

ANALISA PATAH HOUSING FLYWHEEL MESIN DIESEL DUMP TRUCK BERDASARKAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK MATERIAL

Yanuwar Ilpan Pramono¹, Radhian Krisnaputra¹✉, Lilik Dwi Setyana¹, I. Aris Hendaryanto¹

¹ Department of Mechanical Engineering, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉radhian_kp@gmail.com

Received 1 August 2023, Revised 24 August 2023, Accepted 10 January 2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan material pada *housing flywheel* mesin diesel yang digunakan dalam *dump truck* di sektor perusahaan seperti pertambangan, perkebunan, dan infrastruktur di Indonesia. Melalui pengujian mekanik yang meliputi pengamatan visual, pengujian tarik, *impact*, kekerasan, serta pengamatan mikrostruktur dan analisis komposisi kimia, penelitian ini menemukan bahwa material *housing flywheel* memiliki sifat getas. Hasil pengujian menunjukkan kuat tarik tertinggi sebesar 23,021 MPa, nilai rata-rata *impact* sebesar 0,0417 J/mm², dan nilai kekerasan rata-rata sebesar 106,708 VHN. Struktur mikro material *housing flywheel* didominasi oleh unsur paduan Al-Si, yang membuat material tersebut cenderung getas. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan retakan pada *housing flywheel* antara lain lingkungan kerja, sifat material, kurangnya perawatan, dan kesalahan pengoperasian.

Kata Kunci: Al-Si, *dump truck*, *housing flywheel*, sifat mekanik, struktur mikro

1. PENDAHULUAN

Housing flywheel adalah komponen mesin diesel yang berfungsi untuk melindungi sistem kopling dan *flywheel* pada mesin diesel serta menjadi penopang mesin diesel pada *chasis*. Kondisi kerja yang melibatkan lumpur, batuan, pasir, dan tanah keras dapat menyebabkan guncangan dan hentakan pada mesin diesel, yang berpotensi merusak komponen mesin tersebut. *Housing flywheel* menjadi salah satu komponen penting dalam penopang mesin diesel di dalam *chasis*, sehingga perusahaan harus mengeluarkan biaya yang tinggi untuk memperbaiki kerusakan pada komponen ini. Untuk menganalisis kekuatan mekanik material pada komponen mesin diesel yang rusak, diperlukan penelitian yang melibatkan sifat mekanik material tersebut. Sifat mekanik material akan mempengaruhi ketangguhan material saat bekerja, dan setiap sifat mekanik material memiliki keuntungan dan kerugian sesuai dengan fungsinya.

<https://jurnal.ugm.ac.id/v3/jtrab/index>

DOI: xxxxxxxxxx



Copyright: © 2024 by the authors.

Saat ini penggunaan aluminium sangat tinggi di berbagai macam produk industri maupun sarana transportasi, dikarenakan material aluminium memiliki beberapa keunggulan diantaranya harga murah, massa ringan serta penghantar panas dan listrik yang baik [1]. Dalam penggunaannya, aluminium memiliki beberapa unsur paduan antara lain unsur mangan, nikel, zinc, silikon, magnesium dan lain-lain. Unsur-unsur paduan dalam aluminium tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan, salah satunya paduan aluminium silikon. Kelebihan paduan Al-Si adalah mampu meradiasikan panas yang lebih efisien, tahan korosi, abrasi dan kekuatan mekanik tinggi, tetapi memiliki koefisien muai yang rendah [2]. Paduan eutektik dalam Al-Si sekitar 2% disebut silumin yang memiliki sifat mampu cor yang baik sehingga dapat dipakai untuk bagian-bagian mesin, akan tetapi paduan yang memiliki sifat mampu cor yang baik sifat mekaniknya buruk dikarenakan butir-butir Si yang besar. Sifat mekanik pada paduan aluminium silikon tersebut dapat diperbaiki dengan menambahkan unsur magnesium, tembaga atau mangan dan selanjutnya diberi perlakuan panas [3].

