



## **Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah**

*(Effect of cooling media variations on heat treatment on hardness and micro carbon structure of low carbon steel)*

**Agung Prayogi<sup>1</sup>, Suhardiman<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Batin Alam, Sungai Alam, Kec. Bengkalis, Kabupaten Bengkalis, Riau 28711

email: [Agungprayogi1228@gmail.com](mailto:Agungprayogi1228@gmail.com)<sup>(1)</sup>, [suhardiman@polbeng.ac.id](mailto:suhardiman@polbeng.ac.id)<sup>(2)</sup>

### **Abstrak**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat sangat berpengaruh terhadap perindustrian di dalam negeri, salah satunya adalah industri yang menghasilkan atau memproduksi elemen-elemen mesin yang sebagian besar menggunakan logam sebagai bahan bakunya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin terhadap tingkat kekerasan dan struktur mikro baja karbon paduan rendah dengan melakukan perlakuan panas sebelum dan sesudah proses pemanasan (*heat treatment*). Proses penelitian dilakukan dimulai dengan pemotongan baja karbon rendah, kemudian dilakukan proses pemanasan dengan temperatur 950° C, selanjutnya dilakukan proses pendinginan dengan berbeda media pendingin seperti: Air hujan, udara, Oli SAE 40 dan Coolant Radiator. Hasil pengujian kekerasan pada spesimen sebelum dilakukan proses pemanasan didapat nilai kekerasan sebesar 27,75 HRC dan untuk struktur mikro spesimen mengandung struktur ferrit dan perlit. Didapat untuk media pendingin air hujan didapat nilai kekerasan 34 HRC dan untuk struktur mikro yang terkandung yaitu martensit, untuk media pendingin oli SAE 40 nilai kekerasan pada spesimen didapat sebesar 28,85 HRC untuk struktur mikronya spesimen mengandung struktur ferrit dan perlit, untuk media pendingin coolant radiator didapat nilai kekerasan paling tinggi sebesar 39 HRC dan untuk struktur mikronya spesimen mengandung struktur martensit dan untuk media pendingin udara mendapat nilai kekerasan terendah dari media pendingin lainnya yaitu sebesar 14 HRC dan spesimen tersebut untuk struktur mikro yang terkandung yaitu ferrit dan perlit.

**Kata kunci :** Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan, Diagram Fasa, Cairan pendingin.

### *Abstract*

*The rapid development of science and technology has greatly influenced the domestic industry, one of which is the industry that produces or produces engine elements which mostly use metal as their raw material. This study aims to determine the effect of the cooling media on the level of hardness and microstructure of low carbon alloy steel by conducting heat treatment before and after the heating process (heat treatment). The research process was carried out starting with the cutting of low carbon steel, then the heating process was carried out with a temperature of 950°C, then the cooling process was carried out with different cooling media such as: Rainwater, air, SAE 40 Oil and Coolant Radiator. The results of the hardness test on the specimens before the heating process were obtained were hardness values of 27.75 HRC and for the microstructure the specimens contained ferrite and pearlite structures. Obtained for rain water cooling media obtained hardness value of 34 HRC and for microstructure contained namely martensite, for SAE oil cooling media 40 hardness values on specimens were obtained at 28.85 HRC for microstructure of specimens containing ferrite and perlite structures, for coolant cooling media The radiator obtained the highest hardness value of 39 HRC and for the microstructure the specimen contained a martensitic structure and for the air cooling media the lowest hardness value from other cooling media was 14 HRC and the specimens for the microstructure contained were ferrite and perlite.*

**Keywords:** *Micro Structure Test, Hardness Test, Phase Diagram, Coolant*

### **1. Pendahuluan**

Setiap logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia, maka diperlukan suatu penanganan khusus agar setiap elemen-elemen logam tersebut dapat digunakan sesuai yang diinginkan [1].

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Gunawan Dwi haryadi bahwa dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro dipengaruhi oleh suhu tempering. Ketika suhu tempering dinaikkan kekerasan dan kekuatan tariknya akan menurun [2]. Elin Nurain [3] berdasarkan penelitiannya menyatakan bahwa Dengan media pendingin yang berbeda, maka akan didapat laju pendinginan yang berlainan yang menghasilkan perubahan struktur mikro dan kekerasan.

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, karena memiliki sifat ulet mudah dibentuk, kuat maupun keras. Selain itu baja dengan unsur utama Fe dan C bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti dan sebagainya, untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang diinginkan [4].

Perlakuan panas adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang cocok, lalu dibiarkan beberapa waktu pada temperatur itu, kemudian didinginkan ke temperatur yang lebih rendah dengan kecepatan yang sesuai.

Diperlukan upaya identifikasi jenis media pendingin yang sesuai dengan kebutuhan, oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui

pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah.

