

Analisis kekerasan dan keausan *bearing* pada pesawat Cessna Grand Carravan 208B

Muhammad Abdul Rafiq Septiyanto^{1*}, Indreswari Suroso², Noviana Utami³

^{1,2,3}Prodi Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta
Jl. Parangtritis KM. 4,5, Bangunharjo, Sewon, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding author: 180302088@students.sttkd.ac.id

Abstract

Bearing is a surface component that protects two parts that rub against each other. Bearings have several components including inner rings, roll bearings and supports. Bearings will experience weariness when used continuously, so the purpose of this study is to determine the level of hardness and wear of each bearing component of the Cessna Grand Caravan 208B aircraft. Hardness testing is carried out by vickers method and test sampling is carried out at three different points in each specimen. Wear testing uses the Ogoshi method and test sampling is performed at three different points in each specimen. The results of this study concluded that vickers hardness testing received the highest hardness score on the roll with an average value of 739.7 VHN, the second highest hardness in the inner ring had an average hardness value of 695.1 VHN, and the lowest hardness in the buffer section had an average hardness value of 110.2 VHN. The wear test results get the highest value on the support section which is 0.00273 mm³ / kg.m, the second highest wear on the inner ring is 0.00133 mm³ / kg.m, and the lowest wear value on the roll is 0.00056 mm³ / kg.m.

Keywords: *bearing, vickers hardness, wear.*

Abstrak

Bearing merupakan komponen permukaan yang melindungi dua bagian yang saling bergesekan. Bearing memiliki beberapa komponen diantaranya inner ring, roll bearing dan penyangga. Bearing akan mengalami keausan apabila digunakan terus-menerus, sehingga tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat kekerasan dan keausan dari tiap-tiap komponen bearing pesawat Cessna Grand Caravan 208B. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode vickers dan dilakukan pengambilan sampel uji di tiga titik yang berbeda disetiap specimen. Pengujian keausan menggunakan metode Ogoshi dan dilakukan pengambilan sampel uji di tiga titik yang berbeda di setiap specimen. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa pengujian kekerasan vickers mendapatkan nilai kekerasan tertinggi pada roll dengan nilai rata-rata sebesar 739,7 VHN, kekerasan tertinggi kedua terdapat pada bagian inner ring memiliki nilai rata-rata kekerasan sebesar 695,1 VHN, dan kekerasan paling rendah terdapat pada bagian penyangga memiliki nilai rata-rata kekerasan sebesar 110,2 VHN. Hasil pengujian keausan mendapatkan nilai tertinggi pada bagian penyangga yaitu sebesar 0,00273 mm³/kg.m, keausan tertinggi kedua pada bagian inner ring yaitu sebesar 0,00133 mm³/kg.m, dan yang nilai keausan yang paling rendah pada bagian roll yaitu sebesar 0,00056 mm³/kg.m.

Kata kunci: *bearing, kekerasan vickers, keausan.*

Pendahuluan

Pesawat Cessna Grand Carravan 208B merupakan kategori pesawat kecil yang dapat mengangkut 2 awak kabin dan 9 penumpang. Pesawat ini dikategorikan sebagai jenis pesawat angkut ringan dengan

tipe *single turboprop engine* serta memiliki tipe sayap atas (*high wing*) [1]. Pesawat Cessna Grand Carravan 208B memiliki beberapa komponen utama diantaranya yaitu *fuselage, wing, engine, empennage*, dan *landing gear*. *Landing gear* adalah system pesawat yang digunakan sebagai

takeoff, *landing* dan juga sebagai penahan beban pesawat saat di *ground*. Pada *landing gear* terdapat *bearing* yang bekerja pada *wheel* pesawat. *Bearing* pada *landing gear* digunakan untuk membantu kinerja dari *wheel* serta merupakan poros yang menumpu beban yang saling bergesekan [2].

Bearing yaitu komponen penting yang melindungi dua komponen yang memiliki beban dan bergesekan untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi. *Bearing* dapat rusak ketika menggunakan secara berlebihan [3]. Kerusakan pada *bearing* disebabkan oleh kurangnya pelumasan, pelumas telah tercampur dengan debu, kurangnya perawatan *bearing*, minimnya pengontrolan pelumasan *bearing*, serta telah melewati umur dari *bearing*. Apabila hal tersebut terjadi maka akibat yang ditimbulkan yaitu putaran *bearing* kurang optimal, terjadinya *overheat*, dan terjadi getaran yang dapat membahayakan saat beroperasi sehingga menyebabkan keausan [4].

