

Pengaruh Variasi *Quenching* Bertingkat Pada Baja AISI-1045 Dengan Menggunakan Media Pendingin Oli SAE-20W Dan Air Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro

Saharuddin Rasyid^{1*}, A. Z. Sultan², Muh. Sulfikar Ramadhani³ dan Istan Herdin⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*syaharuddin_rasyid@poliupg.ac.id

Abstract: *This study aims to determine the effect of multilevel quenching variations by using tools of oil and water cooling with use of AISI 1045 steel to toward the mechanical characteristics and microstructure. The analyzed mechanical properties include hardness test, impact test and micro structure observation. The method used is starting with Heat Treatment process at 850° with Holding Time for 4 hours. Thereafter, Quick Cooling (Quenching) is followed with the volume of water and oil are varied for each specimen. The highest hardness value was found in water cooling without oil mixture is 71.74 HRC or increased by 796.75% or eight times the hardness of raw material while the lowest hardness of oil and water variations occurred at 50:50 (%) variation is 46.38 HRC or increased by 475% or nearly five-fold. The impact strength of AISI-1045 steel tends to increased strength in water cooling + oil more than 10% compared of raw material, this is to showed indicating that the higher volume of oil to water as a quenching tool will increase the ductility of the steel but decrease the hardness of steel. Types of cooling variables that produce tough steel (hard and ductile) are on quenching variables of water 80:20 (%) oil and water 70:30 (%) oil. However, base on meeting two linear lines on the compared graph of hardness values and impact values. the comparison of the most optimal variations of cooling was found in water variations of 68% and 32% of oil.*

Keywords: *quenching; AISI 1045; microstructure; mechanical properties*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *quenching* bertingkat dengan menggunakan media pendingin oli dan air pada baja AISI 1045 terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. Sifat mekanis yang dianalisa meliputi uji kekerasan, uji impact dan pengamatan struktur mikro. Metode yang digunakan yaitu diawali dengan proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) pada temperatur 850° dengan waktu Penahanan (*Holding Time*) selama 4 jam. Setelah itu dilanjutkan Pendinginan Cepat (*Quenching*) dengan volume air dan oli yang divariasikan untuk setiap spesimen. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada media pendingin air saja tanpa campuran oli sebesar 71.74 HRC atau meningkat sebesar 796.75% atau delapan kali lipat dari kekerasan *raw material* sedangkan kekerasan terendah dari variasi oli dan air terjadi pada variasi 50:50 (%) sebesar 46,38 HRC atau meningkat sebesar 475% atau hampir lima kali lipat. Kekuatan impact baja AISI-1045 cenderung mengalami peningkatan kekuatan pada media pendinginan air + oli diatas 10% dibandingkan *raw material*, ini menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah volume oli terhadap air sebagai media *quenching*, maka akan meningkatkan keuletan baja namun menurunkan kekerasan baja. Jenis variable pendinginan yang menghasilkan baja yang tangguh (keras dan ulet) adalah pada variable *quenching* air 80:20 (%) oli dan air 70:30 (%) oli. Namun, berdasarkan pertemuan dua garis linear pada grafik perbandingan nilai kekerasan dan impact, ditemukan perbandingan variasi pendinginan yang paling optimal yakni pada variasi air 68% dan oli 32%.

Kata kunci : quenching; AISI 1045; mikrostruktur; sifat mekanik

I. PENDAHULUAN

Baja karbon adalah salah satu logam yang umum dan banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen otomotif, konstruksi, pemipaan, alat-alat rumah tangga. Dalam pemakaiannya, semua baja akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan gesek, tarik maupun tekan sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha menjaga baja agar lebih tahan gesekan, tarikan atau tekanan adalah dengan cara mengeraskan baja tersebut, yaitu salah satunya dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Proses *heat treatment* pada baja hanya dapat dilakukan pada baja yang memiliki kandungan karbon diatas 0.03% [1].

Proses *heat treatment* meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media pendingin tertentu pula. Perlakuan panas mempunyai banyak tujuan, diantaranya untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal atau tegangan sisa, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya, tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan parameter yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media pendingin yang digunakan [2].

Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu didaerah atau diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quenching* [3].

Penggunaan baja AISI-1045 untuk pembuat poros berputar pada mesin, perkakas dan alat potong sering kali terjadi kerusakan berupa keretakan pada permukaan atau patahan apabila menerima beban yang tiba-tiba ataupun berlebih. Umumnya keretakan ini sering terjadi dari hasil *heat treatment* dengan menggunakan media *quenching* air. Berdasarkan hasil penelitian Yunaidi (2015) tentang pengaruh viskositas oli sebagai media *quenching* pada baja ST-60 [4]. Mengatakan “Pada material ST-60 kekuatan tarik tertinggi terjadi pada spesimen dengan quenching oli SAE-20, sedangkan *elongation* terbesar terjadi pada spesimen dengan quenching oli SAE-40”. Penelitian terdahulu oleh Muas (2014) meneliti tentang *quenching-tempering* dengan variasi temperatur dan variasi media pendinginan pada baja AISI-1045 [5]. Berdasarkan hasil penelitiannya perlakuan pendinginan dengan menggunakan metode air dapat menyebabkan timbulnya tegangan sisa atau tegangan dalam pada baja yang berakibat memicu terjadinya keretakan pada baja. Sedangkan dengan menggunakan media pendinginan dengan oli tidak menyebabkan terjadinya peningkatan kekerasan sesuai dengan yang diharapkan.

Penggunaan minyak pelumas akan menimbulkan selaput karbon pada spesimen tergantung dari besarnya viskositas pelumas. Yusman (2018) meneliti tentang viskositas pelumas [6]. Penelitian ini menunjukkan bahwa viskositas oli sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik baja. Maka dari itu peneliti memilih menggunakan oli SAE-20 sebagai media *quenching* yang memiliki kekentalan yang rendah. Penelitian ini menggunakan materian AISI-1045 untuk mengetahui sifat mekanik dan sifat fisis melalui struktur mikro yang terjadi. Pemilihan minyak pelumas *mesran* dikarenakan merupakan salah satu jenis pelumas yang mudah di temui dipasaran dan memiliki harga yang jauh lebih murah dibandingkan minyak pelumas khusus *quenching*. Baja AISI-1045 termasuk dalam baja karbon menengah yang memiliki sifat yang dapat dimodifikasi, sedikit ulet (*ductile*) dan tangguh (*toughness*). Umumnya baja jenis ini sering diaplikasikan sebagai bahan utama pada bagaian mesin seperti poros, gear, dan batang penghubung piston kendaraan yang pada aplikasinya sering mengalami gesekan dan tekanan maka ketahanan terhadapaus dan kekerasan sangat diperlukan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukanlah penelitian perlakuan panas baja AISI-1045 dengan metode *queching* bertingkat menggunakan media pendingin oli dan air. Perpaduan media *quenching* ini diharapkan mampu memadukan karakter baja yang dihasilkan dari media pendingin air yang keras dan oli yang ulet.

II. METODE PENELITIAN

A. Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI-1045 atau baja EMS-45, BOHLER, PT. BOHLINDO BAJA. Baja AISI-1045 mempunyai kadar (% berat) C 0,48%, Si 0,30%, dan Mn 0,70% [7]. Ukuran spesimen uji kekerasan adalah 10x10x80 mm, dan spesimen uji impak adalah 10x10x80 mm.

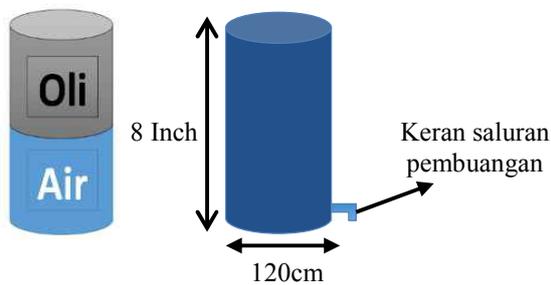
Media pendingin yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu oli dan air. Media *quenching* oli yang digunakan adalah SAE-20W dengan spesifikasi seperti dalam tabel 1.

