

ANALISIS PENGARUH TEKANAN DAN BEBAN PADA BAN TIPE RADIAL TERHADAP *ROLLING RESISTANCE* KENDARAAN PENUMPANG**Budi Setiyana***Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275*E-mail: bsetiyana@yahoo.com**Abstrak**

Salah satu faktor yang berperan penting pada efisiensi bahan bakar dan keausan ban pada kendaraan adalah tahanan gelinding (*rolling resistance*). *Rolling Resistance (RR)* adalah tahanan terhadap roda saat menggelinding akibat adanya gaya gesek antara roda dengan permukaan jalan. Tulisan ini membahas pengaruh tekanan ban (*inflated pressure*) dan beban (*load*) terhadap nilai *Rolling Resistance* pada sebuah ban tipe radial untuk kendaraan penumpang. Pengukuran *Rolling Resistance* dilakukan menurut standar yang ditetapkan oleh *International Organization for Standardization (ISO)*, yaitu *ISO/FDIS 28580:2009*. Pengujian dengan variasi *inflated pressure* diberikan dari 170 kPa, 190 kPa, 210 kPa, 230 kPa, dan 250 kPa dengan 80% beban maksimum ban. Sedangkan untuk variasi beban diberikan sebesar 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100% beban maksimum ban dengan *inflated pressure* 210 kPa. Nilai *Rolling Resistance* diukur dengan alat uji *PS Rolling Resistance Test Rig*. Dari pengujian didapat bahwa, *inflated pressure* yang diberikan berbanding terbalik dengan nilai *Rolling Resistance Coefficient (RRC)*. Semakin besar *inflated pressure*, semakin kecil nilai *RRC*. Sedangkan untuk variasi beban, besar beban tidak memiliki hubungan yang jelas terhadap nilai *RRC*, dimana nilai tertinggi *RRC* diperoleh pada 80% dari beban maksimum ban.

Kata kunci: *inflated pressure, load, rolling resistance*

PENDAHULUAN

Penjualan kendaraan roda empat di tahun 2015 mencatatkan 1.095.597 unit terjual dimana meningkat 93,6% dari tahun 2005 (Gaikindo, 2005). Data ini juga berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar. Pada 2015, 75 milyar liter terbakar habis menjadi gas buang di Indonesia. Disisi lain, konsumsi ban untuk kendaraan penumpang lebih dari 75% dari total produksi ban, dan dari jumlah ini, sekitar 70% adalah berstatus sebagai ban pengganti (Moore, 1980).

Banyak hal yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan ban kendaraan, salah satunya yaitu tahanan gelinding (*rolling resistance*). *Rolling resistance* adalah gaya tolak ketika sebuah ban bergulir pada permukaan. *Rolling resistance* dimiliki oleh semua benda yang dapat bergulir seperti bola, ban, roda, silinder dan lain sebagainya. Pada kehidupan sehari-hari sering disebut dengan gaya gesek. Banyak hal yang akan mempengaruhi nilai *rolling resistance* seperti dimensi, bentuk desain, jenis material, dan *inflated pressure*. Terdapat pula faktor eksternal yang akan mempengaruhi nilai *rolling resistance* ini yaitu kondisi permukaan jalan, temperatur, dan pembebanan atau *load*.

Hall dan Moreland menganalisis *rolling resistance* dengan konsumsi bahan bakar tiap

satuan jarak ketika ban berjalan dengan pembebanan (Hall dan Moreland, 2009). Ketika *rolling resistance* semakin rendah maka akan semakin rendah pula konsumsi bahan bakarnya dan juga semakin rendah juga laju keausan ban.

Rolling resistance coefficient adalah hasil bagi antara *rolling resistance* dengan *load* dengan satuan (N/kN). Pada dasarnya, semakin besar gesekan yang terjadi antara dua benda yang bergerak, maka efisiensi penggunaan bahan bakar akan berkurang dan keausan ban akan bertambah. Hal ini juga berlaku pada kendaraan roda empat dimana semakin besar nilai *rolling resistance coefficient*, maka akan semakin besar penggunaan bahan bakar dan keausan bannya.