## 2. Studi Literatur

### 2.1. Baja Karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur peneras dalam struktur baja.

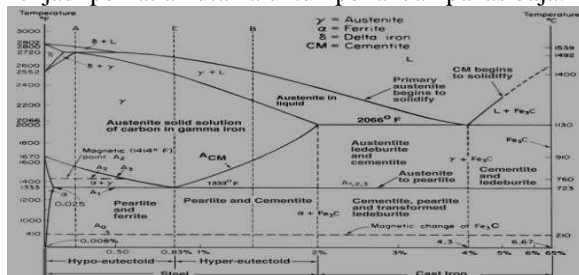
Penggunaan dari masing-masing baja berbeda-beda berdasarkan kandungan karbon pada baja tersebut. Baja karbon rendah digunakan untuk kawat, baja profil, sekrup, ulir dan baut. Baja karbon sedang digunakan untuk rel kereta api, poros roda gigi, dan suku cadang yang berkekuatan tinggi, atau dengan kekerasan sedang sampai tinggi. Baja karbon tinggi digunakan untuk perkakas potong seperti pisau, milling cutter, reamers, tap dan bagian-bagian yang harus tahan gesekan.

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut.

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*). Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C.
2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*). Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*). Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,4% C.

### 2.2. Diagram Keseimbangan Besi Karbon (Fe-C)

Menurut George Krauss[5], diagram keseimbangan besi karbon dapat digunakan sebagai dasar untuk melaksanakan perlakuan panas. Penggunaan diagram ini relatif terbatas karena beberapa metode perlakuan panas digunakan untuk menghasilkan struktur yang *non-equilibrium*. Akan tetapi pengetahuan mengenai perubahan fasa pada kondisi seimbang memberikan ilmu pengetahuan dasar untuk melakukan perlakuan panas. Bagian diagram Fe-C yang mengandung karbon dibawah 2 % menjadi perhatian utama untuk perlakuan panas baja.



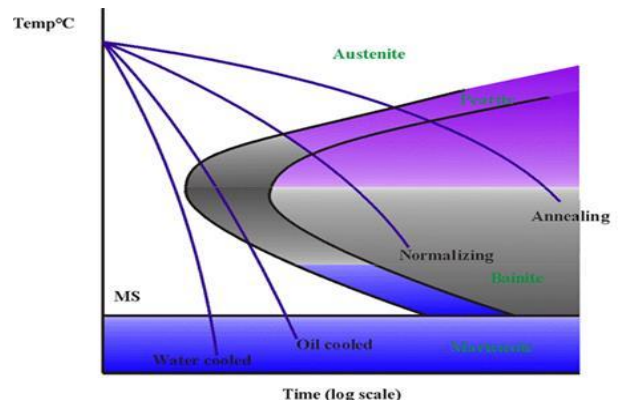
Gambar 1. Diagram Fasa[6]

Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas. Dimana fungsi diagram fasa adalah memudahkan

memilih temperatur pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses anil, normalizing maupun proses pengerasan.

### 2.3. Perlakuan Panas (*heat Treatment*)

Untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis logam, perlu adanya suatu perlakuan ,perlakuan yang dimaksud adalah perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga kemampuan memotong meningkat dan dapat juga dilunakkan untuk mempermudah permesinan lebih lanjut.



Gambar 2. Diagram Pemanasan

Perlakuan panas (*heat treatment*) pada baja mempunyai peran yang sangat penting dalam upaya mendapatkan sifat-sifat tertentu yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan. Proses ini meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu dari dipertahankan pada waktu tertentu serta didinginkan pada media tertentu pula. Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan kuat tarik , kekerasan, keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), dan menghaluskan ukuran butir kristal. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer.

#### a. Media Pendingin

Proses *quenching* dilakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media air, udara, radiator *coolent* dan oli SAE 40. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam itu. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan lebih cepat banyak dari pendinginan lambat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar, terjebak dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong atomnya kecil, sehingga kekerasannya meningkat. Media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :Air, udara, *coolent* radiator dan oli SAE 40.

#### b. Uji Kekerasan

Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu:

1. Kekerasan goresan (*scratch hardness*)
2. Kekerasan lekukan (*indentation hardness*)

3. Kekerasan pantulan (*rebound*). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan *Brinell*, *Vickers*, *Rockwell*, *Knoop*, dan sebagainya.

Pengujian *rockwell* mirip dengan pengujian *brinell*, yakni angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi derajat indentasi. Beban dan indenter yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian.

Indenter atau “*penetrator*” dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan ujung yang agak membulat (biasa disebut “*brale*”). Diameter bola baja umumnya 1/16 inchi, tetapi terdapat juga indenter dengan diameter lebih besar, yaitu 1/8, 1/4, atau 1/2 inchi untuk bahan-bahan yang lunak. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan beban minor 10 kg, dan kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor biasanya 60 atau 100 kg untuk indenter bola baja dan 150 kg untuk indenter *brale*. Meskipun demikian, dapat digunakan beban dan indenter sesuai kondisi pengujian.

Dial pada mesin terdiri atas warna merah dan hitam yang didesain untuk mengakomodir pengujian skala B dan C yang seringkali dipakai. Skala kekerasan B digunakan untuk pengujian dengan kekerasan medium seperti baja karbon rendah dan baja karbon medium dalam kondisi telah dianil (dilunakkan). *Range* kekerasannya dari 0–100.

