

FABRIKASI ALAT UJI *ROLLING RESISTANCE BEARING* UNTUK MOBIL LISTRIK UNIVERSITAS JEMBER

Singgih Kurniawan^{1*}, M. Fahrur Rozy H.², F.X. Kristianta²

¹Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: *singgih.kurniawan@gmail.com

ABSTRACT

Pentingnya suatu alat uji untuk mengetahui performa produk membuat di berbagai negara saat ini sedang berupaya membuat terobosan teknologi terbaru untuk meningkatkan kualitas produk. Dalam usaha mengetahui kualitas besar kecilnya nilai rolling resistance pada bearing dibutuhkan alat uji khusus yang dapat menguji bearing seperti pada kondisi aktual saat mobil berjalan. Alat uji bearing memudahkan kita untuk mengenali performa suatu bearing sebelum diaplikasikan pada kendaraan. Pembuatan alat uji rolling resistance bearing ini dapat memberi informasi bearing yang mempunyai nilai rolling resistance paling kecil untuk dapat diaplikasikan pada mobil listrik. Dalam pembuatan alat uji dibutuhkan perancangan proses produksi yang tepat, pemilihan material, sambungan, dan spare part apa saja yang akan digunakan untuk menghasilkan alat uji yang akurat. Parameter pengujian bearing disesuaikan dengan karakteristik mobil yang diteliti yaitu dengan kecepatan putar bearing 310 rev/min, beban radial bearing 200 newton, serta beban aksial bearing 200 newton. Terdapat tiga tipe bearing sebagai objek penelitian yaitu tipe yang sekarang diaplikasi pada mobil listrik universitas jember. Hasil pengujian didapatkan nilai rolling resistance terendah dari masing-masing tipe bearing yaitu tipe 6002 memiliki nilai 0,23239 newton, tipe 6202 dengan nilai 0,28465 newton, dan tipe 6302 dengan nilai 0,38086 newton.

Kata Kunci: *Rolling Resistance, Bearing, Alat uji bearing, Mobil listrik*

PENDAHULUAN

Untuk mengatasi kelangkaan energi fosil, saat ini dituntut untuk dapat mengembangkan kendaraan yang hemat energi dan mampu menggunakan energi alternatif yang ramah lingkungan. Mobil listrik adalah solusi alternatif yang ditawarkan untuk dapat mengatasi masalah tersebut. Dalam memproduksi mobil listrik diperlukan produk atau komponen kendaraan dengan kualitas yang baik supaya lebih efisien dalam penggunaan energi.

Pentingnya suatu alat uji untuk mengetahui performa dan kualitas dari suatu produk membuat di berbagai negara saat ini sedang berupaya keras untuk membuat terobosan teknologi terbaru yang dapat meningkatkan kualitas produk. Salah satu komponen dari mobil listrik yaitu *bearing* roda dinilai dapat mempengaruhi *rolling resistance* pada kendaraan. *Rolling resistance* merupakan tahanan roda yang terjadi pada saat kendaraan akan dan telah berjalan sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi pada kendaraan (M.Juhala : 2014).

Bearing yang sering kita jumpai memiliki banyak macam dan ukuran yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan. Pada saat poros roda beroperasi, *bearing* berfungsi sebagai bantalan poros supaya pada saat perpindahan daya dapat mengurangi hilangnya daya akibat gesekan. Meskipun *bearing* dalam hal ini sudah dapat mengurangi terjadinya

gesekan saat poros beroperasi, namun masih terdapat gesekan antar elemen bergulir pada *bearing*. Gesekan yang terjadi pada elemen *bearing* dapat mempengaruhi *rolling resistance* pada kendaraan.

Dalam usaha untuk mengetahui kualitas besar kecilnya nilai *rolling resistance* pada *bearing* dibutuhkan alat uji khusus yang dapat menguji *bearing* seperti pada kondisi aktual saat mobil berjalan. Alat uji *rolling resistance* pada *bearing* berfungsi untuk memunculkan spesifikasi yang dimiliki *bearing*. Alat uji *bearing* memudahkan kita untuk mengenali performa suatu *bearing* sebelum diaplikasikan pada kendaraan.

