

Analisis Sifat Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah dengan Proses *Pack Carburizing* Media Arang Kayu Asam (Analysis of Hardness Property and Microstructure on Low Carbon Steel with Pack Carburizing Process using *Tamarindus indica* Carcoal)

Muhammad Iqbal¹, Bakri², dan Irfan³

Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako^{1,2,3}
Kampus Bumi Tadulako Tondo, Palu, 94118
E-mail: Iqbaluntad@yahoo.com

Abstrak

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan di bidang konstruksi mesin. Secara umum, sifat-sifat mekanik logam meliputi: kekuatan tarik, kekerasan, kekuatan tekan, kekuatan bentur, ketahanan leleh, mampu mesin, tahan aus dan sebagainya. Dalam penelitian ini, sifat kekerasan dan kondisi struktur mikro pada baja karbon rendah yang mengalami proses *pack carburizing* dengan media arang kayu asam diuji dan juga menganalisis seberapa besar efek yang diberikan dengan penambahan CaCO_3 ke dalam media karbon. Pada penelitian ini spesimen dibagi menjadi tiga bagian yaitu spesimen *raw material*, spesimen pendinginan dalam kotak, dan spesimen *quenching temper*. Media karbon yang digunakan adalah arang kayu asam dengan presentase berat sebesar 80% dan CaCO_3 sebesar 20%. Proses *carburizing* dilakukan pada temperatur 900°C dan 950°C dengan waktu penahanan selama 3 jam setelah proses *pack carburizing* kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan pengujian foto struktur mikro. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat Hardness Tester dan foto struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik.

Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan pada raw material dari permukaan terluar dan bagian inti yaitu $201,17 \text{ kg/mm}^2 - 128,75 \text{ kg/mm}^2$, sedang nilai kekerasan tertinggi terjadi pada penambahan CaCO_3 ke media karburisasi arang kayu asam pada temperatur 950°C untuk proses pendinginan dalam kotak (PDK) $273,53 \text{ kg/mm}^2 - 248,77 \text{ kg/mm}^2$ dan untuk *quenching temper* sebesar $694,70 \text{ kg/mm}^2 - 520,87 \text{ kg/mm}^2$. Penambahan zat pengaktif ke dalam media karburisasi memberikan perbedaan nilai kekerasan permukaan, ini terjadi karena penambahan zat pengaktif CaCO_3 ke dalam bubuk arang aktif kayu asam menjadikan pemicu dan mempercepat proses difusi gas karbon masuk ke dalam permukaan spesimen. Namun jika dilihat dari struktur mikro, hasil pengujian struktur mikro terlihat pembentukan struktur mikro baik proses karburisasi menggunakan zat pengaktif maupun yang tidak menggunakan memperlihatkan bentuk struktur butir perlit dan ferrit yang hampir seimbang.

Keywords: *pack carburizing*, arang kayu asam, baja karbon rendah, kekerasan, struktur mikro.

Pendahuluan

Dalam dunia industri, baja merupakan salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan di bidang konstruksi mesin. Alasan penggunaan baja sebagai bahan konstruksi mesin adalah karena memiliki karakteristik atau sifat-sifat mekanik maupun fisik yang menjadi keunggulan dari baja itu sendiri, seperti: kekuatan tarik, ketahanan leleh, dan kekerasan yang tinggi, ulet, memiliki daya hantar panas yang baik.

Dalam aplikasinya logam biasanya dilakukan perlakuan seperti perlakuan panas. Proses perlakuan panas dilakukan untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik dari sebelumnya. Untuk baja dengan kandungan karbon di bawah 0,35 % (baja karbon rendah), harus dikenakan perlakuan panas dengan metode pengerasan permukaan (*surface hardening*). Salah satu cara

pengerasan permukaan yang dikenakan pada baja karbon rendah, dengan menerapkan perlakuan secara termokimia (*thermochemical treatment*) dengan difusi karbon yang dikenal sebagai proses *carburizing* (karburisasi). Karburisasi bertujuan untuk memperoleh sifat baja yang lebih keras bagian permukaannya sehingga ketahanan ausnya meningkat dengan cara memberikan kandungan karbon yang lebih banyak pada permukaan baja dibanding dengan bagian inti. Salah satu metoda yang digunakan untuk menambah kandungan karbon di dalam baja dengan menggunakan media padat di sebut *pack carburizing*. Dalam penelitian ini proses pengkarbonan pada baja menggunakan arang kayu asam sebagai media karburisasi (*carburizer*), arang kayu dihancurkan dan diayak hingga menjadi serbuk lalu dicampur dengan *Calcium Carbonat* (CaCO_3) sebagai zat pengaktif (*trigger*) atau *energizer*. Beberapa penelitian yang telah dilakukan yang terkait dengan proses karburisasi; Darmanto (2006) meneliti tentang pengaruh *holding time* terhadap kekerasan dengan *refining the core* pada proses *carburizing*