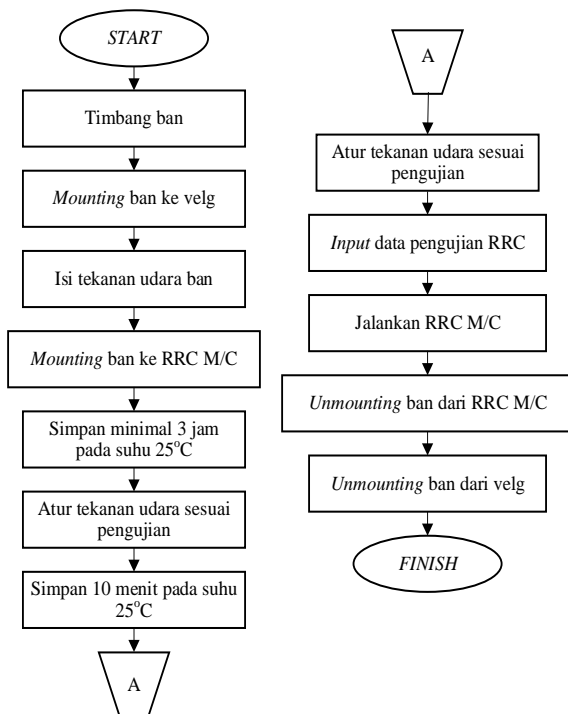
Makin besar nilai *rolling resistance*, secara umum makin besar nilai gaya geseknya. Besar gaya gesek akan berpengaruh pada perilaku kontak antara ban dan jalan (Setiyana dkk, 2016). Perilaku kontak ini berupa fenomena kontak *slip* dan kontak *stick*. Perilaku kontak ini yang menentukan laju keausan dan umur ban akibat keausan abrasi dengan jalan (Arteaga dan Steen, 2007). Disisi lain, untuk mengendalikan jalannya kendaraan harus dibutuhkan gaya gesek yang cukup (Gillespie, 1992).

METODE PENELITIAN

Metoda yang digunakan pada penelitian ini adalah pengujian ban tipe radial untuk kendaraan penumpang. Alat yang digunakan dalam pengujian *rolling resistance (RR)* ini adalah *PS Rolling Resistance Test Rig* produksi *A&D Company Limited*. *PS Rolling Resistance Test Rig* yang ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 1, memiliki berat 4 ton dengan kecepatan maksimum pengujian 120 km/jam, beban maksimum pengujian 1500 kg, dan kapasitas pengujian maksimum 60 ban/bulan.



Gambar 1. PS Rolling Resistance Test Rig



Gambar 2. Diagram alir pengujian Rolling Resistance Coefficient

Kondisi pengujian *rolling resistance coefficient* mengikuti ISO/FDIS 28580:2009 dimana *test temperature* 25°C, *test speed* 80 km/jam, *inflated pressure* 210 kPa, *test load* 80% x *load index* x gravitasi, *skim test load* 100N, dan *test duration* 30 menit *forward rotation test*, 30 detik *forward rotation skim test*, 10 menit *reverse rotation test*, 30 detik *reverse rotation skim test*. Sedangkan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini mengikuti *standard operating procedures* sesuai tetapan pengujian *rolling resistance coefficient*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Pengujian *rolling resistance coefficient* ini menggunakan 2 variasi yang berbeda, yaitu variasi *inflated pressure* dan variasi *load*. Masing-masing variabel akan dilakukan 5 kali pengujian dengan 5 variasi, dimana nilai standar dari variabel akan menjadi nilai tengah, dan dilakukan pengujian dengan 2 tingkat ke atas dan 2 tingkat ke bawah nilai standar agar hasil penelitian ini menjadi valid. Untuk variasi *load*, nilai standar dari pengujian ini adalah 80% dari *maximum load*, maka diambil nilai 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100% beban maksimum. Kemudian untuk variasi *inflated pressure*, nilai standar menurut ISO adalah 210 kPa, maka diambil nilai inflated pressure sebesar 170 kPa, 190 kPa, 210 kPa, 230 kPa, dan 250 kPa.

