

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Penelitian Terdahulu

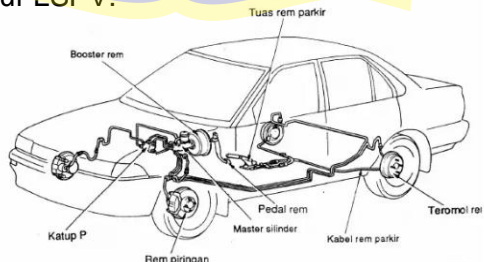
Beberapa penelitian terdahulu terkait *penggunaan Load sensing proportioning valve* (LSPV) belum terdapat point yang meneliti terkait distribusi beban dan gaya pengereman akan tetapi beberapa penelitian yang sudah ada pada tabel dibawah ini bisa dijadikan referensi diantaranya adalah :

NO	PENELITI (Tahun)	JUDUL	KESIMPULAN	CELAH PERBEDAAN
1	Setiawan & Budianto (2022)	Analaisis pengaruh beban terhadap jarak henti pada kendaraan dengan LSPV	LSPV efektif mengurangi jarak henti pada kondisi bermuatan	Hanya melakukan pengukuran terhadap jarak berhenti bukan pada distribusi beban dan gaya pengereman
2	Pramudya & Septiyanto (2021)	Simulasi karakteristik katup proporsi berbasis beban menggunakan software hydraulic	Berhasil memodelkan kurva tekanan ideal berdasarkan variasi beban	Penelitian bersifat teoritis tanpa melakukan pengujian fisik langsung pada kendaraan
3	Jatmiko dkk (2020)	Pengujian kinerja rem dengan brake tester roller pada kendaraan niaga	Ditemukan beberapa kendaraan yang memiliki ketidakseimbangan gaya yang melebihi batas toleransi/ batas aman	Pengukuran hanya per sumbu tidak per roda sehingga ketidakseimbangan roda kanan roda kiri tidak terdeteksi

1.2 Sistem Pengereman kendaraan Bermotor

Rem merupakan komponen utama dalam sistem kendaraan bermotor yang berperan penting dalam mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan di jalan raya (Novianto, Turasno, Ismail, & Achmaditiya, 2024). Sistem pengereman adalah serangkaian komponen-komponen dari kendaraan yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan, menghentikan kendaraan dan menahan kendaraan tetap diam pada saat parkir. Prinsip kerja sistem rem adalah mengubah tenaga kinetik menjadi tenaga panas dengan cara menggesekkan dua buah logam pada benda yang berputar sehingga putarannya akan melambat. Pada dasarnya besar ideal gaya rem yang dibutuhkan setiap kendaraan adalah berbeda, begitu juga dengan distributor ideal gaya rem pada setiap roda untuk setiap kendaraan berbeda (Alwi, 2022). Besarnya gaya pengereman dan tingkat efisiensi yang dihasilkan pada proses pengereman ini menjadi tolak ukur tingkat efektifitas sistem pengereman pada suatu kendaraan. Pada saat terjadi pengereman, suhu kerja pada komponen sangat mempengaruhi tingkat pengereman. Suhu kerja yang berlebih (overheating) dapat menyebabkan rem blong, karena kerja dari rem sendiri menjadi kurang maksimal (Jusnita, Fitry, & Selvianty, 2022)

Seiring dengan perkembangan teknologi otomotif di Indonesia, produsen kendaraan menambahkan teknologi baru dalam sistem pengereman untuk efektifitas pengereman dan safety atau menambah keamanan pada saat proses pengereman. Salah satu yang dikembangkan adalah penggunaan fitur LSPV.



Gambar 2.1 Komponen sistem rem pada kendaraan

Sumber : (Pusdiklat Perhubungan Darat, 2009)

1.2.1 Komponen-komponen rem

Komponen rem terdiri dari beberapa bagian antara lain :

- a) Pedal rem
- b) Master silinder
- c) Booster rem
- d) Katup pengimbang
- e) Selang fleksibel
- f) Rem roda

1.2.2 Jenis-jenis Rem

Jenis rem berdasarkan konstruksi dan mekanisme kerja dibagi menjadi beberapa bagian antara lain :

1.2.2.1 Rem berdasarkan Konstruksi

Jenis rem berdasarkan konstruksinya dibedakan menjadi dua yaitu rem cakram dan rem tromol.

