

**“PENGARUH PENAMBAHAN KARBON DALAM PROSES *HEAT TREATMENT*
AL-SI PADA TEMPERATUR 400 ° C TERHADAP DENSITAS, STRUKTUR
MIKRO DAN TINGKAT KEKERASAN”**

**Jalu Akhir Jananta, Masyrukan
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Abstrak

Untuk meningkatkan nilai kekerasan suatu material, salah satu cara yang bisa dilakukan yaitu dengan melakukan proses perlakuan panas terhadap material tersebut. Mengetahui pengaruh dari proses perlakuan panas terhadap tingkat kekerasan, struktur mikro, dan densitas adalah tujuan dari penelitian ini. Media pengkarbonan material Al-Si pada penelitian ini menggunakan Arang tempurung kelapa dengan ukuran mesh 80 (177 μm), dan temperatur diatur pada suhu 400⁰ C dengan waktu tahan proses perlakuan panas selama 75 menit. Hasil pengujian Komposisi Kimia menunjukkan hasil kadar raw material mengandung Si 13.14%, lalu turun setelah dicor yaitu 13.08%, kemudian turun agak signifikan setelah proses perlakuan panas pada angka 12.65%. Dari hasil tersebut, spesimen ini termasuk paduan Al-Si hypereutectic. Pengujian Densitas menunjukkan hasil Nilai raw material tertinggi pada angka 2.80 gr/cm³. Lalu turun setelah dicor yaitu di angka 2.588 gr/cm³ kemudian naik setelah dilakukan proses heat treatment yaitu 2.590 gr/cm³. Pengujian Struktur Mikro mendapatkan hasil daerah yang berwarna terang merupakan unsur Al, sementara daerah berwarna gelap yaitu unsur Si. Hasil foto Mikro Raw material dan Setelah di Cor tidak terjadi banyak perubahan, sedangkan hasil foto mikro setelah mengalami proses Carburizing terdapat rongga porositas yang terbentuk karena pada saat pengecoran temperatur tuang yang tinggi dan tebal cetakan yang menyebabkan proses pembekuan jadi lambat. yaitu didapat angka dengan rata-rata kekerasannya adalah 132,89 VHN. Dan nilai kekerasan terendah adalah nilai kekerasan spesimen setelah dicor, yaitu dengan rata-rata kekerasannya adalah 76,32 VHN. Lalu untuk tingkat kekerasan raw material, berbanding tipis dengan nilai kekerasan setelah proses carburizing, yaitu dengan rata-rata kekerasannya adalah 121,1VHN.

Kata Kunci: *Carburizing*, Struktur Mikro, Kekerasan

Abstract

To increase the value of the hardness of a material, one way that can be done is by conducting a heat treatment process on the material. Knowing the effect of the heat treatment process on the level of hardness, microstructure, and density is the aim of this study. The carbonizing media for Al-Si material in this study used coconut shell charcoal with a mesh size of 80 (177 m), and the temperature was set at 400⁰ C with a heat treatment holding time of 75 minutes. The results of the Chemical Composition test showed that the raw material content contained 13.14% Si, then decreased after being cast to 13.08%, then decreased somewhat significantly after the heat treatment process at 12.65%. From these results, this specimen belongs to the hypereutectic Al-Si alloy. Density testing shows the highest raw material value at 2.80 gr/cm³. Then it goes down after being cast, which is 2,588 gr/cm³ then it goes up after the heat treatment process is 2,590 gr/cm³. Microstructure testing found that the light colored areas were Al elements, while the dark colored areas were Si elements. The results of the Micro Raw material and After Casting did not change much, while the micro photos after undergoing the Carburizing process contained a porosity cavity formed due to the high casting temperature and thick mold which caused the freezing process to be slow. that is, obtained a number with an average hardness of 132.89 VHN. And the lowest hardness value is the hardness value of the specimen after casting, with an average hardness of 76.32

VHN. Then for the level of raw material hardness, it is slightly proportional to the hardness value after the carburizing process, namely the average hardness is 121.1VHN.

Keywords : Carburizing, Microstructure, Hardness

1. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam *non-ferrous* yang dipergunakan oleh industri komponen yang dijumpai dalam bidang teknik. Aluminium *alloy* merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai bahan industri dalam dunia otomotif. Salah satu jenis aluminium *Alloy* yang sering digunakan dalam dunia otomotif adalah jenis AC8A. Salah satu kegunaan material ini adalah untuk membuat salah satu komponen yang sangat vital dari sebuah *engine* yaitu piston. Untuk memperkuat struktur mikro dan merekayasa sifat mekanik dari material ini, maka salah satu hal yang dapat dilakukan adalah melalui proses *heat treatment*.

