

Perbandingan Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah pada Proses *Pack Carburizing* dengan Media Arang Sekam Padi dan Arang Tempurung Kelapa

ANWAR NURHARYANTO^{1,*}, DIMAS ARDIANSYAH HALIM², EKO SUROJO³

^{1,2}Akademi Teknik Wacana Manunggal Semarang
Jl. Karang Balong Raya No. 88, Kab. Semarang 50775

³Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami No. 36A Surakarta

*Email: anwarnurharyanto@atwm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh variasi media carburizing terhadap kekerasan dan struktur mikro dari baja karbon rendah pada proses pack carburizing. Proses pack carburizing banyak digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik baja yang memerlukan permukaan yang keras tetapi tangguh di bagian dalam. Pada penelitian ini media carburizing yang digunakan adalah arang sekam padi dan arang tempurung kelapa dengan persentase berat sebesar 80% dan bahan kimia aktif aktif ($BaCO_3$) sebesar 20%. Dalam penelitian ini proses carburizing dilakukan pada temperatur 980°C dengan waktu penahanan 1, 2 dan 3 jam untuk media arang sekam padi dan waktu penahanan 2 jam untuk media arang tempurung kelapa. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa media arang tempurung kelapa lebih efektif sebagai media carburizing dibandingkan arang sekam padi. Sekam padi dengan waktu penahanan selama 3 jam diperoleh nilai kekerasan sebesar 570 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.13 mm. Sehingga jika menggunakan media arang sekam padi untuk proses pack carburizing waktu yang digunakan lebih dari 3 jam.

Kata kunci: *baja karbon rendah, kekerasan, media carburizing*

ABSTRACT

The aim of this research is to investigate the influence of carburizing media variation to the microstructure and hardness of low carbon steel in pack carburizing process. The pack carburizing process is after applied to get hardness in the surface and ductility in the middle of metal. This research uses paddy and coconut charcoal media. The weight percentage of each charcoal is 80% and the active chemical BaCO₃ is 20%. The pack carburizing was done at 980°C in holding time 1, 2, 3 hour for the paddy charcoal and 2 hour for the coconut charcoal media. The result of this research show that coconut charcoal media is more effective as carburizing media compared with the paddy charcoal. The paddy charcoal with holding time 3 hour results the hardness 570 HV and effective case depth 0.13 mm.

Keyword: *carburizing media, hardness, low carbon steel*

1. PENDAHULUAN

Pemakaian logam *ferrous* baik baja maupun besi cor dengan karakteristik dan sifat yang berbeda membutuhkan adanya suatu penanganan yang tepat sehingga implementasi dari penggunaan logam tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan karena baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan mudah dimesin namun kekerasannya rendah dan ketahanan ausnya rendah (Tong, Dengzun, & Chungun, 2010). Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional karena kadar karbonnya yang rendah, sehingga perlu dilakukan proses *carburizing*. Proses *carburizing* sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses *carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian dalam tetap ulet (Iswadi Jauhari a, Masdeka, & b, 2007).

Baja dipasaran biasanya dijual dalam bentuk baja padat, baik dalam bentuk plat, lonjoran, batangan maupun profil. Meningkatkan maupun menurunkan persentase unsur karbon dari baja padatan tidak semudah dalam keadaan cair, salah satu cara yaitu dengan proses *carburizing*. *Carburizing* tidak mampu merubah komposisi karbon secara menyeluruh dari material yang diproses, namun pada daerah kulit atau permukaan baja akan berubah signifikan (Kowser & Islam, 2015). Selain dari itu ada hal yang perlu diperhatikan sebelum memulai proses pengarbonan (*carburizing*), yaitu komposisi kimia khususnya perubahan unsur karbon C akan dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat mekanik baja tersebut (Wu, a, & Chen, 2016). Proses karburasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu penahanan atau lamanya proses karburasi, temperatur pemanasan, media karburasi dan lamanya proses pendinginan. Untuk media karburasi, penggunaan persentase bahan karbon aktif dan bahan kimia yang berfungsi sebagai *energizer* akan menghasilkan kekerasan yang berbeda pada baja logam sebelum dan sesudah mengalami proses karburasi (WANG, QU, HE, HU, & LI, 2016).

