



Analisis tekanan udara, sudut slip dan ukuran lebar ban tipe *radial* terhadap *rolling resistance* dengan metode *taguchi*

I. Habibi*, D. Dwilaksana, B.A. Fachri

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember 68121

*E-mail: ilhamhabibi51@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received 30 September 2017

Accepted 15 October 2017

Available online 1 January 2018

Keywords:

Rolling resistance

Rolling resistance force

Taguchi Method

Friction force



ABSTRACT

Rolling resistance is one of the main factors affecting the fuel efficiency of a vehicle. Rolling resistance is resistance to the wheels that will and has been rolled due to the force of friction between the wheels with the road surface of the wheel, due to the deformation process on the tire structure, contact area and road surface. Radial tires are tires where the reinforcing fibers on the carcass are arranged radially, have a greater ability to withstand lateral forces and generally have high ratio aspect ratio, width smaller than the bias tires. The taguchi method is a new methodology in engineering aimed at improving product and process quality, minimizing cost and time. The purpose of this research is to know the air pressure influence, slip angle and tire width to rolling resistance. The research was conducted experimentally by using taguchi method. The result showed that the highest rolling resistance force occurred at a combination of air pressure of 175 kPa, 9° wheel slip angle and 90 mm width of tire size of 36.914 N. While the smallest rolling resistance was obtained with combining the parameters at the air pressure level of 325 kPa, slip angle 1° and the size of the 70 mm tire width of 11.511 N at 350 rpm and normal load 580 N. From the result it can be concluded that the change in the level of the three air pressure parameters, the slip angle and size of tire width can affect the rolling resistance value.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif meningkat begitu pesat, tidak hanya menciptakan kendaraan yang nyaman dan bagus, tetapi juga efisien dari segi penggunaan bahan bakar. Diantaranya dari segi nilai efisiensi yang perlu diperhatikan yaitu terhadap *rolling resistance*, faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah tekanan udara,

sudut slip dan ukuran lebar ban (Steyn and M. Ilse, 2015).

Menurut (Taghavifar and Mardani, 2005) *rolling resistance* adalah tahanan terhadap roda yang akan dan telah menggelinding akibat adanya gaya gesekan antara roda dengan permukaan jalannya roda. *Rolling resistance* terjadi karena proses deformasi yang terjadi pada struktur ban,

luas kontak dan permukaan jalan (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).

Industri otomotif telah mempunyai standar pengujian untuk *rolling resistance* terhadap roda kendaraan yaitu (ISO 18164:2005). Roda berbelok pada jalan akan menghasilkan sudut slip (slip angle) dan nilai rolling resistancenya akan mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini dikarenakan gaya longitudinal yang melawan arah gerakan dari rolling resistance dan memunculkan gaya lateral ban.

Memperbesar ukuran lebar ban sebenarnya tidak dianjurkan untuk kendaraan yang digunakan sehari-hari. Selain menjadi berkurangnya pada tingkat kenyamanan, juga mempunyai tingkat resiko lebih besar terhadap gaya *rolling resistance* yang dihasilkan. Roda berbelok pada jalan akan menghasilkan sudut slip (slip angle) dan nilai *rolling resistancenya* akan mengalami kenaikan yang signifikan (Jazar, 2008).

Ban *radial* adalah ban dimana serat-serat penguat pada *carcass* disusun secara *radial*. Ban radial dengan aspek ratio yang kecil secara umum mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menahan gaya kesamping serta ban *radial* umumnya mempunyai aspek ratio yaitu perbandingan tinggi dan lebar lebih kecil daripada ban bias (Sutantra dan Sampurno, 2010).

Metode *taguchi* merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas suatu produk dan proses, serta dapat menekan biaya dan waktu seminimal mungkin (Soejanto, 2009).

METODE PENELITIAN

Metode pengujian yang digunakan adalah metode eksperimental. Yaitu dengan cara mengamati tarikan pegas digital yang terukur pada spindel ban ketika drum diputar pada putaran 350 rpm yang kemudian setelah mendapatkan data dihitung dengan metode *taguchi* untuk mendapatkan nilai *rolling resistance* yang optimal dari kombinasi yang telah diatur pada metode *taguchi*.

