



**PENGARUH TEKANAN UDARA (*INFLATION PREASSURE*) PADA BAN  
TIPE *RADIAL PLY* TERHADAP *ROLLING RESISTANCE***

**SKRIPSI**

Oleh

**MAR'IY MUSLIH MUTTAQIN**

**NIM 111910101026**

**PROGRAM STUDI STRATA I**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**



**PENGARUH TEKANAN UDARA (*INFLATION PREASSURE*) PADA BAN  
TIPE *RADIAL PLY* TERHADAP *ROLLING RESISTANCE***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
Dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**MAR'IY MUSLIH MUTTAQIN**

**NIM 111910101026**

**PROGRAM STUDI STRATA I**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**

## PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini dibuat sebagai perwujudan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala berkah rahmat dan rizki-Nya, serta kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW;
2. Ayahanda Mukiran dan Ibunda Sri Runaini yang senantiasa memberi do'a, dukungan, kepercayaan, dan memberika motivasi serta kasih sayang dan pengorbanan selama ini;
3. Seluruh anggota keluarga, saudara, yang selalu mendoakan hingga terselesaikannya tugas akhir ini;
4. Guru-guruku dari TK, SD, SMP, SMA, dan Dosen Perguruan Tinggi atas semua ilmu yang telah diberikan;
5. Almamaterku Universitas Jember yang aku cintai dan aku banggakan;
6. Teman seperjuangan yang tidak biasa disebutkan namanya satu persatu yang selalu membantu dalam segala hal;
7. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Mesin terutama angkatan 2011 “**Bedebah Mesin Sewelas**”, yang telah memberikan motivasi, dukungan dan doa'anya “**Solidarity Forever**”.
8. Rekan-rekan di Tim TITEN Mobil Listrik Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan motivasi, dukungan dan doa'anya.

**MOTTO**

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S. Al Insyiraah : 5 )

“Sesungguhnya Allah mencintai salah seorang diantara kamu yang melakukan pekerjaan dengan itqon (tekun, rapi dan teliti).”

(HR. al-Baihaki)

Hidup adalah proses mencari kebenaran-kebenaran yang sifatnya progresif.

(Emha Ainun Najib)

Puasa, bekerja lebih keras, dan menolong orang lain, itu adalah bentuk bersyukur paling tinggi

(Dahlan Iskan)

Jika kita bersungguh-sungguh dalam belajar, maka buku, alat, alam dan semuanya akan bercerita kepada diri kita tentang mereka.

(Ricky Elson)

Yang membedakan seseorang satu dengan orang lain adalah Semangat. Orang yang hidupnya penuh antusias akan membawa kemajuan.

(Mar'iy Muslih Muttaqin)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Mar'iy Muslih Muttaqin

NIM : 111910101026

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi yang berjudul “Pengaruh Tekanan Udara (*Inflation Preassure*) Pada Ban Tipe *Radial Ply* Terhadap *Rolling Resistance* ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Oktober 2015

Yang menyatakan,

Mar'iy Muslih Muttaqin

NIM 111910101026

**SKRIPSI**

**PENGARUH TEKANAN UDARA (*INFLATION PREASSURE*) PADA BAN  
TIPE *RADIAL PLY* TERHADAP *ROLLING RESISTANCE***

Oleh

**Mar'iy Muslih Muttaqin**

**NIM 111910101026**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. FX. Kristianta, M.Eng

Dosen Pembimbing Anggota : Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T



**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Tekanan Udara (*Inflation Preassure*) Pada Ban Tipe *Radial Ply* Terhadap *Rolling Resistance*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 13 Oktober 2015

Tempat : Ruang Ujian Dekanat Fakultas Teknik

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng  
NIP 19650120 200112 1 001

Hari Arbiantara B., S.T., M.T  
NIP 19670924 199412 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.  
NIP 19700807 200212 1 001

Dedi Dwi Laksana, S.T.,M.T.  
NIP 19691201 199602 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 19610414 198021001

## RINGKASAN

**Pengaruh Tekanan Udara (*Inflation Preassure*) Pada Ban Tipe *Radial Ply* Terhadap *Rolling Resistance* ; Mar'iy Muslih Muttaqin, 111910101026; 2015: 80 Halaman: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.**

*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. Rolling resistance memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap efisiensi kendaraan. Banyak faktor yang mempengaruhi rolling resistance, salah satunya adalah tekanan udara (*Inflation Preassure*) dari ban itu sendiri. Pada ban, tekanan udara adalah hal yang harus selalu diperhatikan karena berkaitan dengan keamanan dan kenyamanan berkendara. Pada kenyataannya tekanan udara pada ban juga mempengaruhi rolling resistance yang akhirnya berpengaruh juga terhadap konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu perlu adanya pengamatan tentang pengaruh tekanan udara yang diharapkan bisa menurunkan gaya rolling resistance agar dapat menentukan tekanan udara pada ban yang sesuai.

Permasalahan yang di teliti adalah untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan udara (*inflation Preassure* terhadap nilai gaya dan koefisien rolling resistance pada ) pada ban tipe radial ply. Metode yang di pakai untuk mencari pengaruh variable tersebut adalah analisis eksperimental.

Dari hasil penelitian, dicari variable pengaruh variasi tekanan udara ban (*inflation preassure*) terhadap Gaya rolling resistance dan nilai Rolling resistance dari suatu ban jenis radial ply. Nilai Rolling Resistance paling rendah didapat dari variable tekanan udara ban 300 kPa dengan beban radial 1kN diketahui lebar tapak kontak ban dengan landasan uji sebesar 39 mm, didapatkan gaya Rolling resistance 9,368125 N dan nilai koefisien Rolling Resistance 0,937%.



## SUMMARY

***Effect of Inflation pressure In Radial Ply Type Tire Against Rolling Resistance;***  
*Mar'iy Muslih Muttaqin, 111910101026; 2015: 80 Page: Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.*

*Rolling resistance is the resistance to the wheel to be and has been rolling due to the friction force between the surface of the wheels with the wheels. Basically, the rolling resistance is the moment to use the wheel against the direction of motion, equivalent to the force required to move the wheels for move forward. Rolling resistance has a considerable influence to vehicle efficiency. Many factors affect rolling resistance, one of which is the Inflation pressure of the tire itself. On tires, air pressure is something that should always be considered as it relates to safety and driving comfort. In fact, the Inflation pressure in the tires also affect the rolling resistance which ultimately also affect fuel consumption. Hence the need for observation of the effects of Inflation pressure that is expected to lower the rolling resistance force in order to determine the air pressure in the tires accordingly.*

*Problems that in carefully is to determine the effect of variations in inflation pressure on the value of the force and rolling resistance coefficient on the type of radial ply tires. The method in use to look for the influence of these variables is the experimental analysis.*

*From the research, look for variable influence of tire Inflation pressure variations against the force and rolling resistance Rolling resistance value of a radial ply tire types. Rolling Resistance lowest value obtained from variable tire air pressure of 300 kPa with a known radial load 1kN wide tread tire contact with the ground test of 39 mm, obtained Rolling resistance force 9.368125 N and the coefficient of 0.937%.*

## PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Swt, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Tekanan Udara (*Inflation Preassure*) Pada Ban Tipe *Radial Ply* Terhadap *Rolling Resistance*”. Skripsi ini merupakan mata kuliah wajib dan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Selama penelitian dan penulisan laporan Skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Program Studi S1 jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan pengarahan selama masa kuliah.
6. Bapak selaku Dosen Pembimbing II, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
7. Bapak Dr. Agus Triono, S. T., M. T. selaku Dosen Penguji I, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
8. Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji II, yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
9. Bapak Muh. Nurkoyim Kustanto, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Tim Mobil Listrik Fakultas Teknik Universitas Jember.

10. Bapakku Mukiran, Ibuku Sri Runaini, dan kakaku Nafisah Murtiningsih dan Mutsana Ali Said A. yang telah memberikan dukungan moril, materil, do'a dan semangat demi terselesainya kuliahku.
11. Dosen – dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
12. Teknisi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
13. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2011 khususnya dan semua teman-teman Teknik Mesin Universitas Jember pada umumnya.
14. Teman-teman kos patrang tercinta, yang telah banyak menghibur disaat suka dan duka dalam penulisan skripsi ini.
15. Teman – teman beserta seluruh pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan skripsi ini.

Skripsi ini disusun berdasarkan data-data yang di peroleh dari studi lapangan dan studi kepustakaan serta uji coba yang dilakukan, walaupun ada kekurangan itu diluar kemampuan saya sebagai penulis, oleh karena itu penulis senantiasa terbuka untuk menerima kritik dan saran dalam upaya penyempurnaan skripsi ini.

Jember, Oktober 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Rolling Resistance (RR)</b> .....	5
2.1.1 Pengertian Rolling Resistance (RR).....	5
2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Rolling Resistance .....	7
<b>2.2 BAN</b> .....	8
2.2.1 Pengertian Ban .....	8

2.2.2	Bagian-bagian Utama Ban dan Fungsinya .....	9
2.2.3	Jenis-jenis Ban.....	10
2.2.5	Gaya Adhesi dan Gaya Hysteris pada Ban .....	11
2.2.5	Sistem kode Spesifikasi Ban .....	12
<b>2.3</b>	<b>Permukaan Jalan.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Pengujian Rolling Resistance .....</b>	<b>17</b>
2.4.1	Metode Pengujian Rolling Resistance .....	17
2.4.2	Pengujian Standar ISO 18164 : 2005.....	20
	A. Parameter-parameter Pengujian .....	20
	B. Prosedur Pengujian .....	21
	C. Perhitungan Rugi-Rugi alat .....	23
	D. Perhitungan Rolling Resistance .....	23
	E. Perhitungan Koefisien Rolling Resistance .....	24
	F. Perhitungan Faktor Koreksi Diameter Drum.....	24
<b>2.5</b>	<b>Pengaruh Tekanan Terhadap Rolling Resistance .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6</b>	<b>Hipotesa .....</b>	<b>26</b>
<b>BAB 3.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Tempat dan Waktu .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Bahan dan Alat .....</b>	<b>27</b>
3.2.1	Alat.....	27
3.2.2	Bahan.....	27
<b>3.3</b>	<b>Variabel Pengukuran .....</b>	<b>27</b>
3.3.1	Variabel Bebas .....	27
3.3.2	Variabel Terikat.....	28
<b>3.4</b>	<b>Prosedur Penelitian .....</b>	<b>28</b>
3.4.1	Metode Pengujian.....	28
3.4.2	Langkah Pengujian .....	28
<b>3.5</b>	<b>Pengambilan Data Pengujian .....</b>	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>30</b>



3.7 Skema Alat Penelitian.....	31
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Tinjauan Umum.....	32
4.2 Data Hasil Pengujian.....	32
4.3 Analisis dan Hasil Penelitian .....	35
4.4 Pembahasan.....	36
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>40</b>
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Kecepatan maksimum yang diizinkan pada ban .....	14
2.2 Tekstur Permukaan Jalan .....	16
2.3 Kedalaman tekstur terhadap kecepatan .....	17
2.4 Metode Standart Pengujian Rolling Resistance .....	19
2.5 Beban dan Tekanan uji pada ban .....	21
2.6 Kefisien Rolling resistance ban .....	24
3.1 Hasil Pengamatan kondisi pembebanan roda 1 kN .....	29
4.1 Hasil Pengamatan kondisi pembebanan roda 1 kN .....	31
4.2 Hasil Perhitungan gaya rolling resistance dan koefisien rolling Resistance berdasarkan pada data hasil pengujian .....	34

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Skema Roliing Resistance.....	5
2.2 Skema Lebar Tapak Ban .....	6
2.3 Skema Gaya berat, Gaya Gesek, dan Gaya Rolling Resistance.....	6
2.4 Bagian-bagian Utama Ban .....	10
2.5 Struktur Ban Bias dan Ban Radial .....	11
2.6 Sistem Kode Spesifikasi Ban .....	13
2.7 Contoh Gambar Alat Uji Rolling Resistance .....	18
2.8 Free Body Diagram dari Ban dan system Drum .....	22
2.9 Grafik Pengaruh Inflation Preassure (tekanan Ban) Terhadap Rolling Resistance.....	25
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	30
3.2 Alat Pengujian Rolling Resistance.....	31
4.1 Pengukuran Menggunakan Pegas Pada poros roda ban.....	32
4.2 Pemberian Beban (W) 2x500 N pada Poros roda .....	33
4.3 Grafik Gaya Rolling Resistance.....	37
4.4 Grafik Koefisien Rolling Resistance.....	38
4.5 Grafik Tekanan Udara terhadap Lebar tapak Ban.....	39

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Industri otomotif masa kini tidak hanya menawarkan produk kendaraan dengan performa bagus, aman dan nyaman, tetapi juga efisien dari segi penggunaan bahan bakar. Seiring dengan semakin mahalnya harga bahan bakar (energi), mobil hemat energi menjadi alternatif dan solusi bagi masyarakat pengguna kendaraan. Tren penggunaan energi se-efisien mungkin merupakan sebuah tuntutan untuk mengurangi konsumsi energi yang semakin menipis, juga untuk mengurangi emisi gas buang.