Pada paduan aluminium membutuhkan beberapa proses untuk meningkatkan kekuatan material, salah satu cara yang dapat ditempuh untuk meningkatkan kekuatan pada suatu logam yaitu melalui proses panas (*heat treatment*). Selain itu, peneliti juga ingin mencoba mengaplikasikan proses *carburizing*, proses *artificial aging* untuk mengetahui perubahan nilai kekerasan, struktur mikro, dan densitas pada spesimen coran piston daur ulang.

Oleh karena itu, perlu kirannya untuk mengadakan penelitian terhadap aluminium hasil dari metode *sand casting* dengan penambahan proses *carburizing* sebelum proses *artificial aging*. Sehingga hasil dari penelitian tersebut dapat digunakan oleh industri sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode pengecoran serta dalam tujuan meningkatkan nilai ekonomis dari produk.

Pengecoran logam merupakan salah satu dalam pembuatan suatu produk. Metode dalam pengecoran logam berkembang menjadi berbagai macam jenis seiring berjalannya waktu. Metode pengecoran logam cetakan tetap dan tidak tetap. Metode pengecoran logam cetakan tetap diantaranya metode *high pressure die casting*, *low pressure die casting*, *squeeze casting*, *centrifugal casting* dan *gravity die casting*, sedangkan metode pengecoran cetakan tidak tetap diantaranya adalah *sand casting*, *investment casting* dan *lost foam casting*.

Metode pengecoran pasir (*Sand casting*) merupakan salah satu metode pengecoran tertua. Terdiri dari menempatkan pola pada pasir untuk membuat cetakan, lalu membuat rongga udara untuk pembuangan sisa cairan logam (*gating system*) dan

mengisi rongga yang dihasilkan dengan logam cair lalu membiarkan cairan logam mendingin sampai mengeras, dan melepaskan cetakan pasir dan melepas hasil pengecoran. Keuntungan terbesar dari *sand casting* adalah hampir semua logam dapat dituangkan dalam cetakan pasir dan hampir tidak ada batasan ukuran, bentuk, atau berat bagian. Diantara batasan dalam metode *sand casting* adalah kebutuhan *machining* untuk proses *finishing* pada hasil coran, terutama coran besar yang memiliki permukaan kasar. (S. Sulaiman, A.M.S Hamouda, 2021).

Proses *heat treatment* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada *electric furnace* (tungku) pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Hasil yang didapat setelah melakukan proses *heat treatment* adalah kekuatan material yang meningkat sesuai dengan kebutuhan yang kita inginkan. Hal ini dapat dilihat dari pengecekan yang dilakukan sebelum dan sesudah proses *heat treatment*. (Saliro Wibowo & Nurato, 2018)

Carburizing atau pengarbonan bertujuan memberikan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding inti bagian benda kerja, sehingga kekerasan bagian permukaan dan lebih meningkat. Proses karbonisasi dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu temperatur, waktu atau lamanya perlakuan serta media karbon yang digunakan. (Nasution & Halila Nasution, 2020). Salah satu cara penambahan karbon pada umumnya dengan arang kayu, akan tetapi dapat juga diganti dengan arang lain yaitu arang dari tempurung kelapa.

