

## **FENOMENA KEKERASAN, IMPAK, DAN STRUKTUR MIKRO BAJA 0.074 wt.% KARBON PASCA QUENCHING COOLANT**

*Hardness, Impact, and Microstructure Phenomenon of 0.074 C Wt.% Carbon Steel After Quenching in Coolant Liquid*

**Basori<sup>1\*</sup>, Agung Iswandi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional

\* Email Korespondensi : [basori@civitas.unas.ac.id](mailto:basori@civitas.unas.ac.id)

Artikel Info - : Diterima : 06-11-2021; Direvisi : 18-12-2021; Disetujui : 19-12-2021

### **ABSTRAK**

Dalam penelitian ini dilakukan proses pemanasan material baja dengan kadar karbon 0.074 wt. % hingga temperatur 1000 °C. Baja tersebut dilakukan variasi penahanan dalam *furnace* selama 10, 20 dan 30 menit. Kemudian masing-masing baja yang telah di tahan lalu di *quenching* dengan media *coolant*. Setelah dilakukan *quenching* kemudian diukur nilai kekerasannya dengan alat uji *vickers*. Setelah selesai uji keras kemudian diuji dengan impak *charpy* untuk mengetahui nilai penyerapan energinya. Setelah pengujian mekanis semua selesai kemudian dilanjutkan dengan pengamatan foto mikro dengan mikroskop optik. Dari hasil pengujian maupun pengamatan dapat diketahui semakin lama waktu *holding time* maka kekerasan semakin turun. Selanjutnya, semakin lama waktu *holding time* maka nilai impak semakin naik. Sehingga dapat diketahui bahwa nilai kekerasan dan impak saling berbanding terbalik dari variasi *holding time* yang sudah dilakukan. Terakhir, pada pengamatan struktur mikro spesimen, fasa yang terbentuk adalah ferit dan perlit.

**Kata Kunci: Baja, Quenching, Vickers, Charpy, Mikrostruktur**

### **ABSTRACT**

*In this research the process of heating the steel material with a carbon content of 0.074 wt % to a temperature of 1000°C. The steel is subject to variations in holding time in the furnace for 10, 20, and 30 minutes. Then various steel that has been held at furnace quenched with coolant media. After quenching, the hardness is measured using the Vickers hardness test and tested with Charpy's impact to know the value of energy absorption. After mechanical testing, everything was finished then proceeds with the optical microscope. The longest holding time affected decreases the hardness and, the impact value will increase. Hardness and impact value are inversely proportional to the variation of holding time that has been done. The specimens formed are ferrite and pearlite based on microstructure observation.*

**Key Words: Enter. Steel, Quenching, Vickers, Charpy, Microstructure**

### **1. Pendahuluan**

Baja karbon adalah campuran antara besi (Fe) dan karbon dengan kandungan karbon tidak lebih dari 2% [1]. Baja ini diklasifikasikan menurut kadar karbonnya menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, menengah dan tinggi [2,3]. Baja jenis ini dalam industri dibuat dalam bentuk pelat baja, baja strip dan baja profil sehingga banyak ditemui pada konstruksi [4]. Perkembangan industri yang cukup maju mendorong peningkatan kebutuhan untuk baja yang dikeraskan (*hardening*) pengerasan baja [4]. Baja karbon rendah memiliki beberapa keunggulan seperti mudah dilas (*welded*) sehingga banyak dilakukan penelitian di bidang pengelasan untuk jenis baja ini [5,6]. Baja jenis ini memiliki sifat relatif sulit dilakukan *hardening* karena kadar karbon yang cukup rendah. Umumnya peningkatan kekerasan baja karbon rendah dengan melakukan *pack carburizing* [7,8]. Namun baja karbon rendah juga dapat ditingkatkan kekerasannya dengan melakukan *quenching* dengan media pendingin solar [9].

