

ANALISIS SIFAT MEKANIK BAJA KARBON RENDAH MELALUI PROSES PACK CARBURIZING (SINGLE QUENCHING) MENGGUNAKAN ARANG SEKAM PADI DAN BARIUM KARBONAT (BaCO_3)

Muas M¹⁾, Syaharuddin Rasyid^{1*)}, Yusril Mahendra²⁾, Rifal Hadiana²⁾

¹⁾ Dosen Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Mahasiswa Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

In general, this study aims to optimize the mechanical properties of low carbon steel (St-37) through the pack carburizing process (single quenching). Specifically to analyze the effect of using rice husk charcoal, variations in the addition of barium carbonate (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, and 25%), and the temperature of the water cooling medium (0°C, 10°C, and 20°C) on hardness, and the tensile strength of low carbon steel. Low carbon steel (St-37) engineered by pack carburizing process using rice husk charcoal and the addition of barium carbonate catalyst has been studied. Based on the results of the analysis of the properties of low carbon steel, it can be concluded: a). The mechanical properties of low carbon steel have increased after going through the carburizing quenching process. The highest tensile stress in low carbon steel of 513.8 N/mm² occurred with the addition of 20% barium carbonate catalyst. The highest hardness of 44.4 HB occurred with the addition of 20% barium carbonate catalyst and the lowest strain was 11.3%, and 2). The mechanical properties of low carbon steel have increased after going through the quenching hardening process. The highest tensile stress in low carbon steel of 795 N/mm² occurs with the addition of 20% barium carbonate catalyst. The highest hardness of 66.8 HRB occurred with the addition of 25% barium carbonate catalyst and a cooling medium temperature of 10°C. The lowest strain of 0.6% occurred with the addition of 25% barium carbonate catalyst and a cooling medium temperature of 20°C.

Keywords: Pack Carburizing, Single Quenching, Arang Sekam Padi, Barium Carbonat

1. PENDAHULUAN

Sekam padi merupakan limbah pertanian yang cukup melimpah dan sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber karbon slumber aktif yang dapat digunakan untuk adsorben, pendukung katalis dan elektrode. Komponen utama dari sekam padi adalah selulosa (38%), hemiselulosa (18%), lignin (22%), dan SiO₂ (19%) [1]. Banyaknya kandungan senyawa karbon dan silika dalam sekam padi sehingga produk karbonisasinya berupa komposit karbon-silika. Salah satu pemanfaatan limbah sekam padi yang dapat dikembangkan adalah menjadikan arang sekam padi sebagai media karburasi pada proses carburizing. Carburizing merupakan salah satu perlakuan yang banyak dilakukan pada logam dalam bidang teknik mesin khususnya material teknik (baja) dalam meningkatkan kekuatan mekanis logam.

Baja merupakan paduan yang sebagian besar terdiri dari unsur besi dan karbon 0,2%-2,1%. Sifat baja karbon dipengaruhi oleh persentase karbon dan struktur mikro, sedangkan struktur mikro pada baja dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan campuran unsur lain dalam baja dapat meningkatkan nilai kekerasan, ketahanan pada goresan dan ketahanan pada temperatur. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi.

Penggunaan baja karbon rendah cukup banyak ditemukan pada komponen mesin maupun pada konstruksi lainnya. Pemilihan baja karbon rendah sebagai komponen mesin dan konstruksi karena sifatnya yang mudah dibentuk dan mampu mesin yang baik. Selain itu baja karbon rendah memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi. Komponen mesin yang terbuat dari baja karbon rendah dapat berupa roda gigi dan poros dengan beban yang relatif kecil. Walaupun memiliki sifat mekanis yang cukup baik, baja karbon tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Baja karbon rendah memiliki kekerasan rendah sehingga cepat aus dan umurnya menjadi relatif pendek apabila diberi pembebanan berulang atau dinamis. Dengan kondisi demikian salah satu metode untuk mengubah sifat mekanik baja karbon rendah adalah metode karburasi, sehingga kekuatan fatik dan nilai kekerasan meningkat, sementara laju keausan akan menurun.