Tabel 1. Spesimen Pengujian

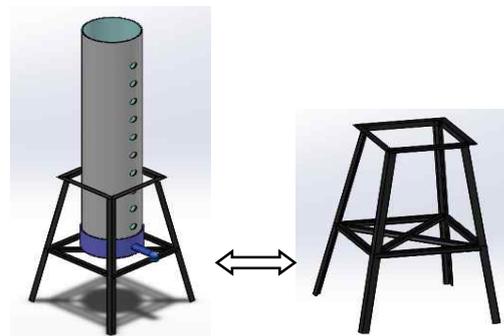
Jenis Pengujian	Media <i>Quenching</i> Bertingkat Air dan Oli							Jumlah
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50	raw	
Uji Kekerasan & Impak	4	4	4	4	4	4	4	28
Uji Struktur Mikro	1	1	1	1	1	1	1	7

B. Pembuatan Wadah Media Pendingin

Wadah media pendingin yang dibuat dari bahan pipa PVC dengan ukuran 8” x 120 cm (gambar 2), alat ukur ketinggian dibuat dari pipa transparan ukuran 0,5”x 60 cm, yang diberi skala ukur, saluran pengeluaran menggunakan keran air ½”, dan dudukan wadah sebagai rangka penahan pipa terbuat dari besi siku dengan ukuran 40x40x100 cm (gambar 3).



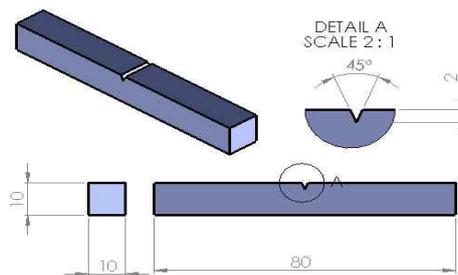
Gambar 2. Konsep Wadah Pendingin



Gambar 3. Rancangan Wadah Quenching

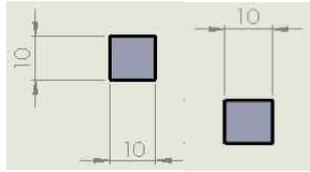
B. Pembuatan Spesimen Pengujian

Pembuatan spesimen uji impak didasari dengan metode Charpy dengan kempuh V berdasarkan standar ASTM E23-82, ISO 148-1 atau EN 10045-1 (gambar 4). Untuk pengujian kekerasan dibentuk dengan merujuk ke standar ASTM E10, ISO 6506. Ukuran spesimen uji kekerasan adalah 10x10x80 mm, dan spesimen uji impak adalah 10x10x80 mm. Spesimen uji ini berjumlah 28 buah.



Gambar 4. Spesimen Uji Kekerasan dan Takik

Standar uji yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari standar persiapan sebelum uji struktur mikro (ASTM E3) dan standar pelaksana uji struktur mikro (ASTM E7). Spesimen struktur mikro dan uji komposisi unsur (gambar 5) dipersiapkan secukupnya guna melengkapi data dan informasi hasil.

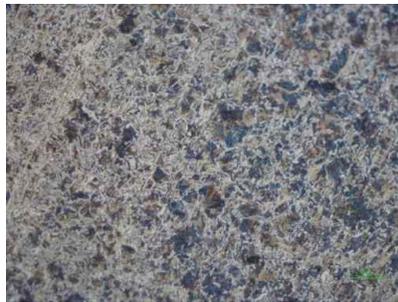


Gambar 5. Spesimen uji struktur mikro dan uji komposisi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Data yang dihasilkan dari penelitian ini berupa angka dan grafik yang meliputi pengamatan/uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji impak baja AISI-1045 sebelum dan sesudah pengerasan. Uji struktur mikro pada baja AISI-1045 dilakukan untuk mengetahui struktur mikro awal pada bahan dan dibandingkan dengan struktur mikro bahan setelah proses pengerasan dan proses *quenching* yang telah direncanakan. Adapun gambar struktur mikro Baja AISI-1045 [7] yang telah diuji dapat dilihat pada gambar 6.

