

Proses Alignment Mesin Uji *Rolling Resistance* Menggunakan Ban Referensi Dengan Metode Regresi Linier Sederhana Pada Lab X Dalam Pemenuhan Regulasi ISO 28580

Aod Abdul Jawad¹⁾, Agus Mulyono²⁾, Marjuki Zulziar³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Indonesia

¹⁾dosen02273@unpam.ac.id

²⁾dosen02255@unpam.ac.id

³⁾dosen01775@unpam.ac.id

Rolling resistance adalah gaya yang digunakan roda untuk melawan arah gerakan, setara dengan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda bergerak maju. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Ban PT. Gajah Tunggal Tbk di Jalan Gatot Subroto km7 Jatiuwung Kota Tangerang. Untuk mendukung pengembangan produk dan sertifikasi, saat ini PTGT memiliki 2 mesin *Rolling resistance* (RR). Tujuan penelitian ini adalah agar hasil pengukuran pada Pengujian di Laboratorium pengujian ban Gajah Tunggal dapat diterima dan diakui secara internasional, maka mesin RR Pengujian di laboratorium pengujian ban PTGT harus disejajarkan dengan mesin RR referensi sebagaimana ditentukan dalam peraturan. yang dijelaskan dalam ISO 28580 klausa 10. Prosedur Penyelarasan dan Persyaratan Pemantauan Mesin Pengukuran yang harus diikuti untuk menyelaraskan hasil pengukuran dan memungkinkan perbandingan antar laboratorium langsung. Prosedur ini harus diterapkan pada setiap mesin pengukur yang hasilnya diklaim sesuai dengan Standar Internasional. Hasil Pengujian di mesin DRR-1 nilai terendah 6.97 dan nilai tertinggi 10.33 adalah 3,17 kg/ton. Nilai perbedaan maksimum dan minimum ini juga memenuhi dari target yang sudah ditentukan yaitu kurang lebih sama dengan 3kg/ton dan ingkat *reproducibility*nya adalah sebesar 0.015 kg/ton. Nilai korelasinya ditunjukkan oleh R kuadrat (R^2) yaitu 0.9939 untuk mesin uji DRR-1. Mesin *rolling resistance* DRR-1 sudah memenuhi dari regulasi yang dipersyaratkan oleh ISO 28580 dan nilai pengukuran dari mesin tersebut dapat diterima dan diakui secara internasional.

Kata kunci : *Rolling resistance, Alignment, Standar ISO 28580*

ABSTRACT

Rolling resistance is the force used by the wheel against the direction of motion, equal to the force required to move the wheel forward. The research was conducted at the Tire Testing Laboratory of PT. Gajah Tunggal Tbk at Jalan Gatot Subroto km7 Jatiuwung Tangerang City. To support product development and certification, PTGT currently has 2 Rolling resistance (RR) machines. The purpose of this study is that the measurement results in the Testing at the Gajah Tunggal tire testing laboratory can be accepted and recognized internationally, the RR Testing machine at the PTGT tire testing laboratory must be aligned with the reference RR engine as specified in the regulations. described in ISO 28580 clause 10. Alignment Procedures and Measurement Machine Monitoring Requirements to be followed to harmonize measurement results and allow direct inter-laboratory comparisons. This procedure shall be applied to any measuring machine whose results are claimed to conform to International Standards. The test results on the DRR-1 engine the lowest value is 6.97 and the highest value is 10.33 is 3.17 kg/ton. This maximum and minimum difference value also meets the predetermined target, which is approximately equal to 3kg/ton and the reproducibility rate is 0.015 kg/ton. The correlation value is indicated by R squared (R^2), which is 0.9939 for the DRR-1 test machine. The DRR-1 rolling resistance machine complies with the regulations required by ISO 28580 and the measurement value of the machine is internationally accepted and recognized.

