

Pengaruh Temperatur pada *Pack Carburizing* Menggunakan Campuran Arang Tempurung Kelapa dan Arang Bambu terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja EMS 45

Muhammad Rizki Ramadhan*, Sunyoto

Jurusan Teknik mesin, Universitas Negeri Semarang

Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229

*E-mail: rizkiramadhan.pendidikanteknikmesin.08@students.unnes.ac.id

Diajukan: 23-03-2022; Direvisi: 20-12-2022; Dipublikasi: 23-12-2022

Abstrak

Penggunaan suku cadang imitasi yang berakibat pada kegagalan suku cadang masih sering terjadi dengan penerapannya masih menggunakan baja karbon rendah, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya keausan dan penurunan kualitas kekerasan pada permukaan baja. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat melalui metode *pack carburizing*. Pada metode *pack carburizing* dapat menggunakan beberapa parameter untuk mengeraskan permukaan baja, salah satunya adalah penggunaan variasi temperatur untuk mengetahui proses terjadinya karbon terdifusi pada permukaan baja menjadi keras. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dan struktur mikro yang dihasilkan melalui *pack carburizing* dengan variasi temperatur pada perpaduan Arang Tempurung Kelapa dan Arang Bambu sebagai karbon aktif dalam mengeraskan permukaan baja EMS 45 sebagai baja karbon sedang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan cara memvariasikan temperatur yang digunakan dalam proses ini sebesar 870°C, 915°C, dan 960°C dari *raw material* selama 120 menit untuk diketahui hasil nilai kekerasan, dan stuktur mikro. Hasil yang didapatkan pada proses tersebut menunjukkan nilai kekerasan tertinggi yang diperoleh pada suhu 960°C sebesar 249,57 kg/mm² dari *raw material* sebesar 221,70 kg/mm². Sedangkan pada pengujian struktur mikro terjadi perubahan struktur *ferrite* menjadi struktur *pearlite* yang cukup signifikan, dengan suhu 960°C menghasilkan struktur *pearlite* lebih mendominasi daripada *raw material* yang menghasilkan struktur *ferrite*. Dengan demikian semakin tinggi temperatur yang digunakan pada metode *pack carburizing*, maka nilai kekerasan pada permukaan baja semakin tinggi, dan struktur mikro yang dihasilkan lebih mendominasi struktur *pearlite* sebagai unsur keras daripada *ferrite* sebagai unsur lunak.

Kata kunci: EMS 45; Kekerasan; *Pack Carburizing*; Struktur Mikro.

Abstract

The utilization of impersonation spare parts which brings about disappointment of extra parts still frequently happens with the use of low carbon steel, which can bring about mileage and a lessening in the nature of hardness on the steel surface. To conquer these issues should be possible through the *pack carburizing* technique. The *pack carburizing* technique can utilize a few boundaries to solidify the steel surface, one of which is the utilization of temperature varieties to decide the interaction by which carbon diffuses on the steel surface to solidify. This study plans to decide the hardness esteem and microstructure created through carburizing loads with temperature varieties in a combination of Coconut Shell Charcoal and Bamboo Charcoal as dynamic carbon in solidifying the outer layer of EMS 45 steel as a medium carbon steel. This study utilized an exploratory strategy by fluctuating the temperature utilized in this cycle by 870°C, 915°C and 960°C from natural substance for 120 minutes to decide the hardness esteem and microstructure results. The outcomes got in this cycle show the most noteworthy hardness esteem acquired at 960°C of 249,57 kg/mm² from unrefined substance of 221,70 kg/mm². In the mean time, in the microstructure test, there was a tremendous change in the ferrite design to a pearlite structure, with a temperature of 960°C bringing about a more ruling pearlite structure than the natural substance which delivers a ferrite structure. In this manner the higher the temperature utilized in the *pack carburizing* technique, the higher the hardness esteem on the steel surface, and the subsequent microstructure overwhelms the construction of pearlite as a hard component as opposed to ferrite as a delicate component.

Keywords: EMS 45; Hardness; *Pack Carburizing*; Microstructure.

1. Pendahuluan

Kebutuhan pada industri otomotif yang tidak dipisahkan dalam menunjang mobilitas masyarakat sehari-hari. Hal ini akan berimbas pada permintaan suku cadang semakin tinggi dan berpengaruh pada industri otomotif dengan jumlah suku cadang yang dikeluarkan tidak terbatas oleh pabrikan, namun banyaknya konsumen lebih menggunakan suku

cadang imitasi karna harganya lebih murah dan terjangkau [1]. Hal ini menyebabkan kegagalan suku cadang masih sering terjadi dan penerapannya lebih diterapkan pada baja karbon rendah, sehingga tidak cukup kuat menahan beban berat, seperti: erosi, keausan, dan terjadi penurunan kualitas kekerasan pada permukaan baja [2].

