

# Increasing of mild steel ST 41 grade hardness by carburizing treatment using an active carbon from coconut shell and $\text{CaCO}_3$ catalyst from chicken eggshell

*By* Muhammad Badaruddin

## Increasing of mild steel ST 41 grade hardness by carburizing treatment using an active carbon from coconut shell and $\text{CaCO}_3$ catalyst from chicken eggshell

Moh. Badarrudin<sup>1\*</sup>, Rizki Akbari<sup>2</sup>, Harnowo Supriadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

\*Corresponding author: mbruddin@eng.unila.ac.id

**Abstract.** An effort for improving hardness on the surface of a ST41 steel had been conducted by pack carburizing. Powders with size of 200 mesh from mixtures of carbon active from coconut shell charcoal and catalyst from chicken eggshell were prepared as carburizing materials from mixtures of carbon active and catalyst with various of 60/40, 70/30, 80/20 and 90/10 (wt%). Material's carburizing and specimens inserted into containers, which then the containers were subjected to 850 °C into box furnace and the temperature in furnace was hold for 30 minutes. After pack carburizing all the specimens in containers were taken out to being cooled in air atmosphere. Additionally, specimens subjected to quenching process by inserting into cooling water after the specimens were taken out from container. The carburizing introduced in the ST41 steel significantly increases the hardness on the steel surface. The highest hardness was obtained from carburizing process by using variations of 60/40 mixtures. Difference in increase of hardness on the surface of ST41 steel is coming from different microstructures. A numbers of pearlite phase in ST41 steel after carburizing and cooling in air was considerably responsible to increase in the steel hardness. By contrast, the martensite phase formed in ST41 steel after carburizing and rapid cooling in water was believed increasing in hardness.

**Abstrak.** Usaha untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah ST41 dilakukan dengan proses karburising menggunakan bahan karburising bentuk bubuk dengan ukuran 200 mesh, yang mengandung karbon aktif dari tempurung kelapa dan katalisator  $\text{CaCO}_3$  dari cangkang telur ayam. Variasi campuran arang dengan katalisator adalah 60/40, 70/30, 80/20 dan 90/10 dalam persen berat, lalu dimasukkan bersama spesimen dalam kotak sementasi. Proses karburising dilakukan dengan memanaskan kotak sementasi pada suhu 850 °C selama 30 menit. Hasil proses karburising pada baja ST41 menghasilkan nilai kekerasan yang paling tinggi pada permukaan baja untuk variasi campuran 60/40 arang dengan bubuk cangkang telur ayam. Kekerasan permukaan baja ST41 dihasilkan dari pembentukan fasa yang berbeda. Kekerasan baja setelah karburising dengan pendinginan udara dikaitkan dengan pembentukan fasa perlit yang mengandung banyak karbida (sementit- $\text{Fe}_3\text{C}$ ). Sedangkan kekerasan baja hasil kombinasi karburising dan quenching dikaitkan dengan fasa martensit yang terbentuk pada baja ST41.

**Kata kunci:** baja ST 41, tempurung kelapa, cangkang telur ayam, karburising, perlit, martensit

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Baja karbon rendah dengan kadar karbon dibawah 0.3 wt%, umumnya kekerasan permukaan baja dapat ditingkatkan dengan proses karburising. Peningkatan kekerasan permukaan diperlukan untuk aplikasi khusus pada pada elemen mesin yang bekerja saling bergesekan [1] seperti roda gigi, gigi pinion dan poros penguat, untuk memperlama umur bahan [2]. Salah satu jenis baja karbon rendah yang banyak dijual dipasaran di Indonesia adalah baja ST41. Baja ST41 merupakan baja yang memiliki kandungan karbon (C) rendah yaitu sebesar 0.10–0.20 %. Aplikasi baja ST41 biasanya