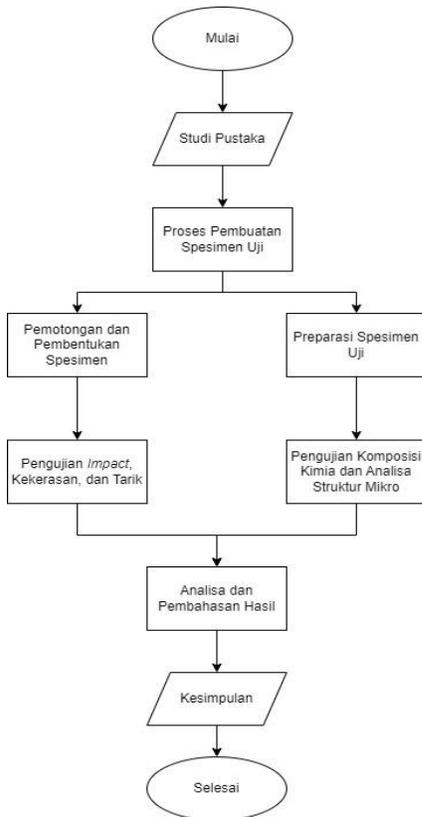
Sifat mekanik material, merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berpagaya, torsi atau gabungan keduanya. Dalam prakteknya pembebanan pada material terbagi dua yaitu beban statik dan beban dinamik. Perbedaan antar keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban statik tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut [1].

Penelitian ini termotivasi menganalisis kegagalan material *housing flywheel* pada mesin diesel *dump truck* karena akan mempengaruhi produktifitas dari setiap unit *dump truck*. Dengan analisa sifat mekanik dari material *housing flywheel*

dapat digunakan sebagai acuan *improvement* untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan *housing flywheel*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah awal penelitian dimulai dengan melakukan preparasi terhadap spesimen uji. Preparasi dilakukan sesuai dengan standard ASTM. Langkah berikutnya yakni melakukan beberapa uji seperti uji kekerasan, uji tarik, ketahanan *impact*, dan analisa struktur mikro dan makro pada patahan spesimen. Hasil yang diperoleh dari pengujian selanjutnya diolah sehingga terbentuk grafik dan tabel yang mudah dianalisa, dilanjutkan dengan pembahasan, dan kesimpulan. Diagram alir penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

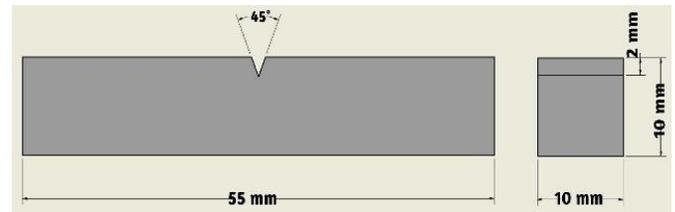
a) Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia yang terkandung dalam material. Dari kandungan utama dan unsur material paduan dari material nantinya dapat digunakan untuk mengetahui jenis material tersebut. Alat yang digunakan adalah Spektrometer. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Kimia CV. Karya Hidup Sentosa yang beralamat di Jl. Magelang No.144 Karangwaru Tegalrejo Kota Yogyakarta.

b) Pengujian *impact*

Pengujian *impact* dilakukan menggunakan *impact* tester di Laboratorium Bahan Teknik, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada

setiap spesimen uji. Spesimen uji dengan standard ASTM E23, dengan notch berbentuk “v” pada bagian tengah specimen seperti pada Gambar 2. Pengujian dilakukan dengan metode *charpy*.