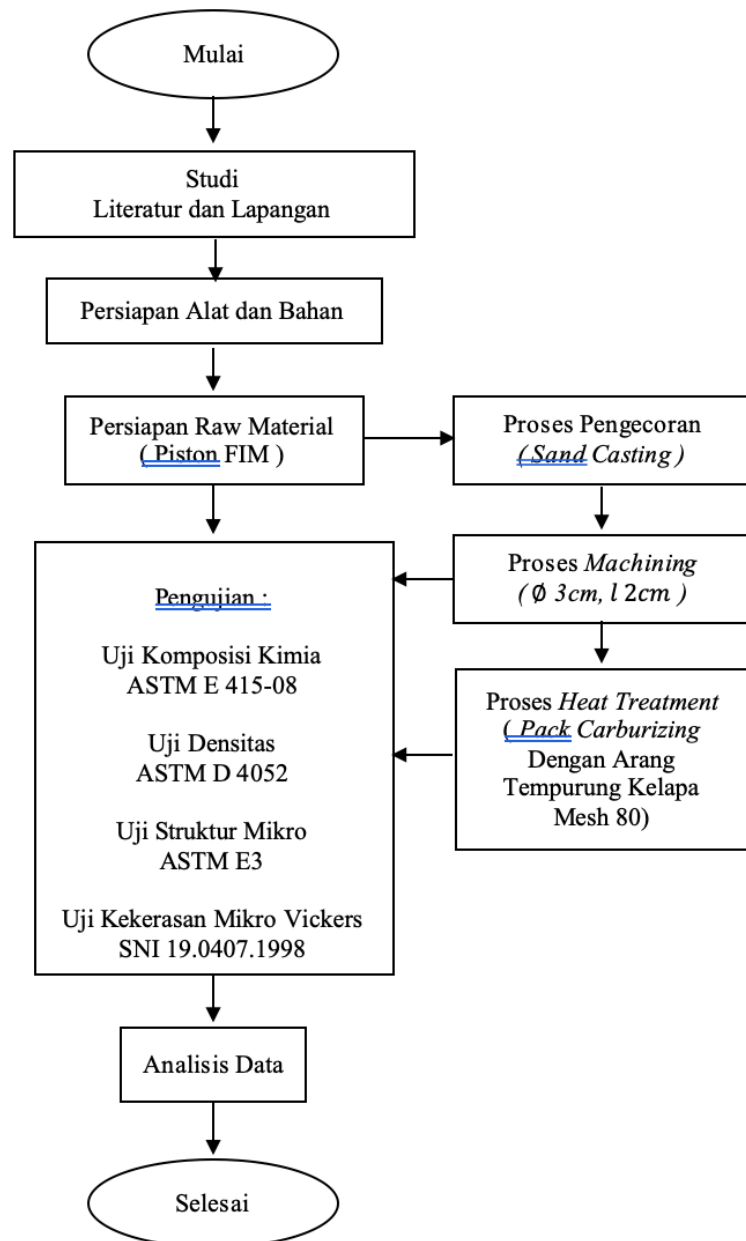
2. METODE

Penelitian dilakukan dengan mengikuti alur penelitian yang telah direncanakan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Logam Ceper, Politeknik Manufaktur Ceper pada bulan September 2021 dan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada pada bulan September - November 2021.

Proses persiapan alat dilakukan mulai dengan menyiapkan peralatan peleburan dan peralatan *machining*. Kemudian mempersiapkan bahan yang diperlukan dimulai dengan membersihkan bahan baku pembuatan yaitu piston f1m untuk mengurangi kotoran yang ikut terbawa selama proses peleburan dan menyiapkan arang tempurung kelapa dengan cara melakukan pengayakan menggunakan mesh berukuran 100.

Setelah proses pengecoran selesai, proses berikutnya adalah proses *machining* yang dimulai dengan membubut bagian luar spesimen agar sesuai dengan ketebalan yang sudah disepakati yaitu 30 mm, kemudian dilanjutkan dengan memotong spesimen dengan Panjang

20 mm menggunakan gergaji besi dan dirapikan Kembali menggunakan mesin bubut. Setelah spesimen berukuran seperti yang diinginkan proses selanjutnya yaitu mengamplas permukaan spesimen hingga halus dan siap untuk dilakukan proses selanjutnya.



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

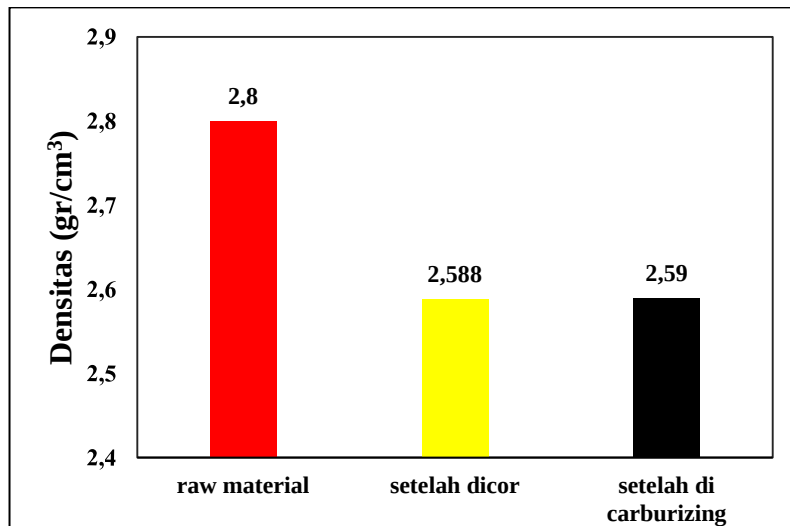
Tujuan pengujian komposisi kimia yaitu untuk mengetahui perbandingan jumlah kandungan unsur paduan yang ada di dalam spesimen. Data dari hasil pengujian komposisi kimia standard ASTM E 415- 08 *raw material*, setelah dicor, dan setelah *heat treatment* adalah sebagai berikut

