

## PENGARUH TIPE SINGLE DAN DOUBLE ROW ANGULAR CONTACT BALL BEARING TERHADAP ROLLING RESISTANCE

*The Effect of Single and Double Row Angular Contact Ball Bearing Type on the Rolling Resistance*

Alex Ttesa Elsyamba<sup>1)</sup>, Santoso Mulyadi<sup>2)</sup>, Boy Arief Fachri<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Email : <sup>1)</sup> alexelsyamba@gmail.com

### ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada kendaraan, terutama pada mobil listrik, meningkat dengan pesat. Mobil dirancang khusus untuk menghasilkan tingkat efisiensi yang tinggi. Kemajuan ini ditandai oleh banyak penelitian tentang efek efisiensi kendaraan, salah satunya adalah mengetahui nilai *rolling resistance*. *Bearing* adalah elemen mesin yang memengaruhi nilai *rolling resistance* sehingga peralatan uji *rolling resistance* perlu dirancang untuk memudahkan proses pengujian. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menggunakan *single row angular contact ball bearing* (7200, 7201) dan *double row angular contact ball bearing* (5200, 5201) yang diuji dengan variasi putaran 290 rpm, 310 rpm dan 330 rpm dan beban *flywheel* 200 N disesuaikan dengan karakteristik mobil yang diteliti. Hasil yang diperoleh oleh gaya *rolling resistance* terkecil dalam bentuk *single row angular contact ball bearing* (7201) dengan putaran 290 rpm diperoleh pada 0,6531 N dan gaya *rolling resistance* terkecil adalah tipe *double row angular contact ball bearing* (5200) dengan rotasi 290 rpm dari 0,7562 N..

Kata Kunci : *bearing, rolling resistance, mobil elektrik.*

### ABSTRACT

*Technological developments in vehicles, especially in electric cars, are rapidly increasing. Specially designed cars to produce a high level of efficiency. This progress was marked by the many studies on the effect of vehicle efficiency, one of which was knowing the value of rolling resistance. Bearing is a machine element that affects the rolling resistance value so that rolling resistance test equipment needs to be designed to facilitate the testing process. In this study, tests were carried out using single row angular contact ball bearing (7200, 7201) and double row angular contact ball bearing (5200, 5201) types which were tested with variations in rotation of 290 rpm, 310 rpm and 330 rpm and 200 N flywheel loads adjusted for the characteristics of the car under study. The results obtained by the smallest rolling resistance force in the form of angular contact ball bearing single row bearings (7201) with 290 rpm rotation were obtained at 0.6531 N and the smallest rolling resistance force was type double row angular contact ball bearing (5200) with 290 rpm rotation of 0,7562 N.*

*Keywords: bearing, rolling resistance, electric car*

### 1. PENDAHULUAN

Mobil hemat energi merupakan suatu mobil yang didesain khusus agar menghasilkan tingkat efisiensi tinggi. Kendaraan tersebut adalah mobil listrik yang diharapkan dapat mengkonsumsi bahan bakar sedikit mungkin tetapi bisa melakukan perjalanan yang jauh. Kemajuan ini ditandai dengan banyaknya penelitian tentang pengaruh efisiensi kendaraan salah satunya

mengetahui nilai dari rolling resistance[1]. Rolling resistance adalah gaya hambatan yang perlu dikompensasi dengan gaya luar untuk mempertahankan kecepatan. Pada dasarnya, rolling resistance adalah momen yang diterapkan untuk melawan arah gerakan, sementara gaya diperlukan untuk menggerakkan benda[2].

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik[3]. Bantalan merupakan suatu elemen mesin yang berpengaruh terhadap nilai rolling resistance sehingga perlu dirancang alat uji rolling resistance untuk memudahkan proses pengujian.