Pada pengujian menggunakan mesin “*PS Rolling Resistance Coefficient Rig*”, didapatkan nilai *rolling resistance (RR)* dan *rolling resistance coefficient (RRC)*. Untuk menyamakan nilai *real rolling resistance* dan *real rolling resistance coefficient* diperlukan korelasi dengan *mother machine* yang menjadi acuan pengujian *rolling resistance coefficient (RRC)* yang diberikan oleh persamaan (1) dan (2). Persamaan ini akan terus berubah, dan diperlukan kalibrasi setiap beberapa tahun.

$$real\ RR = 0,9523\ measured\ RR + 2,8028 \tag{1}$$

$$real\ RRC = \frac{real\ RR}{load} \tag{2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

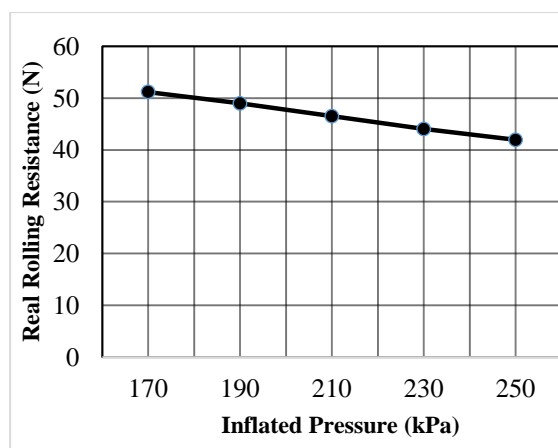
Variasi Inflated Pressure

Inflated pressure merupakan tekanan udara yang dimasukkan ke dalam ban melalui katub yang terdapat pada sisi luar *velg* dengan bantuan oleh kompresor udara. Nilai *inflated*

pressure tiap ban memiliki standar yang berbeda-beda. Pada pengujian *rolling resistance coefficient* ini memiliki standar *inflated pressure* sebesar 210 kPa. Untuk melakukan analisa pengaruh *inflated pressure* terhadap nilai *rolling resistance coefficient* ini, dilakukan 5 kali pengujian dengan 5 variasi *inflated pressure* yaitu 170 kPa, 190 kPa, 210 kPa, 230 kPa, dan 250 kPa. Pengujian ini hanya memiliki perbedaan di *inflated pressure* nya, sedangkan nilai lain seperti *load*, *test time*, *test temperature*, *test speed*, dan lain sebagainya adalah sama sesuai standar. Tabel 1 merupakan informasi hasil pengujian *rolling resistance coefficient* dengan variasi *inflated pressure*. Gambar 3 memperlihatkan grafik hubungan antara *rolling resistance* dengan *inflated pressure* dan Gambar 4 memperlihatkan grafik hubungan antara *rolling resistance coefficient* dengan *inflated pressure*.

Tabel 1. Hasil Pengujian RRC dengan variasi Inflated Pressure

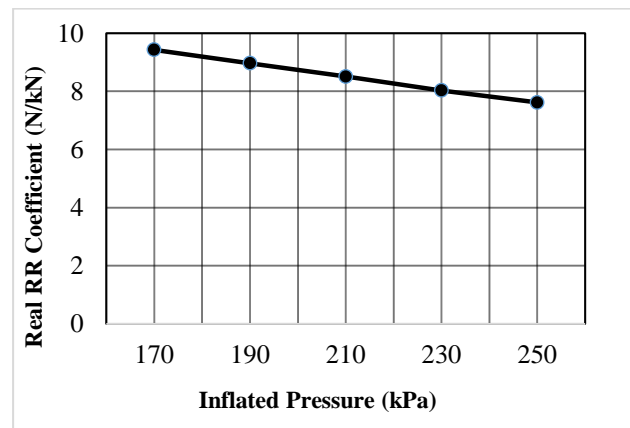
Inflated Pressure (kPa)	Load (kN)	Real RR (N)	Real RR Coefficient (N/kN)
170	5.416	51.18	9.45
190	5.416	48.99	9.05
210	5.416	46.51	8.59
230	5.416	44.04	8.13
250	5.416	41.94	7.74