Berdasarkan media yang memberikan karbon, secara umum dapat dibagi tiga yaitu karburasi padat (*solid/pack carburizing*), karburasi cair (*liquid carburizing*), dan karburasi gas (*gas carburizing*). *Pack carburizing* adalah proses dimana karbon monoksida yang berasal dari senyawa padat terurai pada permukaan logam menjadi karbon baru dan karbon dioksida. Baja pada suhu sekitar 850°C mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon diabsorpsi ke dalam logam membentuk larutan padat karbon besi dan pada lapisan luar memiliki kadar karbon yang tinggi. Bila cukup waktu, atom karbon akan mempunyai kesempatan untuk berdifusi kebagian sebelah dalam. Tebal lapisan tergantung dari waktu dan suhu yang digunakan.

^{1*)} Korespondensi penulis: Syaharuddin Rasyid, Telp 081354933670, syaharuddinrasyid@poliupg.ac.id

Karburasi merupakan proses perlakuan panas yang umumnya dilakukan pada baja dengan kandungan karbon di bawah 0,3%, proses ini mampu mendifusikan karbon pada baja karbon rendah dengan kedalaman antara 0,2-1,2 mm. Terdapat beberapa metoda pendinginan (*quenching*) untuk proses karburasi, metoda pendinginan yang sering dilakukan untuk proses karburasi adalah metoda *single quenching* dan *direct quenching*. Proses karburasi dengan metode *single quenching* terdiri dari dua tahap yaitu tahap *quenching carburizing* dan tahap *quenching hardening* sedangkan metode *direct quenching* terdiri dari satu tahap yaitu setelah proses *carburizing quenching hardening* (proses karburasi dan langsung dilanjutkan dengan proses pendinginan cepat).

Penelitian peningkatan sifat mekanik baja karbon rendah melalui proses *pack carburizing* telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti: Kuswanto [2], Aras [3], Rinaldi dan Rumendi [4], Hafni [5, 6], Negara [7], Sujita [8], Nurharyanto dkk. [9], Setyawan [10]. Yang membedakan penelitian yang satu dengan penelitian lainnya adalah 1). Jenis bahan baku arang, 2). Jenis katalis, 3) Perbandingan komposisi arang dan katalis, 3). Metode karburizing, 4). Temperatur dan waktu pemanasan, dan 5). Jenis media pendingin.

Penelitian *pack carburizing* menggunakan arang sekam padi adalah Nurharyanto dkk. [9] dan Setyawan [10]. Nurharyanto dkk. [9], melakukan perbandingan nilai kekerasan baja karbon rendah pada proses *pack carburizing* dengan media arang sekam padi dan arang tempurung kelapa. 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.

Setyawan [10] telah meneliti struktur mikro dan kekerasan baja karbon rendah hasil *carburizing* dengan media arang sekam padi yang disaring mesh 200 dan hasil shaker mill. Pada penelitian ini media *carburizing* yang digunakan adalah arang sekam padi dengan prosentase berat 80% dan bahan kimia aktif NaCO₃ sebesar 20%. Hasil perbandingan kekerasan yang paling tinggi terdapat pada benda kerja yang di shaker mill yaitu 198,5 HVN dengan nilai rata-rata kekerasan material sebesar 182,28 HVN. Di bandingkan dengan nilai material yang 200 mesh sebesar 164,5 HVN dengan nilai rata-rata kekerasan material sebesar 158,1 HVN. Benda kerja setelah di *carburizing* mengalami peningkatan kekerasan sebesar 8,82%.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, maka baja karbon rendah masih dapat dioptimalkan sifat mekaniknya dengan merekayasa kecepatan pendinginan melalui penggunaan media pendingin air di bawah suhu ruang. Secara umum penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sifat mekanik baja karbon rendah (St-37) melalui proses *pack carburizing (single quenching)*. Secara khusus untuk menganalisis pengaruh penggunaan arang sekam padi, variasi penambahan barium karbonat (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%), dan suhu media pendingin air (0°C, 10°C, dan 20°C) terhadap kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon rendah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

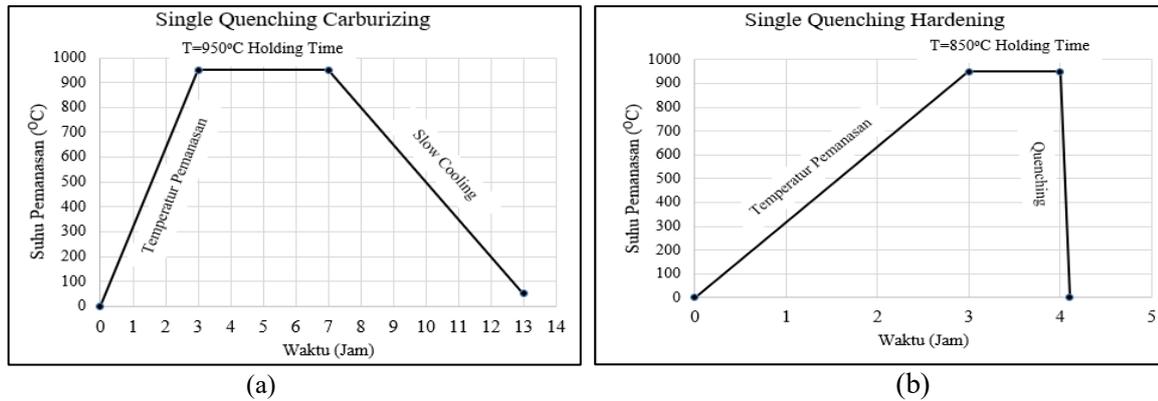
Bahan dan peralatan pengujian yang digunakan adalah pelat besi (steel plate) tebal 2 mm (Bahan spesimen), arang sekam padi, barium karbonat (BaCO₃), semen tahan api, pipa baja 3", pelat baja tebal 4 mm, kawat baja, es batu, box/ember, mesin potong pelat, mesin las, tang potong, thermometer digital, tungku listrik, alat uji tarik, dan alat uji kekerasan.

Metode *pack carburizing* (karburasi padat) yang digunakan adalah metoda *single quenching*. Metode ini terdiri dari 2 tahap proses, yaitu tahap karburasi dan tahap *hardening*. Pada tahap karburasi dilakukan pada temperatur 950°C di dalam tungku pemanas, dengan waktu 4 jam. Spesimen ditempatkan di dalam kotak tahan panas atau kotak sementasi yang telah diisi dengan media karbon (arang sekam padi) yang telah dicampur dengan katalis. Kemudian ditutup rapat dengan dilapisi semen tahan api agar gas yang dihasilkan tidak keluar (Gambar 1).



Gambar 1. Proses pemasukan spesimen, arang sekam padi dan barium karbonat, dan semen tahan api

Pendinginan (quenching) hasil karburasi dilakukan dengan furnace quenching atau slow cooling. Gambar 2a merupakan siklus atau diagram proses dari metoda single quenching pada tahap karburasi.



Gambar 2. Diagram proses *single quenching-carburizing* (a) dan *single quenching-hardening* (b)

Tahap selanjutnya adalah proses hardening spesimen yang telah dikarburasi. Temperatur untuk hardening 870°C di dalam tungku pemanas dengan waktu 3-4 jam. Spesimen ditempatkan didalam kotak tahan panas yang diisi dengan arang sekam padi. Pendinginan (quenching) pada proses hardening dilakukan dengan water quenching. Suhu water quenching adalah 0°, 10°, dan 20°C. Gambar 2b merupakan siklus atau diagram proses dari metode single quenching pada tahap hardening. Proses pack carburizing ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses pack carburizing

Proses pengujian yang dilakukan pada penelitian ini ada 3 tahap yaitu: pengujian spesimen awal, pengujian setelah proses quenching *carburizing*, dan pengujian setelah proses *quenching hardening*. Sifat mekanik yang ingin diamati adalah kekuatan tarik dan kekerasan (Gambar 4).



Gambar 4. Proses pengujian tarik dan kekerasan

Data hasil pengujian akan diolah menggunakan Microsoft excel dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat besi (steel plate) tebal 2 mm. Pelat besi hitam maupun pelat besi putih biasanya memiliki ukuran standar sebesar 4 x 8 feet dengan ketebalan mulai dari 0.6 mm hingga 50.0 mm. Grade umum yang ada di pasaran untuk plat besi merupakan baja struktural. Baja

struktural ini seringkali dibuat dari baja karbon rendah sehingga memiliki fleksibilitas yang baik. Hasil pengujian tarik dan pengujian kekerasan pada bahan pelat besi dapat dilihat pada Tabel 1.

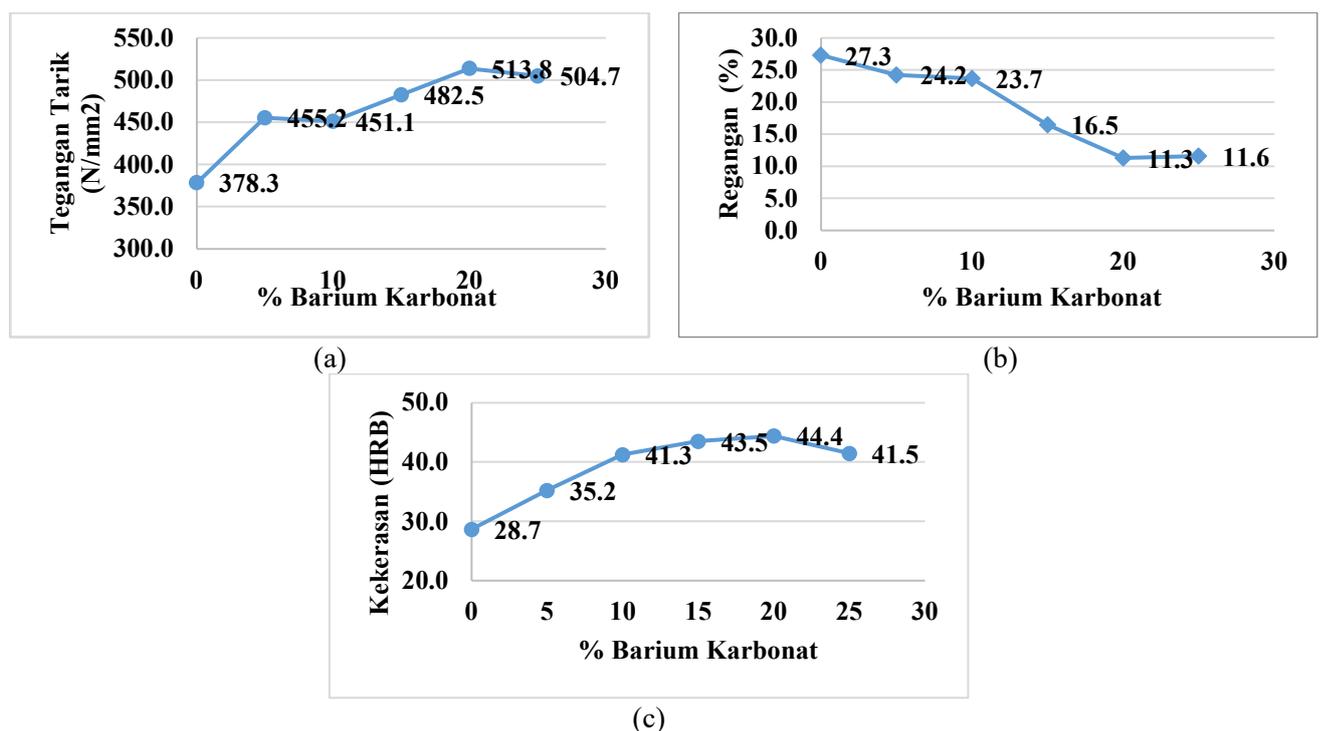
Tabel 1. Hasil pengujian tarik dan pengujian kekerasan pada bahan pelat besi

No.	σ_p (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	σ_m (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	ϵ (%)	HB
1	200.3	309.5	379.3	206.3	26.3	92.3
2	230.6	318.6	391.4	218.5	30.0	83.2
3	227.6	318.6	391.4	227.6	27.5	88.0
Rata-rata	219.5	315.6	387.4	217.5	27.9	87.8

Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik diketahui bahwa kekuatan tarik maksimum pada bahan plat besi adalah 387.4 N/mm² dan kekerasan 87.8 HB. Hal ini menunjukkan bahwa pelat besi ini termasuk dalam klasifikasi baja karbon rendah. Dimana baja karbon rendah memiliki kadar karbon sebesar 0.10 s/d 0.30 %.

Metode perlakuan panas yang tepat untuk mengubah sifat mekanik pada baja karbon rendah adalah penambahan karbon melalui proses pack carburizing. Pack Carburizing sendiri bisa melalui 2 tahap yaitu quenching carburizing bertujuan menambah jumlah karbon pada permukaan sehingga sifat mekaniknya meningkat dan quenching hardening untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan.

Pada penelitian ini dianalisa pengaruh penggunaan media carbon sekam padi dan penambahan katalis Barium Carbonat terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. Gambar 5 memperlihatkan hasil uji Tarik dan kekerasan pada proses *single quenching carburizing*.

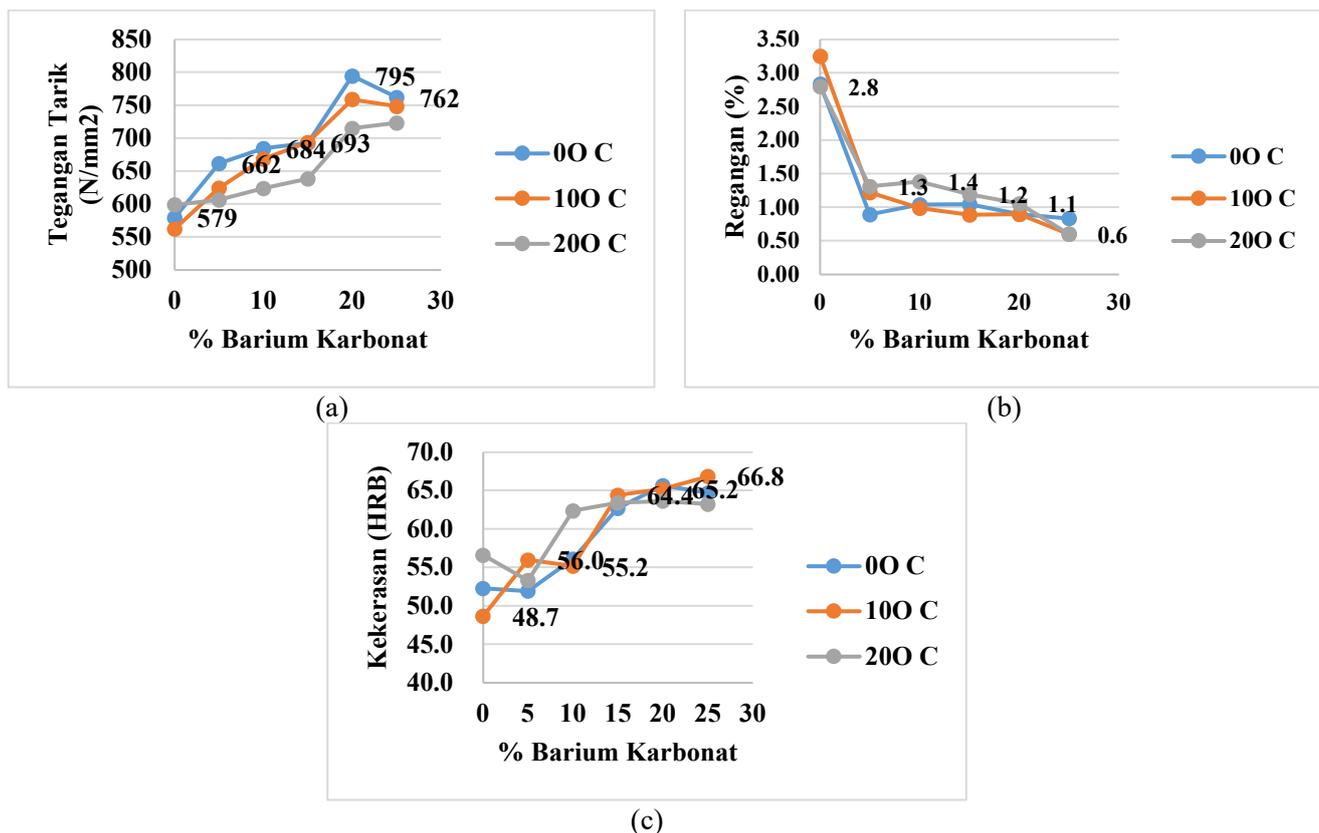


Gambar 5. Tegangan tarik baja (a), Regangan patah (b), dan Kekerasan (c) karbon rendah pada proses *quenching carburizing*

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 5 diketahui bahwa semakin tinggi prosentase katalis Barium karbonat pada proses quenching carburizing maka nilai kekuatan tarik dan kekerasan baja karbon rendah semakin tinggi. Sementara itu, regangan patah baja karbon rendah semakin kecil. Tegangan tarik tertinggi sebesar 513.8 N/mm² terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 20%. Kekerasan tertinggi sebesar 44.4 HB terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 20% dan regangan terendah sebesar 11.3 % terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 20%. Hal ini menunjukkan bahwa sifat mekanik baja karbon rendah semakin meningkat dengan adanya penambahan barium karbonat sebagai katalis

pada proses quenching carburizing. Jika ditinjau dari sifat kekakuan, baja karbon rendah yang telah diproses quenching carburizing semakin kaku atau semakin sulit dibentuk.

Spesimen baja karbon rendah yang telah diproses quenching carburizing kemudian dipanaskan lagi di dalam tungku listrik pada temperatur 870 selama 4 jam. Setelah suhu pemanasan tercapai, spesimen baja karbon rendah dikeluarkan dari tungku listrik dan langsung dicelup pada media pendingin air. Variasi suhu media pendingin adalah 0°C, 10°C, dan 20°C. Tahap penelitian ini dianalisa pengaruh suhu media pendingin air terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. Gambar 6 memperlihatkan hasil uji Tarik dan kekerasan pada proses *single quenching hardening*.



Gambar 6. Tegangan tarik baja (a), Regangan patah (b), dan Kekerasan (c) baja karbon rendah pada proses *quenching hardening*

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 6, diketahui bahwa semakin tinggi prosentase katalis Barium karbonat pada proses quenching hardening maka nilai kekuatan tarik dan kekerasan baja karbon rendah semakin tinggi. Sementara itu, regangan patah spesimen baja karbon rendah semakin kecil. Jika ditinjau dari pengaruh suhu media pendingin, maka semakin rendah suhu media pendingin, maka tegangan tarik semakin besar. Sementara itu nilai regangan patah dan kekerasan spesimen baja karbon rendah tidak berpengaruh secara signifikan.

Tegangan tarik tertinggi pada baja karbon rendah sebesar 795 N/mm² terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 20%. Kekerasan tertinggi sebesar 66.8 HRB terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 25% dan suhu media pendingin 10°C. Regangan terendah sebesar 0.6% terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 25% dan suhu media pendingin 20°C. Hal ini menunjukkan bahwa sifat mekanik spesimen baja karbon rendah semakin meningkat dengan adanya penambahan katalis barium karbonat pada proses quenching hardening. Sementara itu pengaruh suhu media pendingin tidak berpengaruh secara signifikan. Jika ditinjau dari kekuatannya, Baja karbon hasil proses *pack carburizing* ini sudah masuk dalam kategori baja St-70 yang memiliki sifat kuat dan keras.

4. KESIMPULAN

Baja karbon rendah (St-37) yang direkayasa melalui proses pack carburizing menggunakan arang sekam padi dan katalis Barium Carbonat (BaCO_3) telah dipelajari. Berdasarkan hasil analisis sifat baja karbon rendah, maka dapat disimpulkan: a). Sifat mekanik pada baja karbon rendah mengalami peningkatan setelah melalui proses *quenching carburizing*. Tegangan tarik tertinggi pada baja karbon rendah sebesar 513.8 N/mm^2 terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 20%. Kekerasan tertinggi sebesar 44.4 HB terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 20% dan regangan terendah sebesar 11.3 %, dan 2). Sifat mekanik pada baja karbon rendah mengalami peningkatan setelah melalui proses *quenching hardening*. Tegangan tarik tertinggi pada baja karbon rendah sebesar 795 N/mm^2 terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 20%. Kekerasan tertinggi sebesar 66.8 HRB terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 25% dan suhu media pendingin 10°C . Regangan terendah sebesar 0.6% terjadi pada penambahan katalis barium karbonat sebesar 25% dan suhu media pendingin 20°C .

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. N. Worasuwannarak, T. Sonobe, & W. Tanthapanichakoon. Pyrolysis behaviours of rice straw, rice husk, and corncob by TG-MS technique. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78(2), 265-27, 2007.
- [2]. B. Kuswanto. Perlakuan *pack carburizing* pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1), 2010.
- [3]. A. S. Aras. Pengaruh *Holding Time* Pada Proses *Pack karburizing* Media Arang Kemiri-Barium Karbonat Terhadap Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah. Skripsi Teknik Mesin Universitas Tadulako Palu, 2013.
- [4]. G. Rinaldi & U. Rumendi. Analisa Perbandingan Kekerasan Permukaan, Distribusi Kekerasan, Dan Struktur Mikro Material St 37 pada Proses Karburasi dengan Metoda *Single Quenching* dan *Direct Quenching*. STEMAN ISBN 978-979-17047-5-5, 2014.
- [5]. H. Hafni. Pengaruh Waktu Tahan Proses *Pack Carburizing* Pada Baja Karbon Rendah Dengan Menggunakan Calcium Carbonat Dan Arang Tempurung Kelapa, Di Tinjau Dari Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(2), 2015.
- [6]. H. Hafni. Pengaruh Variasi Komposisi Arang Tempurung Kelapa dan Proses Pack Carburizing pada Baja Karbon Rendah Di Tinjau dari Struktur Mikro. *Jurnal Momentum ISSN 1693-752X*, 18(1), 2016.
- [7]. D.N.K.P. Negara,. Efektifitas *Carburizer* dari Sumber Karbon Berbeda Pada Proses Pack Carburizing. *Jurnal METTEK Volume 2 No 1*, pp 5 – 10, 2016.
- [8]. S. Sujita. Proses *Pack Carburizing* dengan Media *Carburizer* Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara. *MECHANICAL*, 2016, 7(2).
- [9]. A. Nurharyanto, D.A. Halim, & E. Surojo. Perbandingan Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah pada Proses *Pack Carburizing* dengan Media Arang Sekam Padi dan Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Vol. 15, No. 1, Hal 39 – 48*, 2019.
- [10]. H. Setyawan. Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Karbon Rendah Hasil Carburizing Dengan Media Arang Sekam Padi Yang Disaring Mesh 200 Dan Hasil Shaker Mill (Tesis). Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada: 1). Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dana yang diberikan, 2). Ketua, sekretaris, dan staf Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat PNUP atas arahan dan kepercayaan yang diberikan, dan 3). Tim pelaksana penelitian atas kerjasamanya dalam menyelesaikan penelitian ini.