Menurut M. Juhala, dari Aalto University, Finlandia, selain dari mesin dan transmisi, ada tiga faktor yang mempengaruhi efisiensi suatu kendaraan. Yaitu berat kendaraan (*mass*), hambatan aerodinamis (*aerodynamic resistance*), Tahanan gelinding (*rolling resistance*). Berdasarkan data dari New European Driving Cycle (NEDC), setiap kenaikan 10% dari bobot kendaraan akan menaikkan 4% kenaikan konsumsi energi. ), setiap kenaikan 10% dari *aerodynamic resistance* kendaraan akan menaikkan 1,5% kenaikan konsumsi energi dan setiap kenaikan 10% dari *rolling resistance* kendaraan akan menaikkan 1,8% kenaikan konsumsi energi.

*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).

Berdasarkan hasil investigasi yang dilakukan oleh salah satu merek ban terkenal, tentang jarak pengereman (kecepatan kendaraan adalah 45 mph atau sekitar

72 km/jam) jarak pengereman menurun (menjadi lebih panjang) 8% pada lintasan makadam basah dan menurun 10% pada lintasan beton basah ketika tekanan ban berubah 17 psi menjadi 35 psi. (U.S. Department of Transportation NHTSA : 2005). Dari hasil pengujian tersebut maka dapat dicermati bahwa tekanan ban memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keamanan dan kenyamanan kendaraan, keausan ban dan kerugian akibat dari *rolling resistance*.

Jenis Ban radial adalah ban dimana serat-serat penguat pada *carcass* disusun secara radial. Ban radial umumnya mempunyai aspek ratio yaitu perbandingan tinggi dan lebar lebih kecil dari ban bias. Ban radial dengan aspek ratio yang kecil secara umum mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menahan gaya ke samping. Pemilihan ban radial sebagai alternatif untuk konsumsi bahan bakar yang lebih irit dibanding dengan menggunakan ban bias.

Terdapat dua standar pengukuran *rolling resistance* yang ditetapkan oleh *Society of Automotive Engineers* (SAE), yaitu SAE J1269 dan SAE J2452, dan dua yang ditetapkan oleh *International Organization for Standardization* (ISO), yaitu ISO 18164: 2005 dan ISO 28580: 2009. Standar ini digunakan secara luas dalam industri ban dan otomotif untuk *rolling* pengukuran *rolling resistance*. Terdapat juga standart pengujian yang dilakukan oleh perusahaan untuk ban dengan spesifikasi khusus. Seperti yang telah dilakukan oleh salah satu perusahaan ban sepeda gunung asal eropa.

Dari beberapa referensi diatas bisa ditarik sebuah penjelasan bahwa banyak faktor yang mempengaruhi *rolling resistance*. Beberapa diantaranya adalah luas permukaan kontak, kekasaran jalan, kekasaran dan material ban, serta tekanan ban. Dengan berbagai latar belakang yang telah dipaparkan oleh penulis diatas, dalam penelitian ini penulis akan melakukan penelitian tentang pengaruh tekanan pada ban tipe *radial ply* terhadap *rolling resistance*.

## 1.2. Rumusan Masalah

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

- a. Sejauh mana pengaruh tekanan ban pada tipe ban radial ply terhadap nilai *rolling resistance*.
- b. Seberapa berpengaruh tekanan ban tipe radial ply terhadap koefisien *rolling resistance*.

## 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 motor listrik padapada alat uji adalah 375 rpm atau pada kecepatan linier alat uji 36,7 km/jam
- b. Tekanan ban divariasikan dengan set tekanan pada 100 kPa, 150 kPa, 200 kpa, 250 kPa dan 300 kPa.
- c. Transmisi yang digunakan sebagai penyalur dari alat uji ke motor menggunakan pulley dan V-Belt.
- d. Roda yang digunakan adalah roda sepeda motor diameter velg 14" dengan ukuran ban 90/90 dengan mengabaikan bentuk *thread* atau alur luar ban.
- e. Beban radial dibuat konstan pada 1 kN dan beban aksial dianggap nol.
- f. Suhu pada pengujian adalah suhu ruangan.
- g. Fluida didalam ban yang digunakan adalah udara (bukan Nitrogen).
- h. Kekasaran permukaan drum adalah 2,352  $\mu\text{m}$
- i. Motor listrik yang dipakai adalah motor listrik BLDC dengan spesifikasi:
  - a. 48 Volt DC
  - b. Daya maksimum 800 watt
  - c. Torsi maksimum 15 Nm
  - d. Rpm maksimum motor 540 rpm



#### 1.4. Tujuan dan Manfaat

##### 1.4.1. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh tekanan ban terhadap besarnya *Rolling Resistance*.
- b. Mengetahui koefisien *Rolling Resistance* pada jenis ban radial berdasarkan perubahan tekanan.

##### 1.4.2. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian pada ini adalah:

- a. Sebagai bahan pengetahuan tentang pengaruh tekanan udara pada ban tipe *radial ply* terhadap nilai dan koefisien *Rolling resistance* pada batas tekanan 100 kpa sampai 300 kpa.
- b. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai *Rolling Resistance*.

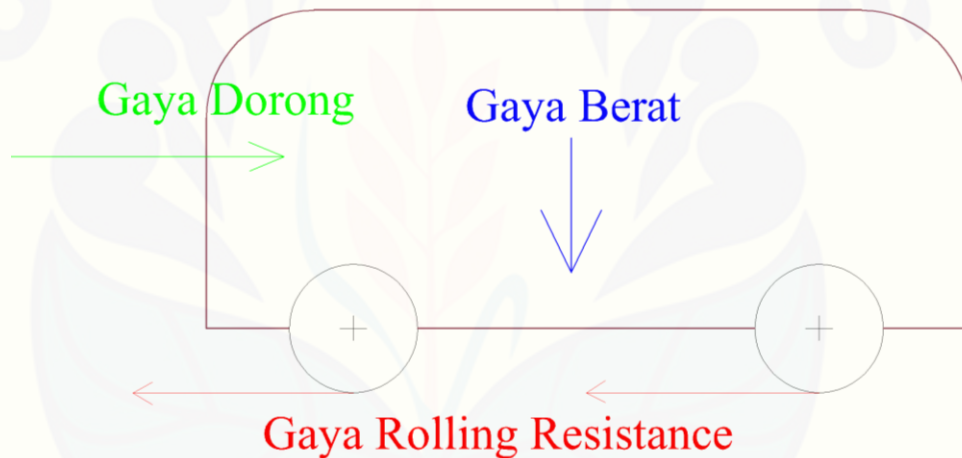


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Rolling Resistance (RR)

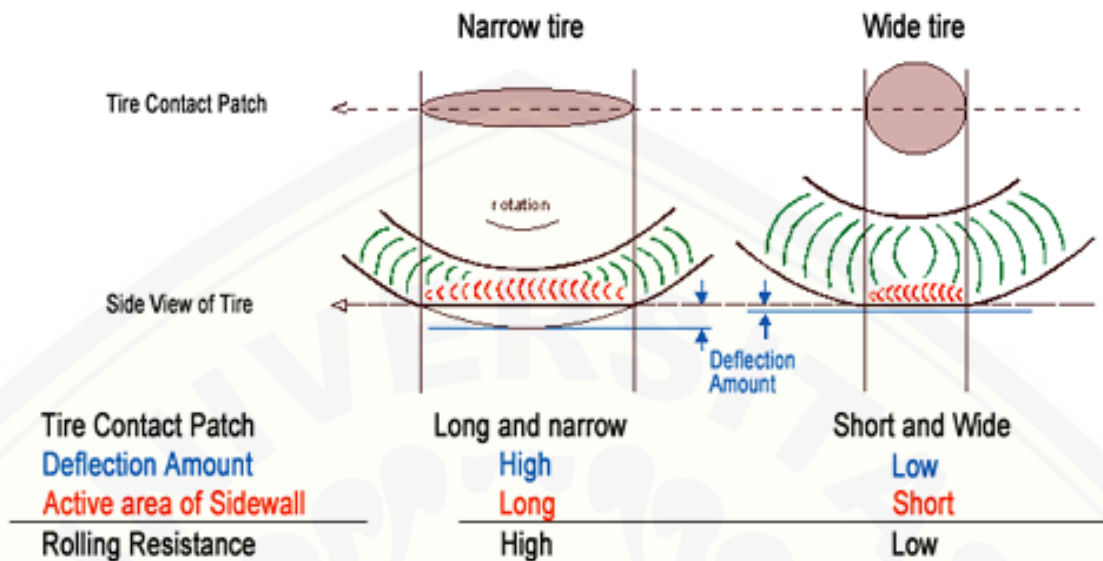
#### 2.1.1. Pengertian *Rolling Resistance* (RR)

*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).



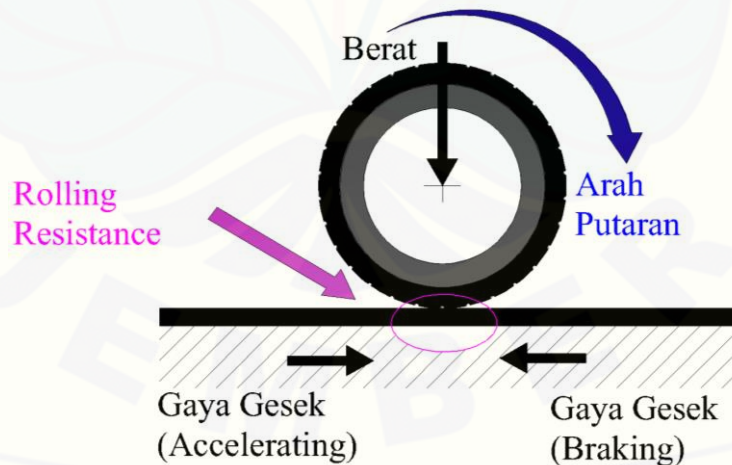
Gambar 2.1. skema *Rolling Resistance*

*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 perlawanan (M. Juhala : 2014)



Gambar 2.2. skema lebar tapak ban

Menurut N. Widyaningsih, *Rolling Resistance* merupakan gaya yang terjadi akibat gesekan roda alat yang sedang bergerak dengan permukaan tanah. Besarnya tahanan akan berbeda pada setiap jenis dan kondisi permukaan tanah atau jalan, juga sangat tergantung pada tipe roda dari kendaraan.



Gambar 2.3. gambar skema gaya berat, gaya gesek, dan *Rolling Resistance*

Tahanan guling/ tahanan gelincir / tahanan gelinding (*Rolling Resistance*, biasa disingkat *RR*) merupakan segala gaya-gaya luar yang berlawanan arah dengan arah gerak kendaraan yang sedang berjalan di atas suatu jalur. Bisa juga disebut Tahanan gelinding (*Rolling resistance*) adalah Besarnya tenaga tarik yang dibutuhkan untuk menggerakkan tiap ton berat kendaraan.

Rolling Resistance dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F_r = c W \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$F_r$  = *rolling resistance* atau gesekan bergulir (N, lbf)

$c$  = koefisien *rolling resistance* – berdimensi( CRR)

$W$  =  $m.g$  = gaya normal - Berat - tubuh (N, lbf)

$m$  = massa tubuh (kg, lb)

$g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>, 32.17 ft/s<sup>2</sup>)

### 2.1.2. Faktor yang Mempengaruhi *Rolling Resistance*

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap *rolling resistance*, antara lain sebagai berikut:

- Keadaan jalan, yaitu kekerasan dan kemulusan permukaannya; semakin keras dan mulus atau rata jalan tersebut maka akan semakin kecil tahanan gulirnya.
- Keadaan bagian kendaraan yang bersangkutan (kontak) dengan permukaan jalan
- Jika memakai ban karet, yang akan berpengaruh adalah ukuran ban, tekanan dan keadaan permukaan bannya apakah masih baru atau sudah gundul dan macam kembangan atau *tread* pada ban tersebut.
- *Bearing* dan Transmisi yang digunakan, pada kedua elemen ini juga terjadi gesekan, sehingga mempengaruhi *rolling resistance*.

- Suspensi yang dipakai, sedikit banyak suspensi akan mempengaruhi *rolling resistance*. Karena perbedaan suspensi akan membedakan tekanan ban terhadap permukaan jalan.

## 2.2.Ban

### 2.2.1. Pengertian Ban

Ban adalah merupakan salah satu komponen terpenting dari kendaraan karena peranannya dalam fungsi keamanan, stabilitas arah serta kenyamanan dari kendaraan. Dalam aplikasinya ban kendaraan dibedakan berdasarkan kondisi dari operasi, berdasarkan tipe dan ukuran serta berdasarkan struktur dari *carcass* atau casing. Kekasaran permukaan jalan adalah merupakan faktor utama yang mempengaruhi koefisien gesek antara ban dan jalan. Untuk jalan yang kering dengan permukaan yang halus akan memberikan koefisien gesek yang besar antara ban dan jalan, namun sebaliknya jika dalam keadaan basah maka akan memberi koefisien gesek yang kecil.