Nilai gaya rolling resistance akan semakin meningkat dengan bertambahnya gaya, dari luasan kontak pada ball bearing, dan besarnya momen inersia serta bearing akan mengalami kerugian ketika mendapatkan putaran yang terlalu tinggi. Untuk pengujian rolling resistance, type bearing juga berpengaruh dalam rolling resistance. Mulai dari luasan kontak ball bearing, jenis ball bearing. Selain itu getaran, pelumasan, material bearing juga mempengaruhi rolling resistance[1].

Dari berbagai penelitian sebelumnya yang sudah dipaparkan, bahwa bearing mempunyai pengaruh terhadap rolling resistance. Sehingga perlu dicoba untuk mengangkat suatu penelitian bantalan yang sesuai dengan kebutuhan mobil listrik Titen Urban Universitas Jember.

Pemilihan tipe bantalan yang akan digunakan mobil listrik masih terkendala karena masih belum menemukan hasil yang sesuai sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan pemilihan tipe bantalan yang dapat menghasilkan rolling resistance yang lebih kecil. Diharapkan penelitian skripsi dengan judul “Pengaruh Tipe Single dan Double Row Angular Contact Ball Bearing Terhadap Rolling resistance” dapat digunakan sebagai kajian dan informasi untuk pemilihan tipe bantalan dalam meningkatkan efisiensi mobil listrik Universitas Jember.

**2. METODELOGI PENELITIAN**

Dalam penelitian ini metode pengujian yang akan dilakukan adalah metode eksperimental. Metode ini dilakukan dengan cara mengamati nilai rolling resistance pada bantalan.

- a) Merakit komponen bantalan dengan perbedaan tipe bantalan sesuai pada variabel penelitian;
- b) Memasang bantalan pada alat uji rolling resistance tipe bantalan single row angular contact ball bearing (7200, 7201) dan double row angular contact ball bearing (5200, 5201) sesuai dengan standar pengujian;
- c) Bantalan yang diuji pada kondisi posisi standar

pengujian dimana beban flywheel 200 N yang disesuaikan dengan karakteristik mobil yang diteliti;

- d) Bantalan diputar dengan variasi putaran 290 rpm, 310 rpm, 330 rpm;
- e) Amati nilai yang terukur pada tachometer yang mengukur nilai selisih waktu (dt)
- f) Ulangi langkah-langkah d sampai e diatas pada variasi bantalan tipe angular contact ball bearing terhadap nilai dan koefisien rolling resistance.

Bantalan yang digunakan untuk pengujian yaitu tipe single row angular contact ball bearing (7200, 7201) dan double row angular contact ball bearing (5200, 5201).

Tabel 1. Spesifikasi *single row angular contact ball bearing*

Kode	Diameter		
	Inner (mm)	Outer (mm)	Tebal (mm)
7200	10	30	9
7201	12	32	10

Tabel 2. Spesifikasi *double row angular contact ball bearing*

Kode	Diameter		
	Inner (mm)	Outer (mm)	Tebal (mm)
5200	10	30	14
5201	12	32	15,9



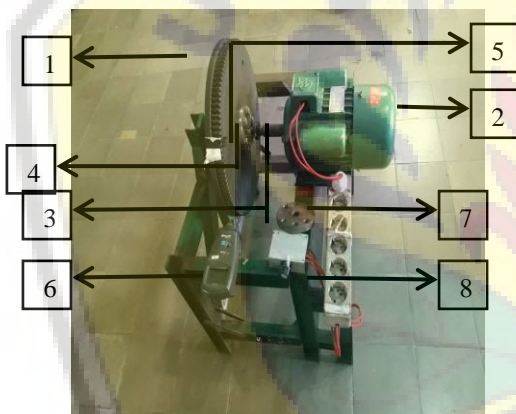
Gambar 1. Bantalan *single* dan *double row angular contact ball bearing*

Penentuan beban berdasarkan dari berat mobil ditambah berat pengemudi. Pada saat ini berat mobil 110 kg. Sedangkan pada kategori lain untuk berat pengemudi maksimal yaitu 50 kg. Jadi untuk beban, diasumsikan dari berat pengemudi, yakni 200 N.