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia ASTM E 415- 08

No	Unsur Kimia	Kandungan Unsur Sampel Uji (%)		
		<i>Raw Material</i>	Setelah Dicor	Setelah <i>Heat Treatment</i>
1.	Si	13.14	13.08	12.65
2.	Fe	0.389	0.663	0.111
3.	Cu	1.438	1.296	0.984
4.	Mn	0.016	0.113	0.048
5.	Mg	1.149	1.156	0.966
6.	Cr	0.023	0.026	0.015
7.	Ni	1.195	1.276	1.160
8.	Zn	0.021	0.111	0.037
9.	Ti	0.028	0.041	0.041
10.	Pb	<0.0050	0.0051	<0.0050
11.	Sn	0.0052	0.0058	0.0061
12.	V	0.015	0.012	0.014
13.	Sr	<0.0020	<0.0020	<0.0020
14.	Zr	0.0077	0.0082	0.0054
15.	Cd	<0.0050	<0.0050	<0.0050
16.	Co	0.0090	<0.0030	<0.0030
17.	B	<0.0010	<0.0010	0.0014
18.	Ag	<0.0010	<0.0010	<0.0010
19.	Bi	<0.0060	<0.0060	0.013
20.	Ca	0.0020	0.0033	0.0023
21.	Li	<0.300	<0.300	<0.300
22.	Al	82.56	82.20	83.94

Dari hasil data yang sudah didapat, menunjukkan hasil bahwa kandungan unsur Si turun dari *raw material* yang memiliki kadar Si 13.14%, lalu turun setelah dicor yaitu 13.08%, kemudian turun agak signifikan setelah proses perlakuan panas pada angka 12.65%. Berdasarkan besar kandungan Si tersebut, spesimen ini termasuk dalam paduan Al-Si *hypereutectic*.

Pada penelitian ini, pengujian Densitas standard ASTM D 4052 dengan teori *Archimedes* digunakan dalam pengukuran Densitas. Densitas yang dihitung meliputi *raw material*, spesimen setelah dicor, dan spesimen setelah *Carburizing*.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Densitas

Sebelum dilebur, piston diukur densitasnya. Dari Grafik 4.1 dapat dilihat bahwa densitas piston menunjukkan angka 2.80 gr/cm^3 . Hasil ini didapat setelah diketahui massa piston 84 gram dan volume piston 30 cm^3 .

Tabel 2. Massa, Volume, dan Densitas Raw Material

Massa (gr)	Volume (cm ³)	Densitas (gr/cm ³)
84	30	2.80

Setelah dicor, terdapat penurunan nilai kerapatan atau massa jenis spesimen yaitu didapatkan angka $2,588 \text{ gr/cm}^3$. Untuk massanya adalah 41,90 gram dan volume spesimen yaitu $16,19 \text{ cm}^3$.

Tabel 2. Massa, Volume, dan Densitas Setelah Dicor

Massa (gr)	Volume (cm ³)	Densitas (gr/cm ³)
41.90	16.19	2.588

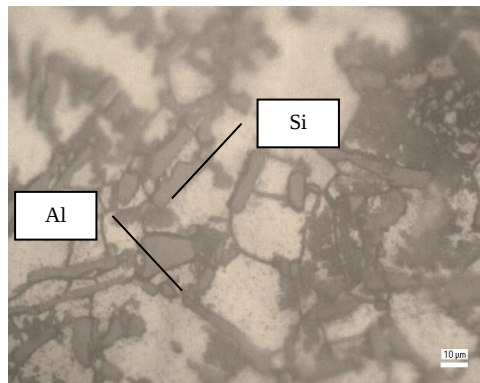
Adanya indikasi peningkatan nilai densitas pada spesimen setelah proses *carburizing*, massa jenis spesimen didapatkan angka 2,590 gr/cm³. Untuk massanya adalah 41,94 gram dan volume spesimen yaitu 16,19 cm³.