Pengujian kekerasan *Rockwell* dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indenter. Penekanan indenter ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan. Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* ini diatur berdasarkan standar DIN 50103. Pengujian Kekerasan benda dengan metode *Rockwell* memiliki beberapa kelebihan antara lain:

1. Dapat digunakan untuk bahan yang sangat keras.
2. Dapat dipakai untuk batu gerinda sampai plastik.
3. Cocok untuk semua material yang keras dan lunak.

Selain memiliki kelebihan Pengujian kekerasan benda dengan metode *Rockwell* memiliki beberapa kekurangan antara lain:

1. Tingkat ketelitian rendah.
2. Tidak stabil apabila terkena guncangan.

Persamaan :

$$= \frac{n1+n2+n3+n4+n5+n6+n7+n8+n9+n10}{m} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

- n : Penjejukan atau titik pengujian
- m : Jumlah banyak titik

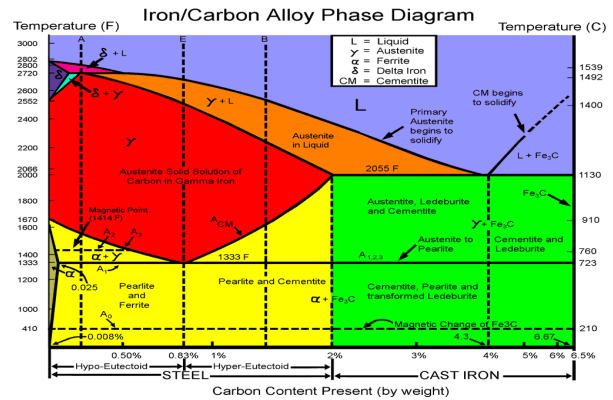
### 2.4. Struktur Mikro

Untuk mengetahui sifat dari suatu logam, kita dapat melihat struktur mikronya. Setiap logam dengan jenis berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dan dari struktur mikro kita dapat melihat:

- a. Ukuran dan bentuk butir

- b. Distribusi fasa yang terdapat dalam material khususnya logam
- c. Pengotor yang terdapat dalam material

Diagram fasa adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dengan kadar karbon, dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan.



Gambar 3. Diagram fasa besi karbon[6]

Fasa-fasa yang ada pada diagram fasa besi karbon dapat dijelaskan sebagai berikut:[7]

1. Ferrit
 

Memiliki bentuk sel satuan BCC terbentuk pada proses pendinginan lambat dari *austenite* baja *hipoeutoid* (baja dengan kandungan karbo < 0,8%), bersifat lunak, ulet, memiliki kekerasan (70-100) BHN dan konduktivitas *thermal*nya tinggi.
2. Cementit
 

*Cementit* adalah senyawa besi dengan karbon, umumnya dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia Fe<sub>3</sub>C, bentuk sel satuannya *ortorombik*, dan bersifat keras (65-68) HRC
3. Perlit
 

*Perlit* adalah campuran *ferit* dan *cementit* berlapis dalam suatu struktur butir, memiliki nilai kekerasan (10-30) HRC. Pendinginan lambat menghasilkan *Perlit* kasar, sedangkan struktur mikro *Perlit* halus terbentuk dari hasil pendinginan cepat. Baja yang memiliki struktur mikro *Perlit* kasar kekuatannya lebih rendah bila dibandingkan dengan baja yang memiliki struktur mikro *Perlit* halus.
4. Martensit
 

Terbentuk dari pendinginan cepat fasa *austenit* sehingga mengakibatkan sel satuan FCC bertransformasi secara cepat menjadi BCC, unsur karbon yang larut dalam BCC terperangkap dan tetap berada dalam sel satuan itu, hal tersebut menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan sehingga sel satuan BCC berubah menjadi BCT. Struktur mikro *martensit* seperti bentuk jarum-jarum halus, bersifat keras (20-67) HRC, dan getas.
5. Austenit
 

Memiliki bentuk sel satuan FCC yang mengandung unsur karbon hingga maksimum 1.7%.

### 3. Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Mesin uji kekerasan
 

Alat uji kekerasan *Rockwell* digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan pada spesimen uji. *Rockwell Hardness Test* adalah pengukuran kekerasan

berdasarkan kenaikan bersih kedalaman kesan sebagai beban diterapkan.

2. Mesin Uji Struktur Mikro

Mikroskop optik digunakan untuk mengamati struktur mikro pada spesimen.

3. Tungku Pemanas

Tungku pemanas digunakan untuk perlakuan panas (heat treatment) pada spesimen yang telah dipotong.



Gambar 4. Furnace Chamber

4. Amplas

Amplas dan poles digunakan untuk proses pembuatan spesimen untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro.