Tabel 3. Variasi Pengujian yang digunakan

Nomer	Putaran bantalan (rpm)	Beban	Percobaan
7200	290	200 N	5 kali
	310	200 N	5 kali
	330	200 N	5 kali
7201	290	200 N	5 kali
	310	200 N	5 kali
	330	200 N	5 kali
5200	290	200 N	5 kali
	310	200 N	5 kali
	330	200 N	5 kali
5201	290	200 N	5 kali
	310	200 N	5 kali
	330	200 N	5 kali

Alat Uji *Rolling resistance Bearing* adalah alat yang digunakan untuk mengukur gaya *rolling resistance* dari bearing. Alat ini di desain dengan mengkombinasikan antara alat pengujian *bearing* sesuai standar pengujian *rolling resistance* menggunakan standar ISO 18164: 2005



Gambar 2. Desain alat uji *rolling resistance*

No.	Bagian	No.	Bagian
1.	Flywheel	5.	Bantalan
2.	Motor	6.	Tachometer
3.	Poros	7.	Flange
4.	Clutch	8.	Rangka

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien *rolling resistance* ( $C_R$ ) dihitung dengan membagi gaya hambat dengan beban terhadap gaya gravitasi dengan persamaan:

$$C_R = \frac{1}{2} \cdot \frac{(R_2^2 + R_1^2) d\omega}{g R_D dt} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- $C_R$  = koefisien *rolling resistance*
- $R_2^2$  = jari-jari *flywheel* (m)
- $R_1^2$  = jari-jari outer bantalan (m)
- $R_D$  = jari-jari inner bantalan (m)
- $d\omega$  = perubahan kecepatan sudut (rad/s)

- $dt$  = perubahan waktu (s)
- $g$  = gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

Nilai koefisien *rolling resistance* ( $C_R$ ) yang didapat akan digunakan untuk mencari nilai gaya *rolling resistance*. Nilai gaya *rolling resistance* didapat dengan mengalikan ( $C_R$ ) dengan beban ( $F_L$ ) sehingga didapat persamaan berikut:

$$F_r = C_R \cdot F_L \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

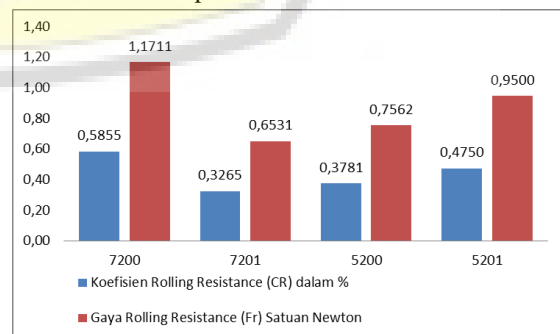
- $F_r$  = *rolling resistance* (N)
- $C_R$  = koefisien *rolling resistance*
- $F_L$  = Beban pada bantalan (N)

Pengolahan data dihitung menggunakan bantuan *software Microsoft Excel 2010*. Sehingga didapatkan nilai-nilai dari hasil pengambilan data yang telah diolah dan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan koefisien *rolling resistance* dan gaya *rolling resistance* berdasarkan data pengujian

Nomer	Putaran Bantalan (rpm)	Rata-rata Koefisien <i>Rolling resistance</i> (%)	Rata-rata Gaya <i>Rolling resistance</i> (N)
7200	290	0,5855	1,1711
	310	0,6022	1,2045
	330	0,6170	1,2340
7201	290	0,3265	0,6531
	310	0,3385	0,6770
	330	0,3501	0,7003
5200	290	0,3781	0,7562
	310	0,3931	0,7862
	330	0,4090	0,8179
5201	290	0,4750	0,9500
	310	0,4928	0,9855
	330	0,5100	1,0201