Tabel 3. Massa, Volume, dan Densitas Setelah *Carburizing*

Massa (gr)	Volume (cm ³)	Densitas (gr/cm ³)
41.94	16.19	2.590

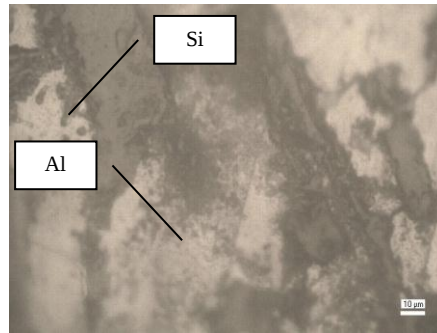
Dari hasil pengujian ini, nilai tertinggi adalah nilai densitas *raw material* yang masih berupa piston yaitu sebesar 2,80 gr/cm³. Hal ini dikarenakan pada proses pembuatan piston, melalui *metal forming* yang dapat meningkatkan kerapatan material tersebut. Namun setelah proses peleburan, densitas spesimen menurun hingga angka 2.588 gr/cm³. Ini dapat dikarenakan adanya porositas yang terdapat pada spesimen. Lalu setelah proses *carburizing* dan penekanan, nilai densitas kembali naik walaupun tidak signifikan, yaitu didapatkan angka 2.590 gr/cm³. Hal tersebut bisa terjadi akibat proses difusi karbon ke spesimen dan juga akibat proses penekanan spesimen setelah perlakuan panas.

Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui mikrostruktur pada permukaan spesimen uji. Pengujian struktur mikro standard ASTM E3 ini menggunakan alat *Olympus PNE 3*. Berikut ini adalah foto-foto hasil pengujian metalografi pada spesimen *raw material*, setelah dicor dan setelah dilakukan proses *heat treatment*.



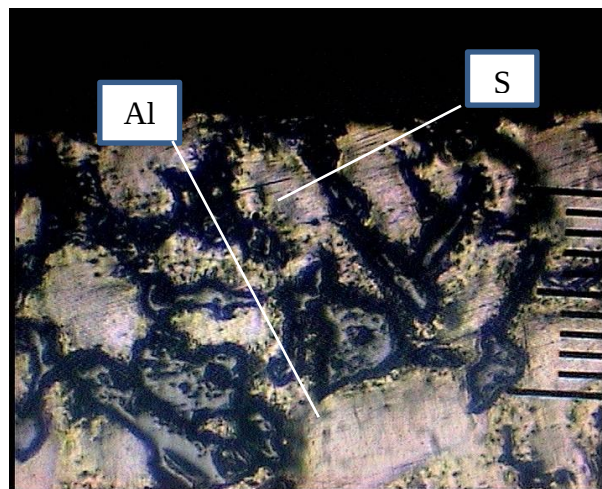
Gambar 3. Mikrostruktur Spesimen Raw Material

Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro dari Gambar 3 dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada gambar tersebut, unsur Al berwarna coklat terang sedangkan unsur Si berwarna coklat sedikit gelap. Matrik *hypereutectic* Si membentuk serpihan kecil, tipis, pendek dan rapat.



Gambar 4. Mikrostruktur Spesimen Setelah Dicor

Pada gambar 4. terlihat struktur mikro material menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan raw material.



Gambar 5. Mikrostruktur Setelah Heat Treatment

Gambar 5 menunjukkan bahwa unsur Si agak sedikit berkurang dan juga jaraknya yang agak berjauhan. Hal itu mengakibatkan unsur Al dapat terlihat dengan jelas. Unsur Al pada gambar dapat dilihat sebagai bagian yang berwarna putih terang, sedangkan untuk unsur Si merupakan bagian yang berwarna abu-abu kegelapan.