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Baja karbon rendah ( Baja karbon ST-37)

Kode St 37 adalah baja karbon rendah yang memiliki kandungan unsur karbon di dalam baja sebesar 0,16% C. Baja ST 37 terbentuk atas beberapa paduan unsur kimia seperti yang ditampilkan pada tabel 3.1 yakni sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi kimia Baja Rendah

No	Unsur	Simbol	Komposisi Kimia (%)
1	Besi	Fe	99,092
2	Karbon	C	0,160
3	Mangan	Mn	0,385
4	Silikon	Si	0,0221
5	Fosfor	P	0,028
6	Kobal	Co	0,077
7	Cuprum	Cu	0,036
8	Wolfrom	W	0,001



Gambar 5. Baja karon ST 37

2. Oli SAE 40

Tabel 2. Spesifikasi Oli SAE 40

Typical characteristics			
NO	Properties	Test Method	Typical Test Result
1	No.SAE Viscosity grade		
2	Viscosity kinematic,at 40°C,cst	D-445	93.41
3	Viscosity kinematic at 100° C, cst,		14.18
4	Colour astm		2.5
5	Viscosity index	D-2270	156
6	Apparent viscosity/CSS @ -25 °C,cP	D-5293	5500
7	Total base number (TBN) mg KOH/G	D-2896	10.05
8	Pour point °C	D-98	-15

3. Udara

Tabel 3. Komponen terbesar penyusun udara

N	komponen	formula	Persen	Ppm
O			formula	
1	Nitrogen	N	78,08	780.800
2	Oksigen	O <sup>2</sup>	20,95	209.500
3	Argon	Ar	0,934	9.340
4	Karbon dio	CO <sup>2</sup>	0,0314	314
5	Neon	Ne	0,00182	18
6	Helium	He	0,000524	5
7	Metana	CH <sub>4</sub>	0,0002	2
8	Kripton	Kr	0,000114	1

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji Kekerasan Dan Struktur Mikro

Penelitian ini menghasilkan data – data yang berupa angka dalam tabel, gambar grafik dan struktur mikro dari spesimen penelitian antara sebelum dilakukan perlakuan dan sesudah dilakukan perlakuan panas yang menggunakan media pendingin air hujan, oli SAE 40, udara dan coolant radiator dengan temperatur 950°C dan menggunakan waktu tahan 30 menit.

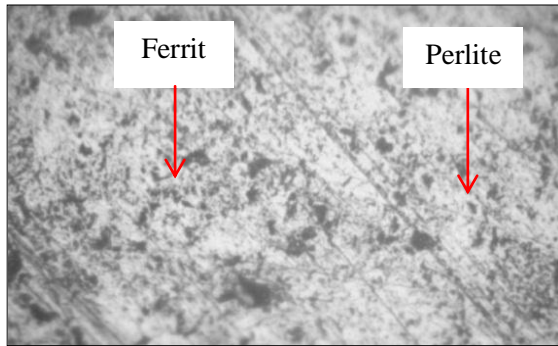


Gambar 6. Spesimen Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell

Adapun hasil dari pengujian kekerasan pada spesimen dengan metode Rockwell sebelum diberi perlakuan panas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 4.** Pengambilan data kekerasan *rockwell* sebelum dilakukan proses pemanasan

Kode Sampel	Penjejakan	Kekerasan Rockwell	Rata-Rata (HRC)	Keterangan
	1	32		
	2	30,5		
	3	29		
	4	31,5		
Baja	5	32	27,5	Load:
Karbon	6	28,5		100Kgf
Rendah	7	32		
	8	31		
	9	30		
	10	30		



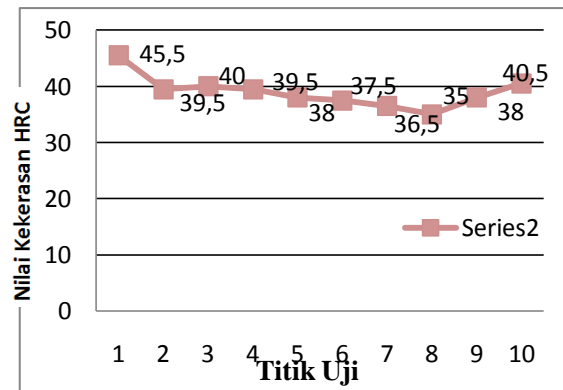
**Gambar 7.** Struktur mikro tanpa perlakuan

Gambar 4.2 pada pengujian struktur mikro pada baja karbon rendah menunjukkan lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Pada spesimen ini terlihat adanya ferrit yang halus dan agak terang sedangkan perlit terlihat agak gelap dan kasar. Kristal ferrit yang mempunyai sifat lunak lebih banyak mendominasi struktur baja. Sementara kristal perlit berada diantaranya dengan jumlah yang lebih sedikit. Perlit yang mempunyai sifat lebih keras dibandingkan ferrit menempati posisi yang tidak teratur. Maka dapat disimpulkan bahwa baja karbon rendah memiliki nilai kekerasan yang cukup rendah.

