereman.
6. Gravitasi.



**Gambar 30.** Menguji Rem Mobil Hybrid



**Gambar 31.** Menguji Gaya Pengereman



**Gambar 32.** Kondisi Jalan



**Gambar 33.** Kondisi Jalan (Aspal Kering)



**Gambar 34.** Mobil Hybrid

### 3.6. Pengambilan Data dan Perhitungan

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data serta analisa secara teoritis dari mekanisme sistem rem, terutama perhitungan waktu pengereman, dan jarak pengereman pada mobil hibrida KMHE 2018. Sumber penelitian pada sistem rem mobil hybrid urban KMHE 2018 dapat diketahui melalui penentuan sumber data, yaitu :

- a. Sumber data primer yang penulis gunakan untuk mendapatkan hasil data yang valid di lapangan.
- b. Sumber data sekunder digunakan untuk membandingkan hasil penelitian yang telah diperoleh di lapangan dengan sumber dan teori yang ada.

Adapun langkah-langkah pengambilan data sbb :

1. Mempersiapkan Mobil Hybrid KMHE 2018 dan tempat untuk melakukan pengujian.
2. Mempersiapkan alat dan bahan.
3. Mempersiapkan alat tulis dan buku catatan.
4. Menyalakan mesin mobil.
5. Mengemudikan mobil sesuai dengan kecepatan yang diinginkan (20,30,40 Km/ Jam).

6. Kemudian sampai kecepatan mobil konstant, pedal rem diinjak dengan gaya yang sudah ditentukan sebesar 80 N.
7. Dari awal menginjak pedal rem sampai mobil berhenti dilakukan pengujian terhadap jarak dan waktu pengereman.
8. Kemudian, kembali melakukan pengujian dari awal untuk masing-masing variasi kecepatan.
9. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan untuk setiap variasi kecepatan (20, 30, 40 Km/ Jam), untuk mendapatkan data yang detail.
10. Kemudian dari data yang sudah didapatkan setelah pengujian di lapangan, dilakukan juga perhitungan menggunakan rumus secara teoritis.

### 3.7. Tahap Analisa

Setelah dilakukannya proses pengambilan data, dilanjutkan dengan tahap analisa. Tahap ini dilakukan untuk menganalisa apakah data empirik/ data di lapangan sesuai dengan teori yang ada, atau mungkin sebaliknya. Kemudian sehingga dapat diketahui hal-hal yang mempengaruhi jarak dan waktu pengereman pada mobil hybrid urban KMHE 2018.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil data pengaruh kecepatan terhadap jarak dan waktu pengereman pada mobil hybrid urban KMHE 2018 yang terdapat di bawah ini.

### A. Perhitungan Menggunakan Rumus

1. Gaya Pengereman  
Perhitungan ini dilakukan, untuk mengetahui gaya pengereman yang terjadi.

$$F = m \cdot g$$

Dimana :

F = Gaya (N)

m = Massa (Kg)

g = Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Dik :

m = 8 Kg

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Dit = F = ?

Penyelesaian :

$$F = m \cdot g$$

$$F = 8 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 78,48 \text{ N} = 80 \text{ N}$$

2. Jarak Pengereman

Untuk beban (kendaraan + 2 penumpang) sebesar 336 Kg, Gaya Pengereman 80 N.

$$V_t = V_0 - a \cdot t$$

$$S = V_0 \cdot t - \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2\right)$$

Dimana :

S = Jarak Pengereman (m)

t = Waktu (s)

V<sub>0</sub> = Kecepatan Awal (m/s)

V<sub>t</sub> = Kecepatan Akhir (m/s)

a = Perlambatan (m/s<sup>2</sup>)

- a. Dik :

$$V_0 = 20 \text{ Km/Jam} = 5,56 \text{ m/s}$$

$$V_t = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 0,8 \text{ detik}$$

$$\text{Dit : } S = ?$$

Penyelesaian :

$$V_t = V_0 - a \cdot t$$

$$0 = 5,56 - a \cdot 0,8$$

$$a = 6,95 \text{ m/s}^2$$

$$S = V_0 \cdot t - \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2\right)$$

$$S = 5,56 \cdot 0,8 - \left(\frac{1}{2} \cdot 6,95 \cdot 0,8^2\right)$$

$$S = 2,22 \text{ m}$$

- b. Dik :