Dari data pengamatan metalografi struktur mikro pada permukaan spesimen uji Al-Si yang berupa foto menunjukan bahwa terdapat bagian yang terang atau mengkilat adalah unsur Al dan pada bagian yang agak berwarna gelap adalah unsur Si. Untuk bagian yang seperti berongga adalah porositas. Terbentuknya kekosongan porositas adalah dapat dikarenakan pada saat pengecoran temperatur tuang yang tinggi dan tebal cetakan yang menyebabkan proses pembekuan jadi lambat.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini dalam pengujian komposisi kimia mendapatkan hasil bahwa kandungan unsur Si turun dari *raw material* pada nilai Si 13.14%, sampai setelah proses *heat treatment* pada nilai 12.65%. Berdasarkan besar kandungan Si tersebut, spesimen ini termasuk dalam paduan Al-Si *hypereutectic*.

Dalam penelitian ini, *heat treatment* berpengaruh pada nilai densitas spesimen. Nilai densitas *raw material* memiliki nilai yang tertinggi yaitu pada angka 2.80 gr/cm^3 . Lalu turun setelah dicor yaitu di angka 2.588 gr/cm^3 kemudian naik setelah dilakukan proses *heat treatment* yaitu 2.590 gr/cm^3 . Hasil dari uji Struktur Mikro menunjukkan daerah yang berwarna terang merupakan unsur Al, sementara daerah berwarna gelap yaitu unsur Si. Hasil foto Mikro *Raw material* dan Setelah di Cor tidak terjadi banyak perubahan, sedangkan hasil foto mikro setelah mengalami proses *Carburizing* terdapat rongga porositas yang terbentuk karena pada saat pengecoran temperatur tuang yang tinggi dan tebal cetakan yang menyebabkan proses pembekuan jadi lambat. Pada proses *heat treatment*, spesimen memiliki tingkat kekerasan setelah proses *carburizing*, yaitu didapat angka dengan rata-rata kekerasannya adalah 132,89 VHN. Dan nilai kekerasan terendah adalah nilai kekerasan spesimen setelah dicor, yaitu dengan rata-rata kekerasannya adalah 76,32 VHN. Lalu untuk tingkat kekerasan *raw material*, berbanding tipis dengan nilai kekerasan setelah proses *carburizing*, yaitu dengan rata-rata kekerasannya adalah 121,1 VHN.

4.2 Saran

Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi paduan material dan metode pengerasan material yang lain, agar dapat mengetahui hasil yang berbeda.

Memahami teori dan prosedur penelitian melalui referensi/ jurnal yang berkaitan sebelum melakukan penelitian. Sebelum memulai penelitian alangkah baiknya mempersiapkan alat dan bahan dengan matang agar hasil penelitian yang didapatkan lebih maksimal. Disarankan Melakukan pengujian SEM dan EDS untuk melihat morfologi dan juga unsur yang terkandung dalam paduan Al-Si.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Rauf, F., P. Sappu, F., & M. A. Lakat, A. (2018). *Uji Kekerasan Dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers Pada Berbagai Jenis Material Teknik*. 5.

- Ardian Aziz, A., & Wibawa Budi Santosa, A. (2017). Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk, Komposisi dan Cacat Pengecoran Paduan Aluminium Flat Bar dan Limbah Kampas Rem dengan Menggunakan Cetakan Pasir dan Cetakan Hidrolik sebagai Bahan Komponen Jendela Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 05(1). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval>
- Avner, S. H., Guatemala, B., Lisbon, H., Madrid, L., New, M., Panama, D., San, P., Sho, J., Singapore, P., & Tokyo, S. (1974). *Introduction To Physical Metallurgy Second Edition*.
- Fakhrul Abdul Jazid, M. (2021). *Analisa Pengaruh Proses Quenching Media Air Garam Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja St60 Setelah Mengalami Pack Carburizing Dengan Arang Sekam Padi Variasi Mesh 80, 100, 120 Dan 140*.
- Gunawan, E. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (ST41) Dengan Metode Pack Carburizing. *Teknika : Engineering and Sains Journal*, 1(2).
- Nasution, M., & Halila Nasution, R. (2020). *Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa*. 15.
- Prayitno, D., Azhary Apriandini, F., & Teknik Mesin Fakultas, J. (2019). Pengaruh Waktu Tahan Pada Proses Artificial Aging Terhadap Kekerasan Paduan Al-Sn-Cu. In *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti* (Vol. 4, Issue 1).
- Saliro Wibowo, N., & Nurato. (2018). *Analisis Pengaruh Ketidakstabilan Temperatur Terhadap Hasil Kekerasan Material dari Proses Heat Treatment Piston*. 07.
- Sujita. (2016). *Proses Pack Carburizing dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara*. 7.