

ANALISIS KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA A36 DENGAN PROSES CARBURIZING MENGGUNAKAN BATUBARA

Reza Hadi Pratama^[1], Priyagung Hartono^[2], Unung Lesmanah^[3]

^{[1],[2],[3]} Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Islam Malang

JL. M.T. Haryono. 193 Malang 65144, Jawa Timur

[^{\[1\]}rezahadi929.com](mailto:rezahadi929.com)

[^{\[2\]}priyagung@unisma.ac.id](mailto:priyagung@unisma.ac.id)

[^{\[3\]}ununglesamanah@gmail.com](mailto:ununglesamanah@gmail.com)

ABSTRAK

Proses *carburizing* (karburisasi) merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kekerasan baja tanpa harus mengubah bentuk baja dengan memanfaatkan proses difusi unsur karbon media *carburizing* ke permukaan luar (kulit) baja. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan persentase Media karburasi pada kekerasan dan struktur mikro baja A36 selama proses karburasi dilakukan untuk mengubah sifat mekanik baja sehingga diperoleh permukaan baja yang keras namun tangguh di bagian dalam baja. Pada penelitian yang dilakukan variasi suhu dan persentase pemberian media *carburizing* yang digunakan adalah suhu 850° C, 900° C, 950° C dengan media *carburizing* yang digunakan adalah serbuk batubara dan bahan kimia aktif (BaCO₃) dengan persentase 80% - 20%, 70% - 30%, lama waktu penahanan selama 1 jam. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini dengan pengujian kekerasan *vickers* nilai rata-rata tertinggi terjadi pada suhu 900° C pada pemberian persentase 80%-20% yaitu sebesar 868,3 HV(kg/mm²). Pada pemberian persentase 70%-30% pada suhu 900° C juga mendapatkan nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 703,4 HV(kg/mm²). Pada pengujian stuktur mikro nilai *pearlite* tertinggi terjadi di suhu 900° C pada pemberian persentase 80%-20% sebesar 32,943%, untuk pemberian persentase 70%-30% % pada suhu 900° C juga mendapatkan nilai *pearlite* tertinggi sebesar 32,135%. Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan suhu 900° C adalah suhu optimal untuk melakukan *carburizing*.

Kata Kunci : *Carburizing, Pack Carburizing, Baja ASTM A36, Batubara, Kekerasan Vickers, Struktur Mikro.*

ABSTRACT

The carburizing process is one way to increase the hardness of steel without having to change the shape of the steel by utilizing the diffusion process of the carbon element of the carburizing medium to the outer surface (skin) of the steel. This study was conducted with the aim of determining the influence of temperature variations and the percentage of carburizing media on the hardness and microstructure of A36 steel during the carburizing process to change the mechanical properties of steel so that a hard but tough steel surface is obtained on the inside of the steel. In the study conducted temperature variations and the percentage of carburizing media used were temperatures of 850° C, 900° C, 950° C with carburizing media used were coal powder and active chemicals (BaCO₃) with a percentage of 80% - 20%, 70% - 30%, length of detention time for 1 hour. The results obtained from this study by testing the hardness of vickers the highest average value occurred at a temperature of 900° C at a percentage of 80%-20% which was 868.3 HV (kg / mm²). At a percentage of 70%-30% at a temperature of 900° C also got the highest hardness value of 703.4 HV (kg/mm²). In microstructure testing, the highest pearlite value occurred at a temperature of 900° C at a percentage of 80%-20% of 32.943%, for giving a percentage of 70%-30% at a temperature of 900° C also got the highest pearlite value of 32.135%. The conclusion of the results of this study shows that a temperature of 900° C is the optimal temperature for carburizing.

Keywords : *Carburizing, Pack Carburizing, ASTM A36 Steel, Coal, Vickers Hardness, Microstructure.*

PENDAHULUAN

Baja adalah salah satu logam yang paling banyak digunakan dalam rekayasa. Ada beberapa alasan mengapa manusia banyak menggunakan bahan ini, antara lain melimpahnya bahan baku yang tersedia di alam, berupa bijih besi atau besi murni. Karena memiliki sifat mekanik yang bagus (keuletan dan kekuatan), mudah diproses dengan metode pengecoran ataupun pemessinan, sehingga dapat diproduksi sesuai keinginan manusia[1]. Menaikkan maupun menurunkan prosentase unsur karbon dari baja padatan tidak semudah dalam keadaan cair, salah satu caranya adalah dengan melakukan *carburizing*. Karburisasi tidak dapat mengubah komposisi karbon keseluruhan dari material yang diproses, tetapi luas permukaan kulit atau baja akan berubah secara signifikan. [2].

