**PENGARUH TEMPERATUR *TEMPERING* TERHADAP KEKERASAN
DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1045 YANG DI*QUENCHING*
DALAM MEDIA PENDINGIN TERSIRKULASI**

Hanif Mustofa¹, Harnowo Supriadi¹, Zulhanif¹

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung
Telp. (0721) 3555519, Fax. (0721) 704947
email : Hanifsp4@gmail.com

Abstract

Steel AISI 1045 is steel classified as medium carbon steel because it has a carbon content of 0.45%. The characteristics of steel itself are sometimes not in accordance with the needs required, therefore the steel requires other treatments to change the properties and structure of steel AISI 1045. The characteristics of steel can be changed by giving heat treatment, one of the processes carried out is the quenching tempering process. Quenching is a metal working process with rapid cooling to a predetermined variety of media with the aim of increasing the hardness of AISI 1045 steel, while tempering is the process of reheating hardened steel with the aim of obtaining high tenacity and toughness. The quenching process uses a temperature of 800 °C with a waiting time of 60 minutes and then cooled quickly with variations of diesel, water, and salt water with a 180° circulating process. While the tempering temperature variations used are 450 °C, 550 °C, and 650 °C with a waiting time of 60 minutes. The results of the hardness test using the Rockwell method. in raw material testing get a value of 61.33 HRB hardness. The quenching results circulated in the solar media are (80.6 HRB, 79.3 HRB, 81.3 HRB), the value of violence in the water media (89.3 HRB, 89 HRB, 89.6 HRB), and salt water media (94.6 HRB, 96 HRB, 94.6 HRB). The hardness value of temperature temperament 450 °C solar media (72.6 HRB 73 HRB, 72.6 HRB), water media (83.6 HRB, 82.6 HRB, 83 HRB), salt water (86.3 HRB, 86.6 HRB, 87.3 HRB). Temper temperature hardness value of 550 °C solar media namely (70.3 HRB, 70.3 HRB, 70.6 HRB) water media (81.3 HRB, 81.3 HRB, 80.6 HRB) salt water media (84.3 HRB, 83.6 HRB, 84.6 HRB). The hardness value of temperature variation of 650 °C, solar media are (68.3 HRB, 68.6 HRB, 68.6 HRB) water media (79 HRB, 79.3 HRB, 79.3 HRB) and salt water media (81.3 HRB, 81.6 HRB, 82 HRB). The microstructure obtained in quenching is the martensite structure and the tempering structure is temper martensite.

Keywords: AISI 1045, quenching, tempering, martensite, ferrite, pearlite, HRB

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan yang semakin maju, mendorong para pelaku dunia industri untuk meningkatkan kebutuhan penggunaan dari hasil pengerasan baja yang dibutuhkan konsumen. Perkembangan teknologi terutama dalam pengerasan logam mengalami kemajuan yang sangat pesat. Untuk memenuhi tuntutan konsumen dalam teknik pengerasan logam ini peneliti mencoba mengangkat permasalahan logam pada baja AISI 1045 karena baja

tersebut sangat banyak digunakan dalam bidang industri khususnya dalam dunia otomotif. Pengerasan dapat dilakukan dengan *quenching*. *Quenching* adalah memanaskan benda kerja hingga temperatur *austenisasi* dilanjutkan dengan proses pencelupan di dalam media pendinginan.

Proses *quenching* menghasilkan suatu produk kekerasan yang baik, getas dan terdapat tegangan sisa untuk mengurangi kekerasan, kegetasan dan menghilangkan tegangan sisa

maka perlu dilakukan suatu proses *tempering*. *Tempering* adalah suatu proses pemanasan ulang baja hingga mencapai temperatur dibawah temperatur kritis dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu [1].

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% - 1,7% sesuai tingkatnya. Proses pembuatan baja akan terdapat suatu unsur-unsur lain, selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya. Berdasarkan komposisi dalam praktiknya baja terdiri dari beberapa macam yaitu: Baja Karbon, dan Baja Paduan [2].

Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dari proses pemanasan bahan hingga pada suhu tertentu dan selanjutnya didinginkan juga dengan cara tertentu. Tujuan dari perlakuan panas adalah mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai dengan yang diinginkan seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada keuletan bahan [3].

Dalam penelitian ini penulis menggunakan suatu metode perlakuan panas *quenching-tempering* dengan media pendingin tersirkulasi dan bukaan katup penuh dengan variasi media pendinginan air, air garam, dan solar, pengujian kekerasan menggunakan metode *rockwell*. Karena dari banyak literatur dan jurnal, media pendingin yang tersirkulasi dapat meningkatkan kekerasan suatu baja hingga 40%.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan baja AISI 1045 sebagai spesimen. Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,43% - 0,50% dan termasuk golongan baja karbon menengah [4].

Berdasarkan penelitian dari Mizhar Susri tentang Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro Terhadap Variasi Temperatur Pada Baja AISI 4140. Dengan variasi temperatur *tempering* yaitu 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, dan 600 °C dengan waktu tahan 2 jam. Proses *normalizing* mendapatkan nilai kekerasan 38,2 HRC, nilai mengalami kenaikan setelah di *hardening* menjadi 52 HRC kenaikan sekitar 26%. Proses *tempering* dengan suhu 200 °C nilai kekerasan tidak mengalami penurunan malah sebaliknya sekitar 0,5%, pada temperatur 300 °C nilai kekerasan mengalami penurunan sekitar 3% menjadi 50 HRC, *temper* 400 °C nilai kekerasan menurun sekitar 8% menjadi 47,4 HRC, *temper* 500 °C turun sekitar 23% menjadi 40 HRC dan pada *temper* 600 °C kekerasan penurunan yang sangat drastis sekitar 33% menjadi 34,5 HRC [5].

Menurut penelitian sebelumnya dengan proses *Quenching* menggunakan baja AISI 1045 yang tersirkulasi dengan pengujian metode *vikers* diperoleh sebagai berikut Q1 pengujian RAW material mendapatkan hasil 130 HVN, Q2 tanpa agitasi ($V=0$ m/s) dengan kekerasan 308 VHN, Q3 dengan kecepatan ($V=0,597$ m/s) dengan kekerasan 417,6 VHN, Q4 dengan kecepatan ($V=0,696$ m/s) dengan kekerasan 429,3 VHN, dan Q5 dengan kecepatan ($V=0,833$ m/s) dengan kekerasan 735 VHN dapat disimpulkan dari penelitian tersebut bahwa semakin cepat aliran media pendingin maka hasil kekerasan yang diperoleh akan semakin tinggi [6].

Oleh Haryadi Gunawan Dwi yang berjudul Pengaruh Suhu *Tempering* Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baja K-460. Hasil pengujian yang telah dilakukan setelah proses *tempering* dengan variasi suhu telah merubah kekerasannya. Kekerasan baja setelah pemanasan menurun ketika suhu *tempering* dinaikkan. Perubahan suhu *tempering* juga mempengaruhi nilai kekuatan tarik. Dengan material dasar yang berbeda yaitu dengan baja K-460, proses *tempering* dengan variasi suhu yang berbeda dengan data 100 °C kekuatan tarik maksimumnya 2014,8 Mpa, dan suhu 200 °C, 300 °C, dan 400 °C masing masing kekuatan tarik maksimumnya adalah 1671,1 Mpa,

1444,6 Mpa, dan 1023,3 Mpa dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro dipengaruhi oleh suhu *tempering*. Ketika suhu tempering dinaikkan kekerasan dan kekuatan tariknya akan menurun [7].

METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian nilai kekerasan dengan metode *rockwell* skala B dan analisis struktur mikro.

Gambar 1. Diagram alir penelitian

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini penulis menggunakan alat instalasi *quenching* tersirkulasi dan bahan bahan yang mendukung dalam melakukan penelitian.

Gambar 2. Alat instalasi sistem *quenching* tersirkulasi

Pada penelitian ini spesimen yang telah dinaikkan temperaturnya dengan menggunakan *furnace* langsung dimasukkan kedalam alat instalasi *quenching* tersirkulasi yang telah dirancang dan dibuat pada penelitian sebelumnya, alat ini menggunakan pompa untuk mensirkulasikan media pendingin yang digunakan dengan katup sebagai pengatur kecepatan dan *flowmeter* untuk melihat besarnya debit aliran media pendingin.