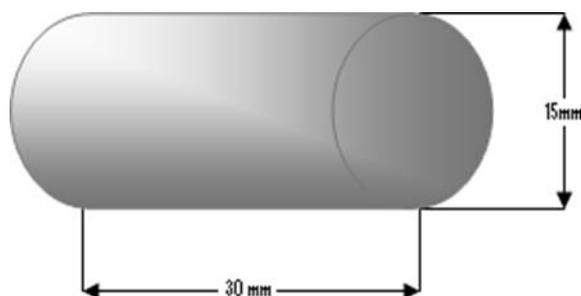
Untuk memperoleh sifat mekanik dan struktur mikro yang diinginkan dari suatu baja, dapat dilakukan dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas didefinisikan sebagai suatu proses yang terdiri dari pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat (*solid*

state) untuk tujuan memperoleh kondisi atau sifat bahan yang diinginkan. Perlakuan panas dapat mengubah baja dengan cara mengubah ukuran dan bentuk butir serta mengubah struktur mikro tanpa harus mengubah bentuk dan dimensi dari benda. Proses perlakuan panas secara umum merupakan operasi pemanasan dengan pendinginan secara terkontrol untuk mendapatkan struktur mikro khusus yang merupakan kombinasi dari penyusunnya. Elemen pokok dari beberapa perlakuan panas adalah siklus pemanasan, temperatur penahanan, waktu dan siklus pendinginan akan mempengaruhi terjadinya perubahan struktur mikro dalam baja.

2. METODE PENELITIAN

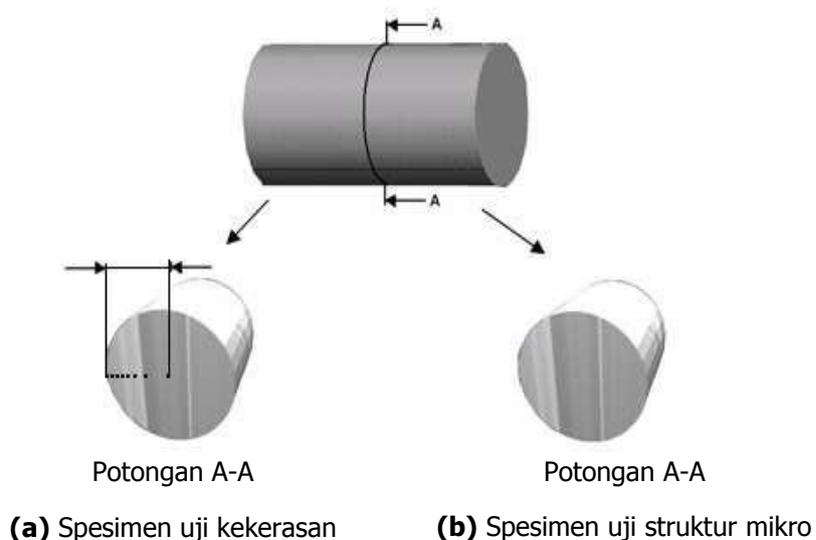
2.1 Pengumpulan Data

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja karbon rendah. Sedangkan banyaknya benda uji adalah 14 buah, yaitu 9 untuk proses *carburizing* dengan arang sekam padi, 3 buah untuk proses *carburizing* dengan arang tempurung kelapa, 1 benda kerja untuk uji kekerasan dan sekaligus juga untuk uji struktur mikro, dan 1 benda kerja untuk uji komposisi kimianya agar dapat diketahui kandungan yang terdapat dalam baja karbon ini. Pengujian komposisi kimia dilakukan di PT. ITOKOH CEPERINDO, Klaten. Pematangan benda kerja ini dilakukan dengan menggunakan gergaji tangan yang dibilasi dengan air. Benda uji dibuat dengan memotong baja silinder dengan ukuran diameter 15 mm dan panjang 30 mm seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Benda Kerja