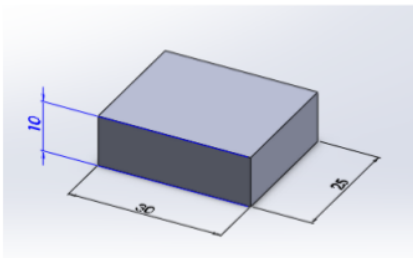
digunakan sebagai komponen elemen mesin seperti roda gigi, poros pinion dan poros engkol. Baja karbon rendah memiliki kekerasan yang relatif rendah karena hanya mengandung fasa ferit dan perlit dengan sedikit jumlah sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) [1–3], namun memiliki tingkat keuletan yang tinggi, sehingga tahan terhadap deformasi plastis. Oleh karena itu, baja karbon rendah perlu dilakukan perbaikan sifat mekanik dengan cara karburising [3]. Karburising adalah proses perlakuan panas dimana material menyerap karbon dari arang maupun karbon monoksida [4]. Secara umum karburising padat merupakan proses pengerasan permukaan dengan

penambahan atom karbon pada permukaan baja. Metode ini juga menguntungkan dan banyak digunakan untuk proses pengerasan permukaan pada baja paduan karbon rendah [5].

Dengan adanya metode perlakuan panas seperti karburising, kekerasan permukaan yang meningkat dapat menurunkan tingkat keausan komponen-komponen mesin yang bekerja saling kontak dengan elemen mesin lainnya [1]. Keausan merupakan faktor yang sering menyebabkan kerusakan elemen mesin seperti berkurangnya usia pakai dan menurunnya performa berbagai komponen mesin lainnya. Hal ini secara tidak langsung dapat meningkatkan biaya perawatan komponen mesin lainnya.

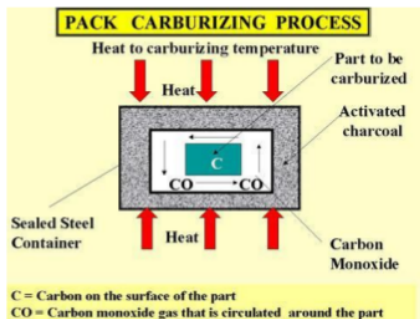
### Metode Penelitian

**Bahan.** Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST41 yang tersedia di pasaran. Dimensi dan ukuran dibuat bentuk persegi seperti pada gambar 1. Semua permukaan spesimen dihaluskan dengan ampelas ukuran 400–1200 dan dilanjutkan dengan proses polish dengan autosal dan pencucian dengan acetone dan terakhir dengan etanol.



Gambar 1. Dimensi spesimen uji (satuan mm)

**Persiapan bahan.** Menyiapkan bahan karburising bentuk bubuk dengan ukuran 200 mesh yang mengandung bubuk karbon aktif dari arang tempurung kelapa dan katalisator ( $\text{CaCO}_3$ ) [6] dari cangkang telur ayam yang telah dihaluskan.



Gambar 2. Ilustrasi proses solid carburizing [1]

**Proses karburising.** Mencampur karbon aktif dan katalis sampai merata di dalam wadah dengan

komposisi karbon dan katalis: 60%-40%, 70%-30%, 80%-20% dan 90%-10%. Komposisi campuran karbon aktif dan katalisator berikutnya dinotasikan sebagai; 60/40, 70/30, 80/20 dan 90/10. Kotak sementasi dari pelat baja tebal 3 mm dengan ukuran  $20 \times 15 \times 10 \text{ cm}^3$  disiapkan sebanyak 5 unit. Benda uji dimasukkan dalam kotak sementasi ditimbun dengan bahan karburasi secara merata. Selanjutnya masukan kotak sementasi ke dalam tungku listrik dan naikan suhu dalam tungku sampai  $850 \text{ }^\circ\text{C}$ . kemudian suhu dalam tungku ditahan selama 30 menit. Proses karburising secara skematik dapat dilihat pada Gambar 2 [1]. Setelah proses selesai keluarkan kotak sementasi dari tungku dan keluarkan semua sampel untuk didinginkan di udara. Proses lanjutan quenching dilakukan dengan mencelupkan specimen langsung ke dalam air dingin setelah dikeluarkan dari kotak sementasi.

**Pengujian sampel.** Semua spesimen dibersihkan dari kotaminan sisa bahan karburising yang menempel menggunakan acetone dan vibrator ultrasonik. Pengujian kekerasan menggunakan skala mikro indentasi Vickers dan nilai hasil pengukuran ditambahkan notasi Vickers Hardness Number (VHN). Pengambilan jarak titik indentasi dilakukan pada arah ketebalan (mm); 0.0–2.0 dengan beda jarak 0.5 mm dan masing-masing sebanyak 3 kali pengambilan pada arah yang berbeda dengan jarak indentasi sama. Titik 0.0 merepresentasikan pengambilan titik indentasi pada permukaan sampel uji. Pengujian komposisi kimia menggunakan Optical Emission Spectroscopy (OES)-spark.