Baja dengan karbon sebagai campuran utama berkisar 0,12 – 2%. American Iron and Steel Institute mendefinikan baja sebagai baja karbon ketika tidak ada kandungan minimum yang ditentukan untuk kromium, kobalt, molibdenum, nikel, niobium, titanium, tungsten, vanadium atau zirkonium, atau elemen lainnya[3]. Struktur baja dibedakan menjadi tiga bentuk utama, yaitu : *Ferrite*, *Pearlite*, Karbida besi. Baja A36 adalah baja konstruksi karbon canai panas yang paling umum digunakan. Ini memiliki kekuatan luluh minimum 36k psi dan pengelasan mudah dengan kandungan karbon $\leq 0,25\%$ [4]. *Carburizing* (Karburisasi) proses *carburizing* adalah kemampuan baja untuk menyerap karbon pada temperatur 900° C - 950° C. *Carburizing* adalah salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan baja dengan karbon rendah ($<0,3\%$). Dengan proses ini, diperoleh baja dengan kandungan karbon 0,3 hingga 1% pada ketebalan 0,1 hingga 2,5 μm tergantung lamanya penamasan[5]. Pada proses *pack carburizing* caranya adalah benda kerja dimasukkan kedalam suatu kotak yang terbuat dari plat baja dan dikelilingi dengan bahan karbonasi. Bahan yang biasanya digunakan adalah arang kayu, arang tempurung kelapa, arang sekam padi, arang tulang, dan lain-lain[6]. Batubara adalah bahan bakar fosil. Yang umum dipahami adalah batuan sedimen yang mudah terbakar, terbentuk dari endapan organik, terutama sisa tumbuhan, dan dibentuk oleh aglomerasi. Unsur utamanya adalah karbon, hidrogen, nitrogen, dan oksigen [7].

Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan dilakukannya penelitian ini agar dapat mengetahui perubahan sifat mekanik baja kekerasan dan struktur mikro dengan cara proses *carburizing* untuk meningkatkan nilai kekerasan pada permukaan baja dengan menganalisis perubahan sifat material tersebut, kemudian dengan perubahan variasi suhu dan paduan pemberian serbuk batubara

bertujuan untuk mendapatkan perubahan kekerasan dan juga struktur mikro.

1. METODE PENELITIAN

Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, Metode analisis statistik, Kajian teoritis dan pengamatan pada benda yang akan di uji, dan akan di lakukan pengujian kekerasan dan stuktur mikro akibat proses carburizing yang terjadi pada baja A36 dengan variasi suhu dan paduan prosentase serbuk batubara.

Tempat dan Waktu Penelitian

- **Tempat Penelitian**

1. Penelitiandi lakukan di Dusun Rambaan Landungsari Gang 5, Nomor 10 Malang.
2. Pengujian hasil penelitian di lakukan di laboratorium teknik mesin Universitas Islam Malang.

- **Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan selama 7 bulan, mulai bulan Februari 2022 sampai bulan Agustus 2022.

Variabel Penelitian

- **Variabel Bebas**

1. Variasi suhu 850° C, 900° C, 950° C.
2. Variasi pemberian paduan presentase serbuk batubara 80% - 20%, 70% - 30%.

- **Variabel Terikat**

1. Pengujian kekerasan *Hardness Vickers Test*.
2. Pengujian Struktur Mikro.

Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat

1. *Furnace*
2. Pengayak (*Screening*)
3. Neraca digital
4. Mesin pemotong besi
5. Kontainer (wadah)
6. Digital micro tester
7. Vickers hardness tester
8. Mesin pengamplas dan autosol

B. Bahan Penelitian

1. Baja karbon rendah ASTM A36.
2. Serbuk batubara.
3. Barium karbonat (BaCO_3).
4. Air sumur.

Langkah Penelitian

Carburizing baja A36 menggunakan media karburisasi batubara dimulai dari pemotongan baja A36 sesuai dengan desain gambar, kemudian spesimen dibersihkan permukaannya, melakukan pengayakan serbuk batubara dengan ukuran serbuk 20 mesh, mencampurkan serbuk batubara dan barium karbonat (BaCO_3), penimbangan berat paduan serbuk batubara dan barium karbonat (BaCO_3) untuk dimasukan kedalam kontainer, memasukan spesimen kedalam kontainer yang telah terisi serbuk batubara, kontainer dimasukan kedalam

furnace, setelah tungku pemanas mencapai suhu yang diinginkan kemudian di tahan selama 1 jam, setelah selesai kontainer dikeluarkan kemudian spesimen didinginkan dengan proses *quenching* dengan air sumur, setelah semua penelitian dilakukan *Polishing* spesimen untuk pengambilan data kekerasan *Vickers* dan struktur mikro.