Penelitian yang lain melakukan proses *hardening* baja karbon rendah dengan metode air yang tersirkulasi terbukti efektif untuk meningkatkan kekerasan baja karbon rendah [10]. Pengertian pengerasan (*hardening*) adalah proses *heat treatment* terhadap material dengan tujuan meningkatkan kekerasannya. Dimana hal ini dilakukan dengan memanaskan material menuju suhu pengerasan kemudian dilakukan pendinginan dengan cepat [4]. Dalam proses *hardening* terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kekerasan antara lain: suhu, waktu dan laju pendinginan [1]. Untuk proses *quenching*, meningkatkan kekerasan biasanya menggunakan beberapa media pendingin seperti: oli, air, minyak, air garam, solar dan *coolant* [4,9,11]. Perbedaan media pendingin akan mempengaruhi struktur mikro dan kekerasan [12]. Selain dari media pendingin, waktu pemanasan dalam tungku juga memberikan efek yang berbeda-beda baik mikrostruktur maupun sifat mekanik [13]. Dari hasil penelitian Dwiwati dkk yang membandingkan media pendingin oli dan *coolant*, media pendingin *coolant* memberikan efek peningkatan kekerasan yang cukup baik tanpa terjadi retakan pada spesimen [14]. Untuk itu akan dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah ada pengaruh sifat mekanik dan struktur mikro ketika baja karbon rendah di *quenching* media pendingin *coolant* dengan variasi *holding time* ketika pemanasan dalam tungku.

## 2. Metodologi Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini baja dengan komposisi sesuai pada Tabel 1. komposisi dari material didapatkan dari hasil uji OES. Material baja tersebut dilakukan *heat treatment* dengan temperatur 1000°C menggunakan variasi *holding time* 10, 20 dan 30 menit. Pada saat *heat treatment* material tersebut dilakukan proses *quenching* dengan media *coolant*. Media *coolant* ini dibeli dari produk komersial yang ada di pasaran. Media *coolant* yang digunakan dalam proses *quenching* dengan volume 1 liter.

**Tabel 1.** Komposisi Baja

Unsur	C	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
Komposisi (wt. %)	0,074	0,167	0,044	0,017	0,073	0,028	0,009	Balance

Setelah selesai proses *heat treatment* kemudian material dilakukan uji impak. Uji impak dilakukan dengan metode *charpy* dan metode pembuatan spesimen dengan mengacu kepada standar ASTM E 23. Spesimen yang digunakan dalam pengujian impak dibuat dengan pengulangan tiga spesimen kemudian diambil nilai rata-ratanya. Kemudian uji keras dengan menggunakan mesin uji keras *Future Tech* (FV-300e) menggunakan beban 5Kgf. Pengambilan data pengujian dilakukan sebanyak tiga titik identasi. Pengujian keras ini mengacu kepada standar ASTM E92. Pengujian yang terakhir dilakukan yaitu pengamatan dengan foto mikro. Proses pembuatan spesimen untuk foto mikro diawali dengan proses *mounting* spesimen dengan menggunakan resin *epoxy*. Kemudian dilanjutkan dengan pemolesan spesimen dengan menggunakan amplas 500, 1000, 1500 dan 2000. Setelah selesai kemudian dilanjutkan dengan pemolesan dengan autosol dan etsa dengan menggunakan cairan nital.

Untuk mempermudah dalam penyebutan spesimen uji maka dilakukan penyederhanaan penyebutan seperti: NQ = *Non-Quenching*, QH-10 = Spesimen dipanaskan dan ditahan selama 10 menit kemudian di *quenching*, QH-20 = Spesimen dipanaskan dan ditahan selama 20 menit kemudian di *quenching*, dan QH-30 = Spesimen dipanaskan dan ditahan selama 30 menit kemudian di *quenching*.

## 3. Hasil Penelitian

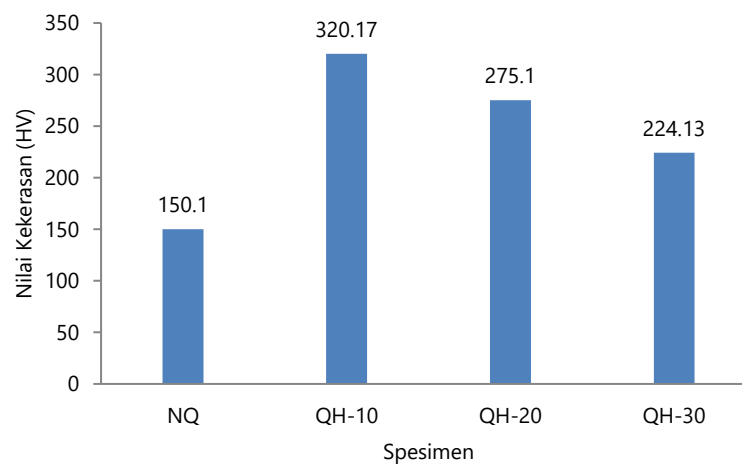
### 3.1 Hasil Uji Kekerasan

Tabel 2 menunjukkan hasil uji kekerasan spesimen berbagai variasi dari *holding time* dalam *furnace* yang di lakukan kemudian dilakukan proses *quenching* dengan media pendingin *coolant*.

