

**IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN SISTEM REM
UTAMA DAN REM PARKIR PADA KENDARAAN BARANG
(Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)**

KERTAS KERJA WAJIB



DISUSUN OLEH:

NI WAYAN MELIA WATI
2201037

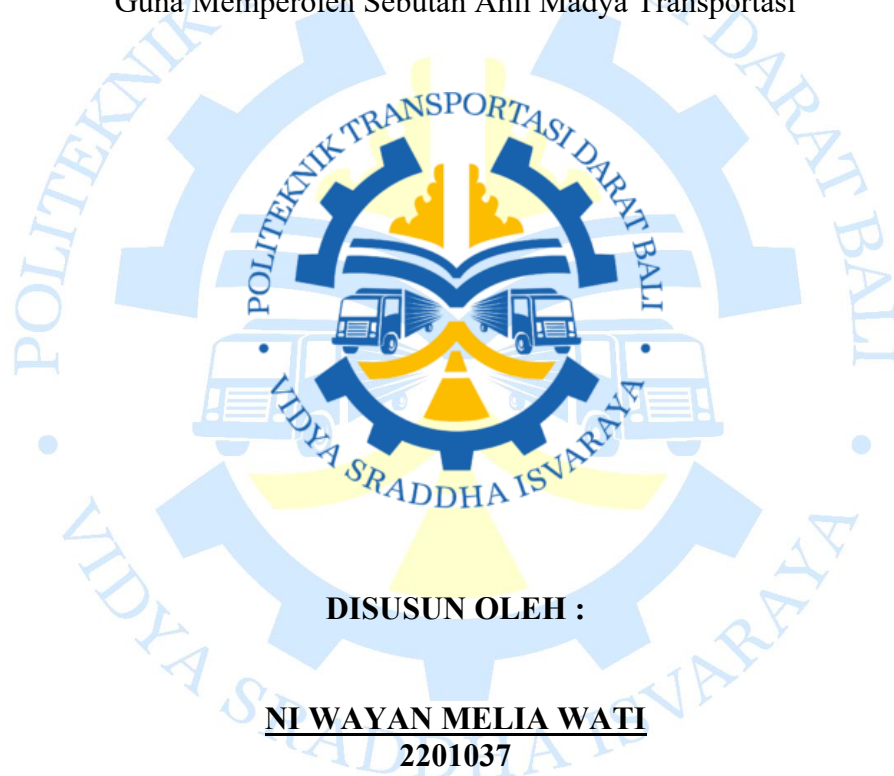
**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI OTOMOTIF**

2025

**IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN SISTEM REM
UTAMA DAN REM PARKIR PADA KENDARAAN BARANG
(Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)**

KERTAS KERJA WAJIB

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Transportasi



DISUSUN OLEH :

NI WAYAN MELIA WATI
2201037

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI OTOMOTIF**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN KERTAS KERJA WAJIB

IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN SISTEM REM UTAMA DAN REM PARKIR PADA KENDARAAN BARANG (Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)

Disusun Oleh:

NI WAYAN MELIA WATI
2201037

Disetujui untuk diajukan pada
Sidang Akhir Kertas Kerja Wajib
Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif

Menyetujui

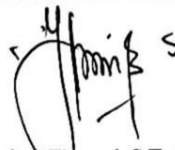
DOSEN PEMBIMBING I



M. Beny Dwifa, S.Pd., M.T.
NIP. 198809292023211014

Tanggal : 18 Juni 2025

DOSEN PEMBIMBING II



Yusime Fitasari, S.T., M.Si
NIP. 19910314 2010122001

Tanggal : 18 Juni 2025

Ditetapkan di : Tabanan

HALAMAN PENGESAHAN





KERTAS KERJA WAJIB
IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN SISTEM REM
UTAMA DAN REM PARKIR PADA KENDARAAN BARANG
(Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

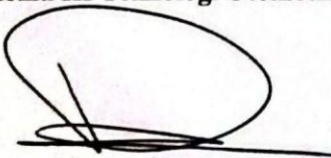
NI WAYAN MELIA WATI
2201037

TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN PENGUJI
PADA TANGGAL 23 JUNI 2025
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT

Tim Penguji

 <u>Surya Aji Ermanto, M.Si</u> NIP. 19910207 201902 1 002	 <u>M. Beny Dwifa, S.Pd., M.T.</u> NIP. 198809292023211014
 <u>I Gusti Bagus Eka Nitivasa, S.T., M.T</u> NIP. 197704202009121002	 <u>Yusime Fitasari, S.T., M.Si</u> NIP. 19910314 2010122001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Diploma III Teknologi Otomotif


Adrian Pradana, S.T., M.Si
NIP. 19900130 201012 1 005

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Ni Wayan Melia Wati, Notar. 2201037, menyatakan bahwa Kertas Kerja Wajib/Tugas Akhir dengan judul **“Identifikasi Penyebab Kegagalan Sistem Rem Utama Dan Rem Parkir Pada Kendaraan Barang (Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)”** merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Kertas Kerja Wajib ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Kertas Kerja Wajib ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau kesarjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Darat Bali.

Tabanan, 18 Juni 2025
Penulis



NI WAYAN MELIA WATI
Notar. 2201027

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Bukan tentang seberapa banyak waktu yang dimiliki, tapi seberapa bijak memanfaatkannya."

PERSEMBAHAN

OM ANO BADRAH KRATEVO YANTUVISWATAH

"Semoga Segala Hal Baik Datang Dari Segala Arah"

Dengan sujud syukur dan bahagia saya mengucapkan terima kasih sedalam - dalamnya kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa yang telah memberikan tuntunan ke arah jalan yang benar, kesehatan, sampai pada hari ini, anugrah dan cinta kasih-Nya menyertai setiap proses yang saya lalui. Saya yakin, Tuhan memberikan jalan ini karena yakin bisa mengembalikan dengan yadnya.

Untuk orang tua yang paling saya cintai, bangga dan panutan, terima kasih atas doa, perjuangan, segala pengorbanannya Bapak I Wayan Suwan dan Ibu Ni Nengah Sri Tadi dan adik saya I Made Pageh Giri Yasa. Orang tua yang selalu mengusahakan segala kebutuhan anaknya terutama pendidikan, saya berjanji akan membalas segala perjuangan kalian, padi yang kalian rawat akan dan pasti membuah hasil yang luar biasa. Adik saya, terima kasih sudah menjadi adik, teman, sahabat tempat untuk cerita segala keluh kesah, saling menasehati dan berjuang untuk cita – cita kita masing. Serta Pekak, Dadong, Wayah sudah menjadi panutan gimana kerja keras di dunia ini. Anak perempuan ini berjanji membuat kalian bangga, dan membalas semua kebaikan kalian semua. Sayang banyak dari saya untuk kalian semua. Tidak lupa saya ucapkan terima kasih banyak kepada seluruh peran sahabat, teman, dan kakak kakak yang membantu saya dalam penyelesaian pendidikan 3 tahun saya.

Kepada diri sendiri, Melia kamu sangat istimewa dan sudah berjuang keras sejauh ini, akan ada pelangi dan cahaya terang setelah ini, terima kasih.

KATA PENGANTAR

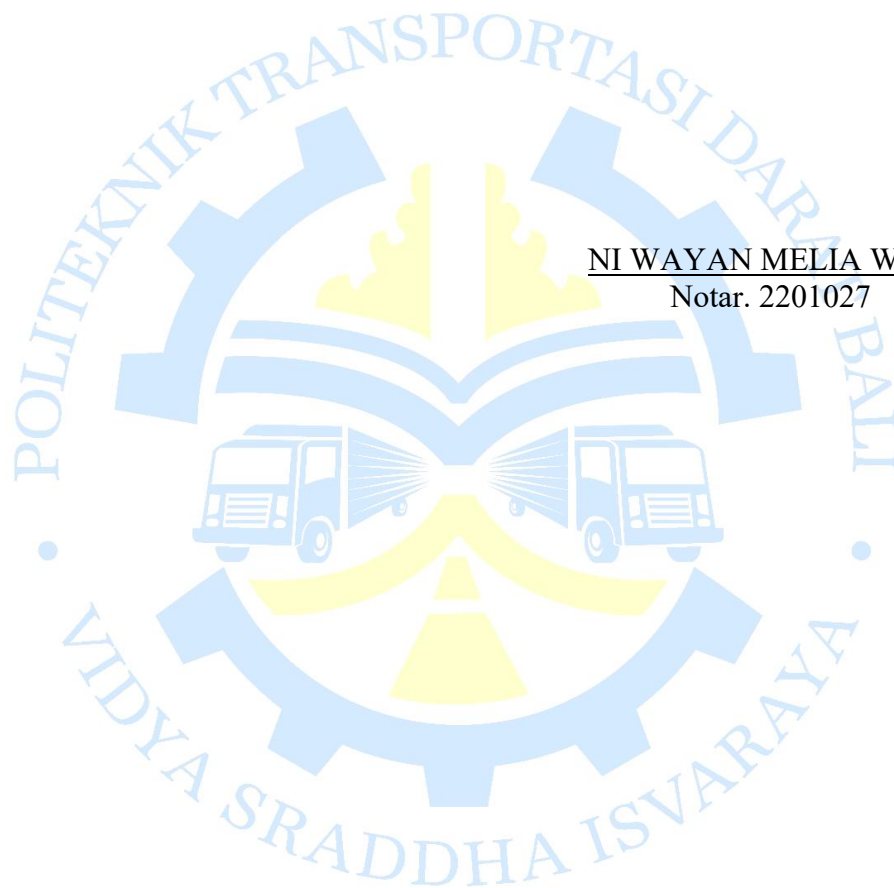
Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-NYA, sehingga Kertas Kerja Wajib yang berjudul **“IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN SISTEM REM UTAMA DAN REM PARKIR PADA KENDARAAN BARANG (Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)”** dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar – besarnya kepada:

1. Ibu Firga Ariani, S.E., M.M.Tr selaku Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali
2. Bapak Adrian Pradana, S.T., M.Si selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif Politeknik Transportasi Darat Bali;
3. Bapak M. Benny Dwifa, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing penyusunan KertasP Wajib ini;
4. Ibu Yusime Fitasari, S.T., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penyusunan Kertas Wajib ini;
5. Dosen-dosen Program Studi D-III Teknologi Otomotif yang telah memberikan bimbingan selama menjalani pendidikan;
6. Kakak penguji kendaraan bermotor yang bertugas di Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Kabupaten Boyolali;
7. Seluruh keluarga saya tercinta terutama orang tua (Bapak I Wayan Suwan dan Ibu Ni Nengah Sritadi dan saudara laki - laki (I Made Pageh Giri Yasa) yang selalu memberikan doa dan dukungan serta cinta yang begitu luar biasa;
8. Rekan-rekan dan adik Mahasiswa/i Tingkat I, II, dan III Politeknik Transportasi Darat Bali.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan Kertas Kerja Wajib ini, sehingga penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan Kertas Kerja Wajib ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga Kertas Kerja Wajib dapat memberikan manfaat kepada semua pembaca.