Desain Spesimen Benda Uji



Gambar 1. Desain spesimen benda uji.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

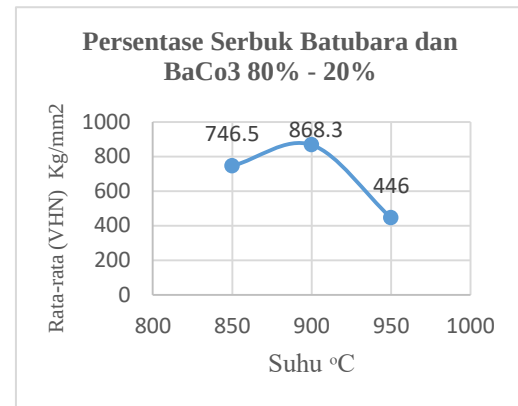
Hasil Uji Kekerasan

Table 1. Data hasil pengujian kekerasan *vickers raw material*:

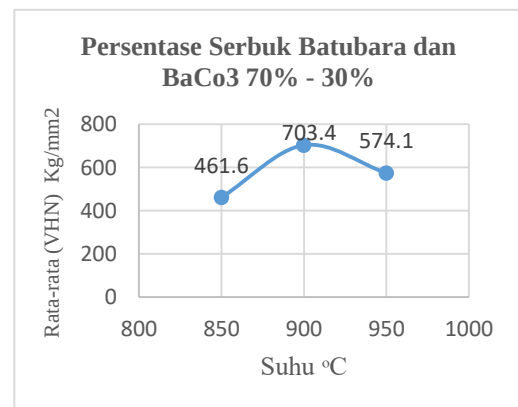
N O	Suhu	Kekerasan			Jumlah	Rata-rata (VHN) Kg/mm ²
1	Raw material	772,3	825,8	843,9	2442	814

Tabel 2. Data uji kekerasan setelah carburizing baja A36 dengan presentase serbuk batubara dan BaCo₃ 80% - 20% dan 70% - 30%:

Serbuk batubara dan BaCo ₃ (%)	Suhu	Kekerasan			Jumlah	Rata-rata (VHN) Kg/mm ²
80% - 20%	850° C	831,4	668,4	739,6	2239,4	746,5
	900° C	817,1	889,5	898,3	2604,9	868,3
	950° C	445,9	461	431,2	1338,1	446,0
70% - 30%	850° C	496,1	470,6	418,1	1384,8	461,6
	900° C	717,1	763,1	630,1	2110,3	703,4
	950° C	882	405,9	434,5	1722,4	574,1



Grafik 1. Grafik uji kekerasan persentase 80% - 20%.



Grafik 2. Grafik uji kekerasan persentase 70% - 30%.

Uji Two Way Anova

Hasil uji anova dua arah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Between-Subjects Factors

		Value Label	N
Prosentase Serbuk	1	80%-20%	9
	2	70%-30%	9
Suhu	1	850° C	6
	2	900° C	6
	3	950° C	6

Berdasarkan tabel 3 di atas menunjukkan bahwa variabel prosentase pemberian batubara dan BaCo₃ terdapat 2 kategori, sedangkan pada variabel variasi suhu terdapat 3 kategori. Dimana pada prosentase serbuk dan BaCo₃ digunakan sebesar 80%-20% dan 70%-30%, sedangkan pada suhu menggunakan variasi 850° C, 900° C dan 950° C.

