

Analisa Sifat Mekanik Baja St 41 Pada Proses *Pack Carburizing* Menggunakan Media Arang Tempurung Kelapa Sawit Dengan Variasi *Holding Time*

Am. Mufarrih¹, Hesti Istiqlaliyah², Ah. Sulhan Fauzi³, Aris Wibowo⁴

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ^{*1}mufarrih@unpkediri.ac.id, ²hestiisti@unpkediri.ac.id, ³sulhanfauzi@unpkediri.ac.id

Abstrak – Baja mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi di zaman sekarang. Baja dimanfaatkan sebagai alat potong, roda gigi ataupun komponen mesin yang sering terjadi kontak antara komponen satu dengan komponen lainnya, sehingga perlu dilakukan upaya untuk memperbaiki sifat mekanik baja. Sifat mekanik dapat diukur berdasarkan nilai kekerasannya. Baja St 41 mempunyai karakteristik mudah dibentuk, ketangguhan dan keuletan yang tinggi, tetapi kekerasannya rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* terhadap kekerasan dan kedalaman difusi baja St 41 setelah dilakukan proses *pack carburizing* menggunakan media arang tempurung kelapa sawit. Variabel bebas penelitian ini adalah variasi *holding time* sebesar 30, 45 dan 60 menit. Pengambilan data kekerasan menggunakan pengujian kekerasan Rockwell sedangkan pengambilan data kedalaman difusi menggunakan Mikroskop. One Way ANOVA digunakan untuk menganalisa data penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan variasi *holding time* terhadap kekerasan dan kedalaman difusi. Peningkatan *holding time* akan meningkatkan kekerasan dan kedalaman difusi. Peningkatan kekerasan baja maksimum dicapai pada *holding time* 60 menit dengan peningkatan sebesar 56,1% dibandingkan tanpa dilakukan *holding time*.

Kata Kunci — *holding time, pack carburizing, kekerasan, kedalaman difusi, kelapa sawit*

1. PENDAHULUAN

Sifat mekanik berperan penting dalam menentukan kemampuan baja sebagai komponen mesin terutama pada roga gigi transmisi. Roda gigi transmisi bekerja pada putaran tinggi dan saling bergesekan dengan komponen lain sehingga perlu pengerasan pada permukaan untuk mengurangi keausan. Untuk memenuhi karakteristik tersebut terutama penggunaan baja karbon rendah sebagai komponen mesin harus melewati beberapa proses. Baja tersebut tidak dapat dikeraskan secara langsung, tetapi perlu ada media donor sebagai penambah karbon dalam proses perlakuan panas, proses ini disebut dengan proses karburasi [1].

Karburasi pada baja karbon rendah bertujuan untuk menambah kandungan karbon secara difusi agar bisa ditingkatkan kekerasannya [2]. Karburasi adalah salah satu metode yang digunakan untuk menambah kandungan karbon didalam baja terutama di permukaan logam dengan menggunakan media mengandung karbon. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan sifat baja pada bagian permukaan keras dan bagian tengah masih memiliki keuletan, hal ini bertujuan untuk memperkecil keausan pada permukaan sedangkan pada bagian inti yang sifatnya lentur memiliki ketahanan. Proses karburasi memang diperuntukkan untuk baja dengan kadar karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,25%. Baja tersebut memiliki sifatnya yang lunak/ulet akan lebih

mudah dalam proses pembentukannya sehingga akan memperpanjang umur pahat dan menekan biaya produksi [3].

Tempurung kelapa sawit merupakan limbah dari proses produksi yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat dan hanya dimanfaatkan sebagian kecil kebutuhan saja, misalnya sebagai bahan untuk membuat arang dan bahan bakar alternatif ketel uap sebagai pengganti batu bara. Selain harganya yang murah, tempurung kelapa sawit juga mudah didapat. Dilihat secara ilmiah komposisi cangkang kelapa sawit adalah: rendemen 38%, kadar air 4.62%, kadar zat terbang 17.30%, kadar abu 3.23%, karbon terikat 79.47%, serta daya serap terhadap benzena sebesar 24.19%, kloroform 34.26%, dan iodin 973.52 mg/g [4].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh karburasi padat menggunakan media arang tempurung kelapa sawit dengan variasi *holding time* terhadap kekerasan dan kedalaman difusi baja St 41. Proses pendinginan dilakukan dengan media pendingin oli yang sama.