Tabanan, 18 Juni 2025
Penulis

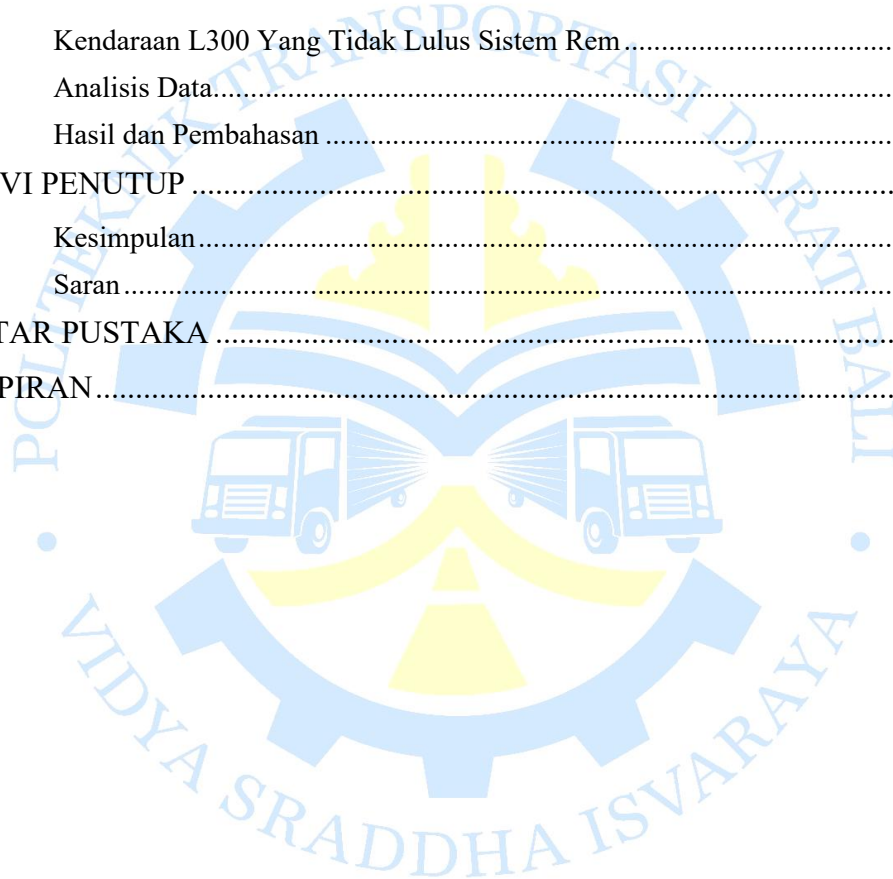
NI WAYAN MELIA WATI
Notar. 2201027



DAFTAR ISI

<i>COVER</i>	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II GAMBAR UMUM	5
2.1 Kondisi Wilayah.....	5
2.2 Kondisi Objek.....	6
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	11
3.1 Pengujian Kendaraan Bermotor.....	11
3.2 Sistem Rem.....	12
3.3 Sistem Rem Pada Mitsubishi Colt L300.....	14
3.4 Minyak Rem.....	21
3.5 <i>Brake Tester</i>	22
3.6 Koefisien Gesek Pada Sistem Rem.....	24

3.7	<i>Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)</i>	25
3.8	<i>Metode Fault Tree Analysis (FTA)</i>	27
3.9	Penelitian Terdahulu.....	29
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		31
4.1	Sumber dan Teknik Pengumpulan Data.....	31
4.2	Metode Analisis Data.....	33
4.3	Bagan Alir Penelitian.....	38
4.4	Timeline Kegiatan.....	41
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		42
5.1	Kendaraan L300 Yang Tidak Lulus Sistem Rem.....	42
5.2	Analisis Data.....	44
5.3	Hasil dan Pembahasan	64
BAB VI PENUTUP		72
6.1	Kesimpulan.....	72
6.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN		78



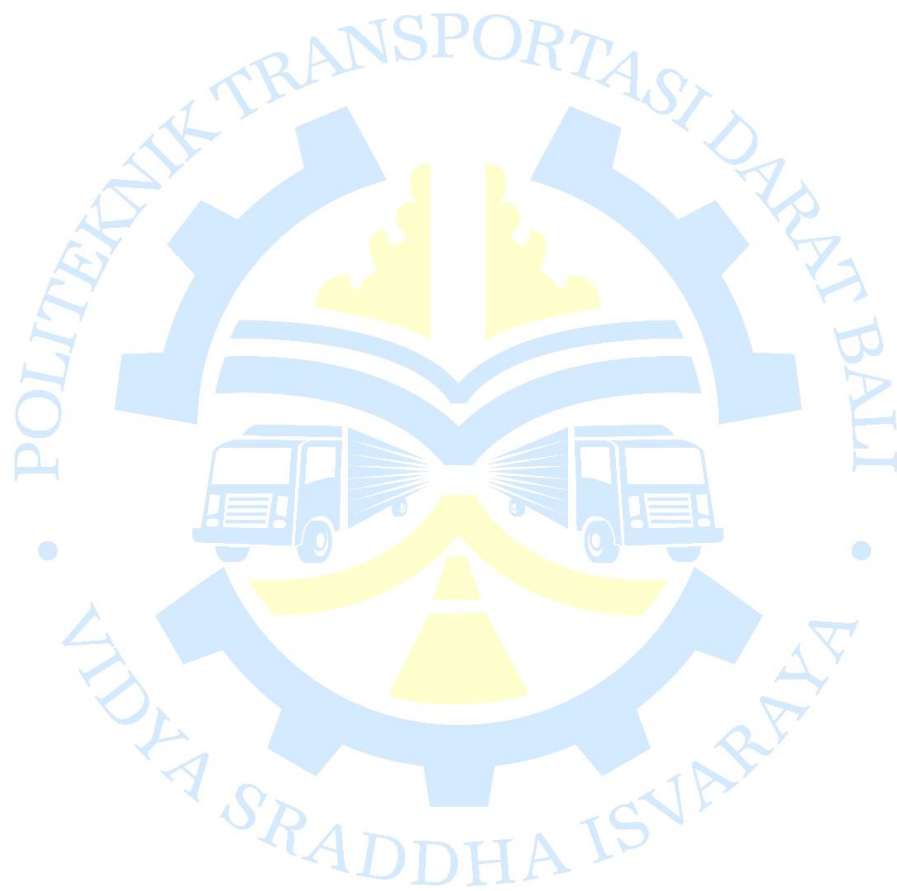
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 KBWU menurut jenis kendaraan Tahun 2024.....	6
Tabel 2. 2 Simbol <i>event</i> dan <i>gate</i> FTA	27
Tabel 3. 1 Penelitian terdahulu.....	29
Tabel 4. 1 Pertanyaan wawancara identifikasi risiko kerusakan.....	32
Tabel 4. 2 Pertanyaan wawancara kepada pemilik kendaraan	32
Tabel 4. 3 Lembar FMEA	34
Tabel 4. 4 Keparahan (severity).....	35
Tabel 4. 5 Tingkatan keparahan (occurrence).....	36
Tabel 4. 6 Tingkat deteksi (detection).....	36
Tabel 4. 7 Timeline kegiatan.....	41
Tabel 5. 1 Data kerusakan kendaraan L300 yang tidak lulus	43
Tabel 5. 2 Tabel FMEA	59
Tabel 5.2 1 Wawancara dengan mekanik bengkel.....	45
Tabel 5.2 2 Wawancara dengan pemilik kendaraan.....	56
Tabel 5.2 3 Rekapitulasi jenis kerusakan.....	58