Dari berbagai pemaparan diatas, penulis akan merancang dan membuat alat uji *rolling resistance bearing* agar bisa membantu mengenali performa suatu produk *bearing* sebelum digunakan. Dari referensi alat uji *bearing* sebelumnya yang telah ada yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh I.M. Jamadar dan D.P. Vakharia dari *National Institute of Technology, India*. Alat uji *bearing* tersebut digunakan untuk untuk mendeteksi tingkat kerusakan yang terjadi pada suatu *bearing*. Mekanisme pengujian alatnya yaitu ketika *bearing* diberi kecepatan putar dan pembebanan berupa beban aksial dan radial akan diamati getaran yang terjadi sebagai acuan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi. Namun pada alat ini belum mencantumkan

pengukuran *rolling resistance* pada suatu *bearing*. Untuk mengetahui nilai *rolling resistance* pada *bearing* konsep alat akan dibuat dengan mengkolaborasikan standar pengujian *bearing* dan standar pengujian *rolling resistance* ban karena pada prinsipnya pengukuran yang digunakan sama.

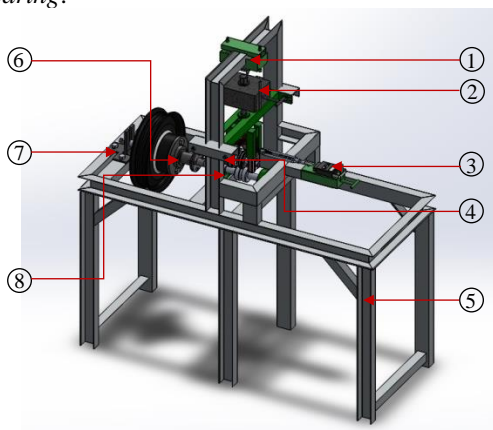
Alat ini juga sebagai sarana untuk mengembangkan mobil listrik. Pada mobil listrik, *bearing* yang digunakan belum dapat diketahui informasi nilai *rolling resistance*-nya. Kemudian nantinya alat ini diharapkan dapat memberi informasi *bearing* yang mempunyai nilai *rolling resistance* paling kecil untuk dapat diaplikasikan pada mobil listrik sehingga dapat menaikkan efisiensi.

METODOLOGI

Konsep Desain Alat

Konsep alat yang akan dibuat pada penelitian ini yaitu alat uji *rolling resistance bearing* dengan cara mengukur gaya tangensial (F_t) yang dihasilkan oleh *bearing* ketika diberi kecepatan putar dan pembebanan pada *bearing* yang diuji. Standar pengujian pada alat ini berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh I.M. Jamadar dan D.P. Vakharia yang digunakan untuk mengukur kerusakan/cacat pada *bearing*, tetapi belum menggunakan pengukuran *rolling resistance* pada *bearing*.

Terdapat dua standar pengukuran *rolling resistance* yang telah ditetapkan oleh International Organization for Standardization (ISO), yaitu ISO 18164: 2005 dan ISO 28580: 2009. Standar tersebut untuk pengukuran *rolling resistance* pada ban dan telah digunakan secara luas oleh industri ban dan otomotif. Maka dari itu konsep alat yang akan dibuat dengan mengkolaborasikan standar pengujian *bearing* dan standar pengujian *rolling resistance* ban karena pada prinsipnya pengukuran yang digunakan sama. Berikut adalah desain alat *rolling resistance bearing*.



Gambar 1. Konsep desain alat uji *rolling resistance bearing*

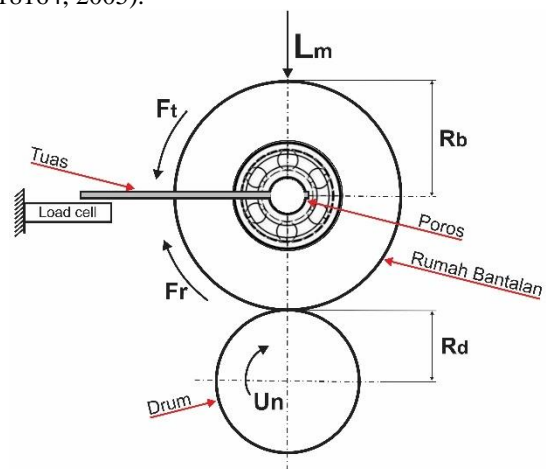
Keterangan :