(1) Gaya dan koefisien *rolling resistance* putaran bantalan 290 rpm



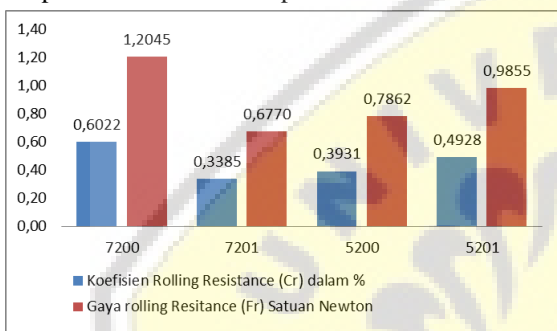
Gambar 3. Grafik tipe bantalan terhadap gaya dan koefisien *rolling resistance* putaran bantalan 290 rpm



Koefisien *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *single row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (7200) yaitu sebesar 0,5855%. Dan koefisien *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (5201) yaitu sebesar 0,475%.

Gaya *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *single row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (7200) yaitu sebesar 1,1711 N. Dan gaya *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (5201) yaitu sebesar 0,95 N.

(2) Gaya dan koefisien *rolling resistance* dengan putaran bantalan 310 rpm

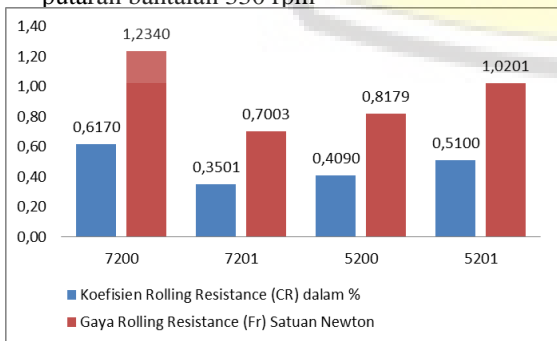


Gambar 4. Grafik tipe bantalan terhadap gaya dan koefisien *rolling resistance* putaran bantalan 310 rpm

Koefisien *rolling resistance* putaran bantalan 310 rpm, koefisien *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *single row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (7200) yaitu sebesar 0,6022%. Dan koefisien *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (5201) yaitu sebesar 0,4928%.

Gaya *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *single row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (7200) yaitu sebesar 1,2045 N. Dan gaya *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (5201) yaitu sebesar 0,9855 N.

(3) Gaya dan koefisien *rolling resistance* dengan putaran bantalan 330 rpm

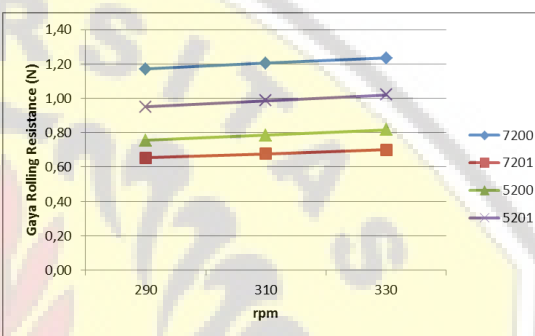


Gambar 5. Grafik tipe bantalan terhadap gaya dan koefisien *rolling resistance* putaran bantalan 330 rpm

Koefisien *rolling resistance* putaran bantalan 330 rpm, koefisien *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *single row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (7200) yaitu sebesar 0,617%. Dan koefisien *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (5201) yaitu sebesar 0,409%.

Gaya *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *single row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (7200) yaitu sebesar 1,234 N. Dan gaya *rolling resistance* tertinggi tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* diperoleh tipe (5201) yaitu sebesar 1,0201 N.

(4) Hubungan gaya *rolling resistance* dengan putaran bantalan



Gambar 6. Grafik hubungan gaya *rolling resistance* dengan kecepatan putar

Semakin besar putaran yang diberikan maka akan menghasilkan gaya *rolling resistance* yang besar pula sesuai dengan persamaan rumus koefisien *rolling resistance* yang menggunakan putaran ( $n$ ) untuk mencari kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebagai pengkali dengan momen inersia ( $I$ ) dan waktu ( $t$ ) sebagai pembagi. Tipe bantalan juga berpengaruh terhadap gaya *rolling resistance*.