Ban merupakan komposit elastomer. Strukturnya terdiri dari berbagai lapisan. Seperti halnya komposit ban juga memiliki matriks dan penguat.

### 2.2.2. Bagian-bagian Utama Ban dan Fungsinya

Ban terdiri dari lapisan-lapisan yang tersusun menjadi satu struktur komposit. Lapisan-lapisan tersebut mempunyai fungsi masing-masing. Berikut adalah bagian-bagian dari ban dan fungsinya :

#### 1. CARCASS

Carcass ada didalam ban. Fungsinya menahan berat, guncangan, tumbukan dan tekanan angin. Carcass dibuat dari lembaran-lembaran *ply cord*. Karet yang membungkus/menutupi/melapisi *cord* tidak hanya melindungi kerusakan dari luar, tetapi juga mencegah geseran diantara *cords*.

## 2. Tread

*Tread* merupakan kulit luar dari ban, melindungi *Carcass* dari keausan dan kerusakan lain. Bagian *tread* yang berhubungan langsung dengan permukaan jalan disebut “*Crown*”. Bagian samping dari ban disebut “*Side Wall*” dan daerah pertemuannya dengan *tread* disebut “*Shoulder*”. Permukaan *Crown* mempunyai bermacam-macam “*Pattern*”. Alur-alur yang dibuat pada permukaan ban disebut “*Groove*” atau “*Non-Skid*”. Dalamnya alur tersebut dinamakan “*Non Skid Depth*”. Bagian dibawah *groove* (tidak termasuk tebal *cord*) dinamakan “*Skide Base*”. Bagian *Side Wall* dinamakan “*Flexing Area*” karena menerima sejumlah besar tekanan dan tarikan selama ban digunakan. *Shoulder* juga dinamakan “*Buttress*” dan merupakan bagian yang menyangga *Crown*. Daerah ini mempunyai konsentrasi karet yang paling tebal dan disini juga dibuat alur (*groove*) untuk mengeluarkan/melepaskan panas.

## 3. Breaker

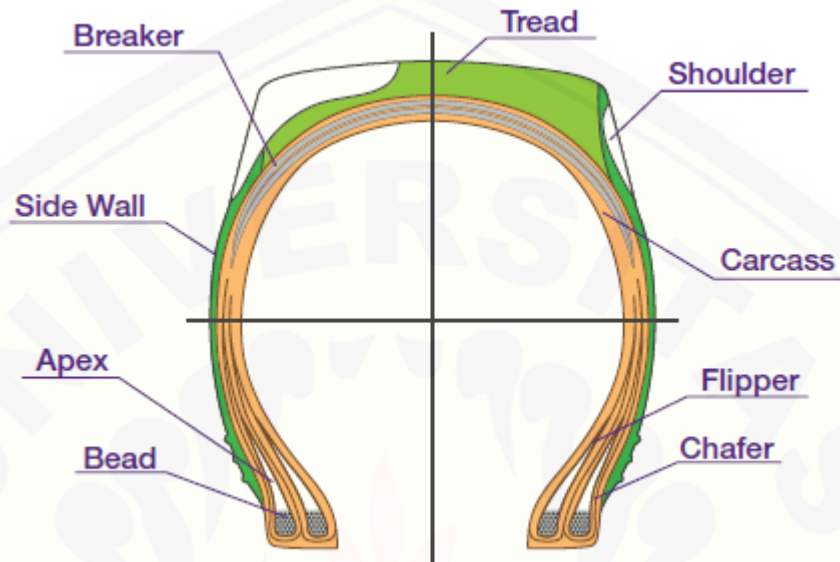
*Cord* yang digunakan didalam *Carcass* dapat menjadi rusak karena tumbukan-tumbukan di jalan, seperti lubang-lubang, batu dan lain-lain. Jadi yang dinamakan “*Breaker*” ditempatkan diantara *Tread* dan *Carcass* dengan maksud sebagai peredam guncangan/tumbukan. Sebagai tambahan, untuk mencegah “*separation*” (pemisah) dan untuk mengurangi perubahan tiba-tiba dari elastisitas, selembur karet disisipkan diantara *carcass* dan *breaker* supaya berfungsi sebagai *cushion* (bantalan).

## 4. Bead

*Bead* berfungsi untuk menahan kedua ujung dari *cord*, menjamin pemasangan yang kuat dari ban ke rim (pelek). “*Bead Wire*” (Kawat bead) adalah cincin yang terbuat dari kawat baja dengan kadar karbon yang tinggi. *Flipper* menutup/membungkus *bead wire* didalamnya terisi “*Bead Filler*”, karet keras yang berbentuk segitiga (*Apex Rubber*).



Bagian ujung yang berhubungan dengan pelek dan lebih dekat dengan pusat ban dinamakan “*Bead Toe*”.



Gambar 2.4 Bagian-bagian Utama Ban

<http://www.achillesradial.com/id/tire-education#4> Tire Main Function

### 2.2.3. Jenis-jenis Ban

Dilihat dari struktur *carcass* atau casing ban, maka ban dapat digolongkan atas ban bias dan ban radial. Berikut deskripsi tentang ban bias dan ban radial.

- Struktur Ban Bias

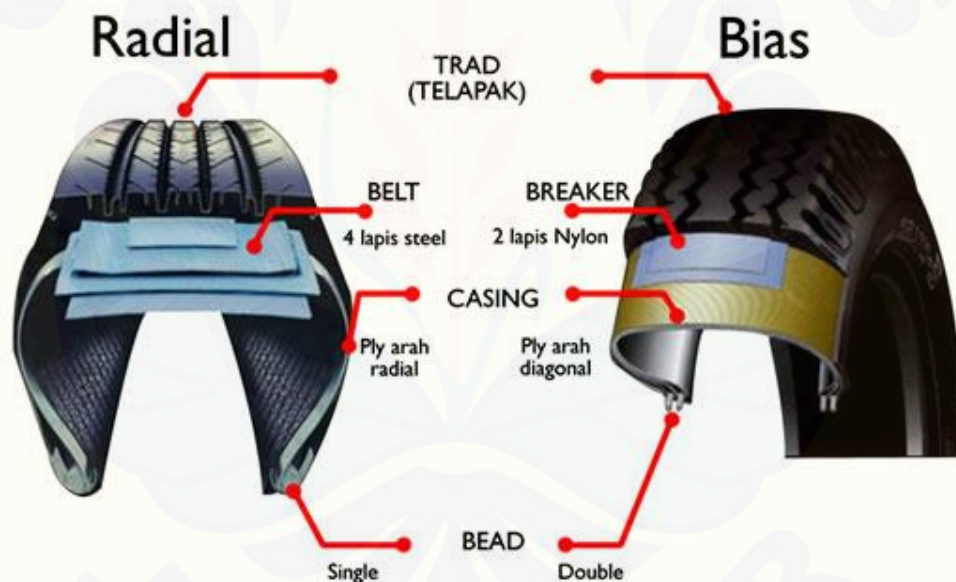
Ban bias yang sering juga disebut ban dengan serat silang yaitu dimana serat-serat penguat pada *carcass* atau casing disusun menyilang. Ban dengan struktur bias adalah yang paling banyak dipakai. Dibuat dari banyak lembar *cord* yang digunakan sebagai rangka (*frame*) dari ban. *Cord* ditenun dengan cara zig-zag membentuk sudut 40 sampai 65 derajat sudut terhadap keliling lingkaran ban.

- Struktur Ban Radial

Ban radial adalah ban dimana serat-serat penguat pada *carcass* disusun secara radial. Ban radial umumnya mempunyai aspek ratio yaitu



perbandingan tinggi dan lebar lebih kecil dari ban bias. Ban radial dengan aspek ratio yang kecil secara umum mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menahan gaya ke samping. Untuk ban radial, konstruksi carcass cord membentuk sudut 90 derajat sudut terhadap keliling lingkaran ban. Jadi dilihat dari samping konstruksi cord adalah dalam arah radial terhadap pusat atau *crown* dari ban. Bagian dari ban berhubungan langsung dengan permukaan jalan diperkuat oleh semacam sabuk pengikat yang dinamakan "*Breaker*" atau "*Belt*". Ban jenis ini hanya mengalami sedikit deformasi dalam bentuknya dari gaya sentrifugal, walaupun pada kecepatan tinggi. Ban radial ini juga mempunyai *Rolling Resistance* yang kecil.



Gambar 2.5 Srtuktur Ban Bias dan Ban Radial

[http://www.bridgestone.co.id/tire-information\\_pengetahuan-ban.html](http://www.bridgestone.co.id/tire-information_pengetahuan-ban.html)

#### 2.2.4. Gaya Adhesi dan Gaya Hysteris pada Ban

Kekasaran permukaan jalan ditunjukkan dalam bentuk tonjolan-tonjolan yang akan kontak dengan karet dari ban. Jika gaya  $F$  terjadi tangensial pada permukaan

jalan, dimana permukaan karet bergerak relatif terhadap permukaan jalan, maka karet yang elastis akan mengikuti bentuk kekasaran dari permukaan jalan. Akibat gerakan tersebut akan terjadi gaya gesekan sebesar  $F$  yang arahnya berlawanan dengan arah gerakan yang terdiri dari komponen gaya adhesi dan gaya hysteresis.

$$F = F_{adh} + F_{hyst} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$F$  = Gaya gesekan

$F_{adh}$  = Gaya adhesi

$F_{hyst}$  = Gaya hysteresis

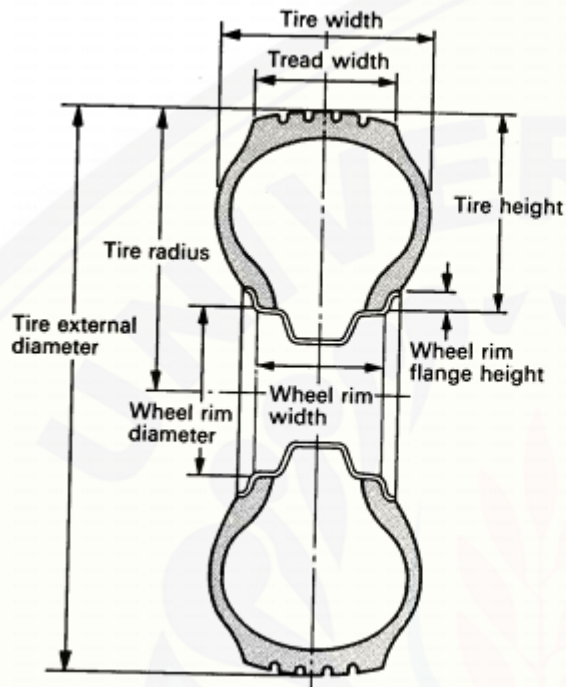
Gaya hysteresis terjadi karena adanya distribusi tekanan yang tidak simetris pada karet. Jika tidak terjadi gerakan relatif antara ban dan jalan maka distribusi tekanan pada ban cenderung simetris dan gaya hysteresis tidak terjadi. Jika terjadi kecepatan relatif yang makin besar maka distribusi tekanan makin tidak simetris dan gaya hysteresis akan makin besar. Jika jalan halus dan keras maka komponen gaya hysteresis tidak ada, gaya gesekan seluruhnya disebabkan oleh gaya adhesi. Sebaliknya jika permukaan jalan adalah kasar dan penuh dengan pelumasan maka komponen gaya adhesi tidak ada.

Secara keseluruhan koefisien dari hambatan rolling dipengaruhi oleh banyak faktor dengan hubungan yang kompleks sehingga sangat sulit dicari perumusan matematis dari hubungan tersebut. Karena rumitnya fenomena interaksi faktor-faktor pengaruh dari hambatan rolling maka besarnya *rolling resistance* masih bergantung pada hasil eksperimen.

#### 2.2.5. Sistem Kode Spesifikasi Ban

Ban mempunyai ukuran yang telah baku sebagai mana disepakati oleh berbagai pabrikan ban. Sistem kode spesifikasi ban terdapat pada *side wall*.

- Kode meliputi kode ukuran ban.



- Ban Bias

6.45 S 14 4PR  
 ① ② ③ ④

- Ban Radial

195 / 70 H R 14  
 ① ⑤ ② ⑥ ③

- Sistem Kode Ban ISO

195 / 70 R 14 86 H  
 ① ⑤ ⑥ ③ ⑦ ②

Gambar 2.6 Sistem Kode Spesifikasi Ban

Keterangan.

1. Lebar ban dalam inchi (ban bias) atau mm (ban radial).
2. Kecepatan maksimum yang diijinkan.
3. Diameter pelek dalam inchi.
4. Banyaknya *ply rating* (lapisan benang katun) yang juga menentukan kapasitas maksimum membawa beban.
5. *Aspect ratio* (tinggi/lebar ban) dalam persen.
6. Ban radial.
7. Kapasitas mengangkut beban (*load index*)

- Kode Kecepatan Maksimum yang Diizinkan

Kode kecepatan maksimum ditulis dengan kode huruf, yang menunjukkan batas maksimal sebuah ban dipacu terus selama 1 jam dengan membawa beban sesuai spesifikasi standar.