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dan *effective case depth* baja karbon yang diperoleh setelah mengalami proses karburasi. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 8 titik, yaitu pada jarak 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 1 dan 7.5 mm. dari permukaan. Pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji kekerasan *mikro vickers* dan menggunakan standar pengujian ASTM E 384-89 yaitu dengan pembebanan 200 gf selama 10 detik. Sedangkan tujuan dari pengamatan struktur mikro adalah untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari logam sebelum dan sesudah mengalami proses karburasi. Foto struktur mikro diambil masing-masing satu titik pada permukaan *spesimen*. Sebelum dilakukan foto mikro, *spesimen* terlebih dahulu dihaluskan menggunakan amplas mulai dari ukuran 120-1200 *mesh*, kemudian digosok dengan *autosol*. Untuk memunculkan struktur mikro baja dilakukan etsa dengan menggunakan HNO_3 (*asam nitrat*).



Gambar 2. Ilustrasi titik pengujian

Struktur mikro diamati dan dianalisis dengan cara melihat struktur yang terjadi pada baja karbon hasil karburasi dan dihubungkan dengan teori-teori yang mendasari terbentuknya struktur mikro pada proses *carburizing*. Dari hasil pengamatan ini dapat diprediksi sifat-sifat mekanik khususnya kekerasan baja karbon hasil proses *carburizing*.

2.2 Perhitungan Nilai Kekerasan *Mikro Vickers*

Pada metoda *mikro vickers* digunakan penekan intan berbentuk piramida yang diberi beban 25-1000 gf, dengan waktu penekanan 10-15 s. Nilai kekerasan HVN dapat dihitung dengan rumus:

$$HVN = \frac{1,854 P}{l^2},$$

di mana:

P = beban penekan (kgf)

l^2 = rata-rata diagonal jejak (mm)

2.3 Penentuan Nilai Kekerasan *Mikro Vickers*

Dalam penelitian ini, pengukuran nilai kekerasan rata-rata dari baja hasil proses karburasi, dapat dihitung dengan persamaan :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

di mana:

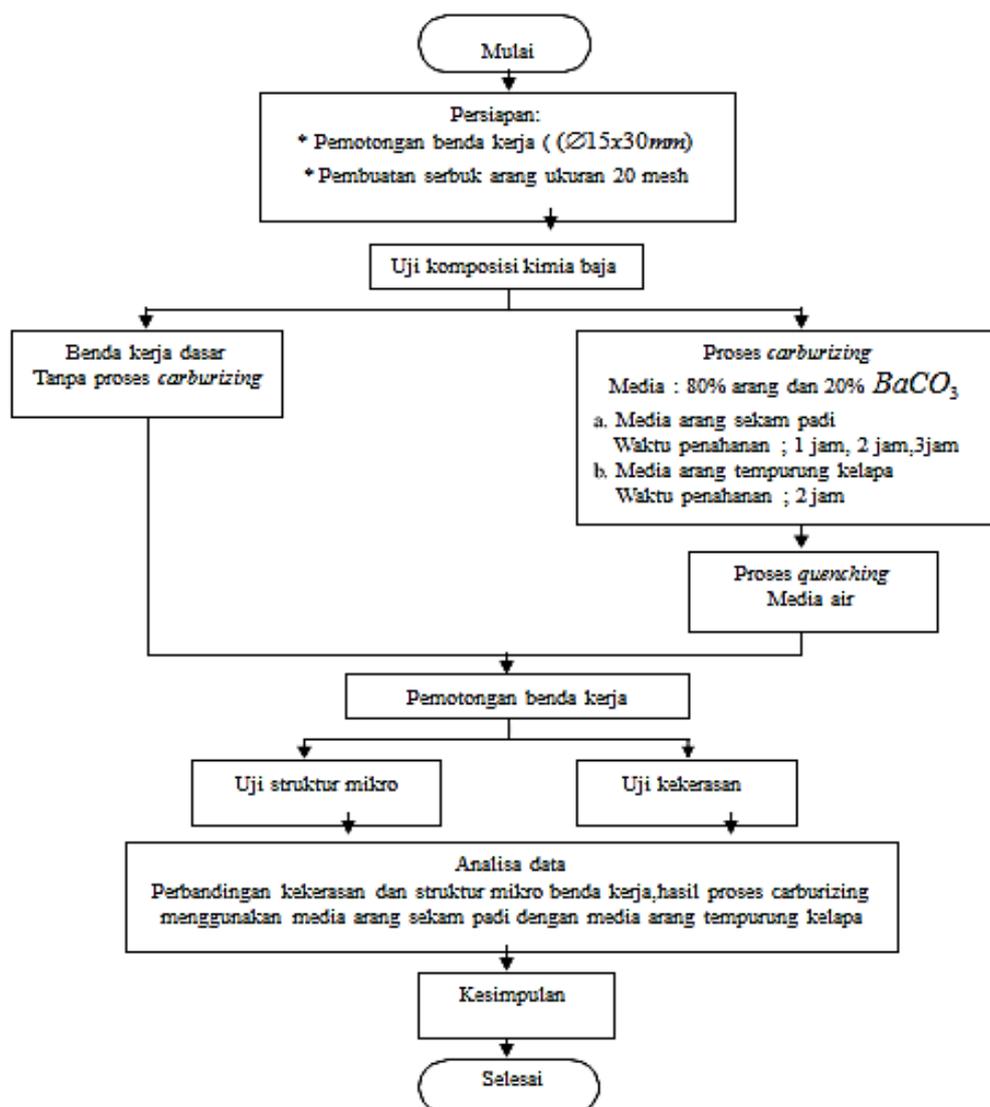
\bar{x} = kekerasan rata-rata (HVN)