Keywords : *Rolling resistance, Alignment, Standar ISO 28580.*

I. PENDAHULUAN

Industri otomotif berupaya keras membuat terobosan teknologi terbaru untuk dapat bersaing merebut pasar otomotif. Konsumen pasar otomotif menuntut kendaraan yang efisien, dan nyaman. Kendaraan hemat bahan bakar dinantikan kehadirannya dewasa ini guna menjaga kelestarian alam karena efek gas buang yang dihasilkan.

Menurut Juhala (2014), Efisiensi bahan bakar dipengaruhi tiga faktor, yaitu: berat kendaraan (*mass*), hambatan aerodinamis (*aerodynamic resistance*), tahanan gelinding (*rolling resistance*). Wang, dkk. (2015) menyebutkan bahwa kenaikan 20% dari bobot kendaraan truk akan menaikkan 8% konsumsi energinya, setiap kenaikan 30% dari *aerodynamic resistance* kendaraan truk akan menaikkan 13% konsumsi energi dan setiap kenaikan 35% dari *rolling resistance* kendaraan truk akan menaikkan 9% konsumsi energi. California Energy Commission (2003) menginformasikan bahwa pengurangan 10% nilai *rolling resistance* ban akan menghemat bahan bakar 2% di jalan bebas hambatan dan 1% di jalan kota.

Rolling resistance adalah tahanan terhadap roda yang akan dan telah menggelinding akibat adanya gaya gesekan antara roda dengan permukaan jalannya roda. *Rolling resistance* pada prinsipnya adalah momen yang digunakan roda untuk melawan arah gerakan, setara dengan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda bergerak maju (Taghavifar dan Mardani, 2013). *Rolling resistance* bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: ban, kondisi jalan, bantalan, dan suspensi.

Sudut slip roda (*slip angle*) berpengaruh terhadap nilai *rolling resistance* ban. Sudut slip roda adalah sudut antara sumbu memanjang roda dengan arah gerakan roda. Sudut slip bisa terjadi karena permasalahan dinamika kendaraan yang terkait dengan pergerakan kendaraan pada permukaan jalan. Sudut slip / slip angle (α) roda merupakan sudut antara sumbu memanjang roda dengan arah gerakan roda. Sudut ini terbentuk antara arah dari vektor kecepatan terhadap sumbu x dari roda. Slip angle (α) dan Slip ratio (λ) ternyata merugikan karena menyerap menyerap power mesin yang tersalur ke roda secara signifikan. Mobil balap Formula-1 (F-1) pada saat berbelok memiliki sudut slip yang lebih besar pengaruhnya terhadap konsumsi daya dari mesin. Pada *slip angle* (α) = 6 derajat dengan kecepatan 240 km/jam, power yang hilang bisa

mencapai 215 HP atau lebih dari $\frac{1}{4}$ dari tenaga maksimum yang dipunyai mobil F1. Karet ban lunak mempunyai kelebihan sisi grip, hal ini berpengaruh juga terhadap konsumsi bahan bakar (Siahaan, 2007). Berdasarkan observasi awal yang dilakukan peneliti, ditemukan bahwa pelanggan tetap dari Laboratorium pengujian ban PT. GT masih merasa tidak puas terhadap pelayanan yang diberikan, seperti adanya *komplain-komplain* terhadap keterlambatan penerimaan laporan hasil test dan respon yang lambat jika ada *komplain* dari pelanggan. Jika hal ini tidak segera ditangani dengan cepat dan serius, maka akan menimbulkan kerugian yang besar bagi perusahaan, karena ketepatan pengiriman hasil pengujian sangat mempengaruhi keputusan apakah ban layak dijual atau tidak.

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 dan 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.

Merujuk pada latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini akan diteliti seberapa besar tingkat kepuasan pelanggan pada proses laboratorium pengujian ban dengan rumusan pokok pokok permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil pengujian ban dalam mengukur nilai *rolling resistance* di laboratorium pengujian ban PT Gajah Tunggal Tbk saat ini dapat dipertanggungjawabkan hasilnya kepada pelanggan?
2. Bagaimana memastikan laboratorium pengujian ban dapat menjamin bahwa hasil pengukuran *rolling resistance* sudah mengikuti standar internasional ISO28580?