Table 2.1 tabel kecepatan maksimum yang diizinkan pada ban

Kode	Kecepatan (km/jam)	Kode	Kecepatan (km/jam)
K	110	R	170
L	120	S	180
M	130	T	190
N	140	U	200
P	150	H	210
Q	160	V	210 atau lebih

- KODE BAN DEPAN ATAU BELAKANG

Untuk kode pemakaian ban depan atau ban belakang biasanya di tulis dengan huruf (*alphabet*) kode “F” front berarti ban tersebut untuk ban depan sedangkan “R” rear ban tersebut untuk ban belakang.

- KODE COMPOUND/KOMPON YANG DIGUNAKAN

Kode Compound ban ditulis dengan kode huruf, yang menunjukkan ban itu mempunyai kompon yang lunak sampai yang keras.

Kode “S” = Soft (*compound* lunak)

Kode “M” = Medium (*compound* sedang)

Kode “H” = Hard (*compound* ban keras)

Jadi kode M/C = *Medium Compound* atau compound ban sedang.

- ARAH ROTASI BAN

Arah rotasi atau perputaran ban ditunjukkan dengan tanda panah, pemasangan ban harus sesuai dengan arah panah hal ini karena arah kembangan ban akan sempurna menempel pada aspal, atau mengalirkan air pada jalan basah serta mendapatkan traksi yang baik. Jika pemasangan



terbalik ban tidak akan menempel pada jalan dan traksinya kurang baik sehingga ban terasa lebih licin yang bisa membahayakan pengendara.

- Kode Tipe Ban

Pada sisi dinding ban biasanya dicantumkan pula tipe dari ban tersebut misal TT = *Tube Type* atau TL = *Tubeless*. Ban *tube type* artinya ban tersebut ban yang menggunakan ban dalam, sedang *tubeless* atau radial sudah tidak memerlukan ban dalam lagi.

- Kode Simbol Segi Tiga

Simbol segi tiga disebut *Thread Indication (TWI)* atau indikator batas pemakaian. Gambar segitiga pada sisi dinding ban merupakan batas akhir dari grip atau alur ban, jika alur ban sudah terkikis habis atau sudah tipis karena pemakaian maka ban tersebut harus diganti karena sudah tidak aman lagi.

### 2.3. Permukaan Jalan

Tekstur (kekasaran permukaan) adalah kondisi halus-kasarnya permukaan perkerasan yang dipengaruhi oleh kondisi batuan, aspal dan ikatan antara keduanya. Tekstur permukaan jalan merupakan faktor penting dalam memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Kecelakaan lalulintas karena selip dapat terjadi karena permukaan jalan memiliki tahanan gesek yang rendah. Tahanan gesek dipengaruhi oleh tekstur permukaan, sifat agregat (komposisi dan gradasi), dan faktor lingkungan (panas dan air hujan).

Tekstur permukaan meliputi tekstur makro dan tekstur mikro. Tekstur makro berskala 0,5-15 mm, sedangkan tekstur mikro berskala di bawah 0,5 mm. Tekstur makro berperan penting dalam menunjang drainasi air hujan di permukaan jalan dan sebagai cengkaman terhadap roda kendaraan. Tekstur mikro berhubungan dengan sifat ketahanan agregat terhadap keausan. Ukuran tekstur mikro bervariasi dari tajam sampai licin. Tekstur mikro sangat tergantung dari sifat petrography agregat dan intensitas lalu lintas. Tekstur makro dan tekstur mikro sebagai bentuk



relief permukaan perkerasan jalan diilustrasikan pada Tabel 1. Tahanan gesek dipengaruhi oleh variasi bentuk bunga dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca dan kondisi mengemudi. Menurut Willey (1935) pada musim kering banyak jalan memiliki tahanan gesek besar, sedangkan pada musim dingin permukaan jalan tertutup lapisan lumpur, salju, es, atau lainnya maka tahanan geseknya rendah. Oleh karena itu tekstur permukaan sebaiknya perlu dimonitoring rutin selama masa pelayanan.

Table 2.2 tekstur permukaan jalan

No.	Lapis permukaan	Tekstur makro	Tekstur mikro
1		Kasar	Tajam
2		Kasar	Licin
3		Halus	Tajam
4		Halus	Licin

Sumber : TRRL Report No.SR.340, tahun 1977

Tekstur makro kasar diperoleh dari perencanaan campuran beraspal dengan proporsi agregat kasar lebih banyak. Tekstur makro lebih dominan dalam mempertahankan kekesatan permukaan perkerasan pada saat kecepatan kendaraan meningkat. Penelitian yang dilakukan TRRL (1977) menunjukkan bahwa tekstur makro permukaan mempengaruhi kekesatan pada perubahan kecepatan antara 50 km/jam - 130 km/jam (Tabel 2). Turunnya kedalaman tekstur dan kekesatan diidentifikasi karena naiknya aspal akibat pemadatan berulang kendaraan, sedangkan naiknya kedalaman tekstur dan kekesatan disebabkan oleh adanya pelepasan butirbutir kecil aspal dan batu akibat oksidasi dan penetrasi air (PUSLITBANG JALAN, 1997).

Table 2.3 kedalaman tekstur terhadap kecepatan

Kedalaman Tekstur (mm)		Penurunan kekesatan dengan perubahan kecepatan dari 50 km/jam - 130 km/jam (%)
Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku	
2,0	0,8	0
1,5	0,7	10
1,0	0,5	20
0,5	0,4	30

Sumber : TRRL Report No. SR.340, tahun 1977

## 2.4. Pengujian *Rolling Resistance*

### 2.4.1. Metode Pengujian *Rolling Resistance*

Pada pengukuran *rolling resistance* ban terdapat Standar internasional atau standart industri. Tidak ada praktek standar untuk pengukuran sifat *rolling resistance* di jalan umum. Semua yang ada didasarkan pada pengukuran menggunakan *Drum* di laboratorium.

Sebuah alat uji laboratorium untuk *rolling resistance* terdiri dari *drum* tes, silinder sejajar dengan pusat drum, dan ban yang akan diuji. Ban yang senggolkan terhadap drum, yang diputar oleh motor. *Rolling resistance* ban mengacu terhadap efek pengereman rotasi *drum*, dan efek ini diterjemahkan ke dalam pengukuran kekuatan, torsi, deselerasi, dll. *Rolling resistance* kemudian dihitung dari pengukuran seperti skema gambar. Gambar menunjukkan konfigurasi dari prosedur ini [Gent & Walters, 2005]. *The Society of Automotive Engineers* (SAE) dan *International Organization for Standardization* (ISO) keduanya memiliki standar tes masing-masing untuk prosedur ini.



Gambar 2.7. Contoh gambar alat uji *rolling resistance*

Terdapat beberapa metode pengujian dalam pengujian *rolling resistance* ini, antara lain sebagai berikut:

- Metode Gaya (*force method*) yaitu metode yang pengukurannya berdasarkan Gaya resestif yang terjadi pada poros ban
- Metode Torsi (*Torque Method*) yaitu metode yang pengukurannya berdasarkan torsi resistif pada hub Drum
- Metode Power (*Power Method*) yaitu metode yang didasarkan pada pengukuran daya listrik yang digunakan oleh motor untuk menjaga drum tetap berputar
- Metode Perlambatan (*Deceleration Method*) yaitu metode yang didasarkan pada pengukuran perlambatan setelah kekuatan pendorong di drum dihentikan.

Selain metode pengukuran, jumlah pengujian juga poin penting yang harus dipahami. pengujian single-point adalah pengujian yang hanya menggunakan satu pengaturan untuk tekanan ban dan beban pada ban, sedangkan tes multi-point mencakup serangkaian pengaturan tekanan ban dan beban dari ban. Seperti disebutkan sebelumnya, ada beberapa standar tes untuk menentukan kondisi pengukuran. Terdapat dua standar yang ditetapkan oleh *Society of Automotive Engineers* (SAE), yaitu SAE J1269 dan SAE J2452, dan dua yang ditetapkan oleh *International Organization for Standardization* (ISO), ISO 18164: 2005 dan ISO 28580: 2009. Standar ini digunakan secara luas dalam industri ban dan otomotif untuk rolling pengukuran rolling resistance. Tabel 2.5 membandingkan metode-metode tersebut.

Table 2.5 metode standar pengujian *Rolling Resistance*

Method	SAE J1269		SAE J2452	ISO 18164:2005	ISO 28580:2009
Test point	Single-point	Multi-point	Multi-point	Multi-point	Single-point
Measurement methods	Force, torque, power	Force, torque, power	Force, torque	Force, torque, power, deceleration	Force, torque, power, deceleration
Rolling resistance	Force	Force	Energy loss per distance	Energy loss per distance	Energy loss per distance
Roadwheel diameter	1.7 m	1.7 m	1.219 m or greater	1.5 m or greater	2.0 m or >1.7 m corrected to 2.0 m
Roadwheel surface	Medium-coarse texture	Medium-coarse texture	Medium-coarse texture	Smooth (texture optional)	Smooth (texture optional)
Temperature range	20 to 28 °C	20 to 28 °C	20 to 28 °C	20 to 30 °C	20 to 30 °C
Reference temperature	24 °C	24 °C	24 °C	24 °C	24 °C
Speed	80 km/h	80 km/h	Coastdown; 115 km/h to 15 km/h	80 km/h	80 km/h



#### 2.4.2. Pengujian Stadar ISO 18164: 2005

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*.

A. 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

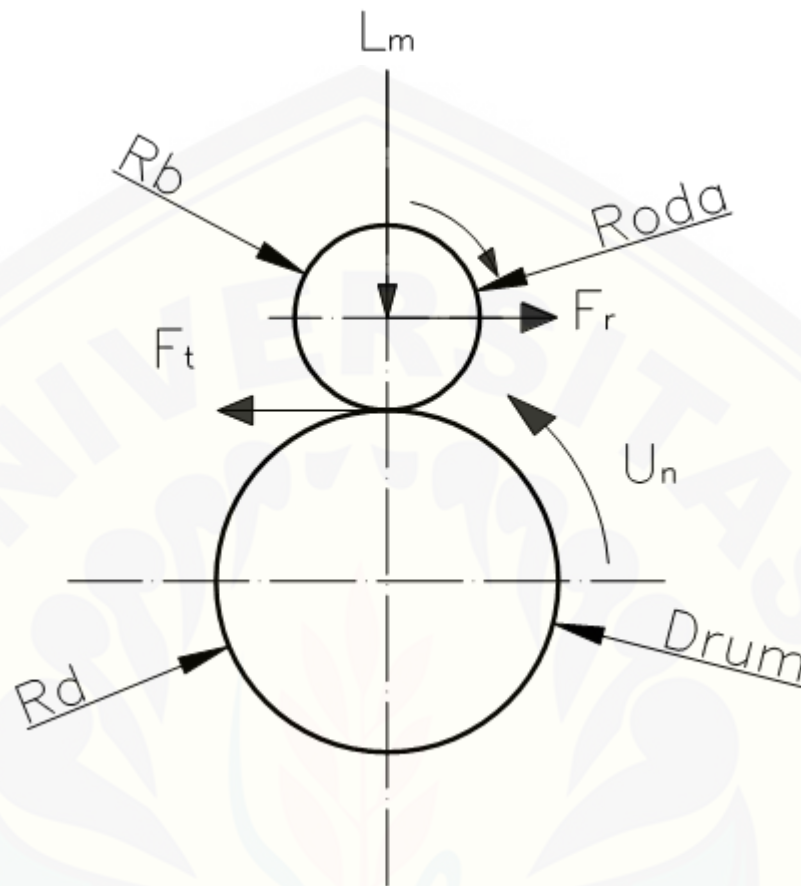
Beban uji standar harus dihitung dari nilai-nilai yang ditunjukkan pada

Tabel 2.7 beban dan tekanan uji pada ban

Tyre type	Passenger car <sup>3</sup>		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.					
<sup>a</sup> 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.					

## B. Prosedur pengujian

Berikut ini harus diukur dan dicatat (lihat Gambar 2.8):



Gambar 2.8.. Free-body diagram dari sistem ban dan drum

1. Kecepatan Uji, ( $U_n$ )
2. Beban pada ban arah gaya normal terhadap permukaan Drum, ( $L_m$ )
3. Tekanan udara uji:
4. Jarak dari poros roda ban untuk drum permukaan luar dalam kondisi steady state, ( $R_b$ )
5. Radius tes Drum ( $R_d$ )
6. Gaya *rolling resistance* ( $F_r$ )
7. Metode uji yang dipilih
8. Pelek uji (tentukan dimensi dan material).

### C. Perhitungan Rugi-rugi alat

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

Metode Gaya pada spindel ban

Hitung:

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

Dimana:

$F_t$  adalah Gaya spindel ban dalam newton (N);

$R_b$  adalah jarak dari sumbu ban kepermukaan luar drum dalam kondisi *steady state*, dalam meter (m);

$R_d$  adalah jari-jari tes drum, dalam meter (m).