**Tabel 2.** Rata – Rata Nilai Kekerasan Spesimen

No	Perlakuan	Titik	Kekerasan (VHN)	Rata- Rata Kekerasan (VHN)
1	NQ	1	150,3	150,1
		2	150	
		3	150	
2	QH-10	1	328,7	320,17
		2	318,3	
		3	313,5	
3	QH-20	1	276,2	275,1
		2	275,3	
		3	273,8	
4	QH-30	1	219,7	224,13
		2	217,4	
		3	235,3	

Dari tabel 2 kemudian dibuat grafik untuk mempermudah dalam melihat fenomena yang terjadi. Gambar 1 merupakan rata-rata nilai kekerasan hasil uji keras metode *Vickers*.



**Gambar 1.** Grafik Rata-Rata Kekerasan Spesimen

Dari Gambar 1 dapat terlihat, nilai kekerasan dari semua spesimen yang dilakukan *holding time* kemudian di *quenching* meningkat jika dibandingkan dengan spesimen tanpa *heat treatment*. Terjadi peningkatan signifikan ketika spesimen dilakukan proses *quenching* dengan media *coolant*. Kekerasan tertinggi didapatkan pada spesimen dengan *holding time* 10 menit. Sedangkan kekerasan terendah pada spesimen tanpa *heat treatment*. Fenomena terjadi ketika semakin lama *holding time* maka kan semakin turun nilai kekerasannya.

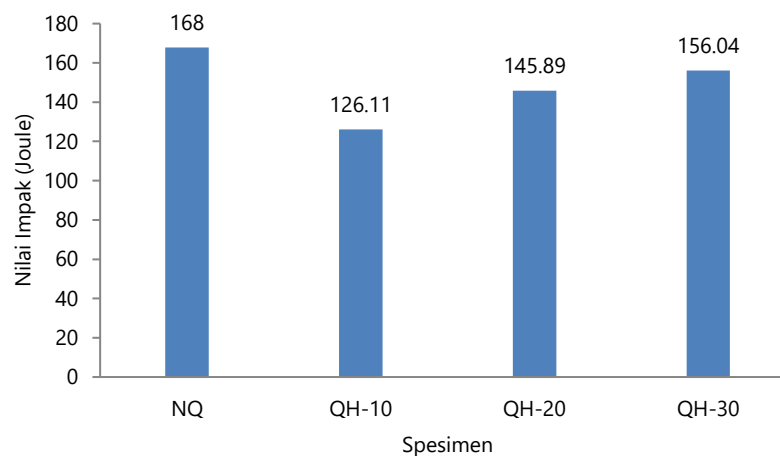
### 3.2 Hasil Uji Impak

Tabel 3 menunjukkan hasil uji impak dengan metode *charphy* spesimen berbagai variasi dari *holding time* dalam *furnace* yang di lakukan kemudian dilakukan proses *quenching* dengan media pendingin *coolant*.

**Tabel 3.** Rata – Rata Nilai Impak Spesimen

No	Perlakuan	Spesimen	Energi (Joule)	Energi Rata- Rata (Joule)
1	NQ	1	170,98	167,9
		2	170,02	
		3	162,69	
2	QH-10	1	123,5	126,113
		2	131,34	
		3	123,5	
3	QH-20	1	147,47	145,89
		2	123,22	
		3	166,98	
4	QH-30	1	147,61	156,037
		2	162,13	
		3	158,37	



















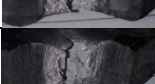

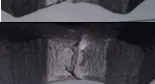

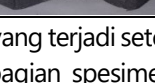
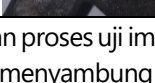
Dari Tabel 2 kemudian dibuat grafik untuk mempermudah dalam melihat fenomena yang terjadi. Gambar 2 merupakan rata-rata nilai kekerasan hasil uji keras metode Charpy.