Kekerasan dari suatu material dipengaruhi oleh unsur paduan yangandung. Kekerasan merupakan factor penting yang menentukan penerapannya pada suatu bahan dan juga ketahanan dari keausan [5]. Semakin keras material yang digunakan semakin tahan aus material tersebut. Keausan material baja juga disebabkan oleh kekerasan dari material baja itu sendiri [6].

Tinjauan Pustaka

1. Bearing

Bearing yaitu salah satu bagian penting dari mesin menopang poros yang berputar jenis material pada *bearing* sangat mempengaruhi nilai resistance *bearing*. Ada beberapa macam material yang digunakan pada bearing yaitu penyangga, *ball*, dan *inner* [7]. *Bearing* memiliki *ball* (bola) yang selalu bergesekan ketika beroperasi, maka apabila *ball bearing* tersebut lunak maka akan cepat aus. Cara meningkatkan ketahanan aus dari *ball bearing* tersebut dengan menguatkan kekerasan dari permukaannya [8]. Unsur yang terkandung dalam material *inner ring bearing* Cessna Grand Caravan 208b yaitu

besi (Fe) sebesar 95,1%, karbon sebesar sebanyak 0,906%, mangan sebesar 0,863%, cromium sebesar 0,765%, tembaga sebesar 0,289% dan lain lain sehingga tergolong dalam baja karbon tinggi [9].

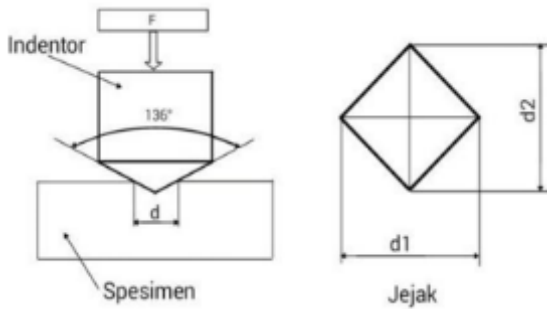


Gambar 1. *Bearing*

2. Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan *vickers* memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak merusak material uji sehingga material tersebut bisa dipakai lagi. Skala pengujian kekerasan dapat dilakukan berkelanjutan dari nilai 5 (material lunak) sampai nilai 1500 (material sangat keras), dan juga bisa pada benda benda tipis. Sedangkan uji kekerasan *Vickers* memiliki kekurangan yaitu dilakukan dengan waktu lama untuk menentukan nilai kekerasan, posisi permukaan specimen harus sejajar dan bersih [10].

Pengukuran *vickers* berupa intan yang berbentuk piramida lurus dengan sudut kemiringan 136° yang menekan specimen menggunakan beban penekanan 5 sampai dengan 100 kg selama waktu periode 10 detik [11]. Pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan alat penekan intan yang berbentuk limas memiliki bentuk permukaan bawah kotak sehingga dapat terlihat hasil tanda kotak pada specimen. Pengujian ini dapat dilakukan dengan beban 1 kgf sampai dengan 120 kgf [12].



Gambar 2. Vickers Hardness Test

Perhitungan kekerasan *vickers* menggunakan persamaan (1) sebagai berikut [11]:

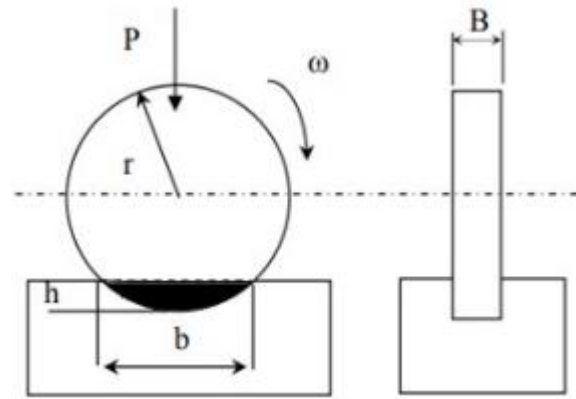
$$HV = \frac{[2P \sin(\frac{\alpha}{2})]}{d^2} = \left(\frac{1,854 P}{d^2}\right) \quad (1)$$