$$V_0 = 30 \text{ Km/ Jam} = 8,33 \text{ m/s}$$

$$V_t = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 1,20 \text{ detik}$$

$$\text{Dit : } S = ?$$

Penyelesaian :

$$V_t = V_0 - a \cdot t$$

$$0 = 8,33 - a \cdot 1,20$$

$$a = 6,94 \text{ m/s}^2$$

$$S = V_0 \cdot t - \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2\right)$$

$$S = 8,33 \cdot 1,20 - \left(\frac{1}{2} \cdot 6,94 \cdot 1,20^2\right)$$

$$S = 5 \text{ m}$$

- c. Dik :

$$V_0 = 40 \text{ Km/ Jam} = 11,11 \text{ m/s}$$

$$V_t = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 1,59 \text{ detik}$$

$$\text{Dit : } S = ?$$

Penyelesaian :

$$V_t = V_0 - a \cdot t$$

$$0 = 11,11 - a \cdot 1,59$$

$$a = 6,98 \text{ m/s}^2$$

$$S = V_0 \cdot t - \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2\right)$$

$$S = 11,11 \cdot 1,59 - \left(\frac{1}{2} \cdot 6,98 \cdot 1,59^2\right)$$

$$S = 8,83 \text{ m}$$

3. Waktu Pengereman

Untuk beban (kendaraan + 2 penumpang) sebesar 336 Kg, Gaya Pengereman 80 N.

$$t = \frac{V_t - V_0}{-a}$$

Dimana :

t<sub>e</sub> = Waktu pengereman (s)

V<sub>t</sub> = Kecepatan Akhir (m/s)

$V_0$  = Kecepatan Awal (m/s)  
 $a$  = Perlambatan (m/s<sup>2</sup>)

a. Dik :  
 $V_0 = 20 \text{ Km/ Jam} = 5,56 \text{ m/ s}$   
 $V_t = 0 \text{ m/s}$   
 $a = 6,95 \text{ m/s}^2$   
 Dit :  $t = ?$   
 Penyelesaian :

$$t = \frac{V_t - V_0}{-a}$$

$$t = \frac{0 - 5,56 \text{ m/s}}{-6,95 \text{ m/s}^2}$$

$$t = 0,5 \text{ detik}$$

b. Dik :  
 $V_0 = 30 \text{ Km/ Jam} = 8,33 \text{ m/ s}$   
 $V_t = 0 \text{ m/s}$   
 $a = 6,94 \text{ m/s}^2$   
 Dit :  $t = ?$   
 Penyelesaian :

$$t = \frac{V_t - V_0}{-a}$$

$$t = \frac{0 - 8,33 \text{ m/s}}{-6,94 \text{ m/s}^2}$$

$$t = 1,2 \text{ detik}$$

c. Dik :  
 $V_0 = 40 \text{ Km/ Jam} = 11,11 \text{ m/ s}$   
 $V_t = 0 \text{ m/s}$   
 $a = 6,98 \text{ m/s}^2$   
 Dit :  $t = ?$   
 Penyelesaian :

$$t = \frac{V_t - V_0}{-a}$$

$$t = \frac{0 - 11,11 \text{ m/s}}{-6,98 \text{ m/s}^2}$$

$$te = 1,59 \text{ detik}$$

### B. Pengambilang Data di Lapangan (Data Empirik)

**Tabel 5.** Data Hasil Uji Kecepatan Kendaraan 20Km/ Jam

No	Percobaan	Jarak (m)	Waktu (s)
1	I	2,10	0,79
2	II	1,80	0,75
3	III	2,30	0,82
4	IV	1,70	0,73
5	V	2,50	0,92
<b>RATA-RATA</b>		2,08	0,80

Sumber : Penelitian di lapangan

**Tabel 6.** Data Hasil Uji Kecepatan Kendaraan 30Km/ Jam

No	Percobaan	Jarak (m)	Waktu (s)
1	I	5	1,20
2	II	4,90	1,17
3	III	5,30	1,24
4	IV	4,97	1,19
5	V	5,10	1,21
<b>RATA-RATA</b>		5,05	1,20