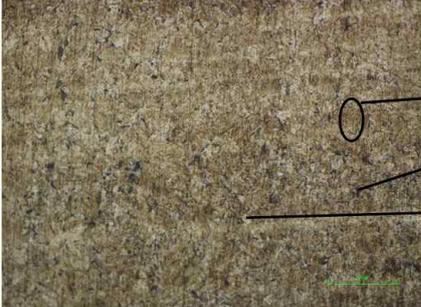


Gambar 6. Struktur mikro baja AISI-1045 pembesaran 10X [7]

Dengan melihat karakteristik kandungan ferit dan perlit yang telah diteliti sebelumnya (www.Steeldata.Info). Berdasarkan hasil foto struktur mikro yang telah dilakukan dapat diamati kandungan ferit, perlite dan martensit pada baja AISI-1045.

Tabel 2. Ferit dan Perlit pada Struktur Mikro Baja AISI-1045

Variasi Quenching	Gambar Struktur Mikro	Keterangan
<i>Raw Material</i>		<p>Perlit</p> <p>Ferit</p>

100/0	 <p>Martensit</p> <p>Perlit</p> <p>Ferit</p>
90/10	 <p>Perlit</p> <p>Ferit</p>
80/20	 <p>Martensit</p> <p>Perlit</p> <p>Ferit</p>
70/30	 <p>Perlit</p> <p>Ferit</p>
60/40	 <p>Perlit</p> <p>Ferit</p>



Penggunaan aplikasi ImageJ digunakan untuk mengetahui ukuran butiran struktur mikro baja AISI-1045, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Butiran pada Struktur Mikro Baja AISI-1045 dengan menggunakan Aplikasi ImageJ

Material	Pembesaran	Jumlah	Total Luas	Luas rata-rata (μm^2)	(%) Luas	Diameter (μm)
Raw	20X.JPG	3102	148537.8	47.885	48.352	20.088
50/50	20X.JPG	518	181254.5	349.912	59.002	25.415
60/40	20X.JPG	3206	108941.5	33.981	35.463	17.771
70/30	20X.JPG	4787	124885.8	26.089	40.653	15.214
80/20	20X.JPG	5913	154851.3	26.188	50.407	12.987
90/10	20X.JPG	3396	115488.5	34.007	37.594	14.811
100/0	20X.JPG	4082	138936	34.036	45.227	15.254

Pada pengujian kekerasan baja AISI-1045 sebelum proses *hardening* dilakukan dengan menggunakan metode Brinnel. Data hasil pengujian baja AISI-1045 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Kekerasan Baja AISI-1045 Sebelum Dikeraskan

Sample	Nilai Kekerasan Metode Brinnel					Rata-rata (HB)
	1	2	3	4	5	
I	152.2	178.8	171.5	200	192	178.9
II	155	162.2	180.2	220	183	180.08
Rata-rata						179.49
HRC						8

Untuk pengujian impak baja AISI-1045 dilakukan dengan menggunakan metode *Charpy*. Data hasil pengujian baja AISI-1045 dapat dilihat pada Tabel 5. Dengan menggunakan persamaan $W = G \times \lambda (\cos\beta - \cos\alpha)$ (kg m) diperoleh nilai usaha untuk mematahkan spesimen adalah 4.335 kgm dan kekuatan impak spesimen adalah 0.054 kg m/mm².

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Impak Baja AISI-1045 Sebelum Dikeraskan

Jenis <i>Quenching</i>	(G) Beban Pendulum (Kg)	(λ) Panjang Lengan Pendulum (m)	Sudut Awal (α°)	Sudut Akhir (β°)	(W) Nilai Usaha (kg m)	(K) Nilai Impak (kg m/mm ²)
Raw Material	12.7	1.2	130	111	4.335	0.054

Data-data uji kekerasan dan uji dampak sebelum proses pengerasan selanjutnya akan dibandingkan dengan data hasil uji kekerasan dan uji dampak setelah proses pengerasan. Untuk data hasil pengujian kekerasan dan data hasil pengujian dampak setelah proses pemanasan atau *heat treatment* dengan menggunakan media pendingin/*quenching* dengan perbandingan antara air dan oli yaitu 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, dapat dilihat pada Tabel 6.