### D. 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

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

Dimana:

$F_{pf}$  adalah rugi parasitis dari alat yang didapat dari persamaan (2.3) dengan satuan Newton (N)

$F_t$  adalah kekuatan spindel ban dalam newton (N);

$R_b$  adalah jarak dari sumbu ban kepermukaan luar drum dalam kondisi *steady state*, dalam meter (m);

Rd adalah jari-jari tes Drum, dalam meter (m).

**E. Menghitung Koefisien *Rolling Resistance***

koefisien *rolling resistance* (Cr), dihitung dengan membagi gaya *rolling resistance* dengan beban pada ban.

$$Cr = \frac{Fr}{W} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Cr = Koefisien *Rolling resistance*

Fr = Gaya *Rolling resistance* (N)

W = Beban pada Ban (N)

Beberapa contoh koefisien *rolling resistance*

Tabel 2.8. koefisien *rolling resistance* ban

Make	Weight in kg	Average rolling resistance coefficient in %
Conti Eco Contact CP	6.79	1.15
Bridgestone RE 720	7.68	1.24
Sava Rapidtex R2	7.28	1.41
Kleber Viaxer	6.91	1.35
Stunner SV 198	7.13	1.30
Fulda Diadem Linero	6.48	1.21
Yokohama A 539	7.57	1.16
Average	7.12	1.26

<http://www.statensnet.dk/pligtarkiv/fremvis.pl?vaerkid=39794&reprid=0&filid=11&iarkiv=1>

**F. Menghitung Faktor Koreksi Diameter Drum**

Hasil tes yang diperoleh dari diameter Drum berbeda dapat dibandingkan dengan

$$Fr_{\phi 1} \approx K Fr_{\phi 2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan:

$$K = \sqrt{\frac{(Rd1 Rd2)(Rd2+Rb)}{(Rd1+Rb)}} \dots\dots\dots(2.7)$$

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).

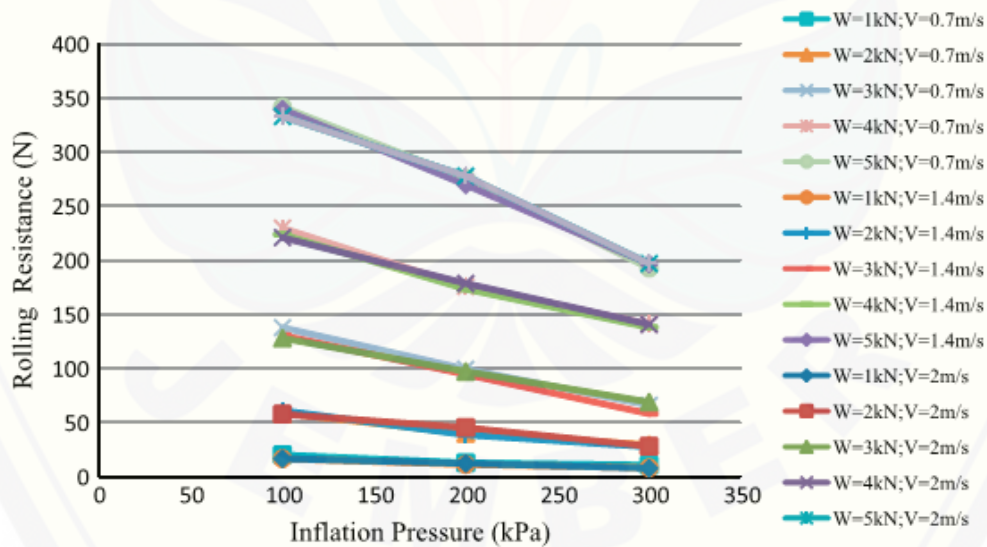
$Rd1$  = Jari-jari drum 1, dalam meter (m)

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

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

**2.5. Pengaruh Tekanan terhadap *Rolling Resistance***

Berdasarkan penelitin yang dilakukan oleh H. Taghavifar, didapatkan hasil seperti pada grafik berikut..



Gambar 2.9. Grafik Pengaruh Inflation Preassure (tekanan Ban) terhadap *Rolling Resistance*

Berdasarkan pada grafik diatas pada pembebanan 1 kN diperoleh hasil yang paling bagus. Pada beban 1 kN grafik cenderung datar, sehingga pada pembebanan 1



kN inilah penulis akan melakukan penelitian tentang pengaruh tekanan udara terhadap *rolling resistance*. Selain itu, pembebanan 1 kN ini juga sesuai dengan beban rill yang dialami oleh ban ketika diterapkan pada kendaraan sepeda motor.

## 2.6.Hipotesa

Semakin besar tekanan ban jenis *Radial ply* , akan mempengaruhi nilai rolling resistance. Rolling Resistance akan semakin kecil, hal ini akibat dari luasan kontak permukaan ban berubah.

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Las Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Waktu penelitian dilaksanakan dalam jangka waktu empat (4) bulan yaitu dimulai dari bulan Juni sampai dengan bulan Oktober 2015.

#### 3.2. Alat dan Bahan

##### 3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Alat uji *Rolling resistance*
- b. Pressure gauge
- c. Tachometer
- d. Kompresor
- e. Alat tulis

##### 3.2.2. Bahan

- a. Ban merek Corsa, 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 tentang rolling resistance ini adalah tekanan ban (p). Tekanan (p) ban divariasikan sebesar 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa dan 300kPa.

### 3.3.2. Variabel terikat

Variabel terikat dari penelitian tentang rolling resistance ini adalah:

- Gaya *Rolling Resistance*
- Koefisien *Rolling Resistance*
- Lebar tapak ban

## 3.4. Prosedur Penelitian

### 3.4.1. Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan adalah metode eksperimental. Yaitu dengan cara mengamati tarikan pegas yang terukur pada spindel ban ketika drum diputar pada putaran 375 rpm. Nilai pegas yang diamati yaitu nilai pada saat pegas sebelum diberi beban radial pada roda ( $F_{t_0}$ ) dan nilai pegas pada saat diberi beban radial sebesar 1 kN ( $F_{t_1}$ ).

### 3.4.2. Langkah Pengujian

Langkah Pengujian eksperimental mekanisme pengujian *Rolling resistance*:

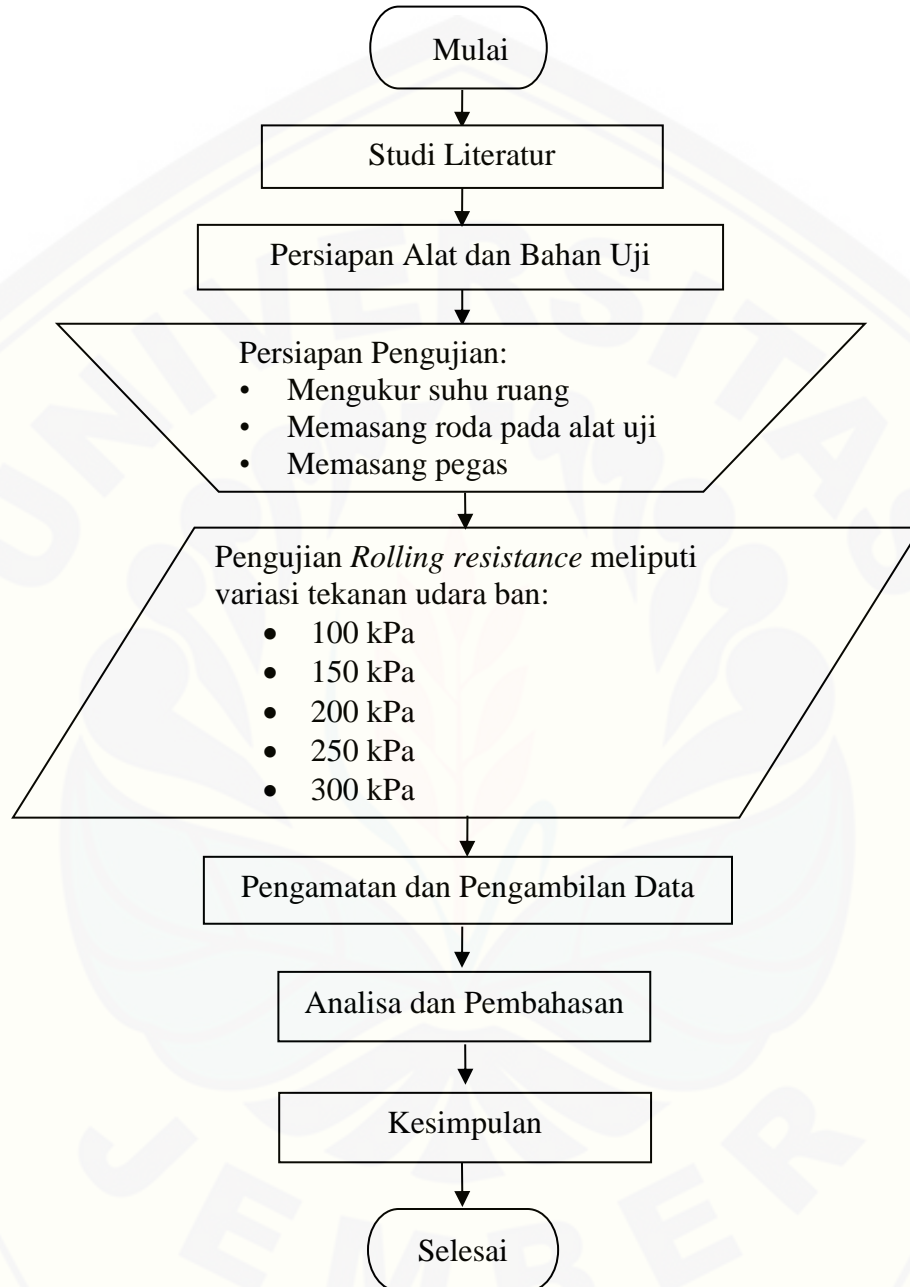
- a. Memasang roda ban yang akan diuji pada posisi pengujian
- b. Putar drum dengan posisi roda menempel pada drum tanpa ada beban. Kemudian catat nilai yang terukur pada pegas yang mengukur gaya pada poros roda. ( $F_{t_0}$ )
- c. Mengkondisikan mekanisme ban yang akan diuji pada kondisi posisi pembebanan radial 1kN
- d. Putar roda uji dengan putaran 375 rpm sambil mengamati perubahan yang terjadi pada pegas ukur.
- e. Kemudian catat nilai yang terukur pada pegas yang mengukur gaya pada poros roda. ( $F_{t_1}$ )
- f. Ulangi langkah-langkah c sampai e diatas pada variasi tekanan udara ban 100kPa, 150kPa, 200kPa, 250kPa.

### **3.5. Pengambilan Data Pengujian**

Hasil pengujian sebagaimana disebutkan dalam prosedur penelitian berupa data tangensial atau gaya pada sepindel ban sebelum dan sesudah pengamatan dengan variasi tekanan 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa dan 300 kPa.



### 3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 diagram alir penelitian



### 3.7. Skema Alat Penelitian



Gambar 3.2 alat pengujian *rolling resistance*

## BAB 4. PEMBAHASAN

### 4.1. Tinjauan Umum

Pembahasan data pada eksperimen ini adalah mencari pola hubungan sistematis dan menyelidiki pola variabel bebas yaitu variasi tekanan ban terhadap nilai *rolling resistance* dan koefisien *rolling resistance* pada ban tipe radial *ply* ukuran 90/90. Data hasil percobaan yang diperoleh akan dilakukan analisis menggunakan bantuan software Microsoft Excel 2010

### 4.2. Data dan Hasil Pengujian

Dari percobaan yang dilakukan dengan mekanisme pengujian *Rolling resistance* didapatkan gaya tangensial yang terjadi pada roda yang diketahui dari tarikan poros yang terjadi pada poros roda yang sedang diuji. Dari pengukuran menggunakan alat uji *rolling resistance* didapatkan data data-data meliputi, Gaya Tangensial pada Ban sebelum pembebanan yang dituliskan  $F_{t_0}$  dan gaya tangensial ban setelah pembebanan yang dituliskan  $F_{t_1}$  dengan satuan Newton (N), kemudian lebar tapak ban yang kontak dengan roda uji yang disimbulkan L, dengan satuan mm. masing-masing pengukuran menggunakan pengulangan sebanyak 4 kali di setiap tekanan uji. Beban (W) yang diberikan pada poros roda ban sebesar 2x500N dengan arah normal terhadap drum uji dan radial terhadap poros ban.



Gambar 4.1. Pengukuran menggunakan pegas pada poros roda ban



Gambar 4.2. Pemberian Beban ( $W$ )  $2 \times 500$  N pada poros roda

Pemberian gaya beban  $W$  menggunakan 2 buah pegas dengan kapasitas masing-masing 50kg atau sama dengan 500N. Kedua pegas masing-masing dikaitkan dengan poros sebelah kanan dan sebelah kiri. Kemudian ditarik ke arah sumbu poros drum, sehingga arah gaya, normal atau tegak lurus terhadap Drum uji. Setelah kedua pegas telah mencapai angka 50 kg, ikatkan mur pada poros roda ban uji, sehingga poros fix terhadap lengan penopang roda ban terhadap Drum. Lengan bertumpu pada poros drum dengan landasan *bearing*.