1. Penentuan Desain Eksperimen

- Perumusan masalah
- Menentukan variabel tak bebas
- Identifikasi faktor-faktor atau variabel bebas
- Penetapan jumlah level-level faktor
- Perhitungan derajat bebas

f. Penentuan matriks orthogonal



Gambar 1. Pegas ukur digital

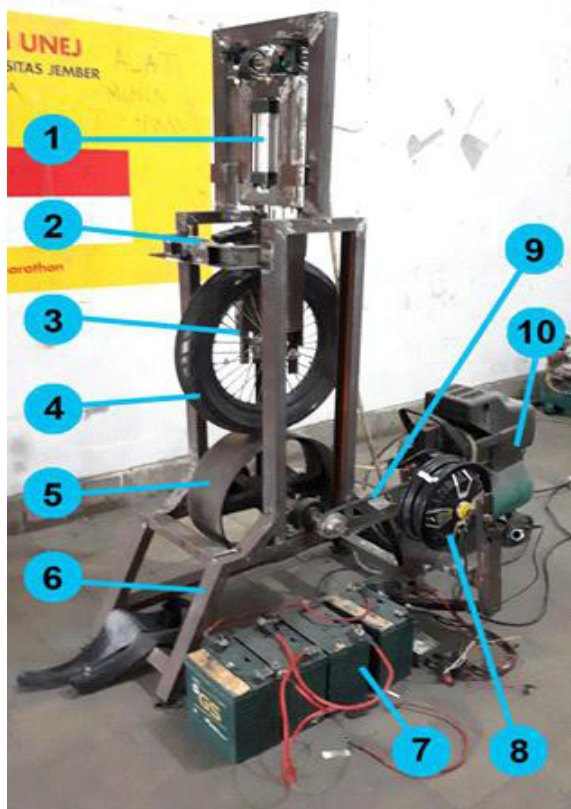
2. Langkah Pengujian

- Memasang roda yang akan diuji ke alat uji rolling resistance pada posisi sesuai dengan standar pengujian.
- Putar drum dengan posisi roda menempel pada drum tanpa ada beban. Kemudian catat nilai yang terukur pada pegas digital yang mengukur gaya tangensial pada poros roda (F_{t0}).
- Mengkondisikan mekanisme pengujian roda yang akan diuji pada kondisi posisi pemebebanan *radial* sebesar 3 bar dengan luas silinder sebesar $19,635 \text{ cm}^2$ atau setara 580 N dengan menggunakan pemebebanan pneumatik dari kompresor.
- Putar roda uji dengan putaran konstan 350 rpm sambil mengamati perubahan yang terjadi pada pegas ukur digital.
- Kemudian catat nilai yang terukur pada pegas digital yang mengukur gaya tangensial (gambar 1) pada poros roda (F_{t1}).
- Ulangi langkah-langkah pengujian a sampai e diatas dengan kombinasi dari variasi tekanan udara mulai dari 175 kPa, 250 kPa, 325 kPa, sudut slip ban sebesar 1° , 5° , 9° dan ukuran lebar ban sebesar 70/90, 80/90 dan 90/90 berdasarkan kombinasi yang telah ditentukan oleh metode *taguchi*.
- Metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Yaitu dengan cara mengamati tarikan pegas digital yang

terukur pada spindel ban ketika drum diputar pada putaran 350 rpm. Nilai pegas digital yang diamati yaitu nilai pada saat pegas digital sebelum diberi beban radial pada roda (F_{t0}) dan nilai pegas digital pada saat diberi beban radial sebesar 580 N (F_1).

3. Analisa Data dan Optimasi

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu dengan metode *taguchi* yang didalamnya terdapat perhitungan *Analysis of Mean* (ANOM) dan *Analysis of Variant* (ANOVA). Proses pengolahan data dilakukan menggunakan 2 software yaitu *Microsoft Office Excel* dan *Minitab 16*.