Gambar 3. Grafik hubungan antara Rolling Resistance dengan Inflated Pressure

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa ketika tekanan udara ban dinaikkan, terjadi penurunan nilai *rolling resistance*. Gaya *rolling resistance* menunjukkan tren yang semakin menurun

apabila tekanan udara ban dinaikkan. Gaya *rolling resistance* tertinggi dengan nilai 51,18 kN didapat pada tekanan udara ban paling rendah yaitu 170 kPa. Gaya *rolling resistance* terendah dengan nilai 41,94 kN didapat pada tekanan udara ban paling tinggi yaitu 250 kPa. Terjadi penurunan nilai *rolling resistance* sebesar 2,10 N hingga 2,48 N tiap kenaikan tekanan udara sebesar 20 kPa.



Gambar 4. Grafik hubungan antara RRC dengan Inflated Pressure

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa ketika tekanan udara ban dinaikkan, terjadi penurunan nilai *rolling resistance coefficient*. *Rolling resistance coefficient* menunjukkan tren yang semakin menurun apabila tekanan udara ban dinaikkan. *Rolling resistance coefficient* tertinggi dengan nilai 9,427 N/kN didapat pada tekanan udara ban paling rendah yaitu 170 kPa. *Rolling resistance coefficient* terendah dengan nilai 7,618 N/kN didapat pada tekanan udara ban paling tinggi yaitu 250 kPa. Terjadi penurunan nilai *rolling resistance coefficient* sebesar 0,411 N/kN hingga 0,482 N/kN tiap kenaikan tekanan udara sebesar 20 kPa. Nilai *rolling resistance* dengan variasi pengujian *inflated pressure* berbanding lurus dengan *rolling resistance coefficient* nya karena *load* yang diterapkan pada pengujian tersebut sama.

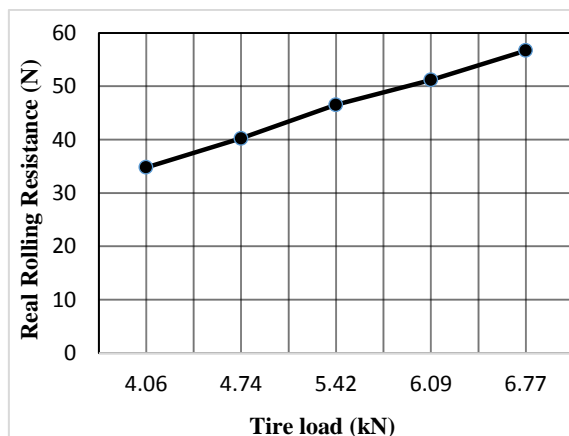
Variasi Tire Load

Tire load merupakan beban yang disangga oleh ban ketika digunakan. Batas maksimum tiap ban dalam menyangga beban dapat diketahui dengan melihat tabel *load index*. *Load index* tiap ban memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung dengan struktur dan peruntukan ban. Pengujian *rolling resistance coefficient*, menurut ISO/FDIS 28580/2009

menunjukkan bahwa standar pengujian untuk *load* adalah 80% dari *load index*. Untuk melakukan analisa pengaruh *load* terhadap nilai *rolling resistance coefficient* ini, dilakukan pengujian dengan 5 variasi *load* yaitu 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100%. Pengujian ini hanya memiliki perbedaan di *load test* nya, sedangkan nilai lain seperti *inflated pressure*, *test time*, *test temperature*, *test speed*, dan lain sebagainya adalah sama sesuai standar. Tabel 2 merupakan informasi hasil pengujian *rolling resistance coefficient* dengan variasi *load*. Sedangkan Gambar 5 memperlihatkan grafik hubungan antara *rolling resistance* dengan *load* dan Gambar 6 memperlihatkan grafik hubungan antara *rolling resistance coefficient* dengan *load*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Rolling Resistance Coefficient Dengan Variasi Load