$\sum_{i=1}^n x_i$ = jumlah kekerasan dari semua specimen uji

n = jumlah specimen.

2.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dibuat untuk mengurutkan langkah-langkah dalam penelitian. Adapun diagram alirnya dapat dilihat pada Gambar 3.



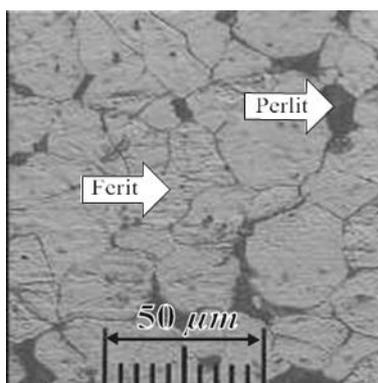
Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Material yang digunakan berupa baja tulangan yang sering digunakan untuk konstruksi sebuah bangunan. Untuk mengetahui kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam baja tersebut dilakukan uji komposisi kimia. Dari pengujian menunjukkan bahwa baja tersebut tergolong baja karbon rendah karena unsur karbon baja kurang dari 0.3% (Wei, Zurecki, & Jr, 2015). Komposisi kimia yang terkandung dalam baja karbon, foto mikro permukaan benda kerja tanpa proses *carburizing* dan kekerasan rata-rata benda kerja tanpa proses *carburizing* berturut-turut disajikan pada Tabel 1, Gambar 4 dan Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja Karbon

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	98.38	Mo	0.047
C	0.138	Cu	0.147
Si	0.672	Mg	0.000
Mn	0.238	V	0.009
P	0.094	Ti	0.007
S	0.025	Nb	0.016
Ni	0.061	Al	0.046
Cr	0.057	W	0.047

**Gambar 4. Foto mikro permukaan benda kerja tanpa proses *carburizing*****Tabel 2. Nilai Kekerasan Rata-Rata Benda Kerja Tanpa Proses *Carburizing***

No.	Jarak dari tepi (mm)	HV Rata-rata
1	0.1	231
2	0.2	213
3	0.3	221
4	0.4	213
5	0.5	211
6	0.7	217
7	1	207
8	7.5	218

Gambar 4 menunjukkan struktur mikro benda kerja tanpa proses *carburizing*. Struktur mikronya berupa fasa *ferit*. Hal ini dikarenakan karbon yang terkandung di dalam benda kerja tanpa *carburizing* sangat sedikit, sehingga seluruh atom karbon dapat terlarut ke dalam atom-atom Fe membentuk larutan padat intertisi yang dinamakan *ferit* dan terdapat sedikit *perlit*. Kesimpulan ini diperkuat dari hasil pengujian kekerasan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, di mana diperoleh nilai kekerasan material awal mendekati nilai kekerasan fasa *ferit*.