Gambar 2. Alat pengujian *rolling resistance*

Keterangan gambar:

1. Silinder pneumatik
2. Pegas digital
3. Arm ban
4. Ban
5. Drum
6. Rangka utama
7. Baterai
8. Motor listrik

9. V-belt
10. Kompresor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dan perhitungan *S/N Ratio rolling resistance* yang telah dilakukan sesuai dengan metode pengambilan data berdasarkan *orthogonal array* pada metode *taguchi*.

Semakin kecil nilai *rolling resistance* yang dihasilkan maka akan semakin baik. Oleh karena itu yang digunakan untuk mengoptimasi data ialah jenis *smaller the better*. Untuk optimasi jenis ini, rumus *S/N Ratio* yang digunakan ialah:

$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y^2 \right) \quad (1)$$

Dari data yang dihasilkan pada saat melakukan penelitian pada tabel 1 kemudian dihitung nilai *S/N Ratio* pada masing-masing data. Data pertama dari percobaan didapatkan 3 nilai *rolling resistance*. Contoh perhitungan nilai *S/N Ratio*:

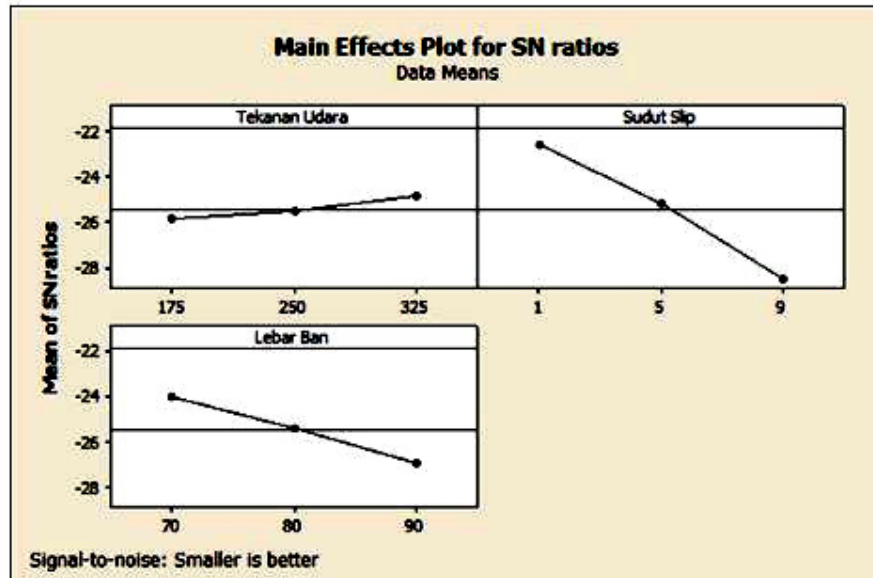
$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [13,536^2 + 13,619^2 + 14,116^2] \right) \quad (2)$$

$$= -22,771$$

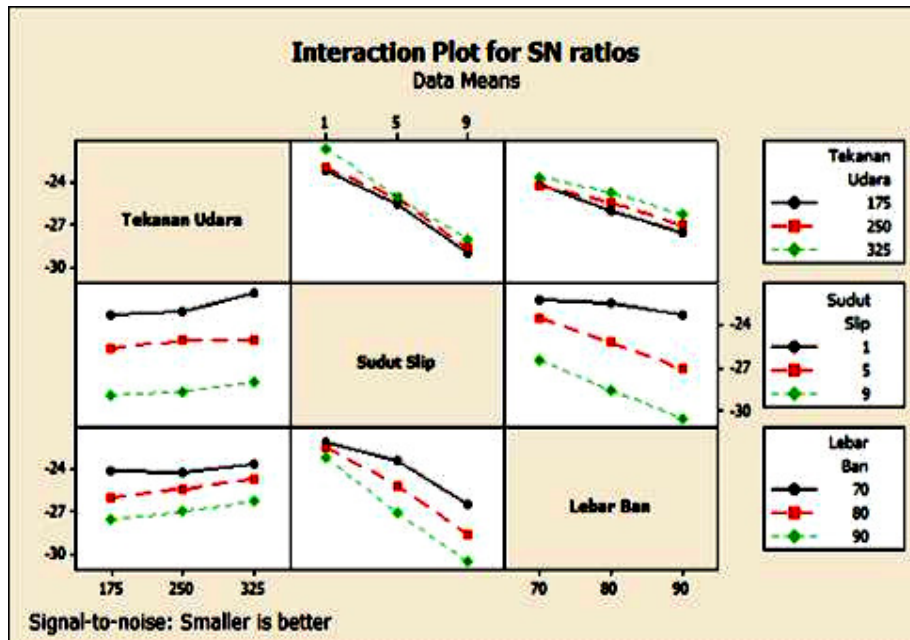
Didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian dan perhitungan *S/N ratio rolling resistance*