Pengambilan data dilakukan pada saat alat uji mencapai putaran konstan, diambil menggunakan video yang merekam pegas sehingga terukur gaya  $F_{t0}$  dan  $F_{t1}$ . Gaya  $F_{t0}$  dan  $F_{t1}$  berupa data yang fluktuatif yang memiliki batas minimum dan batas maksimum. Data gaya  $F_{t0}$  dan  $F_{t1}$  yang diambil adalah data rata-rata dari data maksimum dan minimum yang tampil dalam dalam gambar video tadi.

Table 4.1 hasil pengamatan kondisi pembebanan roda 1 kN.

Percobaan	Tekanan (p), satuan (kPa)	Gaya Tangensial Ban sebelum pembebanan ( $F_{t0}$ ), satuan (N)	Gaya Tangensial Ban setelah pembebanan ( $F_{t1}$ ), satuan (N)	Lebar Tapak (mm)
1	100	6.25	36.25	51.00
2		6.25	37.50	51.30
3		7.50	36.25	52.70
4		6.25	35.00	51.00
1	150	7.50	27.50	46.20
2		6.25	28.75	48.00
3		7.50	30.00	47.20
4		7.50	30.00	47.40
1	200	8.75	26.25	45.00
2		7.50	25.00	45.70
3		8.75	27.50	44.50
4		7.50	25.00	46.00
1	250	7.50	21.25	43.00
2		7.50	23.75	42.30
3		7.50	23.75	41.50
4		7.50	22.50	41.20
1	300	8.75	20.00	39.00
2		7.50	18.75	39.50
3		7.50	18.75	40.00
4		7.50	18.75	37.50

### 4.3. Analisis dan Hasil Penelitian

Pada pengujian diatas diketahui diameter Drum 40 cm dan diameter ban yang diuji adalah 52 cm. untuk mendapatkan nilai *rolling resistance* maka langkah pertama adalah menghitung gaya rugi-rugi dari alat uji yang disebut gaya parasitif ( $F_{pf}$ ) dengan dengan cara memasukkan data diatas  $F_{to}$  kedalam persamaan 2.3.

$$F_{pf} = F_{to} \left( 1 + \frac{r}{R} \right)$$

Setelah didapatkan nilai dari  $F_{pf}$  selanjutnya memasukkan  $F_{t1}$  kedalam persamaan 2.4.

$$F_R = F_{t1} \left( 1 + \frac{r}{R} \right) - F_{pf}$$

Maka diperoleh nilai *rolling resistance* dengan menggunakan alat uji *rolling resistance* yang dipakai dalam penelitian ini. Akan tetapi alat yang dipakai dalam penelitian ini bukan alat uji standar dari pabrik, maka dalam hal ini diperlukan perhitungan konstanta untuk mengkalibrasi hasil uji alat yang dipakai dalam penelitian ini dengan alat uji standar ISO 18164: 2005 dengan menggunakan persamaan yang telah ditetapkan pada standar pengujian ISO 18164: 2005 Yaitu persamaan 2.6. dan 2.7.

Perhitungan ekivalensi terhadap alat standart

$$F_{r\phi 1} \approx K F_{r\phi 2}$$

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



Sehingga diperoleh konstanta alat uji K sebesar 0,26. Nilai konstanta ini dijadikan faktor pengali terhadap gaya *rolling resistance* pada alat uji pada penelitian ini ( $F_{Ru}$ ), sehingga didapatkan nilai *rolling resistance* standar ( $F_{Rs}$ ).

Setelah didapatkan nilai *rolling resistance* standar  $F_{Rs}$ , maka untuk mencari nilai dari koefisien *rolling resistance*  $C_{rr}$  yaitu dengan cara membagi nilai  $F_{Rs}$  dengan Beban ( $W$ ) yang diberikan kepada poros roda, dalam pengujian ini  $W$  tetap yakni sebesar 1000 N. perhitungan ini mengacu pada persamaan 2.5.

$$C_r = \frac{F_r}{W}$$

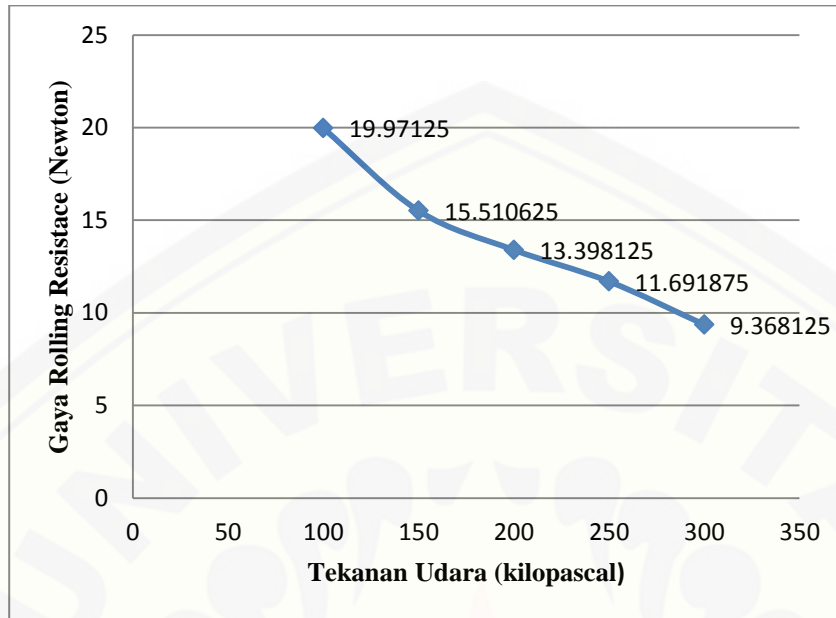
Semua perhitungan diatas dihitung menggunakan bantuan software Microsoft excel 2010. Sehingga didapatkan nilai-nilai sebagai mana tersaji dalam tabel 4.2. berikut.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Gaya *Rolling Resistance* FRs dan Koefisien *rolling resistance* Cr berdasarkan pada data pengujian.

Tekanan (kPa)	Gaya <i>Rolling Resistance</i>	Koefisien <i>Rolling Resistance</i>	Lebar Tapak Ban (L) Satuan (mm)
	(FR) Satuan ( Newton)	(Cr) (%)	
100	19.9713	1.997	51.5
150	15.5106	1.551	47.2
200	13.3981	1.340	45.3
250	11.6919	1.169	42.0
300	9.36813	0.937	39.0

#### 4.4.Pembahasan

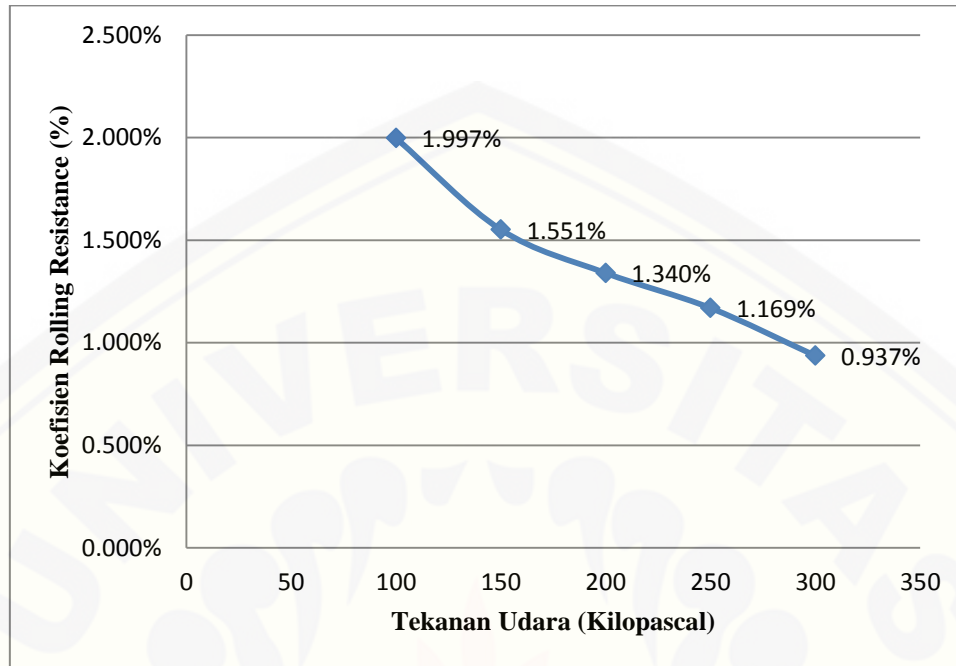
Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.2. dapat dipahami bahwa gaya *rolling resistance* semakin menurun ketika tekanan udara didalam ban semakin tinggi.



Gambar 4.3. Grafik Gaya *Rolling Resistance*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan tekanan udara pada ban, akan terjadi penurunan nilai gaya *rolling resistance* dari ban tersebut. Gaya *rolling resistance* tertinggi terjadi pada tekanan paling rendah yaitu pada tekanan 100 kPa dengan nilai *rolling resistance* 19,97125 N. Selanjutnya terjadi penurunan sebesar 22,3% dari nilai *rolling resistance* pada kenaikan tekanan dari 100 kPa, menjadi 150 kPa. Gaya *rolling resistance* menunjukkan tren yang terus menurun pada setiap kenaikan tekanan udara ban. Penurunan mempunyai standar deviasi presentase penurunan sebesar 4,70%. Pada penelitian ini, gaya *rolling resistance* terkecil berada pada tekanan udara ban tertinggi yaitu pada tekanan 300 kPa, dengan gaya *rolling resistance* sebesar 9,368125 N.

Pembahasan mengenai hubungan antara koefisien *rolling resistance* ( $C_r$ ) dengan tekanan udara pada ban akan dibahas berdasarkan data yang ditunjukkan pada gambar grafik dibawah.

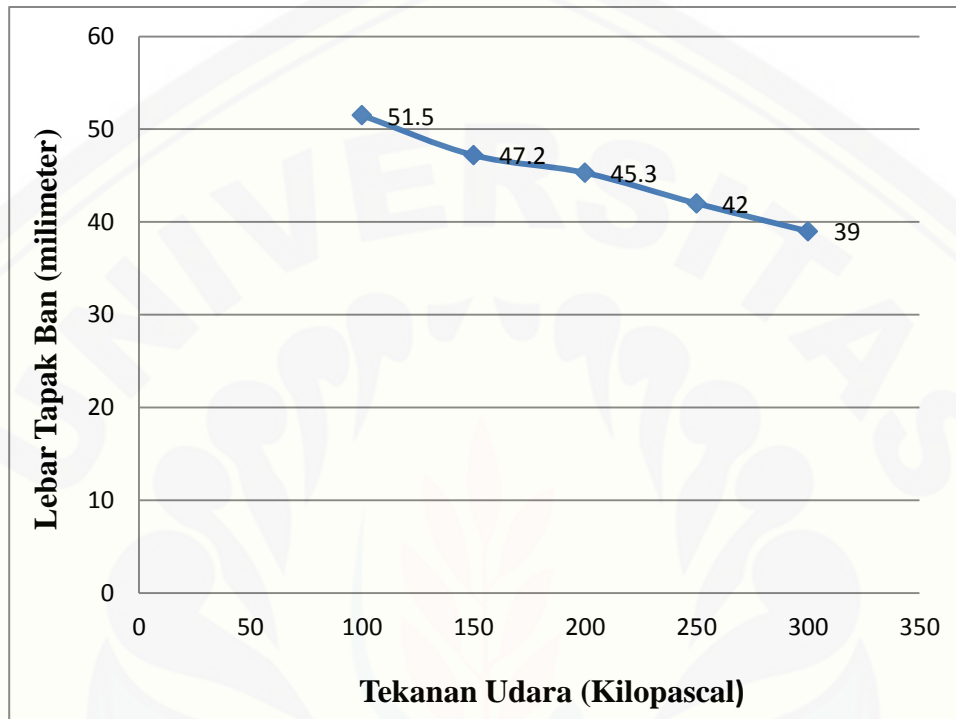


Gambar 4.4. Grafik koefisien rolling resistance

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan tekanan udara pada ban, akan terjadi penurunan nilai koefisien *rolling resistance* dari ban tersebut. Koefisien *rolling resistance* tertinggi terjadi pada tekanan paling rendah yaitu pada tekanan 100 kPa dengan nilai *rolling resistance* 1,997%. Selanjutnya terjadi penurunan sebesar 22,3% dari nilai *rolling resistance* pada kenaikan tekanan dari 100 kPa, menjadi 150 kPa. Gaya rolling resistance menunjukkan tren yang terus menurun pada setiap kenaikan tekanan udara ban. Penurunan mempunyai standar deviasi presentase penurunan sebesar 4,70%. Pada penelitian ini, gaya rolling resistance terkecil berada pada tekanan udara ban tertinggi yaitu pada tekanan 300 kPa, dengan gaya *rolling resistance* sebesar 0,937%.

