



**PENGARUH *VISCOELASTICITY* TERHADAP NILAI *ROLLING*
RESISTANCE PADA BAN RADIAL**

SKRIPSI

Oleh

Akhmad Mahfud

111910101089

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**PENGARUH *VISCOELASTICITY* TERHADAP NILAI *ROLLING*
RESISTANCE PADA BAN RADIAL**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Mesin
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Akhmad Mahfud

111910101089

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Almarhumah Ibunda Tafrihah, Ayahanda Alimuddin dan Ibunda Siti Hatijah S.Pd tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati;
2. Kakak saya tercinta Mohamad Mas'ud yang selalu memberikan semangat;
3. Dosen pembimbing skripsi Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. dan Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. yang selalu setia membimbing dan memberi masukan kepada saya dalam penulisan skripsi ini.
4. Dosen pembimbing mobil listrik Muh. Nurkoyim K., S.T., M.T. yang selalu sabar membimbing dalam perjalanan hidup saat diperkuliahan maupun diluar dunia perkuliahan.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang kalian berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk kalian serta menjadi amalan penolong kalian kelak;
6. Saudaraku Teknik Mesin angkatan 2011 Universitas Jember, M. Syaifudin Ihsan, Dahlaz Dzuhro, Bangkit Nurul Akmal, Febrian Rhama Putra, Farihen, Saddam Husein, M. Agung Fauzi, Muhammad Mukri, Arief Hidayatullah, Shofiyan Lesmana Anton Cahyono, Muslih Muhammad Asa, Imron Rosyadi Octora Rosyadi, Achmad Alifiyan Sobirin, Sofyan Lesmana, Angga Rahmanto, Pemi Juni Setiawan, Luki Agung Prayitno, Irsyadul Absor, M. Arif Ramdhoni, Mei Novan Dani Setyopambudi, Ahmad Sofyan Hadi, Mar'iy Muslih Muttaqin, Muhammad Asrofi, Faisal Karamy, Yohanes Kristian, Ahmad Amril Nurman, Adam Malik, Setyo Pambudi, Muhammad Kahlil Gibran, Dwi sujatmiko, Sigit Jatmiko, Rizki Erizal, Febri Anggih Setiawan, Nurudin Hamid, Wildan Gobeze, Wildan Didi, Hegar, Dimas Triadi, Annas Widadtyawan Firdaus, Jupri, Niko

Putra Karuniawan, Agung Widodo, Arisyabana, Lutfi Hilman, Naufal Firas, Dani Bachtiar, Anugrah V Ilannuri, Aunur Rofik, Agus Widiyanto, M. Mirza Rosid Sudrajat, Tito Diaz, Itok Denis, Hendri, Hanif Rahmat, Hanif Hermawan, Muhammad Abduh, Hafid, Yulius, Erda, Saiful Rizal, Adi, Wildan, Aryo Kristian, Yurike Elok Purwanti, Aisyatul Khoiriyah, Novia Dwi Triana, Kiki Ermawati, Ikawati, Upit Fitria, dan lain-lain, yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surganya kelak, panjang umur dan berbahagialah kalian;

7. Keluarga Al-Ikhwan Boardinghouse Iir, Angga, Afif, Nafis, Yulanta, Anom Hendri, Manu;
8. Dwi Sri Lestari, S.Kg yang tak kenal lelah untuk selalu memberi semangat, motivasi serta doa disetiap kegiatan akademik maupun non akademik saya;
9. Seluruh civitas akademik baik di lingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait.

MOTTO

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(Al-Quran Surat Al-Mujadalah ayat 11)

“Dua hal yang tiada bandingannya dalam keutamaan, yaitu beriman kepada Allah, dan bermanfaat kepada kaum muslimin. Dan dua hal (pula) tiada bandingannya dalam keburukan, yaitu menyekutukan Allah dan berbuat aniaya (merugikan) kaum muslimin.”

(Nabi Muhammad S.A.W)

“Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang.”

“Barang siapa ingin mutiara, harus berani terjun di lautan yang dalam”

(Ir. Soekarno)

“Bhapak, Bhebhuk, Ghuru, Rato (Orang tua kandung, mertua, guru, ratu adalah harga mutlak untuk tidak melawan sedikitpun walaupun hanya satu ayat saja.”

(Alimuddin)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Akhmad Mahfud

NIM : 111910101089

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH *VISCOELASTICITY* TERHADAP NILAI *ROLLING RESISTANCE* PADA BAN RADIAL” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Januari 2016
Yang menyatakan,

(Akhmad Mahfud)
NIM 111910101089

SKRIPSI**PENGARUH *VISCOELASTICITY* TERHADAP NILAI *ROLLING*
RESISTANCE PADA BAN RADIAL**

Oleh

Akhmad Mahfud**111910101089**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama	: Hary Sutjahjono, S.T., M.T
Dosen Pembimbing Anggota	: Hari Arbiantara, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh *Viscoelasticity* Terhadap Nilai *Rolling Resistance* Pada Ban Radial” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 27 Januari 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji.

Ketua,



Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP 196812051997021002

Sekretaris,



Hari Arbiankara, S.T., M.T.
NIP 196709241994121001

Anggota I,



Dr. Agus Triono, S.T., M.T.
NIP 197008072002121001

Anggota II,



Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 19850117201221001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Pengaruh *Viscoelastic* Terhadap Nilai *Rolling Resistance* Pada Ban Radial; Akhmad Mahfud, 111910101089; 2016; 44 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Viscoelastic adalah perilaku material yang mampu kembali ke bentuk seperti semula dengan waktu tertentu yang mengakibatkan disipasi energi dalam jumlah besar pada tingkat internal yang berbeda.

Dalam penelitian ini, difokuskan pada nilai *viscoelastic*. Variasi yang digunakan adalah Variasi tekanan yaitu; 200, 230 dan 250 kPa dengan masing-masing tekanan diberikan beban 150-1350 N.

Penelitian ini dilakukan di Penelitian ini dilakukan di LPM (ruang riset tim mobil listrik TITEN Fakultas Teknik) Universitas Jember..

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa pada tekanan 250 kPa memiliki *Viscoelastic* lebih baik daripada tekanan 200 dan 230 kPa, dimana puncak tertinggi dari fenomena *viscoelastic* ini ketika tekanan itu terjadi pada tekanan 200 kPa dengan beban 1350 N yaitu 6,07 mks dan *viscoelastic* terendah terjadi pada saat tekanan 250 kPa dengan beban 150 N dengan nilai 0,02 mks sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *viscoelastic*, maka semakin tinggi nilai *displacement* dan luasan kontak ban dengan permukaan yang menyebabkan semakin tinggi pula nilai *rolling resistance*. Dari kesimpulan tersebut bisa diketahui bahwa *viscoelastic* mempunyai pengaruh terhadap *rolling resistance*.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh *Viscoelasticity* Terhadap Nilai *Rolling Resistance* Pada Ban Radial”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Almarhumah Ibunda Tafriah yang telah melahirkan saya ke dunia ini, Ayahanda Alimuddin yang telah berjuang mendidik saya, dan Ibunda Siti Hatijah S.Pd tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini sertadoa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan;
3. Kakak saya Mohamad Mas’ud yang selalu setia menyemangati serta memberikan motivasi.
4. K.H. Khodri, K.H. Hasan, K. Hannan, K. Sanah dan Ust. Bustami, terima kasih atas pedoman hidup dan ajaran yang telah diberikan.
5. Pahlawan tanpa tanda jasa saya sejak taman kanak-kanak, sekolah dasar, sekolah menengah pertama, hingga sekolah menengah akhir yang telah bersedia mendidik dan berbagi ilmu.
6. Dosen tersabar Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. yang rela meluangkan waktunya untuk membimbing dan Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

7. Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. dan Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang tak lelah memberikan kritik dan saran sehingga penelitian dan penulisan ini menjadi lebih baik.
8. Bapak Andi Sanata, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya
9. Bapak Muh. Nurkoyim K., S.T., M.T. yang selalu sabar membimbing dalam perjalanan hidup saat diperkuliahan maupun diluar dunia perkuliahan.
10. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang Bapak/Ibu berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk pribadi masing-masing serta menjadi amalan penolong Bapak/Ibu kelak;
11. Saudaraku Teknik Mesin 2011 Universitas Jember yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surga-NYA kelak, panjang umur dan berbahagialah kalian;
12. Seduluran Teknik serta adik-adik angkatan yang dirasa membantu dalam proses kuliah dan kehidupan.
13. Orang terkasih Dwi Sri Lestari S.Kg yang tak kenal lelah untuk selalu memberi semangat, motivasi serta doa disetiap kegiatan akademik maupun non akademik saya;
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 27 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ban	5
2.1.1 Fungsi Utama Dari Ban.....	5
2.1.2 Konstruksi Ban Radial dan Fungsinya.....	6
2.1.3 Kode pada Dinding Ban	8
2.2 Viscoelastic	11

2.2.1 Pengertian <i>Viscoelastic</i>	11
2.2.2 Metode Pengujian <i>Viscoelastic</i>	13
2.2.3 Hubungan <i>Rolling Resistance, Displacement, Load</i> dan Kecepatan.....	13
2.2.4 Perhitungan <i>Viscoelastic</i>	14
2.3 <i>Rolling Resistance</i> (Tahanan Gelinding)	15
2.3.1 Pengertian <i>Rolling Resistance</i>	15
2.3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi <i>Rolling Resistance</i>	16
2.3.3 Pengujian <i>Rolling Resistance</i> Stadar ISO 18164: 2005 Dengan Metode Gaya	16
2.4 Hipotesa	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.3.1 Alat.....	21
3.3.2 Bahan.....	21
3.3 Variabel Penelitian	22
3.4.1 Variabel Bebas	22
3.4.2 Variabel Terikat.....	22
3.4 Prosedur Penelitian	22
3.4.1 Metode Pengujian <i>Viscoelastic</i>	22
3.4.2 Langkah Pengujian <i>Viscoelastic</i>	22
3.4.3 Metode Pengujian <i>Rolling Resistance</i>	23
3.4.4 Langkah Pengujian <i>Rolling Resistance</i>	23
3.5 Diagram Alir Penelitian	23
3.6 Alat Penelitian	25
3.6.1 Cara Kerja Alat Uji <i>Viscoelastic</i>	26
3.6.2 Cara Kerja Alat Uji <i>Rolling Resistance</i>	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29

4.1 Tinjauan Umum	29
4.2 Data dan Hasil Pengujian	29
4.2.1 Data Pengujian <i>Viscoelastic</i>	29
4.2.2 Data Pengujian <i>Rolling Resistance</i>	31
4.3 Analisis dan Hasil Penelitian	34
4.3.1 Analisis dan Hasil Penelitian <i>Viscoelastic</i>	34
4.3.2 Analisis dan Hasil Penelitian <i>Rolling Resistance</i>	35
4.4 Pembahasan	37
BAB 5. PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konstruksi Ban Radial dan Fungsinya	6
Gambar 2.2 Kode-kode pada Dinding Ban	8
Gambar 2.3 Metode Pembebanan	12
Gambar 2.4 Metode Simulasi.....	12
Gambar 2.5 Grafik Hubungan Antara Loading dan <i>Displacement</i>	13
Gambar 2.6 Grafik Hubungan Antara <i>Rolling Resistance</i> dan Load.....	13
Gambar 2.7 Pengaruh <i>Displacement</i> dan Kecepatan Terhadap <i>Rolling Resistance</i>	14
Gambar 2.8 Free Body Diagram Pengujian <i>Rolling Resistance</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Alat Pengujian <i>Viscoelastic</i>	25
Gambar 3.3 Alat Pengujian <i>Viscoelastic</i> Bagian Atas.....	25
Gambar 3.4 Alat Pengujian <i>Rolling Resistance</i>	27
Gambar 4.1 Pengukuran <i>Displacement</i> Ban Menggunakan Penggaris Siku	29
Gambar 4.2 Pengukuran Waktu Mulai dari Pemberian Beban Sampai Beban Dilepaskan	30
Gambar 4.3 Pengukuran Menggunakan Pegas pada Poros Roda Ban	32
Gambar 4.4 Pemberian Gaya Pada Alat Uji <i>Rolling Resistance</i>	32
Gambar 4.5 Grafik <i>Displacement</i> Terhadap Beban	37
Gambar 4.6 Grafik Waktu Kembali Ban Saat Pemberian Beban Sampai Beban Dilepaskan	38
Gambar 4.7 Grafik Respon Kecepatan Kembali Ban	39
Gambar 4.8 Grafik <i>Viscoelastic</i> Terhadap Beban.....	39
Gambar 4.9 Grafik Beban Terhadap Luasan Kontak.....	40
Gambar 4.10 Grafik Gaya <i>Rolling Resistance</i> dengan Beban	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Load Index 1	9
Tabel 2.2 Load Index 2	10
Tabel 2.3 Speed Rating	10
Tabel 2.4 Beban dan Tekanan Uji pada Ban.....	18
Table 4.1 Hasil Pengukuran <i>Displacement</i> pada Ban	31
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Gaya Tangensial.....	33
Tabel 4.3 Pengukuran <i>Displacement</i> , waktu dan Perhitungan <i>Viscoelastic</i>	34
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Gaya <i>Rolling Resistance</i> Standard.	36

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN	45
Lampiran Gambar dan Alat Uji	45
Lampiran Perhitungan	62

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kendaraan bermotor (*vehicle*) adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik. Biasanya digunakan untuk transportasi darat. Pada umumnya kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), namun motor listrik dan dengan sumber tenaga atau *hybrid* juga mulai banyak dikembangkan dan mulai digunakan saat ini seperti mobil dan sepeda motor listrik.

Prinsip kerja sepeda motor listrik sama halnya dengan kendaraan bermotor yang menggunakan mesin pembakaran dalam, perbedaannya terletak pada sumber energi yang digunakan. Sepeda motor listrik menggunakan energi listrik untuk menggerakkan roda pada sepeda motor listrik. Bagian roda yang kontak dengan permukaan jalan adalah ban. Ban memiliki banyak fungsi selain bagian kontak dengan permukaan jalan, ban juga memiliki fungsi sebagai penyangga/penahan beban kendaraan, meneruskan fungsi kemudi dan mengontrol arah kendaraan, meneruskan gaya gerak dan pengereman kendaraan di permukaan jalan dan meredam getaran kejutan dari permukaan jalan.

Permasalahan saat ini dalam pengembangan kendaraan listrik salah satunya adalah efisiensi. Banyak hal yang menyebabkan efisiensi pada suatu kendaraan, karena dalam aplikasi nyata, tidak semuanya energi bisa digunakan sepenuhnya. Dalam hal ini kehilangan energi (*losses*) berasal dari gesekan; transmisi, bearing, roda dan ban.

Kehilangan energi pada ban, memiliki sekurang-kurangnya dua efek negative: yang pertama berhubungan dengan *rolling resistance*, dan yang kedua disebabkan oleh temperature lingkungan dari teriknya matahari pada bidang yang memiliki kontak antara ban dan permukaan, dan semua penyebab itu dikarenakan rendahnya diffusivitas pada karet ban. (Brancati, R.:2011).

Rolling Resistance adalah tahanan terhadap roda yang akan dan telah menggelinding akibat adanya gaya gesekan antara roda dengan permukaan jalannya roda. Pada dasarnya, rolling resistance adalah momen yang digunakan roda untuk melawan arah gerakan, setara dengan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda bergerak maju (H. Taghavifar:2013). *Rolling Resistance* terjadi karena proses deformasi yang terjadi pada struktur ban, luasan kontak dan permukaan jalan. Namun dalam prakteknya, sulit untuk menganalisis parameter yang signifikan secara rinci karena mereka sangat berkorelasi, namun jumlah panas yang dihasilkan merupakan indikasi dari jumlah gaya perlawanan tersebut (M. Juhala : 2014). Menurut Y. Xiong dari *Aalto University*, Finlandia, *rolling resistance* adalah proses disipasi energy untuk melawan atau sebagai reaksi dari gaya hambat dan gaya gerak maju pada ban. Dapat dicermati bahwa panas yang terjadi pada ban akan sebanding dengan gaya *rolling resistance* pada ban tersebut. Hal ini terjadi karena efek dari gesekan ban dengan permukaan jalan dan sifat *viscoelastic* dari ban itu sendiri.