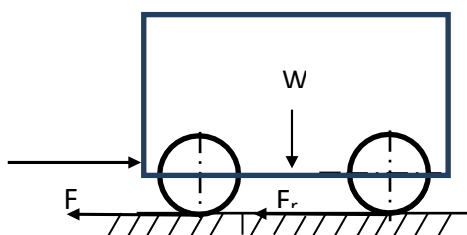
II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode adalah suatu prosedur atau cara untuk mengetahui sesuatu, yang mempunyai langkah-langkah sistematis. Penelitian pada umumnya bertujuan untuk mengetahui dan menemukan sesuatu yang baru tentang sesuatu masalah atau fenomena yang terjadi pada suatu objek. Dalam suatu penelitian agar memperoleh hasil sesuai yang diharapkan, maka harus diterapkan metode penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya. Hasil penelitian itu akan berhasil dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan apabila metode yang dipilih dan yang digunakan itu sesuai dengan obyek serta tujuan penelitian.

Ban adalah bagian penting dari kendaraan darat, dan digunakan untuk mengurangi getaran yang disebabkan ketidakrataan permukaan jalan, melindungi roda dari aus dan kerusakan, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Pada tahun 1839, Charles Goodyear berhasil menemukan teknik vulkanisasi karet. Vulkanisasi sendiri berasal dari kata Vulkan yang merupakan dewa api dalam agama orang romawi. Pada mulanya Goodyear tidak menamakan penemuannya itu dengan nama vulkanisasi melainkan karet tahan api. Untuk menghargai jasanya, nama Goodyear diabadikan sebagai nama perusahaan karet terkenal di Amerika Serikat yaitu *Goodyear Tire and Rubber company* yang didirikan oleh Frank Seiberling pada tahun 1898.

A. Tahanan Gelinding (*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 roda bergerak maju (Taghavifar dan Mardani, 2013). Skema gaya *rolling resistance* dapat dilihat pada Gambar 1

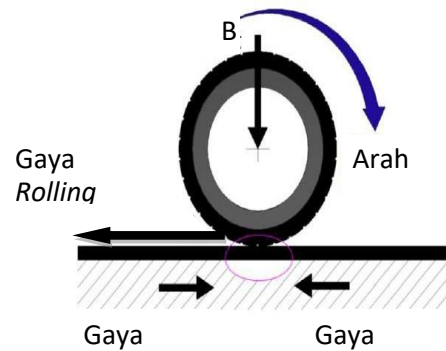


(Sumber : Taghavifar dan Mardani, 2013)
Gambar 1. Skema rolling resistance

Keterangan:

- W = Beban kendaraan
- F_p = Gaya dorong kendaraan
- F_r = Gaya rolling resistance

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 (Widyaningsih, 2008). 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. Tahanan gelinding (*rolling resistance*) adalah besarnya tenaga tarik yang dibutuhkan untuk menggerakkan tiap ton berat kendaraan. Skema gaya yang terjadi pada ban dapat dilihat Gambar 2.



(Sumber : Widyaningsih, 2008)

Gambar 2. Skema gaya berat, gaya gesek, dan *rolling resistance*

B. Proses Alignment

Alignment adalah posisi senter-senter rotasi dari dua buah shaft atau lebih dalam satu sumbu (co-linear) ketika mesin beroperasi dalam keadaan normal. Co-linear (satu sumbu) maksudnya adalah setiap shaft akan berputar pada satu garis sumbu. Satu atau lebih *shafts* dalam garis lurus yang sama dianggap co-linear, atau dalam garis lurus yang sama.

