

**PERBEDAAN PENGGUNAAN SEPATU REM OES (*ORIGINAL
EQUIPMANT SPAREPART*) DENGAN SEPATU REM NON ORIGINAL
TERHADAP KEAUSAN PERMUKAAN SEPATU REM TROMOL
SEPEDA MOTOR YAMAHA MIO TAHUN 2012**

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Otomotif sebagai salah Satu
persyaratan Guna memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*

SKRIPSI



Oleh:

**ARI JONNEDI RAIS
NIM: 00628/2008**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*)
Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan
Sepatu Rem Tromol Sepeda Moter Yamaha Mio Tahun 2012

Nama : Ari Jonnedi Rais
NIM / BP : 00628 / 2008
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, April 1016

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Drs. Martias, M. Pd

NIP. 19640801 199203 1 003



Donny Fernandez, S. Pd, M. Sc

NIP. 19790118 200312 1 003

Ketua Jurusan Teknik Otomotif



Drs. Martias, M. Pd

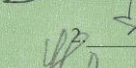
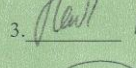
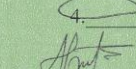
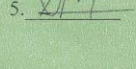
NIP. 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN PENGUJI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES
(*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu
Rem Non Original Terhadap Keausan
Permukaan Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor
Yamaha Mio Tahun 2012
Nama : Ari Jonnedi Rais
NIM : 00628
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, April 2016

	Nama	Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Ketua	Drs. Martias, M. Pd		1. 
2. Sekretaris	Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc		2. 
3. Anggota	Drs. Hasan Maksum, MT		3. 
4. Anggota	Wagino, S.Pd, M.Pd.T		4. 
5. Anggota	Dwi Sudaruo Putra, ST, MT		5. 



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN
TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751)7055922, FT: (0751)705644, 445118, Fax. 7055644
e-mail: info@ft.unp.ac.id



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ari Jonnedi Rais
Nim/Bp : 00628/2008
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Padang

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi /Tugas Akhir/ Proyek Akhir saya dengan judul: **Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2012**. Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, April 2016



Saya menyatakan,

Ari Jonnedi Rais
Nim:00628

ABSTRAK

Ari Jonnedi Rais. 2016. Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2012.

Penelitian ini bertujuan mengungkapkan Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2012. Pertanyaan yang diajukan dalam penelitian ini adalah: Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2012.

Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Pre-Eksperimental Design (nondesign)* dengan model *One-Shot Chase Study*. Sampel dalam penelitian ini menggunakan empat jenis sepatu rem berbeda yang biasa digunakan pada sepeda motor mio. Penelitian dilakukan tanggal 05 Februari 2016 sampai dengan tanggal 09 Februari 2016 yang bertempat di *workshop* Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Jenis analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan rumus penghitungan nilai keausan sepatu rem dan untuk menghitung persentase nilai keausan sepatu rem, dapat menggunakan rumus perhitungan persentase nilai keausan.

Dari analisis data hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat perbedaan nilai keausan pada penggunaan masing-masing sepatu rem. Nilai keausannya pada beban 3 kg dan putaran awal roda 1000 rpm, sepatu rem merk Yamaha Genuine Part $2,77 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, Aspira $4,92 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, Choho $3,51 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, dan Binapart $5,53 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik. Nilai keausan terkecil yaitu sepatu rem merk Yamaha Genuine Part dengan nilai $2,77 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, diikuti Choho $3,51 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, Aspira $4,92 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, dan keausan tertinggi merk Binapart dengan nilai keausan $5,53 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, sedangkan persentase keausan dapat disimpulkan bahwa Yamaha Genuine Part mempunyai nilai persentase keausan paling rendah yaitu sebesar 0,00243%, sedangkan nilai keausan paling tinggi terjadi pada percobaan kedua dan ketiga pada merk Binapart dengan nilai keausan sebesar 0,01167%.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alam, puji dan syukur peneliti ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2012”**.

Selawat beserta salam semoga selalu menyertai junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW. Pembuatan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Jurusan Teknik Otomotif di Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Dalam pembuatan skripsi ini, peneliti telah banyak mendapatkan bantuan dan arahan baik moril maupun materil dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Drs. Syahril, ST., MSCE., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif FT-UNP sekaligus Penasehat Akademis peneliti dan selaku pembimbing I.
3. Bapak Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Otomotif FT-UNP dan selaku pembimbing II.
4. Bapak Drs. Hasan Maksum, MT, selaku penguji I.
5. Bapak Wagino, S.Pd, M.Pd.T, selaku penguji II.

6. Bapak Dwi Sudarno Putra, ST, MT, selaku penguji III.
7. Semua Dosen dan Staf Teknisi Jurusan Teknik Otomotif FT- UNP.
8. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan motivasi dan dukungan secara moril dan materil.
9. Rekan mahasiswa seperjuangan, teman-teman dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Peneliti berharap semoga bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapat imbalan dari Allah SWT. Peneliti mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang nantinya dapat menyempurnakan isi skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan peneliti khususnya.

Padang, Februari 2016

Peneliti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori.....	9
1. Keausan	9
2. Rem	20
B. Penelitian yang Relevan	34
C. Kerangka Konseptual	36
D. Pertanyaan Penelitian	37
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Desain Penelitian.....	38
B. Jenis dan Sumber data	39
C. Variabel Penelitian	40
D. Definisi Operasional Variabel Penelitian	40
E. Objek Penelitian	41
F. Instrumentasi dan Teknik Pengumpulan Data	42
G. Tempat Penelitian.....	46
H. Teknik Analisis Data	46

BAB IV HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Data	47
B. Analisis Data	51
C. Pembahasan	53

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	55
B. Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor.....	1
2. Harga Sepatu Rem	6
3. Komposisi Sepatu Rem Secara Umum untuk Asbes	31
4. Karakteristik Sifat Mekanik Bahan.....	33
5. Spesifikasi Sepeda Motor Yamaha Mio <i>Sporty</i> CW.....	41
6. Format Tabel Penghitungan Luas Bidang Kontak Sepatu Rem.	44
7. Format Tabel Pengukuran Kecepatan Gesek Sepatu Rem.....	45
8. Format Tabel Berat Hilang Sepatu Rem.	45
9. Luas Bidang Kontak Sepatu Rem	47
10. Hasil Pengujian Keausan Sepatu Rem.	48
11. Hasil Pengukuran Kecepatan Gesek Putaran Roda.....	49
12. Persentase Nilai Keausan Sepatu Rem.....	52

.

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Laju (v) dari titik P sama dengan $r \cdot \omega$	15
2. Berkurangnya Koefisien Gesek Akibat Naiknya Temperatur	18
3. Luas Bidang Kontak sepatu Rem.....	19
4. Prinsip Kerja Rem.....	21
5. Hubungan Kecepatan Dengan Jarak Pengereman	22
6. Macam-Macam Rem Tromol.....	25
7. Cara Kerja Rem <i>Leading & Trailing</i>	25
8. Sepatu Rem	28
9. Skema Kerangka Konseptual	36
10. Desain Penelitian	39
11. Pembatasan Beban	43
12. Grafik Tingkat Keausan Sepatu Rem.....	49
13. Grafik Putaran Roda saat Pengujian	50
14. Grafik Persentase Nilai Keausan Sepatu Rem	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian	56
2. Bukti Penelitian.....	57
3. Data Penelitian	58
4. Perhitungan Nilai Keausan.....	59
5. Perhitungan Persentase Keausan.....	64
6. Foto Penelitian	66
7. Faktur Pembelian Sepatu Rem Yamaha.....	71

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu sarana penting dari subsektor angkutan darat adalah kendaraan bermotor. Perkembangan kendaraan bermotor secara langsung memberikan gambaran mengenai kondisi subsektor angkutan darat. Jumlah kendaraan bermotor yang cenderung meningkat, merupakan indikator semakin tingginya kebutuhan masyarakat terhadap sarana transportasi yang memadai sejalan dengan jumlah penduduk yang semakin tinggi.

Tabel 1. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Dirinci Menurut Jenisnya Tahun 2009-2013

Jenis Kendaraan	2009	2010	2011	2012	2013	Pertumbuhan Tahunan (%)
Mobil penumpang	7 910 407	8 891 041	9 548 866	10 432 259	11 484 514	9,11
Bis	2 160 973	2 250 109	2 254 406	2 273 821	2 286 309	1,42
Mobil barang	4 498 171	4 687 789	4 958 738	5 286 061	5 615 494	5,70
Sepeda motor	52 767 093	61 078 188	68 839 341	76 381 183	84 732 652	12,57
Jumlah	67 336 644	76 907 127	85 601 351	94 373 324	104 118 969	11,51

(Sumber: Statistik transportasi 2013)

Dari tabel 1 di atas pada periode 2009-2013, terdapat peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi yaitu 11,51 persen per tahun. Peningkatan jumlah kendaraan terjadi pada setiap tahunnya terutama pada sepeda motor 12,57 persen per tahun kemudian mobil penumpang, mobil barang, dan bis masing-masing 9,77 persen, 5,70 persen, dan 1,42 persen per tahun.