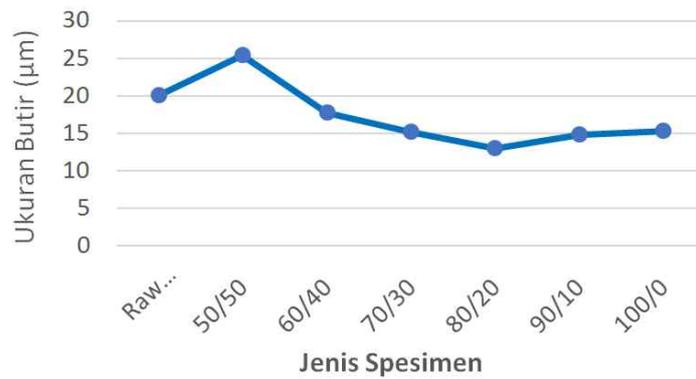
Tabel 6. Data Hasil Pengujian kekerasan Baja AISI-1045 Setelah Dikeraskan

Jenis Quenching	Spesiment	Nilai Kekerasan (HRC)					Rata - rata (HRC)
		1	2	3	4	5	
100/0	I	78.2	77.1	76.7	78.8	69.8	76.12
	II	64.4	71	58.6	73.3	69.5	67.36
Rata-rata							71.74
90/10	I	57.7	75.4	66.7	59	62.4	64.24
	II	60.7	63.9	64.6	70.7	55.3	63.04
Rata-rata							63.64
80/20	I	51.3	58.1	61	58	47.9	55.26
	II	71.9	67.4	53.6	55.7	57.9	61.3
Rata-rata							58.28
70/30	I	49.1	48	53.1	50.4	50.4	50.2
	II	49.9	48.1	55.3	48.6	48.2	50.02
Rata-rata							50.11
60/40	I	51.3	47.2	50	41.7	48	47.64
	II	42.4	51.4	48	49.9	50.1	48.36
Rata-rata							48
50/50	I	47.3	49	48.8	43.9	45.4	46.88
	II	53.5	45.5	40.2	45.9	44.3	45.88
Rata-rata							46.38

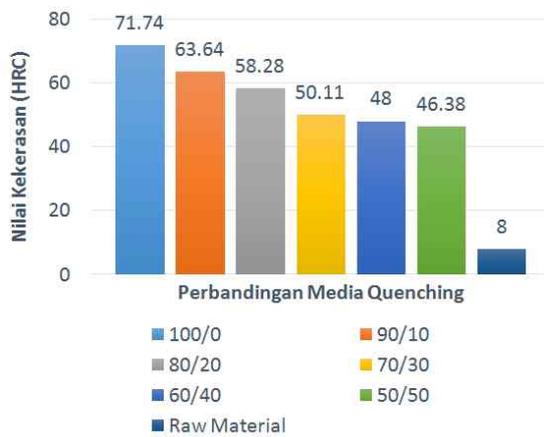
Tabel 7. Data hasil pengujian dampak baja AISI-1045 setelah proses heat treatment dengan menggunakan perbandingan antara air dan oli

Jenis Quenching	(G) Beban Pendulum (Kg)	(λ) Panjang Lengan Pendulum (m)	Sudut Awal (α°)	Sudut Akhir (β°)	(W) Nilai Usaha (kg m)	(K) Nilai Dampak (kg m/mm ²)
100/0	12.7	1,2	130	124	1.274	0.016
90/10	12.7	1,2	130	119	2.408	0.031
80/20	12.7	1,2	130	109	4.834	0.061
70/30	12.7	1,2	130	111	4.335	0.054
60/40	12.7	1,2	130	105	5.852	0.073
50/50	12.7	1,2	130	105	5.852	0.074

