

Analisis Komparasi Bantalan Luncur Material Kuningan, *Bronze*, dan Besi Tuang Ditinjau dari Uji Kekasaran Permukaan dan Uji Keausan Abrasi

(1)*Candra Prilyanto, (2)Yuliyanti Dian Pratiwi, (3)Antonius Dwi Setyoko

(1)Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo, Jl. Semingkir No.1, Purwokerto

(2)Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo, Jl. Semingkir No.1, Purwokerto

(3)Program Studi Teknik Mesin, Politeknik ATMI, Jl. Mojo No.1, Surakarta

*Email: kevincandra9113@gmail.com

Diterima: 17.10.2020 Disetujui: 17.11.2020 Diterbitkan: 30.11.2020

ABSTRACT

Slide bearings have been widely applied to various industrial machines. In its application, there is a friction force that makes the sliding bearings wear. Brass, bronze, and cast iron are commonly used in the manufacture of slide bearings, so it is necessary to test each material's wear rate to determine which material for the slide bearing has the lowest wear rate. The slide bearing specimen in this study was made using the same two lathes. Surface roughness test, material hardness test, and stress relieving heat treatment were carried out to evaluate their effect on the materials' wear rate. The roughness values of the slide bearing specimens of the three materials made using two lathes before stress-relieving treatment were included in grade N4 after stress relieving treatment were included grades N4 and N5. The average value of the brass material wear rate before and after stress-relieving treatment is 0.03 gr/hour. The average wear rate of bronze material before and after stress relieving treatment was 0.01 gr/hour. The average value of cast iron material wear rate before and after stress-relieving treatment is 0.17 g/hour. The wear rates of brass, bronze, and cast iron materials were made using two lathes. Before and after the stress-relieving treatment, there was no significant difference in each material. The lowest wear rate is on bronze material, which is 0.01 gr/hour.

Keywords: *brass, bronze, cast iron, surface roughness, material hardness, wear rate*

ABSTRAK

Bantalan luncur telah banyak diaplikasikan pada berbagai macam mesin industri. Dalam pengaplikasiannya, terdapat gaya gesek yang membuat bantalan luncur tersebut mengalami keausan. Kuningan, *bronze*, dan besi tuang merupakan material yang umum digunakan dalam pembuatan bantalan luncur, sehingga perlu dilakukan pengujian laju keausan pada masing-masing material guna menentukan material pembuat bantalan luncur yang memiliki tingkat laju keausan paling rendah. *Specimen* bantalan luncur pada penelitian ini dibuat menggunakan dua buah mesin bubut yang sama. Uji kekasaran permukaan dan uji kekerasan material serta perlakuan panas *stress relieving* dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap tingkat laju keausan material. Nilai kekasaran *specimen* bantalan luncur dari ketiga material tersebut yang dibuat menggunakan dua buah mesin bubut sebelum perlakuan *stress relieving* masuk dalam *grade* N4, setelah perlakuan *stress relieving* masuk dalam *grade* N4 dan N5. Rata-rata nilai laju keausan material kuningan sebelum dan setelah perlakuan *stress relieving* adalah 0,03 gr/jam. Rata-rata nilai laju keausan material *bronze* sebelum dan setelah perlakuan *stress relieving* adalah 0,01 gr/jam. Rata-rata nilai laju keausan material besi tuang sebelum dan setelah perlakuan *stress relieving* adalah 0,17 gr/jam. Laju keausan dari material kuningan, *bronze*, dan besi tuang yang dibuat menggunakan dua buah mesin bubut, sebelum dan sesudah perlakuan *stress relieving* tidak menunjukkan perbedaan secara signifikan pada masing-masing material. Laju keausan paling rendah ada pada material *bronze* sebesar 0,01 gr/jam.

