



ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR DAN MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP TINGKAT KEKERASAN BAJA ST 42 & ST 60 MENGGUNAKAN UJI BRINELL DAN STRUKTUR MIKRO

Kiky Khakiky Ghozali (Mahasiswa), Ismail (Dosen Pembimbing)

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: haki.hakiky46@gmail.com

ABSTRAK

Pengujian kekerasian ialah metodel buat menentukan akibat perlakuan kalor ataupun pendinginan atas materilal iyang sudah mengaliami perlakuan kalor serta perlakuan pendinginan bisa membuktikan periumaterial kekulatan dengian menilai kekierasan perimukaan materilal. Atas pengujian lini memakai materilal iST 142 serta SiT 160 dimanal materilal lini kebanyakan dipakai pada kontruksil- kontruksil lalat berati serta ploros. Perumusian masalah padla pengkajian lini yakni mengetahui seberapa besar penigaruh piroses haridening padal masingi – masingi ispesimen. Pengujian lini dilakukan dengian masingi-masingi materilal dengian total 19 sampel, ukuran Ø 301 mim serta panjang 120 mim atas setilap sampel bakal diluji panasi atas temperatur beribeda yakni 8501°C memakai pendinginan lair, 9501°C memakai pendinginan loli SAIE10, serta 10501°C memakai pendinginani ludara. kemudian sampel terisebut bakal diluji kekerasainya melalui luji birinell memakai lindentor biola atas dilameter 12,5 mim sehinggal bisa mengetahui perilaku iyang akurat buat memperoleh sifati materilal iyang sesuai dengian kebutuhani khususnya pada kontruksi lalat bierat. Padla pengujian keras ini dilanjutkan dengan uji struktur mikro. Demikian penelitian diperoleh bahiwa medila pendingin iyang menghasilkan nilai kekerasani paling tinggi dari piroses perilaku kalor ialah media pendingin paduan lair SiT 142 sejumlah 1585,8 kgi/mm^2 .

Kata kunci: *Hardening, Quencing, Holding time*

ABSTRACT

Hardness testing is a method for determining the effect of hot or cold treatment on materials that have undergone heat treatment and cold treatment can show the change in material strength by measuring the surface hardness of the material. In this test using ST 42 and ST 60 materials where these materials are commonly used in the construction of heavy equipment and shafts. The formulation of the problem in this study is to find out how much influence the hardening process has on each specimen. This test was carried out with each material with a total of 9 specimens, size Ø 30 mm and length 20 mm on each object to be tested heat at different temperatures, namely 850 °C using water cooling, 950 °C using oil cooling SAE 10, and 1050°C using air cooling. Furthermore, the object will be tested for hardness by testbrinell using a spherical indenter with a diameter of 2,5 mm so that you can find out the right treatment to get material properties that suit your needs, especially in heavy

equipment construction. This hard test is followed by a microstructure test. This hard test is followed by a microstructure test. Thus the study obtained that the cooling media that produces the highest hardness value from the heat treatment process is ST 42 water mixture cooling media of 585.8 kg / mm².

Keywords: *Hardening, Quencing, Holding time*

PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang banyak digunakan dalam kegiatan sektor perindustrian. Pada kondisi operasi atau penggunaannya, baja telah diketahui memiliki sifat mekanik tertentu seperti kekerasan. Sifat mekanik tersebut dapat diperbaiki dengan melakukan beberapa proses perlakuan yaitu perlakuan panas dan perlakuan dingin.

Pengujian kekerasan ialah pengujian yang amat efektif sebab dengan pengujian ini dengan gampang bisa mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Walaupun pengukuran cuma dilakukan pada suatu titik, ataupun wilayah definit aja, angka kekerasan valid buat membuktikan kekuatan suatu material. Dengan melaksanakan pengujian keras, material bisa dengan gampang digolongkan sebagai material ulet ataupun getas.

Pengujian kekerasan ialah salah satu metode buat mengetahui pengaruh perlakuan kalor ataupun pendinginan terhadap material. Material yang sudah mengalami perlakuan kalor serta pendinginan bisa diketahui gambaran perumaterial kekuatannya, dengan mengukur kekerasan permukaan suatu material. Setelah dilakukan pengujian struktur mikro pada sampel.