Tabel 4. Descriptive Statistics. :

Dependent Variable: Nilai Kekerasan				
Prosentase Serbuk	Suhu	Mean	Std. Deviation	N
80%-20%	850° C	746,467	81,7167	3
	900° C	868,300	44,5583	3
	950° C	446,033	14,9004	3
	Total	686,933	194,0306	9
70%-30%	850° C	461,600	39,7712	3
	900° C	703,433	67,5450	3
	950° C	574,133	267,0036	3
	Total	579,722	174,1894	9
Total	850° C	604,033	166,2782	6
	900° C	785,867	103,7951	6
	950° C	510,083	183,1067	6
	Total	633,328	187,1838	18

Berdasarkan tabel 4 di atas didapatkan nilai rata-rata pada masing-masing variabel. Pada variabel suhu pada prosentase serbuk 80%-20% yaitu dengan rata-rata sebesar 746,4 pada suhu 850° C, rata-rata sebesar 868,3 pada suhu 900° C dan rata-rata sebesar 446,0 pada suhu 950° C. Untuk pemberian prosentase serbuk 70%-30% yaitu dengan rata-rata sebesar 461,6 pada suhu 850° C, rata-rata sebesar 703,4 pada suhu 900° C dan rata-rata sebesar 574,1 pada suhu 950° C.

Nilai tertinggi hasil nilai kekerasan yaitu pada pemberian prosentase serbuk batubara 80%-20% pada variasi suhu 900° C yaitu dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 868,3. Sedangkan nilai terendah pada hasil nilai kekerasan yaitu pada pemberian prosentase serbuk batubara 80%-20% pada variasi suhu 950° C yaitu dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 446,03.

Tabel 5. Levene's Test of Equality of Error Variances

Dependent Variable: Nilai Kekerasan			
F	df1	df2	Sig.
7,856	5	12	,002

Berdasarkan tabel 5 uji homogenitas *Levene's Test of Equality of Error Variances* yaitu sebesar 0.002. dimana nilai 0.002 lebih kecil dari 0.05, artinya varian variabel hasil nilai kekerasan tidak homogen atau hasil nilai kekerasan mendapatkan nilai yang berbeda.

Tabel 6. Uji Anova

Dependent Variable: Nilai Kekerasan					
Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	423002,289	5	84600,458	5,880	,006
Intercept	7219873,334	1	7219873,334	501,844	,000
Prosentase	51724,001	1	51724,001	3,595	,082
Suhu	235892,821	2	117946,411	8,198	,006
prosentase * suhu	135385,468	2	67692,734	4,705	,031
Error	172640,127	12	14386,677		
Total	7815515,750	18			
Corrected Total	595642,416	17			

a. R Squared = ,710 (Adjusted R Squared = ,589)
(Sumber : Output spss 18, dokumen pribadi)

Kesimpulan Uji *Two Way* Anova :

1. Nilai probabilitas berdasarkan variabel persentase serbuk batubara adalah 0.082. Maka **H₀ diterima** $0.082 > 0.05$. Jadi keputusan yang dapat diambil adalah **H₀ diterima**, artinya : rata-rata persentase serbuk batubara 80% - 20% dan 70% - 30% terhadap nilai kekerasan adalah sama (tidak ada perbedaan).
2. Nilai probabilitas berdasarkan variabel persentase serbuk batubara adalah 0.006. Maka **H₀ ditolak** $0.006 < 0.05$. Jadi keputusan yang dapat diambil adalah **H₀ ditolak**, artinya : rata-rata variasi suhu terhadap nilai kekerasan adalah tidak sama (ada perbedaan).
3. Hasil nilai probabilitas pada baris persentase*suhu. Didapatkan nilai probabilitas 0.031, maka dapat diambil kesimpulan bawah antar variabel persentase*suhu terdapat interaksi ($0.031 < 0.05$).

Dari uji Anova atau uji F diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 4,705 dan F_{tabel} sebesar 3,34. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} ($4,705 > 3,34$), artinya terdapat pengaruh yang signifikan. pengaruh antara variabel persentase dan suhu.

Uji Lanjut Duncan

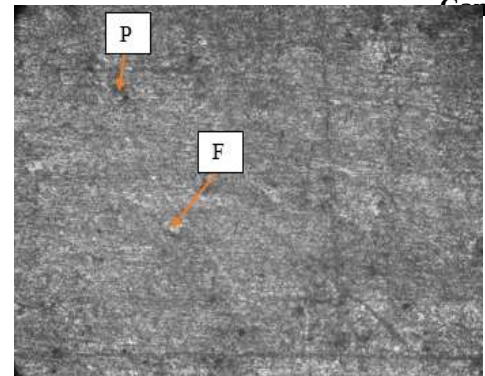
Tabel 7. Uji Duncan

Duncan			
Suhu	N	Subset	
		1	2
950° C	6	510,083	
850° C	6	604,033	
900° C	6		785,867
Sig.		,200	1,000