Nilai Rata-Rata Pengujian Kekerasan Dan Struktur Mikro Setelah Dilakukan Proses Pemanasan. Spesimen Dengan Media Pendingin *Coolant* Radiator seperti table berikut:

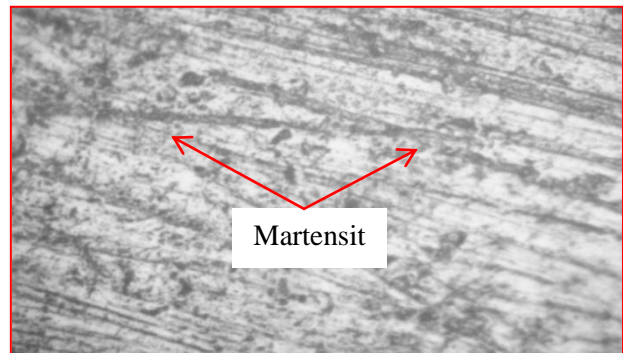
**Tabel 5.** Data nilai kekerasan media pendingin *Coolant* radiator

Spesimen	Waktu Tahan (holding time)	Media Pendingin	Penjejakan	Kekerasan Rockwell
			1	45,5
			2	39,5
			3	40
Baja	30 Menit	<i>Coolant</i> Radiator	4	39,5
Karbon			5	38
Rendah			6	37,5
			7	36,5
			8	35
			9	38
			10	40,5
Rata Rata HRC				39 HRC



**Gambar 8.** Grafik Kekerasan Media Pendingin *Coolant* Radiator

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan *rockwell* pada baja karbon rendah dapat dilihat bahwa tingkat kekerasan setelah dilakukan proses pemanasan (*Heat Treatment*) dan proses pendinginan menggunakan media pendingin *coolant* radiator, diketahui HRC rata-rata pada spesimen ini adalah 39 HRC. Hal ini menunjukkan nilai kekerasan pada spesimen ini cukup tinggi.



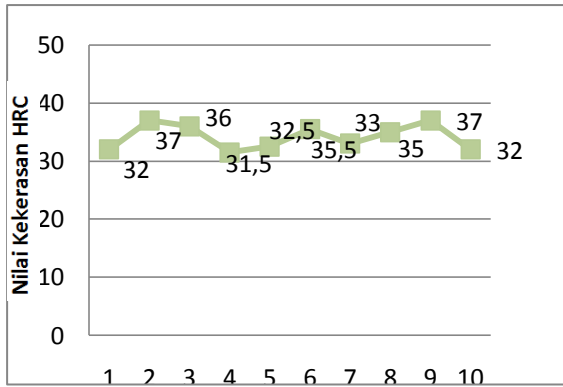
**Gambar 9.** Struktur mikro media pendingin *coolant* radiator

Pada Spesimen dengan media pendingin *Coolant* Radiator memiliki Struktur mikro dengan mendominasi struktur martensit yang berukuran lebih besar dan tidak teratur dari spesimen dengan media pendingin air hujan. Hal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada spesimen ini cukup tinggi. Dapat dilihat pada foto struktur mikro gambar 4.4 dengan pembesaran 400 X.

#### 4.2. Spesimen Dengan Media Pendingin Air Hujan

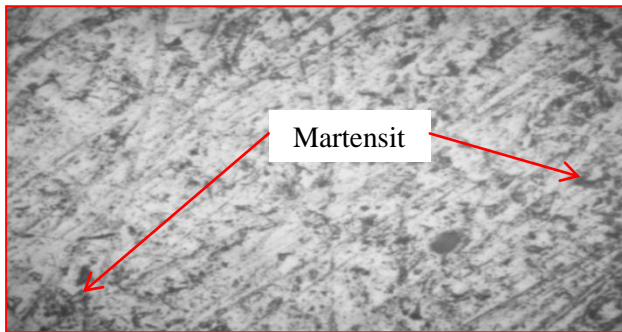
**Tabel 6.** data kekerasan spesimen dengan media pendingin air hujan

Spesimen	Waktu Tahan (holding time)	Media Pendingin	Penjejakan	Kekerasan Rockwell
			1	32
Baja			2	37
			3	36
Karbon	30 Menit	Air Hujan	4	31,5
Rendah			5	32,5
			6	35,5
			7	33
			8	35
			9	37
			10	32
Rata-rata HRC				34,15 HRC



**Gambar 10.** Grafik Nilai Kekerasan Media Pendingin Air Hujan

Berdasarkan pengujian kekerasan *rockwell* pada spesimen baja karbon rendah dapat dilihat bahwa tingkat kekerasan setelah dilakukan pemanasan (*Heat Treatment*) dan melalui proses pendinginan dengan menggunakan media pendingin air hujan, didapatkan dari hasil rata-rata dari pengujian *rockwell* diketahui HRC rata rata pada spesimen ini adalah 34,15 HRC.