### 11 Hasil dan Pembahasan

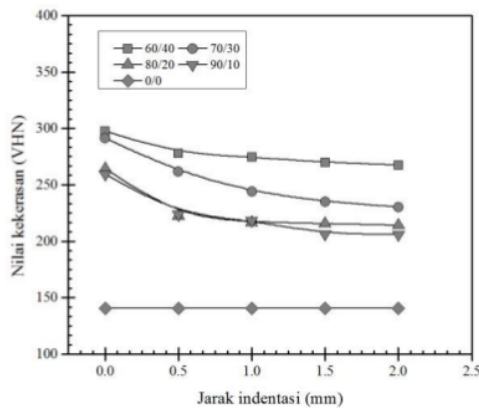
**Hasil uji kekerasan.** Hasil uji kekerasan pada permukaan 10a ST41 sebelum proses karburising ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran kekerasan awal baja ST41

Titik	Pengambilan lokasi titik uji kekerasan (VHN)	
	Arah ketebalan	Permukaan
1	140,2	141,1
2	139,7	141,4
3	141,4	139,8
4	140,7	140,7
5	138,8	140,3
Rata-rata	140,16	140,66
Total nilai kekerasan	140.41 VHN	

Pengukuran nilai kekerasan pada baja ST41 setelah proses karburising dengan variasi campuran arang karbon aktif dan katalisator bubuk cangkang telur ayam ( $\text{CaCO}_3$ ) ditampilkan pada Gambar 3.

Variasi campuran arang dengan katalisator menunjukkan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan baja ST41 untuk komposisi 60% arang kelapa + 40 bubuk cangkang telur) (Gambar 3). Nilai kekerasan menurun secara gradual mengikuti arah ketebalan benda uji. Komposisi campuran arang terhadap katalisator menunjukkan batas maksimal 80% campuran arang terhadap bubuk cangkang telur. Ini mengindikasikan bahwa semakin banyak jumlah arang karbon aktif pada permukaan baja terhadap jumlah katalisator, maka proses karburising tidak begitu besar pengaruhnya terhadap peningkatan kekerasan pada permukaan baja ST41.

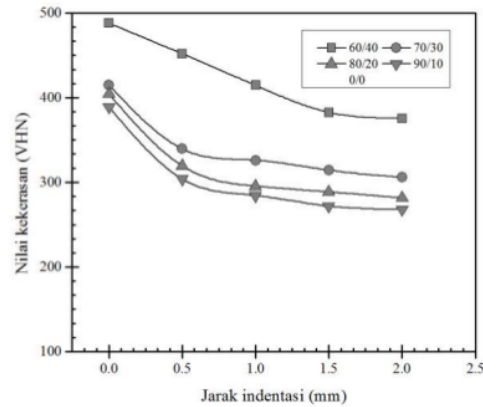


**Gambar 3.** Pengaruh difusi atom karbon terhadap nilai kekerasan (VHN) pada baja ST41 hasil karburising

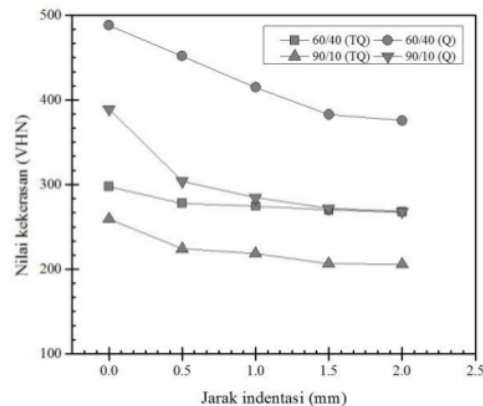
Hasil uji komposisi membuktikan bahwa pada permukaan baja jumlah atom karbon (wt%) lebih banyak (Tabel 2) pada variasi 60/40 komposisi campuran arang dengan bubuk katalisator cangkang telur ayam. Jadi komposisi maksimal campuran bubuk arang dengan bubuk cangkang telur ayam adalah 60/40. Untuk mengetahui perbedaan sumber peningkatan kekerasan baja ST41 setelah proses karburising, proses lanjutan quenching dilakukan. Gambar 4 menampilkan kekerasan baja ST41 setelah proses lanjutan quenching.