Berdasarkan tabel 7 di atas bahwa pengaruh variasi suhu pada tabel uji *Duncan* terbagi menjadi 2 subset. Artinya menunjukkan adanya perbedaan hasil uji kekerasan pada variasi suhu. Pada suhu 900° C memiliki pengaruh yang berbeda daripada suhu 850° C dan 950° C. Berdasarkan nilai uji *Duncan* pada suhu 900° C memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 785,867, artinya pada perlakuan variasi suhu 900° C pada nilai kekerasan specimen baja A36 memberikan perlakuan yang efektif daripada suhu 850° C dan 950° C yang mana pada suhu 900° C dapat meningkatkan kekerasan baja A36 dengan perolehan kekerasan tertinggi.

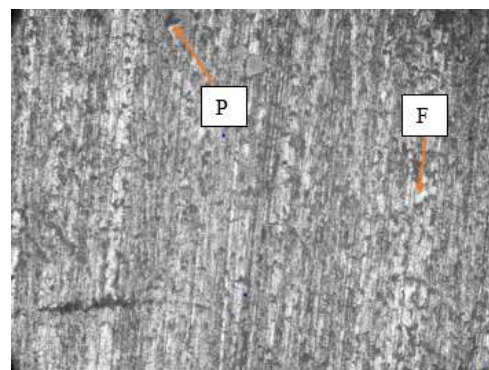
Hasil Pengujian Pengamatan Mikrostruktur

A. Raw Material



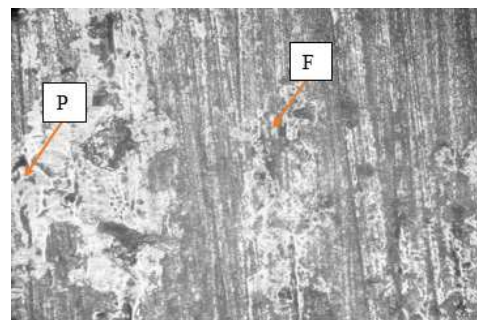
Pengamatan mikrostruktur tanpa perlakuan.

A. persentase serbuk batubara dan BaCo3 80% - 20%.



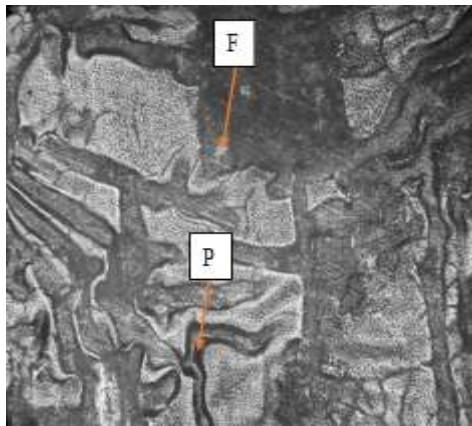
- 850 ° C

Gambar 2. Pengamatan mikrostruktur suhu 850° dengan persentase serbuk batubara dan BaCo3 80% - 20%.



- 900 ° C

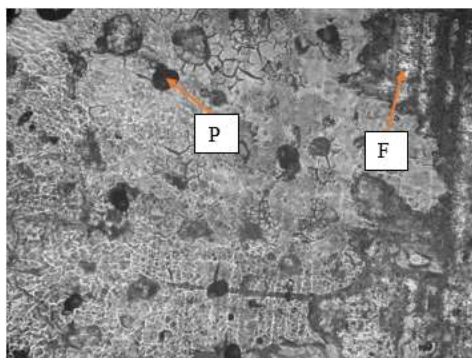
Gambar 3. Pengamatan mikrostruktur suhu 900° dengan presentase serbuk batubara dan BaCo3 80% - 20%.



- 950 ° C

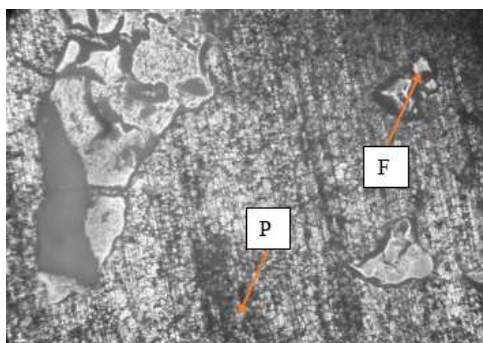
Gambar 4. Pengamatan mikrostruktur suhu 950° dengan presentase serbuk batubara dan BaCo3 80% - 20%.