Kata Kunci: *kuningan, bronze, besi tuang, kekasaran permukaan, kekerasan material, laju keausan*

I. Pendahuluan

Bantalan gelinding (*bearing*) merupakan salah satu komponen yang sering digunakan pada mesin yang fungsinya adalah mengurangi besarnya gaya gesek yang ditimbulkan oleh poros yang berputar (Maladzi, Prahasto, & Widodo, 2017). Sedangkan bantalan luncur (*bushing*) merupakan komponen yang berfungsi untuk menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung dengan halus dan aman (Medi & Karmiadi, 2010). Bantalan luncur digunakan pada berbagai macam mesin industri, bahkan digunakan sebagai bantalan pada mesin yang seharusnya menggunakan bantalan gelinding. Hal ini disebabkan karena bantalan luncur lebih mampu menahan beban kejut dibandingkan dengan bantalan gelinding pada parameter yang dapat dianggap sama (Eddy, Andriyansa, Halim, & Purbaya, 2014).

Bantalan luncur banyak digunakan pada mesin-mesin di dunia industri. Contohnya pada mesin *laminating* dan mesin pon di dunia industri percetakan (grafika). Mesin *laminating* merupakan mesin yang digunakan untuk memberikan lapisan film plastik pada suatu bahan lembaran, misalnya kardus untuk kotak makanan, *paper bag*, kertas kraft, sehingga diperolehlah bahan tersebut kedap air, uap ataupun udara (Zafriana, 2012). Sedangkan mesin *pond* adalah mesin yang digunakan untuk membuat potongan atau melubangi baik dalam bentuk *single dies* maupun secara serentak/*progressive dies* terhadap benda kerja (Mukhtar & Koesdijati, 2018). Adanya gaya gesek antara poros dan bantalan luncur menyebabkan keausan, sehingga mempengaruhi umur pakai bantalan luncur tersebut.

Keausan bantalan luncur juga dipengaruhi oleh banyak faktor lainnya, yaitu luas permukaan kontak berupa luas silindrikal yang mendukung poros saat berputar, kecepatan putar poros, panjang lintasan yang dilalui poros saat berputar, viskositas kinematik pelumas, kekerasan material bantalan luncur, *clearance* atau jarak bebas antara poros dan bantalan luncurnya, faktor keausan abarasis yang bergantung pada kontak dan jenis bahan kedua kontakannya, dan faktor pelumasan terhadap keausan permukaan kontak yang terlumasi (Kuntara, Gunawan, & Hartono, 2014). Penelitian terdahulu membuktikan bahwa semakin keras suatu material, maka ketahanan

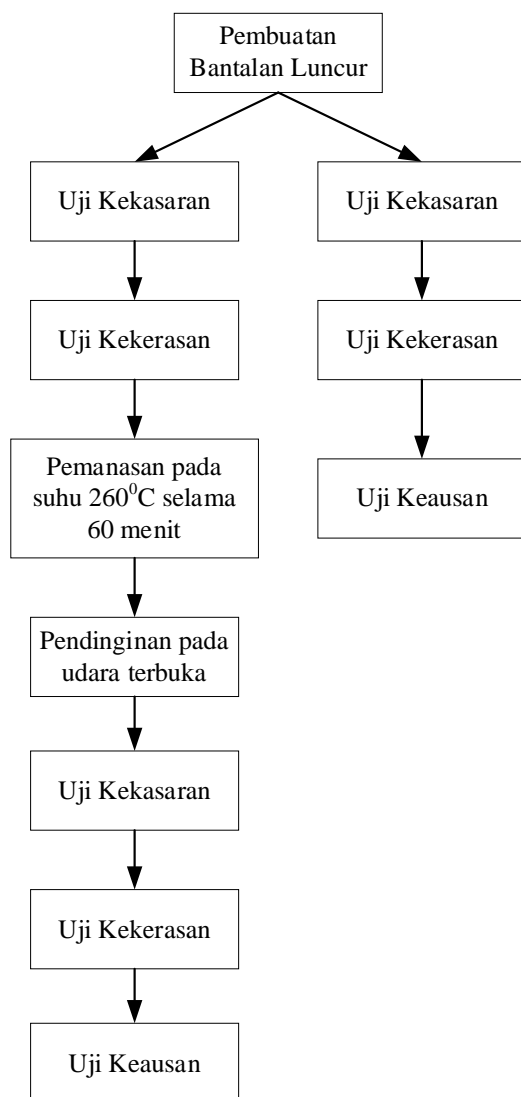
ausnya akan semakin tinggi, selain itu, kekasaran material juga mempengaruhi laju keausan dari bantalan luncur, semakin rendah tingkat kekasaran bahan, maka semakin rendah pula tingkat laju keausan bantalan luncur tersebut (Surawan & Mulyadi, 2019).

