

**ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 60 SETELAH
KARBURISASI MENGGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN LUAS
RATA-RATA PARTIKEL KARBON 272,128 μm^2 Dan 554,621 μm^2**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

Wahyu Aji Santoso

D200150074

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 60 SETELAH
KARBURISASI MENGGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN
LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 272,128 μm^2 Dan
554,621 μm^2**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

Wahyu Aji Santoso

D200150074

**Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:
Dosen Pembimbing**



Dr. Ir. Ngafwan, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 60 SETELAH
KARBURISASI MENGGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN
LUAS RATA-RATA PARTIKEL KARBON 272,128 μm^2 Dan
554,621 μm^2**

OLEH:

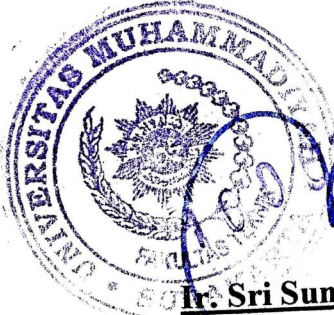
**Wahyu Aji Santoso
D200150074**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 30 Januari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Dr. Ir. Ngafwan, M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Ir. Bibit Sugito, M.T.
(Sekretaris Penguji)**
- 3. Ir. Sunardi Wiyono M.T.
(Anggota Penguji)**

(Ngafwan,
Bibit Sugito,
Sunardi Wiyono)


Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 Mei 2021

Penulis,



WAHYU AJI SANTOSO

NIM. D200150074

ANALISA KEKERASAN PERMUKAAN BAJA ST 60 SETELAH KARBURISASI MENGGUNAKAN ARANG KAYU DENGAN LUAS RATA- RATA PARTIKEL KARBON 272,128 μm^2 Dan 554,621 μm^2

Abstrak

Karburisasi merupakan proses perlakuan panas pada permukaan baja dengan menambahkan karbon sebagai unsur pengerasan dalam temperature austenite. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro dan perubahan nilai kekerasan permukaan pada baja setelah di karburisasi. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah baja ST 60 dan karbon dengan luas area partikel karbon 272,128 μm^2 dan 554,621 μm^2 . Dari proses ini selanjutnya baja dan karbon dimasukkan kedalam wadah, ditutup rapat dan dilakukan pemanasan pada suhu 825°C selama 4 jam. Pengujian spesimen karburisasi ini diantaranya analisis partikel karbon, uji struktur mikro dan uji kekerasan vickers. Setelah proses karburisasi dilakukan, terjadi pengurangan luas partikel karbon dari 272,128 μm^2 menjadi 240,886 μm^2 dan 554,621 μm^2 menjadi 523,283 μm^2 . Pada pengujian struktur mikro setelah dikarburisasi raw material menghasilkan rata-rata kelarutan unsur dalam Fe ($\beta\%$) 2,52 %, kelarutan unsur dalam Fe ($\beta\%$) dengan luas partikel karbon 554,621 μm^2 sebesar 4,30%, kelarutan unsur dalam Fe ($\beta\%$) dengan luas partikel karbon 272,128 μm^2 sebesar 9,48%. Nilai kekerasan raw material sebesar 280,42 kg/mm², nilai kekerasan hasil karburisasi menggunakan luas rata-rata partikel karbon 554,621 μm^2 214,56 kg/mm², sedangkan baja setelah dikarburisasi menggunakan luas rata-rata partikel karbon 272,128 μm^2 menghasilkan nilai kekerasan 228,95 kg/mm²

Kata kunci: karburisasi, area partikel karbon 272,128 μm^2 , temperatur, struktur mikro, kekerasan