Salah satu fungsi dari *alignment* adalah mencegah kerusakan prematur pada *coupling* atau bearing akibat ketidak-colinear-an pada 2 (dua) atau lebih mesin/alat yang berputar bersama (*misalignment*). Ketidaksambuan *shaft* mengakibatkan terjadinya gaya sentrifugal dan akan menimbulkan getaran yang tinggi serta mempercepat kerusakan elemen mesin terutama pada bearing. Contoh hubungan pada pompa sentrifugal yang digerakkan oleh sebuah motor listrik yang dihubungkan oleh

kopling fleksibel. Antara *shaft* motor dan *shaft* pompa harus satu sumbu

C. Standar ISO 28580 : 2019

ISO (Organisasi Internasional untuk Standardisasi) adalah federasi badan standar nasional (badan anggota ISO) di seluruh dunia. Pekerjaan mempersiapkan Standar Internasional biasanya dilakukan melalui komite teknis ISO. Setiap badan anggota yang tertarik pada suatu topik yang untuknya komite teknis telah dibentuk berhak untuk diwakili dalam komite tersebut. Organisasi internasional, pemerintah dan non-pemerintah, bekerja sama dengan ISO, juga ambil bagian dalam pekerjaan tersebut. ISO bekerja sama erat dengan International Electrotechnical Commission (IEC) dalam semua masalah standardisasi elektroteknik.

Ruang lingkup dokumen ini menetapkan metode untuk mengukur tahanan gelinding (*rolling resistance*), di bawah kondisi laboratorium yang terkendali, untuk ban pneumatik baru yang dirancang terutama untuk digunakan pada mobil penumpang, truk, dan bus. Dokumen ini tidak berlaku untuk ban yang dimaksudkan untuk penggunaan sementara saja. Ini mencakup metode untuk menghubungkan hasil pengukuran untuk memungkinkan perbandingan antar laboratorium. Hal ini dirancang untuk memfasilitasi kerjasama internasional dan, mungkin, pembangunan regulasi.

Pengukuran ban dengan menggunakan metode ini memungkinkan perbandingan dibuat antara tahanan gelinding ban uji baru saat menggelinding bebas lurus ke depan, dalam posisi tegak lurus terhadap permukaan luar drum, dan dalam kondisi tunak (*steady state*).

D. Mesin Kandidat & Mesin Referensi

Adapun mesin kandidat yang digunakan dalam penelitian adalah,

1. Mesin DRR-1, Merk TS buatan Jerman, jenis mesin dengan metode torsi.
 2. Mesin DRR-2, Merk MTS 860 buatan Amerika, jenis mesin dengan metode torsi.
- Pada penelitian ini, mesin yang akan di ambil datanya adalah mesin DRR-1. Untuk mesin DRR-2 akan diambil pada *schedule* penelitian berikutnya.

b. Mesin referensi

Menurut aturan yang ditetapkan dalam *Commission Regulation (EU) No 1235/2011* dan *No 1222/2009*, 10 Laboratorium yang menjadi acuan adalah menurut tabel dibawah ini,

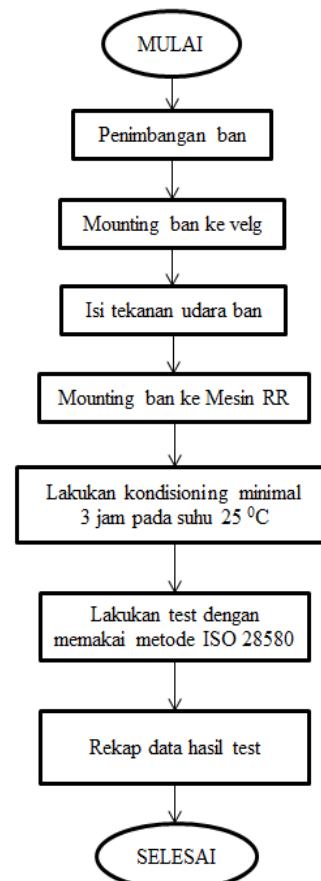
Tabel 1. Nama-nama Laboratorium Referensi Pengujian ban

No	Test Laboratory	Laboratory ID
1	TUV SUD	Lab 0
2	UTAC	Lab 1
3	IDIADA	Lab 2
4	Michelin	Lab 3
5	JASIC	Lab 4
6	Goodyear	Lab 5
7	Continental	Lab 6
8	Bridgestone	Lab 7
9	Pirelli	Lab 8
10	Apollo-Vredestein	Lab 9

(sumber: standar ISO 28580:2019)

Seperti yang dijelaskan pada regulasi maka GT memilih untuk bekerja sama dengan TUV SUD Jerman untuk penyalarsan Mesin RR. Mesin RR TUV SUD Germany menggunakan Hasbach yang dimodernisasi pada tahun 2010 menggunakan metode *Power*.