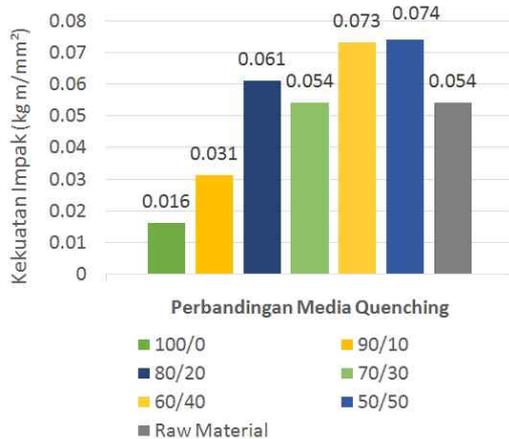
Berdasarkan data hasil pengamatan struktur mikro dan uji kekerasan serta data hasil uji dampak pada Tabel 4 hingga 7, maka dapat digambarkan hubungan antara nilai kekerasan baja AISI-1045 dan perbedaan perbandingan air dengan oli dari setiap media pendingin seperti terlihat pada Gambar 7.



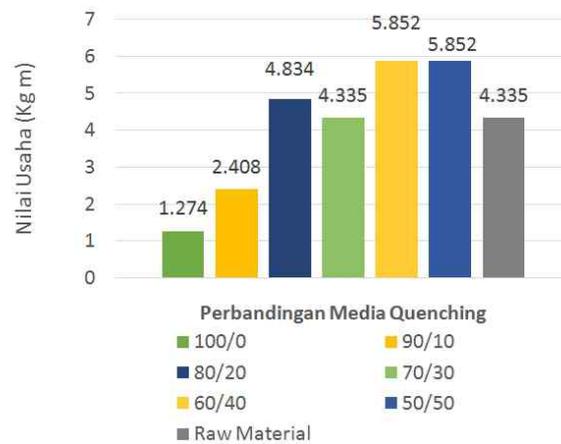
Gambar 7. Grafik perbandingan ukuran butiran struktur mikro baja AISI-1045



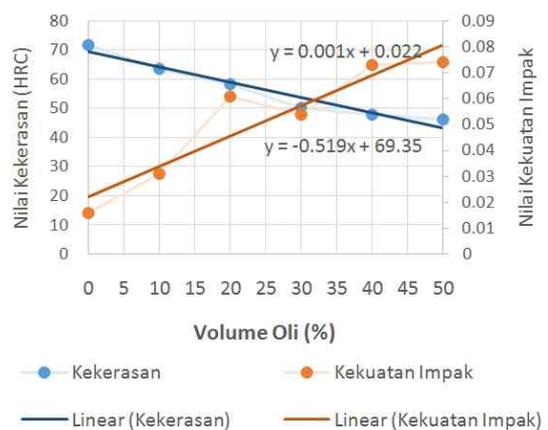
Gambar 8. Grafik nilai usaha hasil uji impak baja AISI-1045 setelah dan sebelum proses pengerasan



Gambar 10. Grafik Nilai Kekuatan Hasil Uji Impak Baja AISI-1045 Setelah dan Sebelum Proses Pengerasan



Gambar 9. Grafik hasil uji kekerasan baja AISI-1045 setelah dan sebelum proses pengerasan



Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan dan Nilai Impak Setelah Proses Heat Treatment

Tabel 8. Data Persentase Kenaikan Kekerasan Hasil Uji kekerasan Baja AISI-1045 dari *Raw Material*.

Perbandingan Media <i>Quenching</i>	Nilai Kekerasan (HRC)	Kenaikan Kekerasan (%)	Kelipatan
100/0	71,74	796,75	8 X Lipat
90/10	63,64	695,5	7 X Lipat
80/20	58,28	628,5	6,2 X Lipat
70/30	50,11	526,375	5,2 X Lipat
60/40	48	500	5 X Lipat
50/50	46,38	475	4,7 X Lipat

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil foto pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada Tabel 3 dan hasil pengukuran butiran atau *grain size* menggunakan aplikasi *ImageJ* (Tabel 3) dan (Gambar 7) menunjukkan ukuran butiran pada variasi oli dan air 50:50 sebesar 25.415 μm , kemudian ukuran butir variasi air dan oli 60:40 sebesar 17.771 μm . Lalu pada variasi 100% air adalah sebesar 15.254 μm . Hasil ini menunjukkan dengan perlakuan variasi oli dan air dari 50% air hingga 100% air mengindikasikan ukuran butir cenderung mengecil, tentunya dengan ukuran butiran yang lebih kecil mengindikasikan kekerasan yang lebih kuat dibandingkan ukuran butir lebih besar (Gambar 7).