Abstract

Carburizing is a heat treatment process on the steel surface by adding carbon as a hardening element at the austenite temperature. This study aims to look at changes in microstructure and changes in surface hardness values in steel after carburizing. In this study, the materials used were ST 60 steel and carbon with an area of carbon particle at 272,128 μm^2 and 554,621 μm^2 . From this process, the steel and carbon are put into the container, tightly closed and heated at 825 ° C for 4 hours. Testing of carburization specimens includes analysis of carbon particles, microstructure tests and vickers hardness tests. After the carburizing process was done, there was a reduction in the area of carbon particles from 272,128 μm^2 to 240,886 μm^2 and 554,621 μm^2 to 523,283 μm^2 . In the microstructure testing after carburizing raw material, the average solubility of elements in Fe ($\beta\%$) was 2.52%, the solubility of elements in Fe ($\beta\%$) with a carbon particles area of 554,621 μm^2 was 4.30%, the solubility of elements in Fe ($\beta\%$) with a carbon particles area of 272,128 μm^2 was 9.48%. The raw material hardness value was 280.42 kg / mm², the carburized hardness value used an average area of carbon particles at 554,621 μm^2 was 214.56 kg / mm², while steel after being carburized using an average area of carbon particles at 272,128 μm^2 resulted in a hardness value of 228, 95 kg / mm².

Keywords: carburizing, carbon particles area 272,128 μm^2 , temperature, microstructure, hardness.

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi industri yang pesat saat ini, baja adalah material yang banyak digunakan, karena memiliki sifat yang kuat, mudah dibentuk dan keras. Selain itu baja memiliki unsur utama Fe dan C yang dapat dipadukan dengan unsur lain. Karbon adalah salah satu unsur yang dapat meningkatkan kekerasan baja. Proses karburisasi diproses dengan cara memasukan baja dalam wadah tertutup yang diisi bahan sumber karbon, seperti arang kayu dan sumber karbon pendukung yang lain, serta di tambahkan zat pengaktif karbon (energizer) seperti kalsium karbonat pada takaran yang sudah diberikan, kemudian dipanaskan antara suhu 880-950°C, kemudian ditahan hingga waktu tertentu dan didinginkan untuk dilakukan proses pengerasan. (Suryanto, 2017)

Karburisasi adalah cara pengerasan permukaan dengan memanaskan logam (baja) di atas suhu 850°C dalam ruangan yang mengandung karbon. Baja pada suhu sekitar 850°C mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon diabsorpsi ke dalam logam membentuk larutan padat karbon - besi dan pada lapisan luar memiliki kadar karbon yang tinggi. Bila cukup waktu, atom karbon akan mempunyai kesempatan untuk berdifusi ke bagian - bagian sebelah dalam. Tebal lapisan tergantung dari waktu dan suhu yang digunakan. (Mekanikal et al., 2017)

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti akan melakukan penelitian yang berjudul “Analisa kekerasan permukaan baja st 60 setelah karburisasi menggunakan arang kayu dengan luas rata-rata partikel karbon 272,128 μm^2 dan 554,521 μm^2 ”. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh hasil carburizing menggunakan karbon dengan ukuran luas rata-rata partikel karbon 272,128 μm^2 dan 554,621 μm^2 terhadap nilai kekerasan serta perubahan struktur mikronya.

2. METODE

Media yang digunakan sebagai sarana transfer karbon berasal dari arang kayu trembesi yang diparut hingga menjadi serbuk. Selanjutnya arang diayak berturut-turut mulai dari ayakan mesh 200. Pada proses mesh 200, menghasilkan rata-rata luas area partikel 272,128 μm^2 dan 554,621 μm^2 . Sedangkan tipe baja yang di carburizing adalah baja ST 60. bahan baja tersebut dibubut sehingga diameternya menjadi 28 mm dan tebalnya menjadi 6,9 mm.