DAFTAR GAMBAR

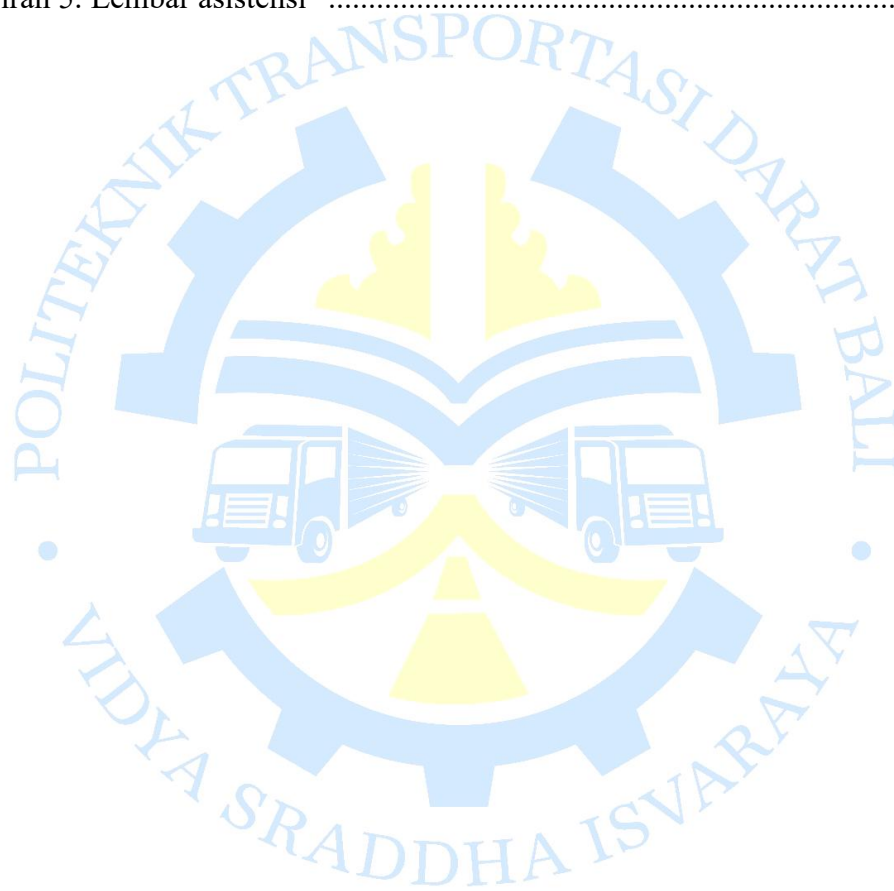
Gambar 1. Lokasi penelitian	5
Gambar 2. Alat uji brake tester	8
Gambar 3. Surat Keterangan Tidak Lulus (SKTL).....	10
Gambar 4. Sistem rem L300	14
Gambar 5. Rem cakram	15
Gambar 6. <i>Backing plate</i>	16
Gambar 7. Sepatu rem & kampas	16
Gambar 8. Silinder roda	17
Gambar 9. <i>Brake shoe holder</i>	17
Gambar 10. <i>Brake shoe adjuster</i>	18
Gambar 11. <i>Return spring</i>	18
Gambar 12. Parking brake.....	19
Gambar 13. <i>Tromol / drum brake</i>	19
Gambar 14. <i>Parking brake cable</i>	20
Gambar 15. Jenis rem tromol leading trailing.....	20
Gambar 16. <i>Brake tester</i>	23
Gambar 17. Diagram pohon kesalahan	37
Gambar 18. Bagan alir penelitian.....	38
Gambar 19. Tampilan pengujian efisiensi rem pada brake tester sim PKB.....	42
Gambar 20. Seal as roda bocor	48
Gambar 21. Kampas aus merata.....	49
Gambar 22. Kabel <i>hand rem</i> putus/macet.....	50
Gambar 23. Booster vakum lemah.....	50
Gambar 24. Tromol aus.....	51
Gambar 25. Master pembagi minyak macet	52
Gambar 26. Adjuster macet.....	52
Gambar 27. Silinder roda tidak optimal.....	53
Gambar 28. Selang rem retak.....	54
Gambar 29. Kaliper macet	55

Gambar 30. Minyak rem kotor.....	55
Gambar 31. Diagram FTA kerusakan kebocoran seal roda	61
Gambar 32. Analisis FMEA	65



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian efisiensi sistem rem L300.....	78
Lampiran 2. Surat Keterangan Tidak Lulus (SKTL)	79
Lampiran 3. Catatan kerusakan.....	94
Lampiran 4. Wawancara dengan pegawai mekanik.....	110
Lampiran 5. Lembar asistensi	111



INTISARI

“Identifikasi Penyebab Kegagalan Sistem Rem Utama Dan Rem Parkir Pada Kendaraan Barang (Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)”

Oleh

NI WAYAN MELIA WATI

2201037

Penelitian ini membahas tentang identifikasi penyebab kegagalan sistem rem utama dan rem parkir pada kendaraan barang jenis Mitsubishi L300 yang tidak lulus uji kendaraan bermotor di Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali. Kabupaten Boyolali dikenal sebagai salah satu daerah penghasil susu terbesar di Jawa Tengah, di mana kendaraan barang L300 kerap digunakan untuk distribusi hasil peternakan seperti susu dan ternak. Tingginya intensitas penggunaan kendaraan ini memunculkan potensi masalah teknis, khususnya pada sistem rem, yang menjadi salah satu faktor penyebab kecelakaan lalu lintas.

Penelitian ini menggunakan *metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi jenis kerusakan dan tingkat risikonya melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), serta *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menelusuri akar penyebab kerusakan pada komponen dengan RPN tertinggi. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan mekanik dan pemilik kendaraan, serta dokumentasi komponen rem yang rusak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan paling dominan meliputi kebocoran pada seal as roda, aus pada kampas rem, dan kabel rem parkir yang putus atau macet. Komponen dengan nilai RPN tertinggi yaitu kebocoran pada seal as roda dianalisis menggunakan metode FTA untuk mengidentifikasi penyebab dasar kegagalan.

Penelitian ini menghasilkan rekomendasi teknis berupa pemeliharaan berkala, penggantian komponen sesuai usia pakai, serta peningkatan kesadaran pemilik kendaraan terhadap pentingnya sistem rem. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai referensi bagi pemilik kendaraan, mekanik bengkel, dan instansi penguji dalam meningkatkan keselamatan dan kelayakan jalan kendaraan barang, khususnya L300 di wilayah Boyolali.

Kata Kunci: Sistem Rem, FMEA, FTA, Kegagalan Rem, Kendaraan Barang L300

ABSTRACT

“Identification Of the Causes Of Failure In The Main Brake And Parking Brake System On Goods Vehicles (Case Study: L300 Goods Vehicle)”

By

NI WAYAN MELIA WATI
2201037

This study investigates the causes of failure in the main brake and parking brake systems on Mitsubishi L300 commercial vehicles, particularly those that failed the roadworthiness test at the Vehicle Testing Section of the Department of Transportation in Boyolali Regency. Boyolali is one of the largest dairy-producing regions in Central Java, where L300 vehicles are frequently used for the distribution of dairy and livestock products. The high frequency of vehicle usage increases the potential for technical failures, especially in braking systems, which are a major factor in road accidents.

The research employs the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method to identify types of component damage and assess their risk levels using the Risk Priority Number (RPN). It then applies Fault Tree Analysis (FTA) to trace the root causes of the most critical failure component based on the highest RPN. Primary data were obtained through direct observation, interviews with mechanics and vehicle owners, as well as documentation of component failures.

The results show that the most dominant failures include leaking axle seals, worn-out brake pads, and broken or jammed parking brake cables. Components with the highest RPN were further analyzed using FTA to determine the root causes of the failures.

This study provides technical recommendations such as scheduled maintenance, timely component replacement, and increased awareness among vehicle owners regarding the importance of brake system reliability. The findings are expected to serve as a reference for vehicle owners, workshops, and inspection authorities to improve the safety and roadworthiness of commercial vehicles, especially the L300 in the Boyolali area.

Keywords: Brake System, FMEA, FTA, Brake Failure, L300 Commercial Vehicle

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah kendaraan di Indonesia berkembang pesat seiring dengan meningkatnya mobilitas masyarakat. Berdasarkan laporan terbaru yang dirilis oleh Korps Lalu Lintas Polri, jumlah kendaraan barang yang terdaftar per 17 Maret 2025 berada di angka 6.315.153 unit (Korlantas Polri,2025). Dengan data diatas memberikan gambaran penggunaan kendaraan barang di Indonesia cukup tinggi untuk menunjang mobilitas masyarakat dan aktivitas sehari-hari. Meningkatnya perkembangan kendaraan barang diikuti dengan meningkatnya resiko kecelakaan.

Seiring dengan tingginya jumlah kendaraan barang, angka kecelakaan di Indonesia pun tergolong tinggi. Tercatat lebih dari 100.000 kasus kecelakaan oleh Kepolisian Republik Indonesia setiap tahun, serta korban meninggal mencapai 25.000 jiwa per tahun. Kecelakaan di jalan raya merupakan insiden yang berlangsung secara mendadak dan tanpa disengaja, melibatkan kendaraan bermotor dengan atau tanpa partisipasi pengguna jalan lain, serta menimbulkan dampak berupa korban jiwa dan/atau kerugian material (Pradana dkk.,2019). Terdapat sejumlah faktor yang dapat memicu terjadinya kecelakaan di jalan raya, antara lain: kesalahan manusia (*human error*), kegagalan teknis pada kendaraan (*mechanical failure*), kondisi jalan yang kurang baik, serta pengaruh cuaca (Battaje & Panda.,2017).

Salah satu faktor teknis yang berkontribusi besar terhadap kecelakaan adalah sistem rem. Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) merilis bahwa penyebab kecelakaan pada transportasi dominan disebabkan oleh rem yang tidak berfungsi secara optimal. Sistem pengereman merupakan salah satu bagian penting bagi kinerja mobil barang. Rem adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengontrol, memperlambat, dan menghentikan perputaran. Prinsip kerja dari sistem rem adalah merubah energi kinetik menjadi panas dengan cara menggesekan cakram dengan bantalan rem ketika dua komponen ini berkontak (Hafizh

dkk.2022).

Beberapa insiden kecelakaan akibat rem blong pada kendaraan Mitsubishi L300 telah dilaporkan di berbagai daerah. Diantaranya, di Aceh Besar terjadi kecelakaan di mana kendaraan L300 mengalami kegagalan rem saat hendak berhenti, sehingga menabrak tiang dan menyebabkan pengemudi mengalami cedera serius (Imamatunnisa, 2025). Kasus serupa juga terjadi di Martapura, Kalimantan Selatan, di mana Mitsubishi L300 pengangkut ayam gagal berhenti dan menabrak bagian belakang truk, menyebabkan kerusakan parah pada bagian depan kendaraan (Andika, 2020).

Dalam rangka mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh faktor kendaraan itu sendiri, pemerintah menjalankan langkah pencegahan dengan mengadakan Pengujian Kendaraan Bermotor. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan menyebutkan bahwa Pengujian Kendaraan Bermotor merupakan serangkaian proses pengujian dan/atau pemeriksaan terhadap bagian atau komponen Kendaraan Bermotor, Kereta Gandengan, dan Kereta Tempelan guna memastikan pemenuhan persyaratan teknis serta kelayakan jalan. Salah satu aspek pengujian kelayakan jalan adalah pemeriksaan sistem rem menggunakan alat *brake tester*, yang berfungsi untuk mengukur efisiensi sistem rem utama, efisiensi rem parkir, serta tingkat penyimpangan pada kendaraan.