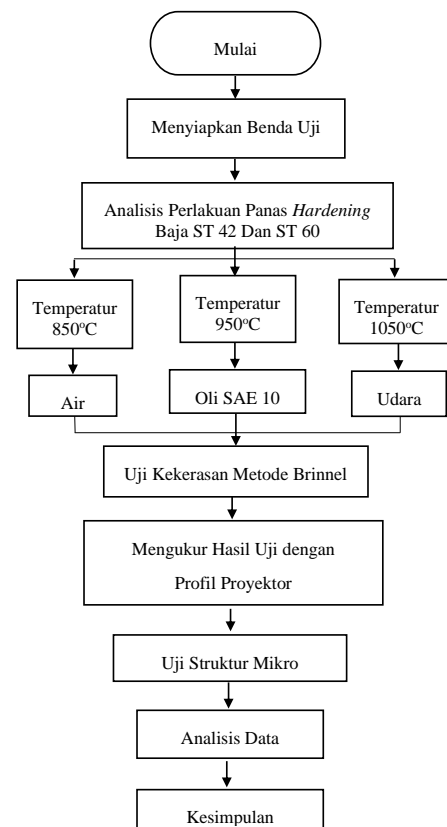
Oleh sebab itu, dengan uji keras dapat dengan mudah melakukan quality control terhadap material. Dengan heat treatment kita bisa menaikkan ataupun menurunkan sifat-sifat dari logam sesuai dengan keperluan bakal sifat mekanik logam

tersebut yang diperlukan. Buat materi al menjadi lebih lunak butuh dilakukan proses heat treatment yang benar. Buat proses annealing ialah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan buat merubah sifat material menjadi lebih lunak.

Sehingga juru tulis mengambil judul pengkajian “ Analisis Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Tingkat Kekerasan Baja ST 42 dan ST 60 Menggunakan Uji Brinell dan Struktur Mikro”.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan Dari Diagram alir:

- Mulai
 - Mempersiapkan alat yang dipakai
- Menyiapkan benda uji S T 42, S T 60
 - Memersiapkan 9 sampel masing-masing bahan yang bakal di uji dengan ukuran \emptyset 30 mm x 20 mm
- Analisis perlakuan kalor Hardening Baja S T 42 serta S T 60
 - Sampel dipanaskan dengan temp 850°C, 950°C, serta 1050°C dengan memakai tungku pemanas heat treatment.
- Holding time selama 15 menit
 - Setelah mencapai temp 850°C, 950°C, serta 1050°C. Kemudian menahan temp selama 15 menit
- Pendinginan Baja S T 42 serta S T 60.
 - Selanjutnya melakukan pendinginan pada baja S T 42 serta S T 60 yang sudah dipanaskan memakai air buat sampel bertemp 850°C, memakai oli SAE 10 buat sampel bertemp 950°C, memakai udara buat sampel bertemp 1050°C.
- Uji kekerasan dengan metode Brinell
 - Sesudah melakukan pendinginan maka dapat melakukan pengujian kekerasan pada baja S T 42 serta S T 60 dengan mesin gnehm hor gen o.m 150 memakai indenter bola dengan diameter 2,5 mm.
- Mengukur Hasil Uji dengan Profil Proyektor
 - Setelah melakukan pengujian kemudian dilakukan pengukuran dengan profil proyektor diperbesar 20x buat mengetahui data perbandingan kekerasan pada mesin.

➤ Uji Struktur mikro

- Pengujian metalografi dimanfaatkan untuk mengamati struktur mikro menggunakan mikroskop pembesaran yang dipilih yaitu 300x
- Analisis Data
 - Kemudian dilakukan Analisis data dengan melihat bagan yang ada pada mesin carson model MOPA O3 buat mengetahui nilai-nilai kekerasan sebagai bahani perbandingan.
- Kesimpulan
 - Setelah melakukan pengolahan data dari hasil pengujian maka bisa disimpulkan pengujian yang sudah dilakukan.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen, yaitu jenis penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data primer di laboratorium dan menggunakan perlakuan (treatment). Penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang dikendalikan (Sugiyono, 2010:107). Pada penelitian ini suatu kelompok dikenakan perlakuan tertentu kemudian dilakukan pengukuran untuk mengetahui nilai kekerasan.