Dalam penelitian ini nilai koefisien *rolling resistance* nilainya tergantung pada tekanan ban. Akan tetapi dalam spesifikasi khusus ban biasanya dicantumkan nilai koefisien *rolling resistance* rata-rata dari ban tersebut pada tekanan operasionalnya.

Pembahasan mengenai hubungan antara lebar tapak ban ( $L$ ) dengan tekanan udara pada ban akan dibahas berdasarkan data yang ditunjukkan pada gambar grafik dibawah



Gambar 4.5. Grafik Tekanan udara terhadap lebar tapak ban

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan tekanan udara pada ban, akan terjadi penurunan lebar tapak kontak dari ban tersebut. lebar tapak kontak tertinggi terjadi pada tekanan paling rendah yaitu pada tekanan 100 kPa dengan sebesar 51,5 mm. Selanjutnya terjadi penurunan sebesar 22,3% dari nilai *rolling resistance* pada kenaikan tekanan dari 100 kPa, menjadi 150 kPa. Besarnya lebar tapak menunjukkan tren yang terus menurun pada setiap kenaikan tekanan udara ban. Lebar tapak terkecil berada pada tekanan udara ban tertinggi yaitu pada tekanan 300 kPa, dengan lebar sebesar 39 mm.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian serta menganalisa hasil data pengujian yang sudah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin tinggi tekanan udara *Inflation Preassure* pada ban akan semakin rendah nilai gaya *rolling resistance* (Fr). Didapatkan nilai *rolling resistance* terendah terjadi pada saat tekanan ban *Inflation Preassure* tertinggi yaitu pada tekanan 300 kPa, dengan nilai gaya *rolling resistance* sebesar 9,368125 N
2. Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan bahwa Semakin tinggi tekanan udara *Inflation Preassure* pada ban akan semakin rendah nilai koefisien *rolling resistance* (Cr). Dalam pengujian yang dilakukan didapatkan koefisien *rolling resisntance* terkecil adalah 0,937% pada tekanan paling tinggi 300 kPa.
3. Semakin tinggi tekanan udara *Inflation Preassure* pada ban akan semakin kecil lebar tapak ban (L). Dalam pengujian yang dilakukan didapatkan tapak ban paling lebar adalah 51,5 mm yang terjadi pada tekanan ban paling rendah 100kPa, dan tapak terkecil adalah 39 mm pada tekanan paling tinggi 300 kPa.
4. Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan bahwa semakin kecil lebar tapak pada ban akan semakin rendah nilai gaya *rolling resistance* (Fr) dan kofisien *rolling resistance* (Cr)

### 5.2. Saran

Banyak faktor yang mempenaruhi *rolling resistance*, tekanan ban hanyalah salah satu faktor yang mempengaruhi *rolling resistance*. Pengaruh materal ban dan pengaruh ukuran ban juga sangat mempengaruhi *rolling resistance*. Kekerasan dan kekasaran permukaan dari kompon ban juga berpengaruh terhadap *rolling resistance*.



Untuk penelitian selanjutnya diperlukan penelitian tentang sifat bahan pada material kompon ban. Juga penelitian tentang kekerasan dan kekasaran permukaan dari kompon ban dan pengaruhnya terhadap *rolling resistance*

Pada penelitian ini penulis hanya melakukan percobaan pada kecepatan linier alat uji sebesar 36,7 km/jam. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penambahan kecepatan linier alat uji sehingga mencapai kecepatan optimum dari pengujian. Kecepatan optimum sesuai dengan referensi yaitu antara 50 km/jam sampai 90 km/jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Clark, S.K. dan Dodge, R.N. 1979. *A Handbook For The Rolling Resistance Of Pneumatic Tires*. Ann Arbor: Industrial Development Division, Institute Of Science And Technology University Of Michigan
- Irawan, A.P.2009. *Diktat Elemen Mesin*. Jakarta: Universitas Tarumanagara
- IS/ISO 18164 (2005): *Passenger Car, Truck, Bus and Motorcycle Tyres - Methods of Measuring Rolling Resistance* [TED 7: Automotive Tyres, Tubes and Rims]
- Juhala, M. 2014. *Improving vehicle rolling resistance and aerodynamics*. aalto university, Finland : Woodhead Publishing Limited.
- Larminie, J. dan Lowry, J. 2003. *Electric Vehicle Technology Explained*, Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd ISBN: 0-470-85163-5
- Nanang, Sefida. 2014. *Kode Ban Motor Dan Mobil*. 29 juni 2015. <http://anekakode.blogspot.co.id>
- National Research Council Of The National Academies.2006. *Tires and passenger vehicle fuel economy*. Washington, D.C : ISBN 0-309-09421-6
- Pengetahuan tentang macam-macam Ban. Dilihat pada 29 juni 2015 dari website <http://www.bridgestone.co.id>
- Redrouthu M. B. 2014. *Tyre modelling for rolling resistance*. Thesis. Sweden: Chalmers University Of Technology
- Salaani, K. dkk, *NHTSA TIRE ROLLING RESISTANCE TEST DEVELOPMENT PROJECT – PHASE I*, US: Transportation Research Center Inc
- Sarojo, G.A.2002.*Seri Fisika Dasar Mekanika*.Jakarta:Salemba Teknika
- Siahaan, I. H. dan Anggono, W. *Fenomena Parameter DesignPengaruh Tipe Ban dan Kontak Permukaan Jalan Terhadap Transformasi Gaya Dorong Gabungan Tingkatan Transmisi Jalan Datar* . Surabaya : Universitas Kristen Petra.
- Taghavifar, H. dan Mardani, A. 2013. *Investigating the effect of velocity, inflation pressure, and vertical load on rolling resistance of a radial ply tire*. Journal of Terramechanics 50 (2013) 99–106.

**LAMPIRAN**

1. Tabel data hasil pengukuran sebelum pembebanan

<b>Tekanan (kPa)</b>	<b>Min (N)</b>	<b>Max (N)</b>	<b>Nilai Rata-Rata (N)</b>
100	5.0	7.5	6.25
	5.0	7.5	6.25
	5.0	10.0	7.50
	5.0	7.5	6.25
150	5.0	10.0	7.50
	5.0	7.5	6.25
	5.0	10.0	7.50
	5.0	10.0	7.50
200	7.5	10.0	8.75
	5.0	10.0	7.50
	7.5	10.0	8.75
	5.0	10.0	7.50
250	5.0	10.0	7.50
	5.0	10.0	7.50
	5.0	10.0	7.50
	5.0	10.0	7.50
300	7.5	10.0	8.75
	5.0	10.0	7.50
	5.0	10.0	7.50
	5.0	10.0	7.50

2. Tabel data hasil pengukuran setelah pembebanan 1 kN Tabel Hasil Perhitungan

<b>Tekanan (kPa)</b>	<b>Min (N)</b>	<b>Max (N)</b>	<b>NILAI RATA-RATA (N)</b>	<b>Lebar Tapak (mm)</b>
100	35.0	37.5	36.25	51.0
	35.0	40.0	37.50	51.3
	32.5	40.0	36.25	52.7
	32.5	37.5	35.00	51.0
150	22.5	32.5	27.50	46.2
	25.0	32.5	28.75	48.0
	25.0	35.0	30.00	47.2
	25.0	35.0	30.00	47.4
200	25.0	27.5	26.25	45.0
	22.5	27.5	25.00	45.7
	25.0	30.0	27.50	44.5
	22.5	27.5	25.00	46.0
250	20.0	22.5	21.25	43.0
	20.0	27.5	23.75	42.3
	22.5	25.0	23.75	41.5
	20.0	25.0	22.50	41.2
300	15.0	25.0	20.00	39.0
	12.5	25.0	18.75	39.5
	15.0	22.5	18.75	40.0
	17.5	20.0	18.75	37.5

3. Tabel Hasil Analisa Perhitungan

Tekanan (kPa)	F <sub>to</sub> (N)	F <sub>t1</sub> (N)	F <sub>pf</sub> (N)	F <sub>Rs</sub> (N)	F <sub>Rs avg</sub> (N)	L (mm)	Cr (%)	Cr avg (%)
100	6.25	36.25	14.375	20.0525	19.9713	51.5	2.005%	1.997%
	6.25	37.5	14.375	20.8			2.080%	
	7.5	36.25	17.25	19.7275			1.973%	
	6.25	35	14.375	19.305			1.931%	
150	7.5	27.5	17.25	14.495	15.5106	47.2	1.450%	1.551%
	6.25	28.75	14.375	15.5675			1.557%	
	7.5	30	17.25	15.99			1.599%	
	7.5	30	17.25	15.99			1.599%	
200	8.75	26.25	20.125	13.4225	13.3981	45.3	1.342%	1.340%
	7.5	25	17.25	13			1.300%	
	8.75	27.5	20.125	14.17			1.417%	
	7.5	25	17.25	13			1.300%	
250	7.5	21.25	17.25	10.7575	11.6919	42	1.076%	1.169%
	7.5	23.75	17.25	12.2525			1.225%	
	7.5	23.75	17.25	12.2525			1.225%	
	7.5	22.5	17.25	11.505			1.151%	
300	8.75	20	20.125	9.685	9.36813	39	0.969%	0.937%
	7.5	18.75	17.25	9.2625			0.926%	
	7.5	18.75	17.25	9.2625			0.926%	
	7.5	18.75	17.25	9.2625			0.926%	

- Tabel nilai koefisien rolling resistance

Tekanan (kPa)	Koefisien Rolling Resistance (Cr) (%)
100	1.997
150	1.551
200	1.340
250	1.169
300	0.937



- Tabel lebar tapak ban

<b>Tekanan (kPa)</b>	<b>Lebar Tapak Ban (L) Satuan (mm)</b>
100	51.5
150	47.2
200	45.3
250	42
300	39

- Tabel gaya rolling resistance

<b>Tekanan (kPa)</b>	<b>Gaya Rolling Resistance (Fr) Satuan (Newton)</b>
100	19.9713
150	15.5106
200	13.3981
250	11.6919
300	9.36813

- Tabel Konversi tekanan udara

<b>Kilopascal (kPa)</b>	<b>Pound Square inch (psi)</b>
100	14.50377
150	21.75566
200	29.00755
250	36.25943
300	43.51132

- Tabel Luas Perhitungan Penampang Kontak berdasarkan Pemodelan menggunakan Software Inventor 2015

Lebar Tapak Ban (mm)	Panjang Tapak Ban (mm)	Luas Area Tapak Ban (mm <sup>2</sup> )
39.0	95.51	2924.16
42.0	103.62	3416.38
45.3	111.86	3978.04
47.2	116.88	4330.78
51.5	128.44	5192.83

#### 4. Cara Perhitungan

Menghitung Gaya Rugi

$$\text{Percobaan 1. } F_{pf} = 6.25 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) = 14.375 \text{ N}$$

$$\text{Percobaan 2. } F_{pf} = 6.25 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) = 14.375 \text{ N}$$

$$\text{Percobaan 3. } F_{pf} = 7.5 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) = 17.25 \text{ N}$$

$$\text{Percobaan 4. } F_{pf} = 6.25 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) = 14.375 \text{ N}$$

Gaya rolling resistance pada mekanisme alat uji

$$FR = Ft \left( 1 + \frac{r}{R} \right) - F_{pf}$$

$$\text{Percobaan 1. } FR = 36.25 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) - 14.375 = 77.125 \text{ N}$$

$$\text{Percobaan 2. } FR = 37.5 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) - 14.375 = 80 \text{ N}$$

$$\text{Percobaan 3. } FR = 36.25 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) - 17.75 = 75.875 \text{ N}$$

$$\text{Percobaan 4. } FR = 35 \left( 1 + \frac{0,26}{0,2} \right) - 14.375 = 74.25 \text{ N}$$

5. Perhitungan ekivalensi terhadap alat standart

$$F_{r\phi 1} \approx K F_{r\phi 2}$$

$$K = \sqrt{\frac{(R1 R2)(R2+rt)}{(R1+rt)}}$$

$$K = \sqrt{\frac{(0,75 \cdot 0,2)(0,2+0,26)}{(0,75+0,26)}} = 0,26$$

6. Menghitung luasan tapak roda

Tapak ban berbentuk elips, maka untuk mencari luasannya dapat dihitung dengan persamaan.