Keterangan:

- HV : *Hardness vickers* (kgf/mm²)
- P : Gaya tekanan /pembebanan (kgf)
- d : Diagonal tampak tekan rata-rata (mm)
- α : Sudut puncak indenter (136°)

3. Keausan

Kondisi permukaan dapat mempengaruhi keausan dari material. Apabila permukaan material buruk maka mudah terjadinya gesekan sehingga menimbulkan keausan. Kekerasan permukaan dapat mempengaruhi nilai keausan. Semakin besar nilai kekerasan material maka semakin kecil keausan yang terjadi. Untuk mengukur volume keausan perlu diketahui besarnya bekas keausan kontak sliding yang terjadi. Nilai keausan kontak sliding tersebut di dapatkan dengan metode tribometer *pin-on-disc* [13]. Tingkat Keausan dipengaruhi oleh sifat dari material tersebut. Keausan dapat dikendalikan dengan memberi pelumas agar mengurangi tingkat gesek yang terjadi di permukaan [14].



Gambar 3. Pengujian keausan metode ogoshi

Perhitungan volume yang tergores menggunakan persamaan (2) dan perhitungan nilai keausan spesifik menggunakan persamaan (3), sebagai berikut [15]:

$$W_s = \frac{1,5 \times w}{P \times l} \quad (2)$$

$$W = \frac{B \times b^3}{12 \times r} \quad (3)$$

Keterangan:

- B : tebal piringan pengaus (mm)
- b : Panjang goresan (mm)
- r : jari-jari piringan pengaus (mm)
- P : beban yang digunakan (kg)
- l : jarak tempuh dari proses pengausan (mm)
- W : volume tergores (keausan) (mm³)
- W_s : nilai keausan spesifik (mm³/kg.m)

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan komponen *bearing* bekas dari pesawat Cessna Grand Caravan 208B. Sebelum pengujian, *bearing* dipotong dan dibagi di tiap-tiap komponennya (*inner ring*, *roll bearing* dan penyangga). Kemudian specimen diberikan resin lalu dibentuk setelah itu dihaluskan dengan amplas, diberi authosol, digosok hingga mengkilap, dan specimen dicuci menggunakan aquades dan dietsa.



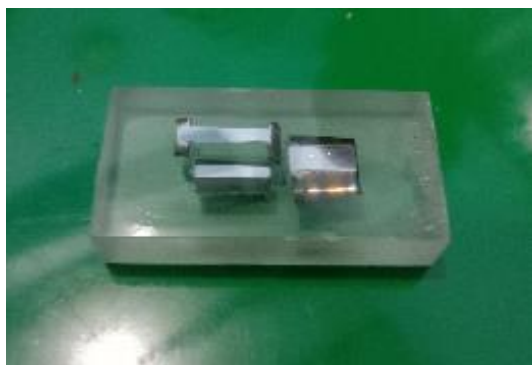
Gambar 4. *Inner ring* setelah dipotong



Gambar 5. *Roll bearing* setelah dipotong



Gambar 6. Penyangga yang telah dipotong



Gambar 7. Specimen pengujian yang telah diresin

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kekerasan dan pengujian keausan. Pengujian kekerasan menggunakan alat *Universal Hardness Tester* dengan metode *vickers* berdasarkan ASTM E92 tentang *Vickers Hardness of Metallic Materials* [16][19-25]. Pada pengujian ini menggunakan pembebanan indentor 40 kgf dengan waktu pembebanan selama 10 detik, dilakukan 3 titik yang berbeda di tiap specimen.



Gambar 8. *Microhardness tester FM-800*

Pengujian keausan menggunakan alat *Universal Wear (Riken-Ogoshi)* dengan metode *ogoshi* berdasarkan berdasarkan ASTM G99 tentang *Wear Testing with a Pin on Disk* [17]. Pengujian keausan dilakukan dengan alat *Universal Wear (Riken-Ogoshi)* yang menggunakan jari-jari *disc* (piringan) pengaus (r) sepanjang 13,6 mm dan tebal *disc* pengaus (B) dengan ketebalan 3,45 mm. Beban pengujian yang digunakan pada proses keausan sebesar 6,36 kg serta jarak pengausan sepanjang 15 meter, yang berputar dengan kecepatan 1430 rpm dan dilakukan pengambilan sampel uji di tiga titik yang berbeda di setiap specimen.