Berikut adalah diagram alir tahapan pengujian *Rolling resistance(RR)*,



Gambar 3. Diagram alir pengujian RR

Persyaratan pemilihan kandidat ban untuk pengujian test RR (*Rolling Resistance*) ban mengacu pada EC1235-2011 Annex IVA “Prosedur penyalarsan laboratorium untuk pengukuran tahanan gelinding atau *Rolling resistance*”.

Satu set terdiri dari lima ban *alignment* atau lebih harus dipilih untuk prosedur *alignment* sesuai dengan kriteria di bawah ini.

Set ban yang di *alignment* harus dipilih untuk mencakup kisaran RRC yang berbeda dari ban C1 (kandidat 1) dan C2 (kandidat 2) secara bersamaan. Bagaimanapun, perbedaan antara RRC_m tertinggi dari set ban, dan RRC_m terendah dari set ban setidaknya sama dengan:

3 kg/t untuk ban C1 dan C2

Kemudian nilai RRC_m di laboratorium kandidat atau referensi (c atau l) berdasarkan nilai RRC yang dideklarasikan dari setiap ban yang di set *alignment* harus diberi jarak sebagai berikut dan didistribusikan secara seragam yaitu

1,0 +/- 0,5 kg/t untuk ban C1 dan C2;

Lebar bagian ban yang dipilih dari setiap ban *alignment* harus berukuran 245mm, untuk alat berat berukuran ban C1 dan C2 memiliki diameter luar ban yang dipilih dari setiap ban *alignment* harus antara 510 hingga 800mm.

Kemudian untuk alat berat berukuran ban C1 dan C2, nilai indeks beban harus cukup mencakup kisaran ban yang akan diuji, memastikan bahwa nilai gaya tahanan gelinding (RRF) juga mencakup kisaran ban yang akan diuji. Pada penelitian sekarang ini, kandidat ban yang diuji untuk C1 (kandidat 1) dengan menggunakan mesin DRR-1. Untuk mesin dengan kandidat ban yang kedua (C2) pada mesin DRR-2 akan dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Uji Kecukupan data dilakukan untuk menentukan jumlah data (sampel) minimal yang harus diperoleh untuk dapat mewakili keseluruhan populasi sehingga hasil yang diperoleh bersifat obyektif dan dapat dipertanggung jawabkan. Laboratorium Pengujian Ban PT Gajah Tunggal Tbk. saat ini hampir hanya digunakan untuk pelanggan internal yaitu untuk kepentingan perusahaan. Beberapa permintaan pengujian ban dari pihak eksternal sangat sedikit hanya berkisar 3 kali pengujian dalam 1 tahun dan permintaan tersebut berasal dari instansi pemerintah seperti Departemen Perdagangan dan Perindustrian Republik Indonesia dalam hal kepentingan sertifikasi produk dari luar negeri yang akan dipasarkan atau dijual di Indonesia.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran *rolling resistance* pada mesin DRR1 dengan menggunakan 5 ban yang sudah dipilih sesuai dengan kriteria seperti terlampir pada tabel 2. dibawah ini,

Tabel 2. Hasil Pengujian *Rolling resistance* di mesin DRR-1

Merk Ban	Hasil Pengukuran			
	RRC ₁ (kg/ton)	RRC ₂ (kg/ton)	RRC ₃ (kg/ton)	RRC ₄ (kg/ton)
Dunlop	6,97	6,98	6,97	6,97
GT Radial	7,58	7,56	7,60	7,59
GT Radial	8,56	8,48	8,47	8,51
GT Radial	9,75	9,78	9,80	9,80
Uniroyal	10,30	10,32	10,41	10,33

(sumber: pengolahan data)