1. Load cell 50 kg
2. Kopel motor

3. Pengatur beban aksial
4. *Bearing* uji
5. Rangka
6. Pengatur beban radial
7. Motor listrik
8. Drum penggerak

Metode Pengukuran Alat Uji *Rolling Resistance Bearing*

Pada intinya nilai yang dikeluarkan suatu *bearing* saat pengujian merupakan gaya tangensial (F_t) atau setara dengan gaya *rolling resistance bearing* namun untuk mengetahui nilai *rolling resistance* yang sebenarnya dari suatu *bearing*, terdapat dua hasil pembacaan saat pengujian yaitu gaya rugi *bearing* sebelum diberi beban (F_{PF}) dan gaya tangensial *bearing* setelah pembebanan (F_r). Berikut adalah ilustrasi pengukuran *rolling resistance* pada *bearing* berdasarkan standar ISO 18164, 2005).



Gambar 2. Ilustrasi metode pengukuran pada alat uji *rolling resistance bearing*.

Keterangan :

- U_n = Kecepatan Uji
- L_m = Beban pada *bearing* arah gaya normal terhadap permukaan drum
- R_b = Jari-jari rumah bantalan/*bearing*
- R_d = Jari-jari dari drum uji
- F_r = Gaya *rolling resistance bearing*
- F_t = Gaya tangensial *bearing*

Gaya rugi *bearing* (F_{PF}) merupakan gaya parasitik yang dikeluarkan *bearing* akibat adanya gesekan antara *bearing* dan poros penggerak. Sebelum diberi beban, *bearing* akan diberi kecepatan putar sesuai level yang ditentukan, kemudian akan diamati nilai gaya tangensial *bearing* sebelum pembebanan (F_{t0}) yang terukur. Pembacaan menggunakan alat ukur *load cell*. Untuk menghitung gaya rugi *bearing* kemudian dimasukkan ke dalam rumus berikut ini.

$$F_{Pf} = F_{t0} \left(1 + \frac{R_b}{R_d}\right)$$

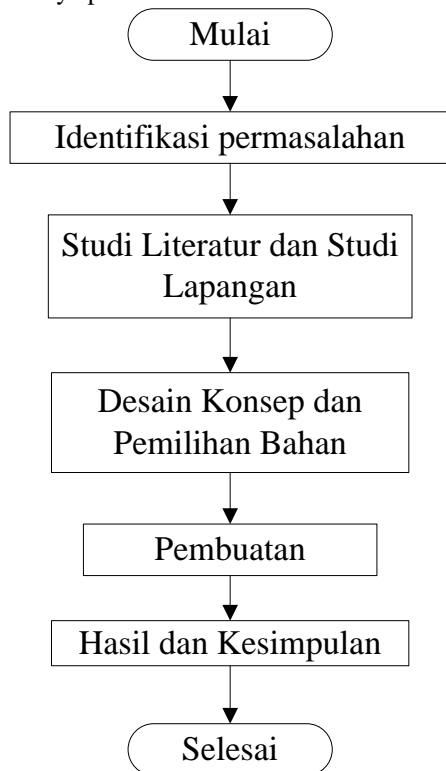
Gaya *rolling resistance bearing* (F_r) didapat dengan mengamati nilai F_t saat pengujian *bearing* dengan posisi sudah diberi variasi pembebanan dan kecepatan putar. Hasil dari nilai gaya tangensial tersebut akan dikurangi dengan gaya rugi alat (F_{PF}) yang didapat dari persamaan rumus diatas. Berikut adalah perhitungan gaya *rolling resistance* yang sebenarnya.

$$F_r = F_{t1} \left[1 + \left(\frac{R_b}{R_d} \right) \right] - F_{PF}$$

Keterangan :

- F_r = gaya *rolling resistance* (N)
- F_{PF} = gaya rugi alat uji
- F_{t1} = gaya *rolling resistance bearing* setelah diberi beban L_m (N)
- R_b = Jari-jari rumah *bearing* (m)
- R_d = Jari-jari dari drum uji (m)

Metodologi penelitian dan pembuatan alat ini menggunakan diagram alir supaya jalannya pengerjaan dapat mudah dipahami dan dikerjakan sesuai konsep perancangan. Berikut adalah diagram alir jalannya pembuatan alat.



