



# Pengaruh *Pack Carburizing* Menggunakan Campuran Serbuk Arang Tulang Sapi Dan Arang Batok Kelapa Pada Baja Aisi 1040 Setelah *Double Quenching* Berdasarkan Analisis Menggunakan Xrf Dan Fesem-Eds

Candra Irianto<sup>\*1</sup>, Lukman Hakim Nasution<sup>\*\*2,3</sup>, TO Rajagukguk<sup>\*\*\*1</sup>, Chandra Aditiya<sup>1</sup>, Aditya Sapta Nugraha<sup>1</sup>, Bambang Prahoro Aji<sup>1</sup>, Nazaruddin<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universitas Malahayati  
Lampung  
Lampung-Indonesia  
[Candrianto98@gmail.com](mailto:Candrianto98@gmail.com)

<sup>2</sup>Badan Perencanaan  
Pembangunan Daerah,  
Penelitian dan  
Pengembangan Provinsi  
Riau  
Pekanbaru-Riau  
[lukman\\_n82@yahoo.com](mailto:lukman_n82@yahoo.com)

<sup>3</sup>Sekolah Tinggi Teknologi  
Pekanbaru  
Pekanbaru-Riau

## ABSTRAK

Hasil analisis 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* menggunakan oli SAE 50 dilakukan berdasarkan hasil uji X-Ray Fluorescence portable dan Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy. Spesimen uji raw material (RA) adalah baja AISI 1040, kemudian dipanaskan pada suhu 800°C dengan *holding time* 1 jam sebagai spesimen I, dan 800°C dengan *holding time* 5 jam sebagai spesimen II. Ukuran masing-masing spesimen adalah tebal 3 mm, panjang 50 mm dan lebar 20 mm. Hasil analisis karakterisasi X-Ray Fluorescence menunjukkan terjadinya peningkatan nilai unsur Fe tertinggi pada spesimen II sebesar 0,99% dengan penambahan unsur Ti 0,10%. Sedangkan hasil analisis karakterisasi menggunakan Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (FESEM-EDS) menunjukkan bahwa morfologi spesimen II dengan sebaran partikel berbentuk granul lebih sedikit dibandingkan spesimen I yang menunjukkan bahwa unsur karbon (C) spesimen II lebih menstabilitas ke area permukaan baja AISI 1040. Sehingga proses *pack carburizing* pada suhu 800°C dengan *holding time* 5 jam, *double quenching* menggunakan oli SAE 50 dapat meningkatkan kekerasan untuk ketahanan aus baja AISI 1040.

**Kata kunci:** Baja AISI 1040; *pack carburizing*; *double quenching* SAE 50; serbuk arang tulang sapi dan batok kelapa; XRF portable FESEM-EDS.

## ABSTRACT

The characterization analysis of the *pack carburizing* process using a 1:1 mixture of bone charcoal powder and coconut shell charcoal with a mesh size of 40 on AISI 1040 steel, followed by *double quenching* with SAE 50 oil, was performed utilizing portable X-Ray Fluorescence and Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (FESEM-EDS). The raw material (RA) test specimens were AISI 1040 steel, heated to 800°C with a holding time of 1 hour for specimen I, and 800°C with a holding time of 5 hours for specimen II. Each specimen measured 3 mm in thickness, 50 mm in length, and 20 mm in width. The X-Ray Fluorescence analysis revealed that specimen II had a 0.99% increase in Fe content and a 0.10% addition of Ti. Meanwhile, the FESEM-EDS analysis showed that specimen II had fewer granular-shaped particles compared to specimen I, indicating a greater substitution of carbon (C) on the surface of the AISI 1040 steel in specimen II. Consequently, the *pack carburizing* process at 800°C with a 5-hour holding time and *double quenching* using SAE 50 oil enhances the hardness and wear resistance of AISI 1040 steel.

**Keywords:** AISI 1040 steel; *pack carburizing*; *double quenching* SAE 50; bone charcoal powder and coconut shell charcoal powder; portable XRF FESEM-EDS.