Pada akhir-akhir ini banyak kecelakaan terjadi di jalan raya baik sepeda motor, mobil maupun bus dan truk. Berdasarkan data yang didapat dari Badan Pusat Statistik Sumatera Barat tercatat angka kecelakaan selama periode 2009-2013, jumlah kecelakaan lalu lintas mengalami kenaikan rata-rata 12,29 persen per tahun. Kenaikan jumlah kecelakaan diikuti oleh kenaikan jumlah korban meninggal dunia, luka berat, dan luka ringan yaitu 7,23 persen, 4,92 persen, dan 15,10 persen. Sedangkan nilai kerugian materi akibat kecelakaan mengalami peningkatan rata-rata 17,06 persen per tahun (Statistik Transportasi Tahun 2013).

Sebagian dari kasus kecelakaan adalah akibat rem yang tidak bekerja dengan baik. Hal ini bukan berarti akibat kualitas rem yang buruk tetapi lebih banyak akibat kelalaian manusia dalam perawatan kendaraan terutama pada pemilihan suku cadang. Pengguna kendaraan bermotor tidak menyadari bahwa efektifitas kerja rem merupakan bagian penting dan berperan terhadap faktor keamanan dan keselamatan berkendara. Semakin tinggi kecepatan kendaraan tersebut melaju maka semakin tinggi pula tuntutan kemampuan sistem rem yang lebih handal dan optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan.

Sistem rem berfungsi memperlambat, mengatur dan mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Untuk mengendalikan putaran tersebut pengemudi akan menekan pedal rem dengan variasi tekanan yang berbeda. Kemudian disaat pengemudi mulai menekan pedal rem terjadi perbedaan besar tekanan pada pedal rem yaitu mulai dari tekanan kecil sampai tekanan maksimal.

Variasi tekanan pedal rem tersebut umumnya terjadi pada kondisi jalan yang dilalui, kondisi jalan tersebut diantaranya pada saat jalan menurun, jalan yang bergelombang/berlubang, arus kendaraan yang ramai, disaat kendaraan akan berbelok dan lain sebagainya.

Besarnya tekanan pada sepatu rem sehingga menyebabkan semakin besarnya gesekan yang terjadi antara sepatu rem dengan rotor/tromol. Dengan besarnya gesekan pada sepatu rem akan menghasilkan energi panas pada sepatu rem. Daswarman (1999: 26) menyatakan “gesekan sepatu rem atau pad dengan tromol atau piringan mengubah energi kinetik gerakan roda menjadi energi panas yang mengakibatkan roda atau piringan dari kendaraan berhenti”.

Besarnya gesekan yang terjadi pada sepatu rem disebabkan karena adanya gaya normal dan koefisien gesek. Tipler (1998: 124) menyatakan “koefisien gesekan kinetik (μ_k) didefinisikan sebagai rasio besarnya gaya gesekan kinetik (f_k) dan gaya normal (F_n)”. Setiap material sepatu rem/ bahan gesek memiliki koefisien gesek yang berbeda, untuk material sepatu rem Asbes memiliki koefisien gesek 0,31-0,49 dan untuk material sepatu rem Non Asbes memiliki koefisien gesek 0,33-0,63 (Shigley & Mischke, 2001: 1021). Besarnya gaya gesekan maka akan meningkatkan panas akibat gesekan tersebut sehingga menyebabkan terjadinya hilang gesekan pada sepatu rem. Halderman & Mitchell (2004: 58) mengatakan “*the brake system components can overheat and lose effectiveness, or possibly fail altogether this loss of braking power is called brake fade*”. Artinya: komponen sistem

rem akan dapat menjadi terlalu panas dan kurang efektivitas, atau sangat kehilangan efektivitas, kehilangan daya pengereman ini disebut *brake fade*.

Gesekan yang terjadi antara dua benda atau lebih akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada permukaan benda tersebut terlebih pada permukaan yang lebih lunak sehingga akan menyebabkan terjadinya pengikisan pada permukaan benda tersebut. Abu Bakar. et. al, (2006) dalam artikelnya menyatakan “*Wear can take place when two or more bodies in frictional contact slide against each other*”. Artinya: keausan bisa terjadi ketika dua atau lebih benda dalam slide kontak gesekan terhadap satu benda dengan yang lainnya.

Material sepatu rem terdiri dari beberapa jenis bahan yang disusun dalam bentuk serbuk yang dicampur dengan komponen yang berbentuk serbuk lainnya yang menjadi suatu campuran yang homogen. Banyaknya formulasi pada sepatu rem sehingga akan meningkatkan tingkat kekerasan pada sepatu rem. Dalam website <http://rpmbrake.com> “*Composite brake pads contain steel wool or fibers that provide strength and carry heat away from the brake rotors*”. Artinya: komposisi Sepatu rem mengandung serat baja atau serat yang memberikan kekuatan dan membawa panas dari rotor rem.

Kekerasan bahan juga menjadi faktor yang menyebabkan keausan, yang mana penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Ahmad Multazam yang meneliti tentang pengujian kekerasan dari tiga variasi merk sepatu rem diantaranya Honda Genuine Part, Aspira, dan Komachi

menggunakan cara pengujian kekerasan Rockwell dengan indentor 1/16 inci menyimpulkan kekerasan rata-rata sepatu rem merk Honda Genuine Part 95, 8 HRF, Aspira 64 HRF dan diikuti Komachi 52, 2 HRF, yang mana sepatu rem Honda Genuine Part memiliki kekerasan yang lebih besar.

Tromol rem menjadi komponen terpenting dalam sistem rem yang terbuat dari besi tuang dan jika bergesekan dengan sepatu akan menimbulkan panas 200°C-300°C (Yefri Chan, 2010). Komposisi sepatu rem Asbes memiliki komposisi karbon sebesar 4-20% (Halderman & Mitchell (2004: 68), sedangkan Sepatu rem Non Asbes biasanya terbuat dari serat Aramyl /Kevlar/Twaron, Rockwool, Fiberglass, Steel Fiber dan Carbon (Arif, 2012). Sepatu rem Non Asbes mampu menahan temperatur hingga 500-750 °F (Shigley & Mischke, 2001: 1021).

Ketersediaan suku cadang OES (*Original Equipment Sparepart*) merupakan salah satu penunjang ketahanan part sepeda motor. Banyaknya beredar produk sepatu rem Non Original dengan berbagai merk dan kualitas beragam saat ini membuat masyarakat cenderung lebih memilih sepatu rem Non Original tersebut. Alasan harga yang sedikit lebih murah menjadi pola pikir kebanyakan masyarakat menengah ke bawah sebagai pengguna sepeda motor tanpa mengetahui ketahanan material. ([http: //motor. otomotifnet. com](http://motor.otomotifnet.com)).

Perbedaan harga sepatu rem dapat dilihat pada tabel 1 dimana pengambilan data berdasarkan survei peneliti pada beberapa toko penjual

suku cadang sepeda motor di wilayah Padang didapat empat merk dengan penjualan terlaris sebagai berikut:

Tabel 2. Harga Sepatu Rem

No	Merk	Harga
1	Aspira	± Rp 30. 000
2	Choho	± Rp 25. 000
3	Yamaha Genuine Part	Rp 47. 000
4	Binapart	± Rp 20. 000

Dilihat dari persyaratan, sepatu rem harus aman, tahan dan dapat mengerem dengan halus. Selain itu juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keausan kecil, kuat, dapat menyerap getaran, dan tidak melukai permukaan rotor/tromol.

Berdasarkan dari latar belakang di atas, maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian mengenai **“Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan Sepatu Rem Tromol Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2012”**.

B. Identifikasi Masalah

1. Tingginya angka kecelakaan kendaraan bermotor terutama sepeda motor.
2. Pengguna sepeda motor cenderung memilih sparepart yang murah tanpa mengetahui ketahanan material.
3. Pengguna kendaraan tidak menyadari bahwa efektifitas kerja rem merupakan bagian penting dan berperan terhadap faktor keamanan dan keselamatan.

C. Batasan masalah

Berhubung banyaknya masalah yang tidak mungkin diteliti oleh peneliti disebabkan keterbatasan yang dimiliki baik dalam segi waktu, pikiran dan untuk mengefektifkan penelitian ini, maka peneliti hanya membatasi penelitian mengenai Perbedaan Penggunaan Sepatu Rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) Dengan Sepatu Rem Non Original Terhadap Keausan Permukaan Sepatu Rem Sepeda Motor Yamaha Mio Tahun 2012.

D. Rumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan apakah terdapat perbedaan keausan sepatu rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) dengan Non Original sepatu rem sepeda motor Yamaha Mio Tahun 2012 ?.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui tingkat keausan sepatu rem.
2. Mengetahui seberapa besar perbedaan keausan pada penggunaan sepatu rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) dengan Non Original sepatu rem sepeda motor Yamaha Mio Tahun 2012.
3. Untuk mengetahui sepatu rem mana yang lebih baik digunakan pada sepeda motor Yamaha Mio Tahun 2012.

F. Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan informasi bagi pemilik sepeda motor dalam memilih sepatu rem.
2. Bagi peneliti sebagai sarana untuk mengembangkan kemampuan di bidang karya ilmiah.
3. Salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
4. Sebagai bahan informasi dan bahan pengembangan bagi peneliti selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Keausan

a. Pengertian keausan

Keausan merupakan pengikisan bahan permukaan secara bertahap dari dua buah atau lebih material yang bergesek. Mott (2009: 29) menyatakan definisi dari keausan yang lebih terperinci dengan beberapa jenis keausan yang terjadi antara lain:

- 1) Bopeng, berlubang-lubang, lecet atau bintil-bintil yang secara khas berasal dari tegangan kontak yang tinggi dan kelelahan bahan permukaan selama kontak gelinding atau geser.
- 2) Keausan Abrasi. Kikisan mekanis, pemotongan atau goresan kontaminan yang keras dalam antar muka di antara komponen-komponen yang berpasangan.
- 3) Garutan. Lincuran yang berulang dengan amplitudo yang sangat kecil yang menghilangkan bahan permukaan.
- 4) Keausan timpaan. Disebabkan oleh pengikisan bahan dikarenakan bahan keras yang memukul suatu permukaan.

Selanjutnya Stolk & Kros (1993: 249) juga menyatakan Apabila antara permukaan yang bergerak saling melintas terdapat partikel kecil seperti debu, pasir dan partikel aus, maka dapat terjadi suatu bentuk aus yang dinamakan *abrasi*. Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa keausan yang terjadi pada sepatu rem adalah pengikisan material yang terjadi pada permukaan bidang gesek sepatu rem karena gesekan antara sepatu rem dengan tromol saat rem bekerja yang menyebabkan kerusakan (*abrasi*) pada permukaan bahan. Pengikisan pada permukaan sepatu rem

menyebabkan berkurangnya ketebalan sepatu/kanvas rem. Berkurangnya ketebalan sepatu/kanvas rem akan mempercepat penggantian sepatu rem karena semakin cepat mendekati batas/spesifikasi yang diizinkan. Keausan pada permukaan sepatu rem mempunyai batas yang diizinkan dalam perencanaan konstruksi rem. Nilai keausan yang diizinkan dalam perencanaan rem adalah (Moot, 2009: 188).

0,04 hp/in² untuk aplikasi yang sering digunakan

0,10 hp/in² untuk servis rata-rata

0. 40 hp/in² untuk rem yang jarang digunakan

Nilai batas keausan yang diizinkan untuk rem blok tunggal yang dinyatakan Yefri Chan (2010) adalah sebagai berikut:

0,1 $\frac{kg.m}{mm^2.s}$ untuk pemakaian yang jarang

0,06 $\frac{kg.m}{mm^2.s}$ untuk pemakaian terus menerus

0,3 $\frac{kg.m}{mm^2.s}$ untuk radiasi panas yang baik

Persyaratan teknik dari sepatu rem pada (www.stopcobrake.com/en/file/en.pdf/SAEJ661) yakni:

- Untuk nilai kekerasan sesuai standar keamanan 68 – 105 (HRF).
- Ketahanan panas 360°C, untuk pemakaian terus menerus sampai dengan 250°C.
- Nilai keausan kampas rem adalah (5×10^{-4} - 5×10^{-3} kg/mm².dt)
- Koefisien gesek 0,14 – 0,27
- Massa jenis kampas rem adalah 1,5 – 2,4 gr/cm³

- f. Konduktivitas thermal $0,12 - 0,8 \text{ W.m.}^\circ\text{K}$
- g. Tekanan Spesifiknya adalah $0,17 - 0,98 \text{ joule/g.}^\circ\text{C}$
- h. Kekuatan geser $1300 - 3500 \text{ N/cm}^2$
- i. Kekuatan perpatahan $480 - 1500 \text{ N/cm}^2$

Berdasarkan penjelasan di atas bahwa nilai keausan yang diizinkan untuk sepatu rem harus disesuaikan dengan besar beban kerja dari sepatu rem tersebut. Jika sepatu rem bekerja dalam waktu yang lama atau bekerja secara terus menerus maka nilai keausannya kurang dari $0,10 \text{ hp/in}^2$, $0,06 \frac{\text{kg.m}}{\text{mm}^2.\text{s}}$ atau $5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}^2.\text{dt}$. Pada penelitian ini batas keausan yang digunakan $5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}^2.\text{dt}$.

b. Faktor penentu keausan

Keausan karena gesekan terjadi pada suatu material yang lebih lunak, namun banyak sekali faktor yang menentukan keausan tersebut. Menurut Sularso & Suga (2004: 72) “laju keausan gesek sangat tergantung pada bahan geseknya, tekanan kontak, kecepatan keliling, dan temperatur. Kemudian, Tata & Saito, (2005: 40) juga menyatakan “keausan menerima pengaruh yang besar dari laju pergerakan relatif dan tekanan pada bidang kontak”. Spotts & Shoup (1998: 345) juga menyatakan “*frictional wear in engineering equipment is usually assumed to be proportional to the product of the velocity and the pressure*”. Artinya: Keausan gesekan dalam peralatan teknik biasanya diasumsikan pada produk sebanding

dengan kecepatan dan tekanan. Jika dilihat dari bidang kontak, rem dengan bidang kontak yang besar maka keausannya akan lebih kecil dari pada rem dengan bidang kontak yang kecil. Menurut Moot (2009: 187) “tingkat keausan akan didasarkan pada daya gesekan yang diserap oleh rem persatuan luas”.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat dirinci faktor-faktor yang mempengaruhi keausan material diantaranya:

1) Bahan gesekan

Bahan material pada sepatu rem terdiri dari beberapa jenis bahan yang disusun dalam bentuk serbuk yang dicampur dengan komponen yang berbentuk serbuk lainnya yang menjadi suatu campuran yang homogen, selanjutnya dipres dengan tekanan besar setelah itu disinter pada temperatur yang tepat. Stolk & Kros (1993: 209) menyatakan “Bahan gesek terdiri dari bahan serat untuk kekuatan, diimpregnasi dengan bahan ikat (antara lain damar) untuk kepaduan dan dengan bahan tambahan untuk mempertinggi koefisien gesek. Serat dibuat dari Asbes atau dari kapas”. Semakin tinggi angka koefisien gesek suatu material sepatu rem maka akan semakin cepat putaran roda dapat dihentikan

2) Tekanan kontak

Rem jika ditinjau dari fungsinya bertujuan memperlambat, mengatur dan mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Untuk mengendalikan putaran tersebut pengemudi akan menekan pedal rem dengan kemampuan penekanan yang berbeda, kemudian disaat pengemudi mulai menekan pedal rem terjadi perbedaan besar tekanan pada pedal rem yaitu mulai dari tekanan kecil sampai tekanan maksimal. Kemampuan penekanan pedal rem tersebut umumnya terjadi pada kondisi jalan yang dilalui, kondisi jalan tersebut diantaranya pada saat jalan menurun, jalan yang bergelombang/berlubang, arus kendaraan yang ramai, disaat kendaraan akan berbelok dan lain sebagainya.

Menurut Cahyono, dkk (2003: 109)

Kapasitas rem tergantung dari tiga faktor berikut:

- a) Tekanan antara permukaan rem dengan tromol
- b) Koefisien gesek
- c) Kapasitas radiasi panas rem

Berdasarkan pendapat di atas, kemampuan sebuah rem yang baik itu adalah bisa memberikan tekanan yang besar pada tromol, menimbulkan gesekan yang besar dan dapat membuang panas dengan cepat. Jika ditinjau dari tekanan permukaan dan gesekan, menurut (Tata & Saito, 2005: 189) “suatu hubungan

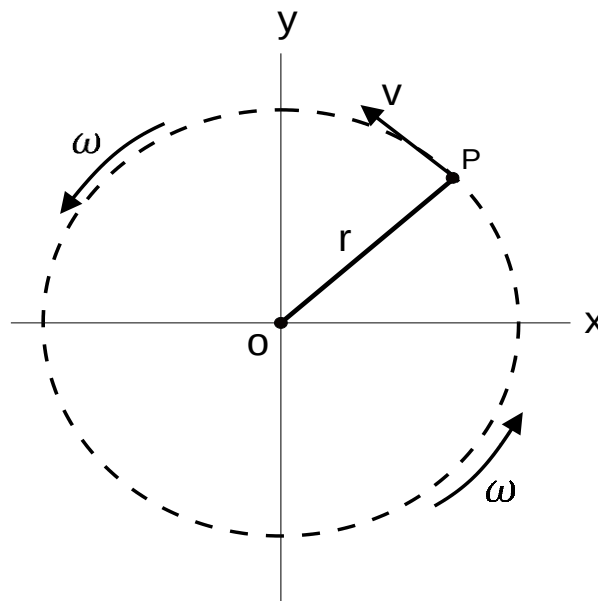
dapat ditentukan antara Abrasi (keausan) dengan baban dan jarak gesek”. selanjutnya Abu Bakar. *et. al*, (2006) dalam artikelnya menyatakan “*Wear can take place when two or more bodies in frictional contact slide against each other*”. Artinya: keausan bisa terjadi ketika dua atau lebih benda dalam slide kontak gesekan terhadap satu sama lain. Berarti tekanan dan gesekan yang besar dapat menyebabkan keausan pada dua buah benda yang saling bergesekan.

Keausan pada sepatu rem tidak terjadi secara merata yang diakibatkan oleh tekanan yang kurang seragam antara tiap titik-titik di bidang-bidang kontak karena berbagai jenis rem tromol yang mempunyai sudut kontak permukaan sepatu rem yang berbeda. Mott (2009: 193) mengatakan “tekanan antara bidang gesekan dan tromol sangat tidak merata, demikian pula momen dari gaya gesek dan gaya normal terhadap sumbu putar sepatu”.