Secara geografis, Kabupaten Boyolali merupakan salah satu sentra peternakan dan penghasil susu terbesar di Jawa Tengah, dengan kontribusi sekitar 20% terhadap produksi susu nasional dan 70% untuk wilayah Jawa Tengah. Untuk menunjang distribusi hasil peternakan seperti sapi dan produk olahan susu, masyarakat setempat banyak menggunakan kendaraan barang jenis L300 (Hartin dan Santoso, 2021).

Tingginya intensitas penggunaan kendaraan ini tercermin dalam data Seksi Pengujian Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali. Berdasarkan data pada bulan Januari sampai Juli 2025 pada Seksi Pengujian Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali, jumlah KBWU kendaraan barang L300 mendominasi. Data KBWU kendaraan L300 dari bulan Januari sampai bulan Juli 2025 terdapat 1623 unit

kendaraan dari total seluruh KBWU sebanyak 3182 kendaraan. Data kendaraan barang L300 yang sudah melakukan pengujian dari bulan Januari sampai Maret rata-rata 60 bulan perbulannya. Ditemukan beberapa kasus dalam pengujian sistem rem kendaraan L300, di antaranya: rem utama pada sumbu depan dan rem parkir dinyatakan lulus uji, namun rem utama pada sumbu belakang tidak lulus; kasus lain menunjukkan rem utama pada sumbu depan dan belakang lulus uji, tetapi rem parkir tidak lulus; terdapat pula kasus di mana rem parkir dinyatakan lulus, sedangkan rem utama tidak memenuhi syarat kelulusan uji.

Merujuk pada latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, penulis memilih topik dengan judul **“IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN SISTEM REM UTAMA DAN REM PARKIR PADA KENDARAAN BARANG (Studi Kasus: Kendaraan Barang L300)”**

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang yang telah diuraikan, penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Jenis kerusakan apa saja yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem rem utama dan rem parkir pada kendaraan barang tipe L300?
2. Faktor apa saja yang menyebabkan kerusakan pada komponen sistem rem utama dan rem parkir pada kendaraan barang tipe L300?
3. Apa saja rekomendasi perbaikan dan perawatan untuk komponen sistem rem yang mengalami kerusakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi jenis kerusakan yang menyebabkan kegagalan pada sistem rem utama dan rem parkir pada kendaraan barang tipe L300 dengan menerapkan Metode FMEA.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan pada komponen rem utama dan rem parkir pada kendaraan barang tipe L300 menggunakan Metode FTA dari hasil RPN tertinggi dari Metode FMEA

3. Memberikan saran perbaikan dan pemeliharaan untuk komponen sistem rem yang mengalami kerusakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Meningkatkan pemahaman mengenai jenis kerusakan yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem rem kendaraan barang L300.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa Politeknik Transportasi Darat Bali dalam memperluas wawasan dan pengetahuan mengenai sistem rem kendaraan bermotor.
3. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam kepada pengemudi mengenai pentingnya menjaga kinerja sistem rem kendaraan. Dengan demikian, diharapkan kesadaran akan pentingnya perawatan dan pemeliharaan kendaraan secara menyeluruh dapat meningkat.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperoleh hasil yang lebih spesifik, penelitian ini memerlukan batasan masalah berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan.

Batasan masalah penelitian antara lain :

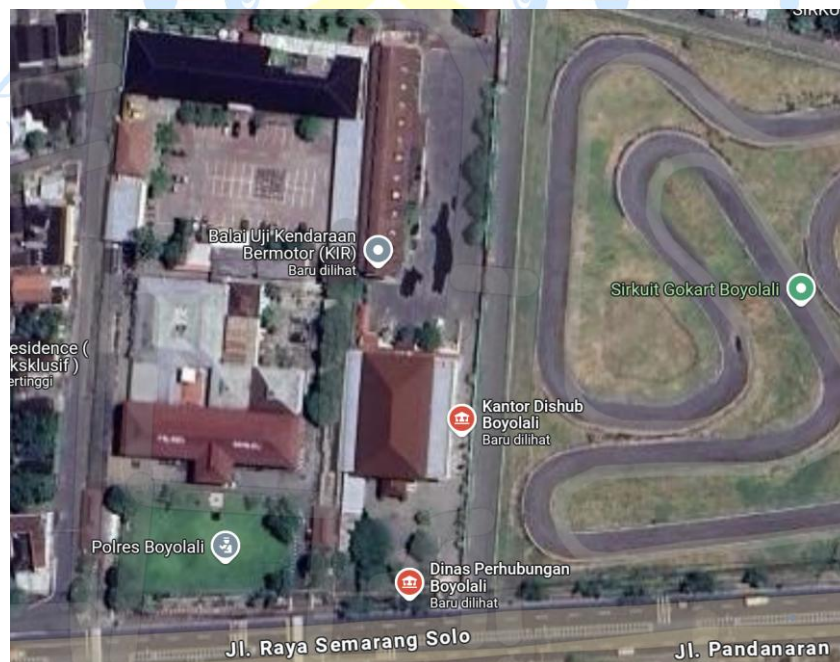
1. Penelitian ini terbatas pada kendaraan yang melakukan Pengujian Kendaraan Bermotor di Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali.
2. Penelitian ini hanya dilakukan pada kendaraan bermotor wajib uji yang tidak lulus uji akibat kegagalan pada sistem rem.
3. Objek penelitian hanya pada mobil barang jenis L300

BAB II

GAMBAR UMUM

2.1 Kondisi Wilayah

Pelaksanaan penelitian untuk penyusunan Kertas Kerja Wajib ini dilaksanakan di Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali yang terletak di Jl. Raya Boyolali-Semarang KM.24, Butuh, Kecamatan Mojosongo, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah Kode Pos 57322. Luas lahan yang dimiliki Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali yaitu 3000 m² dengan luas gedung tempat pengujian berkala adalah 600 m². Data dari Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali pelayanan yang dilaksanakan khususnya pada pengujian berkala memiliki Kendaraan Bermotor Wajib Uji (KBWU) pada Tahun 2024 yaitu 17.342 dengan yang melakukan pengujian yaitu berjumlah 6.375 kendaraan yang dimana didominasi oleh mobil barang pick up sebanyak 4.519 kendaraan. Adapun peta lokasi penelitian dalam penyusunan Kertas Kerja Wajib ini sebagai berikut:



(Sumber : <https://www.google.com/maps/search/dinas+perhubungan+boyolali>, diakses 2025)

Gambar 1. Lokasi penelitian

2.2 Kondisi Objek

Penelitian yang dilaksanakan di Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali yang dimana berfokus pada pelayanan pengujian berkala yaitu pengujian laik jalannya khususnya pengujian kemampuan rem. Adapun objek yang dijadikan fokus penelitian adalah identifikasi penyebab kegagalan sistem rem pada kendaraan barang L300. yang diukur kemampuan rem nya pada alat brake tester.

1. Jumlah KBWU menurut jenis kendaraan bermotor di Kabupaten Boyolali Tahun 2024

Tabel 2. 1 KBWU menurut jenis kendaraan Tahun 2024

No	Jenis Kendaraan	Jumlah
1.	<i>Pick up</i>	4.633
2.	Truck	1390
3.	Bus	243
4.	Penumpang umum/taxi	61
5.	Kereta tempel	22
6.	Tangki	16
7.	Sumbu III	10
Jumlah KBWU		6.375

(Sumber : Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Dishub Boyolali)

Berdasarkan data pada Tabel 2.1, jumlah Kendaraan Bermotor Wajib Uji (KBWU) di Kabupaten Boyolali pada tahun 2024 mencapai total 6.375 unit. Dari berbagai jenis kendaraan yang tercatat, jenis *pick up* merupakan yang paling mendominasi, dengan jumlah mencapai 4.633 unit, atau sekitar 72,6% dari total keseluruhan kendaraan yang terdaftar. Dari 4.633 kendaraan *pick up*, jumlah KBWU kendaraan barang L300 yaitu 2548 kendaraan. Disusul oleh kendaraan jenis truk sebanyak 1.390 unit dan bus sebanyak 243 unit. Sementara itu, jumlah kendaraan jenis lainnya seperti penumpang umum/taxi, kereta tempel, tangki, dan sumbu III tercatat jauh lebih sedikit, masing-masing di bawah 100 unit. Dominasi kendaraan jenis *pick up* ini menunjukkan tingginya aktivitas distribusi barang skala kecil dan menengah di wilayah tersebut.

2. Standar Operasional Pelayanan (SOP) pengujian sistem rem

Berdasarkan Keputusan Kepala Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali Nomor 832/3434/4.11/Tahun 2024 Tentang Penetapan Standar Operasional Prosedur Pelayanan Uji Kendaraan Bermotor Kabupaten Boyolali, berikut merupakan SOP pengujian alat *brake tester*.

Persiapan alat uji *brake tester*

- a. Tekan “ON” pada *master switch* untuk menghidupkan alat
- b. Tekan tombol “ON/OFF” pada UPS untuk menghidupkan UPS
- c. Tekan tombol “ON/OFF” pada PC untuk menghidupkan PC
- d. Tunggu sampai tampilan monitor *stand by*
- e. Lalu klik menu “Quantum 3” pada monitor
- f. Pilih menu “*Service Brake*” untuk masuk ke menu pengujian

Pengoperasian Alat Uji Brake Tester

- a. Posisikan kendaraan yang akan diuji di mekanik alat/*roller (axle)* ke-1);
- b. Lalu, tekan Enter" untuk menggerakkan *roller* dan memulai pengukuran;
- c. Jika tampilan monitor sudah menunjukkan *Slowly Increase the braking force*";
- d. Lalu tekan rem kendaraan secara perlahan sampai tekanan maximal hasil pengukuran akan muncul di tampilan monitor dan tersimpan di database;
- e. Pindahkan posisi kendaraan yang akan di uji di mekanik alat;
- f. Ganti *axle* pada tampilan monitor (sesuai dengan *axle* yang akan diuji), dengan menekan tombol"" pada remote control;
- g. Tekan Enter" pada menu *Service Brake*" untuk menggerakkan *roller* dan memulai pengukuran;
- h. Jika tampilan monitor sudah menunjukkan *Slowly Increase the braking force*";
- i. Lalu tekan rem kendaraan secara perlahan sampai tekanan maximal;
- j. Ganti ke menu" *Parking Brake*" pada tampilan monitor;
- k. Tekan Enter" untuk menggerakkan *roller* dan memulai pengukuran;
- l. Jika tampilan monitor sudah menunjukan" *Slowly Increase the braking force*";

- m. Lalu tarik rem tangan kendaraan secara perlahan sampai tekanan maksimal;
- n. Selanjutnya lepas rem tangan untuk memulai pengujian selanjutnya;
- o. Jika tampilan monitor sudah menunjukan" *Slowly Increase the braking force*";
- p. Lalu tarik rem tangan kendaraan secara perlahan sampai tekanan maksimal;
- q. Hasil akan langsung tampil di monitor dan tersimpan di database;
- r. Jika sudah selesai tekan Enter" pada remote control, agar kembali ke menu quantum3;
- s. Lalu Klik simbol printer di pojok kanan atas, untuk mencetak hasil uji/print out;
- t. Untuk pengujian kendaraan selajutnya, lakukan langkah-langkah pengoperasian yang sama.