Gambar 3. Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,45%. Baja AISI 1045 digunakan karena berdasarkan pada referensi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, adapun beberapa spesifikasinya spesimen berbentuk plat persegi empat yang digunakan untuk pengujian kekerasan dengan ukuran panjang 33 mm, lebar 25 mm, dan tebal 4 mm. Pemotongan spesimen menggunakan gerinda potong.

Kemudian spesimen dinaikkan temperaturnya dengan dimasukkan kedalam *furnace* hingga mencapai suhu 800°C dan dilakukan *holding time* selama 60 menit. Baja yang sudah dipanaskan tadi dikeluarkan dari *furnace* lalu dengan segera mungkin spesimen dimasukkan kedalam alat instalasi *quenching* tersirkulasi yang telah disiapkan variasi media pendinginnya alat ini diletakkan berdekatan dengan *furnace* agar meminimalisir durasi kontak dengan udara. Pada alat instalasi *quenching* tersirkulasi dilakukan variasi media pendingin dan bukaan katup serta mengamati debit aliran media dengan memperhatikan *flowmeter* yang sudah terpasang pada alat tersebut pada tiap media dan bukaan katup digunakan sebanyak 3 spesimen. Setelah proses *quenching* selesai semua maka di lanjutkan proses *tempering* yaitu proses pemanasan ulang.

Gambar 4. Universal Hardness Tester

Universal Hardness tester merupakan alat uji kekerasan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell skala B dimana dengan menggunakan diameter bola baja 1/16".

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Dari pengujian yang sudah dilakukan maka didapatkan beberapa data yang akan dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan Baja AISI 1045 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai kekerasan *raw material* Baja AISI 1045

No. Spesimen	Media Pendingin	Suhu Pendingin (°C)	Nilai Kekerasan			Rata-rata Kekerasan	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	Air	100	41	42	41	41,33	1

Hasil Pengujian Variasi Media Pendingin, Bukaan Katup Penuh dan Tempering.

Maka dari hasil pengujian yang dilakukan di Lab Material Teknik Universitas Lampung dan LIPI Tanjung Bintang pada 21 Februari – 07 Oktober 2019, data hasil kekerasan variasi media pendingin pada baja AISI 1045 yang disirkulasikan bukaan katup penuh adalah sebagai berikut:

2. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 Yang *Diquenching* Dengan Media Air

Tabel 2. Data *Quenching* Hasil Uji Kekerasan Pengujian Media Air

No. Spesimen	Media Pendingin	Suhu Pendingin (°C)	V ₁ (mm)	V ₂ (mm)	Pengukuran			Rata-rata Kekerasan	Standar Deviasi
					1	2	3		
1	Air	100	12	13	40	38	40	39,33	0,577
2	Air	100	13	14	40	38	38	38,66	1
3	Air	100	14	15	40	38	38	38,66	0,577

3. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 Yang *Diquenching* Dengan Media Air Garam

Tabel 3. Data *Quenching* Hasil Uji Kekerasan Pengujian Media Air Garam

No. Spesimen	Media Pendingin	Suhu Pendingin (°C)	V ₁ (mm)	V ₂ (mm)	Pengukuran			Rata-rata Kekerasan	Standar Deviasi
					1	2	3		
1	Air Garam	100	12	13	40	39	39	39,33	0,577
2	Air Garam	100	13	14	40	38	38	38,66	1
3	Air Garam	100	14	15	40	38	38	38,66	0,577

4. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 Yang *Quenching* Dengan Media Solar

Tabel 4. Data *Quenching* Hasil Uji Kekerasan Pengujian Media Solar

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1-100	100	14	20	31	21,3	0,579
2	1-100	120	16	24	32	24,0	0,579
3	1-100	180	17	27	32	25,3	0,579

8. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 450 °C

Tabel 8. Data *Tempering* Temperatur 450 °C Media Air Garam

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1	1	16	20	26	20,6	0,579
2	Tempering 450 °C	2	16	20	26	20,6	0,579
3		3	16	20	26	20,6	0,579

5. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 450 °C

Tabel 5. Data *Tempering* Temperatur 450 °C Media Air

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1	1	16	20	26	20,6	0,579
2	Tempering 450 °C	2	16	20	26	20,6	0,579
3		3	16	20	26	20,6	0,579

9. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 550 °C

Tabel 9. Data *Tempering* Temperatur 550 °C Media Air Garam

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1	1	16	20	26	20,6	0,579
2	Tempering 550 °C	2	16	20	26	20,6	0,579
3		3	16	20	26	20,6	0,579

6. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 550 °C

Tabel 6. Data *Tempering* Temperatur 550 °C Media Air

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1	1	16	20	26	20,6	0,579
2	Tempering 550 °C	2	16	20	26	20,6	0,579
3		3	16	20	26	20,6	0,579

10. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 650 °C

Tabel 10. Data *Tempering* Temperatur 650 °C Media Air Garam

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1	1	16	20	26	20,6	0,579
2	Tempering 650 °C	2	16	20	26	20,6	0,579
3		3	16	20	26	20,6	0,579

7. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 650 °C

Tabel 7. Data *Tempering* Temperatur 650 °C Media Air

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1	1	16	20	26	20,6	0,579
2	Tempering 650 °C	2	16	20	26	20,6	0,579
3		3	16	20	26	20,6	0,579

11. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 450 °C

Tabel 11. Data *Tempering* Temperatur 450 °C Media Solar

No	Keterangan	Kondisi	Jarak (mm)			Rata-rata	Standar Deviasi
			1	2	3		
1	1	1	16	20	26	20,6	0,579
2	Tempering 450 °C	2	16	20	26	20,6	0,579
3		3	16	20	26	20,6	0,579

12. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 550 °C

Tabel 12. Data *Tempering* Temperatur 550 °C Media Solar

No	Media	Temperatur	Waktu	Hasil	Standar
1	AISI 1045	550 °C	60 menit	61,33	61,33
2	AISI 1045	550 °C	60 menit	62	62
3	AISI 1045	550 °C	60 menit	61	61

13. Nilai Kekerasan Baja AISI 1045 *Quenching* *Tempering* Temperatur 650 °C

Tabel 13. Data *Tempering* Temperatur 650 °C Media Solar

No	Media	Temperatur	Waktu	Hasil	Standar
1	AISI 1045	650 °C	60 menit	61,33	61,33
2	AISI 1045	650 °C	60 menit	62	62
3	AISI 1045	650 °C	60 menit	61	61

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan jenis baja AISI 1045 spesimen berbentuk plat persegi empat dengan ukuran panjang 33 mm, lebar 25 mm, dan tebal 4 mm, yang dilakukan proses *quenching* pada 800 °C dan ditahan selama 60 menit, kemudian dicelupkan kedalam variasi media fluida pendingin yang disirkulasikan (air, air garam, dan solar) dan pada bukaan katup penuh. Pada masing-masing media pendingin dan bukaan katup penuh kecepatan dipengaruhi oleh *densitas* fluida masing-masing media pendingin. Media air memiliki *densitas* 1000 kg/m³, garam dapur atau *halit* memiliki *densitas* 2,17 g/m³, dan solar jenis HSD (*High Speed Diesel*) memiliki *densitas* minimal 815 kg/m³ dan maksimal 870 kg/m³. Semakin rendah *densitas* suatu fluida maka aliran yang didapatkan akan semakin besar. Setelah dilakukan proses *quenching* kemudian dilakukan proses *tempering* dengan temperatur yang berbeda yaitu 450 °C, 550 °C, dan 650 °C dengan waktu masing-masing penahan 60 menit. Setelah dilakukan proses *quenching-tempering* kemudian baja AISI 1045 dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui kekuatan mekanik berupa pengujian kekerasan

dan struktur mikro.