Menurut Y-J. Lin dari *National Cheng Kung University*, Taiwan, karet adalah elemen utama dari ban yang dapat menyerap getaran dan deformasi pada perbedaan beban; hal itu dibuktikan oleh sifat *viscoelastic* yang merupakan kombinasi sifat karakteristik *viscous* dan *elastic*. *Viscoelastic* dipengaruhi oleh perubahan beban dan tekanan yang diberikan ke ban. Cara berkendara dengan kecepatan mengemudi tinggi dapat merusak ban dengan cepat, hal ini dipengaruhi oleh perilaku *viscoelastic* yang nantinya mengarah pada *hysteresis*. *Hysteresis* didefinisikan sebagai kehilangan energi (losses) yang diakibatkan oleh *viscoelastic* secara terus menerus.

Perubahan sifat *viscoelastic* pada ban sangat berhubungan dengan keadaan permukaan jalan, yang menghasilkan distribusi tegangan normal *asymetris* yang mempengaruhi pergeseran letak gaya yang bersentuhan dengan permukaan jalan. (Xiong, Y:2015)

Menurut R. Brancati, dari *University of Napoli Federico II*, Italia, ketika digunakan, sebuah ban mengalami kehilangan energi berdasarkan banyak hal: *rolling*

resistance, *viskositas*, *hysteresis*, energi gesek, dll. Kehilangan energi ini dipengaruhi oleh temperature ban, kondisi permukaan dan hasil koefisien gesek.

Viscoelastic adalah perilaku material yang mampu kembali ke bentuk seperti semula dengan waktu tertentu yang mengakibatkan disipasi energi dalam jumlah besar pada tingkat internal yang berbeda. (Zéhil, G-P:2013).

Dari beberapa sumber yang telah disebutkan diatas bahwasannya *viscoelastic* ban mempunyai pengaruh terhadap *rolling resistance*. Maka dari itu pada penelitian ini penulis akan melakukan penelitian tentang pengaruh *viscoelastic* terhadap nilai *rolling resistance* pada ban radial.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat ditetapkan rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana menentukan *viscoelastic* ban tipe radial?
- b. Sejauh mana pengaruh *viscoelastic* terhadap nilai *rolling resistance* pada ban radial?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberlakukan agar penelitian dapat berjalan secara fokus dan terarah, serta dapat mencapai tujuan yang diinginkan adalah sebagai berikut:

- a. Putaran roda pada 300 rpm.
- b. Tekanan ban 200 kPa, 230 kPa dan 250 kPa.
- c. Nilai K pada alat ukur dianggap konstan selama pengujian.
- d. Tipe ban yang digunakan adalah ban radial.
- e. Ban yang dipakai adalah ban belakang.
- f. Tipe ban yang dipakai adalah *medium type*
- g. Berat ban 2,6 kg
- h. Tekanan maksimal ban 230 kPa (33) Psi.

- i. *Load index* (Beban maksimal ban) adalah 170 kg.
- j. Diameter ban 14” dengan ukuran ban adalah 90/90.
- k. Lebar ban 90 mm dengan tinggi ban antara permukaan ban luar dengan *velg* 81 mm
- l. Udara dalam ban menggunakan udara bebas.
- m. Ukuran *velg* 14”
- n. Lebar *velg* 2.15
- o. Perubahan panjang diameter ban di tekanan 200, 230 dan 250 kPa diabaikan.
- p. Beban radial pada alat uji *rolling resistance* disesuaikan dengan beban pada alat uji *viscoelastic*.
- q. Nilai luasan ban yang kotak dengan permukaan menggunakan simulasi Autodesk Inventor Provesional 2013 dan diasumsikan tidak ada perbedaan luasan pada ban saat menggunakan metode eksperimental.
- r. Suhu pada pengujian adalah suhu ruangan.

1.4. Tujuan dan Manfaat

1.4.1. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui besaran *viscoelastic* ban tipe radial.
- b. Mengetahui pengaruh *viscoelastic* terhadap nilai *rolling resistance* pada ban radial.

1.4.2. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian pada ini adalah:

- a. Sebagai metode untuk mengetahui nilai *viscoelastic*.
- b. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai *viscoelastic* dan *Rolling Resistance*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ban

Ban mempunyai peranan yang sangat penting dalam berkendara, jika dibandingkan dengan suku cadang (*spare part*) yang lain, ban *pneumatic* layaknya seperti kantong udara yang dirancang konstruksinya sesuai dengan kondisi permukaan jalan serta operasional dari berbagai tipe atau jenis kendaraan.

2.1.1 Fungsi Utama Dari Ban

Ban memiliki fungsi utama, diantaranya adalah:

- a. Menyangga/menahan beban kendaraan.

Dalam hal menahan beban, yang paling berpengaruh adalah tekanan angin, karena angin dalam ban berfungsi untuk menopang berat kendaraan dan muatan.

- b. Meneruskan fungsi kemudi dan mengontrol arah kendaraan.

Tekanan angin dan tipe ban (*radial/bias*) sangat berpengaruh dalam meredam guncangan awal sebelum diredam lagi oleh suspensi. Ban tipe *radial* mampu meredam guncangan lebih baik daripada ban tipe *bias*.

- c. Meneruskan gaya gerak dan pengereman kendaraan di permukaan jalan.

Ban berfungsi untuk meneruskan gaya gerak dan pengereman ke permukaan jalan. Hal ini berkaitan dengan kinerja traksi dan pengereman, yang berpengaruh dalam hal ini adalah *pattern* atau kembangan dari ban.

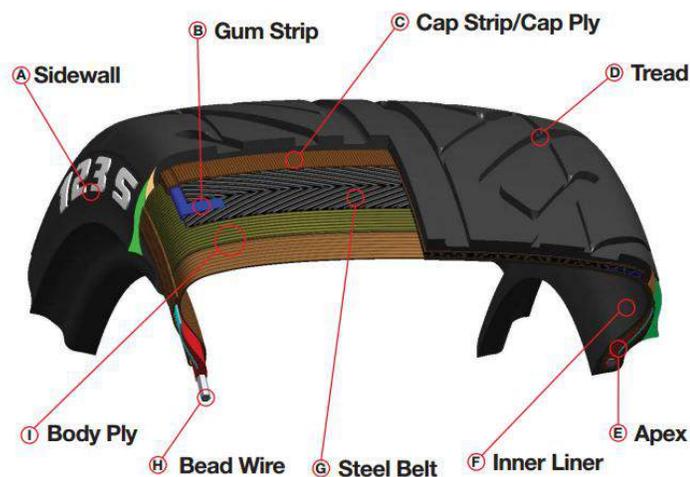
- d. Meredam getaran kejutan dari permukaan jalan.

Ban sangat penting dalam mengontrol arah kendaraan, hal ini akan menentukan kemampuan bermanuver dan kestabilan dalam berkendara. Jika ban telah disesuaikan dengan fungsi utamanya, tentu akan mengurangi gangguan maupun kendala saat berkendara dan menjadi

langkah tepat dalam mengantisipasi terjadinya kecelakaan, yang merugikan pengemudi sendiri dan orang lain.