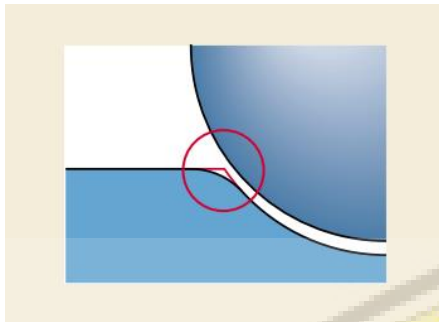
Pada penelitian ini, gaya *rolling resistance* terkecil ditipe bantalan *single row angular contact ball bearing* (7201) dengan putaran 290 rpm didapat sebesar 0,6531 N dan gaya *rolling resistance* terkecil ditipe *double row angular contact ball bearing* (5200) dengan putaran 290 rpm sebesar 0,7562 N.

(5) Pembahasan pada tipe bantalan

*Single row angular contact ball bearing* tipe baris tunggal yang hanya dapat menahan beban aksial dalam satu arah. Bearing ini tidak di desain secara terpisah dan cincin bantalan memiliki satu pelindung atas dan satu pelindung bawah. Pelindung yang bawah memungkinkan sejumlah besar bola untuk masuk kedalam bantalan, sehingga memberikan kapasitas beban yang relatif tinggi.[4]

Perubahan permukaan antara raceway bantalan dan pelindung sudut bola mengurangi tekanan kontak dan tegangan tepi, membuat bantalan ini mampu membawa beban dorong yang semakin meningkat.

Desain transisi yang unik ini juga memberikan masa pakai bearing yang panjang dan faktor keamanan yang lebih tinggi.



Gambar 7. Permukaan antara *raceway* bantalan dan pelindung sudut bola

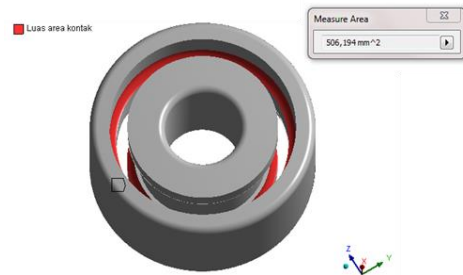
Dilihat dari persamaan 1, maka tipe *single row angular contact ball bearing* (7201) memiliki diameter inner 12 mm dan diameter outer 32 mm memiliki nilai *rolling resistance* paling kecil dibandingkan dengan tipe *single angular contact ball bearing* (7200) dengan diameter *inner* 10 mm dan diameter *outer* 30 mm. Hal ini dikarenakan diameter *inner* ( $R_D$ ) bebanding terbalik dengan nilai koefisien *rolling resistance* ( $C_R$ ).

*Double row angular contact ball bearing* telah disempurnakan dengan desain *cage* mahkota baru yang memberikan putaran bola yang lebih baik, dan pembentukan film pelumasan yang lebih baik untuk gesekan yang lebih rendah. Ini menghasilkan peningkatan kecepatan yang lebih tinggi, serta mengurangi tingkat kebisingan dan getaran, dan menghasilkan panas yang lebih sedikit sehingga konsumsi pelumas yang digunakan lebih berkurang dan umur pemakaian yang lebih lama.[4]



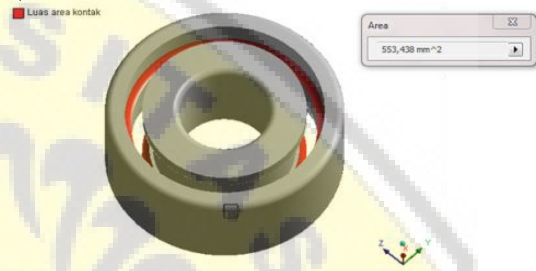
Gambar 8. desain *cage* mahkota

Selain dari momen inersia, luas area kontak pada tipe *double row angular contact ball bearing* juga memiliki pengaruh pada gaya *rolling resistance*. Pembahasan selanjutnya menghitung luas area kontak *ball bearing* tiap tipe bantalan dengan menggunakan bantuan *software CAD Autodesk Inventor 2012*.