Pada pengujian menggunakan kekerasan *Rockwell* menggunakan skala B dengan beban 100 kg dan menggunakan indenter yang diameter 1/16". Pengujian kekerasan *Rockwell* pada permukaan spesimen diambil kekerasannya dibeberapa titik yang sudah ditentukan dan setiap spesimen diambil tiga titik pengujian. Pengujian pertama adalah baja AISI 1045 tanpa perlakuan (*RAW material*), pengujian *RAW material* ini menggunakan satu spesimen yang diambil tiga titik pada permukaan yang berbeda di daerah permukaan spesimen panjang dan lebar, dengan menggunakan metode *Rockwell* mendapatkan hasil 61 HRB, 62 HRB, dan 61 HRB dengan nilai rata-rata 61,33 HRB, maka didapatkan nilai *error* atau standar deviasi 1.

Pengujian kekerasan yang dilakukan dengan menggunakan baja AISI 1045 yang *diquenching* menggunakan media air yang disirkulasikan dan bukaan katup penuh dengan debit aliran 12 Lpm. pengujian pada media air menggunakan tiga spesimen yang berbeda pada spesimen pertama didapatkan rata-rata 89,3 HRB, pada spesimen yang kedua di dapatkan hasil rata-rata 89 HRB, dan pada spesimen yang ketiga di dapatkan hasil rata-rata 89,6 HRB, pengujian pada media air garam yang disirkulasikan dan bukaan katup penuh dengan debit aliran 10 Lpm, pengujian pada media air garam menggunakan tiga spesimen yang berbeda pada spesimen pertama didapatkan hasil rata-rata 94,6 HRB, spesimen kedua dengan hasil rata-rata 96 HRB, dan spesimen ketiga didapatkan hasil rata-rata 94,6 HRB. Selanjutnya pengujian kekerasan yang *diquenching* menggunakan media solar yang disirkulasikan dan bukaan katup penuh dengan debit aliran 11 Lpm, pada spesimen pertama mendapatkan hasil rata-rata 80,6 HRB, pada spesimen kedua mendapatkan hasil rata-rata 79,3 HRB, dan yang ketiga hasil rata-rata 81,3 HRB.

Pengujian kekerasan menggunakan spesimen baja AISI 1045 yang *diquenching-tempering* media air dengan temperatur *temper* masing-masing (450 °C, 550 °C, dan 650 °C), pengujian pada media air ini menggunakan 9

spesimen yang berbeda yang masing-masing spesimen pada temperatur *temper* 450 °C memiliki spesimen 3, pada temperatur *temper* 550 °C memiliki 3 spesimen dan pada temperatur *temper* 650 °C memiliki 3 spesimen. Setelah dilakukan pengujian kekerasan *Rockwell* temperatur *tempering* 450 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (83,6 HRB, 82,6 HRB, dan 83 HRB). Pada temperatur *tempering* 550 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (81,3 HRB, 81,3 HRB, dan 80,6 HRB). Pengujian kekerasan pada temperatur *tempering* 650 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (79 HRB, 79,3 HRB, dan 79,3 HRB).

Pengujian kekerasan menggunakan spesimen baja AISI 1045 yang di *quenching-tempering* media air garam dengan temperatur *temper* masing-masing (450 °C, 550 °C, dan 650 °C), pengujian pada media air garam ini menggunakan 9 spesimen yang berbeda yang masing-masing spesimen pada temperatur *temper* 450 °C memiliki spesimen 3, pada temperatur *temper* 550 °C memiliki 3 spesimen dan pada temperatur *temper* 650 °C memiliki 3 spesimen. Setelah dilakukan pengujian kekerasan *Rockwell* temperatur *tempering* 450 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (86,3 HRB, 86,6 HRB, dan 87,3 HRB). Pengujian kekerasan *Rockwell* temperatur *tempering* 550 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (84,3 HRB, 83,6, dan 84,6 HRB). Pengujian kekerasan *Rockwell* temperatur *tempering* 650 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (81,3 HRB, 81,6 HRB, dan 82 HRB).