3. Alat uji *brake tester*

Penelitian ini menggunakan alat uji yang ada di Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali. Alat uji rem yang memiliki fungsi mengukur kemampuan rem utama maupun rem parkir kendaraan secara statis. Alat uji pengereman yang memiliki merek Unimetal dengan tipe RHE-30/6s dengan tahun pengadaan tahun 2020, dan telah terkalibrasi pada 11 Oktober 2024.



Gambar 2. Alat uji *brake tester*

4. Surat Keterangan Tidak Lulus (SKTL)

Surat Keterangan Tidak Lulus Uji (SKTL) adalah dokumen resmi yang dikeluarkan oleh instansi berwenang setelah kendaraan bermotor gagal memenuhi standar yang ditetapkan dalam pemeriksaan uji berkala. Dokumen ini mencantumkan identitas kendaraan, identitas pemilik, tanggal pemeriksaan, serta rincian bagian-bagian yang tidak memenuhi kriteria kelayakan, seperti sistem rem, lampu, emisi gas buang, atau komponen lainnya yang mempengaruhi keselamatan dan kinerja kendaraan. Surat ini juga mencatat rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan agar kendaraan dapat lulus uji pada pemeriksaan berikutnya.

Tujuan dari surat keterangan tidak lulus uji adalah untuk memberi informasi yang jelas kepada pemilik kendaraan mengenai kondisi kendaraannya yang memerlukan perbaikan, serta memastikan bahwa hanya kendaraan yang aman dan layak operasi yang diperbolehkan beroperasi di jalan raya. Dengan adanya surat ini, diharapkan pemilik kendaraan akan segera melakukan perbaikan yang diperlukan dan mengikuti uji ulang sesuai prosedur yang berlaku.

SKTL disini terkhusus untuk kendaraan yang tidak lulus pada sistem rem. Pada SKTL berisi catatan kerusakan yang menyebabkan sistem rem tidak lulus. Catatan kerusakan ini dipakai acuan pegawai mekanik dalam melakukan pembongkaran dalam perbaikan.



PEMERINTAH KABUPATEN BOYOLALI
DINAS PERHUBUNGAN



Jalan Raya Boyolali - Semarang Km. 5 Boyolali Telp. (0276) 321 086 Boyolali 57351

LAPORAN HASIL PEMERIKSAAN KENDARAAN BERMOTOR

No. UJI KENDARAAN : JAP11843
No. KENDARAAN : AD-9053-QM

a. Nama Pemilik Kendaraan : RAJIMAN
b. Alamat Pemilik : RINGINPITU 04/04
c. Merk / Type Kendaraan : MITSUBISHI
d. Tahun Pembuatan : 2007
e. Jenis Kendaraan : MOBIL BARANG

f. Nomor Mesin : 4D56CC32396
g. Nomor Rangka : MHMLOPU397K000603
h. Sifat : TIDAK UMUM
i. Tanggal Habis Masa Uji : 10/12/2024

HASIL PENGUJIAN :

1. Uji Peralatan : LULUS
2. Uji Sistem Penerangan : LULUS
3. Uji Sistem Kemudi : LULUS
4. Uji As dan Suspensi : LULUS
5. Uji Ban dan Pelek : LULUS
6. Uji Rangka dan Bodi : LULUS
7. Uji Sistem Rem : TIDAK LULUS
8. Uji Mesin : LULUS
9. Uji Lain-Lain : LULUS

KETERANGAN : TIDAK LULUS

Catatan Kerusakan :

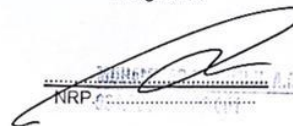
1 751 Efisiensi Rem Utama stel rem belakang kiri

Dapat diperbaiki sampai dengan tanggal 20/05/2025

Catatan Kendaraan :

Boyolali, 06/05/2025

Mengetahui


NRP.

(Sumber : Seksi Pengujian Kendaraan Bermotor Dishub Boyolali)

Gambar 3. Surat Keterangan Tidak Lulus (SKTL)

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pengujian Kendaraan Bermotor

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012, Pengujian kendaraan bermotor adalah proses yang mencakup pemeriksaan dan/atau pengujian berbagai bagian atau komponen pada kendaraan bermotor, kereta gandengan, serta kereta tempelan untuk memastikan kepatuhan terhadap persyaratan teknis dan laik jalan. Jenis pengujian kendaraan bermotor dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Uji tipe

Uji Tipe Kendaraan Bermotor adalah pengujian yang dilakukan terhadap fisik Kendaraan Bermotor atau penelitian terhadap rancang bangun dan rekayasa Kendaraan Bermotor, Kereta Gandengan atau Kereta Tempelan sebelum Kendaraan Bermotor dibuat dan/atau dirakit dan/atau diimpor secara massal serta Kendaraan Bermotor yang dimodifikasi

2. Uji berkala

Uji Berkala adalah Pengujian Kendaraan Bermotor yang dilakukan secara berkala terhadap setiap Kendaraan Bermotor, Kereta Gandengan, dan Kereta Tempelan, yang dioperasikan di jalan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 19 Tahun 2021, Uji berkala merupakan proses pengujian yang dilakukan secara rutin terhadap kendaraan bermotor, kereta gandengan, dan kereta tempelan yang beroperasi di jalan. Pengujian ini dilaksanakan di Unit Pelayanan Uji Berkala Kendaraan Bermotor (UPUBKB) yang terdapat di berbagai kabupaten dan kota di seluruh Indonesia.

Uji berkala sendiri memiliki tujuan, yaitu sebagai berikut menurut:

1. Menjamin keselamatan secara teknis dalam penggunaan Kendaraan Bermotor yang wajib menjalani Uji Berkala di jalan.
2. Mendukung upaya pelestarian lingkungan dengan mengurangi potensi pencemaran akibat penggunaan Kendaraan Bermotor yang wajib Uji Berkala di jalan.

3. Menyediakan layanan publik bagi masyarakat.

Menurut Peraturan Pemerintah No 19 Tahun 2021 Uji Berkala Kendaraan Bermotor, dalam pelaksanaannya dibagi menjadi 2, yaitu pengujian persyaratan teknis, dan pengujian persyaratan laik jalan. Pengujian persyaratan teknis merupakan kegiatan pengujian dengan atau tanpa peralatan uji untuk memastikan pemenuhan terhadap ketentuan persyaratan teknis Kendaraan Bermotor, sedangkan Pengujian persyaratan laik jalan, dilakukan dengan pengukuran kinerja minimal Kendaraan Bermotor berdasarkan ambang batas laikjalan serta wajib menggunakan peralatan uji.

Pengujian laik jalan meliputi:

1. Emisi gas buang termasuk ketebalan asap gas buang, kecuali untuk Kendaraan Bermotor listrik baterai;
2. Tingkat kebisingan suara klakson dan / atau knalpot;
3. Kemampuan rem utama;
4. Kemampuan rem parkir;
5. Kincup roda depan;
6. Kemampuan pancar dan arah sinar lampu utama;
7. Akurasi alat penunjuk kecepatan;
8. Kedalaman alur ban; dan
9. Daya tembus cahaya pada kaca.

3.2 Sistem Rem

Sistem rem adalah komponen yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan (Jusnita dkk., 2022). Kerja rem memiliki prinsip yaitu mengubah energi gerak atau kinetik menjadi energi panas. Proses perubahan energi tersebut terjadi akibat gesekan antara cakram dengan kampas rem (Maulana dan Prasetyo, 2021). Sistem rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan laju kendaraan. Keberadaan sistem ini sangat krusial karena berperan sebagai perangkat keselamatan guna menjamin keamanan pengendara. Kendaraan tidak dapat sepenuhnya berhenti apabila hanya mengandalkan pengereman mesin, sehingga kelemahan tersebut perlu diminimalkan agar kendaraan dapat

dikendalikan hingga benar-benar berhenti (Yunus dan Wisnaningsih, 2022).

Jenis sistem rem diantaranya rem cakram adalah sistem pengereman yang menggunakan piringan logam (*disc*) yang berputar bersama roda. Kampas rem ditekan oleh kaliper untuk menciptakan gesekan, yang mengurangi kecepatan kendaraan. Sistem ini memiliki keunggulan dalam hal pendinginan dan efisiensi pengereman, terutama pada kendaraan dengan kecepatan tinggi atau beban berat (Dzikrullah dkk., 2017). Rem cakram terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain piringan cakram, master rem, piston, selang rem, kaliper rem, dan kampas rem. Cara kerja rem cakram adalah dengan menjepit piringan cakram yang terpasang pada roda kendaraan menggunakan kaliper, yang digerakkan oleh piston untuk mendorong kampas rem ke piringan cakram. Oleh karena itu, perancangan dan perhitungan sistem rem cakram sangat penting agar dapat memenuhi standar yang diperlukan dan memastikan keselamatan, tanpa mengabaikan aspek ekonomisnya (Banuaji, 2021).