Tabel 3. Nilai Kekerasan Rata-Rata Benda Kerja Dasar Hasil Pemanasan dan *Quenching*

No.	Jarak dari tepi (mm)	HV Rata-rata
1	0.1	231
2	0.2	213
3	0.3	221
4	0.4	213

Perbandingan Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah pada Proses Pack Carburizing dengan Media Arang Sekam Padi dan Arang Tempurung Kelapa

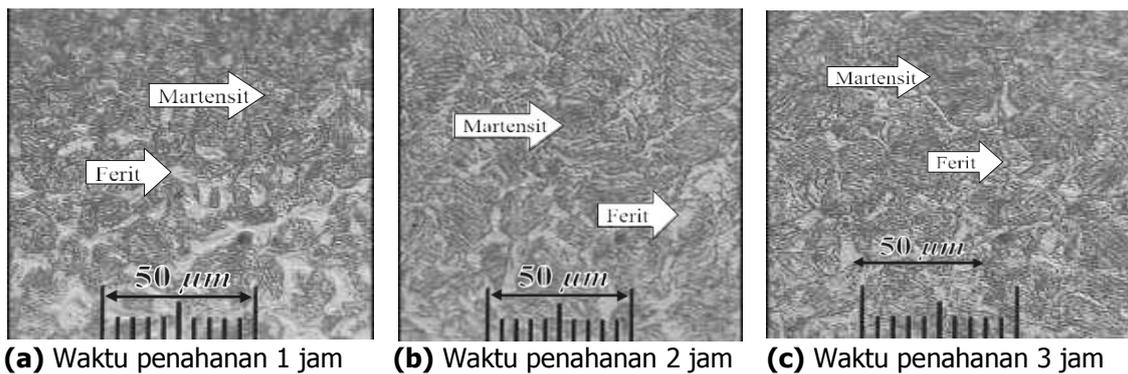
No.	Jarak dari tepi (mm)	HV Rata-rata
5	0.5	211
6	0.7	217
7	1	207
8	7.5	218

Pada Tabel 3 dapat dilihat nilai kekerasan benda kerja dasar hasil pemanasan dan *quenching* tidak jauh berbeda dengan benda kerja dasar tanpa pemanasan. Pemanasan ini dilakukan dengan temperatur yang sama digunakan dalam proses *carburizing* yaitu 980°C. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah kekerasan yang didapatkan merupakan pengaruh *quenching* atau memang dikarenakan difusi atom karbon kedalam benda kerja.

Tabel 4. Nilai Kekerasan Pengaruh dari Waktu Penahanan

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)			
		Benda kerja tanpa proses <i>carburizing</i>	Media arang sekam padi 1 jam	Media arang sekam padi 2 jam	Media arang sekam padi 3 jam
1	0.1	230	351	452	570
2	0.2	212	255	396	503
3	0.3	220	250	345	426
4	0.4	213	249	288	353
5	0.5	210	242	269	296
6	0.7	217	237	236	264
7	1	206	234	227	255
8	7.5	218	230	222	250

Dari Tabel 4 dan Gambar 4 dapat dilihat nilai kekerasan permukaan benda kerja menggunakan media arang sekam padi dengan waktu penahanan *carburizing* selama 1 jam sebesar 351 HV, pada waktu penahanan 2 jam nilai kekerasan permukaannya naik menjadi 452 HV dan pada waktu penahanan 3 jam nilai kekerasan permukaannya naik sebesar 570 HV. Dari data di atas dapat diketahui bahwa waktu penahanan *carburizing* akan mempengaruhi nilai kekerasan benda kerja dan kedalaman permukaan yang dikeraskan. Semakin lama waktu penahanannya mengakibatkan kekerasan pada benda kerja akan semakin tinggi dan semakin dalam pula permukaan benda kerja yang akan dikeraskan. Dari data di atas nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada benda kerja yang dilakukan proses *carburizing* dengan waktu penahanan 3 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses *carburizing* berlangsung semakin banyak pula atom karbon yang berdifusi ke dalam permukaan logam. Berdasarkan standar ISO No. 2639-1973, *effective case depth pack carburizing* sebesar 550 HV. Dari hasil penelitian nilai kekerasan yang mendekati *effective case depth* hanya pada waktu penahanan 3 jam yaitu pada titik 0.13 mm, sedangkan pada waktu penahanan 1 dan 2 jam tidak dapat mencapai standar kekerasan yang diinginkan.