Besarnya tekanan pada pedal rem mempunyai batas kapasitas maksimal yang diizinkan, tergantung dari jenis rem yang diaplikasikan pada kendaraan tersebut. (Yefri Chan, 2010) mengatakan “dalam pelayanan manual besarnya gaya F kurang lebih 15–20 Kg dan untuk gaya tekan pada blok rem dapat diperbesar dengan memperpanjang tuas”.

3) Kecepatan keliling

Kecepatan pada sebuah roda dalam pengereman akan berotasi pada sumbu roda sehingga semua benda bergerak melingkar pada sumbu roda tersebut. Young & Freedman (2002: 271) “semakin cepat benda berotasi semakin besar laju masing-masing partikel”. Jadi, semakin cepat sebuah roda berputar maka semakin besar laju/kecepatan roda. Kecepatan pada sebuah benda yang berputar memiliki hubungan dengan jari-jari dengan kecepatan sudut yang digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Laju (v) dari titik P sama dengan $r \cdot \omega$
(Sumber: Young & Freedman, 2002: 271)

Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan jika sebuah benda berotasi bergerak dari titik P maka laju V berbanding lurus dengan kecepatan sudut (ω). Maka dapat disimpulkan jika pada sebuah roda berputar dimulai dari suatu titik maka semakin cepat sebuah roda berputar maka semakin besar kecepatan roda

dalam menempuh jarak tempuh. Dengan semakin cepatnya sebuah kendaraan maka semakin besar pula gaya kinetik yang terjadi sehingga membutuhkan gesekan yang besar untuk menghentikan kendaraan tersebut.

Dari tabel 4 pada halaman 33 yang menjabarkan tentang karakteristik sifat mekanik bahan gesekan untuk rem dan kopling dapat dilihat bahwa material Rigid Molded Nonasbestos mempunyai karakteristik pada kecepatan 4800-7500 ft/menit. Dikarenakan pengujian dilakukan stationer maka kecepatan maksimal dapat dikonversi.

Diketahui: 1 ft= 0,3048 m, diameter luar roda 50 cm = 0,5 m.

Maka: kecepatan maksimal dapat dikonversi menjadi 1463, 04-22986 m.

Jika kecepatan dikonversi menjadi putaran roda maka:

a) Untuk kecepatan 1463, 04 m/menit adalah.

Putaran roda = jarak tempuh: keliling roda

$$= 1463, 04 \text{ m/menit} : \frac{22}{7} \times d$$

$$= 1463, 04 \text{ m/menit} : \frac{22}{7} \times 0,5 \text{ m}$$

$$= 1463, 04 \text{ m/menit} : 1, 5714286 \text{ m}$$

$$= 931, 03 \text{ Rpm}$$

b) Untuk kecepatan 22986 m/menit adalah.

Putaran roda = jarak tempuh: keliling roda

$$= 22986 \text{ m/menit} : \frac{22}{7} \times d$$

$$= 22986 \text{ m/menit} : \frac{22}{7} \times 0,5$$

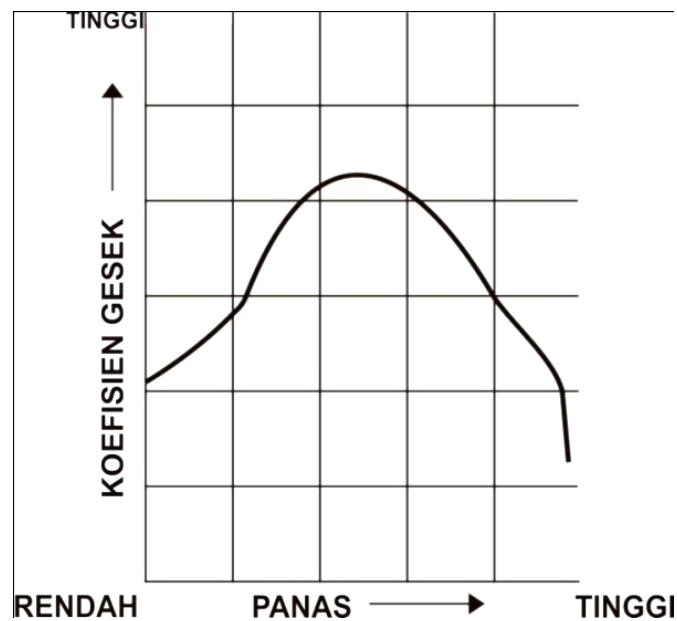
$$= 22986 \text{ m/menit} : 1,5714286 \text{ m}$$

$$= 14627,45 \text{ Rpm}$$

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa pada sepatu rem berbahan Non asbes kecepatan maksimal yang diizinkan adalah 1463,04 m/menit ~ 22986 m/menit. Kemudian jika dijadikan pada kecepatan putaran roda, maka kecepatan putaran roda adalah 931,03 Rpm ~ 14627,45 Rpm. Jadi pada penelitian ini putaran roda yang digunakan sebesar 1000 Rpm.

4) Temperatur

Besarnya gesekan yang terjadi antara sepatu rem dengan tromol akan menghasilkan energi panas pada sepatu rem. Panas yang disebabkan oleh gesekan tersebut akan menyebabkan berkurangnya koefisien gesek sehingga akan terjadi blong pada rem (*brake fade*). Berkurangnya koefisien gesek pada benda yang saling bergesekan akibat naiknya temperatur dapat dilihat pada grafik berikut:

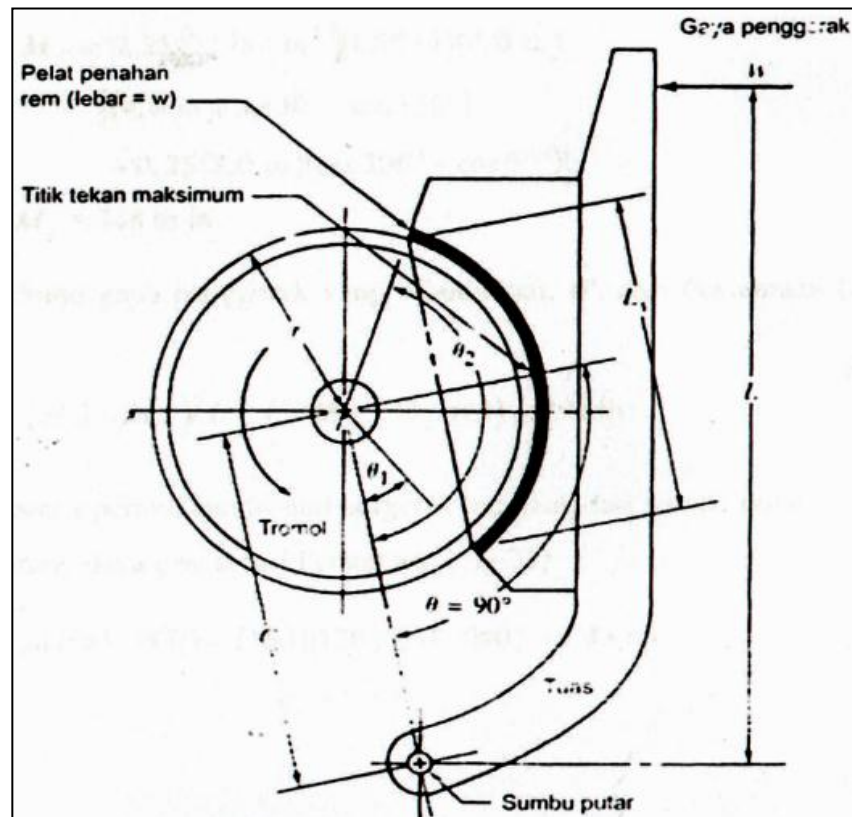


Gambar 2. Berkurangnya Koefisien Gesek Akibat Naiknya Temperatur
(Sumber: Halderman & Mitchell, 2004: 59)

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat temperatur gesekan maka semakin kecil koefisien gesek yang terjadi pada benda yang bergesek tersebut. Gesekan yang terjadi antara tromol dan sepatu rem akan meningkat jika tekanan diperbesar kembali.

5) Luas bidang kontak

Luas bidang kontak sepatu rem menjadi salah satu pertimbangan dalam perencanaan elemen-elemen mesin. Maka, setiap perancangan pasti sudah dilakukan perhitungan yang telah teruji. Besarnya luas bidang kontaksepatu rem dapat dihitung berdasarkan gambar dibawah ini.