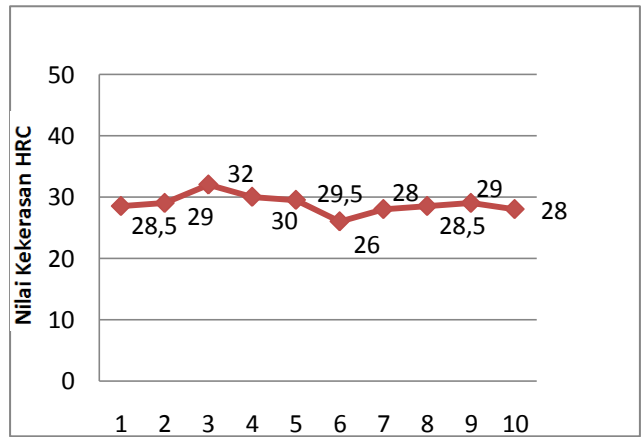
**Gambar 11.** Struktur mikro media pendingi air hujan

Dari hasil proses *hardening* dengan media pendingin air hujan terlihat daerah martensit, sedangkan daerah ferrit pada spesimen pendinginan air hujan telah memudar dan berganti dengan martensit. Perubahan itu terjadi karna terjadinya pendinginan secara cepat sehingga ferrit yang bertransformasi menjadi austenit pada pemanasan akan akan bertransformasi menjadi martensit. Hal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada spesimen ini cukup tinggi. Dapat dilihat pada foto struktur mikro gambar 4.6 dengan pembesaran 400 X.

### 4.3. Spesimen Dengan Media Pendingin Oli SAE 40

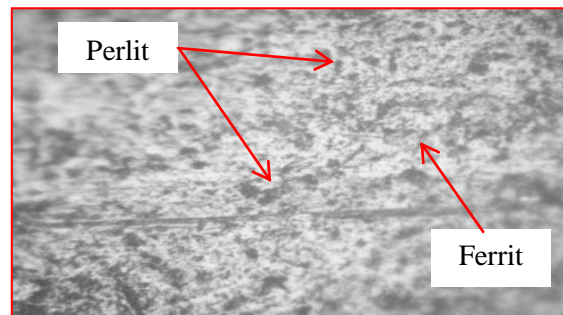
**Tabel 7.** Data kekerasan dengan media pendingin Oli SAE 40

Spesimen	Waktu Tahan ( <i>holding time</i> )	Media Pendingin	Penjejak an	Kekerasan <i>Rockwell</i>
Baja Karbon Rendah	30 Menit	Oli SAE 40	1	28,5
			2	29
			3	32
			4	30
			5	29,5
			6	26
			7	28
			8	28,5
			9	29
			10	28
Rata-rata HRC				28,85 HRC



**Gambar 12.** Grafik Nilai Kekerasan Media Pendingin Oli SAE 40

Berdasarkan pengujian kekerasan *rockwell* pada spesimen baja karbon rendah dapat dilihat bahwa tingkat kekerasan setelah dilakukan pemanasan (*heat Treatment*) dan melalui proses pendinginan dengan menggunakan media pendingin Oli SAE 40, didapatkan dari hasil rata-rata dari pengujian *rockwell* diketahui HRC rata rata pada spesimen ini adalah 28,85 HRC.



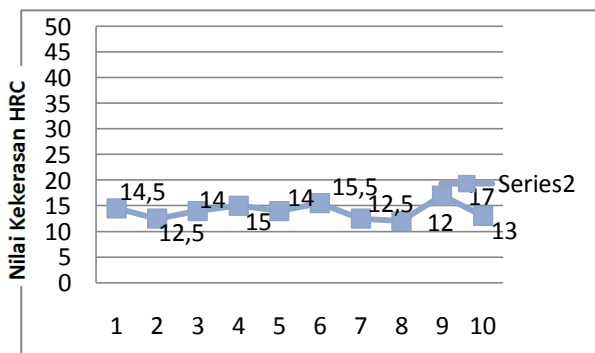
**Gambar 13.** Struktur mikro media pendingin Oli SAE 40

Sama dengan spesimen pendinginan udara pada spesimen dengan pendinginan oli juga masih menghasilkan kandungan ferrit dan perlit pada pemanasan 950°C. Pada ferrit yang merupakan larutan padat dari atom-atom pada karbon murni yang mempunyai sel-sel kubus dan mempunyai sifat liat dan lunak. Perlit merupakan senyawa *eutectoid* yang sebenarnya tersusun dari fasa sementit dan ferrit yang tersusun dalam bentuk lapisan lapisan halus yang mempunyai sifat kuat dan cukup keras. Dibandingkan dengan spesimen yang mengalami pendinginan dengan media udara dan spesimen tanpa perlakuan maka spesimen dengan pendinginan oli lebih keras, ini terjadi karna media pendingin oli lebih cepat dibandingkan dengan pendingin udara.