Gambar 2. Spesimen uji *impact* (ASTM E23)

$$HI = \frac{E}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

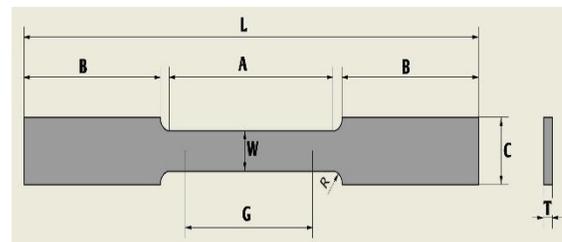
HI = Harga *Impact* (Joule/mm²)

E = Energi yang diserap (Joule)

A = Luas penampang (mm²)

c) Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* yang ada di Laboratorium Bahan Teknik, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada. Material uji dipreparasi sesuai standard ASTM E8 tipe plat dengan dimensi seperti pada Gambar 3 dengan data dimensi seperti pada Tabel 1. Pengujian tarik dilakukan tiga kali pada tiap spesimen uji.



Gambar 3. Spesimen uji tarik (ASTM E8)

Tegangan uji tarik

$$\sigma_u = \frac{F_{max}}{A_o} \quad (2)$$

Regangan uji tarik

$$\zeta = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan :

σ_u : Tegangan maksimal (MPa)

F_{max} : Gaya tarik *maksimum* (kN)

A_o : Luas penampang (mm²)

ζ : Regangan (%)

L_o : Panjang awal (mm)

ΔL : Panjang akhir – Panjang awal (mm)

Tabel 1. Dimensi spesimen uji tarik

Spesiment	Standart (mm)
G	25
W	6
T	Thickness
R	6
L	100
A	32
B	30
C	10

d) Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada *housing flywheel*. Kekerasan merupakan ketahanan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanan terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers*. Pengujian dilakukan menggunakan *Universal Hardness Tester*. Pengujian tekan dilakukan dengan metode *Vickers* dengan beban penekanan 30kgf. Metode *Vickers* menggunakan indenter berbentuk piramida intan, hasil pengukuran didapat dengan mengukur panjang diagonal jejak penekanan.

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{136}{2}\right)}{D^2} \quad (4)$$

Keterangan :

P = Nilai penekanan (kgf)

D = Diagonal rata-rata (mm)

e) Analisa struktur mikro

Struktur mikro logam merupakan penggabungan dari satu atau lebih struktur kristal [12]. Sehingga dilakukan pengujian struktur mikro yang bertujuan untuk mengetahui struktur apa saja yang terdapat pada bahan uji. Hasil analisis dari pengujian struktur mikro juga digunakan sebagai data pendukung untuk menganalisis kinerja dan karakteristik bahan yang diuji. Analisa struktur mikro di Laboratorium Bahan Teknik, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Pengujian struktur mikro dimulai dengan mempersiapkan spesimen, dan menghaluskan permukaan spesimen. Langkah selanjutnya adalah melakukan *polish* dengan pasta *abrasive autosol*, kemudian dilakukan proses *etching* dengan larutan NaOH 50%. Pengamaan struktur mikro dilakukan menggunakan *metallurgical microscope*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Pengujian komposisi kimia

Komponen terdiri dari unsur dasar Aluminium (Al) dan Silikon (Si) sebagai unsur paduan utamanya. Besarnya kandungan silikon dan kandungan unsur paduan lain sangat

mempengaruhi nilai kekerasan dan kekuatan tarik dari material. Oleh karena itu pengujian komposisi kimia dilakukan untuk menentukan jenis dan sifat material yang terkandung didalam material *housing flywheel*. Hasil dari pengujian komposisi kimia tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian komposisi kimia

Unsur	%
Si	10,51
Fe	0,756
Cu	1,810
Mn	0,151
Mg	0,251
Zn	1,002
Ti	0,064
Cr	0,027
Ni	0,048
Pb	0,029
Sn	0,01
Al	85,338