Telah dilakukan penelitian terdahulu menggunakan tempurung kelapa untuk meningkatkan kekerasan bahan pisau. Setelah dilakukan pengujian nilai kekerasan yang paling tinggi dari beberapa pengujian di dapatkan pada temperature 950°C dengan waktu penahanan 6 jam peningkatan

kekerasan sebesar 80,67 HRC atau sebesar 79.67% setelah di lakukan karburasi, bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan sebesar 58,89 HRC [5].

Dan penelitian sebelumnya yang dilakukan Sofiyudin [6], karburasi menggunakan media arang batok kelapa terhadap kekerasan hasil uji kekerasan spesimen suhu pemanasan carburizing 850°C dan di quenching, memiliki nilai kekerasan 786,26 kg/mm² dan spesimen suhu pemanasan carburizing 900°C dan di quenching, memiliki nilai kekerasan 799,176 kg/mm², ini menunjukkan peningkatan sebesar kekerasan sebesar 1,64%. Penelitian ini menggunakan arang tempurung kelapa sawit karena cadangan karbon yang tersimpan pada tanaman kelapa sawit cukup tinggi [7].

2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan data yang diperoleh penelitian ini termasuk penelitian kuantitatif, Sehingga data-data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa angka-angka hasil dari pengujian setelah dilakukan perlakuan. Penelitian kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang banyak dituntut menguak angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan hasilnya [8].

Variabel bebas penelitian ini ialah *holding time* dengan variasi 0, 30, 45, dan 60 menit. Variabel terikat penelitian ini ada dua yaitu kekerasan dan kedalaman difusi. Penentuan variasi *holding time* yang diterapkan, merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya.

2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan sebagai pada penelitian ini yaitu baja St 41 dengan diameter 25 mm dan tinggi 10 mm. Spesimen uji ditunjukkan Gambar 1. Proses karburasi menggunakan karburasi padat dengan memanfaatkan arang tempurung kelapa sawit sebagai media karburasi. Pendinginan menggunakan media oli. Barium Karbonat (Ba₂CO₃) ditambahkan pada proses karburasi ini sebagai stimulan/energizer dengan komposisi sebesar 10%.



Gambar 1. Penempatan spesimen di dalam kotak karburasi

Proses pemanasan spesimen menggunakan tungku pemanas listrik (*furnace*) dengan kemampuan pemanasan hingga 1200°C seperti ditunjukkan Gambar 2. Pengukuran kekerasan menggunakan *Universal Digital Hardness EMCO* seperti ditunjukkan Gambar 3, sedangkan untuk mengukur kedalaman difusi menggunakan mikroskop seperti yang ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 2. Furnace



Gambar 3. Alat uji kekerasan Rockwell



Gambar 4. Mikroskop

2.2 Langkah – langkah Pengumpulan Data

Spesimen uji yang sudah dipotong, kemudian dibubut terlebih dahulu agar permukaannya rata dan dimensinya sama, yaitu diameter 25 mm dan tinggi 10 mm. Kemudian

spesimen uji dimasukkan ke dalam kotak karburasi dan ditimbun dengan arang tempurung kelapa sawit hingga penuh. Tahap berikutnya ialah memasukkan kotak karburasi yang berisi spesimen uji ke dalam *furnace*. Suhu pemanasan dalam proses karburasi harus mencapai suhu austenite, dimana pada suhu austenit ini martensit akan terbentuk pada pendinginan cepat. Temperatur berpengaruh pada besarnya fluks atom. Fluks adalah jumlah atom yang berdifusi melewati luasan media acceptor. Bila suhu naik, atom-atom akan bergetar dengan energi yang lebih besar, dan sejumlah atom akan berpindah dalam kisi. Semakin besarnya temperatur pemanasan yang digunakan, maka semakin besar pula energi aktivasi yang dimiliki oleh atom karbon aktif untuk melakukan perpindahan secara difusi menuju ke dalam baja [9].

Pada penelitian ini, proses pemanasan dilakukan hingga mencapai temperatur 900°C kemudian ditahan selama variasi waktu yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu 0, 30, 45, dan 60 menit seperti terlihat pada Tabel 1. Selanjutnya proses pendinginan spesimen uji dengan menggunakan media pendingin oli hingga dingin.