2.1.2 Konstruksi Ban Radial dan Fungsinya:

Struktur konstruksi ban di rancang untuk mencapai karakteristik kinerja yang diinginkan dan sesuai dengan tujuan penggunaan atau pemakaiannya, yaitu sesuai dengan kondisi jalan serta tipe dari kendaraan akan tetapi secara umum konstruksi ban dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Konstruksi Ban Radial dan Fungsinya

<https://www.achillesradial.com/id/blog/type/tire-education>

a. *Sidewall*

Melindungi *body ply (carcass)* pada bagian samping ban dan berfungsi juga sebagai tempat tercantumnya informasi penting dari ban.

b. *Gum Strip*

Karet khusus yang diletakkan di antara pinggir steel belt, yang berfungsi sebagai peredam getaran ujung serat steel belt.

c. *Cap Strip/Cap Ply*

Suatu benang tekstil yang dilapisi karet. Digunakan untuk meliliti steel belt agar steel belt tersebut tidak berubah sudut dan diameternya akibat

gaya sentrifugal saat ban digunakan pada kecepatan tinggi, berfungsi untuk meningkatkan performa ban pada kecepatan tinggi.

d. *Tread*

Tread adalah bagian utama ban yang kontak langsung dengan permukaan jalan, menentukan usia ban, memberikan penampilan pada ban dan membuat traksi (*traction*) yang baik di permukaan jalan yang basah.

e. *Apex / Filler*

Apex berbentuk segitiga berpasangan dengan bead dan berfungsi sebagai penguat atau penambah kekuatan pada areal rim line (*handling and stability*) dan pengisi ruang kosong pada lipatan body ply.

f. *Inner Liner*

Salah satu bagian dari ban yang terletak di bagian paling dalam, mempunyai fungsi sebagai pengganti ban dalam dan terbuat dari campuran karet yang kedap udara.

g. *Steel belt*

Suatu lapisan serat baja yang sudah dilaminasi karet dan disusun secara bersilang. Belt memberikan kekuatan ban (*reinforcement*) dan mempunyai karakteristik yang bersifat lebih stabil dan fleksibel, berfungsi sebagai penahan *body ply* untuk mendapatkan bentuk telapak ban agar dapat menapak di jalan dengan sempurna dan memperkokoh body ply (Carcass) agar selalu dapat mempertahankan bentuk bulat dari konstruksi ban.

h. *Bead Wire*

Berupa ikatankawat baja carbon yang dilapisi karet yang keras kemudian dibentuk lingkaran secara berlapis sesuai, berfungsi sebagai pengunci agar *body ply* dapat duduk melekat pada rim (*velg*).

i. *Body Ply (Carcass)*

Body ply adalah bagian utama dari ban berupa lembaran berlapis yang terdiri dari *polyester* atau nilon atau benang kawat dengan lapisan karet,

berfungsi sebagai kerangka ban, menahan tekanan angin di dalam ban dan menyerap getaran dari jalan.

2.1.3 Kode pada Dinding Ban:

Ban adalah sebuah suku cadang dari sebuah kendaraan bermotor yang mempunyai fungsi khusus dan sangat penting dalam peranannya menentukan keselamatan dalam berkendara. Sehubungan dengan fungsi ban pada kendaraan yang sangat penting itu, maka perlu mengetahui cara membaca kode ban agar tidak hanya diperoleh manfaat keselamatan saja, tetapi juga manfaat keekonomisan dan manfaat kenyamanan. Berikut kode penting pada ban:



Gambar 2.2 Kode-kode pada Dinding Ban

(<http://fdrtire.com/article/view/894/Daftar-load-index-dan-speed-rating-ban-motor>)

Keterangan gambar:

- a. 130 : 130 mm, menunjukkan lebar ban, diukur dari satu dinding ke dinding yang lain. Artinya, angka dalam milimeter ini menentukan besar telapak ban. Makin besar angkanya, telapak ban akan semakin lebar.
- b. 70 : $130 \times 70\% = 91\text{mm}$ (tinggi ban / profil ban), rasio tinggi terhadap lebar. Makin besar angkanya dinding ban akan semakin tinggi. Makin kecil angkanya dinding ban akan semakin rendah.
- c. 17 : Diameter ban atau yang lebih dikenal dengan ring 17. Biasanya sesuai dengan diameter (ring) velg.
- d. M/C : *Motor cycle* (penggunaan ban untuk sepeda motor)
- e. 62 : 250 kg (*load index*), setiap angka memiliki tingkat daya angkut berbeda, untuk lebih lengkapnya baca tabel *load index* dibawah.
- f. S : 180 km/jam (*speed rating*), batas kecepatan maximum yang diperbolehkan, tiap huruf memiliki tingkat kecepatan berbeda-beda. untuk lebih lengkapnya baca tabel *speed rating* dibawah.

Tabel 2.1 Load Index 1

Load index	Beban maks.	Load Index	Beban maks	Load Index	Beban maks.
30	106 kg	44	160 kg	53	206 kg
31	109 kg	45	165 kg	54	212 kg
32	115 kg	46	170 kg	55	218 kg
33	118 kg	47	175 kg	56	224 kg
38	132 kg	48	180 kg	57	230 kg
40	140 kg	49	185 kg	58	236 kg
41	145 kg	50	190 kg	59	243 kg
42	150 kg	51	195 kg	60	250 kg
43	155 kg	52	200 kg		

(<http://fdrtire.com/article/view/894/Daftar-load-index-dan-speed-rating-ban-motor>)

Tabel 2.2 Load Index 2

Code	Weight	Code	Weight	Code	Weight	Code	Weight
60	250 kg (550 lb)	80	450 kg (990 lb)	100	800 kg (1,800 lb)	120	1,400 kg (3,100 lb)
61	257 kg (567 lb)	81	462 kg (1,019 lb)	101	825 kg (1,819 lb)	121	1,450 kg (3,200 lb)
62	265 kg (584 lb)	82	475 kg (1,047 lb)	102	850 kg (1,870 lb)	122	1,500 kg (3,300 lb)
63	272 kg (600 lb)	83	487 kg (1,074 lb)	103	875 kg (1,929 lb)	123	1,550 kg (3,420 lb)
64	280 kg (620 lb)	84	500 kg (1,100 lb)	104	900 kg (2,000 lb)	124	1,600 kg (3,500 lb)
65	290 kg (640 lb)	85	515 kg (1,135 lb)	105	925 kg (2,039 lb)	125	1,650 kg (3,640 lb)
66	300 kg (660 lb)	86	530 kg (1,170 lb)	106	950 kg (2,090 lb)		
67	307 kg (677 lb)	87	545 kg (1,202 lb)	107	975 kg (2,150 lb)		
68	315 kg (694 lb)	88	560 kg (1,230 lb)	108	1,000 kg (2,200 lb)		
69	325 kg (717 lb)	89	580 kg (1,280 lb)	109	1,030 kg (2,270 lb)		
70	335 kg (739 lb)	90	600 kg (1,300 lb)	110	1,060 kg (2,340 lb)		
71	345 kg (761 lb)	91	615 kg (1,356 lb)	111	1,090 kg (2,400 lb)		
72	355 kg (783 lb)	92	630 kg (1,390 lb)	112	1,120 kg (2,470 lb)		
73	365 kg (805 lb)	93	650 kg (1,430 lb)	113	1,150 kg (2,540 lb)		
74	375 kg (827 lb)	94	670 kg (1,480 lb)	114	1,180 kg (2,600 lb)		
75	387 kg (853 lb)	95	690 kg (1,520 lb)	115	1,215 kg (2,679 lb)		
76	400 kg (880 lb)	96	710 kg (1,570 lb)	116	1,250 kg (2,760 lb)		
77	412 kg (908 lb)	97	730 kg (1,610 lb)	117	1,285 kg (2,833 lb)		
78	425 kg (937 lb)	98	750 kg (1,650 lb)	118	1,320 kg (2,910 lb)		
79	437 kg (963 lb)	99	775 kg (1,709 lb)	119	1,360 kg (3,000 lb)		

(<http://triatmono.info/2014/07/31/dalam-memilih-ban-mobil-perhatikan-load-index/>)

Tabel 2.3 Speed Rating

Speed rating	Kecepatan	Speed rating	Kecepatan
F	80 km/jam	R	170 km/jam
J	100 km/jam	S	180 km/jam
L	120 km/jam	H	210 km/jam
M	130 km/jam	V	240 km/jam
P	150 km/jam		

(<http://fdrtire.com/article/view/894/Daftar-load-index-dan-speed-rating-ban-motor>)

2.2 Viscoelastic

2.2.1 Pengertian *Viscoelastic*

Viscoelastic adalah perilaku material yang mampu kembali ke bentuk semula dengan waktu tertentu yang mengakibatkan disipasi energi dalam jumlah besar pada tingkat internal yang berbeda. (Zéhil, G-P:2013).