Tabel 3. Keseragaman distribusi nilai RRC mesin DRR-1

Merk Ban	RRC rata-rata (kg/ton)	Keseragaman distribusi 1,0 ± 0,5 kg/ton	Keterangan
Dunlop	6,97	-	-
GT Radial	7,58	0,61	Memenuhi
GT Radial	8,51	0,93	Memenuhi
GT Radial	9,78	1,27	Memenuhi
Uniroyal	10,34	0,56	Memenuhi

(sumber: pengolahan data)

Hasil pengukuran *rolling resistance* pada laboratorium TUV SUD dengan menggunakan 5 ban yang sudah diukur pada mesin DRR1 seperti terlampir pada tabel dibawah ini,

Tabel 4. Hasil Pengujian *Rolling resistance* di mesin SUV SUD

Merk Ban	Hasil Pengukuran			
	RRC ₁ (kg/ton)	RRC ₂ (kg/ton)	RRC ₃ (kg/ton)	RRC ₄ (kg/ton)
Dunlop	7,24	7,29	7,27	7,27
GT Radial	7,71	7,78	7,72	7,74
GT Radial	8,84	8,77	8,79	8,80
GT Radial	9,84	9,84	9,77	9,82
Uniroyal	10,21	10,21	10,17	10,20

(sumber: pengolahan data)

Tabel 5. Keseragaman distribusi nilai RRC mesin RR di TUV SUD

Merk Ban	RRC rata-rata (kg/ton)	Keseragaman distribusi $1,0 \pm 0,5$ kg/ton	Keterangan
Dunlop	7,27	-	-
GT Radial	7,74	0,47	Memenuhi
GT Radial	8,80	1,06	Memenuhi
GT Radial	9,82	1,02	Memenuhi
Uniroyal	10,20	0,38	Memenuhi

(sumber: pengolahan data)

Pemilihan ban untuk dilakukan alignment hasil uji *rolling resistance* berdasarkan pada klausul ISO 28580 ECE1235-2011 lampiran IVA tentang “*Laboratory alignment procedure for measurement of rolling resistance*”.

Ban yang sudah dipilih untuk kandidat 1 (C1) pada mesin DRR-1 telah memenuhi persyaratan yang ditentukan untuk nilai *section width* yaitu ≤ 245 mm. *Section width* ban C1 adalah 145, 165, 185, 205, dan 215.

Berdasarkan tabel 2 diatas hasil pengujian *Rolling resistance* di mesin DRR1 dari 5 ban yang telah dipilih, sebanyak 4 kali pengukuran tiap ban menunjukkan nilai hasil RRC nya stabil. Deviasi hasil pengukuran tidak terlihat naik turun. Perbedaan atau selisih hasil pengukuran RR pada tabel 2 dengan nilai terendah 6.97 dan nilai tertinggi 10.33 adalah 3,17 kg/ton. Nilai perbedaan maksimum dan minimum ini juga memenuhi dari target yang sudah ditentukan yaitu kurang lebih sama dengan 3kg/ton.

Hasil pengukuran mesin DRR-1 dari ke-5 ban kemudian dihitung tingkat *reproducibility*nya adalah sebesar 0.015 kg/ton dengan maksimum keberterimaannya sebesar 0.075 kg/ton. Keseragaman distribusi dari nilai RRC tiap type ban yang diukur memenuhi kriteria yang sudah ditentukan, yaitu $1 \pm 0,5$ kg/ton seperti terlihat pada tabel 3 diatas.