Gambar 3. Luas Bidang Kontak Sepatu Rem
(Sumber: Mott, 2009: 193)

Berdasarkan gambar 3 dapat dihitung luas bidang kontak kampas rem dengan menentukan panjang busur kampas rem (L_s) dan lebar kampas rem (w) sehingga dapat dihitung luas bidang kontak rem (A) dengan persamaan berikut:

$$A = L_s \times w$$

Untuk menghitung panjang busur kampas rem dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\frac{\text{Sudut juring}}{360^\circ} = \frac{\text{Panjang Busur}}{\text{Keliling Lingkaran}}$$

Maka panjang busur dapat dihitung dengan rumus

$$\text{Panjang Busur} = \frac{\text{Sudut Juring} \times \text{Keliling Lingkaran}}{360^\circ}$$

Faktor penentu keausan yang diteliti pada penelitian ini dibatasi pada bahan gesek.

c. Menghitung nilai keausan

Untuk menentukan keausan (*Abrasi*) dapat dihitung dengan persamaan berikut (Sukanto, 2012: 38)

$$N = \frac{W_0 - W_1}{A \cdot t}$$

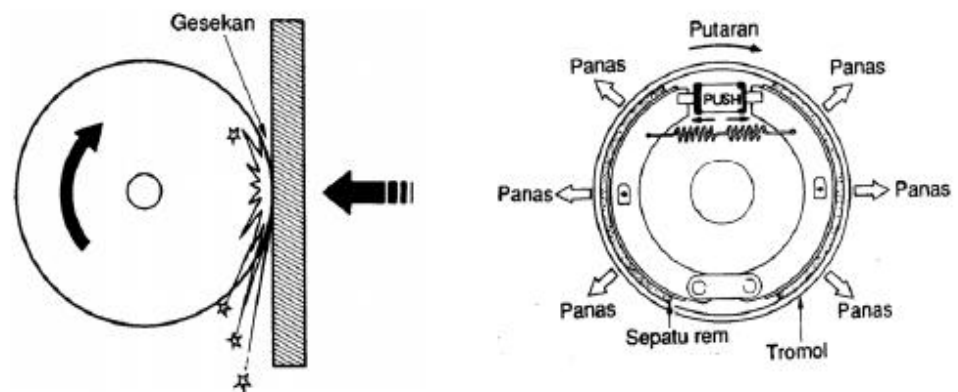
Keterangan: N = Nilai keausan bahan (gram/detik.mm²)
 W₀ = Berat mula sepatu rem (gram)
 W₁ = Berat akhir sepatu rem (gram)
 A = Luas pengausan (mm²)
 t = Waktu pengausan (detik)

2. Rem

a. Prinsip rem

Mesin pada kendaraan bekerja mengubah energi panas menjadi energi kinetik (energi gerak) untuk menggerakkan kendaraan. Sebaliknya, rem mengubah energi kinetik (energi gerak) kembali menjadi energi panas untuk menghentikan kendaraan. Umumnya, putar. Efek pengereman (*braking effect*) diperoleh adanya gesekan yang ditimbulkan antara dua objek yang menyebabkan kendaraan dapat berhenti. Rem bekerja disebabkan oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak (Toyota Step 1: 5-54). Kendaraan akan berjalan walaupun mesin telah dimatikan, hal ini disebabkan oleh karena adanya gerakan dinamik yang tergantung pada mobil itu sendiri, dengan hal ini

tenaga dinamik akan dirubah menjadi energi lain yang dapat menghentikan mobil seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

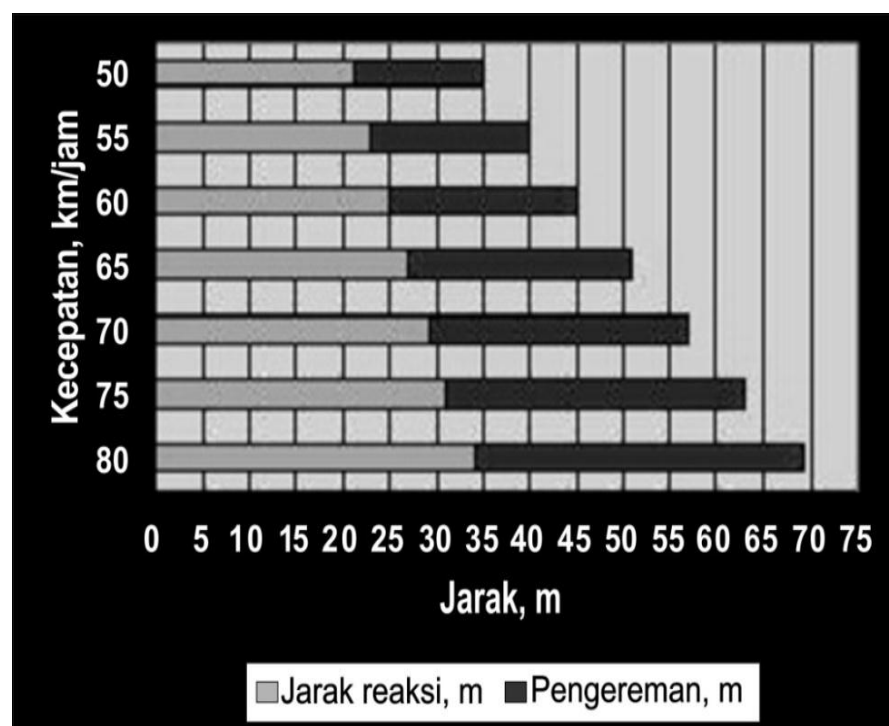


Gambar 4. Prinsip Kerja Rem
(Sumber: Toyota Step 1: 5-54).

Energi lain yang terdapat pada rem karena merupakan suatu bagian yang mengubah tenaga dinamik menjadi tenaga panas. Bekerjanya rem dengan jalan menekan sepatu rem terhadap tromol, sepatu rem tidak berputar dan tromol lah yang berputar bersama dengan putaran roda sehingga roda akan berhenti.

Daswarman (1999: 1) menyatakan “Rem berfungsi untuk menahan gaya gerak dari suatu benda agar benda berhenti atau untuk mengontrol gerakannya”. Halderman & Mitchell (2004: 51) menyatakan “*the energi of vahicle's motion to the brake drums or rotor where friction converts it into heat energy and stop the vahicle*”. Artinya: energi gerak kendaraan terhadap rem tromol atau rotor dimana gesekan mengubahnya menjadi energi panas dan menghentikan kendaraan. Dari pendapat di atas dapat disimpulkan

bahwa rem merupakan sistem pada kendaraan yang bekerja merubah energi kinetik putaran roda menjadi energi panas. Secara umum fungsi rem berfungsi untuk memperlambat sampai menghentikan kendaraan. Kendaraan yang sedang melaju kencang tidak akan langsung berhenti jika pedal rem ditekan, tetapi akan membutuhkan waktu untuk berhenti/jarak berhenti.



Gambar 5. Hubungan Kecepatan Dengan Jarak Pengereman
(Sumber: <http://id.wikipedia.org>)

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara kecepatan dengan jarak henti pada saat pengereman kendaraan. Semakin tinggi kecepatan kendaraan maka semakin jauh jarak henti kendaraan dan juga waktu yang dibutuhkan rem untuk menghentikan kendaraan semakin lama, begitu juga sebaliknya.

Gesekan sepatu rem yang meluncur pada permukaan tromol pada rem termasuk dalam golongan gesekan kinetik. Young & Freedman (2002: 134) menyatakan “jenis gesekan yang bekerja ketika sebuah benda meluncur di atas suatu permukaan disebut gaya gesekan kinetik (*kinetic friction force*)”. Besarnya gaya gesek kinetik tergantung dari besarnya gaya yang diberikan sehingga meningkatnya koefisien gesek kinetik (μ_k). Tipler (1998: 124) “koefisien gesekan kinetik (μ_k) didefinisikan sebagai rasio besarnya gaya gesekan kinetik (f_k) dan gaya normal (F_n)”. Berarti gaya gesek disebabkan oleh adanya gaya normal dan koefisien gesek, berdasarkan pernyataan tersebut dapat dibuat persamaan sebagai berikut.

$$f_k = \mu_k \cdot F_n$$

Gesekan akan semakin meningkat jika gaya pada benda tersebut diberi gaya dari luar. Young & Freedman (2002: 132) menyatakan “besarnya gaya gesekan kinetik biasanya meningkat ketika gaya normalnya meningkat”.

Berdasarkan dari pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa jika semakin besar beban atau gaya yang diberikan pada benda maka semakin besar pula gaya gesekan yang terjadi pada benda yang sedang meluncur. Gesekan yang terjadi pada kedua benda yang bergesek akan menyebabkan energi panas pada benda yang bergesekan tersebut.

b. Sistem rem pada sepeda motor

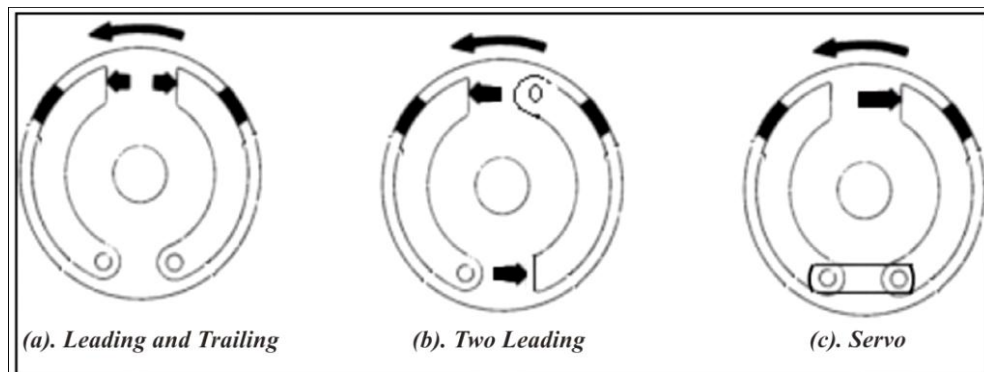
Terdapat dua tipe sistem rem yang digunakan pada sepeda motor, yaitu: rem cakram/piringan (*disc brake*) dan rem tromol (*drum brake*). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan tipe sistem rem tromol. Cara pengoperasian sistem remnya juga terbagi dua, yaitu: 1) secara mekanik dengan memakai kabel baja, dan 2) secara hidrolik dengan menggunakan fluida/cairan. Cara pengoperasian sistem rem tipe cakram secara hidrolik, sedangkan tipe tromol umumnya secara mekanik (Jalius Jama, 2008: 343).