Gambar 3. diagram alir proses pembuatan alat

ASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Alat

Dalam proses pembuatan alat uji *rolling resistance bearing* melibatkan beberapa proses permesinan untuk membentuk suatu alat sesuai dengan desain yang telah dirancang. Adapun beberapa proses permesinan yang dilakukan dalam pembuatan alat uji *rolling resistance bearing* yaitu :

1. Proses pemotongan material (*grinding*)

Setelah pemilihan alat dan bahan selesai, tahap yang harus dilakukan yaitu proses pemotongan material. Material digunakan untuk pembuatan beberapa sub sistem pada alat uji diantaranya: rangka alat, poros *bearing*, arm motor listrik, kopel motor listrik, dan mekanisme alat yang lainnya. Proses pemotongan material menggunakan batuan mesin gerinda tangan dan mesin gerinda duduk.

Pembuatan rangka utama menggunakan material dari besi profil kanal U dengan ketebalan 2 mm. Berikut adalah gambar pada saat proses pemotongan material rangka.



Gambar 4. Proses pemotongan material rangka

Proses pemotongan material untuk sub sistem yang lain juga dilakukan seperti pada proses pemotongan material rangka. Dalam proses pemotongan material rangka, sebelumnya dilakukan pengukuran untuk membandingkan besaran yang akan diukur dengan suatu ukuran pembanding yang telah tertera. Macam-macam alat ukur yang digunakan yaitu : Mistar baja, meteran sabuk, dan jangka sorong.

2. Pengeboran (*drilling*)

Pengeboran dilakukan untuk proses pemotongan yang menggunakan mata bor untuk membuat atau memperbesar lubang lingkaran penampang bahan padat. Pengeboran dilakukan pada pembuatan lubang-lubang pada alat uji.

3. Proses pengelasan (*welding*)

Proses pengelasan berkaitan dengan lempengan baja yang dibuat dari kristal besi dan karbon sesuai struktur mikronya, dengan bentuk dan arah tertentu. Proses pengelasan dilakukan untuk penyambungan pada komponen alat uji secara permanen. Beberapa pengerjaan pada alat uji yang membutuhkan proses pengelasan diantaranya : penyambungan rangka utama alat uji dan penyambungan beberapa sub komponen alat uji.

4. Proses bubut (*turning*)

Proses pembubutan dilakukan untuk membuat beberapa komponen alat uji yang memiliki bentuk silinder ataupun poros pejal memanjang. Beberapa

komponen alat uji yang membutuhkan proses *turning* diantaranya : poros *bearing*, poros drum, dan rumah *bearing* uji.

5. Finishing

Tahap selanjutnya yaitu menghaluskan bagian-bagian yang tajam dan tidak rata menggunakan bantuan mesin gerinda tangan. Setelah difinishing alat uji akan dicat.



Gambar 5. Proses finishing alat uji

Proses Perakitan

Yaitu proses perakitan alat uji *rolling resistance bearing* yang meliputi perakitan konstruksi rangka dan komponen-komponen pendukung sesuai dengan desain yang diinginkan. Berikut langkah-langkah perakitan alat uji :

1. Menyiapkan peralatan las dan menggunakan alat keamanan kerja (*safety*)
2. Membersihkan bagian benda kerja yang akan dilas dari kotoran dan minyak.
3. Mengatur letak atau posisi rangka sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
4. Menghubungkan massa las pada benda kerja.
5. Memastikan posisi benda kerja sesuai dengan perencanaan.
6. Melakukan las titik.
7. Memeriksa ketegak lurus dan kelurusan benda kerja.
8. Setelah lurus dapat dilakukan pengelasan total.
9. Pengelasan dilakukan pada batang penumpu terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pengelasan pada kolom dan batang horizontal serta rangka sebagai dudukan motor.
10. Menyempurnakan hasil pengelasan yang kurang sempurna.
11. Memasang motor listrik sebagai penggerak pada alat uji.
12. Memasang poros drum dan menghubungkannya dengan kopel motor listrik.
13. Memasang *bearing* uji pada kerangka.