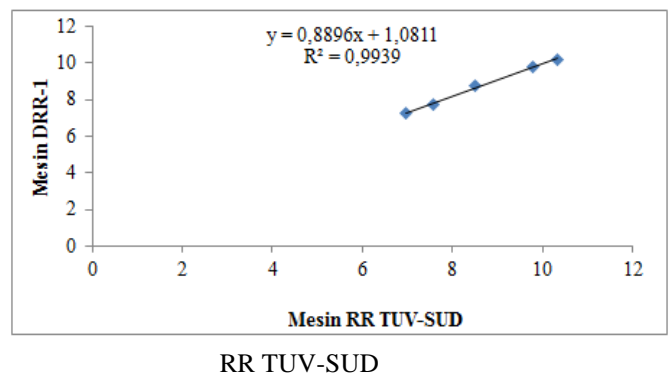
Ban kandidat 1 kemudian diukur juga di laboratorium RR milik TUV SUD Jerman dengan hasil seperti terlampir pada tabel 4 diatas. Berdasarkan tabel 4.3 diatas hasil pengujian *Rolling resistance* di mesin RR TUV-SUD dari 5 ban yang telah ditest dimesin DRR-1, dengan perlakuan sama sebanyak 4 kali pengukuran tiap ban menunjukkan nilai hasil RRC nya stabil. Deviasi hasil pengukuran sama baiknya dengan

hasil pengukuran di lab DRR-1 tidak terlihat naik turun. Perbedaan atau selisih hasil pengukuran RR pada tabel 4 dengan nilai terendah 2,47 dan nilai tertinggi 10.21 adalah 2,97 kg/ton. Nilai perbedaan maksimum dan minimum ini juga memenuhi dari target yang sudah ditentukan yaitu kurang lebih sama dengan 3kg/ton.

Hasil pengukuran mesin RR TUV-SUD dari ke-5 ban kemudian dihitung juga tingkat *reproducibility*nya adalah sebesar 0.010 kg/ton dengan maksimum keberterimaannya sebesar 0.075 kg/ton. Keseragaman distribusi dari nilai RRC tiap type ban yang diukur memenuhi kriteria yang sudah ditentukan, yaitu $1 \pm 0,5$ kg/ton seperti terlihat pada tabel 5 diatas.

Dari pengukuran RR pada tabel 2 dan tabel 4, kemudian dihitung nilai korelasinya. Jika nilai R kuadratnya mendekati 1, maka laboratorium RR nomor 1 (DRR-1) sudah *align* dengan laboratorium yang sudah ditentukan sesuai dengan regulasi ISO 28580. Berikut grafik hasil korelasinya,

Gambar 4. Grafik korelasi Mesin DRR-1 dan Mesin



(sumber: pengolahan data)

Berdasarkan grafik korelasi diatas didapatkan nilai R kuadratnya (R^2) sebesar 0.9939. maka nilai ini dapat dikatakan mendekati sempurna yaitu nilai 1.

Hasil analisa statistik (disajikan dengan grafik) pada gambar 4.1 diatas diketahui bahwa nilai korelasi antara laboratorium kandidat (laboratorium X) dengan laboratorium referensi (TUV SUD Jerman) sangat tinggi. Nilai korelasinya ditunjukkan oleh R kuadrat (R^2) yaitu 0.9939 untuk mesin uji DRR-1. Berdasarkan laporan dari laboratorium kandidat alignment dengan nomor : 713155817_1-V.0, laboratorium pengujian ban mesin DRR-1 untuk pengujian *rolling resistance* berhak menerima sertifikat dari badan sertifikasi TUV SUD. Mesin

rolling resistance DRR-1 sudah memenuhi dari regulasi yang dipersyaratkan oleh ISO 28580 dan nilai pengukuran dari kedua mesin tersebut dapat diterima dan diakui secara internasional.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa proses *alignment* mesin uji *rolling resistance* pada lab X adalah sebagai berikut:

1. Laboratorium pengujian *rolling resistance* berhak menerima sertifikat dari badan sertifikasi TUV SUD Jerman yaitu untuk mesin DRR-1 berdasarkan laporan dari laboratorium kandidat *alignment* dengan nomor : 713155817_1-V.0.
2. Hasil analisa statistik diketahui bahwa nilai korelasi antara laboratorium kandidat (laboratorium X) dengan laboratorium referensi (TUV SUD Jerman) sangat tinggi. Nilai korelasinya ditunjukkan oleh R kuadrat yaitu 0.9939 untuk mesin uji DRR-1.
3. Nilai akurasi pengukuran menunjukkan sebuah peningkatan hal ini dapat terlihat pada nilai R kuadrat yang mengalami peningkatan dari pengukuran *alignment* sebelumnya, seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Mesin Uji	2021	2022
DRR-1	0.9896	0.9939