- a) Rem cakram

Rem cakram (*disc brake*) terdiri dari cakram (*disc rotor*) yang terbuat dari besi tuang yang berputar dengan roda, dan *disc pad* yang berfungsi untuk mendorong dan menjepit cakram. Komponen utama dari sistem rem cakram meliputi piringan cakram sebagai media gesek, master silinder rem sebagai penghasil tekanan hidrolik, piston yang menerima tekanan dari master dan mendorong kampas, selang rem sebagai penghubung aliran fluida rem, kaliper rem sebagai rumah piston dan kampas, serta kampas rem itu sendiri sebagai elemen yang menciptakan gesekan terhadap cakram (Setiyawan, Mulyono, Saleh, & Zainudin, 2025). Pada rem cakram, putaran roda dikurangi atau dihentikan dengan cara penjepitan cakram (*disc*) oleh dua bilah sepatu rem (*brake pads*) (Putra & Agusty, 2020). Daya pengereman dihasilkan karena gesekan antara *disc pad* dan *disc rotor*. Komponen dari rem cakram terdiri dari :

- Cakram / piringan
Terbuat dari besi tunag kelabu berbentuk lingkaran yang dipasang atau disatukan dengan roda sehingga apabila roda berputar cakram juga ikut berputar.
- Pad
Fungsi dari pad /bantalan rem ini untuk memberikan gesekan pada piringan saat mendapatkan tekanan hidrolik dari master silinder.
- Caliper
Caliper adalah rumah piston yang dibedakan menjadi 2 macam yaitu *floating caliper* dan *fixed caliper*.
- Piston
Piston ini berfungsi untuk menekan masing-masing sisi piringan cakram.



Gambar 2.2 Rem Cakram

Sumber : (Hidayat, Ridwan, & Santoso, 2025)

b) Rem tromol

Rem tromol, adalah sistem pengereman tertutup yang menggunakan komponen berbentuk seperti mangkuk yang diletakan dibagian luar kampas rem . Komponen berbentuk mangkuk ini, dinamakan tromol dan terhubung dengan roda kendaraan. Sementara didalam tromol rem, terdapat dua buah kampas rem yang memiliki luas penampang cukup lebar. Saat rem diaktifkan kedua kampas rem akan menekan

permukaan dalam tromol rem ke arah luar, sehingga gerakan tromol dan roda dapat berhenti. Sistem rem tromol terdiri dari beberapa komponen antara lain :

- Tromol rem (Drum rem)
Tromol rem (brake drum) adalah komponen rem tromol yang merupakan komponen akhir karena tromol rem langsung berhubungan dengan roda. Tromol rem terbuat dari bahan besi tuang yang tahan panas.
- Sepatu rem
Merupakan komponen yang berfungsi untuk menekan atau menghentikan tromol rem. Sepatu rem terbuat dari plat baja dan kanvas rem dipasang dengan cara dikeling atau dilem.
- Silinder roda
Silinder roda yang terdiri atas bodi dan piston, berfungsi untuk dorong sepatu rem ke tromol dengan adanya tekanan hidraulik dari master silinder. Satu atau dua silinder roda digunakan pada tiap unit rem tergantung pada modelnya.
- Backing plate
Plat penahan terpasang di rumah poros atau axle housing dan tidak bisa berputar. Plat penahan sebagai tempat dudukan dari semua komponen rem tromol.
- Pegas pembalik
Pegas pembalik akan menarik sepatu rem ke posisi semula agar membebaskannya dari tromol sesaat injakan pedal dilepaskan. Pegas pengembali sepatu rem selalu jenis pegas coil. Pegas pengembali terhubung antara sepatu rem yang satu ke sepatu rem yang lain dan ada juga dari sepatu rem yang satu ke dudukan stasioner yang ada pada plat penahan.