Untuk memenuhi permintaan suku cadang yang berkualitas, dan memperoleh material dengan sifat tersebut dapat dilakukan proses *surface hardening* melalui proses *pack carburizing* [3]. Pemilihan *pack carburizing* dapat dilakukan, karna merupakan metode karburisasi paling sederhana dengan menggunakan serbuk arang sebagai penambah unsur karbon melalui proses perlakuan panas yang mengakibatkan terjadi pelarutan karbon pada permukaan baja antara 0,3% - 0,9% diatas temperatur *austenit* [4,5]. Faktor yang dapat mempengaruhi hasil *pack carburizing* adalah temperatur dan waktu penahanan [6]. Adapun penelitian yang digunakan menggunakan variasi temperatur, karna proses ini dapat mengakibatkan difusi karbon melalui pembentukan *austenit* pada permukaan baja, sehingga permukaan tersebut menjadi keras maupun solid [7,3]. Oleh karena itu, temperatur *carburizing* yang lebih tinggi berperan dalam meningkatkan permukaan baja menjadi keras [2]. Hal ini didukung oleh beberapa peneliti terdahulu yang sudah melaksanakan penelitian terhadap temperatur dalam pengerasan permukaan baja. Menurut Chowwanonthapunya, et al. tentang *Study on carburized steel used in maritime industry: The influences of carburizing temperature*, kesimpulan yang didapatkan adalah proses *carburizing* melalui variasi temperatur dapat meningkatkan kekerasan baja [2]. Kemudian pada penelitian Lee, et al. dengan judul *Effects of the surface temperature and cooling rate on the residual stresses in a flame hardening of 12Cr steel* dengan hasil yang didapatkan adalah proses temperatur pemrosesan optimal yang diperlukan untuk menghilangkan tegangan sisa dan mendapatkan nilai kekerasan yang diinginkan dapat ditemukan dalam kisaran 870–960°C berdasarkan spesifikasi teknik tenaga GE [8].

Salah satu jenis baja yang digunakan dalam metode *pack carburizing* berjenis baja karbon sedang, karna baja tersebut memiliki sifat mekanis yang memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas, terutama pada baja EMS (*Engineering Mild Steel*) 45 karna bahan tersebut lebih mudah dikerjakan dengan menggunakan mesin perkakas, dan cukup menahan keausan sehingga lebih banyak digunakan pada dunia industri [9,10]. Dengan demikian penggunaan baja EMS 45 dapat digunakan dalam metode *pack carburizing*.

Pemilihan arang sebagai unsur karbon dapat menggunakan arang tempurung kelapa dan arang bambu melalui metode *pack carburizing* karna arang tempurung kelapa memiliki kelebihan pada ketersediaan bahan baku yang lebih mudah didapatkan namun, hasil pembakarannya lebih lama sehingga belum memiliki daya serap yang optimal. Sedangkan pada arang bambu lebih mudah terurai menjadi karbon aktif, sehingga mampu berdifusi lebih cepat ke permukaan baja, yang berakibat pada nilai kekerasan semakin tinggi [11,12].

Pada penggunaan arang tanpa mencampurkan *activator/energizer/katalis* berbahan kimia dapat terjadi karburisasi, karna temperatur tinggi mula-mula karbon teroksidasi oleh udara yang terperangkap kedalam kotak menjadi CO₂ dengan reaksi karbon [13]. Banyaknya karbon aktif pada arang yang digunakan melalui metode *pack carburizing*, dapat mengakibatkan nilai kekerasan pada permukaan baja semakin meningkat [14]. Dengan demikian pengaruh temperatur dalam proses *pack carburizing* dapat dilakukan tanpa harus mencampurkan arang dengan katalis, dan penelitian dengan menggunakan campuran arang belum banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Berdasarkan pembahasan diatas, perlu dilakukan penelitian lanjut pada proses pengaruh temperatur menggunakan campuran Arang Tempurung Kelapa dan Arang Bambu baja EMS 45 yang berguna untuk mengetahui efek dari hasil nilai kekerasan dan struktur mikro setelah melalui metode *pack carburizing*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dan struktur mikro yang dihasilkan melalui *pack carburizing* dengan perpaduan arang sebagai unsur karbon aktif dalam mengeraskan permukaan baja.

