



Karakterisasi Hasil *Pack Carburizing* Menggunakan Campuran Serbuk Arang Tulang Sapi Dan Arang Batok Kelapa Pada Baja Aisi 1040 Setelah *Double Quenching*

Aditya Sapta Nugraha^{*1}, Lukman Hakim Nasution^{**2,3}, TO Rajagukguk^{***1}, Chandra Aditiya¹, Candra Irianto¹, Bambang Prahoro Aji¹, Nazaruddin³, Heri Suropto⁴.

¹Universitas Malahayati
Lampung,
Lampung – Indonesia
adityasaptanugraha25@gmail.com
[m](http://www.malahayati.ac.id)

²Badan Perencanaan
Pembangunan Daerah,
Penelitian dan Pengembangan
Provinsi Riau,
Pekanbaru - Riau
lukman_n82@yahoo.com

³Sekolah Tinggi Teknologi
Pekanbaru,
Pekanbaru - Riau

⁴Program Studi Teknik Mesin
Universitas Pasir Pengaraian.
Rokan Hulu - Riau

ABSTRAK

Hasil karakterisasi proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa berukuran *mesh* 40 dengan perbandingan 1:1 pada baja AISI 1040 setelah *double quenching* dilakukan dengan X-Ray Fluorescence portable dan Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy. Raw material (RA) yaitu baja AISI 1040 yang dipanaskan pada suhu 800°C dengan *holding time* 2 jam sebagai spesimen A, dan 800°C dengan *holding time* 6 jam sebagai spesimen B, dimana ukuran masing-masing spesimen adalah tebal 3 mm, panjang 50 mm dan lebar 20 mm; menggunakan media pendingin air es 1.200 ml. Hasil analisis karakterisasi X-Ray Fluorescence portable menunjukkan nilai kadar unsur dan jenis unsur utama yang di ambil adalah Fe dan Ti sebab kedua unsur ini yang sangat berperan penting untuk ketahanan aus pada baja AISI 1040. Nilainya meningkat sebesar 0,46% hingga 2,07% dibandingkan spesimen RA dan B, serta 5,33% hingga 7,95% dibandingkan spesimen RA dan B. Sedangkan hasil analisis karakterisasi dengan Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (FESEM-EDS) menunjukkan bahwa morfologi spesimen A yang menandakan unsur karbon (C) lebih merata menyebar dan melapisi permukaan spesimen meskipun bentuk bulat, lonjong dan persegiinya tidak sempurna. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa berukuran *mesh* 40 pada baja AISI 1040 berhasil di lakukan dengan proses terbaik adalah pada suhu 800°C, *holding time* selama 2 jam.

Kata kunci: Baja AISI 1040; *pack carburizing*; *double quenching*; serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa; XRF portable FESEM-EDS.

ABSTRACT

Characterization of the *pack carburizing* process using a 1:1 mixture of 40-mesh bone charcoal and coconut shell charcoal powder on AISI 1040 steel after *double quenching* was performed with portable X-Ray Fluorescence and Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy. The raw material (RA), AISI 1040 steel, was heated to 800°C with a *holding time* of 2 hours for specimen A, and 800°C with a *holding time* of 6 hours for specimen B, with each specimen measuring 3 mm in thickness, 50 mm in length, and 20 mm in width, and quenched using 1,200 ml of ice water. The portable X-Ray Fluorescence analysis revealed that the main elements, Fe and Ti, which are critical for the wear resistance of AISI 1040 steel, increased by 0.46% to 2.07% compared to RA and specimen B, and by 5.33% to 7.95% compared to RA and specimen B. The Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (FESEM-EDS) analysis indicated that the carbon (C) in specimen A was more uniformly distributed and coated the specimen's surface, despite the carbon's spherical, oval, and square shapes being imperfect. Therefore, it can be concluded that the *pack carburizing* process using a 40-mesh mixture of bone charcoal and coconut shell charcoal powder on AISI 1040 steel was successfully executed, with the optimal process being at 800°C with a *holding time*

Corresponding Author:
✉ Aditya Sapta Nugraha
Accepted on: 2024-06-28

of 2 hours.

Keywords: AISI 1040 steel; pack carburizing; double quenching; bone charcoal powder and coconut shell charcoal powder; portable XRF FESEM-EDS.