- B. presentase serbuk batubara dan BaCo3 70% - 30%.



- 850 ° C

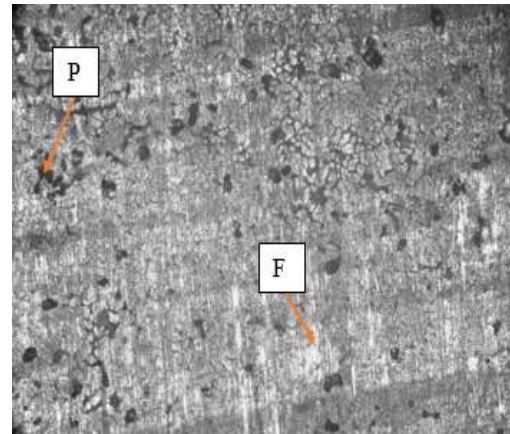
Gambar 5. Pengamatan mikrostruktur suhu 850° dengan presentase serbuk batubara dan BaCo3 70% - 30%.



- 900 ° C

Gambar 6. Pengamatan mikrostruktur suhu 900° dengan presentase serbuk batubara dan BaCo3 70% - 30%.

- 950 ° C



Gambar 7. Pengamatan mikrostruktur suhu 950° dengan presentase serbuk batubara dan BaCo3 70% - 30%.

Tabel 8. Presentase *Pearlite* dan *Ferrite*

Serbuk batubara dan BaCo3 (%)	Suhu	<i>Pearlite</i> (%)	<i>Ferrite</i> (%)
80% - 20%	850° C	20,467	79,53
	900° C	32,943	67,06
	950° C	22,256	77,74
70% - 30%	850° C	20,465	79,54
	900° C	32,135	67,87
	950° C	26,868	73,13

Semakin besar persentase % *Pearlite* maka nilai kekerasannya akan bertambah. Semakin besar % *Ferrite* semakin lunak sehingga kekerasannya berkurang. Terbukti bahwa semakin besar presentase serbuk batubara dan BaCo₃ mengakibatkan nilai kekerasan dari baja A36 meningkat, nilai tertinggi kekerasan yaitu pada pemberian prosentase serbuk batubara dan BaCo₃ 80%-20% pada variasi suhu 900° C yaitu dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 868,3 HV.

4. KESIMPULAN

Variasi suhu dan pemberian paduan serbuk batubara pada proses *carburizing* sangat berpengaruh pada permukaan baja, yaitu terhadap kekerasan. Variasi suhu dan pemberian paduan serbuk batubara pada proses *carburizing* juga

mempengaruhi pada pengujian struktur mikro menghasilkan nilai *pearlite* dan *ferlite* yang berbeda pada setiap spesimen berwarna gelap (*pearlite*) berwarna terang (*ferlite*) pada permukaan baja setelah *carburizing*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Iqbal and D. Arisandi, "Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit," *J. Mek.*, vol. 8, no. 1, pp. 686–696, 2017.
- [2] A. Nurharyanto, "Pengaruh Media Carburizing Arang Sekam Padi Dan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah," Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2009.
- [3] W. F. (William F. Smith and J. Hashemi, "Foundations Of Materials Science and Engineering." McGraw-Hill, p. 1032, 2005.
- [4] L. Shaanxi World Iron & Steel Co., "Plat Baja Karbon ASTM A36 Dunia Besi & Baja," *Shaanxi World Iron & Steel Co., Ltd*, 2019.
<http://id.worldironsteel.com/mechanical-and-structural-steel/astm-a36-carbon-steel-plate.html> (accessed Oct. 27, 2021).
- [5] S. Darmo, S. Sugiman, S. Salman, A. D. Catur, and P. D. Setyawan, "Pelapisan Calsium Carbida Permukaan Baja Karbon Rendah Dengan Pack Carburizing Energizer Serbuk Cangkang Kerang Mutiara," *J. Pendidik. Fis. dan Teknol.*, vol. 6, no. 2, p. 213, Dec. 2020, doi: 10.29303/jpft.v6i2.2073.
- [6] S. Rasyid, *Teknologi Pengolahan Logam - Google Books*. Deepublish, 2014.
- [7] PT.PLN batubara, "PLN Batubara Macam-Macam Batubara Sesuai Kualitasnya," *21 januari 2020*, 2020.
<https://www.plnbatubara.co.id/komunikasi/berita/macam-macam-batubara-sesuai-kualitasnya-137> (accessed Nov. 10, 2021).