Data hasil penelitian yang dideskripsikan dalam bentuk diagram (Gambar 8) diketahui ada perbedaan tingkat kekerasan dari spesimen yang didinginkan dengan media pendingin oli dan air dengan persentase 100% hingga 50%. Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian kelompok spesimen *raw material* sebelum pengerasan mempunyai nilai rata-rata kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok spesimen yang telah dikeraskan dengan menggunakan media pendingin air dan air yang bercampur oli.

Nilai kekerasan baja sebelum di-*heat treatment* adalah 179,49 HB yang jika dikonversikan ke HRC adalah sebesar 8 HRC, sedangkan baja dengan *quenching* air dan oli dengan perbandingan 50:50 adalah sebesar 46,38 HRC, kemudian untuk air 60 : 40 oli adalah sebesar 48 HRC, sedangkan air 70 : 30 oli adalah sebesar 50,11 HRC, lalu air 80 : 20 oli adalah sebesar 58,28 HRC, kemudian air 90 : 10 oli adalah sebesar 63.64 HRC, dan selanjutnya air 100 : 0 oli adalah sebesar 71.74 HRC.

Dari data-data yang diperoleh diatas dapat dilihat bahwa semakin besar perbandingan antara oli dari air maka akan semakin rendah kekerasannya. Perubahan kekerasan ini disebabkan beberapa faktor yang mempengaruhinya, diantaranya seberapa besar kecepatan pendinginan dan tingkat viskositas dari setiap media pendingin. Dalam penelitian ini pada saat baja dipanaskan terbentuklah kristal-kristal berbutir halus yang seragam pada semua bagian ketika baja masih padat, karenanya disebut larutan padat (Austenit). Apabila baja dalam keadaan austenit kemudian didinginkan secara perlahan-lahan, maka akan kembali seperti semula sebelum dipanaskan. Tetapi apabila didinginkan dengan cepat maka dapat dikatakan keadaan larutan padat (Austenit) itu juga tetap berada dalam keadaan dingin sebab tidak ada waktu untuk membentuk kristal-kristal yang besar. Keadaan ini disebut martensit. Kristal martensit kecil sekali (halus) sehingga baja mempunyai sifat sangat kuat dan keras [8].

Adanya variasi perbandingan antara air dan oli dari 100:0 s.d 50:50 yang diperlakukan pada setiap pendinginan memiliki dampak yang cukup besar terhadap peningkatan kekerasan yang disertai berbanding terbalik dengan peningkatan keuletan baja. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada media pendingin air saja tanpa campuran oli sebesar 71.74 HRC atau meningkat sebesar 796.75% atau delapan kali lipat dari kekerasan *raw material* sedangkan kekerasan terendah dari variasi oli dan air terjadi pada variasi 50:50 sebesar 46,38 HRC atau meningkat sebesar 475% atau hampir lima kali lipat. Pengaruh perbedaan kekerasan ini disebabkan oleh adanya pengaruh viskositas media pendingin. Ini telah terbukti dengan semakin banyaknya campuran oli pada air maka akan menurunkan kekerasan baja dibandingkan tanpa campuran oli 0%. Penurunan kekuatan kekerasan baja pada setiap penambahan 10% oli pada air adalah rata-rata sebesar 5,072 HRC.