Pengujian kekerasan menggunakan spesimen baja AISI 1045 yang di *quenching-tempering* media solar dengan temperatur *temper* masing-masing (450 °C, 550 °C, dan 650 °C), pengujian pada media solar ini menggunakan 9 spesimen yang berbeda yang masing-masing spesimen pada temperatur *temper* 450 °C memiliki spesimen 3, pada temperatur *temper* 550 °C memiliki 3 spesimen dan pada temperatur *temper* 650 °C memiliki 3 spesimen. Setelah dilakukan pengujian kekerasan *Rockwell* temperatur *tempering* 450 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (72,6 HRB, 73 HRB, dan 72,6 HRB). Pengujian kekerasan *Rockwell* temperatur *tempering* 550

°C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (70,3 HRB, 70,3 HRB, dan 70,6 HRB). Pengujian kekerasan *Rockwell* temperatur *tempering* 650 °C maka didapatkan hasil rata-rata yaitu (68,3 HRB, 68,6 HRB, dan 68,6 HRB).

Dari hasil yang telah dijelaskan dengan detail tersebut didapatkan grafik variasi media pendingin yang berbeda yaitu solar, air, dan air garam dengan proses *quenching*, secara umum, hasil pengujian kekerasan secara rata-rata yang didapat terlihat dalam gambar 5 berikut ini.

Gambar 5. Grafik hubungan variasi media pendingin saat *quenching*

Dari grafik diatas dapat dilihat kenaikan pada setiap variasi media pendingin yang disirkulasikan dimana hasil pengujian kekerasan yang terbaik yaitu menggunakan media air garam dengan nilai kekerasan 94,6 HRB, 96 HRB, dan 94,6 HRB. Air garam mendapatkan nilai kekerasan yang terbaik karena air gram memiliki cepat rambat dingin yang lebih cepat dibandingkan dengan media air dan solar, sehingga menghasilkan kekerasan yang paling tinggi.

Dengan hasil yang telah dijelaskan dengan detail tersebut didapatkan grafik temperatur *tempering* 450 °C dengan variasi media yang berbeda yaitu solar, air, dan air garam dengan proses *quenching tempering*, secara umum, hasil pengujian kekerasan secara rata-rata yang didapat terlihat dalam gambar 6.

Dari grafik gambar 6, yaitu pada temperatur *tempering* 450 °C dapat dilihat setiap kenaikan nilai kekerasan yang tertinggi yaitu pada media air garam dengan nilai kekerasan didapat adalah 86,3 HRB, 86,3 HRB, dan 87,3 HRB, dan nilai paling rendah pada media solar yaitu

72,6 HRB, 73 HRB, dan 72,6 HRB. Dan mengalami kenaikan nilai kekerasan dengan variasi air yaitu 83,6 HRB, 82,6 HRB, dan 83 HRB.

Gambar 6. Grafik hubungan variasi temperatur tempering 450 °C

Dari grafik diatas yaitu pada temperatur tempering 450 °C dapat dilihat setiap kenaikan nilai kekerasan yang tertinggi yaitu pada media air garam dengan nilai kekerasan didapat adalah 86,3 HRB, 86,3 HRB, dan 87,3 HRB, dan nilai paling rendah pada media solar yaitu 72,6 HRB, 73 HRB, dan 72,6 HRB. Dan mengalami kenaikan nilai kekerasan dengan variasi air yaitu 83,6 HRB, 82,6 HRB, dan 83 HRB.

Gambar 7. merupakan grafik temperatur tempering 550 °C dengan variasi media yang berbeda yaitu solar, air, dan air garam dengan proses *quenching tempering*, secara umum, hasil pengujian kekerasan secara rata-rata yang didapat terlihat pada gambar dibawah

Gambar 7. Grafik hubungan variasi temperatur tempering 550 °C

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa material AISI 1045 yang telah mengalami proses *quenching tempering* pada air garam memiliki nilai kekerasan yaitu 84,3

HRB, 83,6 HRB, dan 84,6 HRB, pada media air mendapatkan nilai kekerasan yaitu 81,3 HRB, 81,3 HRB, dan 80,6 HRB, dan pada media solar dengan nilai kekerasan yaitu 70,3 HRB, 70,3 HRB, dan 70,6 HRB.