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas :
 - Holding time 15 menit
2. Variabel tetap :
 - Proses hardening
 - Material Baja S T 42, S T 60
 - Suhu 850°C, 950°C, & 1050°C
 - Media pendingin air, oli SAE 10, serta udara
 - Menggunakan larutan etsa yaitu mital 2%
 - Menggunakan perbesaran 300x

3. Variabel terikat:

- Perubahan kekerasan
- Perbandingan Struktur Mikro

3.3.1 Tempat

Perlakuan *heat treatment* serta uji kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang.

3.3.2 Waktu

- Waktu pelaksanaan *heat treatment* dan uji kekerasan dilaksanakan tanggal 10 Maret 2023 – 13 Maret 2023
- Waktu pelaksanaan Uji Mikro dilaksanakan tanggal 3 November 2023

Alat dan Bahan

Alat Yang Digunakan

1. Kawat kecil 2 meter.



Gambar 3.1 Kawat

2. Tang kom binasi.



Gambar 3.2 Tang Kombinasi

3. Dapur pemanas (*furnace*).



Gambar 3.3 Dapur Pemanas *Warmebau Hofmann*

4. Tongkat pancing benda buat memin dahkan sampel benda

5. Alat uji kekerasan

Alat uji Kekerasan (*Hardness*) yang dipakai dalam pengkajian ini ialah mesin *carson* model MOPA O3.



Gambar 3.4 Alat Uji Kekerasan *Brinell Carson* Model MOPA O3



Gambar 3.5 Profil Proyektor

6. Ragum.



Gambar 3.6 Ragum

7. Jangka sorong ABS Digimatic Caliper Mitutoyo.



Gambar 3.7 Jangka Sorong

8. Tempat gantung sampel

9. Tipex



Gam bar 3. 8 Tipex

10. Mesin Amplas dan Amplas



Gam bar 3. 9 Amp las

Amp las ini dipakai buat menghaluskan sampel dari ukuran 800, 1000,1200, 1500.

11. Autosol



Gambar 3. 10 Autosol

Autosol dengan tujuan untuk membersihkan, mengkilapkan, dan mencegah korosi pada baja yang akan diamati yaitu ST 42 dan ST 60

13. Cairan Etsa



Gambar 3. 11 Mital 2%

Cairan Etsa yang digunakan yaitu mital 2% karena masuk baja karbon rendah dengan tujuan agar dapat mengikis specimen agar terlihat jelas ketika akan di foto mikro.

14. Mikroskop



Gambar 3. 12 Mikroskop *Olympus B2*

Bahan Yang Digunakan

1. Ben da Uji (S T 42 serta S T 60) m asing-masing ber jumlah 9 sampel deng an ukuran Ø 30mm serta Pan jang 20mm
2. Medi a Pen dingin (a ir, oli SA E 10, serta udara)

P rosedur Peneliti an

Persi apan Sampel

- a) Menyiap kan ben da uji S T 42 serta S T 60 den gan jum lah 9 sampel d engan lukuran Ø 30mm serta pan jang 20 mm den gan mem beri tan da memakai tipe-x pada sam ping sampel.
- b) Kemudi an mengik at ben da ker ja den gan kawat kecil satu per-satu

P roses he at tre atment pada baja S T 42 serta S T 60 Percoba an I

- a) Mem buka dapur pemanas .
- b) Memasukan ben da ker ja sampel deng an per lakuan temperatur 1050 diletak kan p aling dal am. temperatur 950 diletakkan ditengah serta temperatur 850 diletak kan dip aling depan agar mudah dikeluar kan ketika s udah mencapa i temperaturnya.

Berikut peletak an sampel pada dapur pemanas supaya efektif ketika di ambil.

1050 °C	ST 42 Udara	ST 60 Udara
950 °C	ST 42 Oli	ST 60 Oli
850 °C	ST 42 Air	ST 60 Air

- c) Menghidup kan dapur pemanas .