2. Metodologi

2.1. Material

Material pada penelitian ini menggunakan baja karbon sedang berjenis baja EMS 45 berbentuk *silindris* dengan diameter awal 30 mm dan panjang 500 mm, dan dipotong untuk dilakukan proses pengujian komposisi pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel. 1. Komposisi Baja EMS 45

Material /Wire	Presentase (%)										
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	V
EMS 45	0,47	0,22	0,69	0,01	0,00	0,04	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	03	23	07	93	73	30	40	40	00	00

2.2. Metodologi

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang bertujuan untuk meneliti hubungan sebab akibat dengan cara memanipulasikan satu atau lebih variabel pada satu (atau lebih) kelompok eksperimental, dan membandingkan hasilnya dengan kelompok kontrol yang tidak mengalami manipulasi [15]. Proses penelitian ini dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan, antara lain:

A. Pembuatan spesimen

Lakukan proses pembuatan spesimen dengan cara pembubutan secara *silindris* dengan dimensi pada diameter sebesar 24 mm, dan panjang sebesar 15 mm menjadi beberapa spesimen benda kerja seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Spesimen benda kerja

B. Proses *pack carburizing*

Setelah pembuatan spesimen, tahap selanjutnya adalah melakukan proses *pack carburizing* dengan cara menggiling arang tempurung kelapa dan arang bambu menjadi serbuk sebesar 100 *mesh*. Lakukan pengisian arang

terhadap spesimen pada lapisan atas maupun bawah, dan atur jarak spesimen dengan dinding kotak yang ditutup secara rapat. Kemudian variasikan temperatur 870°C, 915°C, dan 960°C dengan waktu 120 menit, dan lakukan pendinginan secara lambat selama 3 hari pada laju pemanas sebesar 5°C/menit seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses *pack carburizing*.

C. Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro

Ketika proses *pack carburizing* sudah selesai, dapat dilakukan pengujian kekerasan maupun pengujian struktur mikro untuk mengetahui nilai kekerasan dan fasa yang dihasilkan pada baja EMS 45. Pada proses pengujian kekerasan menggunakan ASTM E-384 dengan gaya pembebanan awal sebesar 100 gf, dan di konversi menjadi 0,1 kgf (Kg/mm²) yang dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

Penentuan d rata-rata (μm) dalam persamaan [1] dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$D = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (1)$$

Penentuan nilai kekerasan *vickers* (HVN) dalam persamaan [2] dan [3] dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{HVN} = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{D^2} \quad (2)$$

$$\text{HVN} = 1,854 \frac{P}{D^2} \quad (3)$$

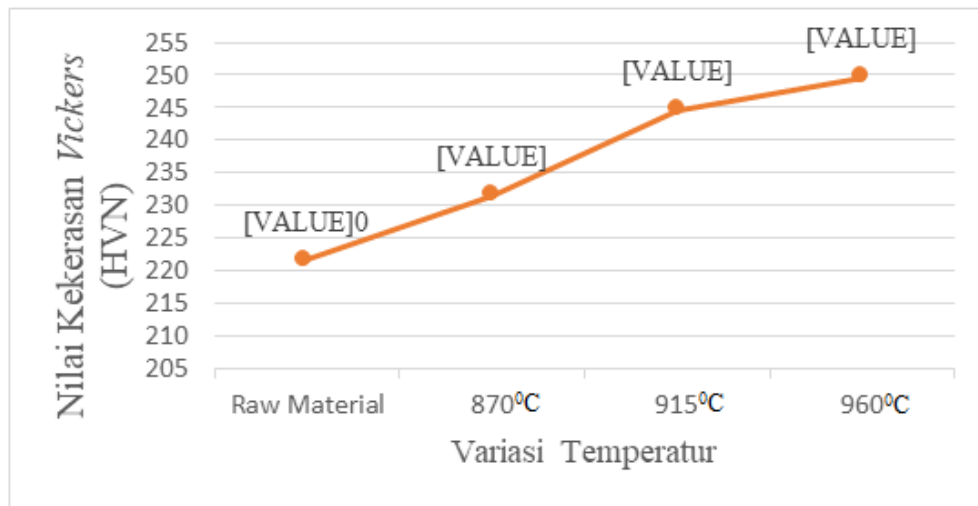
Keterangan: HVN sebagai satuan nilai kekerasan *vickers/Hardness Vickers Number* (Kg/mm²). D sebagai diagonal rata-rata yang didapatkan dari hasil penjumlahan antara d_1 dengan d_2 dibagi 2 dalam satuan (mm). d_1 sebagai hasil diagonal 1 yang didapatkan dari pengujian indentasi secara horizontal dalam satuan (μm). d_2 sebagai hasil diagonal 2 yang didapatkan dari pengujian indentasi secara vertikal dalam satuan (μm). P sebagai beban indentasi yang diterapkan dalam satuan (gf – Kgf). θ sebagai sudut puncak indentasi berbentuk piramida sebesar 136°. 1,854 sebagai nilai