Tabel 1. Variabel bebas dan level

Variabel Bebas	
Holding Time	
Satuan	Menit
Level 1	0
Level 2	30
Level 3	45
Level 4	60

Pengambilan data kekerasan menggunakan metode pengujian kekerasan *Rockwell*. Sebelum diuji kekerasan, permukaan spesimen digosok terlebih dahulu untuk menghilangkan oksidasi yang timbul. Setelah benda uji bersih baru dilakukan pengujian kekerasan. Sedangkan untuk pengambilan data kedalaman difusi, bagian yang dilihat harus dipotong terlebih dahulu, baru kemudian dapat mengamati dan mengukur kedalaman difusi pada tepi bagian spesimen.

Setelah semua data penelitian terkumpul, kemudian dilakukan analisis data menggunakan *one way anova* dengan bantuan *software minitab 16*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

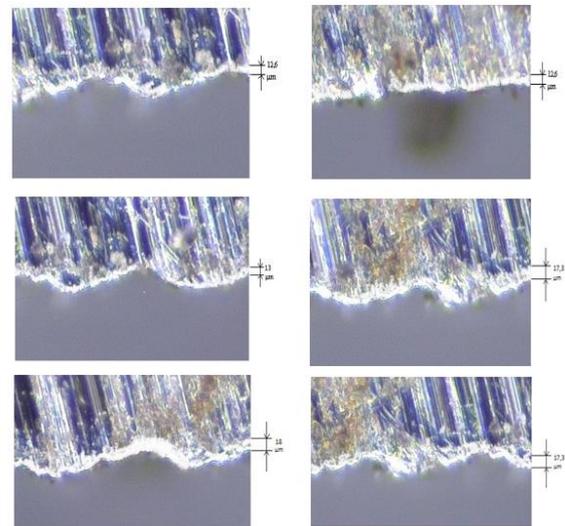
Pengukuran kekerasan dan kedalaman difusi dilakukan pada tiga area yang berbeda untuk masing-masing spesimen uji. Berdasarkan pengukuran

diperoleh hasil kekerasan dan kedalaman difusi seperti ditunjukkan Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kekerasan dan Kedalaman difusi

No	Holding Time	Kekerasan (HRC)			Kedalaman Difusi (µm)		
		1	2	3	1	2	3
1	0	10	10.5	10	0	0	0
2	0	9.5	10	9.5	0	0	0
3	0	10	10.5	10	0	0	0
4	30	11	11.5	12	12	13	13
5	30	12	11	12	13	12	13
6	30	11.5	12	11	13	13	13
7	45	14	13.5	13.5	17	17	18
8	45	14	14	13	17	19	18
9	45	14	13.5	14	18	17	17
10	60	15	16	16.5	20	22	20
11	60	15	15.5	15	21	21	20
12	60	16	15.5	16	20	21	21

Hasil pengukuran kedalaman difusi karbon ke permukaan spesimen uji dengan menggunakan mikroskop dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.