Gambar 5. Pengaruh waktu penahanan terhadap struktur mikro

Pada Gambar 5 dapat dilihat struktur mikro baja setelah mengalami proses *carburizing* dengan variasi waktu penahanan. Pada permukaan terdapat fasa *martensit* yang berwarna gelap, berbentuk seperti jarum tak beraturan. Fasa *martensit* terbentuk karena pendinginan yang sangat cepat. Di dalam matriks *martensit* terdapat fasa *ferit* tetapi jumlahnya sedikit, warnanya putih kusam. Fasa *martensit* sifatnya sangat keras. Hal ini yang menyebabkan nilai kekerasan pada permukaan baja meningkat.

Pada Gambar 5(a) dan 5(b) dapat dilihat bahwa jumlah *ferit*-nya masih banyak, sehingga peningkatan kekerasannya juga kecil. Hal ini disebabkan karena waktu penahannya pendek, sehingga atom karbon yang terdifusi jumlahnya sedikit dibandingkan dengan waktu penahanan 3 jam.

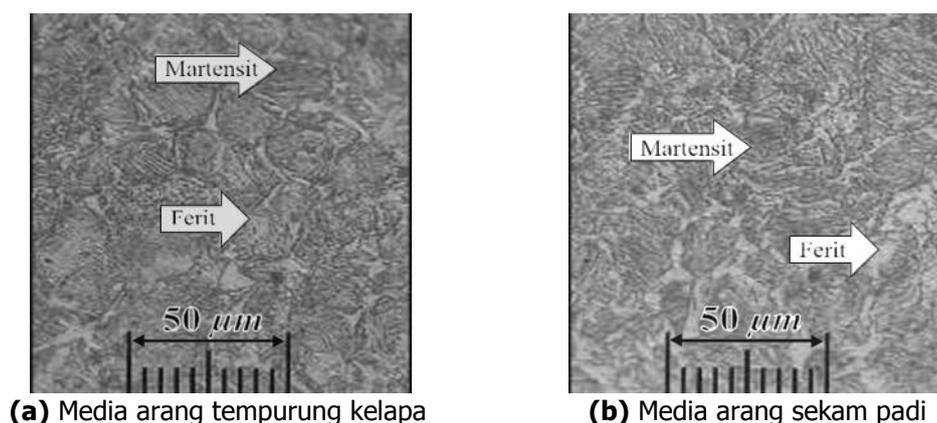
Tabel 5. Perbandingan nilai kekerasan benda kerja waktu penahanan 2 jam

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)		
		Benda kerja tanpa proses <i>carburizing</i>	Media arang sekam padi 2 jam	Media arang tempurung kelapa 2 jam
1	0.1	230	452	601
2	0.2	212	396	514
3	0.3	220	345	483
4	0.4	213	288	435
5	0.5	210	269	384
6	0.7	217	236	318
7	1	206	227	295
8	7.5	218	222	278

Dari Tabel 5 dan Gambar 5 didapatkan hasil nilai kekerasan permukaan dari proses *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dan waktu penahanan 2 jam sebesar 601 HV. Pada proses *carburizing* dengan media arang sekam padi dan waktu penahanan 2 jam kekerasannya sebesar 452 HV. Pada proses *carburizing* dengan media arang sekam padi dan waktu penahanan 2 jam kekerasannya sebesar 452 HV. Apabila dibandingkan nilai kekerasan kedua benda kerja tersebut nilai kekerasan yang lebih tinggi terdapat pada benda kerja yang dilakukan proses *carburizing* dengan arang tempurung kelapa. Hal ini dipengaruhi oleh potensial karbon yang terkandung dalam arang. Semakin banyak potensial karbon pada arang maka atom-atom karbon yang akan terdifusi ke dalam benda kerja lebih banyak. Dengan banyaknya atom-atom karbon yang terdifusi ke dalam benda kerja maka pada proses *quenching* akan mudah terbentuk fasa *martensit* yang mengakibatkan kekerasan benda kerja