Dengan hasil yang telah dijelaskan dengan detail tersebut didapatkan grafik temperatur tempering 650 °C dengan variasi media yang berbeda yaitu solar, air, dan air garam dengan proses *quenching tempering*, secara umum, hasil pengujian kekerasan secara rata-rata yang didapat terlihat dalam gambar 8. berikut ini

Gambar 8. Grafik hubungan variasi temperatur tempering 650 °C

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa material AISI 1045 yang telah mengalami proses *quenching tempering* pada air garam memiliki nilai kekerasan yaitu 81,3 HRB, 81,6 HRB, dan 82 HRB, pada media air mendapatkan nilai kekerasan yaitu 79 HRB, 79,3 HRB, dan 79,3 HRB, dan pada media solar dengan nilai kekerasan yaitu 68,3 HRB, 68,6 HRB, dan 68,6 HRB.

Data rata-rata keseluruhan pengujian ini dengan proses *quenching* dan spesimen yang *ditempering* dengan temperatur 450 °C, 550 °C, dan 650 °C. secara umum, hasil pengujian kekerasan yang dapat terlihat dalam gambar 9.

Dari grafik gambar 9 memperlihatkan bahwa untuk nilai kekerasan setelah perlakuan *heat treatment* dan melakukan *quenching* pada proses *quenching* nilai kekerasan yang paling tinggi pada media air garam yaitu 95,06 HRB dan yang paling rendah pada media solar yaitu 80,4 HRB. Adapun yang penguji lakukan selanjutnya yaitu proses *tempering*. Dari nilai kekerasan untuk setiap perlakuan pada gambar

22 terlihat untuk suhu *tempering* dari yang terendah (450 °C) sampai yang tertinggi (650 °C) nilai kekerasannya semakin kecil.

Gambar 9. Grafik *quenching* dan perbedaan temperatur *tempering*

Hal tersebut sesuai dengan teori yang menyatakan, Pengaruh suhu penemperan terhadap sifat-sifat baja adalah apabila suhu *tempering* semakin tinggi maka mempunyai sifat kekerasan yang semakin menurun atau nilai kekerasan semakin kecil. Dan dapat dilihat kurva *quenching* dan perbandingan temperatur *tempering* pada gambar dibawah.

Gambar 10. Kurva *quenching* dan perbandingan temperatur *tempering*

Gambar 11. Struktur Baja AISI 1045 Tanpa Perlakuan (*raw material*)

Gambar 11 merupakan hasil pengamatan *metalografi*, diperoleh foto struktur mikro specimen. Dalam hal ini struktur mikro yang diamati meliputi struktur mikro tanpa perlakuan. Struktur mikro pada baja AISI 1045 dapat terlihat pada gambar struktur baja *raw material* belum terjadi fasa *martensit*, yang terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah, *pearlite* (berwarna gelap atau hitam) dengan jumlah struktur berkisar 74 dan *ferrite* jumlah strukturnya berkisar 99 (berwarna terang). Pada temperatur *austenite* mendapat laju pendinginan lambat dengan udara ke temperatur kamar maka struktur yang terbentuk adalah *pearlite*. *Pearlite* merupakan campuran dari *ferrite* dan *sementite*. Pada gambar diatas menunjukkan laju pendinginan lambat sehingga transformasi *austenite* yang terbentuk adalah *pearlite* dan *ferrite*.

Gambar 12. Struktur baja AISI 1045 *Quenching* media air garam pembesaran 200X

Pada gambar 12 adalah struktur mikro pada baja aisi 1045 menggunakan media air garam dan bukaan katup penuh 180° dengan debit aliran 10 Lpm. Pada proses *quenching* menggunakan media air garam dan bukaan katup penuh 180° berhasil meningkatkan nilai kekerasan pada baja dan membentuk struktur *martensit* pada baja AISI 1045 akibat proses pendinginan cepat pada temperatur 800 °C. struktur mikro *ferrit eutectoid* makin sedikit yang terbentuk diperkirakan kecepatan dalam pendinginan. Struktur *martensite* terlihat berwarna putih, berbentuk seperti butiran-butiran, penyebarannya yang hampir menyeluruh menandakan specimen ini bersifat keras dan getas.