Telah dilakukan penelitian tentang kekerasan dan ketahanan abrasi proses pelapisan kromisasi, boronisasi, dan vanadisasi menggunakan material besi cor kelabu dan membuktikan proses yang menghasilkan kekerasan dan ketahanan aus terendah adalah vanadisasi yaitu sebesar 742 VHN dan 0,0061 g/m (Romijarso, 2013). Pengujian keausan dengan metode tekstur permukaan laser menggunakan piringan berbahan dasar *bronze* CuSn6 terhadap bahan PTFE di bawah gesekan kering yang dilakukan untuk membuktikan bahwa permukaan bertekstur yang tidak dipoles dapat menurunkan koefisien gesek dan meningkatkan laju keausan PTFE bila dibandingkan dengan permukaan halus, sedangkan permukaan bertekstur yang dipoles memiliki koefisien gesek dan laju keausan yang lebih besar bila dibandingkan dengan permukaan halus (Li, Liu, Yu, & Xiang, 2018). Investigasi eksperimental koefisien gesek dan tingkat keausan pada material kuningan dan *bronze* dalam kondisi pelumasan membuktikan bahwa dalam kondisi yang sama, kuningan memiliki koefisien keausan yang sangat tinggi dibandingkan dengan *bronze*, kuningan lebih sensitif terhadap keausan dan memberikan nilai kekasaran yang tinggi (Senhadji, Belarifi, & Robbe-Valloire, 2016).

Penelitian kali ini membahas tentang tingkat kekasaran, kekerasan, dan laju keausan pada bantalan luncur menggunakan tiga buah material. Material yang digunakan adalah kuningan ASM C85700, *bronze* LG2 ASM C83600, dan besi tuang FC35. Pengujian dilakukan sebelum dan setelah adanya perlakuan *Stress Relieving* pada bantalan luncur yang dibuat menggunakan dua buah mesin bubut dengan jenis dan tipe yang sama. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui material yang memiliki tingkat kekasaran permukaan dan laju keausan paling rendah pada aplikasi bantalan luncur.

II. Bahan dan Metode

Bantalan luncur dibuat menggunakan tiga buah material, yakni kuningan ASM C85700, *bronze* LG2 ASM C83600, dan besi tuang FC35. Masing-masing material dipotong sebagian kecil, kemudian dilakukan pengujian komposisi kimia pada potongan material tersebut. Bantalan luncur dibuat menggunakan dua buah mesin bubut. Parameter pemesinan yang digunakan berdasarkan rekomendasi pahat (Mitsubishi, 2009). Kecepatan *spindle* yang digunakan adalah 940 rpm, dan *feeding* sebesar 0,04 mm/rev.



Gambar 1. Diagram blok proses pengujian bantalan luncur

Selanjutnya masing-masing material dibagi menjadi dua bagian, bagian pertama dibuat menggunakan mesin bubut A dan bagian kedua dibuat menggunakan mesin bubut B.

Diagram blok proses pengujian bantalan luncur dapat dilihat pada Gambar 1. Proses pengujian dilakukan menggunakan 12 *specimen* bantalan luncur kuningan, 12 *specimen* bantalan luncur *bronze*, dan 12 *specimen* bantalan luncur besi tuang. Uji kekasaran pada penelitian ini menggunakan alat uji kekasaran permukaan kontak *portable surface roughness tester* TIME3221.

Definisi skala tingkat internasional pada metode *Vickers* ditetapkan dalam ISO 6507-1 (Designation ISO, 2018). Uji kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan material (*Vickers*) *Portable Hardness Tester* MH3 10. Material kuningan ASM C85700 mengalami perlakuan *stress relieving* pada suhu 260°C selama 1 jam (Totten, 2016). Material *bronze* LG2 ASM C83600 mengalami perlakuan *stress relieving* pada suhu 260°C selama 1 jam per ketebalan material 25 mm (Davis, 2001).