Rem tromol merupakan sistem pengereman yang menggunakan kampas rem yang ditekan ke permukaan dalam tromol untuk menghasilkan gaya gesek yang memperlambat atau menghentikan kendaraan. Kelebihan rem tromol antara lain biaya produksi yang lebih rendah dan perlindungan terhadap debu serta air. Namun, rem jenis ini cenderung mengalami peningkatan suhu yang signifikan saat digunakan secara intensif, yang dapat mengurangi efisiensi pengereman (Jusnita dan Denur, 2023).

Rem hidrolik bekerja dengan memanfaatkan tekanan fluida untuk mentransmisikan gaya dari pedal rem ke kampas rem. Sistem ini umumnya digunakan pada kendaraan modern karena mampu memberikan respons pengereman yang lebih halus dan efisien. Integrasi teknologi *Anti-Lock Braking System* (ABS) pada rem hidrolik dapat mencegah penguncian roda saat pengereman mendadak, meningkatkan stabilitas kendaraan, dan mengurangi jarak pengereman (Syarif, 2024).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 pasal 19, sistem rem meliputi rem utama dan rem parkir. Rem utama sebagaimana dimaksud dalam pasal 19 ayat (1) huruf a harus memenuhi persyaratan :

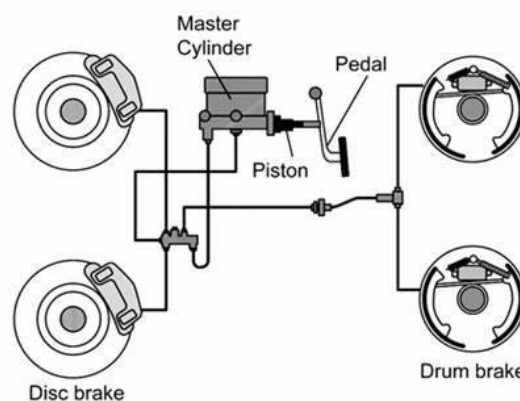
1. Ditempatkan dekat dengan pengemudi
2. Beroperasi pada seluruh roda kendaraan dengan menyesuaikan beban di setiap sumbu.

Sementara itu, rem parkir yang disebutkan dalam Pasal 19 Ayat (1) Huruf b harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain:

1. Dapat dioperasikan dari dalam ruang pengemudi serta mampu menahan kendaraan dalam kondisi berhenti di jalan datar, tanjakan, maupun turunan.
2. Dilengkapi dengan mekanisme pengunci yang berfungsi secara mekanis atau menggunakan sistem lain sesuai dengan perkembangan teknologi.

3.3 Sistem Rem Pada Mitsubishi Colt L300

Pada kendaraan Mitsubishi Colt L300 menggunakan 2 sistem rem, yaitu rem kaki dan rem parkir, belum tersedia rem tambahan atau *auxiliary brake* seperti yang terdapat pada truk atau bus yang memiliki tonase lebih besar. Untuk rem kaki menggunakan rem tipe hidrolis sedangkan rem parkir menggunakan rem tipe mekanis. Pada rem kaki Mitsubishi Colt L300 terbagi menjadi dua, yaitu sistem rem depan dan sistem rem belakang. Setiap sistem rem menggunakan jenis yang berbeda, di mana rem depan menggunakan rem cakram, sementara rem belakang menggunakan rem tromol (Intanghina, 2023).

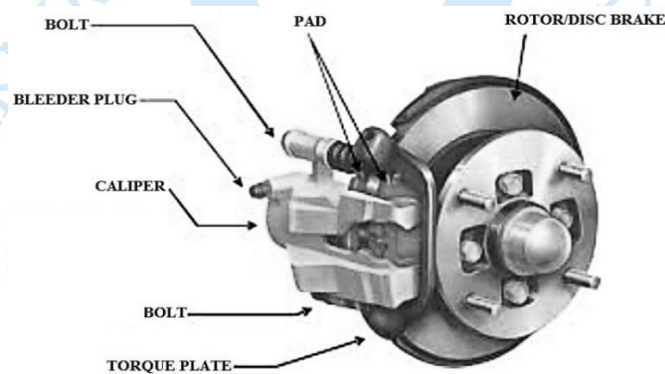


(Sumber: <https://adoc.pub/bab-iv-perbaikan-sistem-rem-mitsubishi-l300.html>)

Gambar 4. Sistem rem L300

1. Rem depan

Pada rem depan kendaraan L300 ini menggunakan rem cakram tipe *Floating Caliper*. Sistem rem cakram adalah sebuah mekanisme dari sistem pengereman yang menggunakan daya jepit antara komponen yang diam dan komponen yang berputar. Prinsip kerja rem cakram dimulai saat pedal rem diinjak, menyebabkan piston pada master rem tertekan dan bergerak maju. Tekanan tersebut diteruskan ke minyak rem, yang kemudian mengalir melalui selang rem menuju piston. Akibatnya, kampas rem terdorong dan mencengkeram piringan cakram, sehingga kendaraan melambat atau berhenti (Mulyana dan Setiawan, 2023).



(Sumber : <https://www.perumperindo.co.id/>)

Gambar 5. Rem cakram

2. Rem belakang

Rem tromol adalah salah satu jenis sistem pengereman yang bekerja dengan memanfaatkan tromol rem (*brake drum*), sepatu rem (*brake shoe*), dan silinder roda (*wheel cylinder*) dalam proses penghentian laju kendaraan. (Firdaus dkk., 2022). Rem belakang menggunakan rem tromol tipe *Trailing and Leading*, di mana setiap kampas rem memiliki bidang gesek yang berbeda dan hanya terdapat satu silinder roda yang berisi dua piston. *Sisi Leading* menghadap searah dengan putaran roda, sedangkan *sisi Trailing* berlawanan dengan arah putaran roda. Keunggulan dari sistem ini adalah menghasilkan gaya pengereman yang sama kuatnya baik saat kendaraan bergerak maju maupun mundur, sehingga tetap optimal dalam kedua arah pergerakan (Intanghina, 2023).

a. *Backing Plate*

Backing plate, yang merupakan komponen terbesar dalam sistem rem tromol, merupakan cakram logam yang letaknya pada sistem dibagian belakang. Berbentuk cukup tipis, komponen ini berguna sebagai rangka dan pelindung bagian lainnya. Ada beragam lubang dan lekukan di dalamnya dengan fungsi berbeda-beda.



(Sumber: <https://wuling.id/id/blog/autotips/>)

Gambar 6. *Backing plate*

b. Sepatu rem & kampas

Dalam sistem rem hidrolis, sepatu rem digunakan sebagai penopang kampas rem. Struktur komponen ini berbentuk lingkaran yang terdiri dari dua bagian simetris, masing-masing berbentuk setengah lingkaran. Dalam sistem ini, kampas rem memegang peran penting, terbuat dari bahan keramik organik, dan wajib diganti saat kondisinya mulai menipis atau aus.



(Sumber: <https://wuling.id/id/blog/autotips/>)

Gambar 7. Sepatu rem & kampas

c. Silinder roda

Mengkonversi tekanan fluida menjadi gerakan mekanik. Dalam sistem rem tromol merupakan fungsi dari silinder roda, terdapat beberapa jenis silinder roda, namun tipe *dual piston* paling banyak digunakan karena sesuai dengan tromol tipe *trailing dan leading*.



(Sumber: <https://www.truckspring.com/>)

Gambar 8. Silinder roda

d. *Brake shoe holder*

Brake shoe holder tersusun dari beberapa komponen, seperti pin yang dilengkapi dengan penguksi pegas dan plat penekan. Saat seluruh bagian dirakit, komponen ini akan menempel sebagai satu kesatuan pada backing plate. Berfungsi menahan dan menjaga posisi sepatu rem (*brake shoe*) agar tetap pada tempatnya di dalam sistem rem tromol.



(Sumber: <https://virivintage.com/>)

Gambar 9. *Brake shoe holder*

e. *Brake shoe adjuster*

Komponen ini umumnya terletak di bagian bawah rem tromol dan memiliki bentuk menyerupai sekrup yang dapat disesuaikan. Fungsi utamanya adalah mengontrol jarak antara kampas rem dan permukaan tromol ketika pedal rem ditekan atau tuas rem ditarik.



(Sumber: <https://www.ebay.co.uk/itm/>)

Gambar 10. *Brake shoe adjuster*

f. *Return spring*

Komponen ini memiliki fungsi untuk mengembalikan sepatu rem ke posisi semula setelah proses pengereman yang disebabkan oleh tekanan pedal atau tuas rem. Return spring terdiri dari dua tipe, yaitu *upper spring* yang bertugas menarik sepatu rem kembali ke posisi awal, dan *lower spring* yang berfungsi menjaga kedua sepatu rem tetap menekan *adjuster*.



(Sumber : <https://vamosarema.com/>)

Gambar 11. *Return spring*

g. *Parking brake*

Sesuai namanya, komponen ini berfungsi untuk membuat mobil tetap diam ketika dalam kondisi parkir. Ada dua bagian *parking brake lever* yang biasanya digunakan. Pertama *park brake lever* dan kedua *brake shoe link*.



(Sumber : (<https://wuling.id/id/blog/autotips/>))

Gambar 12. *Parking brake*

h. *Tromol/Drum brake*

Komponen ini memiliki peran krusial karena terbuat dari baja tuang yang sangat kuat. Dengan bentuk menyerupai *drum* atau tabung, bagian ini berfungsi sebagai media gesekan dengan kampas rem, memungkinkan kendaraan berhenti saat sedang bergerak.



(Sumber: <https://king-racing.com/>)

Gambar 13. *Tromol / drum brake*

i. *Parking Brake cable*

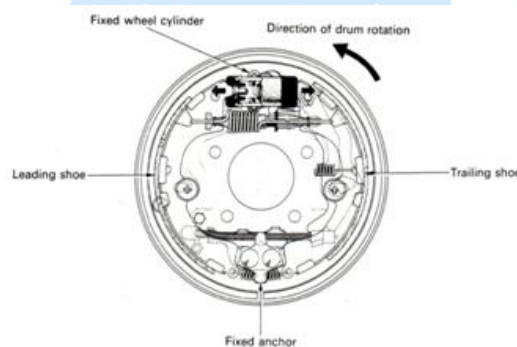
Komponen ini merupakan kabel baja yang berfungsi untuk menarik mekanisme dalam sistem rem tromol. Kabel tersebut terhubung dengan tuas rem parkir dan *parking brake lever*, memungkinkan sistem bekerja secara maksimal untuk memastikan kendaraan berhenti dengan aman.