Gambar 2.3 Rem Tromol

Sumber : (Novianto, Turasno, Ismail, & Achmaditiya, 2024)

1.2.2.2 Rem berdasarkan mekanisme kerja

Jenis rem berdasarkan mekanisme kerja dibedakan menjadi tiga yaitu rem kaki, rem parkir dan rem tambahan .

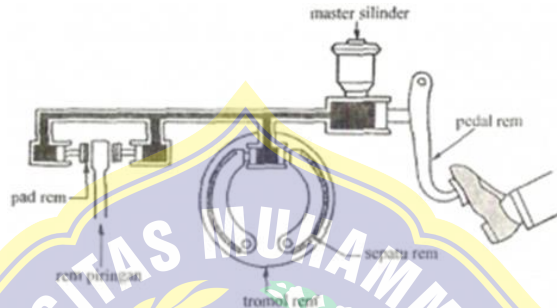
a) Rem kaki

Rem kaki adalah salah satu sistem rem yang mekanisme pengeremannya menggunakan kaki. Rem kaki biasanya digunakan pada kendaraan ringan. Rem kaki dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu rem kaki hidrolik dan rem kaki pneumatik.

a. Rem hidrolik

Sistem Rem Hidrolik merupakan sistem rem yang menggunakan media fluida cair sebagai media penghantar/ penyalur gerakan. *Rem Hidraulis* bekerja berdasarkan hukum pascal yang berbunyi “Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah”. Sistem pengereman hidrolik terdiri dari beberapa komponen utama antara lain, master silinder, caliper atau silinder roda, cakram atau pun tromol dan kabel atau pipa rem (Alwi, 2022). Sistem Rem Hidrolik ini bekerja yaitu apabila Tuas pedal rem diinjak maka tuas akan meneruskan gerakan ke *Master Cylinder*, didalam *Master Cylinder* 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 dirubah kembali menjadi gerakan/kinetik oleh *Actuator Cylinder* untuk menggerakkan Sepatu rem untuk menekan tromol/ disc supaya terjadi proses pengereman.

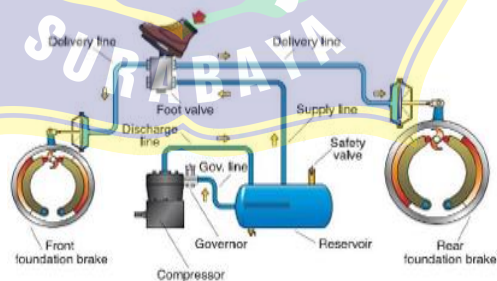


Gambar 2.4 Sistem rem hidrolik

Sumber : (IPKBI, 2021)

b. Rem pneumatik

Sistem Rem pneumatik merupakan sistem rem yang menggunakan media fuida gas sebagai penghantar/penyalur gerakan. Dalam Sistem ini konstruksi tidak terlalu rumit karena sistem rem ini merupakan sistem rem tambahan untuk membantu sistem rem kendaraan.



Gambar 2.5 Sistem rem Pneumatik

Sumber : (IPKBI, 2021)

b) Rem parkir

Rem parkir atau parking brake berfungsi untuk melakukan pengereman pada kendaraan saat kendaraan tersebut berhenti atau parker. Rem parkir berfungsi untuk menahan kendaraan pada posisi berhenti yang lama, terutama pada jalan yang berelevasi /membentuk kemiringan.

c) Rem tambahan

Rem tambahan biasanya berupa *Exhaust Brake*, yaitu melalui penutupan sebagian lubang gas buang sehingga mesin bekerja seperti kompresor dan berfungsi sebagai rem perlambat. Rem ini berfungsi untuk membantu mengurangi sebagian beban rem utama dan mencegah panas berlebih (Surendar & Senthilkumar, 2022). Rem tambahan ini biasanya digunakan pada kendaraan- kendaraan dengan beban yang berat seperti truk, bus, dll