Material besi tuang FC35 mengalami perlakuan *stress relieving* pada suhu 260°C selama 1 jam (ASM International Handbook Committee, 1991). Perlakuan *stress relieving* dilakukan menggunakan elektrik *muffle furnace*. Perlakuan *stress relieving* ini dilakukan secara bersamaan antara ketiga material tersebut. *Specimen* dimasukkan pada saat suhu mencapai 260°C, kemudian *specimen* dikeluarkan setelah 1 jam dan didinginkan di udara terbuka.



Gambar 2. Model cara kerja mesin laminating

Uji keausan pada penelitian ini menggunakan model cara kerja mesin laminating seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Uji keausan dilakukan dengan menjalankan mesin selama tiga jam dengan interval penimbangan setiap satu jam pada masing-masing *specimen*.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Komposisi Kimia

Uji komposisi kimia pada penelitian ini menggunakan spectrometer WAS/PMI Master Pro Jerman. Hasil uji membuktikan bahwa material kuningan, *bronze*, dan besi tuang yang digunakan pada penelitian ini merupakan kuningan ASM C85700, *bronze* LG2 ASM C83600, dan besi tuang FC35. Perpaduan unsur Cu dan Sn diketahui memiliki sifat tahan aus yang tinggi (Hardianto, Safei, & Taufikurrahman, 2005).

3.2. Uji Kekasaran

Uji kekasaran dilakukan pada *specimen* dengan menggunakan alat uji kekasaran permukaan. Selanjutnya, dilakukan perlakuan *stress relieving* pada *specimen* tersebut. Uji kekasaran dilakukan kembali terhadap *specimen* yang telah diberikan perlakuan tersebut.

Tabel 1. Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material kuningan sebelum perlakuan *stress relieving*

Specimen	Nilai Kekasaran	Grade
1.1	0,25	N5
1.2	0,19	N4
1.3	0,23	N5
1.4	0,08	N3
1.5	0,10	N3
1.6	0,15	N4
2.1	0,17	N4
2.2	0,15	N4
2.3	0,15	N4
2.4	0,21	N5
2.5	0,18	N4
2.6	0,17	N4

Tabel 2. Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material *bronze* sebelum perlakuan *stress relieving*

Specimen	Nilai Kekasaran	Grade
1.1	0,11	N4
1.2	0,25	N5
1.3	0,18	N4
1.4	0,19	N4
1.5	0,10	N3
1.6	0,17	N4
2.1	0,13	N4
2.2	0,13	N4
2.3	0,12	N4
2.4	0,14	N4
2.5	0,13	N4
2.6	0,13	N4

Tabel 3. Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material besi tuang sebelum perlakuan *stress relieving*

Specimen	Nilai Kekasaran	Grade
1.1	0,11	N4
1.2	0,14	N4
1.3	0,30	N5
1.4	0,19	N4
1.5	0,16	N4
1.6	0,20	N4
2.1	0,17	N4
2.2	0,19	N4
2.3	0,09	N3
2.4	0,24	N5
2.5	0,21	N5
2.6	0,15	N4

Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material kuningan, *bronze*, dan besi tuang sebelum perlakuan *stress relieving*, dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Dari Tabel 1, *specimen* 1.1 mendapatkan nilai kekasaran permukaan 0,25 μm atau masuk dalam *grade* N5, dan hasil kekasaran permukaan *specimen* 1.2 - 2.6 untuk nilai dan *grade* dapat dibaca dan dilihat pada tabel tersebut. Rata-rata nilai kekasaran *specimen* material kuningan, *bronze*, dan besi tuang (*specimen* 1.1 - 2.6) sebelum perlakuan *stress relieving* masuk dalam *grade* N4.

Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material kuningan, *bronze*, besi tuang setelah perlakuan *stress relieving* dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4. Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material kuningan setelah perlakuan *stress relieving*

Specimen	Nilai Kekasaran	Grade
1.1	0,26	N5
1.2	0,21	N5
1.3	0,23	N5
2.1	0,15	N4
2.2	0,12	N4
2.3	0,19	N4

Rata-rata nilai kekasaran *specimen* material kuningan, *bronze*, dan besi tuang (*specimen* 1.1 - 2.3) setelah perlakuan *stress relieving* masuk dalam *grade* N4. Rata-rata nilai kekasaran baik sebelum dan setelah perlakuan *stress relieving* menunjukkan bahwa material *bronze* memiliki tingkat kekasaran terendah yaitu 0,15 μm (N4) sebelum perlakuan, dan 0,14 μm (N4) setelah

perlakuan. Hal ini disebabkan karena adanya perpaduan unsur Cu dan Sn yang diketahui memiliki sifat tahan aus yang tinggi (Hardianto, Safei, & Taufikurrahman, 2005).

Tabel 5. Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material bronze setelah perlakuan stress relieving

Specimen	Nilai Kekasaran	Grade
1.1	0,10	N3
1.2	0,21	N5
1.3	0,15	N4
2.1	0,14	N4
2.2	0,12	N4
2.3	0,12	N4

Tabel 6. Hasil uji kekasaran bantalan luncur dengan material besi tuang setelah perlakuan stress relieving

Specimen	Nilai Kekasaran	Grade
1.1	0,13	N4
1.2	0,12	N4
1.3	0,25	N5
2.1	0,14	N4
2.2	0,13	N4
2.3	0,11	N4

3.3. Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan pada *specimen* dengan menggunakan alat uji kekerasan material (*Vickers*). Selanjutnya, dilakukan perlakuan *stress relieving* pada *specimen* tersebut. Uji kekasaran dilakukan kembali terhadap *specimen* yang telah diberikan perlakuan tersebut. Hasil uji kekerasan bantalan luncur dengan material kuningan, *bronze*, dan besi tuang sebelum perlakuan *stress relieving* dapat dilihat pada Tabel 7., sedangkan nilai kekerasan setelah perlakuan *stress relieving* ditunjukkan pada Tabel 8. Pada Tabel 7, material kuningan mendapatkan nilai kekerasan 278,67 HV, material *bronze* mendapatkan nilai kekerasan 204,50 HV, dan material besi tuang mendapatkan nilai kekerasan 282,33 HV.

Tabel 7. Hasil uji kekerasan bantalan luncur dengan material kuningan, bronze, dan besi tuang sebelum perlakuan stress relieving

Material	Nilai Kekerasan (HV)
Kuningan	278.67
Bronze	204.50
Besi Tuang	282.33

Tabel 8. Hasil uji kekerasan bantalan luncur dengan material kuningan, bronze, dan besi tuang setelah perlakuan stress relieving

Material	Nilai Kekerasan (HV)
Kuningan	246.33
Bronze	197.33
Besi Tuang	292.50

Rata-rata nilai kekerasan baik sebelum dan setelah perlakuan *stress relieving* membuktikan bahwa material besi tuang memiliki tingkat kekerasan tertinggi yaitu 282,33 HV sebelum perlakuan, dan 292,50 HV setelah perlakuan. Hal ini disebabkan oleh unsur C pada besi tuang (Wartono, Taufiq, & Julius, 2019).

3.4. Uji Keausan

Uji keausan dilakukan pada *specimen* dengan menggunakan model cara kerja mesin laminating. *Specimen* yang dibuat menggunakan mesin bubut A (1.1 - 1.6) diletakkan pada bagian kiri mesin, dan *specimen* yang dibuat menggunakan mesin bubut B (2.1 - 2.6) diletakkan pada bagian kanan mesin. Pengujian dilakukan selama tiga jam dengan interval penimbangan setiap satu jam pada masing-masing *specimen*.

Hasil uji keausan pada bantalan luncur dengan material besi cor dapat dilihat pada Tabel 9. Hasil uji keausan pada bantalan luncur dengan material *bronze* dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil uji keausan pada bantalan luncur dengan material kuningan dapat dilihat pada Tabel 11. Dari Tabel 9, nilai laju keausan pada *specimen* 1.1 material kuningan pada jam pertama adalah 0,76 gr/jam, pada jam kedua adalah 0,08 gr/jam, dan pada jam ketiga adalah 0,06 gr/jam, sehingga rata-rata laju keausan *specimen* 1.1 adalah 0.06 gr/jam.

Tabel 9. Hasil uji keausan pada bantalan luncur dengan material kuningan

Specimen	I	II	III	Rata-rata
1.1	0,76	0,08	0,06	0,06
1.2	0,70	0,07	0,04	0,04
1.3	0,91	0,10	0,06	0,04
1.4	0,80	0,10	0,07	0,05
1.5	0,75	0,10	0,06	0,05
1.6	0,80	0,10	0,07	0,06
2.1	0,03	0,02	0,02	0,01
2.2	0,03	0,02	0,03	0,01
2.3	0,02	0,02	0,01	0,01
2.4	0,04	0,03	0,02	0,02
2.5	0,04	0,03	0,02	0,02
2.6	0,03	0,02	0,02	0,01

Tabel 10. Hasil uji keausan pada bantalan luncur dengan material bronze

Specimen	I	II	III	Rata - rata
1.1	0,05	0,01	0	0,02
1.2	0,04	0,01	0	0,02
1.3	0,05	0,01	0	0,02
1.4	0,02	0,02	0,02	0,02
1.5	0,03	0,03	0,02	0,03
1.6	0,03	0,02	0,02	0,02
2.1	0,01	0	0,01	0,01
2.2	0,01	0	0,01	0,01
2.3	0,01	0	0,01	0,01
2.4	0	0	0,01	0
2.5	0	0	0,02	0,01
2.6	0	0	0,01	0

Rata-rata nilai laju keausan *specimen* material kuningan, *bronze*, dan besi tuang sebelum *stress relieving* berturut-turut adalah 0,03 gr/jam, 0,01 gr/jam, 0,17 gr/jam. Rata-rata nilai laju keausan *specimen* material kuningan, *bronze*, dan besi tuang setelah *stress relieving* berturut-turut adalah 0,03 gr/jam, 0,01 gr/jam, 0,17 gr/jam. Rata-rata nilai laju keausan total *specimen* material kuningan, *bronze*, dan besi tuang berturut-turut adalah 0,03 gr/jam, 0,01 gr/jam, 0,17 gr/jam. Perlakuan *stress relieving* tidak mempengaruhi tingkat laju keausan. Rata-rata nilai laju keausan total membuktikan bahwa material *bronze* memiliki tingkat laju keausan paling rendah.

Tabel 11. Hasil uji keausan pada bantalan luncur dengan material besi tuang

Specimen	I	II	III	Rata - rata
1.1	0,08	0,06	0,04	0,30
1.2	0,06	0,04	0,03	0,27
1.3	0,06	0,04	0,03	0,36
1.4	0,06	0,04	0,04	0,32
1.5	0,06	0,04	0,04	0,30
1.6	0,07	0,06	0,04	0,32
2.1	0,01	0,01	0,01	0,02
2.2	0,01	0,01	0,01	0,03
2.3	0,01	0,01	0,02	0,02
2.4	0,03	0,01	0,01	0,03
2.5	0,02	0,01	0,02	0,03
2.6	0,02	0,01	0,01	0,02

Semakin tinggi tingkat kekerasan material, maka ketahanan ausnya akan semakin tinggi, dan semakin rendah tingkat kekasaran permukaan material, semakin rendah pula tingkat laju keausan *specimen* bantalan luncur tersebut (Surawan & Mulyadi, 2019). Namun,

hal tersebut dapat dipengaruhi oleh paduan unsur Cu dan Sn, dimana unsur tersebut membuat material menjadi lebih tahan aus (Hardianto, Safei, & Taufikurrahman, 2005). Hasil uji komposisi kimia membuktikan bahwa material *bronze* yang digunakan dalam penelitian ini mengandung unsur Cu dan Sn, sehingga material *bronze* lebih tahan aus dari pada material besi tuang walaupun tingkat kekerasan material besi tuang lebih tinggi dari pada material *bronze*.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan uraian data dan pembahasan, hasil nilai kekasaran dan kekerasan pada *specimen* bantalan luncur tidak terlihat perbedaan secara signifikan antara sebelum dan setelah perlakuan *stress relieving*. Hasil nilai laju keausan membuktikan bahwa material *bronze* memiliki tingkat laju keausan paling rendah dibandingkan kedua material lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih atas dukungan dari Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula.