material baja karbon rendah. Media karburisasi yang digunakan adalah arang batok kelapa. Hasil yang ditunjukkan adalah dengan *carburizing*, sifat kekerasan material baja karbon rendah semakin berkurang sebanding dengan kedalaman dari permukaan dan semakin lama *holding time* akan semakin berpengaruh pada permukaan baja walaupun tidak meningkatkan kekerasan bagian inti. Penggunaan barium karbonat sebagai *energizer* pada proses karburisasi dengan media karburisasi arang tempurung kelapa untuk peningkatan tingkat kekerasan dan keausan pada baja karbon AISI 1020 telah dilakukan oleh Iqbal (2007). Soemowidagdo dkk (2009) juga menggunakan barium karbonat sebagai zat pengaktif pada proses karburisasi, namun menggunakan arang kayu bakau dalam proses karburisasi baja karbon rendah. Mulyadi (2010) meneliti tentang perubahan kekerasan dan difusi karbon akibat dari proses karburisasi dan proses quenching pada material gigi perontok power thresher. Bahan yang digunakan adalah baja beton dengan arang batok kelapa sebagai media pengkarbonan dan barium karbonat sebagai zat pengaktif.

Dalam penelitian ini, pemilihan arang kayu asam dipilih karena ketersediaan di daerah Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah dan sifat kayu asam termasuk kategori kayu keras yang dapat menghasilkan arang dengan kandungan karbon yang dibutuhkan untuk proses *carburizing*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanis (kekerasan) dan struktur mikro pada baja karbon rendah sebelum dan sesudah mengalami pack carburizing dengan media arang kayu asam dengan campuran zat pengaktif CaCO_3 .

Metoda Eksperimen dan Fasilitas Yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah ST 42 dengan komposisi kimia

Unsur	C (max)	Si (max)	Mn (max)	P (max)	S (max)
%	0.10	0.20	0.75	0.045	0.0045

Spesimen untuk uji kekerasan dan struktur mikro dibuat dalam bentuk bulat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi spesimen uji kekerasan dan uji struktur mikro

Selanjutnya, arang kayu asam yang dihancurkan menjadi serbuk yang diayak dengan menggunakan mesh 30 (Gambar 2) dan CaCO_3 (Gambar 3) sebagai zat pengaktif.



Gambar 2. Serbuk arang kayu asam



Gambar 3. Bubuk CaCO_3

Pengarbonan dilakukan dengan cara memasukkan spesimen ke dalam kotak yang terbuat dari plat baja yang terdiri dari 6 buah spesimen *quenching* dan 6 buah spesimen pendinginan dalam kotak. Serbuk arang yang telah dicampur dengan 20 % wt Calcium Carbonat (CaCO_3) dimasukkan ke dalam kotak, tutup dipasang dengan rapat, selanjutnya dipanaskan dalam dapur dengan suhu masing-masing 900°C , dan 950°C dan ditahan selama 3 jam.

Proses pendinginan dilakukan setelah dicapai waktu yang ditentukan yaitu spesimen yang dilakukan *quenching* langsung dicelupkan secara cepat pada media pendingin air. Sedang untuk spesimen pendinginan dalam kotak (PDK) dibiarkan dingin secara perlahan-lahan dalam kotak dengan udara terbuka.