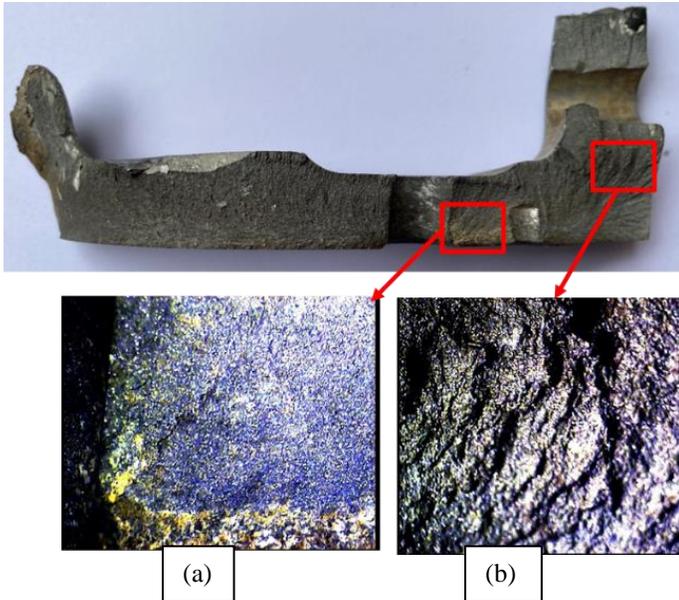
Hasil pengujian analisa komposisi kimia yang dilakukan di CV. Karya Hidup Santosa menunjukkan bahwa *housing flywheel* merupakan komponen dengan material dengan jenis aluminium silikon hipoeutektik. Pembekuan hipoeutektik terjadi secara tidak langsung melalui fase cair-padat. Struktur akhir senyawa ini adalah struktur kaya aluminium, karena fasa utamanya adalah fasa α -Al dengan tambahan struktur eutektik. Senyawa eutektik adalah daerah dimana paduan Al-Si dapat membeku langsung dari fase cair ke fase padat. Proses pembekuannya sama dengan pembekuan logam murni, dimana suhu awal dan suhu leleh akhir sama. Karena struktur eutektiknya, paduan aluminium-silikon memiliki keuletan yang baik. Berdasarkan ANSI H35.01 (*American National Standard Institute housing flywheel*) dapat diklasifikasikan kedalam jenis aluminium silikon 4xx.x dengan kandungan utama Si 10,51% dan unsur lain sebagai pendukung.

2) Pengamatan Visual

Pengamatan visual adalah menemukan titik awal patahan (*crack initiation*), arah perambatan retak (*crack propagation*), dan daerah akhir patahan (*final fracture*). Pengamatan visual bertujuan untuk mengetahui bentuk dan arah perambatan patahan pada permukaan *housing flywheel*. Selain itu, jenis beban yang diterima oleh *housing flywheel* juga dapat diketahui berdasarkan permukaan patahan.

Berdasarkan pengamatan visual dari pola patahan yang terjadi bermula dari daerah lubang baut *engine mounting*. Pada daerah tersebut memiliki permukaan yang halus dan bisa dikatakan sebagai titik awal patahan (*crack initiation*) Gambar 4.(a). Dari awal terjadinya retakan menjalar ke daerah luar dan terkena beban *impact* sehingga terdapat pola *chevron* pada ujung patahan. Permukaan patahan menunjukkan dua bagian yang berbeda, yaitu bagian perambatan retakan leleh dan *final fracture*

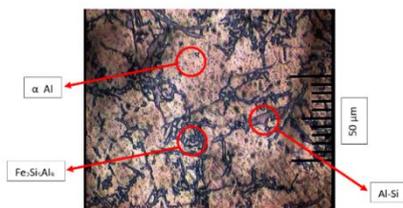
Gambar 4. (b). Retakan leleh biasanya muncul dan kemudian menyebar ke daerah yang terkena konsentrasi tegangan, yang disebabkan oleh *stress raiser*. *Stress raiser* biasanya muncul pada bagian takik dan lubang [4].