Gambar 9. Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Mechne (Type OAT-U).

Waktu penelitian dilaksanakan 1 bulan untuk mendapatkan hasil data pengujian. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, sebagai tempat pengujian kekerasan *Vickers* dan keausan.

Hasil dan Pembahasan

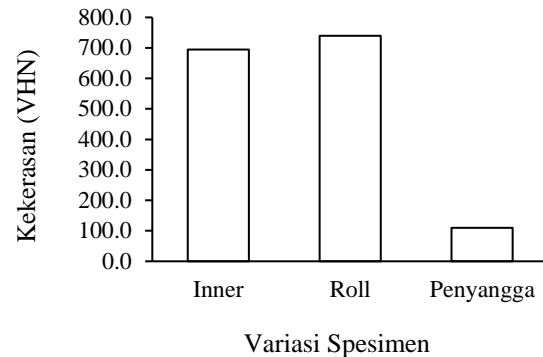
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *vickers* yang dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, didapatkan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan *vickers*

Variasi Spesimen	Titik Uji	Diagonal		Kekerasan	Kekerasan
		D1	D2	(VHN)	Rata-rata (VHN)
Inner	1	0,32	0,33	702,1	695,1
	2	0,32	0,34	681,0	
	3	0,31	0,34	702,1	
Roll	1	0,32	0,32	724,2	739,7
	2	0,31	0,32	747,4	
	3	0,31	0,32	747,4	
Penyangga	1	0,89	0,90	92,6	110,2
	2	0,80	0,82	113,0	
	3	0,76	0,78	125,1	

Pada tabel 1. terlihat bahwa tiap komponen bearing memiliki nilai kekerasan yang berbeda. Tingkat kekerasan dipengaruhi oleh komposisi dari tiap komponen material yang digunakan. Semakin tinggi karbon yang digunakan pada material tersebut, semakin tinggi juga nilai kekerasannya. Hasil rata-rata nilai kekerasan pada *inner* yaitu sebesar 695,1

VHN, hasil rata-rata nilai kekerasan pada *roll* yaitu sebesar 739,7 VHN, dan hasil rata-rata nilai kekerasan pada penyangga yaitu sebesar 110,2 VHN.



Gambar 10. Diagram hasil pengujian kekerasan *vickers*

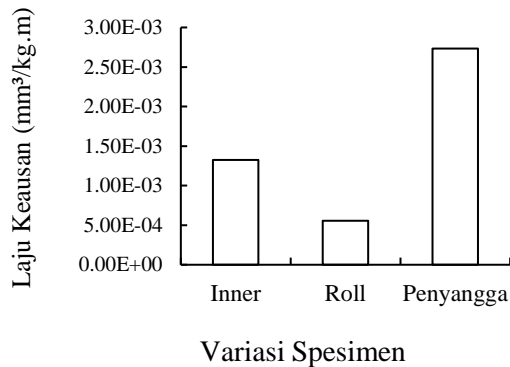
Pada gambar 10. terlihat bahwa nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada *roll*, karena merupakan material yang menerima beban dan juga gesekan antara *inner* dan *outer* pada *bearing*, *roll bearing* ini yang tergolong dalam baja karbon tinggi. Komposisi karbon dari baja karbon tinggi yaitu 0,6% C sampai dengan 1,4% C yang memiliki sifat tahan panas, keras, tahan terhadap tarikan namun memiliki tingkat ulet yang rendah sehingga menjadi getas [18]. Berdasarkan hasil pengujian keausan yang dilakukan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian keausan

Variasi Spesimen	Titik Uji	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
Inner	1	1,50	0,07135	0,00112	0,00133
	2	1,65	0,09496	0,00149	
	3	1,60	0,08659	0,00136	
Roll	1	1,10	0,02814	0,00044	0,00056
	2	1,25	0,04129	0,00065	
	3	1,20	0,03653	0,00057	
Penyangga	1	2,10	0,19577	0,00308	0,00273
	2	1,95	0,15675	0,00246	
	3	2,00	0,16912	0,00266	