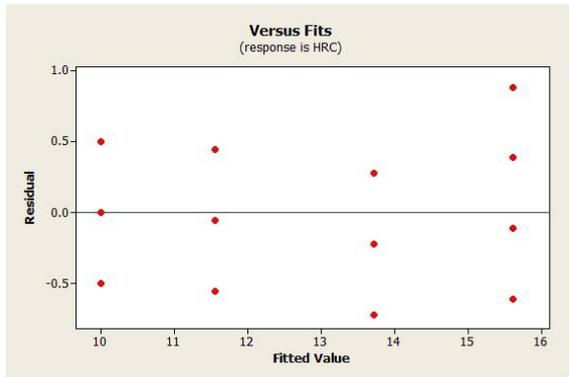


Gambar 5. Pengukuran kedalaman difusi menggunakan mikroskop

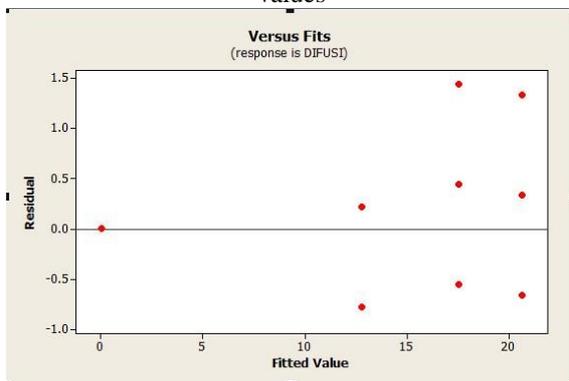
3.1 Analisis Data

Untuk mengetahui apakah *holding time* mempunyai pengaruh terhadap nilai kekerasan dan kedalaman difusi, maka dilakukan *Analysis of variance* (ANOVA). ANOVA mensyaratkan bahwa residual harus memenuhi tiga asumsi, yaitu bersifat identik, independen dan berdistribusi normal [10].

1. Uji Identik



Gambar 6. Plot residual kekerasan baja versus fitted values

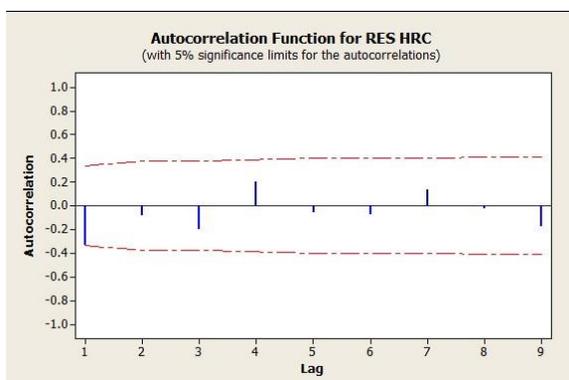


Gambar 7. Plot residual kedalaman difusi versus fitted values

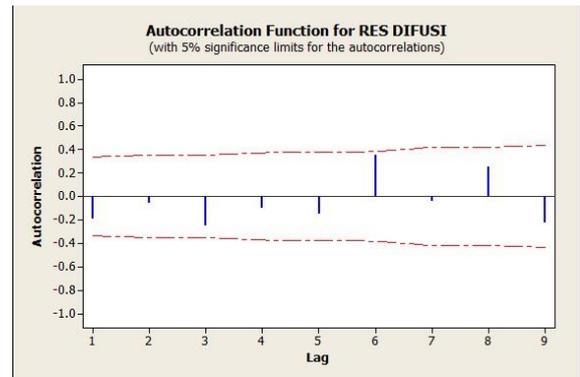
Berdasarkan Gambar 6 dan 7 dapat diketahui bahwa residual tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa asumsi identik terpenuhi.

2. Uji Independen

Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF).



Gambar 8. Plot ACF pada respon kekerasan

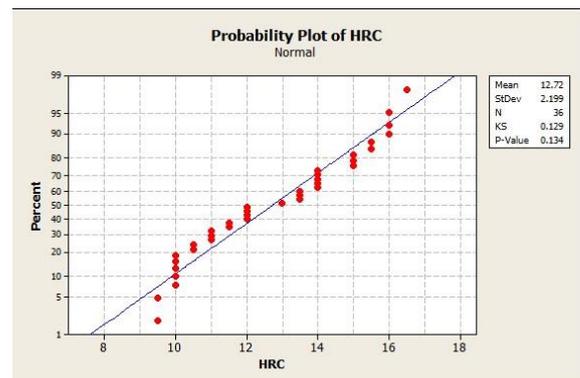


Gambar 9. Plot ACF pada respon kedalaman difusi

Berdasarkan plot ACF yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9 di atas, dapat diketahui bahwa tidak ada nilai ACF pada tiap lag yang keluar dari batas interval. Hal ini berarti residual bersifat independen.

3. Uji kenormalan

Uji kenormalan residual dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.



Gambar 10. Uji normalitas

Gambar diatas menunjukkan bahwa dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh *P-value* sebesar 0,134 yang berarti lebih besar dari α . Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa data penelitian berdistribusi normal.