1. PENDAHULUAN

Baja menjadi pilihan untuk digunakan pada berbagai jenis komponen otomotif seperti roda gigi karena memiliki tingkat kekerasan yang cukup baik untuk ketahanan aus [1]. Peningkatan kekerasan baja AISI 1040 dapat dilakukan dengan metode *pack carburizing* dengan menambahkan unsur karbon secara bersamaan di dalam kotak kedap udara yang kemudian dipanaskan pada suhu *carburizing*. Kekurangan sifat kekerasan pada permukaan dari baja karbon dapat diperbaiki dengan menambahkan sejumlah karbon, dimana proses penambahan ini dapat dilakukan melalui proses *pack carburizing* [2]. Sedangkan *carburizing* padat dilakukan dapat menggunakan serbuk arang pada 600°C hingga 950°C, kemudian didinginkan (*quenching*) yang berguna untuk mendapatkan tingkat kekerasan tinggi [3]. *Pack carburizing* merupakan metode yang digunakan untuk menambah kandungan karbon di dalam baja dengan menggunakan media padat [4]. Proses ini dilakukan juga untuk mendapatkan perubahan struktur mikro dari baja tersebut [5].

Proses *pack carburizing* telah banyak dilakukan dengan memvariasikan suhu pemanasan 800°C hingga 900°C, dengan sumber karbon dari biomassa seperti arang tempurung kelapa dan cangkang telur dengan suhu terbaik adalah 900°C [6]. Lamanya waktu pemanasan dan proses kecepatan pendinginan (*quenching*) dengan media oli serta air dapat menyebabkan kekerasan baja karbon meningkat [7]. Begitu juga dengan suhu pemanasan 850°C dan 900°C dengan media *quenching* air dimana sumber karbon yang digunakan adalah arang kayu dengan media pendingin air mampu meningkatkan nilai kekerasan baja karbon rendah dan menengah [8]. Begitu juga dengan menggunakan karbon dari arang kayu dan tulang sapi pada suhu pemanasan 900°C dan 925°C pada baja karbon rendah dengan media *quenching* oli mampu meningkatkan nilai kekerasan baja karbon menengah [9].

Sedangkan untuk menganalisis karakterisasi nilai kekerasan hasil *pack carburizing* dapat dilakukan dengan analisis unsur berdasarkan hasil pengujian menggunakan *X-Ray Fluorescence*. Analisis karakterisasi ini merupakan teknik non-destruktif dengan spesimen berbentuk serbuk, cair dan padatan [10]. Metode *X-Ray Fluorescence* ini juga berfungsi sebagai kontrol material karena tidak menimbulkan kerusakan spesimen uji [11]. Sedangkan karakterisasi tambahan sebagai analisis lanjut dapat dilakukan dengan *Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (FESEM-EDS) yang mampu mendeteksi morfologi serta menampilkan fitur permukaan suatu objek serta komposisi unsur dari spesimen uji [12].

2. MATERIAL DAN METODE

Spesimen *raw material* (RA) adalah baja AISI 1040, dipanaskan pada suhu 800°C dengan *holding time* 2 jam sebagai spesimen A, dan 800°C dengan *holding time* 6 jam sebagai spesimen B, dimana ukuran masing-masing spesimen adalah tebal 3 mm, panjang 50 mm dan lebar 20 mm. Media pendingin adalah air es 1.200 ml. Sedangkan bahan *pack carburizing* adalah campuran serbuk tulang sapi dan arang batok kelapa berukuran *mesh* 40 dengan perbandingan 1:1 sebanyak 2 gr. Sedangkan cawan yang digunakan berkapasitas 60 ml dan memiliki ketahanan panas hingga 1200°C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis karakterisasi pada spesimen *raw material* (RA) baja AISI 1040 hasil *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi

dan arang batok kelapa setelah *double quenching* dilakukan menggunakan *X-Ray Fluorescence portable*. Proses ini dilakukan untuk mengetahui jenis serta kadar persentase nilai kandungan unsur dari spesimen RA, A dan B setelah proses *pack carburizing* dan *double quenching*. Hasil analisis karakterisasi *X-Ray Fluorescence portable* adalah seperti ditunjukkan pada tabel 1 hingga tabel 5.