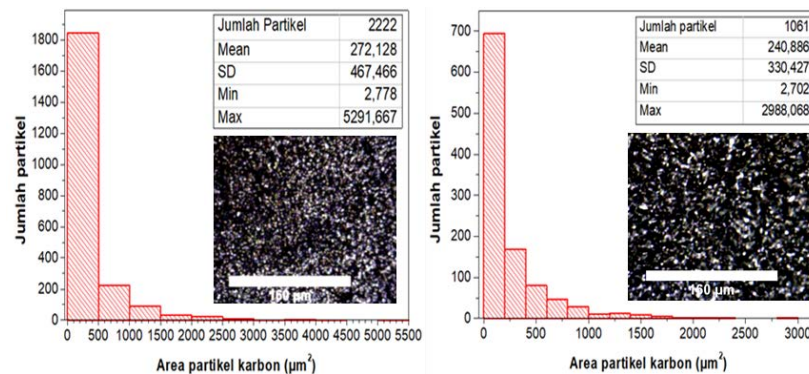
Perubahan struktur mikro setelah di carburizing diamati menggunakan Mikroskop Optic Olympus tipe X1005 TTEPL, standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-3.

Perbesaran yang digunakan pada uji struktur mikro yaitu 200x dan 1000x. Selanjutnya, untuk melihat perubahan kekerasan pada baja ST 60 setelah di carburizing digunakan Micro Vickers Hardness, standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-92. Partikel karbon juga dianalisis sebelum dan sesudah digunakan carburizing dengan menggunakan aplikasi ImageJ. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: parutan, pot, ayakan, gotri, shaker mill, kompor listrik, thermo control, alat suntikan, alkohol, botol filter, selang air, timbangan digital, oven, mesin poles, alat uji struktur mikro, alat uji mikro vickers..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Partikel Karbon

Data yang diperoleh dari analisis ImageJ akan diolah lagi menggunakan origin pro 8.5. Hasil analisis karbon sebelum di karburisasi (1.a) menunjukkan jumlah partikel 2222 memiliki rata-rata area partikel $272,128 \mu\text{m}^2$ atau diameter partikel karbon mendekati $18,61 \mu\text{m}$.

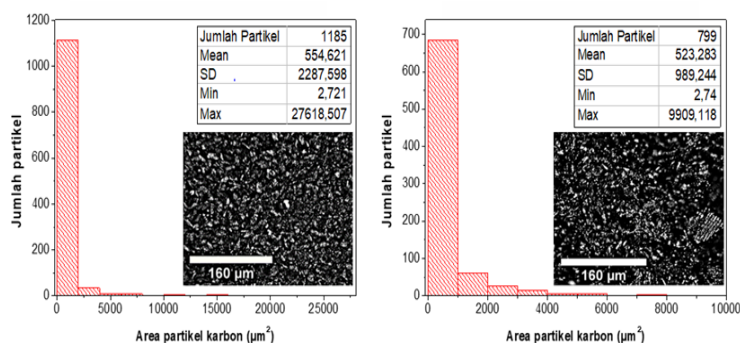


Gambar 1 Hasil analisis area partikel karbon dengan aplikasi Imagej: a) sebelum dipakai karburisasi rata-rata area partikel $272,128 \mu\text{m}^2$, b) sesudah dipakai karburisasi rata-rata area partikel $240,886 \mu\text{m}^2$

Setelah proses karburisasi dilakukan, ukuran partikel karbon mengalami penurunan. Hasil analisis partikel karbon sebanyak 1061 partikel menghasilkan rata-rata area partikel $240,886 \mu\text{m}^2$ atau diameter partikel karbon mendekati $17,51 \mu\text{m}$ (1.b). Karbon yang terlepas selama proses karburisasi sebanyak 52,26%. Perbedaan karbon sebelum dan sesudah di karburisasi juga ditunjukkan dengan adanya penurunan massa karbon.

Hal yang sama terjadi pada karbon pembeding, ditunjukkan pada gambar (1.a). Sebelum dilakukan proses karburisasi partikel sebanyak 799

dianalisis menghasilkan rata-rata area partikel $554,621 \mu\text{m}^2$ atau diameter karbon mencapai $26,58 \mu\text{m}$. Setelah dipakai karburisasi (1.b), harga rata-rata area partikel turun menjadi $523,283 \mu\text{m}^2$ atau diameter partikel mendekati $25,83 \mu\text{m}$. Jumlah karbon yang terlepas setelah digunakan karburisasi sebanyak 32,6%.