4. Analysis of Variance (ANOVA)

Setelah asumsi identik, independen dan distribusi normal sudah terpenuhi maka dilakukan ANOVA untuk mengetahui apakah variabel *holding time* memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kekerasan dan kedalaman difusi permukaan baja. ANOVA untuk kekerasan dan kedalaman difusi ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. ANOVA *holding time* terhadap kekerasan

One-way ANOVA: HRC versus HOLD

Source	DF	SS	MS	F	P
HOLD	3	163.056	54.352	282.04	0.000
Error	32	6.167	0.193		
Total	35	169.222			

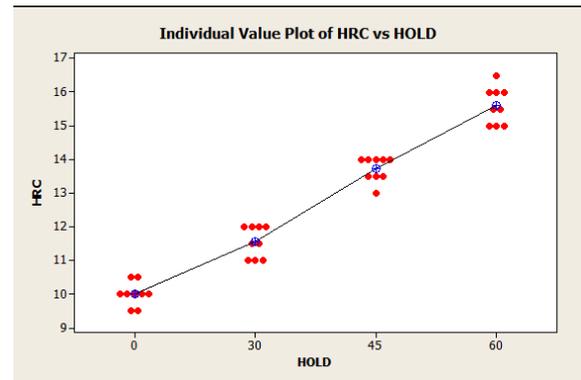
S = 0.4390 R-Sq = 96.36% R-Sq(adj) = 96.01%

Level	N	Mean	StDev
0	9	10.000	0.354
30	9	11.556	0.464
45	9	13.722	0.363
60	9	15.611	0.546

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Pooled StDev = 0.439

holding time terhadap kekerasan dapat dilihat pada Gambar 8.



Tabel 4. ANOVA *holding time* terhadap kedalaman difusi

One-way ANOVA: DIFUSI versus HOLD

Source	DF	SS	MS	F	P
HOLD	3	2234.972	744.991	2438.15	0.000
Error	32	9.778	0.306		
Total	35	2244.750			

S = 0.5528 R-Sq = 99.56% R-Sq(adj) = 99.52%

Level	N	Mean	StDev
0	9	0.000	0.000
30	9	12.778	0.441
45	9	17.556	0.726
60	9	20.667	0.707

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Pooled StDev = 0.553

Gambar 11. Pengaruh *holding time* terhadap kekerasan

Berdasarkan Gambar 11, dapat diketahui bahwa semakin lama *holding time* maka kekerasan permukaan baja akan semakin meningkat. Kekerasan permukaan maksimum dapat diperoleh dari level *holding time* selama 60 menit, dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 15,61 HRC. Jika dibandingkan dengan tanpa dilakukan *holding time*, maka terjadi peningkatan kekerasan sebesar 56,1%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kumar [11] tentang perlakuan panas material Al/TiB₂. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin lama *holding time*, maka kekerasan juga semakin meningkat.

Variabel bebas dikatakan berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat apabila *P-value* lebih kecil dari nilai taraf signifikan α , dalam penelitian ini α bernilai $0.05 = 5\%$. Berdasarkan ANOVA dapat dijabarkan pengaruh variabel bebas *holding time* terhadap variabel terikat kekerasan dan kedalaman difusi dapat dijabarkan sebagai berikut:

3.1.2 Pengaruh *holding time* terhadap kedalaman difusi

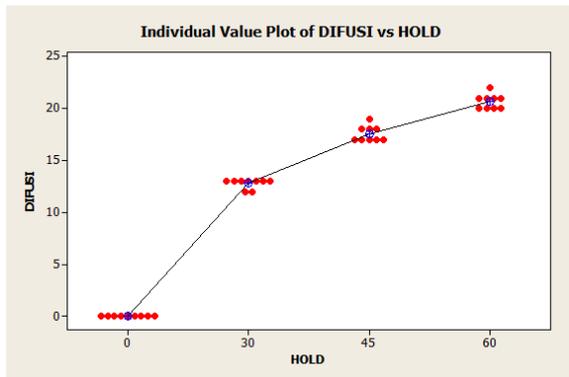
3.1.1 Pengaruh *holding time* terhadap kekerasan

Dari Tabel Anova dapat diketahui bahwa *P-value* untuk variabel *holding time* terhadap respon kedalaman difusi sebesar $0,000 < \alpha$, hal ini berarti bahwa *holding time* juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kedalaman difusi karbon ke permukaan baja dengan tingkat keyakinan sebesar 95 %.

P-value untuk variabel *holding time* terhadap respon kekerasan sebesar $0,000 < \alpha$, hal ini berarti bahwa *holding time* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan baja dengan tingkat keyakinan sebesar 95 %.