1.3 Load Sensing Proportioning Valve (LSPV) / katup pengimbang

Load Sensing Proportioning Valve (LSPV) bekerja secara otomatis untuk mengatur tekanan minyak rem pada roda belakang akibat adanya perubahan beban pada kendaraan. LSPV secara langsung akan membuat perbedaan tekanan minyak rem antara roda depan dengan roda belakang terutama disaat beban kendaraan berubah (Lesmana & Anugerah, 2019). Untuk mengantisipasi gerakan yang tidak stabil pada ban dan mobil belakang saat pengereman, maka dipergunakanlah sistem pembagian tekanan minyak rem. Slip yang berlebihan pada roda belakang akan mendorong bodi mobil kedepan sehingga mobil menjadi tidak stabil dan sulit dikendalikan lagi. LSPV adalah katup hidrolis yang digunakan dalam sistem pengereman otomotif untuk mengatur tekanan

rem belakang berdasarkan beban yang dibawa oleh kendaraan. Ini memastikan distribusi gaya rem yang optimal antara roda depan dan belakang, meningkatkan stabilitas dan kontrol selama pengereman. Sistem katup pengimbang digunakan pada sistem kerja rem belakang untuk mengatur tekanan rem pada roda belakang kendaraan. Sistem ini membantu kerja rem menjadi lebih stabil pada saat kendaraan ringan beban dan meningkatkan daya kerja rem dari belakang pada saat beban kendaraan bertambah. Intinya sistem ini membagi tekanan minyak rem secara proporsional ke masing-masing roda. Katup pengimbang biasanya terletak didasar rangka mobil yang berdekatan dengan sistem suspensi roda belakang. Tekanan minyak rem ke dalam sistem rem belakang diatur oleh sebuah tuas katup (*servo*), kemudian terdapat sebuah pegas bersensor yang menghubungkan dengan sebuah tungkai yang terhubung ke penyeimbang belakang. Sumbu penyeimbang ini berputar ketika beban kendaraan bertambah dan merenggangkan pegas bersensor ini sehingga menimbulkan tegangan. Tegangan inilah yang menimbulkan tenaga yang diaplikasikan kedalam tuas LSPV, yang berfungsi sebagai penekan untuk membuka lubang di dalam katup, dan inilah yang mengalirkan jumlah cairan minyak kedalam rem belakang secara langsung terhadap beban yang ada di dalam kendaraan. Jadi, tekanan rem menjadi lebih proporsional ke setiap roda sehingga lebih efektif dalam membantu rem guna menghentikan kendaraan.



Gambar 2.6 Komponen sistem LSPV
Sumber : Photo Pribadi

1.4 Pengujian Rem Kendaraan Bermotor

Dalam peraturan pemerintah nomor 55 tahun 2012 tentang kendaraan disebutkan pada pasal 1 ayat 9 bahwa Pengujian Kendaraan Bermotor adalah serangkaian kegiatan menguji dan/atau memeriksa bagian atau komponen Kendaraan Bermotor, Kereta Gandengan, dan Kereta Tempelan dalam rangka pemenuhan terhadap persyaratan teknis dan laik jalan. Pengujian terhadap persyaratan laik jalan sebagaimana dimaksud pada pasal 54 ayat (1) sekurang-kurangnya meliputi: emisi gas buang Kendaraan Bermotor, dimana kebisingan, kemampuan rem utama, kemampuan rem parkir, kincup roda depan, kemampuan pancar dan arah sinar lampu utama, akurasi alat penunjuk kecepatan dan kedalaman alur ban sesuai dengan ambang batas yang telah ditetapkan didalam peraturan perundang-undangan. Efisiensi sistem rem sebagaimana dimaksud dalam Pasal 64 ayat (2) huruf c dan huruf d harus memenuhi hasil pengukuran dengan perlambatan paling sedikit 5 (lima) meter per detik kuadrat.