Eks	1	2	3	4	5	6	Data Rolling Resistance (N)			Rata-rata S/N Ratio	
	TU (kPa)	SS (o)	TUXSS	TUXLB	LB (mm)	SSXLB	I	II	III		
1	175	1	1	1	70	1	13,536	13,619	14,116	13,757	-22,771
2	175	1	1	1	80	2	14,140	14,191	14,464	14,265	-23,086
3	175	1	1	1	90	3	15,299	15,768	15,551	15,540	-23,829
4	175	5	2	2	70	1	15,049	14,873	15,265	15,062	-23,558
5	175	5	2	2	80	2	18,728	18,699	19,052	18,827	-25,495
6	175	5	2	2	90	3	23,421	24,336	23,931	23,896	-27,566
7	175	9	3	3	70	1	19,495	19,744	20,765	20,002	-26,021
8	175	9	3	3	80	2	29,316	29,458	29,339	29,371	-29,358
9	175	9	3	3	90	3	36,679	36,673	37,389	36,914	-31,344
10	250	1	2	3	70	2	13,630	13,034	12,874	13,179	-22,398
11	250	1	2	3	80	3	13,303	13,980	13,599	13,628	-22,688
12	250	1	2	3	90	1	15,346	15,358	15,399	15,368	-23,732
13	250	5	3	1	70	2	15,061	14,906	15,276	15,081	-23,568
14	250	5	3	1	80	3	17,032	17,578	17,846	17,485	-24,853
15	250	5	3	1	90	1	21,597	21,656	21,855	21,703	-26,730
16	250	9	1	2	70	2	21,583	21,566	22,030	21,726	-26,740
17	250	9	1	2	80	3	27,403	27,591	26,840	27,278	-28,716
18	250	9	1	2	90	1	33,665	32,973	33,665	33,435	-30,484
19	325	1	3	2	70	3	11,631	11,300	11,603	11,511	-21,222
20	325	1	3	2	80	1	11,960	11,903	11,960	11,941	-21,541
21	325	1	3	2	90	2	12,643	12,737	12,666	12,682	-22,064
22	325	5	1	3	70	3	14,072	14,702	14,232	14,335	-23,128
23	325	5	1	3	80	1	18,125	17,885	17,965	17,992	-25,101
24	325	5	1	3	90	2	22,078	22,160	22,219	22,152	-26,908
25	325	9	2	1	70	3	21,809	20,384	21,483	21,226	-26,537
26	325	9	2	1	80	1	23,993	23,936	23,880	23,936	-27,581
27	325	9	2	1	90	2	30,938	30,598	31,085	30,874	-29,792



Gambar 3. Pengaruh masing-masing faktor terhadap *rolling resistance*



Gambar 4. Pengaruh interaksi dua faktor terhadap *rolling resistance*

Signal To Noise Ratio merupakan suatu nilai transformasi dari nilai mean. Semakin besar nilai *S/N Ratio*, maka akan semakin besar pengaruh level suatu faktor. Untuk menentukan level mana

yang paling berpengaruh terhadap suatu faktor, diperlukan nilai efek dari tiap faktor yang berupa rata-rata nilai *S/N Ratio* dari eksperimen yang memuat level faktor tersebut.

Dari tabel 1 diatas maka dapat diketahui bahwa nilai *S/N Ratio* yang terbesar terdapat pada percobaan ke-19, yaitu sebesar -21,222. Dengan kombinasi yaitu tekanan udara pada level 3 (325 kPa), sudut slip pada level 1 (1°) dan ukuran lebar ban pada level 1 (70 mm).