tersebut semakin tinggi. Selain itu dari pengujian kerapatan serbuk menggunakan standar ASTM-D1895 diketahui bahwa nilai tertinggi diperoleh pada serbuk tempurung kelapa yaitu sebesar 0.5823 g/m^3 , sedangkan untuk arang sekam padi sebesar 0.3879 g/m^3 sehingga pada proses karburasi atom karbon tempurung kelapa lebih banyak dibandingkan karbon sekam padi.

Berdasarkan standar ISO No. 2639-1973, *effective case depth pack carburizing* sebesar 550 HV. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kekerasan yang mendekati *effective case depth* hanya pada media tempurung kelapa yaitu pada titik 0.15 mm. Sedangkan pada media sekam padi tidak dapat mencapai standar kekerasan yang diinginkan.



Gambar 6. Pengaruh media karburasi

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa fasa *martensit* terbentuk pada semua media *carburizing*. Pada Gambar 6(b) yaitu *carburizing* dengan media arang sekam padi jumlah fasa *ferit* yang terdapat pada permukaan baja lebih banyak jika dibandingkan jumlah fasa *ferit* yang terdapat pada media arang tempurung kelapa. Sedangkan pada Gambar 6(a) fasa *martensit* yang terbentuk semakin banyak. Hal ini dikarenakan nilai potensial karbon pada arang tempurung kelapa persentasenya lebih tinggi sehingga karbon yang terdifusi ke dalam benda kerja jauh lebih banyak.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa media arang tempurung kelapa lebih efektif sebagai media *carburizing* dibandingkan arang sekam padi. Sekam padi dengan waktu penahanan selama 3 jam diperoleh nilai kekerasan sebesar 570 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.13 mm. Oleh karena itu jika menggunakan media arang sekam padi untuk proses *pack carburizing* waktu yang digunakan lebih dari 3 jam. Pada struktur mikro benda kerja setelah proses *carburizing* terbentuk fasa *ferit* dan *martensit*. Semakin banyak karbon yang terdifusi ke dalam benda kerja, menyebabkan mudah terbentuk fasa *martensit* saat *quenching*. Fasa *martensit* menyebabkan kekerasan benda kerja naik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Akademi Teknik Wacana Manunggal yang telah banyak membantu dan memberi fasilitas untuk melakukan penelitian. Rekan-rekan dosen dan mahasiswa yang telah banyak membantu terselesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Azis S. A. A., Jauhari I., Ahamad, N. W. (2012). Improving surface properties and wear behaviors of duplex stainless steel via. Pressure carburizing. *Surface & Coatings Technology, Elsevier*. 142-150.
- Iswadi Jauhari A., S. R., Masdeka, N. R., & b, O. H. (2007). Surface properties and activation energy analysis for. *Materials Science and Engineerin*, 230-234.
- Kowser, M. A., & Islam, M. H. (2015). Preparation of clamp sleeve parts for crimping machine using low carbon steel material by heat treatment process. *Procedia Engineering*, 769-775.
- Tong, L., Dengzun, Y., & Chungen, Z. (2010). Low-temperature formation of aluminide coatings on ni-base. *Chinese Journal of Aeronautics*, 381-385.
- WANG, G.-h., QU, S.-g., HE, R.-l., HU, K., & LI, X.-q. (2016). Effect of carburization on microstructure and. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 3161-3169.
- Wangping Wu, a, J., & Chen, Z. (2016). Ablation behavior of mono layer and multi layer Ir coating sunder. *Acta Astronautica*, 1-7.
- Yingying Wei, Zurecki, Z., & Jr, R. D. (2015). Optimization of processing conditions in plasma activated. *Surface & Coatings Technology*, 190-197.