Tabel 1. Hasil XRF baja AISI 1040 Raw Material (RA)

No	Nilai Kadar Unsur Fe (%) Spesimen RA	Nilai Kadar Unsur Lain (%)	
1	97,52	Ti	0,45
		Si	1,67
		P	0,60
		S	1,20
		Mn	0,23
		Pb	0,55

Tabel 2. Hasil XRF baja AISI 1040 spesimen A

No	Nilai Kadar Unsur Fe (%) Spesimen A	Nilai Kadar Unsur Lain (%)	
2	97,98	Ti	8,40
		Si	1,61
		P	0,61
		S	0,60
		Mn	0,25
		Pb	0,08

Tabel 3. Hasil XRF baja AISI 1040 spesimen B

No	Nilai Kadar Unsur Fe (%) Spesimen A	Nilai Kadar Unsur Lain (%)	
3	95,91	Ti	3,07
		Si	1,72
		P	0,78
		S	0,41
		Mn	0,14
		Pb	0,16

Tabel 4. Perbandingan nilai unsur spesimen RA terhadap A

Spesimen RA	Spesimen A (800°C/2jam)	Selisih Kadar (%) Unsur
Ti	0,45	A +7,95
Si	1,67	A -0,06
P	0,60	A +0,01
S	1,20	A -0,60
Mn	0,23	A +0,02
Pb	0,55	A +0,47

Tabel 5. Perbandingan nilai unsur antara spesimen RA terhadap B

Spesimen RA	Spesimen B (800°C/6jam)	Selisih Kadar (%) Unsur
Ti	0,45	B +2,62
Si	1,67	B +0,05
P	0,60	B +0,18
S	1,20	B -0,18
Mn	0,23	B -0,09
Pb	0,55	B -0,39

Tabel 6. Perbandingan nilai unsur antara spesimen A terhadap B

	Spesimen A (800°C/2 jam)	Spesimen B (800°C/6 jam)	Selisih Nilai Kadar (%) Unsur
Fe	97,98	95,91	A ⁺ 2,07
Ti	8,40	3,07	A ⁺ 5,33
Si	1,61	1,72	B ⁺ 0,11
P	0,61	0,78	B ⁺ 0,17
S	0,60	0,41	A ⁺ 0,19
Mn	0,25	0,14	A ⁺ 0,11
Pb	0,08	0,16	B ⁺ 0,06

4.

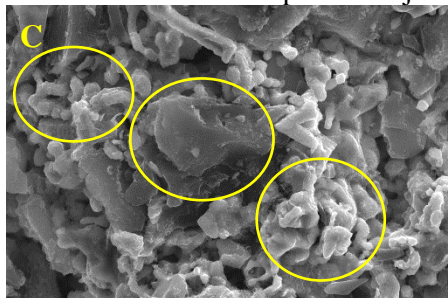
Tabel 7. Perbandingan nilai unsur antara spesimen RA terhadap A dan B

Spesimen RA	Spesimen A (800°C/2 jam)	Spesimen B (800°C/6 jam)	Nilai Tertinggi Kadar Unsur Spesimen
Fe	97,52	97,98	A ⁺
Ti	0,45	8,40	A ⁺
Si	1,67	1,61	B ⁺
P	0,60	0,61	B ⁺
S	1,20	0,60	RA
Mn	0,23	0,25	A ⁺
Pb	0,55	0,08	RA ⁺

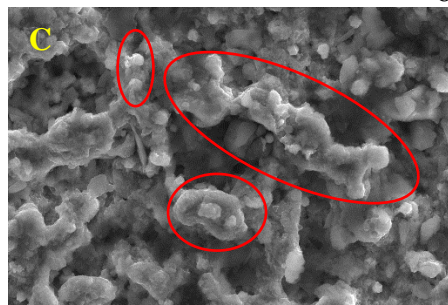
5.

Berdasarkan tabel 1 hingga tabel 7, bahwa hasil analisis karakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence portable* menunjukkan nilai kadar unsur dan jenis unsur utama yang di ambil adalah Fe dan Ti sebab kedua unsur ini yang sangat berperan penting untuk ketahanan aus pada baja AISI 1040. Nilainya meningkat sebesar 0,46% hingga 2,07% dibandingkan spesimen RA dan B, serta 5,33% hingga 7,95% dibandingkan spesimen RA dan B.

Sedangkan deteksi bentuk morfologi dengan menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (FESEM-EDS) adalah menunjukkan perbedaan permukaan khusus antara spesimen khusus A dan B seperti ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.

**Gambar 1.** Morfologi permukaan spesimen A pembesaran 10.000x

6.