Menurut D. Li, *viscoelastic* adalah sifat material dimana pada material tersebut memiliki karakteristik *viscous* dan *elastic* saat material tersebut mengalami deformasi. Pada *viscous* material, *shear flow* (aliran geser) dan *strain* berbanding lurus dengan waktu pada saat suatu benda menerima gaya atau *stress*. tidak seperti bahan elastis yang segera strain ketika *stress* dan akan kembali ke bentuk semula saat *stress* pada material dihilangkan. Sedangkan material *viscoelastic* adalah material yang memiliki dua elemen diatas.

Meurut Y-J. Lin dari *National Cheng Kung University*,Taiwan, karet adalah elemen utama dari ban yang dapat menyerap getaran dan deformasi pada perbedaan beban; hal itu dibuktikan oleh sifat *viscoelastic* yang merupakan kombinasi sifat karakteristik *viscous* dan *elastic*. Jaringan *cord ply* yang tertanam dalam ban dapat mencegah deformasi yang berlebihan pada karet. Bead wire adalah bahan kaku di ban untuk membatasi deformasi baik karet maupun *cord ply*. Cara berkendara dengan kecepatan mengemudi tinggi dapat merusak ban dengan cepat, hal ini dipengaruhi oleh perilaku *viscoelastic* yang nantinya mengarah pada *hysteresis*. *Hysteresis* didefinisikan sebagai kehilangan energi (*losses*) yang diakibatkan oleh *viscoelastic* secara terus menerus. *Hysteresis* dipengaruhi oleh perubahan beban dan tekanan yang diberikan ke ban. Tekanan ban juga mempunyai peranan penting untuk kenaikan suhu ban, dengan meningkatkan tekanan akan mengurangi efek *hysteresis*, dan menurunkan suhu di ban.

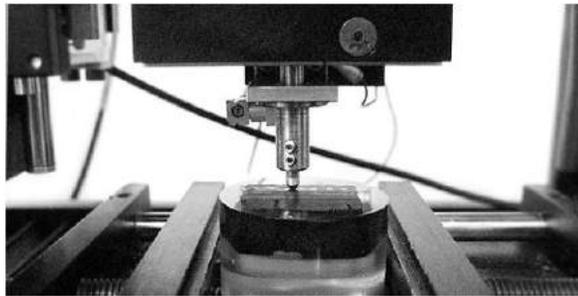
Karet adalah bahan *viscoelastic* yang nantinya menunjukkan *hysteresis* selama beban diberikan, energi akan lebih sedikit yang diberikan kembali selama beban dihilangkan daripada saat menerima beban. Energi yang hilang sebagai panas bisa

diamati lebih jelas saat beban diberikan dan dihilangkan dengan cepat, juga disebabkan oleh ban yang bergulir pada permukaan jalan dengan kecepatan tinggi. Distribusi temperatur akibat panas yang dihasilkan oleh hysteresis dari karet sangat penting untuk memperkirakan kerusakan material ban dan kehilangan energi (konsumsi bahan bakar) karena kerugian karena *viscoelastic/hysteresis* ban. Komponen utama lain dari ban adalah *body ply* yang tertanam dalam karet yang dapat mencegah deformasi berlebihan ban. (T. Tang, 2013)

2.2.2 Metode Pengujian *Viscoelastic*

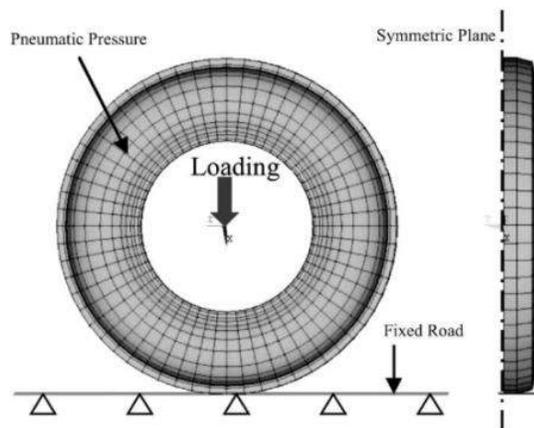
Terdapat dua metode dalam pengujian *viscoelastic*, antara lain sebagai berikut:

- Metode pembebanan yaitu memberikan gaya secara terus-menerus ke material secara bertikal dengan selang waktu yang ditentukan.



Gambar 2.3 Metode Pembebanan (D. Li:2014)

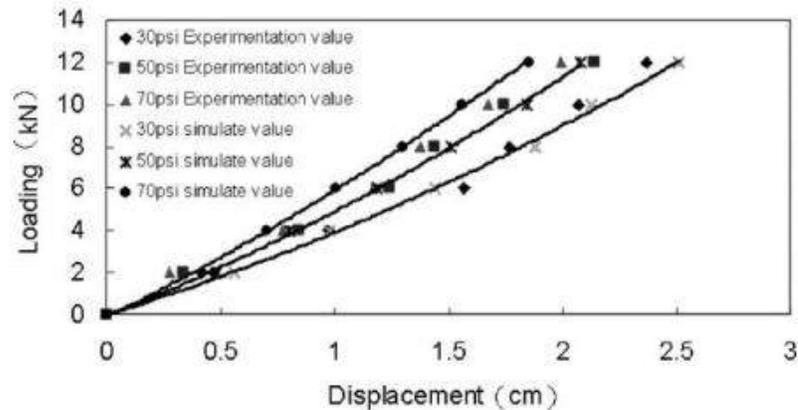
- Metode simulasi yaitu dengan mensimulasikan benda kerja kedalam suatu aplikasi.



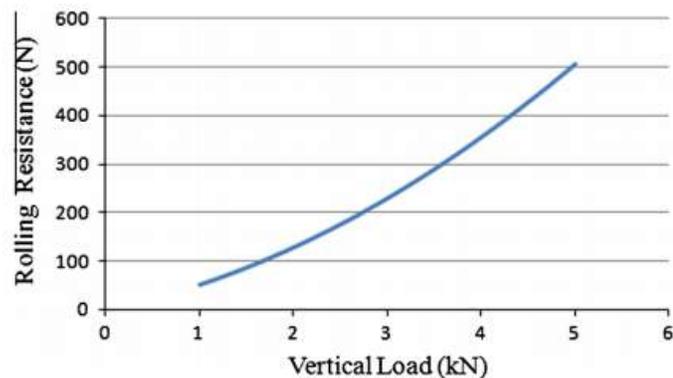
Gambar 2.4 Metode Simulasi (Y-J. Lin:2004)

2.2.3 Hubungan *Rolling Resistance*, *Displacement*, *Load* dan Kecepatan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh Y-J Lin dan G-P., Zéhil, didapatkan grafik sebagai berikut.

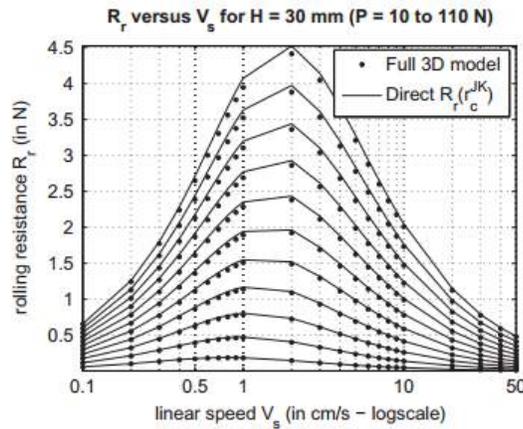
Gambar 2.5 Grafik Hubungan Antara Loading dan *Displacement* (Y-J Lin:2004)

Dari grafik di atas dapat dicermati bahwa semakin tinggi beban, semakin tinggi pula *displacement* yang terjadi pada ban.

Gambar 2.6 Grafik Hubungan Antara *Rolling Resistance* dan Load (Y-J Lin:2004)

Dari grafik di atas dapat dicermati bahwa semakin tinggi beban vertikal yang diberikan terhadap ban, maka *rolling resistance* akan semakin tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh grafik sebelumnya dimana semakin beban dinaikkan maka akan mengakibatkan *displacement* ban yang semakin tinggi dan menyebabkan luasan

kontak ban dengan permukaan akan semakin besar dan secara otomatis mengakibatkan nilai *rolling resistance* akan semakin tinggi.