konstanta yang didapatkan dari 2 kali beban indentasi dan dikalikan dengan sinta dari hasil sudut puncak indentasi dibagi 2. Sedangkan, pada pengujian struktur mikro dapat menggunakan perbesaran 200 x untuk mengetahui fasa-fasa pada baja yang meliputi: *Austenite*, *Ferrite*, *Pearlite*, *Bainite*, *Martensite*, *Sementite*.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Kekerasan

Adapun pada hasil rata-rata kekerasan *pack carburizing* melalui grafik yang dapat dijelaskan pada Gambar 3 sebagai berikut.



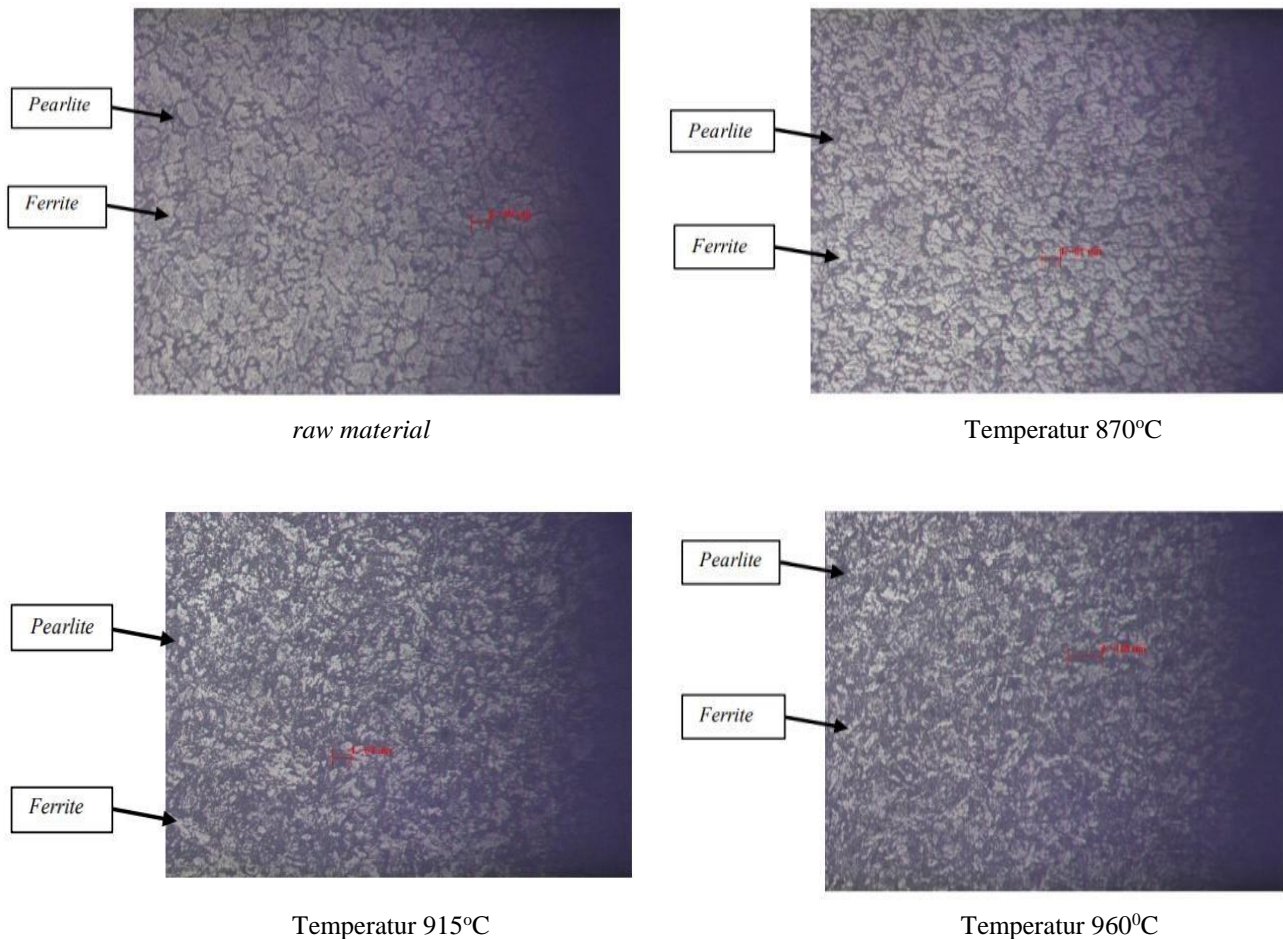
Gambar 3 Grafik rata-rata nilai kekerasan *vickers* (HVN).