Gambar 4. Foto Makro Patahan *Housing Flywheel*, (a) *crack initiation*, (b) *final fracture*

3) Analisa struktur mikro

Hasil analisis dari pengujian struktur mikro juga digunakan sebagai data pendukung untuk menganalisis kinerja dan karakteristik bahan yang diuji. Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa struktur mikro silikon berbentuk jarum. Alasan mengapa struktur ini dapat terbentuk adalah karena unsur besi (Fe) ditambahkan ke paduan untuk membentuk fasa β -fase Fe-Si-Al. Besi ditambahkan untuk mengurangi kelengketan coran pada cetakan [5]. Penambahan unsur silikon pada paduan aluminium memberikan sifat keras dan getas. Hal ini disebabkan oleh dispersi kristal halus dan homogen dari unsur silikon, yang meningkat karena persentase silikon yang lebih tinggi dalam paduan aluminium [6].



Gambar 5. Hasil foto mikro

4). Pengujian *impact*

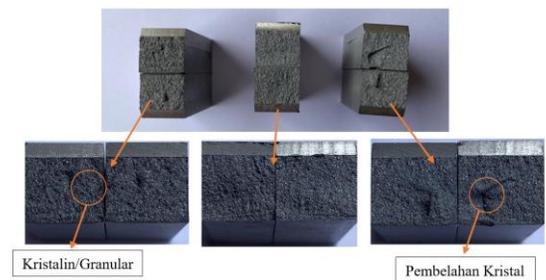
Prinsip uji *impact* ini adalah menghitung energi yang dihasilkan oleh beban yang bekerja pada beban (pendulum) dan menghitung energi potensial *maksimum* ketika dinaikkan ke ketinggian tertentu, kemudian ketika mengenai benda uji, energi

kinetik mencapai *maksimum*. Titik sampel sebagian menyerap energi kinetik *maksimum* sampai sampel rusak [7]. Tabel 3 menunjukan energi yang terserap adalah 3 sampai 4 joule adalah energi yang diperlukan untuk memecahkan sampel. Nilai harga *impact* rata-rata pada spesimen uji adalah energi yang diserap per satuan luas penampang spesimen uji yakni 0, 0417 Joule/ mm^2 .

Tabel 3. Hasil pengujian *impact*

Parameter	Satua n	Spesimen		
		1	2	3
Sudut Awal (α)	$^{\circ}$	151	151	151
Energi Awal	Joule	300	300	300
Sudut Simpangan (β)	$^{\circ}$	146	146	146
Energi yang diserap	Joule	4	3	3
Luas Patahan	mm^2	80	80	80
Harga <i>Impact</i>	Joule/ mm^2	0,05	0,0375	0,0375

Gambar 6 menunjukkan hasil foto makro dari patahan spesimen uji *impact* yang menghasilkan patahan yang rata (datar) dan cenderung mengkilat. Jenis patahan ini merupakan jenis patahan granular/ kristalin yaitu adanya mekanisme pembelahan kristal-kristal yang rapuh. Berdasarkan karakteristiknya maka tipe patahan tersebut adalah patah getas. Dalam berbagai kristal rapuh, perambatan retak disebabkan oleh pemutusan ikatan berulang sepanjang bidang yang berbeda dari struktur kristalografi. Rekahan jenis ini disebut rekahan transgranular atau transkristalin karena rekahannya melewati butiran [8].