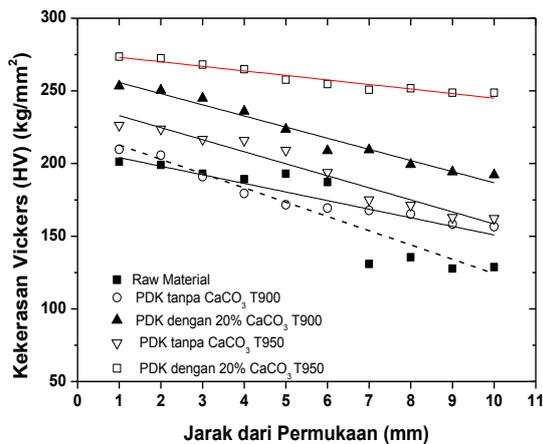
Selanjutnya, proses tempering dilakukan dengan cara memanaskan kembali material yang telah dilakukan proses *quenching* ke dalam oven dengan temperatur 200°C dengan waktu penahanan selama 1 jam. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan tegangan-tegangan sisa dan memperhalus ukuran butir serta mengurangi kerapuhan.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat Macrohardness Tester dengan metode pengujian kekerasan Vickers. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan baja karbon yang diperoleh setelah mengalami proses karburasi. Pengujian

dilakukan sebanyak 10 titik dimulai dari tepi menuju inti material dengan jarak 1 mm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pembebanan 100 kg dan waktu penekanan selama 15 detik. Sedang pengujian foto mikro menggunakan mikroskop optik.

Hasil dan Pembahasan

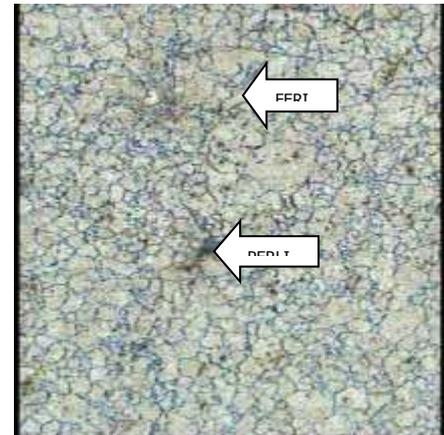
Pengujian kekerasan dalam penelitian ini dilakukan berurutan pada jarak awal 1 mm dari tepi (permukaan) menuju ke tengah (inti) spesimen dengan jarak antar titik 1 mm menuju inti. Data hasil pengujian ini dikelompokkan menjadi 9 kelompok, yaitu spesimen raw material, spesimen PDK tanpa CaCO_3 T 900°C, spesimen PDK tanpa CaCO_3 T 950°C, spesimen PDK campur CaCO_3 20% T 900°C, spesimen PDK campur CaCO_3 20% T 950°C, spesimen *quenching* temper tanpa CaCO_3 T 900°C, spesimen *quenching* temper tanpa CaCO_3 T 950°C, spesimen *quenching* temper campur CaCO_3 20% T 900°C, spesimen *quenching* temper campur CaCO_3 20% T 950°C.



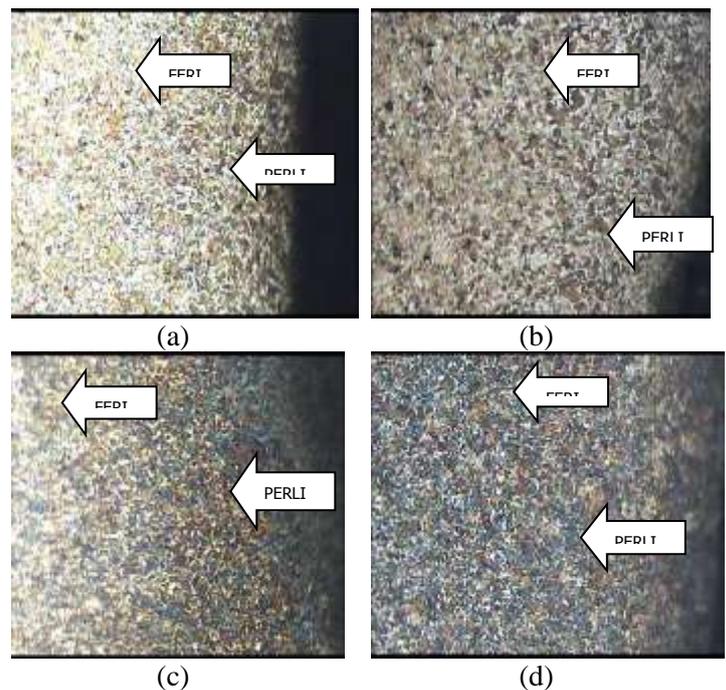
Gambar 4. Kekerasan lapisan karburisasi tanpa CaCO_3 dan dengan CaCO_3 melalui proses pendinginan dalam kotak (PDK) pada temperatur 900°C dan 950°C.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa tingkat kekerasan raw material cenderung turun dari permukaan terluar ke bagian inti spesimen ($201,17 \text{ kg/mm}^2 - 128,75 \text{ kg/mm}^2$). Kondisi struktur mikro dari raw material dapat di lihat pada Gambar 5. Hal ini sejalan dengan spesimen yang telah mengalami proses *carburizing* baik spesimen yang mengalami pendinginan dalam kotak (PDK) tanpa dan dengan campuran CaCO_3 sebesar 20% berat media karburisasi arang kayu asam pada temperatur 900°C dan 950°C. Pada pendinginan dalam kotak dengan