Tekanan 300 kPa

$$A = \pi r_a r_b$$

$$A = \pi \times 18.5mm \times 47.75mm$$

$$A = 2774.20 mm^2$$

Tekanan 250 kPa

$$A = \pi r_a r_b$$

$$A = \pi \times 21mm \times 51.81mm$$

$$A = 3416.38 mm^2$$

Tekanan 200 kPa

$$A = \pi r_a r_b$$

$$A = \pi \times 22.65mm \times 55.93mm$$

$$A = 3978.04mm^2$$

Tekanan 150 kPa

$$A = \pi r_a r_b$$

$$A = \pi \times 23.6mm \times 58.44mm$$

$$A = 4330.78 mm^2$$

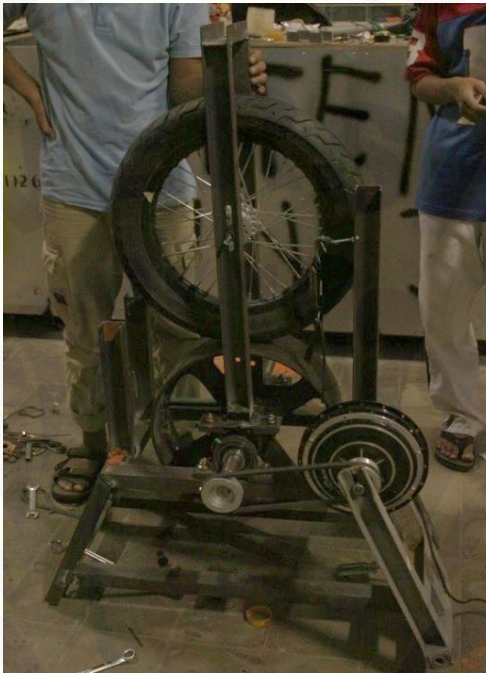
Tekanan 100 kPa

$$A = \pi r_a r_b$$

$$A = \pi \times 25.75mm \times 64.22mm$$

$$A = 5192.83 mm^2$$

7. Lampiran Foto Kegiatan Penelitian



Pemasangan roda pada alat uji



Pengukuran tekanan udara pada Ban



Pembacaan Hasil Pengukuran



Pengukuran Putaran pada alat uji





Tampak Permukaan Kontak ban dengan Drum Uji



Pengukuran lebar tapak



Pemberian Beban 50 Kg`



Spesifikasi Ban yang diuji



Bentuk alur ban



Ukuran Spesifik Ban





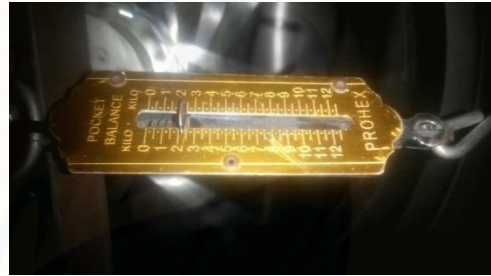
- Gambar tarikan pegas pada spindel ban (minimum – maksimum) pada pembebanan 1kN

300 kPa



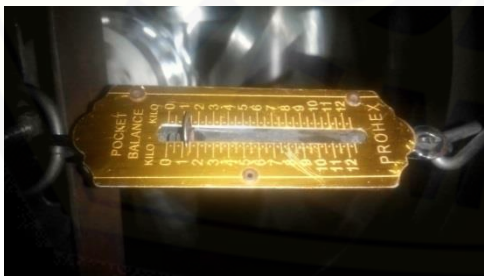
1,5 kg – 2,5 kg

300 kPa



1,25 kg – 2,5kg

300 kPa



1,5 kg - 2,25kg

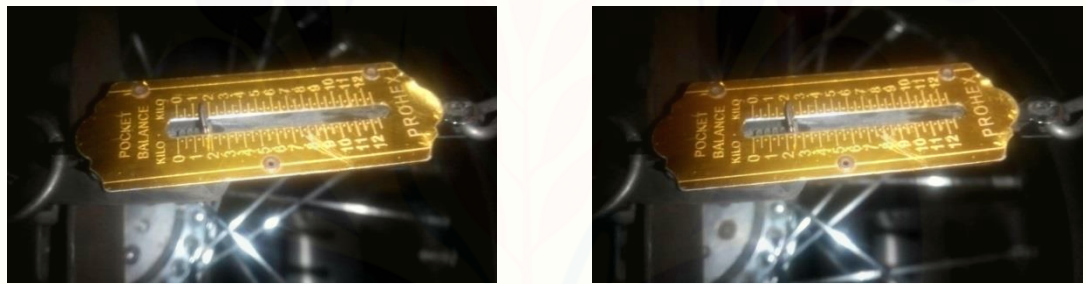


300 kPa



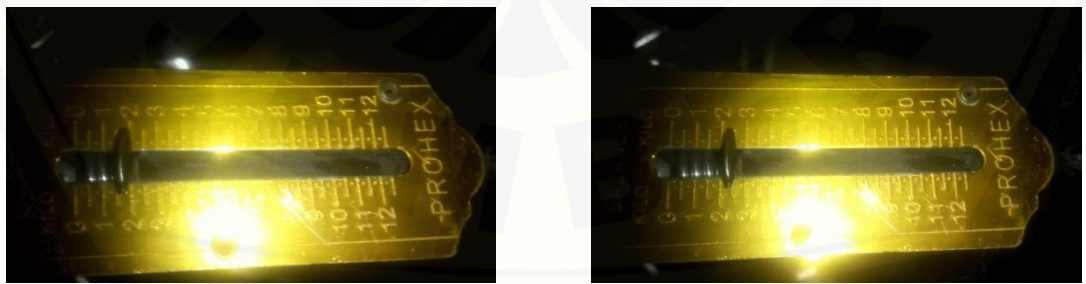
1,75 kg – 2,0 kg

250 kPa



2 kg - 2,5 kg

250 kPa



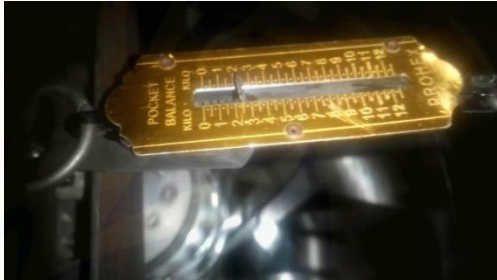
2 kg - 2,75 kg

250 kPa



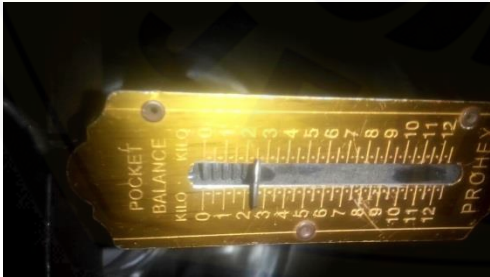
2,25 kg - 2,5 kg

250 kPa



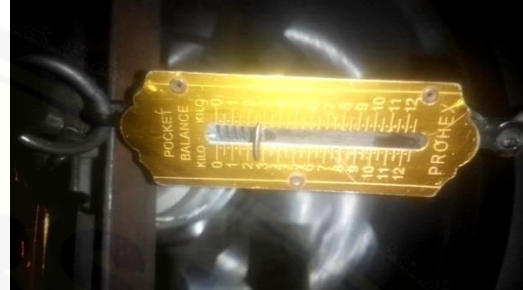
2,0 kg - 2,5 kg

200kPa



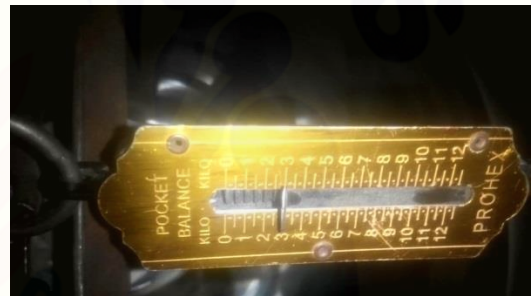
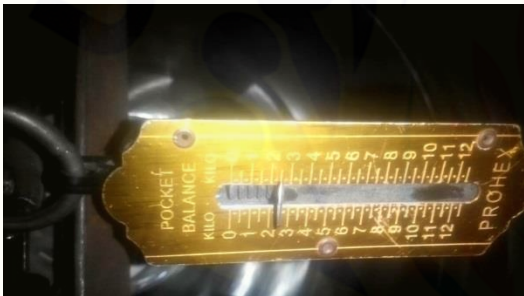
2,5 kg - 2,75 kg

200 kPa



2,25 kg - 2,75 kg

200 kPa



2,5 kg – 3,0 kg

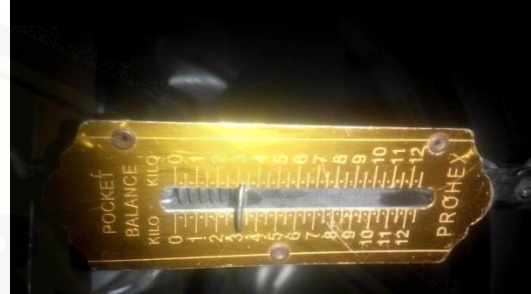
200 kPa



2,25 Kg – 2,75 kg

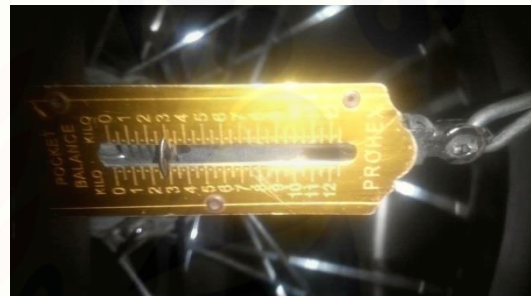


150 kPa



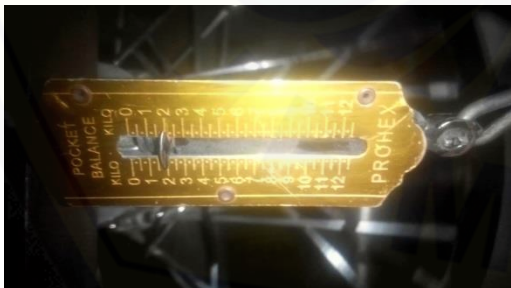
2,25 kg – 3,25 kg

150 kPa



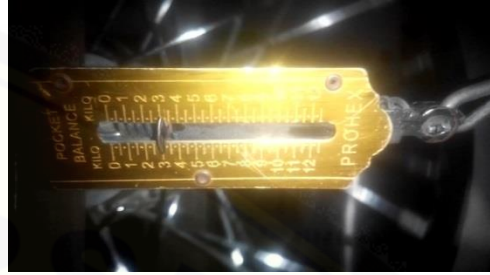
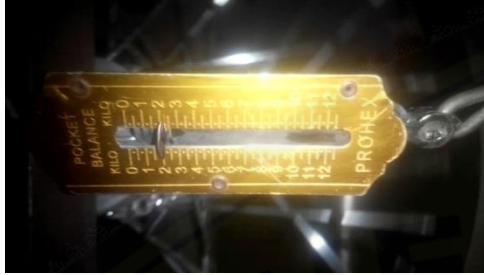
2,5 kg - 3,25 kg

150 kPa



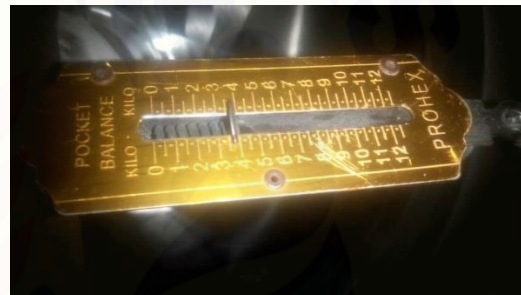
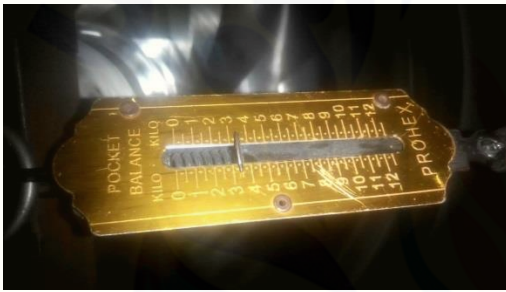
2,5 kg - 3,5 kg

150 kPa



2,5 kg - 3,5 kg

100 kPa



3,5 kg - 3,75 kg

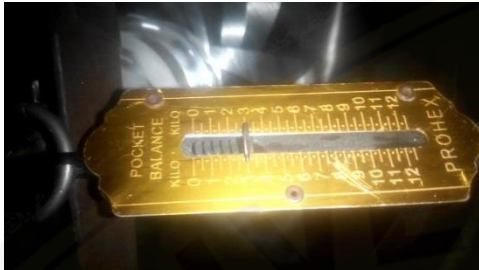
100 kPa



3,5 kg – 4,0 kg



100 kPa



3,25 kg – 4,0 kg

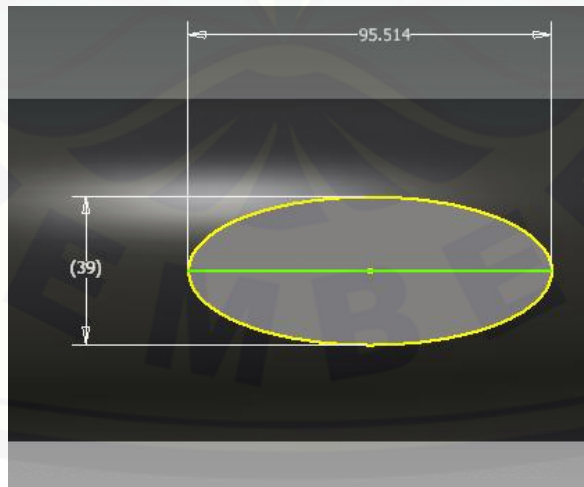
100 kPa



3,25 kg – 3,75 kg



Gambar pemodelan ban dengan software inventor



Penampang elips (lebar dan panjang)