Hasil alat uji yang telah dibuat adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Alat uji rolling resistance bearing

Percobaan dan Penyempurnaan Alat

Prosedur percobaan dilakukan untuk mengetahui apakah alat uji mampu bekerja dengan baik. Hal-hal yang dilakukan dalam percobaan alat sebagai berikut :

1. Melihat apakah setiap elemen mesin bekerja dengan baik
2. Melihat apakah konstruksi alat uji mampu bekerja dengan baik dan seimbang.

Penyempurnaan alat ini dilakukan apabila tahap pengujian alat terdapat masalah atau kekurangan, sehingga dapat berfungsi dengan baik sesuai prosedur, tujuan dan perancangan yang dilakukan.

Parameter Pengujian *Bearing*.

Pengujian pada *bearing* menggunakan tiga parameter yaitu kecepatan putar *bearing*, beban radial *bearing*, dan beban aksial *bearing*. Masing-masing level dari parameter pengujian didasarkan dengan kondisi yang sebenarnya saat mobil berjalan. Dimana mobil listrik diasumsikan berjalan pada kondisi aktual dengan kecepatan 29 km/jam atau setara dengan putaran radial motor listrik 310 *rev/min*. Parameter kecepatan putar *bearing* diasumsikan dengan kecepatan putar 310 *rev/min*.

Beban radial merupakan beban yang arahnya tegak lurus dengan poros *bearing*. Beban radial pada *bearing* diperoleh dari asumsi bobot kendaraan total yaitu 160 kg. Kemudian bobot dibagi dengan jumlah *bearing* yang dipakai pada semua roda yaitu 8 buah. Maka didapatkan beban radial di setiap *bearing* roda yaitu 20 kg atau 200 *newton*.

Beban aksial adalah beban pada *bearing* saat mobil berjalan yang arahnya searah dengan poros roda. Gerakan belok mobil merupakan gerakan yang dapat menghasilkan beban aksial pada *bearing*. Nilai beban aksial diperoleh dari rumus gaya sentrifugal yang diterima tiap roda pada kendaraan. Diketahui dari perhitungan beban radial bahwa tiap roda menerima beban sebesar 20 kg maka didapat gaya

sentrifugal sebesar 20 kg atau sama dengan 200 newton.

Berikut adalah untuk lebih jelasnya penentuan parameter pengujian *bearing* ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Parameter pengujian *bearing*

Parameter pengujian	Level parameter
Kecepatan putar <i>bearing</i>	310 rev/min
Beban radial <i>bearing</i>	200 newton
Beban aksial <i>bearing</i>	200 newton

Pengujian *Bearing*

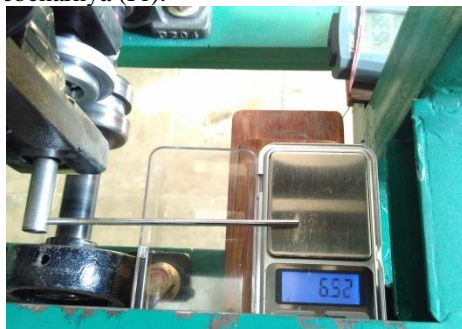
Berikut adalah prosedur dalam melaksanakan pengujian *bearing* yang harus dilakukan :

1. Memasang *bearing* yang akan diuji pada posisi pengujian. Ada tiga tipe *bearing* yang dijadikan objek penelitian yaitu : 6002, 6202, 6302.