(Sumber: <https://www.carid.com/>)

Gambar 14. *Parking brake cable*

Rem tromol yang digunakan pada kendaraan L300 merupakan tipe *Leading Trailing*. Mekanisme kerjanya melibatkan satu wheel cylinder yang memiliki dua piston, yang mendorong bagian atas sepatu rem (brake shoe) untuk menekan permukaan tromol. Pada tipe rem ini, kampas rem *leading* cenderung lebih cepat aus dibandingkan dengan kampas *rem trailing*.



(Sumber : <https://www.teknikotomotif.my.id/>)

Gambar 15. Jenis rem tromol *leading trailing*

3.4 Minyak Rem

Minyak rem merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pengereman hidrolis pada kendaraan bermotor. Fungsi utama dari minyak rem adalah untuk meneruskan gaya tekan dari pedal rem ke komponen pengereman di roda melalui tekanan hidrolis. Oleh karena itu, minyak rem harus memiliki karakteristik fisik dan kimia tertentu agar sistem rem dapat bekerja dengan optimal dan aman. Titik didih minyak rem merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kestabilan performa sistem pengereman, terutama dalam menghadapi suhu tinggi. Secara teknis, terdapat dua jenis titik didih yang umum digunakan, yaitu titik didih kering (*dry boiling point*) dan titik didih basah (*wet boiling point*). Titik didih kering adalah suhu di mana minyak rem mulai mendidih dalam kondisi murni, yaitu saat masih berada dalam kemasan tertutup dan belum terpapar kelembapan udara. Pada kondisi ini, kandungan air dalam minyak rem sangat rendah (maksimal 0,2% berat), sesuai dengan spesifikasi pengujian dalam standar FMVSS No. 116 dan SAE J1703 (*United States Department of Transportation*, 2021). Sebaliknya, titik didih basah adalah suhu di mana minyak rem mendidih setelah menyerap kelembapan dari udara, umumnya dengan kadar air sekitar 3–3,7%, untuk mensimulasikan kondisi setelah minyak digunakan dalam sistem pengereman selama beberapa waktu. Karena sifat minyak rem yang higroskopis, titik didih basah cenderung jauh lebih rendah dibanding titik didih kering (Sarkan dkk,2020). Perbedaan ini penting untuk dipahami karena ketika titik didih menurun akibat kelembapan, risiko vapor lock meningkat, yang dapat menyebabkan kegagalan pengereman.

Terdapat beberapa jenis minyak rem yang dikenal dengan nama DOT (Department of Transportation), yang membedakan titik didih dan sifat kimianya. Semakin tinggi angka DOT, semakin tinggi pula titik didih cairannya.

1. DOT 3: Mengandung *poly glycol ether* yang bersifat higroskopis (menyerap air dari udara). Campuran dengan air dapat menyebabkan korosi, merusak karet alami, cat kendaraan, dan mempercepat timbulnya karat.
2. DOT 4: Mengandung *glycol ether* dengan tambahan ester borat sebagai aditif untuk meningkatkan titik didih. Meski memiliki titik didih lebih tinggi

dan lebih stabil dari DOT 3, DOT 4 lebih cepat menurun titik didihnya saat menyerap air. Titik didih kering $\geq 230^{\circ}\text{C}$ dan basah $\geq 155^{\circ}\text{C}$.

3. DOT 5: Sering disebut Super DOT 4, masih berbasis *glycol ether* dan kompatibel dengan DOT 3 dan DOT 4. Memiliki performa tinggi namun tetap menyerap air.
4. DOT 5.1: Berbeda karena berbasis silikon. Tidak menyerap air, sangat tahan terhadap korosi, dan memiliki titik didih sangat tinggi. Cocok untuk aplikasi ekstrem (Setyani, 2021).

Kualitas minyak rem menurun karena beberapa faktor utama yang mempengaruhi fungsi pengereman dan keselamatan berkendara. Diantaranya yaitu:

1. Penyerapan air, minyak rem (DOT 3, DOT 4, DOT 5.1) bersifat higroskopik, artinya menyerap uap air dari udara. Kadar air yang tinggi akan menurunkan titik didih, sehingga menyebabkan uap terbentuk saat pengereman berat, *vapour lock* (rem blong). Kedua yaitu menurunkan efektivitas rem karena gelembung udara membuat pedal rem terasa kosong.
2. Kontaminasi kotoran atau logam, selama pemakaian, minyak rem bisa tercampur: partikel logam (dari keausan *master cylinder* atau *caliper*) debu dan kotoran (dari sistem rem atau lingkungan). Hal ini dapat mempercepat kerusakan seal dan korosi pada sistem rem.
3. Penggunaan terlalu lama, umumnya minyak rem harus diganti tiap 2 tahun atau 40.000–50.000 km. Jika dibiarkan lebih lama, kualitas aditif anti-karat dan anti-oksidan berkurang sehingga tidak mampu lagi melindungi sistem rem (Setyani, 2021).

3.5 Brake Tester

Brake tester merupakan perangkat yang digunakan untuk menguji kinerja sistem rem pada kendaraan bermotor. Alat ini memungkinkan evaluasi sistem pengereman secara dinamis meskipun kendaraan dalam keadaan tidak bergerak atau statis. Roller beroperasi menggunakan *gearbox* untuk mengatur frekuensi putaran selama pengukuran uji gaya pengereman maksimum yang diambil dengan menerapkan gaya rem kendaraan yang menginduksi gaya reaksi pada motor listrik

itu sendiri. Transduser listrik yang dilengkapi dengan sensor regangan digunakan untuk mengukur gaya induksi yang terjadi selama proses perlambatan, guna menghitung kekuatan pengereman secara individual pada masing-masing roda. (Intanghina, 2023).

Brake tester memiliki beberapa sensor yang dapat mengukur berat kendaraan yaitu *weight sensor* dan mengukur gaya rem yaitu *force sensor*. Pada saat kendaraan diuji dan berada diatas *roller brake tester* dengan pengukuran roda depan *weight sensor* dapat mendeteksi beban yang ada pada kendaraan.



(Sumber : <https://www-ryme-com.translate.goog/en/products/brake-meter-for-light-vehicles,2025>)

Gambar 16. *Brake tester*

Efisiensi rem merupakan perbandingan antara berat kendaraan dengan gaya pengereman yang dihasilkan oleh sistem rem. Banyak kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kegagalan fungsi rem, yang salah satu faktornya adalah rendahnya efisiensi rem kendaraan. Kondisi ini terjadi karena rasio antara beban kendaraan dan gaya pengereman tidak seimbang, sehingga kemampuan rem untuk menghentikan kendaraan menjadi kurang optimal. Efisiensi rem menggambarkan tingkat kesesuaian antara berat kendaraan dan gaya pengereman yang dihasilkan dalam kondisi nyata. Untuk mengevaluasi efisiensi pengereman, prinsip Hukum Newton I dapat digunakan, dimana dikatakan bahwa jika total gaya yang bekerja pada suatu benda adalah nol, maka benda tersebut akan mempertahankan keadaan diamnya atau bergerak dengan kecepatan konstan dalam satu arah. Sebaliknya, perubahan dalam kecepatan atau arah gerak benda terjadi jika terdapat gaya yang

tidak seimbang. Dalam konteks pengereman, kendaraan yang sedang melaju akan mengalami perlambatan hingga berhenti ketika gaya pengereman yang diberikan cukup besar untuk mengimbangi gaya gerak kendaraan tersebut (Sofia,2021).

Brake Tester alat yang berfungsi untuk mengukur rem utama dan rem parkir pada kendaraan dan memiliki ambang batas sebagai berikut:

1. Efisiensi rem utama minimum sebesar 50% (diukur dengan berat sumbu kendaraan)
2. Efisiensi rem parkir utama kendaraan barang dan bus minimum sebesar 12% 3.
3. Efisiensi rem parkir utama kendaraan penumpang minimum sebesar 16%.

Brake tester dilengkapi dengan beberapa sensor, seperti *weight sensor* untuk mengukur berat kendaraan dan *force sensor* untuk mengukur gaya pengereman. Ketika kendaraan ditempatkan di atas *roller brake tester*, sensor berat akan mendeteksi beban yang ada pada roda depan kendaraan yang sedang diuji (Sari, 2021).

3.6 Koefisien Gesek Pada Sistem Rem

Koefisien gesek merupakan salah satu parameter penting dalam sistem pengereman karena menentukan seberapa besar gaya gesek yang terjadi antara permukaan kampas rem dan piringan (cakram) atau tromol. Menurut Prasetyo & Nugroho (2021), nilai koefisien gesek yang ideal untuk sistem rem kendaraan berkisar antara 0,3 hingga 0,5. Nilai ini dapat bervariasi tergantung pada jenis material kampas rem, kondisi permukaan gesekan, serta temperatur kerja.

Koefisien gesek yang terlalu rendah akan menyebabkan kendaraan sulit untuk berhenti karena gaya pengereman menjadi kecil, sedangkan koefisien gesek yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keausan berlebihan dan potensi overheat pada sistem rem. Salah satu penyebab penurunan koefisien gesek adalah kontaminasi oli atau air pada permukaan gesek, serta ausnya kampas rem hingga melebihi batas minimum (Maulana dan Prasetyo, 2021).

Dalam studi oleh (Samwijaya, Darmanto dan Syafa'at, 2019) disebutkan bahwa penurunan efisiensi pengereman pada motor juga dipengaruhi oleh

perubahan nilai koefisien gesek akibat keausan dan temperatur kerja rem. Hal ini menunjukkan pentingnya pemeliharaan berkala untuk menjaga permukaan rem tetap bersih dan kampas rem dalam kondisi baik.

3.7 Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan proses untuk mengidentifikasi tingkat keparahan cacat produk (*severity*), frekuensi terjadinya cacat (*occurrence*), dan kemampuan mendeteksi cacat tersebut (*detection*). Setelah itu, dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan ketiga nilai tersebut: *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Hasil penghitungan RPN dari setiap mode kegagalan kemudian digunakan untuk menentukan prioritas penanganan, dengan cara menyusun nilai RPN dari yang tertinggi hingga terendah. Langkah perbaikan selanjutnya difokuskan pada mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi terlebih (Ardiansyah dan Wahyuni, 2018).