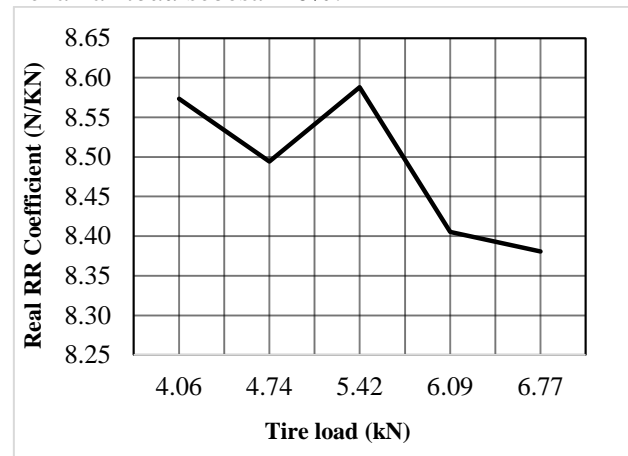
Inflated Pressure (kPa)	Load (kN)	Real RR (N)	Real RR Coefficient (N/kN)
210	4.059	34.80	8.57
210	4.736	40.23	8.49
210	5.416	46.51	8.59
210	6.089	51.18	8.41
210	6.766	56.70	8.38



Gambar 5. Grafik hubungan antara Rolling Resistance dengan Load

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa ketika tekanan udara ban dinaikkan, terjadi kenaikan nilai *rolling resistance*. Gaya *rolling resistance* menunjukkan tren yang semakin meningkat apabila *load test* dinaikkan. Gaya *rolling resistance* tertinggi dengan nilai 56,70 N didapat pada *load* paling tinggi yaitu 6,766 kN.

Gaya *rolling resistance* terendah dengan nilai 34,80 N didapat pada *load* paling rendah yaitu 4,059 kN. Terjadi kenaikan nilai *rolling resistance* sebesar 4,67 N hingga 6,28 N tiap kenaikan *load* sebesar 10%.



Gambar 6. Grafik hubungan antara Rolling Resistance Coefficient dengan Load

Pada Gambar 6 grafik *rolling resistance coefficient* tidak membentuk garis yang linier, yang mana besarnya *rolling resistance coefficient* terpengaruh oleh besarnya *load* yang dalam 5 pengujian ini besarnya *load* tidak sama. *Rolling resistance coefficient* terbesar yaitu sebesar 8,59 N/kN didapat pada *load* standar sebesar 80% yaitu 5,416 kN. Sedangkan *rolling resistance coefficient* terendah yaitu 8,38 N/kN didapat pada *load* paling besar yaitu 6,766 kN.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian *rolling resistance coefficient* dengan variasi *inflated pressure* dan *load* didapat kesimpulan berikut:

1. Besarnya *inflated pressure* yang diterapkan ke ban tipe radial berbanding terbalik dan memiliki grafik segaris dengan nilai *rolling resistance coefficient*. Semakin besar *inflated pressure*, semakin kecil nilai *rolling resistance coefficient*.
2. Besarnya *load* yang dibebankan ke ban tipe radial tidak memiliki *trend* grafik yang jelas terhadap nilai *rolling resistance coefficient*. Nilai tertinggi didapat pada 80% *maximum load* yang merupakan *load* standar pengujian berdasarkan ISO/FDIS 28580:2009.

DAFTAR PUSTAKA

Arteaga L. and Steen V., (2007), *Prediction of tyre/road contact stress distributions*, DCT Report, Eindhoven.

- Gaikindo, (2015), *Domestic Auto Market & EXIM by Category 2015*, Gaikindo, Indonesia.
- Gillespie D., (1992), *Fundamental of Vehicle Dynamics*, Society of Automotive Engineers Inc., Wattendale, PA.
- Hall and Moreland, (2009), *NHTSA Tire Fuel Efficiency Consumer Information Program Development*, U.S. Department of Transportation, Virginia.
- Moore D.F., (1980), Friction and wear in rubbers and tyres, *Wear*, 61:273–282.
- Setiyana B., Ismail R., Jamari J. and Schipper D.J., (2016), Stick-Slip Behaviour of a Viscoelastic Flat Sliding Along a Rigid Indenter, *Tribology Online*, 11, 512-518.