Pada pengujian keausan yang dilakukan dapat dilihat bahwa tiap komponen dari *bearing* tersebut memiliki nilai keausan yang berbeda-beda. Semakin besar beban pengujian maka semakin kecil

nilai keausan [14]. Nilai keausan dipengaruhi oleh kekerasan dari material tersebut, semakin keras material tersebut maka nilai keausan yang dihasilkan semakin rendah. Hasil rata-rata nilai keausan pada *inner* yaitu sebesar 0,00133 mm³/kg.m, hasil rata-rata nilai keausan pada *roll* yaitu sebesar 0,00056 mm³/kg.m., dan hasil rata-rata nilai keausan pada penyangga yaitu sebesar 0,00273 mm³/kg.m.



Gambar 11. Diagram hasil pengujian keausan

Dari hasil data tersebut didapatkan bahwa semakin tinggi nilai keausan maka semakin cepat keausan yang terjadi pada material tersebut. Sehingga nilai keausan yang paling tinggi terdapat pada penyangga yaitu sebesar 0,00273 mm³/kg.m yang merupakan material specimen yang cepat mengalami keausan. Dan nilai keausan yang paling rendah terdapat pada *roll* yaitu sebesar 0,00056 mm³/kg.m yang merupakan material specimen yang tahan keausan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa pengujian kekerasan *vickers* pada komponen *bearing* (*inner*, *roll* dan penyangga) mendapatkan hasil nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada *roll* dengan nilai 739,7 VHN, karena merupakan material yang menerima beban dan juga gesekan antara *inner* dan *outer* pada *bearing*, *roll bearing* ini yang tergolong dalam baja karbon tinggi, sedangkan nilai kekerasan paling rendah terdapat pada penyangga dengan nilai 110,2 VHN.

Hasil pengujian keausan yang didapatkan dari komponen *bearing* (*inner*, *roll* dan penyangga) mendapatkan hasil keausan tertinggi terdapat pada bagian penyangga yaitu sebesar 0,00273 mm³/kg.m sehingga material penyangga merupakan material yang cepat mengalami keausan. Keausan tertinggi kedua terdapat pada bagian *inner* yaitu sebesar 0,00133 mm³/kg.m, dan yang nilai keausan yang paling rendah atau material yang tahann terhadap keausan terdapat pada bagian *roll* yaitu sebesar 0,00056 mm³/kg.m, sehingga semakin tinggi nilai keausan maka semakin cepat keausan yang terjadi pada material dan keausan juga di pengaruhi oleh tingkat kekerasan dari material yang digunakan.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan penelitian dengan dilakukan perlakuan panas (*heat treatment*) dengan metode *quenching*, *normalizing*, *annealing*, *case hardening* dan *tempering*, sehingga dapat mengetahui karakteristik yang terjadi setelah dilakukannya perlakuan panas (*heat treatment*).

Referensi

- [1] Paris, A. C., and Alaverdi, O., 2016. Aerodynamic Model Update Using Parameter Identification Supporting a Cessna Grand Caravan Engineering Simulation. In *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference* (p. 1666).
- [2] Sowiyyk, P. H., dan Bayuseno, A. P. 2016. Pengaruh Penambahan Unsur Timah (Sn) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Material *Bearing* Berbahan Dasar Aluminium (Al) Hasil Pengecoran Hpdc. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(3), 290-298.
- [3] Zuhdi, I. S., dkk., 2019. Rancangan *Pressure Bearing Lubrication Special Tools* Pada *Tapered Roller Bearing* Di Politeknik Penerbangan. In *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)* (Vol. 3, No. 2).
- [4] Tajudin, D., dan Hartopo, H., 2020. Analisis Terjadinya Kerusakan pada