1) rem cakram (*disc brake*).

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. Daya pengereman dihasilkan karena gesekan antara *disc pad* dan *disc rotor*.

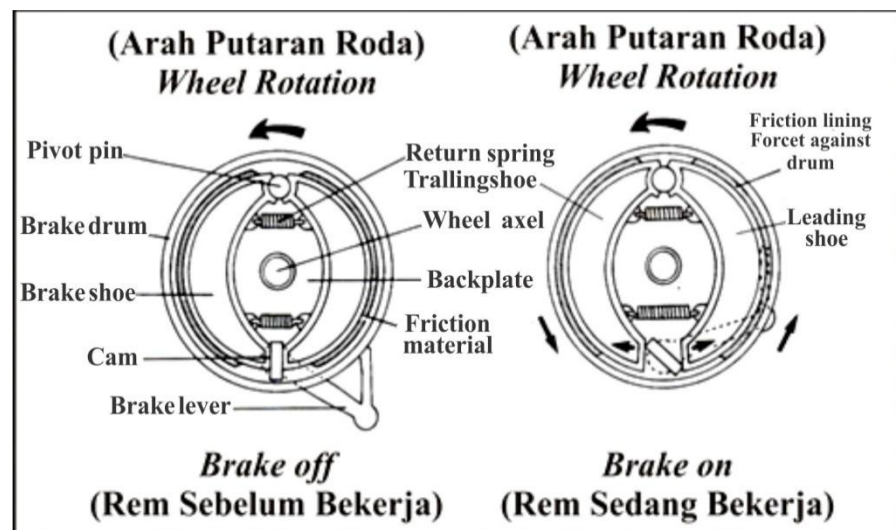
2) Rem tromol

Rem tromol merupakan salah satu rem yang diklasifikasikan dalam rem gesek karena kendaraan dapat dihentikan dengan cara menggesekkan sepatu rem pada tromol. Jika dilihat dari cara kerjanya, rem tromol mempunyai beberapa jenis yaitu seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. Macam-macam Rem Tromol
(Sumber: Sularso & Suga, 2004: 85)

Setiap jenis rem tersebut di atas memiliki kelebihan dan kelemahan, termasuk salah satunya rem tromol yang biasa digunakan oleh sepeda motor pada umumnya yaitu jenis rem *Leading & Trailing*. Cara kerja rem tromol jenis *Leading & Trailing* ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7. Cara Kerja Rem *Leading & Trailing*
(Sumber: Jalius Jama, dkk. 2008: 345)

Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan cara kerja rem tromol jenis *Leading & Trailing* adalah pada saat pedal rem di tekan kedua sepatu rem mengembang tetapi memiliki fungsi

yang berbeda. Sepatu rem Leading akan diseret oleh putaran tromol yang memberikan gaya gesek yang disebut dengan *Self Energizing Effect*, sedangkan sepatu rem Trailing bekerja sebagai gaya dorong yang menahan putaran tromol (Daswarman, 1999: 13).

Meskipun kedua sepatu rem leading & trailing memiliki fungsi yang berbeda, namun keduanya sama-sama memberikan gaya gesek pada tromol walaupun gaya gesek tersebut tidak merata disetiap bidang kontaksepatu rem. Mott (2009: 193) mengatakan “tekanan antara bidang gesek dengan tromol sangat tidak merata, demikian pula momen dari gaya gesek dan gaya normal terhadap sumbu putar”. Berarti dapat disimpulkan bahwa tromol menerima tekanan dari sepatu rem tidak sama disetiap luasnya sepatu rem tersebut namun tekanan yang besar terjadi pada titik-titik tertentu pada bagian luas sepatu rem tersebut.

Rem tromol secara umum memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan, Menurut Sularso & Suga (2004: 84) “rem tromol mempunyai ciri lapisan rem yang terlindungi, dapat menghasilkan gaya rem yang besar untuk ukuran rem yang kecil dan umur lapisan rem cukup panjang. Suatu kelemahan rem ini adalah pemancaran panasnya buruk. Halderman & Mitchell (2004: 58) menyatakan “*the temperature of brake drum of rotor may rise more than 100°F (55°C) in only second during a hard stop, but it*

could take 30 second or more for the rotor to cool the temperature that existed before the stop". Artinya: suhu rem tromol akan naik lebih dari 100°F (55°C) hanya selama beberapa detik pengereman hingga berhenti, tetapi bisa memakan waktu 30 detik atau lebih untuk tromol mendinginkan suhu yang ada sebelum berhenti. Berarti rem tromol akan mencapai suhu 100°F jika pengemudi menekan pedal dengan tekanan maksimal hanya beberapa detik dan membutuhkan lebih dari 30 detik untuk mendinginkan tromol.

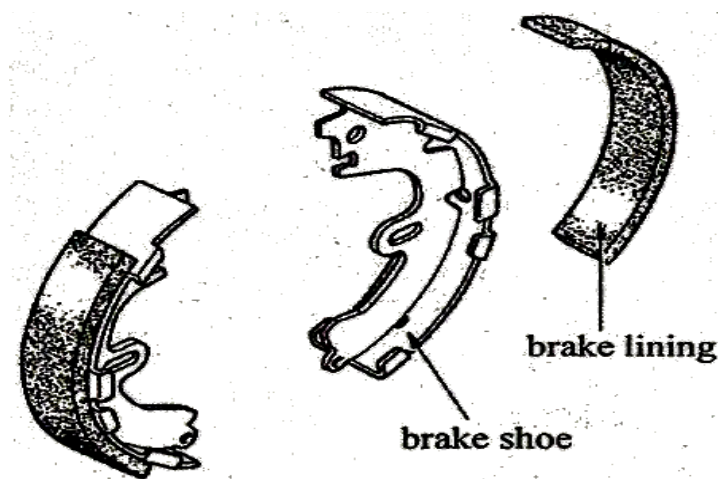
Dari penjelasan di atas jika terjadi gesekan antara sepatu rem dengan tromol secara terus menerus selama 30 detik memungkinkan meningkatnya suhu pengereman lebih kurang 100°F. Dalam 30 detik diperkirakan naik temperatur hingga 100°F, maka dalam 1 menit diperkirakan naik temperatur hingga 200°F dan dalam 2 menit kemungkinan naik temperatur pengereman hingga 400°F. Meningkatnya suhu pada saat pengereman akan mengakibatkan menurunnya kemampuan pengereman yang mengakibatkan hilangnya daya gesek antara sepatu rem dengan tromol dan akan meningkatnya keausan pada sepatu rem. Mott (2009: 189) menyatakan "jika suhu naik diatas 400°F (200°C), tingkat keausan bertambah secara signifikan dan koefisien gesek berkurang, menyebabkan unjuk kerja pengereman menjadi lebih buruk dan disebut layu".

c. Komponen utama rem tromol

1) Sepatu rem

Sepatu rem (*brake shoe*), seperti juga tromol (*drum*) memiliki bentuk setengah lingkaran. Biasanya sepatu rem dibuat dari plat baja, kanvas rem dipasang dengan jalan dikeling (pada kendaraan besar) atau dilem (pada kendaraan kecil) pada permukaannya yang bergesekan dengan tomol. Kanvas ini harus dapat menahan panas dan aus, juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi.

Koefisien gesek tersebut sedapat mungkin tidak mudah dipengaruhi oleh keadaan turun naik temperatur dan kelembaban yang silih berganti.



Gambar 8. Sepatu Rem

Bahan Material pada sepatu rem terdiri dari beberapa jenis bahan yang disusun dalam bentuk serbuk yang dicampur dengan komponen yang berbentuk serbuk lainnya yang menjadi suatu campuran yang *homogen*, selanjutnya dipres dengan tekanan

besar setelah itu disinter pada temperatur yang tepat (Stolk & Kros, 1993: 211). Bahan gesek sepatu rem merupakan bahan yang terdiri dari berbagai jenis bahan atau formula yang dicetak menjadi satu kesatuan. Dalam website <http://rpmbrake.com> “*Composite brake pads contain steel wool or fibers that provide strength and carry heat away from the brake rotors*”. Artinya: komposisi sepatu rem mengandung serat baja atau serat yang memberikan kekuatan dan membawa panas dari rotor rem. Selanjutnya, Stolk & Kros (1993: 209) menyatakan “Bahan gesek terdiri dari bahan serat untuk kekuatan, diimpregnasi dengan bahan ikat (antara lain damar) untuk kepaduan dan dengan bahan tambahan untuk mempertinggi koefisien gesek.