Gambar 2.7 Pengaruh *Displacement* dan Kecepatan Terhadap *Rolling Resistance*
(G-P., Zéhil:2012)

Gambar grafik di atas menunjukkan satu kesatuan dengan *viscoelastic*. Dimana *viscoelastic* itu sendiri adalah hubungan antara *displacement*, pemberian beban dan waktu kembali ban ke bentuk seperti semula.

2.2.4 Perhitungan *Viscoelastic*

Untuk mencari nilai *viscoelastic* dibutuhkan pengukuran *displacement* bandan waktu kembali ban ke bentuk seperti semula.

$$\Delta l = \frac{R_0}{R_1} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

Δl = *Displacement* diameter setelah diberikan pembebanan (mm)

R_0 = Jari-jari mula-mula ban sebelum diberi beban (mm)

R_1 = Jari-jari ban saat diberi beban (mm)

$$Viscoelastic = \Delta l \cdot \text{Beban} \cdot \text{waktu} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

Viscoelastic = satuan (mks)

Δl = *Displacement* diameter setelah diberikan pembebanan (m)

Beban = Beban pada ban (kg)

s = waktu kembali ban ke bentuk seperti semula

2.3 Rolling Resistance (Tahanan Gelinding)

2.3.1 Pengertian *Rolling Resistance*

Rolling Resistance adalah tahanan terhadap roda yang akan dan telah menggelinding akibat adanya gaya gesekan antara roda dengan permukaan jalannya roda. Pada dasarnya, *rolling resistance* adalah momen yang digunakan roda untuk melawan arah gerakan, setara dengan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda bergerak maju (H. Taghavifar:2013)

Menurut Y. Xiong dari *Aalto University*, Finlandia, *rolling resistance* adalah proses disipasi energi untuk melawan atau sebagai reaksi dari gaya hambat dan gaya gerak maju pada ban. Dapat dicermati bahwa panas yang terjadi pada ban akan sebanding dengan gaya *rolling resistance* pada ban tersebut. Hal ini terjadi karena efek dari gesekan ban dengan permukaan jalan dan sifat viscoelastic dari ban itu sendiri. Perubahan sifat viscoelastis pada ban sangat berhubungan dengan keadaan permukaan jalan, yang menghasilkan distribusi tegangan normal asimetris yang mempengaruhi pergeseran letak gaya yang bersentuhan dengan permukaan jalan. Permukaan ban yang bersentuhan dengan permukaan jalan dapat mengubah daya pada sebuah kendaraan. Momen dan gaya menghasilkan perubahan pada *rolling resistance*. *Rolling resistance* dapat didefinisikan sebagai disipasi energi per satuan jarak untuk ban yang menggelinding bebas yang berpindah pada satu garis lurus. Kebutuhan dan pentingnya menurunkan *rolling resistance* untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi karbon dalam transportasi karena itu diakui juga. Untuk ban radial modern, telah ditetapkan bahwa *rolling resistance* menjadi penyebab hilangnya energi sebanyak 17-21 % dari konsumsi bahan bakar total kendaraan darat.

Pengurangan gaya *rolling resistance* sangat penting terutama pada sektor transportasi. Hal yang mempengaruhi *rolling resistance* adalah ban dan permukaan jalan, kedua elemen tersebut harus didesain sebaik mungkin untuk mengurangi

tahanan gelinding seminim mungkin. Pada tahun 2006, di Uni Eropa 23% dari gas emisi CO₂ disebabkan konsumsi bahan bakar pada alat transportasi darat. Untuk mobil yang didukung oleh mesin pembakaran dalam, hanya sekitar 10-40% bahan bakar yang dikonversi menjadi energi, bagian lain yang hilang dikarenakan panas pada mesin. Energi yang tersedia dikonsumsi oleh gaya *drag*, *rolling resistance* dan percepatan. Bergantung kepada kondisi mengemudi, kerugian *hysteresis* di ban, yaitu *rolling resistance* yang mencapai 5-30% dari bahan bakar konsumsi mobil penumpang. Angka-angka ini bahkan lebih tinggi untuk truk dan kendaraan berat lainnya, mulai dari 15-40%. Dengan demikian, ada potensi besar untuk mengurangi konsumsi bahan bakar secara keseluruhan kendaraan dengan mengurangi kerugian energi karena *rolling resistance*. Penurunan 10-20% di *rolling resistance* dapat mengurangi konsumsi bahan bakar di Uni Eropa hingga 2,5% untuk mobil penumpang dan 3,6% untuk kendaraan berat. (C. Hoever, 2015)

2.3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi *Rolling Resistance*

Rolling Resistance (tahanan gelinding) tergantung pada banyak faktor, diantaranya yang terpenting adalah:

- a. Keadaan jalan (kekerasan dan kemulusan permukaan jalan); semakin keras dan mulus atau rata jalan tersebut, maka tahanan gulingnya semakin kecil.
- b. Keadaan ban yang bersangkutan dan permukaan jalur jalan. Jika memakai ban karet, maka yang berpengaruh adalah ukuran, tekanan, dan permukaan dari ban alat berat yang digunakan; apakah ban luar masih baru, atau sudah gundul, dan bagaimana model kembangan ban itu. Jika menggunakan *Crawler* yang berpengaruh adalah kondisi jalan

(<http://id.scribd.com/doc/136397498/Rolling-Ressistance-Pertemuan-5-ppt#scribd>)

2.3.3 Pengujian *Rolling Resistance* Stadar ISO 18164: 2005 Dengan Metode Gaya

Metode Gaya (*force method*) yaitu metode yang pengukurannya berdasarkan Gaya gesek yang terjadi pada poros ban. Standar ini yaitu metode untuk mengukur *rolling resistance*, dibawah kondisi laboratorium dengan parameter yang terkendali, untuk ban pneumatik yang dirancang untuk digunakan pada mobil penumpang, truk, bus dan sepeda motor. Hubungan antara nilai-nilai yang diperoleh dan efisiensi bahan bakar kendaraan belum ditentukan, dan nilai-nilai tersebut tidak dimaksudkan untuk digunakan untuk menunjukkan tingkat kinerja atau kualitas.

Standar ini berlaku untuk ban mobil penumpang, ban truk, ban bus dan ban sepeda motor. Pengukuran ban menggunakan metode ini mempermudah perhitungan *rolling resistance* ban pada kondisi bebas-bergulir lurus ke depan, dalam posisi tegak lurus terhadap permukaan luar Drum, dan dalam kondisi *steady state*.

Parameter-parameter pengujiannya adalah sebagai berikut:

1) Diameter yang disarankan:

- 1,5 meter untuk ban mobil dan sepeda motor
- 1,7 meter Untuk ban bus dan truk.

2) Permukaan drum

Permukaan drum baja harus halus atau bertekstur dan harus tetap bersih.

3) Lebar drum uji

Lebar permukaan uji Drum melebihi lebar tapak ban yang diuji.

4) Pelek Uji

Ban harus dipasang pada pelek uji

5) Beban, keselarasan, kontrol dan akurasi alat ukur

Pengukuran parameter-parameter harus cukup akurat dan tepat untuk mendapatkan yang data uji dibutuhkan .

6) lingkungan termal (kondisi Referensi)

Suhu referensi lingkungan, yang diukur pada sumbu rotasi ban, 1m terdekat dari bidang sentuh sidewall ban, harus berkisar pada suhu 25 ° C.

7) Suhu permukaan drum

suhu permukaan drum diusahakan mendekati suhu lingkungan.

8) Beban Uji

Beban uji standar harus dihitung dari nilai-nilai yang ditunjukkan pada tabel

2.1.