penambahan CaCO_3 sebesar 20% wt ke dalam arang kayu asam pada temperatur karburisasi 950°C memiliki tingkat kekerasan yang paling dibanding dengan proses pendinginan kotak yang lain baik dari permukaan luar maupun dibagian inti yaitu $273,53 \text{ kg/mm}^2 - 248,77 \text{ kg/mm}^2$. Peningkatan kekerasan dari permukaan luar sampai inti spesimen disebabkan telah terjadi difusi atom karbon padat ke dalam struktur baja. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 6.



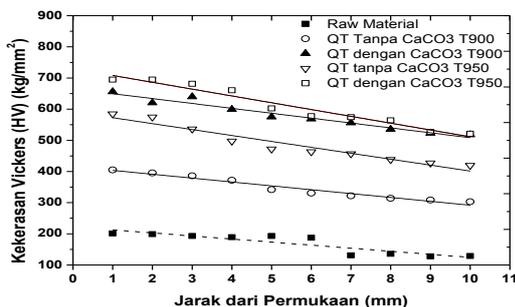
Gambar 5. Struktur mikro raw material



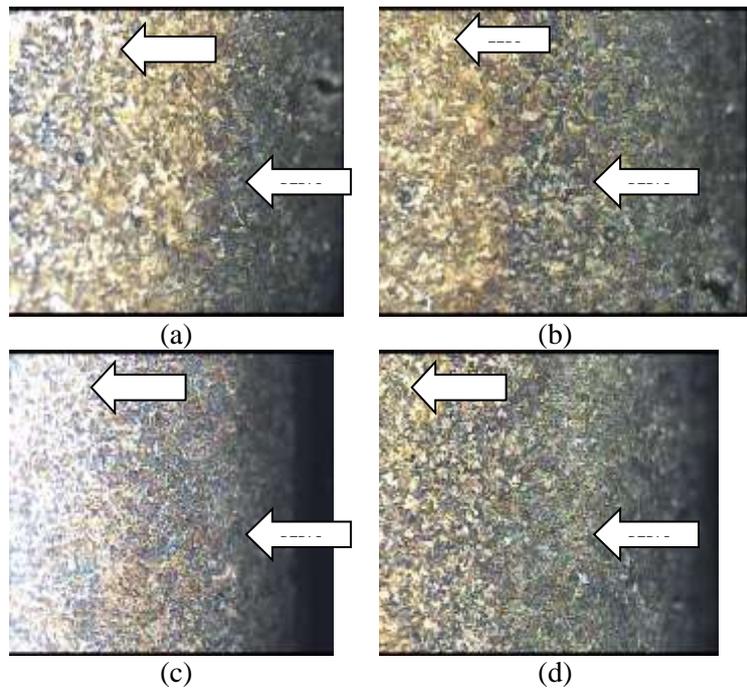
Gambar 6. Lapisan karburisasi pada specimen pendinginan dalam kotak pembesaran 100x .(a) foto mikro spesimen PDK tanpa CaCO_3 T 900°C, (b) foto mikro spesimen PDK tanpa CaCO_3 temperatur 950°C, (c) foto mikro spesimen PDK campur CaCO_3 20% temperatur 900°C ,(d) foto mikro spesimen PDK campur CaCO_3 20% temperatur 950°C.