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian impact yang bertujuan untuk mengetahui dampak dari besarnya perubahan nilai kekerasan. Nilai yang diukur pada pengujian impact adalah besarnya usaha yang diperlukan untuk mematahkan spesimen impact dan kekuatan impact. Berdasarkan gambar 15 dan 16 terlihat bahwa kekuatan impact baja AISI-1045 yang telah dikeraskan dengan menggunakan media pendingin air dan oli 0% serta air yang bercampur oli 10% mengalami penurunan bila dibandingkan dengan kekuatan impact pada *raw material*. Namun pada media pendingin air + oli diatas 10% tidak terjadi penurunan kekuatan impact dan cenderung mengalami peningkatan kekuatan dibandingkan *raw material*. Data pengujian impact ini menunjukkan semakin tinggi kadar persentase oli terhadap air sebagai media *quenching* maka akan meningkatkan keuletan baja namun menurunkan kekerasan baja. Berdasarkan gambar 17 pengujian ini menunjukkan jenis variable pendinginan yang menghasilkan baja yang tangguh (keras dan ulet) adalah pada variable *quenching* air 80:20 oli dan air 70:30 oli. Namun, berdasarkan pertemuan dua garis linear pada grafik perbandingan nilai kekerasan dan impact, ditemukan perbandingan variasi pendinginan yang paling optimal yakni pada variasi air 68% dan oli 32%. Penambahan media oli pada air dalam proses *quenching* dapat menghilangkan tegangan sisa pada baja setelah proses *quenching* dan juga dapat menurunkan kekerasan disertai penambahan keuletan pada baja berdasarkan banyaknya kadar oli pada proses *quenching*. Dengan kata lain proses *quenching* bertingkat ini bisa menggantikan proses tempering yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa dan menurunkan kekerasan guna menaikkan keuletan baja.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa *quenching* bertingkat pada material baja AISI-1045 dengan menggunakan media pendingin air dan oli dengan persentase campuran air dan oli 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, dan 50:50, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Struktur mikro dari baja AISI-1045 pada perbandingan oli terhadap air yang rendah, menunjukkan ukuran butiran yang cenderung lebih kecil dibandingkan ukuran butiran pada komposisi oli yang lebih banyak dari air.
- b. Penelitian ini telah menghasilkan baja dengan karakteristik yang diinginkan yaitu baja yang tangguh (ulet dan keras) serta tegangan sisa dari proses *quenching* bertingkat ini dapat dihilang, sehingga tidak menyebabkan keretakan di permukaan baja. Dengan kata lain proses *tempering* dapat digantikan dengan *quenching* bertingkat ini.
- c. Hasil penelitian menunjukkan variable perbandingan air dan oli paling optimal (ulet dan keras) yakni pada variasi air 68% dan oli 32%.
- d. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada media pendingin air saja tanpa campuran oli sebesar 71.74 HRC atau meningkat sebesar 796.75% atau delapan kali lipat dari kekerasan *raw material* sedangkan kekerasan terendah dari variasi oli dan air terjadi pada variasi 50:50 sebesar 46,38 HRC atau meningkat sebesar 475% atau hampir lima kali lipat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Rizal, "Analisa Pengaruh Media Quench Terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045," *J. APTEK*, vol. 6, no. 2, pp. 183–190, 2014.
- [2] B. T. Wibowo, "Pengaruh Temper Dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60." Universitas Negeri Semarang, 2006.
- [3] B. H. Amsted, "Sriati Djapri (Alih Bahasa), 1995, Teknologi Mekanik, Edisi ke-7 Jilid 1, PT," *Erlangga, Jakarta*.
- [4] dan S. H. Yunaidi, "Pengaruh Viskositas Oli sebagai Cairan Pendingin Terhadap Sifat Mekanik pada Proses Quenching Baja ST 60.," *Progr. Stud. Tek. Mesin Politek. LPP Jakarta*, 2014.
- [5] S. R. Muas M., Arman Arman, "Karakteristik Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Baja AISI-1045 Melalui Variasi Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Quenching-Tempering.,"

- Makassar Jur. Tek. Mesin Politek. Negeri Ujung Pandang*, 2014.
- [6] F. Yusman, "Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 1045," 2018.
- [7] Bohler, *Bohler Special Steel Manual*. PT Bhinneka Bajan. Jakara: Bohler, 2015.
- [8] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Materials science and engineering: an introduction*, vol. 7. John wiley & sons New York, 2007.