Gambar 7. *Bearing* uji

2. Memasang timbangan emas *load cell* 200 gram pada alat uji sebagai pengukur nilai *rolling resistance bearing*.
3. Putar poros *bearing* yang digerakkan oleh motor listrik pada level kecepatan 310 rpm dalam kondisi tanpa pembebanan. Kemudian catat nilai yang terukur pada *load cell* (F_{t0}), nilai tersebut merupakan gaya parasif alat sebelum ada beban yang digunakan sebagai pengurang (F_{t1}) untuk menghitung gaya *rolling resistance* yang sebenarnya (F_r).

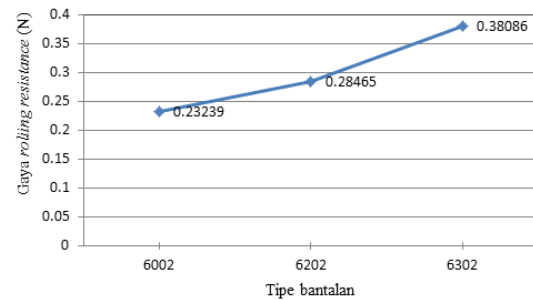


Gambar 8. Pengukuran gaya rugi alat

4. Mulai melakukan eksperimen yang sesungguhnya dengan memutar kembali motor pada kecepatan 310 rpm, Setelah itu mengatur beban radial pada *bearing* pada level 200 N. Kemudian mengatur beban aksial pada *bearing* pada level 200 N.
5. Amati nilai yang terukur pada timbangan *load cell* 200 gram. Nilai tersebut menunjukkan gaya *rolling resistance bearing* (F_{t1}).
6. Lakukan langkah (1) sampai (5) pada tiga tipe *bearing* yang dijadikan objek penelitian yaitu : 6002, 6202, dan 6302.

Hasil Pengujian *Bearing*

Dalam pengujian alat ini diperoleh hasil nilai *rolling resistance* dari tiga tipe *bearing*.



Gambar 9. Grafik tipe *bearing* terhadap gaya *rolling resistance*

Nilai tersebut menunjukkan karakteristik yang dimiliki masing-masing tipe *bearing*. *Bearing* tipe 6002 memiliki nilai *rolling resistance* paling rendah, sedangkan *bearing* tipe 6302 memiliki nilai *rolling resistance* paling tinggi. Perbedaan dari ketiga tipe *bearing* tersebut terletak pada diameter *outer bearing* dan ukuran *ball*. *Bearing* 6302 dengan diameter *outer* paling besar dan ukuran *ball* yang besar membuat nilai *rolling resistance* yang dimiliki juga besar.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pembuatan alat uji dan penelitian pada beberapa tipe *bearing* didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

Pembuatan alat uji *rolling resistance bearing* membutuhkan acuan yang sudah standarisasi dan kalibrasi untuk menghasilkan nilai yang valid dan akurat.

Dari ketiga tipe *bearing* yang diuji, *bearing* tipe 6002 memiliki nilai *rolling resistance* paling rendah berkisar 0,2323 newton.

Dari hasil penelitian yang didapatkan, mobil listrik disarankan menggunakan *bearing* tipe 6002 karena memiliki nilai *rolling resistance* paling rendah untuk dapat menaikkan efisiensi.

SARAN

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Dari konsep alat yang telah dibuat dengan konsep mengkolaborasikan desain alat uji getaran *bearing* dan alat uji *rolling resistance* ban masih terdapat gaya parasitik pada *bearing* yaitu berupa gesekan yang terjadi pada drum dan rumah *bearing*. Kedepan bisa dikembangkan konsep desain lain untuk bisa mengurangi gaya parasitik yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IS/ISO 18164 (2005): Passenger Car, Truck, Bus and Motorcycle Tyres - Methods of Measuring Rolling Resistance [TED 7: Automotive Tyres, Tubes and Rims].
- [2] Jamadar, I. M, dan D.P. Vakharia. 2016. An in Situ Synthesized Model for Detection of Defective Roller in Rolling Bearings. *International Journal*. 19 (2016): 1488-1496.
- [3] Juhala, M. 2014. Improving Vehicle Rolling Resistance and Aerodynamics. Finland: Woodhead Publishing Limited.
- [4] Taghavifar, H. dan A. Mardani. 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.