Daftar Pustaka

- ASM International Handbook Committe. (1991). *ASM Handbook Volume 4: Heat Treating*. ASM International.
- Davis, J. R. (2001). *ASM Speciality Handbook - Copper and Copper Alloys*. ASM International.
- Designation ISO. (2018). *Metallic Materials-Vickers Hardness Test-Part 1: Test Method*. Brussels: International Organization for Standarization.
- Eddy, N., Andriyansa, A., Halim, A., & Purbaya, R. W. (2014). Analisis Getaran pada Bantalan Luncur yang Diakibatkan oleh Pengaruh Kekentalan Pelumasan. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST), 2014*, B111-B116.
- Hardianto, I., Safei, S., & Taufikurrahman, T. (2005). Analisa Sifat Mekanik Bahan Paduan Tembaga-Seng Sebagai Alternatif

- Pengganti Bantalan Gelinding pada Lori Pengangkut Buah Sawit. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 77-84. doi:10.9744/jtm.7.2.pp.%2077-84
- Kuntara, H., Gunawan, S., & Hartono, S. B. (2014). Penentuan Umur Bantalan Luncur Terlumasi Berdasarkan Laju Keausan Bahan. *Traksi*, 14(1), 58-77.
- Li, J., Liu, S., Yu, A., & Xiang, S. (2018). Effect of laser surface texture on CuSn6 bronze sliding against PTFE material under dry friction. *Tribology International*, 118, 37-45. doi:10.1016/j.triboint.2017.09.007
- Maladzi, R., Prahasto, T., & Widodo, A. (2017). Analisis Kerusakan Bantalan Gelinding Dengan Variasi Kecepatan Putar Berdasarkan Pola Getaran Menggunakan Metoda Envelope Analysis. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 32-42.
- Medi, A., & Karmiadi, D. W. (2010). Pengaruh Kompaksi dan Kandungan Grafit Terhadap Karakteristik Mekanis Bantalan Luncur Connecting Rod. *Forum Teknik*, 33(2), 125-130.
- Mitsubishi. (2009). *VP15TF Insert*. Mitsubishi Materials.
- Mukhtar, M. A., & Koesdijati, T. (2018). Analisis Postur Kerja pada Operator Mesin Pond dengan Menggunakan Metode RULA. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset dan Pengabdian (SNHRP)*, 939-946.
- Romijarso, T. B. (2013). Perbandingan Kekerasan dan Ketahanan Abrasi Proses Pelapisan Kromisasi, Boronisasi dan Vanadisasi pada Besi Cor Kelabu. *Metalurgi: Majalah Ilmu dan Teknologi*, 28(3), 167-176. doi:10.14203/metalurgi.v28i3.260
- Senhadji, S., Belarifi, F., & Robbe-Valloire, F. (2016). Experimental Investigation of Friction Coefficient and Wear Rate of Brass and Bronze under Lubrication Conditions. *Tribology in Industry*, 38(1), 102-107.
- Surawan, T., & Mulyadi, D. (2019). Pengaruh Waktu Pembebanan Dan Kecepatan Terhadap Keausan Paduan Tembaga (Cu) Dan Karbon (C). *Jurnal Teknologi*, 6(2), 71-84. doi:10.31479/jtek.v6i2.27
- Totten, G. E. (2016). *ASM Handbook: Heat Treating of Nonferrous Alloys. Volume 4E*. ASM International.
- Wartono, W., Taufiq, M., & Julius, A. (2019). Pengaruh Preheat terhadap Sifat Mekanis Sambungan Metal Inert Gas (MIG) pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 3(1), 15-22. doi:10.30588/jeemm.v3i1.483
- Zafriana, L. (2012). Persamaan Operasional dalam Proses Laminasi Bahan Kemasan. *Jurnal Teknik Industri*, 12(1), 90-93. doi:10.22219/JTIUMM.Vol12.No1.90-93