## 1. PENDAHULUAN

Corresponding Author:

✉ Candra Irianto

Accepted on: 2024-06-28

Baja karbon sering digunakan untuk bagian-bagian mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi, sehingga perlu dilakukan peningkatan sifat tahan aus pada permukaan baja tersebut [1]. Proses peningkatan tersebut dapat dilakukan dengan penambahan unsur karbon ke area permukaan baja tersebut dimana peningkatan kadar karbon berbanding lurus dengan kekerasan baja [2]. Peningkatan untuk kekerasan pada AISI 1040 dapat dilakukan dengan *pack carburizing* yaitu dengan menambahkan unsur karbon secara bersamaan di dalam kotak kedap udara yang kemudian dipanaskan pada suhu *carburizing* [3]. Proses ini dapat dilakukan pada 600°C hingga 950°C, kemudian didinginkan (*quenching*) dengan media air atau oli untuk mendapatkan peningkatan tingkat kekerasan dan perubahan struktur mikro [4-6]. Proses ini juga sebagai upaya agar kekurangan sifat kekerasan permukaan baja karbon dapat diperbaiki dengan menambahkan sejumlah unsur karbon [1].

Metode *solid carburizing* adalah *pack carburizing* yaitu proses penambahan unsur karbon ke permukaan baja karbon untuk meningkatkan kekerasan permukaan dari baja karbon tersebut [7, 8]. Namun proses ini juga dipengaruhi media *carburizing*, suhu pemanasan, holding time dan jenis media *quenching* [9-11]. Metode *pack carburizing* telah banyak dilakukan, dimana umumnya menggunakan suhu pemanasan pada suhu 850°C hingga 925°C dan berhasil meningkatkan nilai kekerasan pada jenis baja karbon rendah dan menengah [12-15].

Sedangkan untuk proses analisis hasil *pack carburizing* pada berbagai jenis baja karbon dapat dilakukan berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence*. *X-Ray Fluorescence* adalah metode analisis karakterisasi non-destruktif, dimana spesimen uji dapat berbentuk serbuk, cair dan padat [16]. Kemudian proses tambahan analisis karakterisasi khusus unsur karbon (C) dapat dilakukan dengan menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (FESEM-EDS). FESEM-EDS dapat mendeteksi morfologi serta menampilkan fitur permukaan suatu objek serta komposisi unsur pada material [17].

## 2. MATERIAL DAN METODE

Spesimen *raw material* (RA) adalah baja AISI 1040, dipanaskan pada suhu 800°C dengan *holding time* 1 jam sebagai spesimen I, dan 800°C dengan *holding time* 5 jam sebagai spesimen II, 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) yaitu baja AISI 1040 hasil *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa setelah *double quenching* dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence portable*. Proses ini dilakukan untuk mengetahui jenis serta kadar persentase nilai kandungan unsur spesimen RA, I dan II setelah proses *pack carburizing* dan *double quenching*. Hasil analisis karakterisasi *X-Ray Fluorescence portable* seperti ditunjukkan pada tabel 1 hingga tabel 5.

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

Unsur	Simbol	% Kadar
		Unsur
Besi	Fe	97,94
Silikon	Si	0,68
Mangan	Mn	0,31
Sulfur	S	1,07

**Tabel 2.** Hasil XRF *pack carburizing* spesimen I dan II

Spesimen	Unsur	Simbol	% Kadar
			Unsur
I 800°C/1 jam	Besi	Fe	97,98
	Silikon	Si	0,98
	Mangan	Mn	0,14
	Sulfur	S	0,60
	Titanium	Ti	0,30
II 800°C/5jam	Besi	Fe	98,93
	Silikon	Si	0,69
	Mangan	Mn	0,15
	Sulfur	S	0,13
	Titanium	Ti	0,10

**Tabel 3.** Perbandingan nilai unsur antara spesimen RA terhadap spesimen I

Spesimen RA	Spesimen E (800°C/1jam)		Selisih %
	Unsur	Unsur	Unsur
Fe	97,94	Fe 97,98	I <sup>+</sup> 0,04
Si	0,68	Si 0,98	I <sup>+</sup> 0,30
Mn	0,31	Mn 0,14	I <sup>+</sup> 0,17
S	1,07	S 0,60	I <sup>+</sup> 0,47
Ti	0	Ti 0,30	I <sup>+</sup> Ti = 0,30