#### 4.4. Spesimen Dengan Media Pendingin Udara

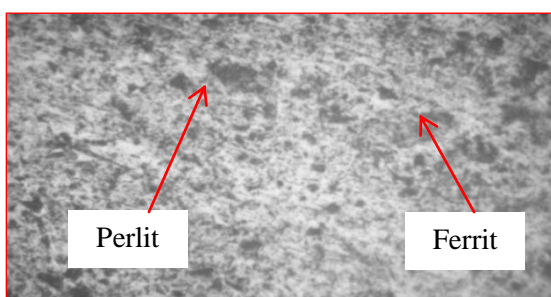
**Tabel 8.** Data Nilai kekerasan dengan media pendingin udara

Spesimen	Waktu Tahan (holding time)	Media Pendingin	Penjejak an	Kekerasan Rockwell
Baja Karbon Rendah	30 Menit	Udara	1	14,5
			2	12,5
			3	14
			4	15
			5	14
			6	15,5
			7	12,5
			8	12
			9	17
			10	13
Rata – rata HRC				14 HRC



**Gambar 14.** Grafik Nilai Kekerasan Media Pendingin Udara

Berdasarkan pengujian kekerasan *rockwell* pada spesimen baja karbon rendah dapat dilihat bahwa tingkat kekerasan setelah dilakukan pemanasan (*Heat Treatment*) dan melalui proses pendinginan dengan menggunakan media pendingin udara tingkat kekerasan pada spesimen ini paling rendah dibandingkan dengan yang menggunakan media pendingin lainnya, ini disebabkan karena pada proses pendinginan untuk media pendingin udara cukup lambat, dan didapatkan dari hasil rata-rata dari pengujian *rockwell* diketahui HRC rata rata pada spesimen ini adalah 14 HRC.



**Gambar 15.** Struktur mikro media pendingin udara

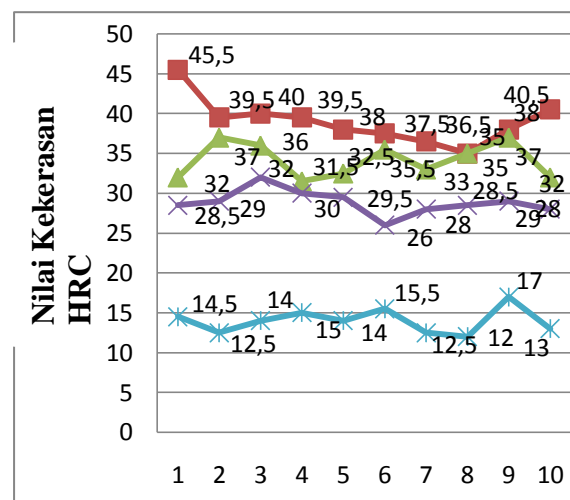
Dari hasil proses *hardening* dengan media pendingin udara menunjukkan bahwa material tersebut memiliki struktur mikro perlit dan ferrit. Dimana pada struktur tersebut terlihat bahwa perlit yang paling mendominasi pada spesimen tersebut. Dimana terlihat struktur mikro perlit dan ferrit yang besar dan kasar hal itu menyebabkan tingkat kekerasan pada spesimen tersebut paling lunak dari spesimen dengan media pendingin lainnya dan spesimen aslinya. Terlihat pada foto struktur mikro Gambar 4.6 dengan pembesaran 400X.

#### 4.3 Hasil Nilai Perbandingan Pengujian Kekerasan Dan Struktur Mikro

Berikut adalah tabel perbandingan hasil pengujian kekerasan pada baja karbon rendah sebelum dilakukan perlakuan dan yang sudah diberi perlakuan panas (*Heat Treatment*) dan penahanan waktu (*holding time*) selama 30 menit menggunakan variasi media pendingin, dengan metode pengujian kekerasan *Rockwell*.

**Tabel 9.** Data perbandingan hasil Kekerasan sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan

Spesimen	Sebelum Dilakukan Pemanasan	Media Pendingin			
		Air Hujan	Oli SAE 40	Udara	Coolant Radiator
Baja Karbon Rendah					
Rata – rata HRC	27,5 HRC	34,15 HRC	28,85 HRC	14 HRC	39 HRC



**Gambar 16.** Grafik Gabungan nilai kekerasan *Rockwell*

Pada gambar 4.11 menunjukkan gabungan nilai kekerasan dari spesimen baja karbon rendah sebelum dilakukan pemanasan dan sesudah proses pemanasan (*heat treatment*) dengan variasi media pendingin pada proses pendinginan. Dan setelah dirata-ratakan pada pengujian spesimen sebelum dilakukan pemanasan terdapat nilai kekerasan sebesar 27,5 HRC. Setelah dilakukan pemanasan pada spesimen uji nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi media pendingin menggunakan *coolant radiator* dengan pemanasan 950°C selama 30 menit sebesar 39 HRC, dan variasi menggunakan air hujan dengan pemanasan 950°C selama 30 menit sebesar 34,15 HRC, kemudian variasi menggunakan Oli SAE 40 dengan pemanasan 950°C selama 30 menit sebesar 28,85 HRC dan sedangkan variasi menggunakan media pendingin udara mendapatkan nilai kekerasan terendah dengan pemanasan 950°C selama 30 menit sebesar 14 HRC. Jadi, dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan dengan variasi media pendingin *coolant radiator* dengan pemanasan dan penahanan waktu (*holding time*) selama 30 menit merupakan nilai kekerasan spesimen paling tertinggi diantara variasi menggunakan media pendingin air hujan, udara, dan oli SAE 40 yaitu sebesar 39 HRC, sedangkan

spesimen tanpa perlakuan mendapat nilai kekerasan sebesar 27.5 HRC.