- d) Mengarah kan temp 850°C serta setel ah mencapa i temp ter sebut hol ding time selama 15 m enit.
 - e) Kemudi an mengam bil sampel S T 42 & S T60 p aling d epan memakai tong kat pan cing buat pen dinginan air dengan gerak an angka delap an supaya pen dinginan merata , setel ah itu meletakan nya di tempat gan tung sampel.
 - f) Kemudi an mengatur kem bali pada temperatur 950°C serta setel ah mencapa i temperatur ter sebut hol ding time selama 15 m enit.
 - g) Kemudi an mengam bil sampel teng ah memakai tong kat pan cing buat pendingin an oli SA E 10 d engan gera kan angka delap an supaya pendingin an mer ata, setelah itu meletakan nya ditem pat gan tung sampel.
 - h) Mengarah kan temperatur 1050°C serta selanjutnya mencapa i temperatur ter sebut holiding time 15 me nit.
 - i) Kemudi an mengam bil sampel palin g d alam memakai tong kat pan cing buat pen dinginan udara serta meletakan nya di tem pat gan tung sampel.
 - j) Setelah sampel din gin am plas per mukaan ben da ker ja memakai am plas halus .
- c) Menghudup kan dapur pemanas .
 - d) Mengarah kan temperatur 850°C serta setelah mencapa i temp ter sebut hol ding time selama 15 me nit.
 - e) Kemudi an mengam bil sampel S T 42 serta S T60 p aling depan memakai tong kat pan cing buat pen dinginan a ir den gan gerak an ang ka delapan buat pen dinginan merata , setelah itu meletakan nya ditempat gan tung s pesimen.
 - f) Kemudi an mengatur kem bali pada temparatur 950°C serta setelah mencapa i temperatur ter sebut hol ding time selama 15 m enit.
 - g) Kemudi an mengam bil sampel teng ah memakai tong kat pan cing buat pen dinginan oli SA E 10 d engan gera kan angka delapa n supaya pen dinginan merata , setelah itu meletakan nya ditem pat gan tung sampel.
 - h) Mengarah kan temperatur 1050°C serta setelah mencapa i temperatur ter sebut holding time 15 menit .
 - i) Kemudi an mengam bil sampel p aling d alam memakai tong kat pan cing buat pen dinginan udara serta meletakan nya di tempat gan tung sampel.
 - j) Setelah sampel din gin am plas per mukaan ben da ker ja memakai am p las h alus.

P roses *he at tre atment* pada baja S T 42 & S T 60 Percoba an I I

- a) Mem buka dapur pemanas .
- b) Memasukan ben da ker ja sampel den gan per lakuan temp 1050 diletak kan paling dalam .temp 950 di letak kan ditengah serta temp 850 diletak kan dipaling depan supaya mudah dikeluar kan ketika suidah men capai temperaturnya. Berikut peletakan sampel pada dapur pemanas supaya efektif ketika di ambil.

1050 °C	ST 42 Udara	ST 60 Udara
950 °C	ST 42 Oli	ST 60 Oli
850 °C	ST 42 Air	ST 60 Air

P roses *he at tre atment* pada baja S T 42 & S T 60 Percoba an I II

- a) Mem buka d apur pema nas.
- b) Memasuk an ben da ker ja sampel den gan per lakuan temperatur 1050 diletak kan p aling dal am.temp 950 di letak kan ditengah serta temp 850 diletak kan dipaling depan supaya mudah dikeluar kan ketika s udah men capai temperaturnya. Berikut peletak an sampel pada dapur pemanas supaya efektif ketika diam bil.

1050 °C	ST 42 Udara	ST 60 Udara
950 °C	ST 42 Oli	ST 60 Oli
850 °C	ST 42 Air	ST 60 Air

- c) Menghidupkan dapur pemanas .
- d) Mengarah kan temp ke 850°C serta setelah men capai temp ter sebut hol ding time selama 15 me nit.
- e) Kemudi an mengam bil sampel S T 42 serta S T60 p aling depan memakai tong kat pan cing buat pen dinginan air den gan gerakan angka delapan supaya pen dinginan merata , setelah itu meletakan nya ditem pat g antung sampel.
- f) Kemudi an mengatur kem bali pada temperatur 950°C serta setelah men capai temp ter sebut hol ding time selama 15 menit .
- g) Kemudi an mengam bil sampel teng ah memakai tong kat pan cing buat pen dinginan oli SAE 10 dengan gerakan angka delapan agar pendinginan merata, setelah itu meletakan nya ditem pat gantung sampel.
- h) Mengarah kan temperatur 1050°C serta s etelah men capai temp ter sebut hol ding time 15 menit .
- i) Kemudi an mengam bil sampel p aling d alam memakai tong kat pan cing buat pen dinginan udara serta meletakan nya di tempat gan tung sampel.
- j) Sete lah ben da d ingin am plas per mukaan ben da kerj a memaka i am p las h a lus.