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam melakukan analisis dengan metode FMEA:

1. Mengidentifikasi mode atau jenis kegagalan yang mungkin terjadi.
2. Menilai tingkat keparahan (*severity*) dari dampak kegagalan yang terjadi.
3. Menentukan nilai *occurrence*, yaitu frekuensi atau seberapa sering kegagalan tersebut terjadi.
4. Menentukan nilai *detection*, yaitu seberapa besar kemungkinan kegagalan dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan atau proses berikutnya.

Segala potensi kerusakan dapat diminimalkan melalui langkah-langkah pencegahan yang disusun berdasarkan tingkat prioritas. Penentuan skala prioritas ini dilakukan dengan menghitung *Risk Priority Number* (RPN), yaitu angka yang menunjukkan urutan prioritas perbaikan pada komponen dalam suatu sistem. RPN sendiri merupakan nilai numerik yang merepresentasikan risiko dari setiap potensi *failure mode*, yang dihitung berdasarkan tingkat keparahan dampaknya, kemungkinan penyebab terjadi, serta kemungkinan pendeteksiannya. Semakin besar nilai RPN, maka semakin tinggi pula tingkat risikonya. Jika terdapat dua nilai RPN yang sama, maka komponen dengan nilai *severity* (tingkat keparahan) yang lebih tinggi akan mendapat prioritas penanganan terlebih dahulu (Abid dkk., 2023).

Berikut rumus menghitung RPN:

$$RPN = O \times S \times D \quad (2.1)$$

Keterangan:

$S = Severity$

$O = Occurance$

$D = Detection$

Nilai RPN berkisar antara 1 hingga 1000, di mana angka 1 menunjukkan tingkat risiko desain yang paling rendah atau paling kecil yang mungkin terjadi. Nilai RPN dapat digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi masalah yang paling parah, dengan tanda yang menunjukkan tingkat tertinggi yang membutuhkan perawatan prioritas mendesak (Putri, 2023)

Setelah diperoleh nilai RPN untuk setiap *failure mode* atau modus kegagalan, langkah berikutnya adalah menyusun peringkat berdasarkan tingkat kekritisan kegagalan. Dari sini dapat diidentifikasi komponen yang paling kritis, yaitu risiko kerusakan dengan nilai RPN tertinggi. Nilai RPN yang paling tinggi mencerminkan prioritas utama dalam melakukan perbaikan terhadap komponen yang dianggap paling berisiko. Penilaian RPN didasarkan pada tiga elemen utama, yang masing-masing memiliki skala tersendiri. Berikut adalah penjelasan mengenai skala penilaian tersebut:

1. Menentukan tingkat kerusakan (*severity*)

Severity merupakan langkah awal dalam menganalisis risiko, yaitu penilaian terhadap tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan oleh masing-masing mode kegagalan (*failure mode*). Evaluasi tingkat keparahan akibat kerusakan komponen yang berdampak pada kinerja sistem secara keseluruhan.. (Desy dkk., 2014).

2. Menentukan frekuensi (*occurrence*)

Occurrence merupakan tingkat kemungkinan terjadinya suatu kegagalan, khususnya berkaitan dengan potensi kecelakaan kerja yang relevan dengan aktivitas yang dilakukan. Penilaian berdasarkan frekuensi terjadinya kerusakan komponen secara mekanis dalam suatu sistem. Dalam skala penilaian 1 hingga 10, angka 1 menunjukkan bahwa kejadian tersebut sangat jarang terjadi, sedangkan angka 10

menunjukkan bahwa kejadian tersebut hampir pasti akan terjadi atau sulit untuk dihindari (Putri, 2023).



3. Menentukan tingkat deteksi (*detection*)




Digunakan sebagai alat penilaian untuk menentukan tingkat kemudahan dalam mendeteksi suatu mode kegagalan. Komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi dipandang sebagai yang paling kritis dan akan menjadi prioritas utama dalam analisis lanjutan. Apabila terdapat kesamaan nilai RPN antar mode kegagalan, maka penentuan prioritas dilakukan dengan mempertimbangkan nilai *severity* dan *occurrence*. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengenali akar penyebab potensi kegagalan pada komponen serta merancang langkah-langkah pencegahan guna menghindari terjadinya masalah di kemudian hari (Rahman, 2021)

3.8 Metode *Fault Tree Analysis (FTA)*

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode analisis berbentuk grafik yang digunakan untuk menelusuri dan mengidentifikasi penyebab dari berbagai kerusakan atau risiko hingga ke tingkat paling mendasar yang dapat memicu kegagalan sistem pada produk maupun layanan. Pendekatan ini bersifat *top-down*, yaitu dimulai dari asumsi adanya suatu kegagalan utama (*top event*), lalu dianalisis secara bertahap hingga ditemukan penyebab kegagalan yang paling mendasar (*root cause*). Simbol diagram yang menggambarkan hubungan antara *basic event* dan *top event* dikenal sebagai gerbang logika (*logic gate*). Dalam penerapan metode FTA secara kualitatif, digunakan berbagai simbol dan jenis gate, (Al Banna dan Ramadhani, 2023) antara lain:

Tabel 2. 2 Simbol *event* dan *gate* FTA

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Top Event Intermediate Event</i>	Peristiwa yang masih membutuhkan analisis lanjutan
	<i>Or Gate</i>	Output event terjadi jika paling tidak satu input event terjadi

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>And Gate</i>	Suatu peristiwa disebabkan oleh seluruh peristiwa sebelumnya
	<i>Basic Event</i>	Akar Masalah
	<i>Transfer Event</i>	Pemisah peristiwa

Adapun langkah–langkah metode *Fault Tree Analysis* (FTA):

1. Mengidentifikasi kejadian atau kegagalan terpenting dalam sistem (*top level event*). Dalam penelitian ini, menentukan kejadian atau kegagalan terpenting menggunakan metode FMEA yang menghasilkan komponen kritis dalam sistem.
2. Menentukan faktor penyebab kegagalan, ada dua tahap yaitu *intermediate event* dan *basic event*. *Intermediate event* digunakan untuk mengetahui penyebab kegagalan terjadi sedangkan *basic event* digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dasar dari kegagalan sehingga tidak memungkinkan lagi untuk diidentifikasi.
3. Membuat pohon kesalahan setelah kejadian atau kegagalan terpenting telah teridentifikasi, langkah berikutnya adalah menyusun urutan sebab akibat pohon kesalahan. Pembuatan pohon kesalahan dilakukan dengan menggunakan simbol–simbol dalam FTA.
4. Menganalisa pohon kesalahan, analisa pohon kesalahan dilakukan untuk memperoleh informasi yang jelas dari suatu sistem dan perbaikan perbaikan apa yang harus dilakukan pada sistem. Tahap analisis pohon kesalahan dapat dibedakan, yaitu:
 - a. Menyederhanakan pohon kesalahan dengan cara menghilangkan cabang–cabang yang memiliki kemiripan karakteristik. Tujuannya adalah untuk mempermudah dalam melakukan analisis sistem lebih lanjut.
 - b. *Review* hasil analisis dilakukan untuk mengetahui kemungkinan

perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem.

3.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian Penyusunan ini merujuk pada beberapa jenis penelitian yang relevan sehingga dapat dijadikan sebagai sumber referensi pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Dari penelitian yang telah dilakukan di bawah bahwa terdapat hal-hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian yang telah dilaksanakan seperti di bawah sehingga dapat disimpulkan untuk dapat memperjelas perbedaan dan hasil dari penelitian yang akan dilakukan, antara lain:

1. Pembahasan pada penelitian ini yaitu identifikasi kegagalan sistem rem rem utama dan rem parkir pada kendaraan L300 yang melakukan pengujian di Seksi Pengujian Dinas Perhubungan Kabupaten Boyolali yang dimana belum pernah dilakukan
2. Metode yang digunakan menggabungkan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) secara langsung terhadap data kendaraan yang gagal uji, yang diperoleh melalui wawancara mekanik dan pemilik kendaraan, serta observasi kerusakan aktual
3. Penelitian ini menghasilkan penyebab kegagalan sistem rem L300 serta rekomendasi spesifik terkait perawatan dan pemeliharaan sistem rem kendaraan L300, sehingga memberikan manfaat praktis bagi pengemudi, bengkel, dan instansi terkait, yang tidak ditemukan pada penelitian sebelumnya yang lebih bersifat analitis atau teoritis.

Tabel 3. 1 Penelitian terdahulu

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Implementasi FMEA Pada Kegagalan Komponen <i>Pneumatic Brake System</i> Kendaraan Berat (Hakim dkk., 2022)	<i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA) dan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	Menunjukkan kegagalan sistem rem karena faktor manusia dan mesin, fokus pada kendaraan berat dan komponen pneumatik.
2.	Analisis <i>Defect</i> Proses Produksi Songkok	Metode Kegagalan dan Analisis Efek	Identifikasi <i>defect</i> produk songkok menggunakan FMEA dan FTA

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Berbasis FMEA dan FTA (Lestari dan Mahbubah, 2021)	serta Analisis Pohon Kesalahan	untuk menemukan penyebab cacat produksi.
3.	Upaya Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode FMEA (Paquita dan Laksono, 2022)	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	FMEA digunakan untuk menemukan faktor kegagalan dalam proses trimming dan solusi dengan pendekatan 5W+1H.
4.	Pengaruh Variasi Beban Muatan terhadap Efisiensi Rem Mitsubishi L300 (Jusnita dan Danur, 2023)	Eksperimen Variasi Beban Muatan	Membahas pengaruh beban terhadap efisiensi pengereman; semakin besar beban, efisiensi rem menurun.
5.	Analisis Kualitas Material Kampas Rem Mitsubishi dan Indopart (Wijanarko dan Lufti, 2024)	Uji Kekerasan, Uji Keausan, dan Analisis Komposisi Material	Membandingkan kualitas material kampas rem berdasarkan uji keausan dan kekerasan material.