Berdasarkan pada gambar 3. menjelaskan bahwasanya terjadi peningkatan hasil kekerasan setelah melalui proses *pack carburizing* dengan per-setiap variasi temperatur antara *raw material* terhadap variasi temperatur yang diberikan. Hasil kekerasan *vickers* yang didapatkan pada *raw material* sebesar 221,70 kg/mm², sedangkan temperatur 870°C mendapatkan rata-rata nilai kekerasan *vickers* yang didapatkan sebesar 231,49 kg/mm², kemudian temperatur 915°C mendapatkan rata-rata nilai kekerasan *vickers* yang didapatkan sebesar 244,66 kg/mm², lalu pada temperatur 960°C mendapatkan rata-rata nilai kekerasan *vickers* yang didapatkan sebesar 249,57 kg/mm². Peningkatan nilai kekerasan didukung teori yang menyatakan bahwa dengan meningkatnya temperatur *pack carburizing* maka atom karbon (yang berasal dari *carburizer*) akan semakin mudah untuk berdifusi ke permukaan baja, karena pada kondisi tersebut tingkat kelarutan baja dalam bentuk larutan *austenit* semakin tinggi [6]. Dengan demikian semakin tinggi temperatur yang diberikan melalui metode *pack carburizing*, maka nilai kekerasan permukaan pada baja akan semakin keras.

3.2. Struktur Mikro.

Adapun hasil pengujian struktur mikro pada *pack carburizing* melalui gambar foto dapat dijelaskan pada Gambar 4. Berdasarkan pada Gambar 4, menjelaskan bahwa pada *raw material* memiliki struktur *ferrite* (berwarna putih) lebih mendominasi daripada struktur *pearlite* (berwarna hitam), temperatur 870°C terdapat struktur *pearlite* yang mulai terbentuk (berwarna hitam) walaupun struktur *ferrite* (berwarna putih) masih mendominasi daripada struktur *pearlite* (berwarna hitam), temperatur 915°C menghasilkan struktur *pearlite* (berwarna hitam) yang sebagian besar mulai mendominasi spesimen daripada struktur *ferrite* (berwarna putih), dan temperatur 960°C memperoleh struktur *pearlite*

(berwarna hitam) mendominasi lebih banyak daripada struktur *ferrite* (berwarna putih). Dengan demikian semakin tinggi temperatur pada *pack carburizing*, maka struktur *pearlite* mulai mendominasi daripada struktur *ferrite*. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa *pearlite* mempunyai sifat lebih keras dibandingkan *ferrite* yang menempati posisi tidak teratur [16].



Gambar 4. Gambar foto struktur mikro

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, pada nilai kekerasan terdapat pengaruh temperatur yang dihasilkan setelah melalui metode *pack carburizing* dengan variasi sebesar 870°C, 915°C, dan 960°C serta dapat disimpulkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh pada suhu *pack carburizing* 960°C sebesar 249,57 kg/mm² yang disebabkan oleh temperatur berada diatas *austenit* dapat mengakibatkan terjadinya difusi karbon kedalam permukaan baja, sehingga mampu dikeraskan. Sedangkan pada pengujian struktur mikro terdapat pengaruh temperatur yang dihasilkan setelah melalui metode *pack carburizing* berupa gambar foto mikro pada suhu 870°C menghasilkan struktur *pearlite* mulai terbentuk, pada suhu 915°C menghasilkan sebagian besar struktur *pearlite*, dan pada suhu 960°C memperoleh struktur *pearlite* (berwarna hitam) lebih banyak terhadap *raw material* yang memiliki struktur *ferrite* (berwarna putih). Dengan demikian semakin tinggi temperatur yang digunakan melalui metode *pack carburizing*, maka terjadi perubahan dari struktur *ferrite* menjadi struktur *pearlite* pada permukaan baja.