**Tabel 4.** Perbandingan nilai unsur antara spesimen RA terhadap spesimen II

Spesimen RA	Spesimen II (800°C/5jam)		Selisih %
	Unsur	Unsur	Unsur
Fe	97,94	Fe 98,93	II <sup>+</sup> 0,99
Si	0,68	Si 0,69	II <sup>+</sup> 0,01
Mn	0,31	Mn 0,15	II <sup>+</sup> 0,16
S	1,07	S 0,13	II <sup>+</sup> 0,94
Ti	0	Ti 0,10	II <sup>+</sup> Ti = 0,10

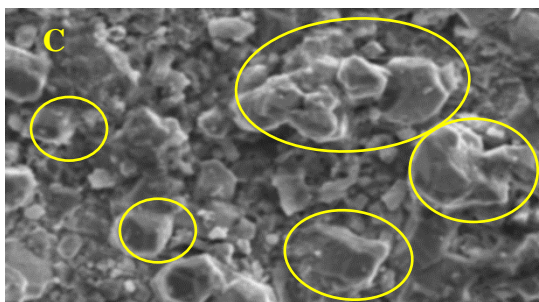
**Tabel 5** Perbandingan nilai unsur antara spesimen I terhadap II

	Spesimen I (800°C/1jam)		Spesimen II (800°C/5jam)		Selisih %
	Unsur	Unsur	Unsur	Unsur	Unsur
Fe	97,98	Fe	98,93	II <sup>+</sup> 0,95	
Si	0,98	Si	0,69	I <sup>+</sup> 0,29	
Mn	0,14	Mn	0,15	II <sup>+</sup> 0,1	
S	0,60	S	0,13	I <sup>+</sup> 0,47	
Ti	0,30	Ti	0,10	I <sup>+</sup> 0,20	

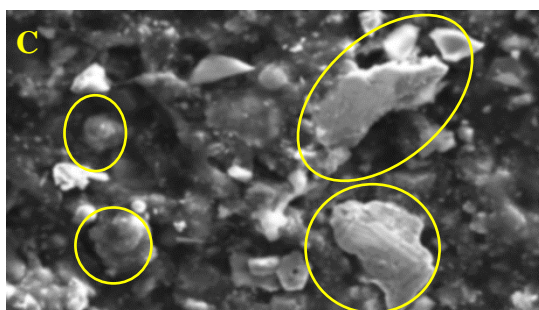
Berdasarkan tabel 1 hingga tabel 5, hasil analisis karakterisasi X-Ray *Fluorescence portable* menunjukkan bahwa nilai unsur dan jenis unsur utama yang di ambil adalah Fe dan Ti, disebabkan kedua unsur ini dominan untuk ketahanan aus pada baja AISI 1040. Nilainya peningkatan unsur Fe adalah sebesar 0,04% dari spesimen RA berbanding spesimen I, 0,99% dari spesimen RA berbanding spesimen II dan 0,95% spesimen I berbanding spesimen II. Ini

menunjukkan bahwa spesimen II merupakan spesimen yang menghasilkan nilai persentase unsur Fe tertinggi. Kemudian untuk peningkatan unsur Ti adalah sebesar 0,30% dari spesimen RA berbanding spesimen I, 0,10% dari spesimen RA berbanding spesimen II dan 0,20% spesimen I berbanding spesimen II. Ini menunjukkan bahwa spesimen I merupakan spesimen yang menghasilkan nilai persentase unsur Ti tertinggi, dimana spesimen RA tidak memiliki unsur Ti. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa nilai kenaikan unsur utama yaitu Fe yang tertinggi adalah pada spesimen II 0,99% dengan penambahan unsur Ti sebesar 0,10%.

Sedangkan deteksi bentuk morfologi dan unsur karbon (C) dilakukan dengan menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (FESEM-EDS), menunjukkan perbedaan permukaan spesimen hasil proses pack carburizing antara spesimen I terhadap spesimen II.