Gambar 9. Luas area kontak pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5200)

Pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5200) diperoleh luas area kontak sebesar 506,194 mm<sup>2</sup>



Gambar 10. Luas area kontak pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5200)

Pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5201) diperoleh luas area kontak sebesar 553,438 mm<sup>2</sup>

Tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* diatas bahwa pengaruh luas area kontak juga mempengaruhi nilai gaya *rolling resistance*. Semakin besar luas area kontak bantalan maka nilai gaya *rolling resistance* akan semakin meningkat[1].

Pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5200, 5201) diperoleh luas area kontak terbesar pada tipe bantalan *double row* (5201). Sehingga nilai gaya *rolling resistance* paling kecil didapat pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5200).

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang didapat, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dari penelitian yang telah dilakukan bahwa gaya *rolling resistance* akan semakin meningkat ketika putaran bantalan berada diputaran 330 rpm. Sehingga setiap kenaikan putaran bantalan akan terjadi kenaikan nilai gaya *rolling resistance* di tipe *single* dan *double row angular contact ball bearing*. Tipe bantalan yang memiliki gaya *rolling resistance* terkecil di tipe *single row angular contact ball bearing* dengan putaran 290 rpm diperoleh sebesar 0,6531 N sedangkan untuk tipe

*double row angular contact ball bearing* didapatkan gaya *rolling resistance* sebesar 0,7562 N.

- 2) Perbedaan diameter inner dan outer mempengaruhi nilai gaya *rolling resistance*. pengaruh diameter inner dan outer bantalan ini akan mempengaruhi nilai momen inersia. Tipe *single row angular contact ball bearing* (7201) memiliki diameter *inner* 12 mm dan diameter *outer* 32 mm memiliki nilai *rolling resistance* paling kecil dibandingkan dengan tipe *single angular contact ball bearing* (7200) dengan diameter *inner* 10 mm dan diameter *outer* 30 mm. Hal ini dikarenakan diameter *inner* ( $R_D$ ) bebanding terbalik dengan nilai koefisien *rolling resistance* ( $C_R$ ).
- 3) Pengaruh luas area kontak juga mempengaruhi nilai gaya *rolling resistance*. Semakin besar luas area kontak bantalan maka nilai gaya *rolling resistance* akan semakin meningkat. Pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5200, 5201) diperoleh luas area kontak terbesar pada tipe bantalan *double row* (5201). Sehingga nilai gaya *rolling resistance* paling kecil didapat pada tipe bantalan *double row angular contact ball bearing* (5200).

## 5. SARAN

- 1) Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, banyak faktor yang mempengaruhi *rolling resistance* pada bantalan. Perbedaan tipe bantalan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi *rolling resistance*. Untuk pengujian *rolling resistance* selanjutnya diperlukan jenis pembebanan secara aksial maupun kombinasi.
- 2) Untuk penelitian selanjutnya, variasi pembebanan sebenarnya sangat dibutuhkan dalam penelitian ini, karena kita perlu mengetahui kemampuan bantalan untuk menerima beban yang lebih berat atau lebih ringan.
- 3) Untuk penelitian selanjutnya, variasi tipe bantalan bisa diperbanyak dengan tipe bantalan yang lain karena dari luas kontak ball serta jenis ball dalam bearing juga berbeda. Selain itu untuk umur pemakaiannya setiap bantalan juga berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitoyo, A. (2017). *Analisis Kualitas Produk Single Deep Groove Ball Bearing Terhadap Rolling Resistance Pada Mobil Listrik Titen Prototype*. Jember: Universitas Jember
- [2] Hamid Taghavifar, A. M. (2014). *Wavelet neural network applied for prognostication of contact pressure between soil and driving wheel*. *Sciencedirect*.

- [3] Sularso. 1997. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin* / Sularso, Kiyokatsu Suga. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [4] Catalogue, S. (2016). *Rolling Bearing*. Swedia: SKF.