Daftar Pustaka

- [1] Wibowo, A. T., Achmad, K. S. Pengaruh Proses *Quenching* Dengan Media Pendingin Air Dan Oli Terhadap Kekerasan Baja Dan Struktur Mikro. *Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa " ROTARY"*. 2020, 2(2): p. 137-148.
- [2] Chowwanonthapunya, T., Xin, M., Chaiyawat, P. *Study on carburized steel used in maritime industry: The influences of carburizing temperature. Maritime Technology and Research*. 2020, 2(1): p. 33-39.
- [3] Ramlan., Amin, B. Efek Variasi Suhu *Pack Carburizing* Baja St 41 terhadap Kekerasan dan Kekuatan Impak. *Journal of Technical Engineering*. 2020, 4(1): p. 34–37.
- [4] Panjaitan, A.. Pengaruh Bahan Baku Arang Aktif Pada Proses *Carburizing* Terhadap Sifat Mekanis Baja Bohler EMS-45 Untuk *Center Dead* Mesin Bubut Konvensional. *Jurnal Ilmiah "MEKANIK" Teknik Mesin ITM*. 2015, 1(2): p. 88–97.
- [5] Fahreza, M. I., Fakhriza. Hamdani. Analisa Pengaruh Waktu Penahanan Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI 1050 Dengan Metode *Pack Carburizing*. *Jurnal Mesin Sains Terapan*. 2017, 1(1): p. 52–56.
- [6] Suarsana, K. Cok, I. P. K., Astika, I. M., Pengaruh Perlakuan Temperatur dan Waktu Penahanan *Pack Carburizing* Terhadap Umur Lelah Baja St 42. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 2018, 11(1): p. 21-24.
- [7] Gunawan, E. Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St 41) Dengan Metode *Pack Carburizing*. *Engineering and Sains Journal*. 2017, 1(2): p. 117-124.
- [8] Chowwanonthapunya, T., Xin, M., Chaiyawat, P. *Study on carburized steel used in maritime industry: The influences of carburizing temperature. Maritime Technology and Research*. 2020, 2(1): p. 33-39.
- [8] Lee, M. K., G. H. Kim., K. H. Kim., W. W. Kim. *Effects of the surface temperature and cooling rate on the residual stresses in a flame hardening of 12 Cr steel*. 2006, 176: p. 140–145.
- [9] Nugroho, E., Sulis . D. H., Asroni., Wahidin. Pengaruh Temperatur Dan Media Pendingin Pada Proses *Heat Treatment* Baja AISI 1045 Terhadap Kekerasan Dan Laju Korosi. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*. 2019, 8(1): p. 99–110.
- [10] Farokhi, M., Wirawan S., Rusiyato., Pengaruh Kecepatan Putar *Spindle* (Rpm) Dan Jenis Sudut Pahat Pada Proses Pembubutan Terhadap Tingkat Kekasaran Benda Kerja Baja EMS 45. *Saintekno*. 2017, 15(1): p. 85–94.
- [11] Tahir, M., A., Pengaruh Variasi Komposisi Dan Ukuran Partikel Terhadap karakteristik Briket Kombinasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Arang Bambu. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin; 2019. P92.
- [12] Saputro, D., Setiadi, G., Wibowo, S., Analisis Pengaruh Waktu Tahan (*Holding Time*) Terhadap Kekerasan Baja AISI 4140 Dengan Metode *Pack Carburizing* Media Arang Bambu. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 2019, 7(1): p. 48–54.
- [13] Nurhilal, M. Pengaruh *Temperatur, Holding Time* Proses *Pack Carburizing* Baja Karbon Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik. *Jurnal Teknologi*. 2017, 10(2): p. 153–162.
- [14] Sakura, R.. R., Suheni., Iskandar, D. D., Pengaruh Variasi Karbon Aktif Dan Waktu Tahan Terhadap Kekerasan Material JIS G-3123 Menggunakan Metode *Pack Carburizing*, *Rekayasa Energi Manufaktur (REM) Jurnal*. 2017, 2(1): p. 31-35.
- [15] Payadnya, I. P. A. A., Jayantika, I. G. A. N. T., Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik

Dengan SPSS. Yogyakarta: Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA; 2018. p 190.

- [16] Kuswanto, B. Pengaruh Perbedaan Ukuran Butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Baja ST 37 Dengan Proses *Pack Carburizing*. Semarang: Universitas Diponegoro; 2010. P83.