Sebagai acuan untuk menghitung efisiensi rem akan digunakan rumus yang sesuai dengan hukum kedua newton, dimana :

$$F = m \cdot a \quad \dots\dots\dots 2.1$$

$$m = \frac{w}{g} \quad \dots\dots\dots 2.2$$

$$F = \frac{w}{g} \cdot a \quad \dots\dots\dots 2.3$$

$$F \cdot g = W \cdot a \quad \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana: F : Gaya (newton)

m : Massa benda (Kg)

g : gaya gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

a : percepatan atau perlambatan ($\frac{m}{s^2}$)

Dengan asumsi $g = 10 \frac{m}{s^2}$ dan perlambatan yang telah ditentukan sebesar $5 \left(\frac{m}{s^2}\right)$, maka didapat efisiensi gaya pengereman sebesar :

$$F10 \frac{m}{s^2} = W. 5 \frac{m}{s^2} \dots\dots\dots 2.5$$

Sehingga :

$$F = \frac{1}{2} W$$

$$F = 50\%W \dots\dots\dots 2.6$$

50% dari berat kendaraan merupakan efisiensi rem minimum sebagai syarat kelulusan uji rem utama sesuai dengan amanat perundangan yang berlaku.

1.5 Alat Uji Rem

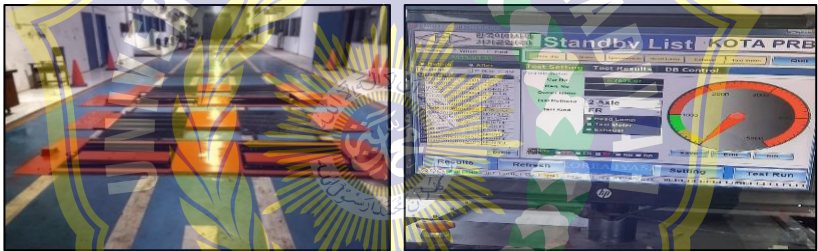
Brake tester / alat uji rem yang digunakan pada penelitian ini adalah alat uji merk Kiyasaka tipe KBT-1000SIS-AV-1 yang merupakan alat pabrikan dari korea. Dalam alat ini sudah terhubung pada komputer dan aplikasi yang dapat mengolah dan menampilkan data-data pengereman berupa berat tiap sumbu kendaraan, besar gaya pengereman tiap roda dan juga besarnya penyimpangan gaya pengereman pada tiap sumbu kendaraan antara roda kanan dan roda kiri dan juga besarnya efisiensi rem parkir. Untuk menjamin keakuratan alat yang digunakan untuk menguji kendaraan setiap tahun seu a lat uji yang digunakan wajib terkalibrasi oleh pihak yang berwenang yaitu Ditjen Sarana Kementrian Perhubungan RI.

1.5.1 Spesifikasi brake tester/alat uji rem

Berikut adalah spesifikasi lengkap alat uji brake tester yang digunakan pada penelitian ini :

Tabel Spesifikasi Brake Tester 1 1

Nama alat	<i>Brake Tester</i>
Merek	KIYASAKA
Tipe	KBT-1000SIS-AV1
Produsen Pembuat	Korea
Max. Load/Axle	15.000 kg
Max. Braking Force	10.000 kg
Roller Diameter	124 mm
Roller Length	1000 mm
Revolution	8.4 rpm (@5 kmh)
Sensor Brake (L/R)	Load Cell
Sensor Axle Load	Load cell
Power Source Indicator	220 V, 50-60 Hz
Dimension (L x W x H)	4000 mm x 810 mm x 540 mm

Gambar 2.7 Alat Uji *Brake Tester*

Sumber : (Foto pribadi)

Axle load meter berada ditengah-tengah *roller brake* yang juga berfungsi sebagai lift untuk menaikkan atau menurunkan kendaraan pada saat akan diukur efisiensi remnya. *Roller brake* adalah bagian yang akan memutar roda kendaraan, yang dilengkapi dengan sensor *braking force* untuk mengukur gaya yang dihasilkan pada proses pengereman