Pada penelitian ini untuk *S/N Ratio* yang dipilih adalah jenis *smaller the better* karena nantinya nilai *rolling resistance* yang terkecil adalah tujuan utama yang dicari oleh peneliti. Walaupun demikian untuk pemilihan nilai parameter yang terbaik tetap menggunakan nilai parameter *S/N Ratio* terbesar. Jadi dapat dilihat pada gambar grafik 3 bahwa hasil dari kombinasi parameter untuk mendapatkan nilai *rolling resistance* yang terbaik dengan menggunakan faktor tekanan udara (TU) sebesar 325 kPa, sudut slip (SS) sebesar 1° dan lebar ban (LB) sebesar 70 mm adalah yang paling berpengaruh karena didapatkan nilai *S/N Ratio* yang paling besar jika dibandingkan dengan nilai kombinasi parameter yang lain.

Dari gambar grafik 4 dapat dilihat hubungan interaksi antara faktor (Soejanto, 2009) suatu interaksi terjadi karena dua faktor bertindak secara bersama-sama mempunyai efek yang berbeda dengan karakteristik kualitas daripada efek tiap faktor yang bertindak secara individu. Jadi interaksi adalah suatu faktor tergantung pada suatu level tertentu dari faktor lain.

Dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan tingkat kekuatan dari interaksi. Didalam bukunya Irwan Soejanto (2009) yang berjudul "Desain Eksperimen Menggunakan Metode *Taguchi*" menggambarkan kuat dan lemahnya sebuah interaksi berdasarkan titik potong dari garik interaksi pada grafik. Grafik yang tidak memiliki titik perpotongan berarti antara faktor tidak memiliki pengaruh yang berarti yang dapat mempengaruhi respon, kemudian grafik yang memiliki titik potong pada daerah ujung (perpotongan yang dihasilkan kecil) memiliki tingkat interaksi yang lemah, dan yang terakhir grafik dengan titik perpotongan pada bagian tengah garis (perpotongan yang dihasilkan besar) memiliki tingkat interaksi yang kuat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis data hasil penelitian menggunakan *software minitab 16* dapat diketahui bahwa dengan menggunakan *level of significant* (α) sebesar 0,05, diketahui bahwa semua parameter yang digunakan dalam penelitian memiliki pengaruh signifikan terhadap *rolling resistance* namun secara individu parameter yang paling memberikan pengaruh besar terhadap *rolling resistance* adalah sudut slip pada level 1 sebesar (1°) dengan nilai *S/N Ratio* -22,59. Pengaruh terbesar kedua adalah faktor lebar yaitu nilai *S/N Ratio* pada lebar ban level 1 (70 mm) sebesar -24,00 dan pengaruh terbesar yang ketiga yaitu faktor tekanan udara nilai *S/N Ratio* pada tekanan udara level 3 (325 kPa) sebesar -24,88.
2. Dari hasil perhitungan dan optimasi dengan menggunakan metode *taguchi* didapatkan bahwa kondisi yang optimal untuk nilai *rolling resistance* yaitu dengan kombinasi parameter tekanan udara sebesar 325 kPa, sudut slip sebesar 1°, dan ukuran lebar ban sebesar 70 mm. Dari setting kombinasi ketiga parameter tersebut didapatkan hasil *rolling resistance* sebesar 11,511 N.

DAFTAR PUSTAKA

- IS/ISO 18164, 2005, Passenger car, truck, bus and motorcycle tyres - methods of measuring rolling resistance [TED 7: Automotive Tyres, Tubes and Rims].
- Jazar R.N., 2008, Vehicle dynamics: Theory and applications, Springer, New York.
- Juhala M., 2014, Improving vehicle rolling resistance and aerodynamics, Aalto University, Woodhead Publishing Limited, Finland.
- Soejanto I., 2009, Desain eksperimen dengan metode taguchi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Steyn W.J.vdM., Ilse M., 2015, Evaluation of tire/surfacing/base contact stresses and texture depth, International Journal of Transportation Science and Technology, 4(1), 107–118.
- Sutantra I.N., Sampurno B., 2010, Teknologi otomotif, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- Taghavifar H., 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, 99– 106