Tabel 2.4 Beban dan Tekanan Uji pada Ban

Tyre type	Passenger car ³		Truck and bus	Motorcycle	
	Light and standard load	Reinforced or extra load		Standard load	Reinforced or extra load
Load % of maximum load capacity	80	80	85 (% of single load)	65	80
Inflation pressure kPa	210	250	Corresponding to maximum load capacity for single application	200	i250
NOTE The inflation pressure shall be capped with the accuracy specified in C.4.1.					
^a For those passenger car tyres belonging to categories which are not shown in Annex B of ISO 4000-1:2001, the inflation pressure shall be the inflation pressure recommended by the tyre manufacturer, corresponding to the maximum tyre load capacity, reduced by 30 kPa.					

(IS/ISO 18164 : 2005)

1) Perhitungan Rugi-rugi Alat

Kerugian Parasitis (F_{PF}) terkait dengan gesekan antarmuka antara ban dengan drum dinyatakan dalam newton, dihitung dari gaya F_t , seperti yang ditunjukkan di bawah ini.

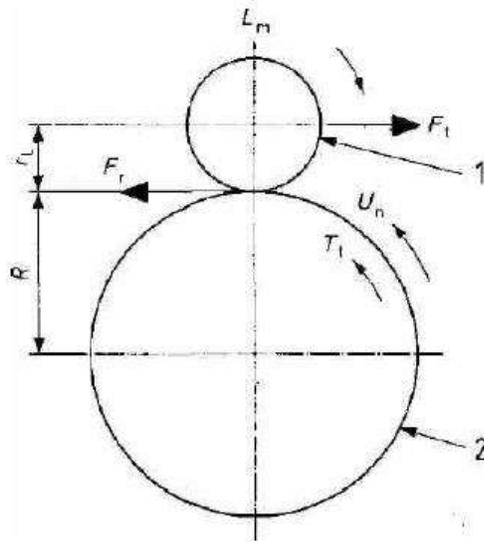
$$F_{PF} = F_t (1 + R_b/R_d) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

F_t = Gaya spindel ban dalam (N)

R_b = Jarak dari sumbu ban ke permukaan luar drum dalam kondisi *steady state* (m)

R_d = Jari-jari tes drum (m).



Gambar 2.8 Free Body Diagram Pengujian *Rolling Resistance* (IS/ISO 18164 : 2005)

2) Perhitungan *Rolling Resistance*

Menghitung *rolling resistance* menggunakan nilai yang diperoleh dengan menguji ban dengan kondisi yang ditentukan dalam standar ini dan dengan mengurangi kerugian parasit yang tepat (F_{pf}) diperoleh menurut persamaan (2.3)

Metode Gaya pada spindel ban.

Rolling resistance (F_r), dalam Newton, dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_r = F_t [1 + (R_b/R_d)] - F_{pf} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

F_{pf} = Rugi parasitis dari alat (N)

F_t = Kekuatan spindel ban (N)

R_b = Jarak dari sumbu ban kepermukaan luar drum dalam kondisi *steady state* (m)

R_d = Jari-jari tes Drum (m).

3) Menghitung Faktor Koreksi Diameter Drum

Hasil tes yang diperoleh dari diameter Drum berbeda dapat dibandingkan dengan

$$F_{r\phi 1} \approx K F_{r\phi 2} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

$$K = \sqrt{\frac{(Rd1 Rd2)(Rd2+Rb)}{(Rd1+Rb)}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

$F_{r\phi 1}$ = Nilai *rolling resistance* diukur pada drum 1, satuan (N).

$F_{r\phi 2}$ = Nilai *rolling resistance* diukur pada drum 2, satuan (N).

Rd1 = Jari-jari drum 1, dalam meter (m)

Rd2 = Jari-jari drum 2, dalam meter (m)

Rb = Jari-jari nominal ban, dalam meter (m)

2.4 Hipotesa

Dari beberapa literatur yang telah dipaparkan di atas dapat dicermati bahwa semakin tinggi beban yang diberikan semakin tinggi pula *displacement* yang terjadi dan semakin tinggi beban yang diberikan maka semakin tinggi gaya *rolling resistance* yang terjadi. Pembebanan, *displacement* dan waktu kembali ban ke bentuk seperti semula adalah 3 hal yang diperlukan untuk mencari nilai *viscoelastic* ban. Ketika beban dinaikkan, maka *displacement* dan waktu kembali ban akan semakin tinggi yang artinya nilai *viscoelastic* juga akan semakin tinggi sehingga di dapat hipotesa sebagai berikut: Jika *viscoelastic* tinggi, maka *rolling resistance* akan tinggi.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di LPM (ruang riset tim mobil listrik TITEN Fakultas Teknik) Universitas Jember. Waktu penelitian dilakukan pada bulan November 2015 sampai selesai.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Alat uji *Rolling resistance*
- b. Alat uji *Viscoelastic*
- c. *Preassure gauge*
- d. *Tachometer*
- e. Kompresor
- f. Alat tulis
- g. Dongkrak *hidrolik*

3.2.2 Bahan

- a. Ban merek *Corsa medium type*, dengan diameter ring 14” dengan ukuran 90/90.
- b. Ban dalam
- c. Velg sepeda motor dengan diameter 14”

3.3. Variabel Penelitian

3.3.1. Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian ini adalah *viscoelastic* dikarenakan *viscoelastic* pada tekanan yang tidak sama memiliki *viscoelastic* berbeda pula, hal ini berkaitan dengan *displacement* dan waktu kembali ban yang berbeda yang mengakibatkan respon kecepatan kembali ban juga berbeda.

3.3.2. Variabel Terikat

Variable terikat dari penelitian *viscoelastic* ini adalah:

- *Displacement* diameter ban
- Waktu kembali ban ke bentuk semula
- Luas tapak ban
- Gaya *Rolling Resistance*

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Metode Pengujian *Viscoelastic*

Metode pengujian yang digunakan adalah metode eksperimental. Yaitu dengan cara mengukur *displacement* ban dan waktu kembali ban dari saat ban dikenai beban sampai beban tersebut dilepas.

3.4.2 Langkah Pengujian *Viscoelastic*

- a. Memasang roda ban yang akan diuji pada posisi pengujian
- b. Berikan gaya sesuai dengan tabel pengujian menggunakan dongkrak *hydraulic*.
- c. Memutar motor listrik
- d. Kemudian catat perubahan ukuran *displacement* pada ban mulai dari sumbu poros pada ban sampai permukaan ban yang kontak dengan permukaan.

- e. Ulangi langkah-langkah b sampai d diatas pada variasi tekanan udara ban 200 kPa, 230 kPa dan 250 kPa.