1.5.2 Pengoperasian dan Cara Kerja Alat Uji Rem

Alat uji rem (*brake tester*) merk Kiyasaka tipe KBT-1000SIS-AV1 yang terdapat pada UPTD Pengujian kendaraan bermotor kota Probolinggo ini terintegrasi dengan aplikasi ABS

system (Aligment, Brake and Speedometer) system, sehingga dalam aplikasi ABS system ini memberikan tiga hasil pengujian sekaligus yaitu pengujian kincup roda depan, pengujian rem utama dan rem parkir serta pengujian ketepatan alat penunjuk kecepatan kendaraan (*speedometer tester*).

Langkah-langkah pengoperasian alat uji *brake tester* adalah sebagai berikut :

- a) Menghidupkan / mengaktifkan alat dengan menekan tombol “ON”
- b) Aktifkan komputer dan buka aplikasi ABS System, tunggu sampai aplikasi siap / dalam mode standby
- c) Input data kendaraan (nomor kendaraan)
- d) Posisikan roda kendaraan tepat diatas papan axle load, sensor berat dari alat secara otomatis akan mendeteksi dan melakukan penimbangan berat sumbu kendaraan, hasil penimbangan berat sumbu akan ditampilkan pada layar.
- e) Papan lift akan turun dan roller brake berputar
- f) Instruksikan sopir untuk menekan pedal rem ketika pada layar monitor muncul perintah “BRAKE”
- g) Proses pengujian rem berlangsung, roller brake akan memutar roda kendaraan dan pada saat pedal rem diinjak maka sensor braking force akan tertekan dan memunculkan nilai gaya pengereman (Kg) dan prosentase gaya pengereman terhadap berat sumpunya (%) serta prosentase selisih gaya pengeeman antara roda kiri dan kanan (%).
- h) Lift brake akan terangkat dan dilanjutkan untuk pengukuran berat sumbu berikutnya
- i) Ulangi tahapan proses (d) sampai dengan (g)
- j) Instruksikan pengemudi untuk menarik rem tangan?rem parkir ketikan pada layar muncul perintah “PULL”

- k) Proses pengujian rem parkir berlangsung dan hasil prosentasi pengereman akan ditunjukkan pada layar.
- l) Setelah hasil gaya pengereman rem utama dan parkir selesai muncul result dari pengujian rem dengan hasil “ O” yang artinya memenuhi atau “Lulus” atau hasil “X” yang berarti tidak memenuhi atau “Tidak Lulus”.

Untuk menghitung besarnya gaya pengerem tiap sumbu kendaraan dapat dihitung dengan rumus :

$$\sum \eta = \frac{(F1L+F1R)}{s1} + \frac{(F2L+F2R)}{s2} \times 100\% \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana : $\sum \eta$ = gaya rem utama (S1+S2)
 F1L = brake force sumbu 1 sisi kiri
 F1R = brake force sumbu 1 sisi kanan
 F2L = brake force sumbu 2 sisi kiri
 F2R = brake force sumbu 2 sisi kanan
 S1 = berat kendaraan sumbu 1
 S2 = berat kendaraan sumbu 2

Sedangkan untuk efisiensi gaya pengereman pada sumbu 2 diperoleh dari perhitungan (Herfien, 1981) :

$$\eta = \frac{(F2L+F2R)}{s2} \times 100\% \dots\dots\dots 2.8$$

Dimana : η = efisiensi gaya rem pada sumbu 2
 F2L = brake force sumbu 2 sisi kiri
 F2R = brake force sumbu 2 sisi kanan
 S2 = berat kendaraan sumbu 2

Untuk besar penyimpangan gaya pengereman tiap sumbunya dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Diff (x)} = \frac{F(x)L - F(x)R}{S(x)} \times 100\% \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana : Diff (x) = Penyimpangan gaya rem sumbu x (%)

F(x)L = brake force sumbu x sisi kiri (kg)

F(x)R = brake force sumbu x sisi kanan (kg)

Sx = berat kendaraan sumbu x (kg)