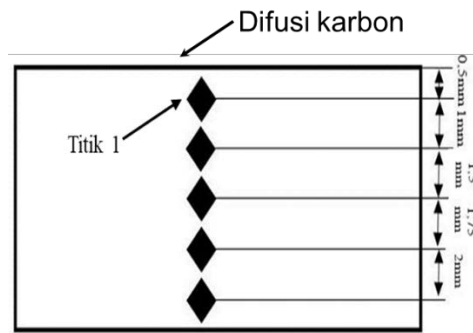


Gambar 2 Hasil analisis area partikel karbon dengan aplikasi Imagej;
a) sebelum dipakai karburisasi rata-rata area partikel $554,621 \mu\text{m}^2$, b)
sesudah dipakai karburisasi rata-rata area partikel $523,283 \mu\text{m}^2$

Kondisi permukaan karbon yang halus memiliki ukuran butir serbuk yang cukup kecil sehingga akan berpengaruh pada proses difusi karbon kedalam baja. Dapat diasumsikan bahwa ukuran karbon akan menentukan: 1) luasan partikel karbon yang tereksitasi akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan pada gambar (1) dan (2) akibat proses eksitasi, karbon mengalami perbedaan ukuran area partikel sebelum dan sesudah karburisasi, 2) waktu yang dibutuhkan untuk berdifusi akan semakin cepat dan 3) Proses difusi akan sangat mudah.

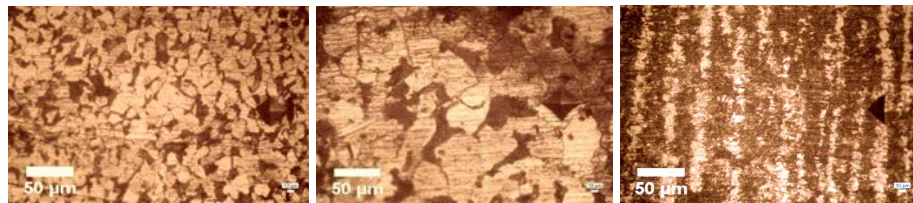
3.2 Pengujian Struktur Mikro dan Kekerasan Baja ST 60.

Jumlah titik yang diuji pada baja ST 60 yaitu 5 titik sampel dengan ketentuan jarak titik satu dari tepi 0,5 mm, titik dua 1mm, titik tiga 1,5 mm, titik empat 1,75 mm, dan titik lima 2 mm. Ilustrasi 5 titik sampel dapat dilihat pada gambar (4.4). Tujuan memberikan 5 titik sampel adalah untuk mengetahui area kelarutan unsur dalam Fe serta mengetahui harga kekerasan pada masing-masing titik setelah di karburisasi.



Gambar 3 Ilustrasi titik pengujian baja ST 60.

1) Pengujian struktur mikro.



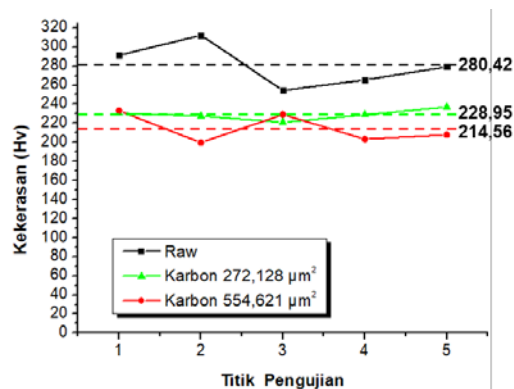
Gambar 4 Struktur mikro baja ST 60

Spesimen yang diuji struktur mikronya terbagi menjadi tiga jenis yaitu Raw material, spesimen di karburisasi dengan rata-rata area karbon $272,128 \mu\text{m}^2$ dan spesimen pembanding yang di karburisasi dengan rata-rata area partikel karbon $554,621 \mu\text{m}^2$. Alat yang digunakan untuk melihat struktur micro spesimen yaitu mikroskop metalografi tipe X1005 TTEPL. Perbesaran yang dipakai dalam pengujian ini adalah 200x dan 1000x. Setelah melewati mikroskop metalografi, gambar diolah lagi menggunakan aplikasi Imagej. Hasil foto struktur mikro dapat dilihat pada gambar dibawah