Sama dengan tren peningkatan kekerasan hasil proses karburising pada Gambar 4, proses quenching juga menghasilkan kekerasan yang sama dengan variasi campuran 60/40 arang kelapa dengan cangkang telur ayam. Selanjutnya data nilai kekerasan yang diperoleh dari campuran variasi 60/40 dan 90/10 dibandingkan (Gambar 5). Kekerasan baja ST41 semakin rendah, semakin jauh jarak indentasi dalam arah ketebalan yang menunjukan bahwa jumlah atom karbon semakin sedikit berdifusi [6] ke dalam baja ST 41 (Gambar 3) yang juga sama dengan tren nilai kekerasan baja

ST41 yang dikarburising dan quenching (Gambar 5).



**Gambar 4.** Pengaruh difusi atom karbon terhadap nilai kekerasan (VHN) pada baja ST41 setelah quenching



**Gambar 5.** Pengaruh komposisi arang dan katalisator, terhadap proses quenching (TQ dan Q menyatakan tanpa quenching dan quenching, masing-masing)

Perbedaan yang signifikan dari perubahan kekerasan yang ditunjukkan Gambar 3 dan 4 datang dari perbedaan fasa yang terbentuk dalam baja. Peningkatan kekerasan baja setelah proses karburising (Gambar 3) dapat dikaitkan dengan jumlah fasa perlit dalam baja yang mengandung karbida atau sementit ( $Fe_3C$ ) [7]. Fasa  $Fe_3C$  dalam bentuk presipitasi sebagai fasa kedua berkontribusi dalam meningkatkan kekerasan baja, yang jumlahnya mempengaruhi tingkat kekerasan baja. Umumnya kekerasan baja karbon rendah dikaitkan dengan jumlah fasa perlit yang mengandung sejumlah karbida ( $Fe_3C$ ) dalam bentuk lamellar struktur [8]. Perlit jelas lebih keras dari ferit karena kandungan karbon dalam ferit hanya terbatas sebanyak 0.02 wt% [8]. Sedangkan jumlah atom karbon dalam bentuk  $Fe_3C$  adalah 6.7 wt% C [8] dalam bentuk sementite ( $Fe_3C$ ) di dalam perlit.

Jumlah fraksi volume perlit tergantung jumlah karbon (wt%) dalam baja. Jelas peningkatan kekerasan baja ST41 setelah proses karburising menghasilkan tambahan karbon (Tabel 2) dari arang kelapa dalam bentuk peningkatan jumlah perlit.

Selanjutnya, proses peningkatan kekerasan baja ST41 dengan kombinasi proses karburising dan quenching (Gambar 4), dihasilkan dari fasa martensit yang lebih banyak terbentuk pada

permukaan baja ST41. Setelah proses karburising selesai, baja kemungkinan masih mengalami suhu eutektoid 720 °C saat dikeluarkan dari dalam kotak sementasi, yang kemudian langsung dicelupkan ke dalam air dingin. Proses quenching umumnya menghasilkan fasa keras martensit dalam bentuk karbon kondisi larutan pada (solid solution) dalam matriks ferit [8].

**Tabel 2.** Komposisi kimia baja ST41 sebelum dan sesudah karburising

Variasi campuran arang dan katalis (%)	Unsur utama baja (wt.%)					
	C	Si	Mn	P	S	Fe
0/0	0.101	0.365	0.603	0.020	0.009	98.10
60/40	0.328	0.357	0.685	0.023	0.010	98.10
70/30	0.283	0.359	0.684	0.023	0.009	98.20
80/20	0.247	0.340	0.680	0.024	0.009	98.10
90/10	0.206	0.364	0.675	0.025	0.010	98.20

4

#### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Peningkatan kekerasan tertinggi pada permukaan baja dihasilkan dari proses karburising dengan variasi campuran (dalam fraksi berat) adalah 60% arang tempurung kelapa dan 40% katalisator cangkang telur ayam.
2. Difusi atom karbon dari arang kelapa masih signifikan sejauh 2.0 mm dari permukaan baja selama proses karburising dan proses lanjutan quenching.
3. Perbedaan peningkatan kekerasan pada permukaan baja ST41 disebabkan oleh perbedaan fasa yang terbentuk pada baja. Pada proses karburising peningkatan kekerasan dihasilkan dari banyaknya jumlah perlit dalam baja. Sedangkan peningkatan kekerasan permukaan baja hasil kombinasi karburising dan quenching disebabkan oleh fasa martensit. Oleh karena itu, nilai kekerasan pada permukaan baja lebih tinggi dihasilkan dari proses kombinasi karburising dan quenching daripada kekerasan permukaan baja dihasilkan proses karburising.

#### Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DRPM), Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Ristekdikti, yang telah memberikan dana penelitian melalui program penelitian dasar tahun anggaran 2019 dengan kontrak no. 065/SP2H/LT/DRPM/2019.

#### Referensi

- [1] Punamchand R.S., Ghanashyam T., Ajay K. S., 2016. Influence of surface hardening processes on wear characteristic of soil working tool-A Review. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies* 8, 191–201.
- [2] Raza, M.A., Asgar, H., Abdullah, A. et al., 2016. Carburising of low-carbon steel using carbon black nanoparticles. *Arabian Journal for Science and Engineering* 41, 4661–4667.
- [3] Murakami, F.S., et al. 2007. Physicochemical study of CaCO<sub>3</sub> from egg shells. *Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27, 658–662.
- [4] Aramidea F.O., et al. 2009. Effects of carburization time and temperature on the mechanical properties of carburized mild steel, using activated carbon as carburizer. *Materials Research* 12, 483–487.
- [5] Priyadarshini S., Sharma T., Arora G., 2014. Effect of post carburizing treatment on hardness of low carbon steel. *International Journal of Advanced Mechanical Engineering* 4, 763–766.
- [6] Paul I.A., et al. 2013. Investigation of eggshell waste as an enhancer in the

carburization of mild steel. American Journal of Materials Science and Engineering 1, 29–33.

- [7] Thammachot N., et al. 2016. The effects of energizer and carburizing temperature and time on mechanical properties of hardened big knives in the pack carburizing process. KKU Engineering Journal 43, 172–177.
- [8] Callister, Jr., W.D. and Rethwisch D.G. 2007. Materials Science and Engineering: An Introduction, 6<sup>th</sup> Ed., John Wiley & Sons, New Jersey-USA.

# Increasing of mild steel ST 41 grade hardness by carburizing treatment using an active carbon from coconut shell and CaCO<sub>3</sub> catalyst from chicken eggshell

ORIGINALITY REPORT

# 11%

SIMILARITY INDEX

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://digilib.unila.ac.id">digilib.unila.ac.id</a> Internet	62 words — 3%
2	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Internet	24 words — 1%
3	<a href="http://pubs.sciepub.com">pubs.sciepub.com</a> Internet	22 words — 1%
4	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet	20 words — 1%
5	Rahma Rei Sakura, Suheni Suheni, Dani Darajat Iskandar. "Pengaruh Variasi Karbon Aktif dan Waktu Tahan Terhadap Kekerasan Material JIS G-3123 Menggunakan Metode Pack Carburizing", R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal, 2017 Crossref	18 words — 1%
6	<a href="http://repository.tudelft.nl">repository.tudelft.nl</a> Internet	17 words — 1%
7	<a href="http://www.agriculturejournals.cz">www.agriculturejournals.cz</a> Internet	16 words — 1%
8	Muhammad Jainuri, Edumatica FKIP. "Eksperimentasi Model Sinematik Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dan Self Efficacy Siswa", EDUMATICA   Jurnal Pendidikan Matematika, 2017 Crossref	14 words — 1%

9	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Internet	11 words — 1%
10	<a href="http://studylib.net">studylib.net</a> Internet	8 words — < 1%
11	<a href="http://jurnal.polsri.ac.id">jurnal.polsri.ac.id</a> Internet	8 words — < 1%
12	<a href="http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id">jurnalmahasiswa.unesa.ac.id</a> Internet	8 words — < 1%
13	<a href="http://e-prosiding.poliban.ac.id">e-prosiding.poliban.ac.id</a> Internet	8 words — < 1%
14	M. Badaruddin, R. Tommy Riza, Zulhanif. "The effect of diffusion treatment on the mechanical properties of hot-dip aluminum coating on AISI P20 steel", AIP Publishing, 2018 Crossref	8 words — < 1%
15	<a href="http://www.arnjournals.org">www.arnjournals.org</a> Internet	7 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON  
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF