

STUDI PENGARUH MEDIA QUENCHING AIR GARAM TERHADAP PENINGKATAN KETANGGUHAN BAJA ST37 DENGAN PACK CARBURIZING

Muas M¹, Syaharuddin Rasyid^{1,2*}, Muhammad Iswar³, Andi Ryan Fatahillah^{4**}, Fahmi Syamsuddin^{5**}
1, 2, 3, 4, 5. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This study aims to optimize the mechanical properties of low carbon steel (St-37) through the pack carburizing process (single quenching). The test parameters are as follows: 80% rice husk charcoal; 20% barium carbonate; 10%, 20%, and 30% table salt/NaCl in brine solution; and D. quenching medium brine solution temperature (0, 10, and 20°C). The research stages include: a. manufacture of tensile specimens and low carbon steel impact specimens; b. preliminary testing of the tensile properties, hardness, and impact values of the specifics; c. manufacture of carburizing specimen boxes; d. mixing of rice husk and barium carbonate; e. carburizing quenching process; f. preparation of brine cooling media; g. hardening quenching process; h. tensile, hardness, and impact testing; and i. analysis of test results data. Based on the results of the analysis of the mechanical properties of St-37, it can be concluded: a. The mechanical properties of low carbon steel have increased after going through the quenching carburizing process. The highest tensile stress on St-37 steel is 445.9 N/mm², the highest hardness is 225.2 HRV, and the impact strength is 0.708 Joule/mm². The mechanical properties of St-37 steel have increased after going through the quenching hardening process. The highest tensile stress of the highest tensile strength of 629 N/mm², the lowest fracture strain of 9.1%, the highest hardness of 420. HRV, and the lowest impact value of 0.446 Joule/mm² occurred with the addition of 30% table salt and the cooling medium temperature of 0°C. Engineered steel St-37 through a pack carburizing process using rice husk charcoal, Barium Carbonate (BaCO₃) catalyst, and brine cooling can be implemented in the manufacture of gears that are hard on the surface and ductile on the core.

Keywords: *Pack Carburizing, Salt Water, Rice Husk Charcoal, Barium Carbonate*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sifat mekanik baja karbon rendah (St-37) melalui proses pack carburizing (single quenching). Parameter pengujian adalah: a. arang sekam padi 80%; b. Barium karbonat (20%); c. Garam dapur / NaCl (10, 20, dan 30%) dalam larutan air garam; dan d. Suhu media quenching larutan air garam (0, 10, dan 20°C). Tahapan penelitian meliputi: a. pembuatan specimen Tarik dan specimen impak baja karbon rendah; b. pengujian awal sifat Tarik, Kekerasan, dan Nilai Impak spesies; c. pembuatan kotak specimen carburizing; d. pencampuran sekam padi dan barium karbonat; e. proses quenching carburizing; f. persiapan media pendingin air garam; g. proses quenching hardening; h. pengujian Tarik, kekerasan, dan impak; dan i. analisis data hasil pengujian. Berdasarkan hasil analisis sifat mekanik St-37, maka dapat disimpulkan: Sifat mekanik pada baja karbon rendah mengalami peningkatan setelah melalui proses quenching carburizing. Tegangan tarik tertinggi pada baja St-37 sebesar 445.9 N/mm², Kekerasan tertinggi sebesar 225.2 HRV, dan kekuatan impak sebesar 0.708 Joule/mm², dan 2). Sifat mekanik pada baja St-37 mengalami peningkatan setelah melalui proses quenching hardening. Tegangan tarik tertinggi sebesar Kekuatan Tarik tertinggi sebesar 629 N/mm², Regangan patah terendah sebesar 9.1%, Kekerasan tertinggi sebesar 420. HRV, dan Nilai Impak terendah sebesar 0.446 Joule/mm² terjadi pada penambahan garam dapur 30% dan pada temperatur media pendingin 0°C. Hasil rekayasa baja St-37 melalui proses pack carburizing menggunakan arang sekam padi, katalis Barium Carbonat (BaCO₃), dan pendingin air garam dapat diimplementasikan dalam pembuatan roda gigi yang keras pada bagian permukaan dan ulet pada bagian inti.

Kata Kunci: *Pack Carburizing, Air Garam, Arang Sekam Padi, Barium Carbonat*

1. PENDAHULUAN

Pack carburizing adalah proses terbentuknya karbon monoksida dari zat padat terurai menjadi karbon segar dan karbon dioksida pada permukaan logam. Karbon baru diambil oleh logam, dan segera setelah itu, bahan karbon senyawa karburasi padat berinteraksi dengan karbon dioksida untuk menciptakan karbon monoksida baru. Sekitar 850 °C adalah suhu di mana baja mengembangkan afinitas untuk karbon. Lapisan luar logam mengandung sejumlah besar karbon, yang diserap ke dalam logam untuk menghasilkan larutan

* Korespondensi penulis: Syaharuddin Rasyid, Telp 081354933670, syaharuddinrasyid@poliupg.ac.id

** Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

padat karbon besi. Atom karbon pada akhirnya akan memiliki kesempatan untuk berdifusi kebagian dalam dengan waktu yang cukup. Suhu dan waktu yang digunakan mempengaruhi ketebalan lapisan [1].

Prosedur perlakuan panas yang disebut karburasi sering digunakan untuk baja dengan kandungan karbon di bawah 0,3%. Dengan kedalaman 0,2-1,2 mm, metode ini dapat menyebarkan karbon dalam baja karbon rendah. Berbagai teknik pendinginan tersedia untuk proses karburasi. Teknik pendinginan tunggal dan pendinginan langsung adalah teknik pendinginan yang paling sering digunakan untuk proses karburasi. Sedangkan teknik direct quenching hanya membutuhkan satu tahap, proses carburizing dengan metode single quenching memiliki dua tahap, yaitu tahap carburizing quenching dan tahap quenching hardening (proses karburasi dan segera dilanjutkan dengan proses pendinginan cepat) [1].

Garam dapur adalah senyawa yang tersusun dari asam kuat HCl dan basa kuat NaOH. Apabila unsur ini direaksikan, maka akan terbentuk NaCl dan H₂O. Hasil dari bahan tadi bila disatukan akan membentuk suatu larutan yang disebut larutan garam. Larutan yang terbentuk merupakan campuran yang homogen, partikel-partikelnya sangat kecil namun tersebar merata meskipun dibiarkan dalam waktu yang lama. Apabila NaCl dilarutkan dalam air, maka ikatan ion positif dan ion negatif terputus dan ion-ion tersebut berinteraksi dengan molekul air. Ion-ion ini dikelilingi oleh molekul air dan peristiwa ini disebut hidrasi. Apabila baja (Fe₃C) dicelupkan dalam medium pendingin larutan air garam akan terjadi pendinginan yang cepat karena apabila airnya telah menguap akan terjadi selubung uap air tetapi ada bintik-bintik ion Na_{+(Aq)} + Cl_{-(Aq)} pada seluruh permukaan benda kerja, maka selubung uap air tersebut diceraikan oleh bintik-bintik ion Na⁺ dan ion Cl⁻. Keadaan yang demikian itu berlangsung terus menerus dan mengakibatkan pendinginan tidak terhambat, sehingga benda kerja akan cepat dingin dan hasil kekerasan akan tinggi [2].

Penelitian peningkatan sifat mekanik pada baja menggunakan media quenching air garam telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti: [3]-[13] Perbedaan penelitian yang satu dengan penelitian lainnya adalah temperatur pemanasan, jenis baja yang digunakan, dan perbandingan komposisi air garam. Kesamaan penelitian yang satu dengan penelitian lainnya adalah jenis perlakuan panas (proses hardening) dan temperatur media quenching air garam (25-30°C).

Muas dkk. [1] telah melakukan penelitian sifat mekanik baja karbon rendah melalui proses pack carburizing (single quenching) menggunakan arang sekam padi dan barium karbonat (BaCO₃). Suhu media quenching air yang digunakan adalah 0, 10, 20°C. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sifat mekanik pada baja karbon rendah mengalami peningkatan setelah melalui proses *quenching carburizing*. Semakin tinggi prosentase katalis barium karbonat maka tingkat kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon rendah semakin besar. 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 [1].

Berdasarkan hasil peneliti sebelumnya, maka baja karbon rendah masih dapat ditingkatkan sifat mekaniknya dengan merekayasa kecepatan pendinginan melalui penggunaan media pendingin air garam di bawah suhu ruang. Diharapkan dengan sifat mekanik yang lebih tinggi, maka baja karbon rendah dapat digunakan sebagai bahan pisau, cangkul, dan roda gigi.

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan sifat mekanik baja karbon rendah (St-37) melalui proses *pack carburizing (single quenching)*. Parameter pengujian adalah: a. arang sekam padi 80%; b. Barium karbonat (20%); c. Konsentrasi garam/NaCl (10, 20, dan 30%) dalam air garam; dan d. Suhu media quenching air garam (0, 10, dan 20°C).

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan peralatan pengujian yang digunakan adalah St-37 (10x10 mm) sebagai bahan spesimen, arang sekam padi, barium karbonat (BaCO₃) 20%, semen tahan api, kotak pelat baja 30x15x10 cm, kawat beton, larutan garam, wadah quenching, tang potong, thermometer digital, tungku listrik, alat uji Tarik, kekerasan, dan dampak.

Metode pendinginan tunggal digunakan untuk proses karburasi padat. Tahap karburasi dan tahap pengerasan adalah dua fase yang membentuk prosedur ini. Ini berlangsung selama langkah karburasi pada suhu 950 °C selama empat jam dalam tungku pemanas. Spesimen dimasukkan ke dalam kotak sementasi atau kotak tahan panas yang telah diisi media karbon (arang sekam padi) dan katalis barium karbonat 20%. Kemudian, untuk mencegah keluarnya gas, ditutup rapat dengan penutup semen tahan api [1].

Proses quenching hardening adalah tahap berikutnya, dimana temperatur pemanasan pada proses ini adalah 870°C dengan waktu pemanasan selama 3-4 jam. Spesimen ditempatkan di dalam kotak tahan panas yang diisi dengan arang sekam padi. Pendinginan (quenching) pada proses hardening dilakukan dengan salt water. Suhu salt 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 1.



Gambar 1. 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, kekerasan, dan kekuatan dampak (Gambar 2). Data hasil pengujian diolah menggunakan Microsoft excel dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif.



Gambar 2. Mesin uji tarik, uji kekerasan, dan uji dampak yang digunakan pada pengujian sifat Baja St37

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon rendah ukuran 10x10 mm. Baja karbon rendah termasuk jenis baja struktural yang memiliki sifat fleksibilitas yang baik. Hasil pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan pengujian dampak pada baja karbon rendah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Mekanik (Tarik, Kekerasan, dan Dampak) Baja Karbon Rendah

No.	σ_p (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	σ_m (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	ϵ (%)	HRV	K (Joule/mm ²)
1	250.8	322.5	368.2	254.8	21.3	156.5	0.732
2	250.8	332.4	380.2	262.7	21.3	158.2	0.796
3	268.7	328.4	376.2	268.7	18.8	156.3	0.793
Rerata	256.8	327.8	374.9	262.1	20.4	157.0	0.744

Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik spesimen baja karbon rendah diketahui bahwa kekuatan tarik maksimum adalah 374.9 N/mm², kekerasan 157 HRV, dan Kekuatan dampak 0,744 Joule/mm². Hal ini menunjukkan bahwa spesimen ini termasuk dalam klasifikasi baja St-37. Dimana baja St-37 memiliki kadar karbon sebesar 0.10 s/d 0.30 %. Nilai kadar karbon sebesar ini termasuk fasa ferrite dan tidak cukup signifikan dalam meningkatkan kekerasan dan keuletan.

Salah satu metode untuk meningkatkan sifat mekanik pada baja karbon adalah melalui proses perlakuan panas. Dimana, persyaratan baja karbon agar dapat ditingkatkan sifat mekaniknya melalui proses perlakuan panas adalah jumlah karbon di dalam besi minimal 0.4%.

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 proses carburizing, media carbon yang digunakan adalah arang sekam padi yang telah dihaluskan, kemudian media arang sekam padi dicampur dengan katalizer Barium Carbonat (BaCO₃). Perbandingan jumlah arang sekam padi dan Barium Carbonat 80% : 20%. Hasil pengujian Tarik, Kekerasan dan Impak dapat dilihat pada Tabel 2.

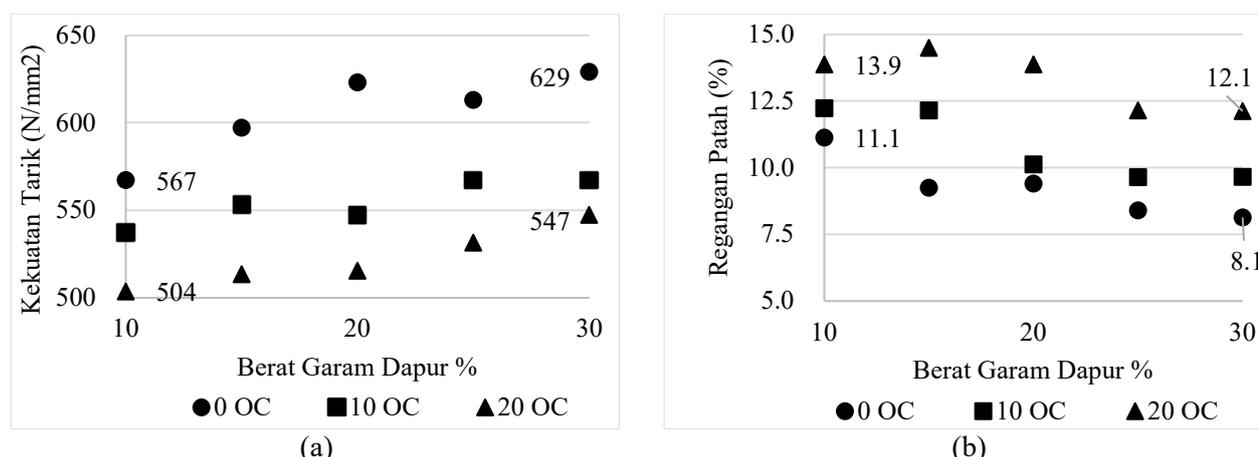
Tabel 2. Hasil Uji Mekanik (Tarik, Kekerasan, dan Impak) Baja St-37 Setelah Proses Carburizing

No.	σ_p (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	σ_m (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	ϵ (%)	HRV	K (Joule/mm ²)
1	328.4	400.1	445.9	332.4	21.3	225.2	0.701
2	328.4	390.1	437.9	320.5	20.0	231.0	0.696
3	326.4	386.1	433.9	326.4	21.3	224.1	0.728
Rerata	327.8	392.1	439.2	326.4	20.8	226.8	0.708

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 1 dan Tabel 2 diketahui bahwa terjadi peningkatan kekuatan tarik 14.6%, kekerasan 48%, dan penurunan regangan patah 4.84%. Berdasarkan hasil proses quenching carburizing yang diperoleh, maka dapat diasumsi bahwa kadar karbon pada baja St-37 yang telah di carburizing sudah meningkat. Hal ini sudah sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muas dkk., yang menyatakan bahwa sifat mekanik pada baja karbon rendah mengalami peningkatan setelah melalui proses *quenching carburizing*. Tegangan tarik tertinggi pada baja karbon rendah 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 %, [1].

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. Dalam proses quenching hardening, jenis dan temperatur media pendingin cukup berpengaruh terhadap sifat mekanik baja.

Gambar 3 memperlihatkan pengaruh penambahan garam dapur (%) kedalam air pendingin dan suhu pendingin air garam terhadap kekuatan tarik dan regangan patah baja St-37 setelah melalui proses quenching hardening.



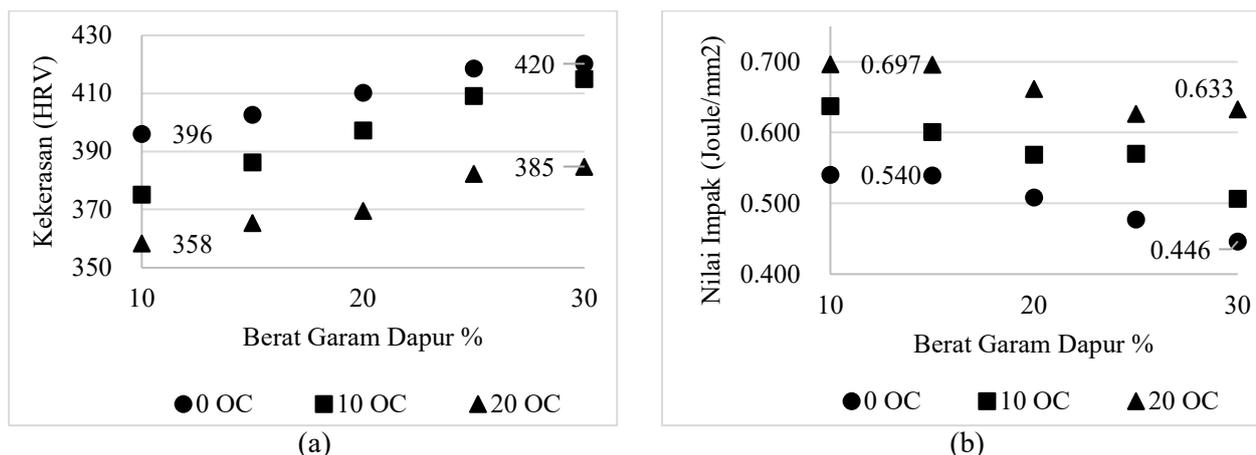
Gambar 3. Hubungan antara Kekuatan Tarik (a), Regangan Patah (b), Baja St-37 dan Berat Garam Dapur (%) pada Proses Carburizing

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 3.a diketahui bahwa semakin tinggi prosentase garam dapur yang ditambahkan kedalam air pendingin pada proses quenching hardening maka nilai kekuatan tarik semakin tinggi. Kekuatan Tarik tertinggi sebesar 629 N/mm² terjadi pada penambahan garam dapur 30% dan pada temperatur media pendingin 0°C. Prosentase kenaikan kekuatan tarik Baja St-37 setelah proses carburizing hardening mencapai 40.39%. Hal ini menunjukkan bahwa proses carburizing menggunakan media air garam pada temperatur rendah cukup signifikan meningkatkan kekuatan Tarik baja St-37 menjadi baja

yang setara dengan St-60. Dimana baja jenis ini sudah termasuk baja yang dapat digunakan untuk membuat komponen poros dan roda gigi.

Hasil pengamatan pada Gambar 3.b diketahui bahwa semakin tinggi prosentase garam dapur yang ditambahkan kedalam air pendingin pada proses quenching hardening maka nilai regangan patah semakin turun. Regangan patah terendah sebesar 9.1% terjadi pada penambahan garam dapur 30% dan pada temperatur media pendingin 0°C. Prosentase penurunan regangan patah Baja St-37 setelah proses carburizing hardening mencapai 55.39%. Hal ini menunjukkan bahwa proses carburizing menggunakan media air garam pada temperatur rendah cukup signifikan meningkatkan kekakuan baja St-37.

Gambar 4 memperlihatkan pengaruh berat garam dapur (%) yang ditambahkan kedalam air pendingin dan suhu pendingin air garam terhadap Kekerasan dan Nilai Impak baja St-37.



Gambar 4. Hubungan antara Kekerasan Permukaan (a), Nilai Impak (b), Baja St-37 dan Berat Garam Dapur (%) pada Proses Carburizing

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 4.a diketahui bahwa semakin tinggi prosentase garam dapur yang ditambahkan kedalam air pendingin pada proses quenching hardening maka nilai kekerasan semakin tinggi. Kekerasan tertinggi sebesar 420. HRV terjadi pada penambahan garam dapur 30% dan pada temperatur media pendingin 0°C. Prosentase kenaikan kekerasan Baja St-37 setelah proses carburizing hardening mencapai 62.62%. Hal ini menunjukkan bahwa proses carburizing menggunakan media air garam pada temperatur rendah cukup signifikan meningkatkan kekerasan baja St-3. Dimana tingkat kekerasan yang cukup tinggi pada permukaan komponen mesin dapat meningkatkan umur pakai komponen-komponen yang bergesekan seperti komponen poros dan roda gigi.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya (Muas dkk. 2021) yang menggunakan media pendingin air, maka nilai kekerasan yang diperoleh lebih rendah. Dimana nilai kekerasan sebelumnya adalah 66.8 HRB. Hal ini terjadi karena ukuran specimen sebelumnya lebih tipis (2 mm) sementara ukuran specimen yang digunakan memiliki ketebalan 10 mm. Berdasarkan perbandingan ini maka dapat disimpulkan bahwa kedalam proses carburizing sekitar 0.5 - 1,0 mm tidak dapat meningkatkan kekerasan baja sampai titik pusat benda kerja yang dapat mempengaruhi nilai kekerasan seluruhnya.

Hasil pengamatan pada Gambar 4.b diketahui bahwa semakin tinggi prosentase garam dapur yang ditambahkan kedalam air pendingin pada proses quenching hardening maka Nilai Impak semakin turun. Nilai Impak terendah sebesar 0.446 Joule/mm² terjadi pada penambahan garam dapur 30% dan pada temperatur media pendingin 0°C. Prosentase penurunan Nilai Impak Baja St-37 setelah proses carburizing hardening mencapai 40%. Hal ini menunjukkan bahwa proses carburizing menggunakan media air garam pada temperatur rendah cukup signifikan meningkatkan kekakuan baja St-37, namun menurunkan kemampuan baja dalam menerima beban kejut.

4. KESIMPULAN

Baja karbon rendah (St-37) yang direkayasa melalui proses pack carburizing menggunakan arang sekam padi, katalis Barium Carbonat (BaCO₃), dan pendingin air garam telah dipelajari. Berdasarkan hasil analisis sifat mekanik baja St-37, maka dapat disimpulkan: a. Sifat mekanik pada baja karbon rendah mengalami peningkatan setelah melalui proses *quenching carburizing*. Tegangan tarik tertinggi pada baja St-37 sebesar 445.9 N/mm², Kekerasan tertinggi sebesar 225.2 HRV, dan kekuatan impak sebesar 0.708

Joule/mm², dan 2). Sifat mekanik pada baja St-37 mengalami peningkatan setelah melalui proses *quenching hardening*. Tegangan tarik tertinggi sebesar Kekuatan Tarik tertinggi sebesar 629 N/mm², Regangan patah terendah sebesar 9.1%, Kekerasan tertinggi sebesar 420. HRV, dan Nilai Impak terendah sebesar 0.446 Joule/mm² terjadi pada penambahan garam dapur 30% dan pada temperatur media pendingin 0°C. Hasil rekayasa baja St-37 melalui proses pack carburizing menggunakan arang sekam padi, katalis Barium Carbonat (BaCO₃), dan pendingin air garam dapat diimplementasikan dalam pembuatan roda gigi yang keras pada bagian permukaan dan ulet pada bagian inti.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Pimpinan Politeknik Negeri Ujung Pandang beserta jajarannya yang telah memberikan kepercayaan dan dukungan dana yang diberikan dan Tim pelaksana penelitian atas kerjasamanya dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Muas, M., Rasyid, S., Mahendra, Y., & Hadiana, R. Analisis Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Melalui Proses Pack Carburizing (Single Quenching) Menggunakan Arang Sekam Padi Dan Barium Karbonat (BaCO₃). In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (pp. 34-39). 2021.
- [2]. Achmadi, A. Studi Eksperimen Pengaruh Perlakuan Quenching Dengan Variasi Pendingin Konsentrasi Air Garam Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Pada Baja ST 37. SIMETRIS, 11(2), 34-42. 2017.
- [3]. Aziza, Y. Pengaruh kadar garam dapur (NaCl) dalam media pendingin terhadap tingkat kekerasan pada proses pengerasan baja ST-60. Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech, 1(1), 18-25. 2017.
- [4]. Mersilia, A., Karo, P. K., & Supriyatna, Y. I. Pengaruh heat treatment dengan variasi media quenching air garam dan oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun aisi 6135. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, 4(2). 2017.
- [5]. Mulyadi, M., Tafrant, D., Hendradinata, H., & Zainuddin, Z. The Effect of Quenching Media on the Hardness of AISI 1045 Steel. In 5th FIRST T1 T2 2021 International Conference (FIRST-T1-T2 2021) (pp. 66-71). Atlantis Press.
- [6]. Sutiyoko, S. Perubahan Sifat Mekanik Material Karena Perbedaan Konsentrasi Larutan Garam NaCl pada Proses Quenching. Jurnal foundry, 4(1), 25-28. 2014.
- [7]. Syaifullah, M., Subhan, M., & Juanda, J. Pengaruh Air Garam Sebagai Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Pada Proses Pengerasan Baja ST 60. Jurnal Syntax Admiration, 2(8), 1555-1569. 2021.
- [8]. Xaverius, B., & Palupi, A. E. Pengaruh Kadar NaCl Sebagai Media Pendingin Proses Quenching Terhadap Nilai Kekerasan Dan Kekuatan Impact Pada Paduan Al6061. Jurnal Teknik Mesin, 8(1). 2020.
- [9]. Razak, Arthur Halik; Rasyid, Syaharuddin. Pengaruh Perbandingan Berat Media Quenching Dengan Berat Spesimen Uji Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Sedang (S45c). In: Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M). 2018. RAZAK, Arthur Halik; RASYID, Syaharuddin. Pengaruh Perbandingan Berat Media Quenching Dengan Berat Spesimen Uji Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Sedang (S45c). In: Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M). 2018.
- [10]. Rasyid, Syaharuddin, et al. Pengaruh Variasi Quenching Bertingkat Pada Baja AISI-1045 Dengan Menggunakan Media Pendingin Oli SAE-20W Dan Air Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 2019, 16.2: 151-161.
- [11]. Rasyid, Syaharuddin; Suyuti, Muhammad Arsyad; Ardiansyah, Ardiansyah. Sifat Mekanik Baja EMS 45 dengan Perubahan Temperatur Media Pendingin Air Garam. Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 2019, 14.2: 102-108.
- [12]. Tangkemanda, A., Rasyid, S., Muas, M., & Rusdi, M. Analisis Variabel Temperatur Media Pendingin Air Garam terhadap Sifat Mekanik Baja K-945 EMS 45. Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 12(1), 1-12. 2019.
- [13]. Syaharuddin, R., Abram, T., Yosrihard, B., & Arman, A. Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45. SINERGI, 11(2), 107-122. 2013.