Gambar 6. Bentuk patahan uji *impact*

4) Pengujian tarik

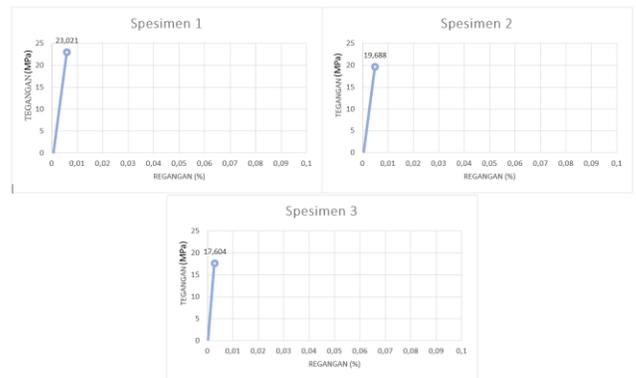
Beban pada pengujian tarik dimulai dari nol dan berakhir pada tegangan patah tarik (*ultimate strenght*) [11]. Data hasil pengujian tarik dapat dijadikan acuan dalam menentukan parameter kekuatan dan sifat material yang lain. Hasil dari pengujian tiga spesimen *housing flywheel* di sajikan dalam bentuk tabel dan grafik tegangan-regangan. Tabel 4 merupakan tabel berisi data sebelum dan sesudah dilakukan pengujian tarik yang menunjukkan pertambahan panjang rata-rata spesimen uji

0,467 mm, dan regangan rata-rata adalah 0,0047%. Kekuatan tarik maksimum yang dapat diterima oleh tiga spesimen *housing flywheel* adalah 20,104 MPa.

Tabel 4. Hasil pengujian tarik

Parameter	Satuan	Spesimen		
		1	2	3
Panjang Uji Awal (Lo)	mm	32	32	32
Lebar Awal (Wo)	mm	6	6	6
Tebal Awal (To)	mm	3,2	3,3	3,3
Gaya Tarik Maksimum (F Max)	kN	4,42	3,78	3,38
Panjang Setelah diuji (Li)	mm	32,6	32,5	32,3
Pertambahan Panjang (ΔL)	mm	0,6	0,5	0,3
Lebar Patahan (Wi)	mm	6	6	6
Tebal Patahan (Ti)	mm	3,2	3,3	3,3
Regangan (ϵ)	%	0,006	0,005	0,003
Tegangan (σ_u)	MPa	23,02	19,688	17,604

Berdasarkan diagram kurva pada Gambar 7, tegangan-regangan *housing flywheel* terbuat dari material yang bersifat getas dan keras. Hal ini dapat disimpulkan karena material *housing flywheel* tidak mengalami deformasi plastis yang salah satu karakteristik dari material yang bersifat getas ketika diterapkan beban tarik. Hasil patahan spesimen 1 sampai 3 akibat pengujian tarik tidak terbentuk necking yang mengurangi luas daerah penampang. Hal ini menunjukkan salah satu karakteristik material getas apabila diterapkan beban tarik [9].



Gambar 7. Diagram tegangan-regangan

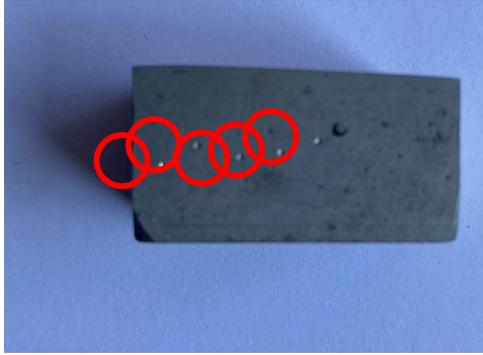
5) Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* menggunakan indenter piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling beradapan adalah 136 derajat. beban digunakan dalam pengujian ini yaitu 30 kgf, hasil uji kekerasan metode *Vickers* disajikan dalam bentuk data pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian kekerasan

Titik Pengujian	Beban (kgf)	Diagonal Jejak		Nilai Kekerasan (VHN)
		D1	D2	
1	30	0,7	0,75	105,8169
2	30	0,75	0,7	105,8169
3	30	0,75	0,68	108,7975
4	30	0,69	0,75	107,2917
5	30	0,7	0,75	105,8169

Pengujian kekerasan dilakukan dengan variasi 5 titik dari tengah sampai ke tepi material uji yang berbentuk persegi panjang seperti pada Gambar 8. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan rata-rata dari 5 titik pengujian adalah 106,708 VHN hasil tersebut menunjukkan bahwa material bersifat keras. Semakin kecil jejak indenter, maka nilai kekerasan akan semakin tinggi. Dengan nilai kekerasan yang tinggi maka, sifat material akan getas karena tidak terjadi deformasi plasitis yang signifikan [9]. Penambahan unsur silikon pada aluminium meningkatkan nilai kekerasan material [10].