Penguji an Kekeras an Metode Brinel l

1. Menyiap kan sampel y ang su dah diamp las permuka annya serta pas tikan permuka an sampel rata sehing ga jejak uji kekeras an nam pak jelas serta tak merusak injector.

2. Mengam bil indentor Brinel l dengan bola baja Ø2,5 mm.
3. Kemudi an memas ang indentor pada mesin uji. (pas tikan tak g oyang)
4. Lalu kencang kan indentor.
5. Meletak kan sampel pada bidang uji, putar tu as serta memastik an kaki injector tepat pada b idang sampelnya.
6. Selanjut nya set ting dengan bebain 187,5 kg pada tu as kan an deng an cara mem utar.
7. Memin dahakan posisi 1 ke 2 yakni proses penem patan injectior kedal am sampel per lahan serta pas tikan tak menyang kut.
8. Memindah kan posisi 2 ke 3 yakni p roses pem bebanan minor .
9. Selanjut nya memindah kan posisi 3 ke 4 yakni p roses pem bebanan major selama 15l d etik.
10. Kemudi an mengem balikan posisi 4 ke posisi 1 de ngan memutar balik seper ti sem ula.
11. Kemu di an melepas sampel serta m elihat jejak Brinel l pada p rofil p rojektor.
12. Menghidup kan mesin p rojec tor, lalu letak kan sampel.
13. Menyet ting den gan pem besaran 20x.
14. Kemudi an meng ukur memakai jang ka s orong digital deng an meng ukur 2 sisi di ameter secara h orizonal serta ver tical pada layar p rofil p rojektor.
15. Setelah didapat kan hasil penguk ura n di ameter du a sisi maka dihitu ngi den gan mengam bil nilai rata-rata serta mem bagi den gan s kala p rofil pem besaran yakni 20x.
16. Selanjuti nya menen tukan kekeras an den gan mencocok kan data pada tabel m esin.
17. Uji kekeras an dilakuk an pada sampel A1-C3 serta D1-F3 secara ber gantian.
18. Penguji an selesa i.

19. Mesin dimatikan.

Analisis Data

Pada uji kekerasan memakai metode uji brin nel deng an rumus sebaga i berikut :

- 1) Menentukan di ameter rata -rata ter lebih dahulu d engan rumus persama an sebaga i berikut

$$= \frac{\text{Diameter rata – rata}}{\text{Diameter sisi vertical}} = \text{Diameter sisi horizontal}$$

- 2) Menentukan diameter lekukan dengan rumus persama an seperti dibawah

$$= \frac{\text{Diameter Lekukan}}{\text{Diameter rata – rata}} = \text{Skala Profil Pembesaran}$$

Buat mengetahui kekerasan maka dilakukan pengamatan di ameter lekukan yang bisa dicocokkan pada data tabel yang berada di mesin uji yakni :



Gambar 3. 13 Angka Brinell

Tabel Penentuan Di ameter rata-rata

	ST 42			ST 60		
Air	A1			D1		
	A2			D2		
	A3			D3		
Oli	B1			E1		
	B2			E2		
	B3			E3		
Udara	C1			F1		
	C2			F2		
	C3			F3		

Tabel 3. 1 Con toh Tabel Di ameter Rata-Rata

Tabel Penentuan Di ameter L ekukan

$$\frac{\text{Diameter Lekukan}}{\text{Diameter rata – rata}} = \text{Skala Profil Pembesaran}$$

	ST 42			ST 60		
Air	A1			D1		
	A2			D2		
	A3			D3		
Oli	B1			E1		
	B2			E2		
	B3			E3		
Udara	C1			F1		
	C2			F2		
	C3			F3		