4. Mesin *rolling resistance* DRR-1 sudah memenuhi dari regulasi yang dipersyaratkan oleh ISO 28580 dan nilai pengukuran dari kedua mesin tersebut dapat diterima dan diakui secara internasional.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan jurnal ini, penulis banyak mendapat hambatan akan tetapi dengan bantuan dari berbagai pihak, hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada: Bapak Syaiful Bahri S.T., M.Eng.Sc., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik, Ibu Rini Alfatiyah, ST., MT, CMA selaku Ketua

Program Studi Teknik Industri sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini dan semua pihak yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

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
- Cossalter, Vittore. 2006. Motorcycle Dynamics. Copyright 9781447532767
- Gillespie, D. Thomas. 1992. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Society of Automotive Engineer, Inc. Warrendale, PA.
- Hall and Moreland, (2009), NHTSA Tire Fuel Efficiency Consumer Information Program Development, U.S. Department of Transportation, Virginia.
- Heißing, B. dan Ersoy, M (Ed). 2011. Chassis Handbook. Berlin: MercedesDruck.
- IS/ISO 18164 (2005): Passenger Car, Truck, Bus and Motorcycle Tyres - Methods of Measuring *Rolling resistance* [TED 7: Automotive Tyres, Tubes and Rims]
- ISO/TS 16949, Quality management systems — Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations
- ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- ISO 18164, Passenger car, truck, bus and motorcycle tyres — Methods of measuring *rolling resistance*
- Jazar, Reza N. 2008. Vehicle Dynamics: Theory and Applications. New York: Springer.
- Juhala, M. 2014. Improving Vehicle *Rolling resistance* and Aerodynamics. Aalto

- university, Finland : Woodhead Publishing Limited.
- Journal of Terramechanics 50 (2013) 99–106.
- Virkar, D S dan Thombare, D G. 2013. “Parametric Study And Experimental Evaluation Of Vehicle Tire Performance”. Int. J. Mech. Eng. & Rob. Res. 2 (2).
- MaHFud, Ahmad. 2016. Pengaruh Viscoelasticity terhadap Nilai *Rolling resistance* pada Ban Radial. Skripsi. Universitas Jember.
- Muttaqin, MM. 2015. Pengaruh Tekanan Udara (Inflation Pressure) pada Ban Tipe Radial Ply terhadap *Rolling resistance*. Jurnal ROTOR. Vol. 8 Nomor 2, November 2015
- Pengetahuan tentang Macam-macam Ban. Dilihat pada 20 Oktober 2021 dari website <http://www.gt-tires.com>
- National Research Council Of The National Academies. 2006. Tires and passenger vehicle fuel economy. Washington, D.C : ISBN 0-309-09421-6
- Redrouthu, B. M. dan Das, Sidharth. 2014. “Tyre Modelling for *Rolling resistance*”.
- Thesis. Sweden: Chalmers University Of Technology
- SAE J1269, *Rolling resistance* Measurement Procedure for Passenger Car, Light Truck, and Highway Truck and Bus Tires
- SAE J2452, Stepwise Coastdown Methodology for Measuring Tire *Rolling resistance*
- Salaani, K. dkk, NHTSA TIRE *ROLLING RESISTANCE* TEST DEVELOPMENT PROJECT – PHASE I, US: Transportation Research Center Inc.
- Setiyana, Budi. 2015. “Analisis Pengaruh Tekanan dan Beban Ban Radial terhadap *Rolling resistance* kendaraan Penumpang” Jurnal Momentum Teknik Mesin Universitas Diponegoro (2015) 58-62.
- Siahaan, I. H. 2007. “Kajian Wheel's Slip Angle Pada Model Tractor Semitrailer akibat Tekanan rem di Jalan menikung”. Prosiding Design and Application of Technology. 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”.