**Gambar 2.** Grafik Rata-Rata Nilai Impak Spesimen

Dari Gambar 2 dapat terlihat, nilai impak dari semua spesimen yang dilakukan *holding time* kemudian di *quenching* menurun jika dibandingkan dengan spesimen tanpa heat treatment. Terjadi penurunan nilai impak signifikan ketika spesimen dilakukan proses *quenching* dengan media *coolant*. Semakin lama *holding time* maka akan semakin tinggi nilai impaknya. Hal ini berbanding terbalik dengan fenomena nilai kekerasan yang terjadi. Nilai impak tertinggi didapatkan pada spesimen dengan tanpa *heat treatment* (NQ). Sedangkan nilai impak terendah pada spesimen *heat treatment* dengan *holding time* 10 menit. Lebih lengkap hasil patahan uji impak tampak depan dan tampak samping dapat dilihat pada Tabel 4.

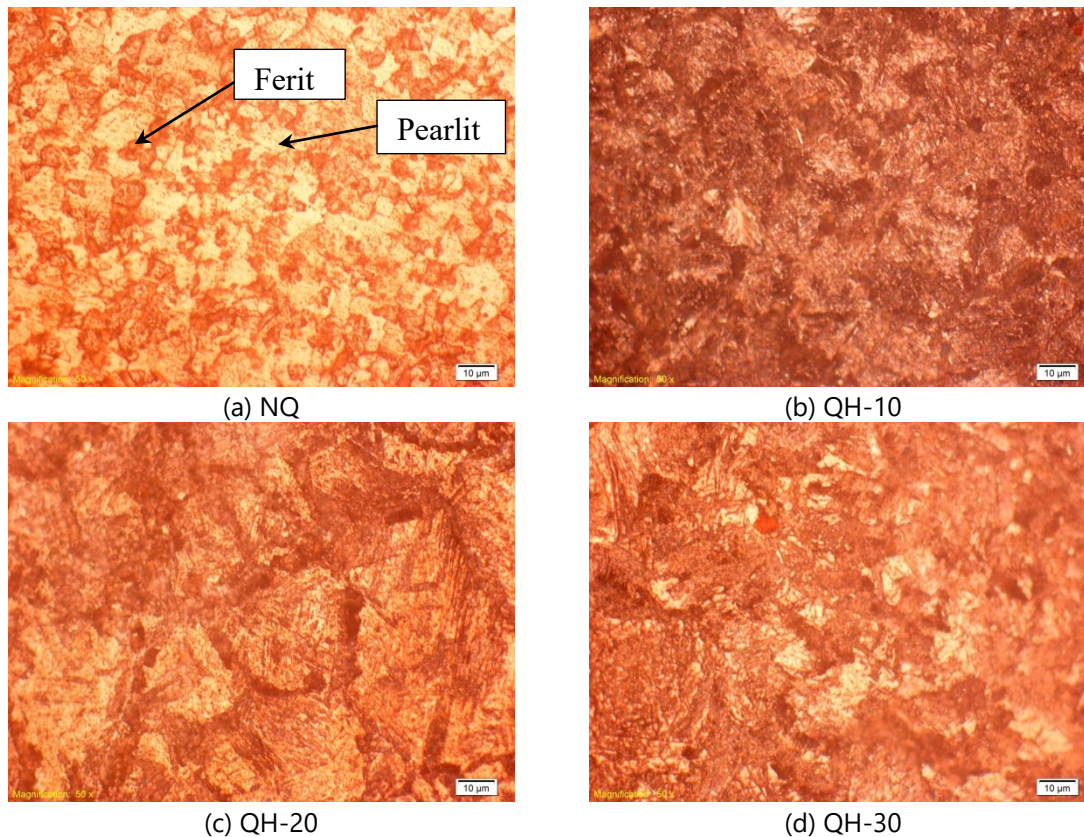
**Tabel 4.** Patahan Uji Impak Spesimen

No	Perlakuan	Spesimen	Tampak depan	Tampak samping
1	NQ	1		
		2		
		3		
2	QH-10	1		
		2		
		3		
3	QH-20	1		
		2		
		3		
4	QH-30	1		
		2		
		3		

Tabel 4 menunjukkan patahan impact spesimen yang terjadi setelah dilakukan proses uji impact. Dapat terlihat bahwa patahan menunjukkan patah ulet, karena bagian spesimen uji tetap menyambung walaupun selesai dilakukan proses uji impact.

### 3.3 Hasil Pengamatan Mikroskop Optik

Hasil pengamatan mikroskop optik spesimen variasi *holding time* dengan perbesaran 50 kali dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 dapat terlihat hasil foto mikro dari spesimen yang telah maupun tidak dilakukan proses *heat treatment*. Dari hasil pengamatan, spesimen struktur mikro yang terbentuk adalah ferit dan perlit. Pada umumnya fasa ferit berwarna putih dan fasa perlit berwarna hitam [15]. Dapat terlihat juga tidak terjadi retakan pada semua spesimen yang telah dilakukan proses *quenching* dengan media pendingin *coolant*.