Sumber : Penelitian di lapangan

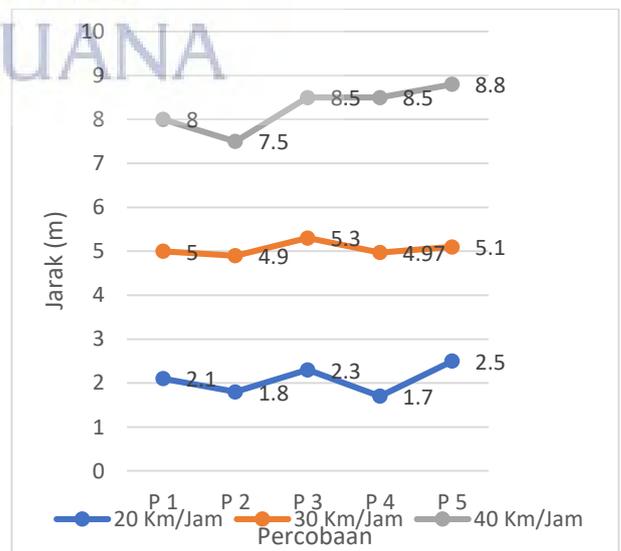
**Tabel 7.** Data Hasil Uji Kecepatan Kendaraan 40Km/ Jam

No	Percobaan	Jarak (m)	Waktu (s)
1	I	8	1,57
2	II	7,50	1,54
3	III	8,50	1,60
4	IV	8,50	1,61
5	V	8,80	1,63
<b>RATA-RATA</b>		8,26	1,59

Sumber : Penelitian di lapangan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, perhitungan menggunakan teori berbanding lurus dengan hasil pengambilan data di lapangan. Walaupun ada sedikit selisih angka namun masih dalam batas toleransi.

Pengaruh beban terhadap jarak dan waktu pengereman yaitu, semakin berat beban kendaraan maka, akan membutuhkan jarak dan waktu pengereman yang lebih besar. Namun, tetap saja dipengaruhi oleh kecepatan dan gaya pengereman.



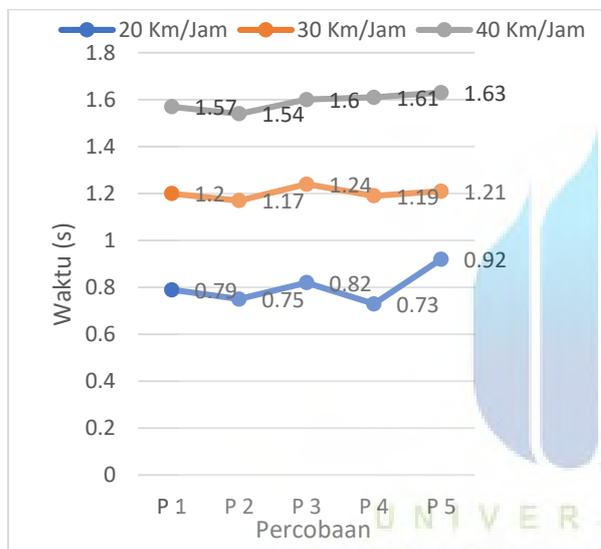
**Gambar 35.** Grafik Hubungan Antara Kecepatan dengan Jarak Pengereman

Berdasarkan grafik di atas, dijelaskan bahwa hasil pengereman dengan kecepatan 20 Km/Jam, pada P1 mencapai jarak 2,1 m, P2 mencapai jarak 1,8 m, P3 mencapai jarak 2,3 m, P4 mencapai jarak 1,7 m, dan pada P5 mencapai jarak 2,5 m.

Kemudian, untuk hasil pengereman dengan kecepatan 30 Km/Jam, pada P1 mencapai jarak 5 m, P2 mencapai jarak 4,9 m, P3 mencapai jarak 5,3 m, P4 mencapai jarak 4,97 m, dan pada P5 mencapai jarak 5,1 m.

Sedangkan untuk hasil pengereman pada kecepatan 40 Km/Jam, pada P1 mencapai jarak 8 m, P2 mencapai jarak 7,5 m, P3 mencapai jarak 8,5 m, P4 mencapai jarak 8,5 m, dan pada P5 mencapai jarak 8,8 m.

Dari hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada grafik di atas, bahwa terjadi penurunan jarak dan peningkatan jarak pengereman. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kondisi jalan yang tidak rata dan berpasir. Sehingga berpengaruh pada ban (karet) yang melekat pada jalan (aspal) sehingga terjadi slip.