Gambar 8. Spesimen uji kekerasan

4. KESIMPULAN

Material uji *housing flywheel* merupakan aluminium tipe ANSI 4xx.x (*Aluminium Silicone*) dengan unsur paduan utama Silikon (Si) sebesar 10,51% dan unsur paduan lain yang dominan Fe, Cu, dan Zn. *Housing flywheel* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai kekerasan 106,708 VHN (*Vickers Hardness Number*) dengan kekuatan tarik rata-rata 20,104 MPa, kekuatan *impact* 0,0417 J/mm². Struktur mikro material *housing flywheel* menunjukkan dominasi unsur silikon yang menyebabkan material memiliki sifat yang getas dan keras. Retakan awal terjadi pada lubang baut *engine mounting* yang mengakibatkan retakan menjalar dan mengakibatkan *housing flywheel* patah. Patahnya *housing flywheel* disebabkan beban *impact* yang berulang dari gerakan akselerasi mesin diesel. Terjadinya patah kemungkinan terjadi karena *engine mounting* yang tidak dapat meredam getaran mesin atau terjadinya retakan saat proses *machining* dalam pembuatan lubang baut pada *housing flywheel*. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan modifikasi *part* dan *improvement* untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada *housing flywheel*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan jurnal ini, terutama kepada kedua orang tua, Departemen Teknik Mesin SV UGM dan teman-teman penulis. Terimakasih atas segala bantuan, waktu dan energi yang telah diberikan kepada penulis dalam membuat jurnal ini. Ucapan terima kasih biasanya disampaikan kepada pemberi dana penelitian dan pihak – pihak yang berkontribusi signifikan selama kegiatan penelitian dilakukan.

REFERENSI

- [1] Callister, J.R., William, D., 2003, *Material Science and Engineering : An Introduction 7th Edition* ., John Wiley and Son.
- [2] Farshal, dkk., 2022, Analisis Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Kekuatan Impak Dan Konduktivitas Termal pada

- Paduan AlSi Dengan Metode Stir Casting ,*Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Vol. 17 No. 2 Hal. 97-101
- [3] Z Surdia, T., Chijiwa, K., 1991, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan ke-6, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- [4] Dieter, George E, dan Djaprie, Sriati., 1996, *Metalurgi Mekanik Jilid 1.*, Jakarta : Erlangga
- [5] ASTM, 2009, D6951/D6951M: Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications. West Conshohocken: ASTM International.
- [6] ASM International, 2004, All Rights Reserved *Aluminum-Silicon Casting Alloys: Atlas Microfractographs*
- [7] Janoko, B., Triyono, Budiyana, E.P., 2014, *Analisa Kegagalan Pegas Ulir Pada Bogie Type NT 11 Untuk Gerbong Kereta Ekonomi*, *Mekanika* vol.12 no.2
- [8] Hadi, S., 2016, *Teknologi Bahan*. Perpustakaan Nasional, 1, 56, 72–73.
- [9] Callister, W dan Rethwisch, D., 2010, *Material Science and Engineering An Introduction Eighth Edition*. John Wiley & Sons, Inc
- [10] Septiadi, Andi., dkk., 2016, *Analisa Pengaruh Variasi Media Quenching dan Penambahan Silikon Pada Paduan Al-Si Remelting Velg Sepeda Motor Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis*, *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Vol. 11 No. 2 66-7066
- [11] Heni Hendaryati, M. Mamungkas, Iis Siti Aisyah, and Muhammad Hasbi Rusmana, “The effect of variations in thickness of 2024 T42 aluminum plate on tensile strength and macrography in the process of resistance spot welding,” *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 96–107, 2022.
- [12] M. N. Nasution, “Analisis Ekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 2, p. 165, 2020.