Karakteristik semakin besar semakin baik (*large is better*) juga diberlakukan untuk respon untuk kedalaman difusi. Hal ini berarti bahwa nilai kedalaman difusi yang maksimum adalah yang paling diinginkan. Pengaruh variasi *holding time* terhadap kedalaman difusi dapat dilihat pada Gambar 12.

Karakteristik semakin besar semakin baik (*large is better*) digunakan untuk respon kekerasan. Hal ini berarti bahwa nilai kekerasan yang maksimum adalah yang paling diinginkan. Pengaruh variasi



Gambar 12. Pengaruh *holding time* terhadap kedalaman difusi

Berdasarkan Gambar 12, dapat diketahui bahwa semakin lama *holding time* maka kedalaman difusi karbon ke permukaan baja juga akan semakin meningkat. Kedalaman difusi maksimum dapat dicapai pada level *holding time* selama 60 menit, dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 20,67 μm .

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Ada pengaruh yang signifikan variasi *holding time* terhadap kekerasan baja St 41 setelah dilakukan proses *pack carburizing* menggunakan media arang tempurung kelapa sawit.
- Ada pengaruh yang signifikan variasi *holding time* terhadap kedalaman difusi karbon ke permukaan baja St 41 setelah dilakukan proses *pack carburizing* menggunakan media arang tempurung kelapa sawit.
- Peningkatan *holding time* akan meningkatkan kedalaman difusi karbon ke permukaan baja serta meningkatkan kekerasan baja pada proses *pack carburizing*.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba menggunakan temperatur pemanasan yang berbeda serta variasi *holding time* dengan rentang yang berbeda untuk membandingkan besarnya kontribusi variabel-variabel bebas tersebut dalam mengurangi variasi respon yang diteliti.

- Disarankan juga untuk menggunakan media karbon yang berbeda agar dapat menemukan media-media karbon baru yang lebih efektif untuk digunakan pada proses *pack carburizing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wattimena, W. M. E., Louhenapessy, Jandri. 2014. Pengaruh Holding Time Dan Quenching Terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37 Pada Proses Pack Carburizing Menggunakan Arang Batok Biji Pala (*Myristica Fagrans*). *Jurnal Teknologi*. Volume 11 No .1.
- [2] Istiqlaliyah, Hesti., Ratnaning, Kustriwi., Baihaqi, Mohammad. 2016. Pengaruh Variasi Media Karburasi Terhadap Kekerasan Dan Kedalaman Difusi Karbon pada Baja ST 42. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi di Industri*.
- [3] Amanto, H & Daryanto. 2006. Ilmu Bahan, Jakarta: Bumi Aksara.
- [4] Cahyani, Rani. 2011. Pembuatan dan Analisis Kualitas Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi dan Kalium Hidrosida, Institut Pertanian Bogor.
- [5] Mulyanto, A. E., Pribadi, R.J., E, Solechan. 2013. Analisa Penggunaan Tempurung Kelapa Untuk Meningkatkan kekerasan Bahan Pisau Timbangan Meja Dengan Proses Pack carburizing. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*.
- [6] Sofiyudin, A. 2007. Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Kekerasan Dan Ketahanan Aus Roda Gigi Baja Aisi 4140. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [7] Yulianto, 2015. Pendugaan Cadangan Carbon Tersimpan Pada Kelapa Sawit (*Elaeis Jarq*) Dan Analisis Kesuburan Tanah Di Perkebunan Pt. Daria Dharma Pratama Ipuh Bengkulu. Tesis. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor : Bogor
- [8] Arikunto, Suharsimi. 2010. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta: PT. Rineka Cipta Jakarta.
- [9] Vlack, V.L.H. 1984. Ilmu dan Teknologi Bahan Edisi ke-lima. USA: Addison-Wesley Publishing.
- [10] Mufarrih, Am. 2017. Pengaruh Parameter Proses Gurdi terhadap Kekasaran Permukaan pada Material KFRP Komposit. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*.
- [11] Kumar, P.S., Lakshminarayanan, P.R., Varahamoort, R. 2016. Effect of Pouring Temperature and Holding Time on Hardness at Various Locations of Al/Tib₂ MMC Cast Ingot. *International Journal of Latest Engineering Research and Applications*. Vol. 1 Hal 30-41.