3.4.3 Metode Pengujian *Rolling Resistance*

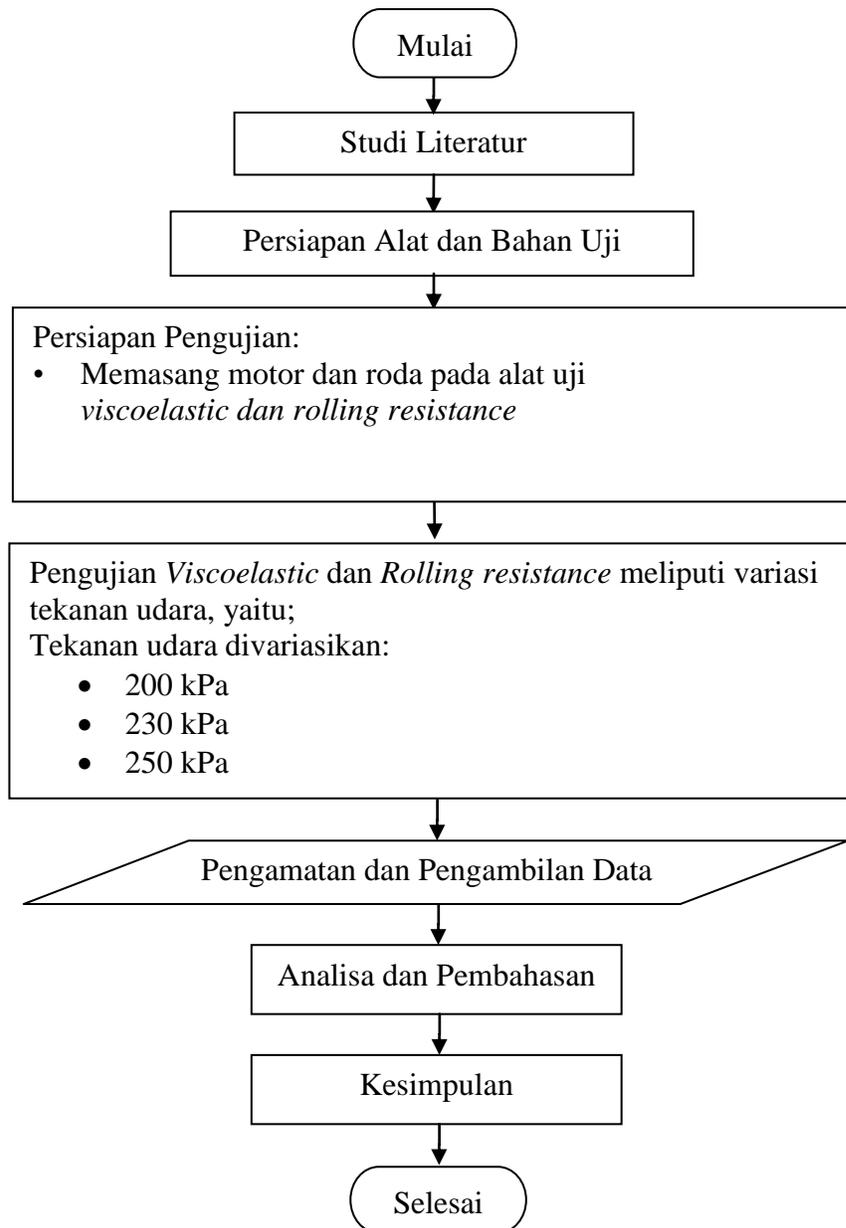
Metode pengujian yang digunakan adalah metode eksperimental. Yaitu dengan cara mengamati tarikan pegas yang terukur pada spindel ban ketika drum diputar pada putaran 300 rpm. Nilai pegas yang diamati yaitu nilai pada saat pegas sebelum diberi beban radial pada roda (F_{t0}) dan nilai pegas pada saat diberi beban (F_{t1}).

3.4.4 Langkah Pengujian *Rolling Resistance*

- a. Memasang roda ban yang akan diuji pada posisi pengujian
- b. Putar drum dengan posisi roda menempel pada drum tanpa ada beban. Kemudian catat nilai yang terukur pada pegas yang mengukur gaya pada poros roda. (F_{t0})
- c. Mengkondisikan mekanisme ban yang akan diuji pada kondisi posisi pembebanan
- d. Putar roda uji dengan putaran 300 rpm sambil mengamati perubahan yang terjadi pada pegas ukur.
- e. Kemudian catat nilai yang terukur pada pegas yang mengukur gaya pada poros roda. (F_{t1})
- f. Ulangi langkah-langkah c sampai e diatas pada variasi tekanan udara ban 200 kPa, 230 kPa dan 250 kPa.

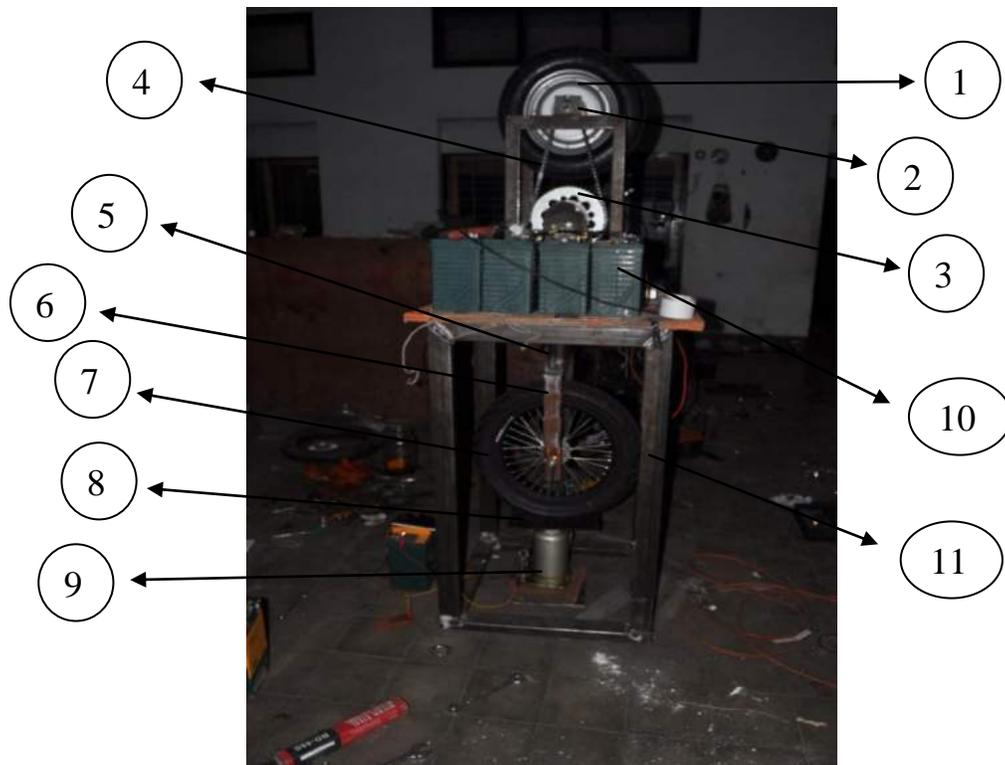
3.5 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan dengan berbagai tahap, diantaranya adalah studi literatur, selanjutnya persiapan alat dan bahan uji setelah itu dilakukan pengujian dan pengambilan data, kemudian data yang diambil dianalisa dan dibahas yang nantinya ditarik kesimpulan untuk mengakhiri penelitian ini. Berikut diagram alir penelitian tersebut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Alat Penelitian



Gambar 3.2 Alat Pengujian *Viscoelastic*



Gambar 3.3 Alat Pengujian *Viscoelastic* Bagian Atas

Keterangan gambar:

1. Motor listrik
2. Roda gigi 1
3. Roda gigi 2
4. Rantai
5. Pipa
6. *Arm*
7. Ban
8. Pelat penyangga ban
9. Dongkrak *hydraulic*
10. Baterai
11. Frame
12. Esentrik 1
13. Esentrik 2
14. *Bearing*
15. Pelat pengunci *bearing*
16. Poros 1 (fix dengan roda gigi 2 dan esentrik 1)
17. Mur baut pengunci *bearing*, esentrik 2 dan pelat pengunci *bearing*
18. Poros 2 (fix dengan bearing, esentrik 1, esentrik 2 dan pelat pengunci *bearing*)
19. Besi *rectangular* pejal (fix dengan esentrik 2 dan *end rod*)

3.6.1 Cara Kerja Alat Uji *Viscoelastic*

Cara kerja alat uji *viscoelastic* pada gambar di atas yaitu menggerakkan motor listrik, kemudian motor listrik tersebut mentransmisikan putarannya ke esentrik 1 dengan roda gigi dan rantai dimana roda gigi tersebut di fix kan ke poros 1 yang sekaligus fix dengan esentrik 1 dan secara otomatis esentrik 1 akan menggerakkan esentrik 2 yang dihubungkan oleh poros 2. Kemudian esentrik 2 yang difixkan ke *rektangular* pejal akan menggerakkan pipa ke atas dan kebawah sebagai fungsi pembebanan pada ban.



Gambar 3.4 Alat Pengujian *Rolling Resistance*

Keterangan gambar:

1. Arm ban
2. Ban
3. Pegas ukur gaya tangensial (ft)
4. Penyangga pegas ukur gaya tangensial
5. Motor listrik
6. Arm motor listrik
7. Pegas ukur untuk pembebanan
8. Drum
9. V-belt
10. Pulley 1
11. Pulley 2
12. Frame

3.6.2 Cara Kerja Alat Uji *Rolling Resistance*

Cara kerja alat uji *rolling resistance* di atas yaitu memutar motor listrik, kemudian putaran dari motor listrik tersebut ditransmisikan melalui *v-belt* dengan rasio pulley 1:1, secara otomatis drum akan berputar kemudian drum akan memutar ban.