**Gambar 3.** Foto Mikro Spesimen

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil uji coba, pengujian dan analisa yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa semakin lama waktu penahanan maka kekerasan akan semakin menurun. semua spesimen yang dilakukan proses *heat treatment* mengalami kenaikan kekerasan jika dibandingkan dengan spesimen yang tidak di *heat treatment*. Dari hasil uji impak didapatkan semakin lama waktu penahanan maka akan semakin tinggi nilai impaknya, sebaliknya nilai impak terkecil didapatkan pada spesimen yang ditahan paling cepat. Hasil uji impak dan kekerasan berbanding terbalik. Dari hasil pengamatan mikroskop optik untuk foto mikro tidak terlihat adanya retakan sebelum maupun sesudah dilakukan *heat treatment*.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] A. Alwarits, D. Daswarman, and M. Nasir, "Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang", *Automotive Engineering Education Journals*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [2] A. A. Karim, and Z. A. Yusuf, "Analisa pengaruh penambahan inhibitor kalsium karbonat dan tapioka terhadap tingkat laju korosi pada pelat baja tangki ballast air laut", *J. Ris. dan Teknol. Kelaut*, vol. 10, no. 2, pp. 205-212, 2012.
- [3] S. Subagiyo, "Analisis Hasil Kekerasan Metode Vickers Dengan Variasi Gaya Pembebanan Pada Baja", *Majalah Techno: Jurnal Ilmiah dan Teknologi*, vol. 6, no. 2, pp. 09-14, 2017.
- [4] A. Murtiono, "Pengaruh quenching dan tempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja karbon sedang untuk mata pisau pemanen sawit", *e-Dinamis*, vol. 2, no.2, 2012.

- [5] F. B. Susetyo, A. Dudung, S. Wiganda, A. Haris, and W. Nugroho, "Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Karakteristik Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW", *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 2, no. 2, pp. 59-64, 2015.
- [6] S. Sopiyan, and F. B. Susetyo, "Pengaruh Besar Sudut Kampuh terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan GMAW", *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, vol. 2 no. 2, pp. 99-105, 2017.
- [7] B. H. Setiamarga, N. Kurniawati, and U. Rumendi, "Pack carburizing pada sprocket sepeda motor dengan material baja karbon rendah", *Mesin*, vol. 21 no. 1, pp. 28-33, 2017.
- [8] 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)*, vol. 5, no. 2, 2015.
- [9] H. Purwanto, "Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar", *Jurnal Ilmiah Momentum*, vol. 7. no. 1, 2011.
- [10] S. Nugroho, and G. D. Haryadi, "Pengaruh Media Quenching Air Tersirkulasi (Circulated Water) Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pada Baja AISI 1045", *Rotasi*, vol. 7, no.1, pp. 19-23, 2005.
- [11] D. Panuh, D.Yulianto, H. A. Rahman, and N. A. Baharuddin, "Peningkatan Ketangguhan Impact Pisau Mesin Pemotong Rumput Dengan Cara Perlakuan Panas Menggunakan Media Pendingin Coolant Radiator Dan Udara", *Journal of Renewable Energy & Mechanics (REM)*, vol. 2 no. 01, 2019.
- [12] R. Adawiyah, M. Murdjani, and A. Hendrawan, "Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Struktur mikro dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening", *Jurnal Poros Teknik*, vol. 6, no. 2, pp. 96-102, 2014.
- [13] B. E. Kurniawan, and Y. Setiyorini, "Pengaruh variasi Holding Time Pada Perlakuan Panas Quench Annealing Terhadap Sifat mekanik dan Mikro Struktur Pada Baja mangan AISI 3401", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 3 no.1, pp. F113-F116, 2014.
- [14] S.T. Dwiwati, M.B.P. Hutomo, & F. B. Susetyo, "Pengaruh Variasi Holding Time Dan Media Quenching Terhadap Nilai Kekerasan Baja Dengan Kadar Karbon 0,192Wt.%". *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 6, no. 1, pp. 37-43, 2019.
- [15] R. N. Maret, S. Syaripuddin, and F. B. Susetyo, "Pengaruh Kecepatan Pengelasan MIG Pada Pipa SC-80 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Posisi Pengelasan 1G", *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, vol. 4, no.2, pp. 76-80, 2019.