Selanjutnya, pada Gambar 7 terlihat bahwa tingkat kekerasan spesimen yang mengalami *carburizing*

dengan zat pengaktif CaCO_3 dan tanpa zat pengaktif yang kemudian di *quenching* dalam media air dan ditemper pada temperatur 200°C cenderung turun dari permukaan terluar ke bagian inti spesimen. Penambahan zat pengaktif pada media karburasi arang kayu asam menghasilkan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dibanding dengan raw material. Pada proses *quenching* dengan media air dan kemudian di temper pada temperatur 200°C selama 1 jam seperti pada Gambar 7 dengan penambahan zat pengaktif CaCO_3 sebesar 20% wt ke dalam arang kayu asam pada temperatur karburisasi 950°C memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi dibanding dengan perlakuan proses *quenching* dan temper yang lain baik dari permukaan luar maupun dibagian inti yaitu $694,70\text{kg/mm}^2$ – $520,87\text{kg/mm}^2$. Pemberian perlakuan *quenching* pada media air dan temper pada temperatur 200°C menaikkan tingkat kekerasan seperti terlihat pada Gambar 8. Peningkatan kekerasan dari permukaan luar sampai inti spesimen disebabkan telah terjadi difusi atom karbon padat ke dalam struktur baja dan kemungkinan terjadi penumpukan atom karbon lebih banyak di bagian permukaan. Penambahan zat pengaktif ke dalam media karburasi memberikan perbedaan nilai kekerasan permukaan, ini terjadi karena penambahan zat pengaktif CaCO_3 ke dalam bubuk arang aktif kayu asam menjadikan pemicu dan mempercepat proses difusi gas karbon masuk ke dalam permukaan spesimen. Namun jika dilihat dari struktur mikro, hasil pengujian struktur mikro terlihat pembentukan struktur mikro baik proses karburasi menggunakan zat pengaktif maupun yang tidak menggunakan memperlihatkan bentuk struktur butir perlit dan ferrit yang hampir seimbang.



Gambar 7. Kekerasan lapisan karburasi tanpa CaCO_3 dan dengan CaCO_3 melalui proses *Quenching Temper* (QT) pada temperatur 900°C dan 950°C .



Gambar 8. Lapisan karburasi pada specimen pendinginan dalam kotak pembesaran 100x (a) foto mikro spesimen Quench temper tanpa CaCO_3 temperatur 900°C (b) foto mikro spesimen Quench temper tanpa CaCO_3 temperatur 950°C (c) foto mikro spesimen Quench temper caampur CaCO_3 20% temperatur 900°C (d) foto mikro spesimen Quench temper caampur CaCO_3 20% temperatur 950°C

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai kekerasan pada raw material dari permukaan terluar dan bagian inti yaitu $201,17\text{kg/mm}^2$ – $128,75\text{kg/mm}^2$.
2. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada penambahan CaCO_3 ke media karburasi arang kayu asam pada temperatur 950°C untuk proses pendinginan dalam kotak (PDK) $273,53\text{kg/mm}^2$ – $248,77\text{kg/mm}^2$ dan untuk *quenching* dan *temper* sebesar $694,70\text{kg/mm}^2$ – $520,87\text{kg/mm}^2$.
3. Penambahan zat pengaktif CaCO_3 ke dalam media karburasi bubuk arang aktif kayu asam memberikan perbedaan nilai kekerasan permukaan.
4. Hasil pengujian struktur mikro terlihat pembentukan struktur mikro baik proses karburasi menggunakan zat pengaktif maupun yang tidak menggunakan memperlihatkan bentuk struktur butir perlit dan ferrit yang hampir seimbang.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada staf pengelola Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako atas kesediaan dalam membantu menyelesaikan pengujian kekerasan dan struktur mikro.

Nomenklatur

C Celsius (°)
C Carbon
Si Silicon
Mn Mangan
S Sulfur
P Posfor

Referensi

Darmanto. Pengaruh *Holding Time* Terhadap Sifat Kekerasan Dengan *Refining The Core* Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah. Jurnal Traksi, Vol 4, No. 2 (2006)

Iqbal M. Pengaruh Proses Pack Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat terhadap Kekerasan dan Keausan Baja Karbon AISI 1020. Thesis, Universitas Gajah Mada-Yogyakarta (2007)

Mulyadi, Sunitra E., Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Akibat dari Proses Karburisasi dan Proses Kuancing pada Material Gigi Perontok Power Thresher. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 7, No.1. (2010)

Soemowidagdo, A.L., Mujiyono. Meningkatkan Efektivitas Arang Bakau Pada Proses Karburising Padat Baja Karbon Rendah Menggunakan Barium Karbonat. Jurnal Semesta Teknika, Vol.12, No.2, 124-132.(2009)