Tabel 1 Data Hasil Pengujian

Benda Uji	Area ($\alpha+\beta$) A- μm^2	Uji titik ke	α/Fe (A- μm^2)	$\beta/\text{Fe}_3\text{C}$ (A- μm^2)	$\beta\%$	Area penetrasi (A+ μm^2)	HV=F/A (kg/mm ²) F = 30gf
Raw Material	3072	1	3019,50	52,51	1,71	1031,30	290,9
		2	3030,10	41,93	1,37	960,50	312,4
		3	3022,80	49,21	1,60	1180,30	254,2
		4	3039,10	32,91	1,07	1130,40	265,4
		5	2861,00	211,02	6,87	1074,60	279,2
Rata- rata			2994,50	77,52	2,52	1075,42	280,42
Karburisasi karbon 554,621 μm^2	3072	1	2996,50	75,55	2,46	1287,60	233
		2	2980,20	91,82	2,99	1503,60	199,5
		3	2976,90	95,06	3,09	1308,90	229,2
		4	2937,40	134,64	4,38	1476,50	203,2
		5	2808,10	263,9	8,59	1442,80	207,9
Rata-rata			2939,82	132,19	4,30	1403,88	214,56
Karburisasi karbon 272,128 μm^2	3072	1	2887,76	184,24	6,00	1301,43	230,51
		2	2841,73	230,27	7,50	1318,09	227,60
		3	2528,64	543,36	17,69	1357,47	221,00
		4	2767,55	304,45	9,91	1311,48	228,75
		5	2878,43	193,57	6,30	1266,44	236,89
Rata-rata			2780,82	291,18	9,48	1310,98	228,95

2) Pengujian Kekerasan Vickers Microhardness.



Gambar 5 Pengujian kekerasan titik 1-5

Pada gambar diatas dapat diketahui rata-rata nilai kekerasan permukaan spesimen proses karburisasi Raw material sebesar 280,42 kg/mm², rata-rata nilai kekerasan pembanding dengan area karbon 554,621 μm^2 sebesar 214,56 kg/mm² dan rata-rata nilai kekerasan pada spesimen uji dengan area karbon 272,128 μm^2 sebesar 228,95 kg/mm². Dengan demikian permukaan material yang diuji mengalami penurunan nilai kekerasan terhadap raw material.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

- 1) Terjadi pengurangan luas partikel karbon setelah dipakai karburisasi. Pada partikel karbon $554,621 \mu\text{m}^2$ setelah dikarburisasi berkurang luasannya menjadi $523,283 \mu\text{m}^2$ dan luas rata-rata partikel karbon $272,128 \mu\text{m}^2$ berkurang menjadi $240,886 \mu\text{m}^2$.
- 2) Struktur mikro yang dihasilkan dari ketiga spesimen berbeda:
 - a) Pada raw material yang tidak melewati proses karburisasi, struktur mikro hasil pengujian didapatkan nilai perlit yang dihasilkan atau kelarutan unsur karbon dalam Fe sebesar 2,52%.
 - b) Pada baja setelah dikarburisasi dengan luas partikel karbon (pembanding), struktur perlit yang dihasilkan mulai banyak, ini disebabkan ukuran karbon $554,621 \mu\text{m}^2$ memiliki sirkulasi oksigen yang baik, tetapi luas permukaan kontak antara karbon dan baja saat proses karburisasi lebih rendah dibandingkan $272,128 \mu\text{m}^2$ sehingga hanya sedikit perlit yang dihasilkan atau presentasi kelarutan unsur karbon dalam Fe hanya 4,30%.
 - c) Baja st 60 setelah di karburisasi dengan luas partikel karbon $272,128 \mu\text{m}^2$, struktur mikro yang paling banyak ditemukan adalah perlit. Struktur ini terbentuk karena penggunaan partikel karbon $272,128 \mu\text{m}^2$ relatif lebih efektif. Hal ini ditandai dengan luas kontak permukaan karbon dengan permukaan benda uji lebih luas sehingga terbentuklah perlit atau kelarutan unsur karbon dalam Fe sebesar 9,48%.
- 3) Nilai kekerasan raw material sebesar $280,42 \text{ kg/mm}^2$, hasil karburizing dengan luas rata-rata partikel karbon $554,621 \mu\text{m}^2$ menghasilkan $214,56 \text{ kg/mm}^2$, sedangkan baja setelah diproses karburisasi dengan partikel karbon $272,128 \mu\text{m}^2$ menghasilkan nilai kekerasan $228,95 \text{ kg/mm}^2$. Kekerasan material baja setelah dikarburisasi lebih rendah dibandingkan raw material, hal ini disebabkan pada temperatur 825°C struktur kristal FCC membuat atom C tidak stabil sehingga atom C banyak yang keluar dari kisi, sedangkan pemakaian karbon yang dibatasi tidak cukup untuk mengisi struktur kristal FCC dan Pendinginan yang lambat juga memberikan kesempatan pada karbon keluar dari sel FCC, sehingga perubahan ke sel BCC membentuk struktur mikro Karbida Besi Fe_3C .

4.2 Saran

- 1) Perlu dilakukan analisis lebih lanjut dan persiapan yang lebih baik agar proses yang didapat sesuai yang diinginkan, seperti jumlah pemakaian karbon serta penambahan katalis seperti Calcium Carbonat (CaCO_3) atau Barium Carbonat (BaCO_3) untuk meningkatkan difusi karbon kedalam Fe.
- 2) Kepada peneliti berikutnya diharap mengembangkan proses karburisasi seperti penggunaan ukuran karbon yang lebih bervariasi serta memilih metode pendinginan yang lebih tepat seperti quenching karena proses ini akan membuat atom terperangkap pada bagian permukaan baja sehingga kekerasan meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, R., Murdjani, & Hendrawan, A., (2014), Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Strukturmikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening, *Journal Poros Teknik*, 6(2), 88–95.
- Akanji, O., Fatoba, O., & Aasa, A., (2015), The Influence of Particle Size and Soaking Time on Surface Hardness of Carburized AISI 1018 Steel, *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(1), 37–44.
- Astunkar, N. A., & Bonde, A. S., (2013), Effects of Carburizing on Wear Properties of Steels, *International Journal of Engineering Research and Development*, 9(3), 49–51.
- Bahtiar, Iqbal, M., Arisandi, D., (2017), Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersial Yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Kelapa Sawit, *Journal Mekanikal, Universitas Tadulako*, 8(1), 686–696.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G., (2001), *Fundamentals of Materials Science and Engineering An Introductio*, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Darmawan, A., Mustaqim, & Sidiq, F., (2017), Pengaruh Temperatur Carburizing Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Sifat – Sifat Mekanis Baja S 21 C, *Engineering*, 14(1), 7–14.
- Dasarathy, C., (1993), *Steels - metallurgy and applications*, *Materials & Design*, 14(4), 268.
- Pagni, D., (2003), The Periodic Table, *Journal of chemical education* (Vol. 80, hal. 6).
- Smallman, R. E., (1999), *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*, *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 320-350
- Sudirham, S., (2012), *Mengenal Sifat Material*, Bandung: ITB.
- Supriyono, & Jamasri, (2017), Holding time effect of pack carburizing on fatigue characteristic of v-notch shaft steel specimens, *AIP Conference Proceedings*.
- Suryanto, H., (2017), Pengaruh Komposisi Media Karburasi Serbuk Arang Kayu-Barium Karbonat Terhadap Karakteristik Lapisan Karburasi Baja Karbon Rendah, *Universitas Negeri Malang*, 1-12

- Wardoyo, J. T., (2005), Metode peningkatan tegangan tarik dan kekerasan pada baja karbon rendah melalui baja fasa ganda, 10(3), 237–248.
- Witko, A., (2003), Hardness Testing, In World, Vol. 3, 53-60.