Pada spesimen dengan pendinginan udara yang terlihat pada struktur mikro adalah perlit dan ferrit. Akan tetapi yang paling mendominasi adalah ferrit. Ferrit yang berwarna putih terlihat lebih besar butir-butirnya dan terlihat kasar, sehingga spesimen ini memiliki sifat lunak dan liat. Pendinginan yang secara lambat menyebabkan spesimen ini memiliki jumlah ferrit yang banyak, nilai kekerasan yang dimiliki spesimen dengan media pendingin udara sebesar 14 HRC. Spesimen dengan pendinginan dengan udara nilai kekerasannya paling rendah dibandingkan dengan spesimen pendinginan: oli SAE 40, air hujan dan *coolant radiator*.

Pada spesimen dengan media pendingin *coolant radiator* dan air hujan struktur yang terlihat adalah daerah martensit, sedangkan daerah ferrit pada spesimen pendinginan air hujan telah memudar dan berganti dengan martensit. Perubahan itu terjadi karena terjadinya pendinginan secara cepat sehingga ferrit yang bertransformasi menjadi austenit pada pemanasan akan bertransformasi menjadi martensit. Hal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada spesimen ini cukup tinggi dengan nilai kekerasan *rockwell* sebesar 39 HRC untuk media pendingin *coolant radiator* dan nilai kekerasan *rockwell* untuk media pendingin air hujan adalah sebesar 34,15 HRC.

Pada spesimen dengan media pendingin oli SAE 40 struktur yang terkandung dalam spesimen adalah ferrit dan perlit. Dibandingkan dengan spesimen yang mengalami pendinginan dengan media udara dan spesimen tanpa perlakuan maka spesimen dengan pendinginan oli lebih keras. Ini terjadi karena media pendingin oli lebih cepat dibandingkan dengan pendingin udara. Nilai kekerasannya yang dimiliki spesimen dengan media pendingin oli SAE 40 sebesar 28.85 HRC.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dari hasil penelitian proses *hardening* yang dilakukan dengan temperatur 950°C dengan media pendingin air, oli SAE 40, *coolant radiator* dan udara. Media pendingin sebagai pembanding, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapat nilai kekerasan spesimen sebelum dilakukan proses pemanasan yang diperoleh sebesar 27,5 HRC. Nilai kekerasan yang diperoleh dari media pendingin *coolant radiator* adalah 39 HRC. Untuk nilai kekerasan yang diperoleh oleh media pendingin air hujan 34.15 HRC, sedangkan untuk nilai kekerasan yang diperoleh oleh media pendingin Oli SAE 40 28.85 HRC dan nilai kekerasan yang diperoleh oleh media pendingin udara 14 HRC. Disini terlihat bahwa spesimen yang memiliki nilai kekerasan tertinggi ada pada media pendingin *coolant radiator* dengan nilai kekerasan 39 HRC.
2. Struktur mikro pada baja karbon rendah yang terbentuk adalah perlit dan ferrit. Untuk struktur mikro dengan media pendingin air hujan dan *coolant radiator* yang terbentuk adalah martensit. pendinginan secara cepat sehingga ferrit yang bertransformasi menjadi austenit pada pemanasan akan bertransformasi menjadi martensit. Hal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada kedua spesimen ini cukup tinggi. Untuk struktur mikro pada spesimen dengan media pendingin udara

yang terbentuk adalah perlit dan ferrit, dan untuk spesimen dengan media pendingin oli SAE 40 yang terbentuk adalah perlit dan ferrit. Tapi dibandingkan dengan spesimen yang mengalami pendinginan dengan media udara dan spesimen tanpa perlakuan maka spesimen dengan pendinginan oli lebih keras. Ini terjadi karena media pendingin oli lebih cepat dibandingkan dengan pendingin udara.

## Daftar Pustaka

- [1] H. Amanto, *Ilmu Bahan*, Jakarta Bumi Aksara, 1999.
- [2] G. D. Haryadi, *Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja K-460*, Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP, 2006.
- [3] Nuraini Elin, dkk, "Pengaruh Suhu Dan Media Pendingin Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Perlakuan Panas ALMG2", *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah, PPNY-BATAN*, Yogyakarta, 1996.
- [4] Schonmetz Alois, *Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam*, Angkasa, 1985
- [5] G. Krauss, "Heat Treated Martensitic Steels: Micro structural system for Advanced Manufacture", *Iron Steel Inst. Jpn. Int*, Vol 35 (No.4), p1-4, 1995.
- [6] Timing, R. L, *Engineering Materials*, 1998.
- [7] R. Suratman, *Panduan Proses Perlakuan Panas*, Lembaga Penelitian, Institut Teknologi Bandung, 1994.