**Gambar 2.** Morfologi permukaan spesimen B pembesaran 1.500x

Berdasarkan gambar 1 dan gambar 2, bahwa morfologi berupa partikel-partikel dari unsur karbon (C) berbentuk butiran-butiran bulat, lonjong dan

persegi tidak sempurna dan menumpuk serta menyebar seperti granul. Namun kesamaan butir partikel-partikel lebih seragam meskipun tidak sempurna bentuk bulat, lonjong maupun persegi seperti granul pada spesimen A dibandingkan B. Ini menunjukkan bahwa unsur karbon (C) lebih merata menyebar dan melapisi permukaan spesimen A dibandingkan

Berdasarkan morfologi tersebut, bahwa proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan batok kelapa berukuran *mesh* 40 pada baja AISI 1040 berhasil dilakukan. Proses yang terbaik adalah pada spesimen A yaitu pada suhu 800°C dengan *holding time* selama 2 jam.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis karakterisasi *X-Ray Fluorescence* pada proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan batok kelapa berukuran *mesh* 40 pada baja AISI 1040, menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai persentase kadar unsur Fe dan Ti sebesar 0,46% hingga 2,07% dibandingkan spesimen RA dan B, serta 5,33% hingga 7,95% dibandingkan spesimen RA dan B. Sedangkan hasil analisis karakterisasi dengan *Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (FESEM-EDS) menunjukkan bahwa morfologi pada spesimen A yang menandakan unsur karbon (C) lebih merata menyebar dan melapisi permukaan spesimen meskipun bentuk bulat, lonjong dan persegi tidak sempurna. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa berukuran *mesh* 40 pada baja AISI 1040 berhasil dilakukan dengan proses terbaik adalah pada suhu 800°C, *holding time* selama 2 jam.

REFERENSI

- [1] Rasyad, A., dan Arto, B., 2018. 'Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating Terhadap Kuat Tarik, Kuat Tekuk dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah'. *Jurnal Reayasa Mesin*, vol. 9. no. 3, hal. 173-180.
- [2] Ardiantoni, dkk., 2022. 'Analisa Pengaruh Paduan Arang Batok Kelapa dan Katalisator Kerang Kepah dengan Proses *Pack Carburizing* Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (ST37)'. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, vol. 3, no. 2, pp 51-55.
- [3] Putra, A. G., dan Pawawoi., 2020. 'Pengaruh Single dan Double Quenching pada Proses *Pack Carburizing* Terhadap Sifat Mekanik Baja Paduan Karbon Rendah'. Universitas Sriwijaya 47 AISI 3115, *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 9(2).
- [4] R. Salim., 2016. 'Karakteristik dan Mutu Arang Kayu Jati (*Tectona Grandis*) dengan Sistem Pengarangan Campuran pada Metode Tungku Drum'. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, vol. 8, 2016.
- [5] Sugiarto, T., 2013. 'Analisis Uji Ketahanan Lelah Baja Karbon Sedang AISI 1045 dengan *Heat Treatment (Quenching)* dengan Menggunakan Alat *Rotary Bending*'. *Jurnal Fema*, vol. 1, no. 3.
- [6] Alfani, Pengaruh variasi temperatur pada proses *pack carburizing* terhadap ketahanan aus baja St 41, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung Bandar Lampung, 2016. 12.
- [7] Dwi Handoko, Vivaldi dan Sutrisno, 2021. 'Pengaruh Variasi Jenis Katalisator dan Holding Time Pada Proses *Pack Carburizing* Terhadap Perubahan Komposisi Karbon dan Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah (Low Carbon Steel) St 37'. *Vokasi*, vol. xvi, no. 1, pp. 38-45.
- [8] E. Sundari, R. Fahlevi dan B. Besar, 2018. 'Analisa Pengaruh *Pack Carburizing* Terhadap Sifat Mekanis Sprocket Imitasi Sepeda Motor Menggunakan Arang Kayu Gelam dan Serbuk Cangkang Remis Sebagai Katalisator'. *Jurnal Austenit*, vol. x, no. 2, pp. 72-78.

- [9] Nevada J.M, dkk., 2011. ‘Analisis Perbandingan Komposisi Karbon dan Bubuk Tulang Sapi dalam Proses Karburasi Padat Untuk Mendapatkan Nilai Kekerasan Tertinggi Pada Baja Karbon S-35 C’. ARIKA, vol. 05, no. 2.
- [10] Christian, G. D and O’Reilly, E., 1978. ‘Instrumental Analysis’. 2 Ed AUyn and Baron Inc, Boston London Sydney Toronto.
- [11] Jamaluddin, Massinai, M. A., dan Tahir, D., 2016. ‘Analisis Kandungan Logam Oksida Menggunakan Metode XRF (X-Ray Flourescence)’. Pusat Teknologi Bahan Nuklir Batan. no. 09-10/Tahun V. ISSN 1979-2409.
- [12] Akhtar, dkk., 2018. ‘*Handbook of Materials Characterization*’. Springer International Publishing AG, Saudi Arabia, vol. 2, no. 1, hal, 116.