**Gambar 1.** Morfologi permukaan spesimen I pembesaran 3.000x



**Gambar 2.** Morfologi permukaan spesimen II pembesaran 3.000x

Berdasarkan gambar 1 dan gambar 2, bahwa morfologi spesimen I dan II adalah partikel-partikel unsur karbon (C) berbentuk butiran-butiran bulat dan lonjong tidak sempurna serta persegi tidak sempurna yang sebagian menumpuk berbentuk granul dan sebagian menyebar tidak merata sempurna. Namun dari morfologi perbandingan spesimen I dan II, bahwa pada spesimen II sebaran bentuk granul lebih sedikit dibandingkan spesimen I, ini menunjukkan bahwa unsur karbon (C) pada spesimen II lebih menstabilitas ke permukaan baja AISI 1040. Berdasarkan morfologi tersebut, dapat dinyatakan bahwa proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa berukuran *mesh* 40 pada baja AISI 1040 berhasil dilakukan, dimana proses terbaik adalah pada spesimen II dengan suhu 800°C, *holding time* selama 5 jam dan *quenching* menggunakan media oli SAE 50.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis karakterisasi *X-Ray Fluorescence* pada proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa berukuran *mesh* 40 pada baja AISI 1040 dengan media *quenching* oli SAE 50, menunjukkan adanya peningkatan nilai unsur Fe tertinggi pada spesimen II sebesar 0,99% dengan penambahan unsur Ti sebesar 0,10%. Sedangkan hasil analisis karakterisasi menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (FESEM-EDS)

menunjukkan bahwa morfologi spesimen II dengan sebaran partikel berbentuk granul lebih sedikit dibandingkan spesimen I yang menunjukkan bahwa unsur karbon (C) spesimen II lebih menstutstitusi ke area permukaan baja AISI 1040. Berdasarkan morfologi tersebut, dapat dinyatakan bahwa proses *pack carburizing* menggunakan campuran serbuk arang tulang sapi dan arang batok kelapa berukuran *mesh* 40 pada baja AISI 1040 yang terbaik adalah pada spesimen II dengan suhu 800°C, *holding time* selama 5 jam dengan *quenching* menggunakan media oli SAE 50.

## REFERENSI

- [1] 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.
- [2] Muhammad Sadat Hamzah dan Muh. Iqbal, 2008. 'Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode *Carburizing*'. *Jurnal SMARTek*, vol. 6, no. 3, pp. 169-175.
- [3] 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.
- [4] 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).
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Apriatun, dkk., 2021. 'Analisa Pengaruh Variasi Waktu Penahanan Pada Proses *Pack Carburizing* Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah ST 37'. *Mechanical Jurnal Teknologi Terapan*, vol. II, no. 1, pp. 23-27.
- [8] M. Rasid, Zainuddin dan M. G. R. Kurniawan, 2018. 'Pengaruh Proses *Pack Carburizing* Menggunakan Media Batubara Terhadap Kekerasan Pisau Kuduk Khas Daerah Gedung Agung Lahat'. *Austenit*, vol. 10, no. 2.
- [9] Oyetunji, 2012. '*Effects of Carburizing Process Variables on Mechanical and Chemical Properties of Carburized Mild Steel*'. *Journal of Basic & Applied Sciences*.
- [10] K. Suarsana, dkk., 2018. 'Pengaruh Perlakuan Temperatur dan Waktu Penahanan *Pack Carburizing* terhadap Umur Lelah Baja St 42'. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, vol. xi, no. 1, pp. 21-24.
- [11] O. Kurniawan dan N. S. Drastiawati, 2019. 'Pengaruh Variasi Media Arang Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, dan Kayu Jati Pada Metode *Pack Carburizing* Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja SS400'. *Jurnal Teknik Mesin*, vol. vii, no. 02, pp. 55-62.
- [12] Alfani, 2016. 'Pengaruh Variasi Temperatur pada Proses *Pack Carburizing* terhadap Ketahanan Aus Baja St 41'. *Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung*.
- [13] Dwi Handoko, dkk., 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, p. 38-45.
- [14] E. Sundari, dkk., 2018. 'Analisa Pengaruh *Pack Carburizing* Terhadap Sifat Mekanis *Sprocket* Imitasi Sepeda Motor Menggunakan Arang Kayu

- Gelam dan Serbuk Cangkang Remis Sebagai Katalisato'. Jurnal Austenit, vol. x, no. 2, pp. 72-78.
- [15] 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.
- [16] Christian, G. D and O'Reilly, E., 1978. 'Instrumental Analysis'. 2 Ed AUyn and Baron Inc, Boston London Sydney Toronto.
- [17] Akhtar, dkk., 2018. '*Handbook of Materials Characterization*'. Springer International Publishing AG, Saudi Arabia, vol. 2, no. 1, hal, 116.