Dari gambar 13 berikut terlihat foto struktur mikro specimen. Dalam hal ini struktur mikro

yang diamati meliputi struktur mikro *quenching-tempering*. Setelah proses *quenching* selesai dilanjutkan dengan pemanasan kembali (*tempering*) dengan suhu 650 °C. Sehingga gambar diatas terlihat struktur yang terbentuk adalah *temper martensit* yang tampak garis-garis yang semakin halus lagi berwarna putih dan *pearlite* yang tampak bintik-bintik berwarna hitam dengan matriks *temper martensit* serta *austenite* sisa yang tidak sempat *bertransformasi*. Dengan terbentuknya *temper martensit* yang semakin halus dan sebagian *pearlite* telah menyebar berbentuk bintik halus menyebabkan kekerasannya semakin menurun dan baja mengalami ulet.

Gambar 13. Struktur baja AISI 1045 *tempering* temperatur 650 °C pembesaran 200X

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian mengenai pengaruh temperatur *tempering* dan variasi media pendingin yang disirkulasikan pada proses *quenching* terhadap kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1045 adalah sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan rata-rata maksimum pada proses *quenching* yaitu pada media air garam sebesar 96 HRB
2. Nilai kekerasan pada baja tanpa perlakuan (*raw material*) sebesar 61,33 HRB
3. Media pendingin air dengan bukaan katup penuh mendapatkan nilai kekerasan masing-masing sebesar 89,3 HRB, 89 HRB dan 89,6 HRB
4. Media pendingin air garam bukaan katup penuh mendapatkan nilai kekerasan masing-masing sebesar 94,6 HRB, 96 HRB dan 94,6 HRB
5. Media pendingin solar dengan bukaan katup penuh mendapatkan nilai kekerasan masing-masing sebesar 80,6 HRB, 79,3 HRB dan 81,3 HRB
6. Variasi media yang paling baik yaitu medai air garam karena menghasilkan nilai kekerasan baja dan menghasilkan *martensite* yang banyak
7. Proses *tempering* dari temperatur 450 °C ke temperatur 650 °C mengalami penurunan. Hal tersebut sesuai dengan teori yang menyatakan, Pengaruh suhu penemperan terhadap sifat-sifat baja adalah apabila suhu *tempering* semakin tinggi maka mempunyai sifat kekerasan yang semakin menurun.
8. Laju pendinginan dan *viskositas fluida* mempengaruhi kekerasan suatu baja, karena semakin lambat laju pendinginan dan semakin tinggi *viskositas* maka kekerasan akan semakin tinggi
9. Struktur mikro yang terbentuk proses *quenching* adalah *martensite* lalu setelah proses *temper* struktur mikro menjadi *temper martensite* serta struktur lain yang terbentuk adalah *austenite* sisa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azizi, miftah, 2018. *Pengaruh Suhu Quench Dan Temper Pada Proses Pengerasan Permukaan Baja Aisi 1054*. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- [2] Haryadi, Gunawan Dwi, 2006. *Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja K-460*. Volume 8, no 2 april 2006 hal: 1-8
- [3] Mizar Susri, 2015. *Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Terhadap Variasi Temperatur Tempering Pada Baja Aisi 4104*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Medan
- [4] Mustofa Z, 2016. *Analisa Pengaruh Pendingin Terhadap Kekerasan Bahan Aisi 1045 Pada Proses Heat Treatment*. Universitas Nusantara Persatuan Guru Republik Indonesia. UN PGRI Kediri.
- [5] Nugroho, Sri dan Haryadi, Gunawan Dwi. 2005. *Pengaruh media Quenching Air Tersirkulasi (Circulated Water) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Baja AISI 1045*. Jurnal Rotasi Volume 7

Nomor 1.

- [6] Pranomo, Agus. 2011. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM. Vol. 5. No. 1. April 2011. Hal 32–38. Banten.
- [7] Yusman F, 2018. Pengaruh *Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan Dan Strukur Mikro Baja Aisi 1045*. Universitas lampung. Bandar Lampung.