Serat dibuat dari Asbes atau dari kapas”. Dari pendapat di atas dapat disimpulkan proses pembuatan sepatu rem terdiri dari bahan serat untuk kekuatan, bahan pengikat untuk kepaduan dan bahan tambah lainnya untuk meningkatkan koefisien gesek dicampur menjadi satu kesatuan yang homogen kemudian disinter/dirapatkan masanya menggunakan temperatur dan tekanan yang tinggi.

Seiring dengan perkembangan teknologi khususnya pada teknologi bahan, bahan gesek yang digunakan khususnya untuk sepatu rem saat sekarang ini mempunyai bahan yang beragam. Pemilihan bahan tentu harus dipikirkan

dari beberapa aspek didalamnya seperti kekuatann, daya gesekan, dampak terhadap lingkungan dan lain sebagainya. Mott (2009: 185) mengatakan sifat-sifat bahan gesek yang diinginkan untuk kopling atau rem adalah:

- 1) Mempunyai koefisien gesek yang relatif tinggi.
- 2) Koefisien gesek relatif konstan pada kisaran tekanan kerja dan suhu pengoperasian.
- 3) Bahan mempunyai ketahanan aus yang baik.
- 4) Bahan harus secara kimia sesuai dengan komponen pasangannya.
- 5) Bahaya lingkungan harus diminimalkan.

Oleh karena itu, bahan-bahan pada sepatu rem diproduksi dari bahan yang mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keras dan ramah lingkungan tanpa merusak permukaan tromol. Arif (2013) menyatakan, “Saat ini, ada tiga yang diterima secara universal dari formulasi *friction material* untuk kampas rem: Semi-Metalik, Non Asbes Organik (NAO) dan Keramik”. Tambahan dari tiga jenis material sepatu rem di atas yang lain adalah *Carbon Fiber Friction Material* (Halderman & Mitchell, 2004: 69).

Berdasarkan dari keempat jenis bahan sepatu rem di atas, yang digunakan kendaraan pada saat ini adalah jenis sepatu rem Non Asbes Organik (NAO), karena pada saat ini

pabrikan sepatu rem sudah menerapkan sepatu rem berbahan Non Asbes karena bahan Asbes dapat membahayakan kesehatan (Mott, 2009: 186).

a) Komposisi Material Sepatu Rem

Bahan Sepatu rem pada umumnya untuk Asbes diantaranya:

Tabel 3. Komposisi Sepatu Rem Secara Umum untuk Asbes

No	Bahan	Kisaran Formula
1	Phenolic Resin (Binder)	9–15 %
2	Asbestos Fiber	30–50 %
3	Organic friction modifiers	8–19 %
4	Inorganic friction modifiers	12–26 %
5	Abrasive Particles (Alumina)	4–20 %
6	Carbon	4–20 %

(Sumber: Halderman & Mitchell, 2004: 68)

Berbeda dengan Sepatu rem Asbes, Sepatu rem Non Asbes Organik (NAO) terdiri dari serat organik yang digunakan untuk bahan gesek dan memberikan kekuatan pada sepatu rem. Halderman & Mitchell (2004: 68) mengatakan *“Brake pads and linings that use synthetic material such as aramid fibers instead of steel are usually referred to as nonasbestos”* artinya: sepatu rem yang menggunakan bahan sintetis seperti serat aramid bukan steel yang biasanya disebut sebagai *nonasbestos*. Sepatu rem yang terbuat dari bahan Non Asbestos umumnya terdiri dari 4 hingga 5 macam fiber (serat) di antaranya kevlar, steel fiber, rock wool, cellulose dan carbon fiber yang memiliki serat panjang (<http://www.otosia.com>).

Kampas rem non asbestos biasanya terbuat dari serat Aramyd /Kevlar/ Twaron, Rockwool, Fiberglass, Steel Fiber dan Carbon (semua produk original/Eropa menggunakan ini), sedangkan asbestos terbuat dari serat asbes saja (sudah tidak digunakan sejak 2004 oleh OEM Jepang dan sejak 2000 oleh Eropa). (<http://rpmbrake.com>) Halderman & Mitchell (2004: 68) mengatakan “*Aramid is the generic name for aromatic polyamide fiber*”. Artinya: Aramid adalah nama yang berasal dari serat aromatik polyamide. Dalam website <http://www.dupont.com> “*aramid fiber is used to make a variety of clothing, accessories, and equipment safe and cut resistant. It's lightweight and extraordinarily strong, with five times the strength of steel on an equal-weight basis*”. Artinya: serat aramid digunakan untuk membuat berbagai pakaian, aksesoris, dan peralatan memotong yang aman, ringan dan sangat kuat, dengan lima kali kekuatan baja. Serat aramid memiliki beberapa karakteristik yang melebihi dari beberapa bahan serat lainnya (<http://www.teijinaramid.com>) yaitu: a) Kekuatan tinggi, b) Ketahanan yang baik terhadap abrasi (keausan), c) Ketahanan yang baik terhadap pelarut organik, d) Non konduktif, e) Tidak ada titik leleh, f) Tidak mudah terbakar, g) Ketahanan struktur yang baik pada temperatur tinggi.

b) Karakteristik sepatu rem

Sepatu rem menjadi salah satu penentu kemampuan pengereman karena sepatu rem memberikan gesekan pada tromol rem yang mempunyai karakteristik yang berbeda, yaitu karakteristik dari besar penekanan, koefisien gesek, temperatur dan kecepatan maksimal yang diizinkan. Tabel berikut memperlihatkan karakteristik dari jenis bahan sepatu rem.

Tabel 4. Karakteristik Sifat Mekanik Bahan Gesekan untuk Rem dan Kopling

Material	Friction Coefficient	Max Pressure (Psi)	Max Temperature		V _{max} (ft/min)	Application
			Instan (°F)	Continuous (°F)		
Carmet	0,32	150	1500	750	3600	Clutches and Brakes
Rigid Molded Asbestos Pads	0,31-0,49	750	930-1380	440-660	4800	Disk Brake
Rigid Molded Nonasbestos	0,33-0,63	100-150	-	500-7500	4800-7500	Clutches and Brakes
Semirigid Molded Asbestos	0,37-0,41	100	660	300	3600	Clutches and Brakes

(Sumber: Shigley & Mischke, 2001: 1021).

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa material sepatu rem Asbes dan Non Asbes mempunyai perbedaan karakteristik pada koefisien geseknya yang mana material sepatu rem Asbes memiliki koefisien gesek 0,31-0,49 sedangkan Non Asbes memiliki koefisien gesek 0,33-0,63. Untuk temperatur maksimal sepatu rem Asbes 440-660°F sedangkan temperatur maksimal sepatu rem Non Asbes 750 °F.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa sepatu rem berbahan Asbes dan Non Asbes memiliki perbedaan

koefisien dan batas temperatur yang berbeda sehingga akan mempengaruhi besar gesekan yang terjadi saat pengereman.

Ditinjau dari kecepatan putaran untuk sepatu rem berkisar 4800-7500 ft/min. Jika pengujian dilakukan secara stationer maka putaran roda maksimal dapat dihitung dengan mengkonversi satuan menjadi Rpm (rotasi permenit).

2) Tromol (Drum)

Tromol rem (*brake drum*) umumnya terbuat dari besi tuang (*gray cast iron*) dan gambar penampangnya seperti terlihat pada gambar dibawah. Tromol rem ini letaknya sangat dekat dengan sepatu rem tanpa bersentuhan dan berputar bersama roda. Ketika kanvas menekan permukaan bagian dalam tromol bila direm bekerja maka gesekan panas tersebut dapat mencapai suhu 200° C sampai 300°C. Tipe rem tromol digunakan pada berbagai kombinasi dari *leading dan trailing shoes*.