- Wheel Bearing Pesawat Boeing 737–500 dan Cara Penanggulangannya. Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan, 4(2).*
- [5] Sutrisno, S., dkk., 2021. Analisa pengaruh temperatur pemanasan pada proses normalizing dan hardening quenching terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baut ST-60. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 10(2).*
- [6] Cahyadi, R., dkk., 2019. Analisis Laju Keausan Baja Suj2 Hasil Variasi Temperatur Tempering Untuk Aplikasi Ball Bearing. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 7(2), 79-86.*
- [7] Raharjo, A. C., dkk., 2018. Pengaruh Material *Single Row Deep Groove Ball Bearing* Terhadap *Rolling Resistance*. *J-Proteksion, 3(1), 17-22.*
- [8] Suroso, I. 2018. Effect structure micro of ion implantation to hardness in ball bearing type BSW 01. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2014, No. 1, p. 020099). AIP Publishing LLC.
- [9] Chlarasima, J., 2021. Analisis Sifat Tisis dan Mekanis Material *Cone Bearing* pada Pesawat *Cessna Grand Carravan 208 B*. (Doctoral dissertation, Sekolah Tinggi Teknologi Kedrigantaraan Yogyakarta).
- [10] Purnomo, D. J., dkk. 2019. Analisa Pengaruh *Holding Time Tempering* Terhadap Kekerasan, Keuletan, Ketangguhan dan Struktur Mikro Pada Baja ST 70. *Jurnal Teknik Perkapalan, 7(1).*
- [11] Subagiyo, S., 2017. Analisis Hasil Kekerasan Metode *Vickers* Dengan Variasi Gaya Pembebanan Pada Baja. *Majapahit Techno: Jurnal Ilmiah dan Teknologi, 6(2), 09-14.*
- [12] Jaelani, M. A., dkk. 2021. Analisa Penguatan Mata Pisau Mesin Pencacah Sampah Organik Dengan Proses Heat Treatment Bertingkat. *JURNAL CRANKSHAFT, 4(1), 93-102.*
- [13] Priyono, S., dkk. 2019. Analisa Keausan Pin-On-Disc Besi Cor dengan Kekasaran Permukaan Buatan dan Electroplating Hardchrome. *Jurnal Ilmiah MOMENTUM, 15(2).*
- [14] Syafa'at, I., dkk. 2021. Studi Eksperimen Keausan Pin Besi Cor Berpelumas Sae 90 Dengan Variasi Pembebanan Menggunakan Tribotester Pin-On-Disc. *Cendekia Eksakta, 5(2).*
- [15] Malau, V., and Wildan, M. W. 2015. Optimization of stir casting process parameters to minimize the specific wear of Al-SiC composites by Taguchi method. *International journal of engineering and technology, 7(1), 17-26.*
- [16] ASTM International., 2000. ASTM G99 Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus.
- [17] ASTM International., 1997. ASTM E92 Standard test methods for Vickers hardness of metallic materials. vol. 82, no. Reapproved, p. 10.
- [18] Majanasastra, R. B. S., 2013. Analisis Simulasi Uji Impak Baja Karbon Sedang (AISI 1045) dan Baja Karbon Tinggi (AISI D2) Hasil Perlakuan Panas. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 1(2), 61-66.*
- [19] Drihandono, S., & Budiyanto, E. (2017). Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7, 79%). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 5(1).*
- [20] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Firdaus, A. D. (2021). Pengaruh penambahan Silikon pada remelting piston motor bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 10(2).*
- [21] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Suseno, E. B. (2021). Experimental

- evaluation of mechanical properties of friction welded mild steel. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(1).
- [22] Wahyudi, T. C., & Budiyanto, E. (2021). Variasi temperatur pada proses squeeze casting berbahan magnesium semi solid terhadap hasil kekerasan. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(1), 19-26.
- [23] Indratmoko, A. L., Nugroho, E., Asroni, A., & Budiyanto, E. (2020). Pengaruh Holding Time dan media pendingin pada proses quenching terhadap kekerasan dan kekuatan Impact pegas daun sebagai alternatif pengganti pisau slicer penuai tebu. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 1(2), 82-95.
- [24] Wahyudi, T. C., Nugroho, E., Budiyanto, E., & Maktum, M. F. (2021). Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan dan Media Pendingin pada Proses Quenching terhadap Perubahan Kekerasan Sprocket Gear Sepeda Motor Non Original. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 6(1), 17-23.
- [25] Budiyanto, E. (2020). *Pengujian Material*. Laduny Alifatama.