**Gambar 36.** Grafik Hubungan Antara Kecepatan dengan Waktu pengereman

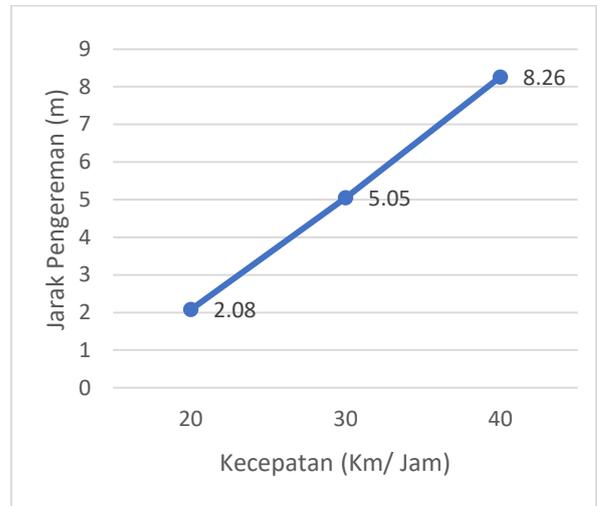
Berdasarkan grafik di atas, dijelaskan bahwa hasil pengereman dengan kecepatan 20 Km/Jam, pada P1 mencapai waktu 0,79 detik, P2 mencapai waktu 0,75 detik, P3 mencapai waktu 0,82 detik, P4 mencapai waktu 0,73 detik, dan pada P5 mencapai waktu 0,92 detik.

Kemudian untuk hasil pengereman dengan kecepatan 30 Km/Jam, pada P1 mencapai waktu pengereman 1,20 detik, P2 mencapai waktu 1,17 detik, P3 mencapai waktu 1,24 detik, P4 mencapai waktu 1,19 detik, dan pada P5 mencapai waktu 1,21 detik.

Sedangkan untuk hasil pengereman dengan kecepatan 40 Km/Jam, pada P1 mencapai waktu pengereman 1,57 detik, P2 mencapai waktu 1,54 detik, P3 mencapai waktu 1,6 detik, P4 mencapai waktu 1,61 detik, dan pada P5 mencapai waktu 1,63 detik.

Dari hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada grafik di atas, bahwa terjadi penurunan waktu dan peningkatan waktu pengereman. Hal tersebut bisa disebabkan oleh kondisi jalan yang tidak rata dan berpasir. Sehingga berpengaruh pada ban (karet)

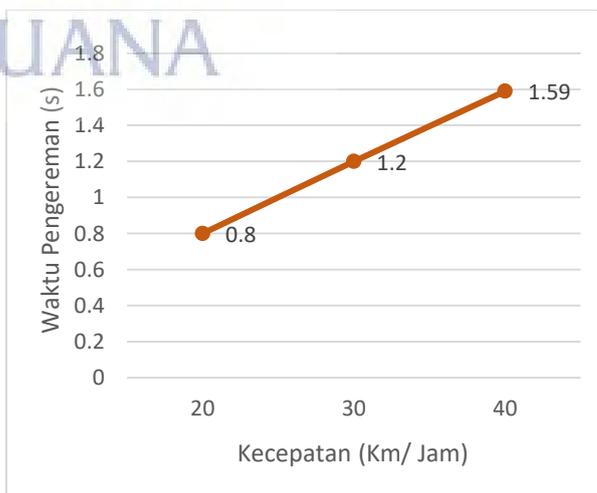
yang melekat pada jalan (aspal) sehingga terjadi slip. Dimana ketika ban terjadi slip pada aspal pada saat pengereman, akan berpengaruh pada waktu pengereman yang dibutuhkan.



**Gambar 37.** Grafik Rata-Rata Hubungan Antara Kecepatan Dan Jarak

Berdasarkan grafik di atas, dijelaskan bahwa hasil pengereman dengan kecepatan 20 Km/ Jam mencapai jarak rata-rata 2,08 m. Sedangkan pada kecepatan 30 Km/ Jam mencapai jarak rata-rata 5,05 m, dan pada kecepatan kendaraan 40 Km/Jam mencapai jarak rata-rata 8,26 m.

Dari hasil penelitian yang dilakukan sesuai grafik di atas maka, dapat disimpulkan jarak pengereman semakin meningkat apabila kecepatan kendaraan semakin tinggi.