B. Penelitian yang Relevan

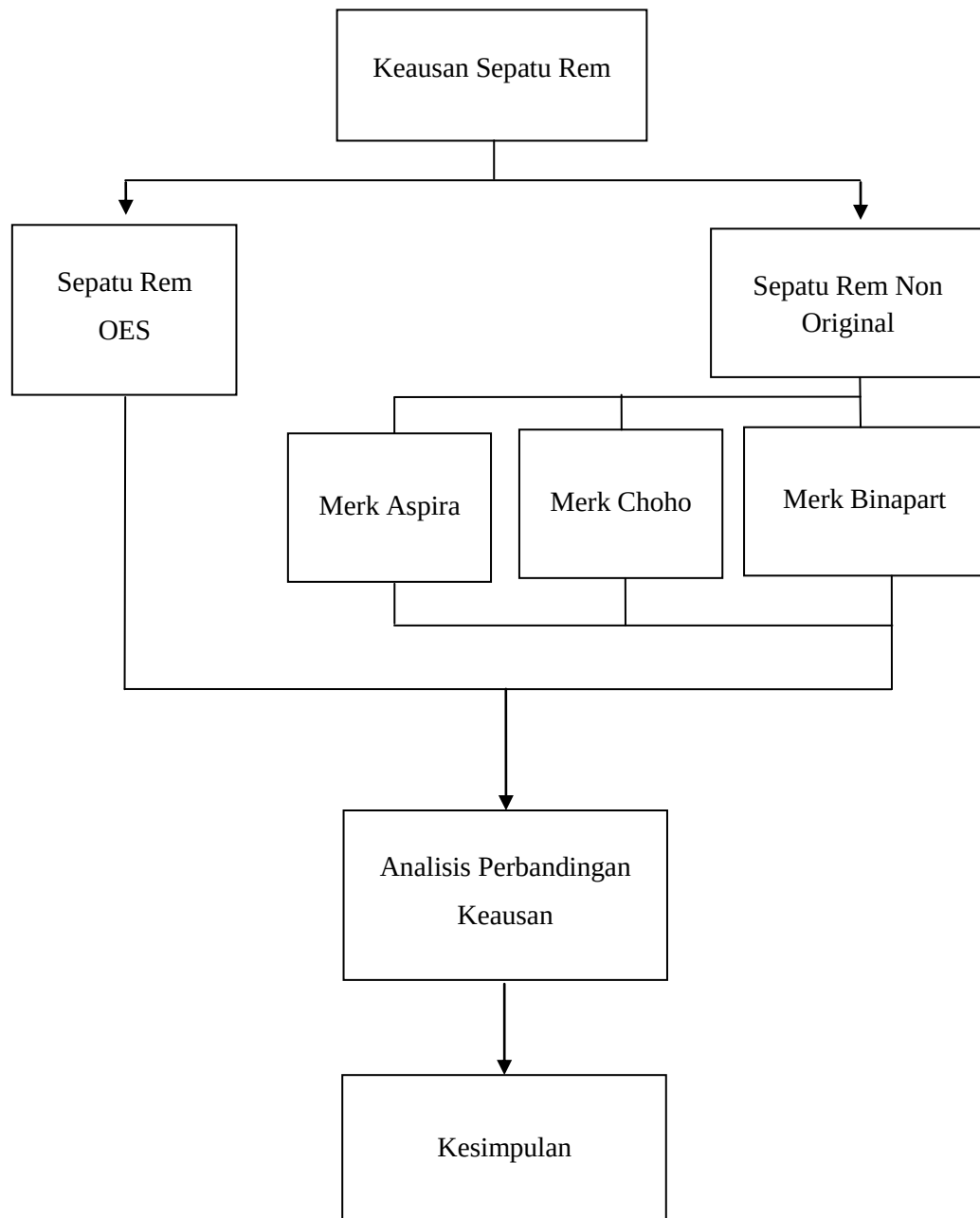
1. Penelitian Gatot Soebiyakto, (2012). Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang judul penelitiannya: Pengaruh Jenis Kanvas Rem dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda dan Laju Keausan Kanvas Rem pada Sepeda Motor. Hasil penelitiannya menyimpulkan laju keausan rem cakram original sebesar $2,17 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$ dan tromol original $2,31 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$, sedangkan rem cakram imitasi premium $4,34 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2 \cdot \text{detik}$ dan

rem tromolnya $2,31 \times 10^{-6}$ kg/mm². detik, pada kanvas rem cakram imitasi biasa sebesar $6,51 \times 10^{-6}$ kg/mm². detik dan rem tromolnya $3,47 \times 10^{-6}$ kg/mm². detik.

2. Ahmad Multazam, (2012). Fakultas Teknik Universitas Mataram dengan judul penelitian: Analisa Pengaruh Variasi Merk Kampas Rem Tromol dan Kecepatan Sepeda Motor Honda Supra X125 Terhadap Keausan Kampas Rem. Hasil penelitiannya menyimpulkan: 1) Terjadi keausan terkecil kampas rem terdapat pada kecepatan 40 km/jam dan beban pengereman 6 kg. Untuk merk Honda Genuine Parts keausannya adalah sebesar $1,574 \times 10^{-5}$ mm/detik, sedangkan merk Aspira keausannya $8,47 \times 10^{-5}$ mm/detik dan merk Komachi keausannya $3,500 \times 10^{-5}$ mm/detik. 2) Keausan terbesar kampas rem terjadi pada kecepatan 60 km/jam dan beban pengereman 6 kg. Untuk merk Honda Genuine Parts adalah sebesar $2,373 \times 10^{-5}$ mm/detik, sedangkan merk Aspira keausannya $3,626 \times 10^{-5}$ mm/detik dan merk Komachi keausannya $3,701 \times 10^{-5}$ mm/detik.
3. Penelitian Pratama, (2011). Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin judul penelitiannya: Analisa Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat FlyAsh Batubara. Hasil penelitiannya menyimpulkan laju keausan kampas rem terkecil dengan komposisi 60%resin 40% FlyAsh yaitu 2,02 gr/mm². dt sedangkan laju keausan kampas rem terbesar dengan komposisi 40%resin 60% Mgo yaitu 3,49 gr/mm². dt .

C. Kerangka Konseptual

Berdasarkan kajian teori yang telah dikemukakan sebelumnya, penelitian ini dapat dikerangkakan sebagai berikut:



Gambar 9. Kerangka Konseptual

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka konseptual yang telah dijabarkan maka pertanyaan peneliti sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat keausan sepatu rem OES (*Original Equipmant Sparepart*) dan sepatu rem Non Original (merk Aspira, Choho, dan Binapart pada sepeda motor.
2. Apakah terdapat perbedaan keausan sepatu rem yang menggunakan OES (*Original Equipmant Sparepart*) dengan sepatu rem Non Original (merk Aspira, Choho, dan Binapart pada sepeda motor.
3. Sepatu rem mana yang nilai keausannya lebih baik.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapat nilai keausan pada beban 3 kg dan putaran awal roda 1000 Rpm, sepatu rem merk Yamaha Genuine Part $2,77 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, Aspira $4,92 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, Choho $3,51 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, dan Binapart $5,53 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik.
2. Terdapat perbedaan nilai keausan pada penggunaan sepatu rem OES dengan sepatu rem Non Original yang mana nilai keausan sepatu rem Non Original lebih besar dari sepatu rem OES. Nilai keausan sepatu rem Non Original merk Choho lebih besar $0,74 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik dari sepatu rem Original, diikuti Aspira $2,19 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik, dan merk Binapart lebih besar $2,76 \times 10^{-8}$ gram/mm².detik dari sepatu rem OES.
3. Pada teknik analisa data, persentase nilai keausan terendah yaitu merk Yamaha Genuine Part mempunyai nilai persentase keausan paling rendah yaitu sebesar 0,00243% sedangkan nilai persentase keausan paling tinggi yaitu pada merk Binapart dengan nilai keausan sebesar 0,01167%. Maka dapat disimpulkan sepatu rem yang lebih baik merk Yamaha Genuine Part.

B. Saran

1. Bagi para pengguna kendaraan bermotor, agar menggunakan sepatu rem yang direkomendasikan pabrik yang telah teruji kualitas bahannya baik segi keausan bahan dan ketahanan terhadap temperatur
2. Bagi para praktisi intelektual dan masyarakat ilmiah baik di lingkungan akademis maupun industri agar dapat memberikan kontribusi melakukan berbagai penelitian dan pengembangan untuk mewujudkan berbagai inovasi khususnya pada sistem rem meskipun sederhana namun dapat bermanfaat bagi masyarakat.
3. Bagi penelitian selanjutnya agar dapat membandingkan ketahanan pakai dan nilai ekonomis pada penggunaan sepatu rem merk yang banyak beredar di pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Bakar, A. R. *et al.* (2006). *Wear simulation and its effect on contact pressure distribution and squeal of a disc brake*. Proceedings of the International Conference on Vehicle Braking Technology.
- Aditya Maulana, (2013). *Awas Kampas Rem Imitasi Bisa Makan Tromol*. <http://oto.detik.com> (diakses pada 15 Maret 2014)
- Agung Kurniawan, (2013). *Onderdil Palsu Dicari Karena Murah*. <http://otomotif.kompas.com> (diakses pada 15 Maret 2014)
- Ahmad Multazam. (2012). *Analisa Pengaruh Variasi Merk Kampas Rem Tromol dan Kecepatan Sepeda Motor Honda Supra X125 Terhadap Keausan Kampas Rem*. Mataram. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Arif. (2012). "Kampas rem asbestos vs Non Asbestos". <http://rpmbrake.com/articles/kampas-rem-asbestos-vs-non-asbestos>. (diakses pada tanggal 22 Maret 2014).
- _____. "Kampas rem bisa blong," <http://rpmbrake.com/articles/kampas-rem-bisa-blong>. (diakses pada tanggal 22 Maret 2014).
- _____. "Material kampas rem," <http://rpmbrake.com/articles/material-kampas-rem>. (diakses pada tanggal 26 Maret 2014).
- Cahyono Wahyudi, dkk. (2003). *Pengetahuan Dasar Teknologi*. Jakarta: Rineka cipta.
- Daswarman, (2012). *Material Teknik Pemilihan Bahan*. Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik UNP Padang.
- _____, (1999). *Sistem Kemudi, Rem dan Suspensi*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Halderman, James D. , & Mitchell. Chase D, (2004). *Automotive Chassis Systems 3rd ed*. New Jersey: Prentice Hall.
- http://id.wikipedia.org/wiki/Pembatasan_kecepatan. (diakses pada tanggal 2 Maret 2014)
- <http://rpmbrake.com/articles/composite-vs-ceramic-brake-pads>. (diakses pada tanggal 11 April 2014)
- http://www.otosia.com/berita/kecelakaan-dahlah-iskan-kenapa-bisa-rem_blong.html. (diakses pada tanggal 18 Maret 2014)