**Gambar 38.** Grafik Rata-Rata Hubungan Antara Kecepatan Dan Waktu

Berdasarkan grafik di atas, dijelaskan bahwa hasil pengereman dengan kecepatan 20 Km/ Jam mencapai waktu rata-rata 0,8 detik. Sedangkan pada kecepatan 30 Km/ Jam mencapai waktu rata-rata 1,2 detik, dan pada kecepatan kendaraan 40 Km/Jam mencapai waktu rata-rata 1,59 detik.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu pengereman akan semakin meningkat apabila kecepatan kendaraan semakin tinggi.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi kecepatan kendaraan maka semakin besar jarak pengereman yang dibutuhkan sampai mobil berhenti ( $V=0$ ). Dimana dengan kecepatan 20 Km/ Jam jarak pengereman yang dibutuhkan sampai mobil berhenti ( $V=0$ ) yaitu 2,08 m, kecepatan 30 Km/ Jam jarak pengereman 5,05 m dan kecepatan 40 Km/ Jam jarak pengereman yaitu 8,26 cm.
2. Semakin tinggi kecepatan kendaraan maka waktu pengereman yang dibutuhkan sampai kendaraan berhenti ( $V=0$ ) semakin besar. Begitupun juga semakin rendah kecepatan kendaraan maka waktu pengereman yang dibutuhkan sampai kendaraan berhenti ( $V=0$ ) semakin cepat. Dimana dengan kecepatan 20 Km/ Jam waktu dibutuhkan sampai mobil berhenti ( $V=0$ ) yaitu 0,8 detik, kecepatan 30 Km/ Jam waktu dibutuhkan yaitu 1,2 detik, dan kecepatan 40 Km/ Jam waktu yang dibutuhkan mobil untuk berhenti yaitu 1,59 detik.
3. Jarak dan waktu pengereman juga dipengaruhi oleh koefisien gesek dan juga kondisi jalan (tidak rata, berpasir, berkerikil).
4. Semakin tinggi kecepatan mobil maka, jarak dan waktu pengereman semakin besar. Begitupun juga sebaliknya, semakin rendah kecepatan kendaraan, maka jarak dan waktu pengereman semakin kecil.
5. Perhitungan jarak dan waktu pengereman dengan menggunakan rumus (teori) berbanding lurus dengan data di lapangan (empirik).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. W. Septriana *et al.*, "Pembuatan dan Pengujian Alat Pengukur Temperatur pada Rem Tromol Kendaraan Roda Dua dengan Remote Measuring System," Vol. 5, No. 1, pp. 66–72, 2017.
- [2] A. S. Sirajuddin, "Analisis Sistem Pengereman Pada Mobil Mitsubitshi L300 Jenis Pick-Up," *Jurnal Teknik Mesin, Fak. Tek. Univ. Tadulako*, pp. 189–196, 2010.
- [3] M. Yusron, "Perancangan Sistem Pengereman Hidrolis Pada Mobil Urban Diesel," *Universitas Muhammadiyah Malang*, pp. 1–2, 2015.
- [4] R. Setiyono, "Analisis Gaya Pengereman Pada Mobil Nasional Mini Truck," *Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2015.
- [5] D. Kim, C. Kim, S. Hwang, and H. Kim, *Hardware in the Loop Simulation of Vehicle Stability Control using Regenerative Braking and Electro Hydraulic Brake for Hybrid Electric Vehicle*, Vol. 41, No. 2. IFAC, 2008.
- [6] C. Hohmann, K. Schiffner, K. Oerter, and H. Reese, "Contact Analysis For Drum Brakes And Disk Brakes Using ADINA," *Comput. Struct.*, Vol. 72, No. 1, pp. 185–198, 1999.
- [7] A. N. Akhmadi, "Pengaruh Pengereman Terhadap Kecepatan Mobil Listrik Tuxuci 2.0 Dengan Rem Cakram Double Piston," *Jurnal Nozzle Vol. 4 Nomor 2, Juni 2015 ISSN 2031-6957*, pp. 83–87, 2015.
- [8] A. Intang, "Studi Pengaruh Tekanan Pengereman Dan Kecepatan Putar Roda Terhadap Parameter Pengereman Pada Rem Cakram Dengan Berbasis Variasi Kanvas," *Teknik Mesin Untirta*, Vol. II, Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa. Palembang, pp. 9–19, 2016.
- [9] B. D. Prayoga, H. Poernomo, and F. Bisono, "Perancangan Dan Analisis Sistem Pengereman Hydraulic Pada Mobil Minimalis Roda Tiga," *Conf. Des. Manuf. Its Apl.*, Vol. 1, pp. 94–104, 2018.
- [10] V. k M and Isaac Raju, "Hybrid Electric Vehicles," *Int. J. Eng. Trends Technol. – Vol. 50 Number 2 August 2017 Hybrid*, Vol. 58, No. 9, pp. 4730–4740, 2009.
- [11] W. Subrantas and L. Guntur, "Pemodelan dan Simulasi Sistem Pengereman Hidrolik Jenis Lock Brake System (LBS) pada Kendaraan GEA Pick Up dengan Variasi Komponen Pengereman yang Ditentukan dari Kendaraan Niaga Jenis Lainnya," *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1, pp. 1–6, 2013.
- [12] K. Anam and J. Triswanto, "Modifikasi Rem Tromol Pada Yamaha Jupiter Z Menjadi Rem Cakram Dengan Aplikasi Teknologi CBS (Combi Brake System)," *Surya Tenik. No. 1 Oktober 2017*, Vol. 1, pp. 8–13, 2017.
- [13] A. Septiantoni, "Perencanaan Perawatan Dan Perbaikan Car Brake System Trainer," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 2, pp. 37–44, 2013.
- [14] Irma, "Universitas Sumatera Utara," pp. 5–39, 2012.
- [15] M. Sabri and A. Fauza, "Studi Eksperimental Pemantauan Kondisi Dan Penilaian Analisa Kinematik Pengereman Mobil," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia.*, Vol. 12, No. 1, pp. 37–43, 2017.
- [16] Mulyadi.S, I. Ismail, Suparjo, and M. Yunus, "Analisa Pengaruh Pegas Pada Master Silinder Bagian Atas Terhadap Fungsi Pengereman Sistem Rem Two-Leading," *Jurnal Austenit, April 2018*, Vol. 10, No.1, April, pp. 21–28, 2018.
- [17] I. N. L. Antara, "Analisis Gagguan Sistem

- Rem Pada Mobil Daihatsu Xenia Serta Penanganannya,” *Jurnal Logic. Maret 2018*, Vol. 18, No. 1, pp. 20–25, 2018.
- [18] L. B. Wijaya, D. Rahmalina, and E. A. Pane, “Analisis Gesekan Dengan Simulasi Statis Pada Disc Brake Material Komposit Hybrid,” pp. 146–152, 2018.
- [19] A. A. Dzikrullah, Qomaruddin, and M. Khabib, “Analisa Gesekan Pengereman Hidrolis (Rem Cakram) dan Tromol Pada Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga,” No.1, 2015, pp. 875–881, 2017.
- [20] Mustofa, Naharuddin, and Basri, “Studi Kaitan Parameter Pengereman Dengan Beban Dinamis Pada Kendaraan,” *Jurnal Mekanikal.*, Vol. 1, No. 1, pp. 7–13, 2010.
- [21] H. Suprpto, “Analisis Konstruksi Dan Sistem Kerja Master Silinder Serta Boster Rem Pada Toyota Kijang Tipe KF 50,” *Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*, 2006.
- [22] A. Arifin, “Analisis Gaya Pada Rem Tromol (*Drum Brake*) Untuk Kendaraan Roda Empat,” Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma, 2016.
- [23] R. A. H. Sihombing, “Pengaruh Beban Dan Kecepatan Terhadap Jarak Pengereman Sepeda Motor Tipe NF 11B1D M/T Pada Permukaan Aspal Dan Beton,” *Jurnal Ilm. Dunia Ilmu*, Vol. 4, No. 1, pp. 216–231, 2018.
- [24] H. H. Sasmita, A. Nugroho, and T. Sukmadi, “Optimasi Penggunaan Sistem Pengereman Regeneratif Dan Pneumatik Pada Kereta Rel Listrik Jabodetabek Menggunakan Metode *Particle Swarm Optimization* (PSO),” *ISSN 2302-9927*, 285, Vol. 7, No. 1, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2018.