Tab el 3. 2 Cont oh Tab el Di ameter Leikukan

Tab el Penen tuan Data Hasil Uji Keras

Baja ST 42				
Suhu	Pendinginan	Spesimen	Nilai	HBN
850°C	Air			
950°C	Oli SAE 10			
1050°C	Udara			
Baja ST 60				
Suhu	Pendinginan	Spesimen	Nilai	HBN
850°C	Air			
950°C	Oli SAE 10			
1050°C	Udara			

Tab el 3. 3 Con toh Tabel Data Uji Keras

Dari data Analisis maka bisa diperoleh perbandingan kekerasan yang dibutuhkan, sehingga bisa menentukan perlakuan baja ST 42 serta ST 60 yang mana bakal dipakai sehingga produk yang diperoleh maksimal. Cel yang kosong pada tabel tersebut diisi dengan data hasil pengujian, hasil perhitungan diameter, perhitungan lekukan kekerasan material dari 3 material kemudian di bagi menjadi 1 sehingga ketemu nilai-rata ratanya. Dari hasil perhitungan tadi akan di ambil kesimpulan yang mana hasil akhir dari pengujian ini

Uji Struktur Mikro

Langkah – langkah pengujian foto mikro adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengamplasan dengan tingkat kekasaran bertahap yaitu amplas 800, 1000, 1200, 1500 menggunakan mesin amplas.



Gambar 3. 14 Proses Amplas

2. Melakukan pemolesan dengan kain yang telah diberi autosol pada sisi

yang akan diamati.



Gambar 3. 15 Pegolesan menggunakan Autosol

3. Mengolesi permukaan yang akan diamati menggunakan cairan etsa yaitu mital 2% dengan tujuan agar dapat mengikis specimen agar terlihat jelas ketika akan di foto mikro.



Gambar 3. 16 Proses Etsa

4. Mengamati struktur mikro menggunakan mikroskop digital dengan pembesaran 300x. Dengan langkah sebagai berikut :

- a. Meletakkan mikroskop digital di tempat yang datar serta kuat.
- b. Menyalakan komputer serta menyambungkan USB dari mikroskop ke PC.
- c. Memasukkan lampu LED serta sambungkan ke listrik.
- d. Menyalakan lampu LED dan atur sesuai dengan kebutuhan.
- e. Meletakkan baja ke meja reparat. Kemudian objek diletakkan di sinar yang masuk. Dan pilih lensa obyektif empat kali lebih dulu.

- f. Menjalankan software aplikasi mikroskop digital.
- g. Memutar fokus kasar hingga gambar yang muncul pada monitor fokus.
- h. Menyimpan gambar yang terekam pada kamera dan terlihat di dalam monitor simpan di tombol simpan



Gambar 3. 17 Proses Pengamatan Struktur Mikro

HASIL DAN PEMBAHASAN

- a. Pengujian *Hardness*

Pengujian *hardness* ini dilakukan di lab. teknik mesin POLINEMA.

Adapun material yang dipakai ialah baja ST 42 & ST 60 dengan Ø30 mm serta panjang 20 mm. Pengujian ini memakai alat uji *hardness* Brinell. Indentor yang dipakai pada saat pengujian adalah bola baja. Pengambilan data yakni dengan mengamati 1 titik tiap sampel.

- b. Spesimen Baja ST 42 serta ST 60

Berikut ini ialah gambar sampel pengujian kekerasan sebelum dilakukan proses perlakuan kalor yang sedang dipaparkan (Furnace)

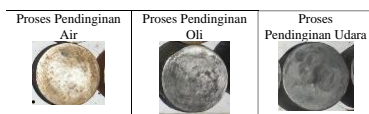


Gambar 4. 1 Dapur Pemanas

- c. Sampel baja ST 42 serta ST

60 mengalami perlakuan panas *hardening* Di bawah ini ialah gambar sampel baja ST 42 serta ST 60 pada saat mengalami perlakuan panas *hardening* pada suhu 850°C, 950°C, 1050°C serta ditahan selama 15 menit.

d. Pendinginan sampel Setelah mengalami perlakuan kalor *hardening* baja ST 42 serta ST 60 kemudian didinginkan memakai media pendingin air pada perlakuan temp 850°C, oli pada perlakuan temp 950°C, serta udara pada perlakuan temp 1050°C. Di bawah ini adalah gambar pendinginan sampel memakai media air, oli,serta udara:



Gambar 4. 2 Proses Pendinginan Sampel

e. Sampel Pengujian *Hardness* Buat pengambilan data pada pengujian *hardness* per lu dilakukan berulang kali untuk mendapatkan hasil yang lebih baik minimal memiliki 3 kali percobaan.

f. Berikut ini gambar pengujian kekerasan. Pada pengujian ini dilakukan 1 titik pengambilan data pada setiap specimen dititik tengah specimen. Hasil Pengujian *Hardness*



Gambar 4. 3 Alat Uji Kekerasan Spesimen

g. Data Hasil Pengujian *Hardness* Perlakuan Panas *Hardening*

Di ameter rata-rata

	ST 42		ST 60	
Air	A1	12,72	D1	17,53
	A2	12,56	D2	17,49
	A3	12,61	D3	17,51
Oli	B1	26,77	E1	18,79
	B2	23,40	E2	18,60
	B3	23,21	E3	18,91
Udara	C1	26,77	F1	22,49
	C2	26,81	F2	22,53
	C3	26,70	F3	22,45

Tabel 4. 1 Hasil Di ameter Rata-Rata

Berdasarkan informasi yang tertera pada tabel tersebut, pengambilan data diameter rata-rata dilakukan dengan cara mengukur baik diameter horizontal maupun diameter vertikal dari suatu objek. Kemudian, kedua ukuran tersebut dijumlahkan dan dibagi untuk mendapatkan nilai rata-rata diameter. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi apabila indenter pada pengujian *brinell* tidak memberikan jejak yang merata pada permukaan yang diuji. Dengan mengetahui data diameter rata-rata maka selanjutnya dapat dilanjutkan untuk pengujian selanjutnya.



Gambar 4. 4 Indentasi Bola Baja

Diameter Lekukan

Diameter lekukan digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan baja dengan melihat acuan pada tabel mesin uji kekerasan. Berikut contoh perhitungan diameter lekukan ST 42 dengan media pendingin air spesimen A1:

Diameter Lekukan

$$= \frac{\text{Diameter rata – rata}}{\text{Skala Profil Pembesaran}}$$

$$\text{Diameter Lekukan} = \frac{12,72}{20}$$

$$\text{Diameter Lekukan} = 0,64$$

	ST 42		ST 60	
Air	A1	0,64	D1	0,88
	A2	0,64	D2	0,87
	A3	0,63	D3	0,88
Oli	B1	1,16	E1	0,94
	B2	1,17	E2	0,93
	B3	1,16	E3	0,96
Udara	C1	1,34	F1	1,13
	C2	1,34	F2	1,13
	C3	1,33	F3	1,12

Tabel 4. 2 Hasil Di ameter L ekukan

Data diameter lekukan digunakan untuk mencari data selanjutnya yaitu data hasil uji kekerasan. Berikut contoh perhitungan uji kekekrasan pda baja ST 42 spesimen A1 perlakuan dingin menggunakan air: Data perhitungan kekerasan kemudian dihitung untuk mencari nilai tengah hasil perlakuan pemanasan dan pendinginan. Contoh perhitungan baja ST 42 spesimen A1, A2, dan A3 dengan pendingin air:

Data perhitungan kekerasan kemudian dihitung untuk mencari nilai tengah hasil perlakuan pemanasan dan pendinginan. Contoh perhitungan baja ST 42 spesimen A1, A2, dan A3 dengan pendingin air:

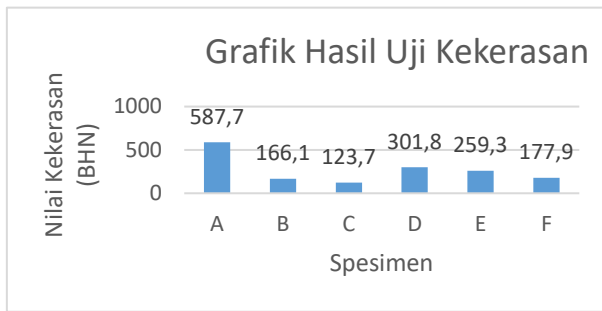
Data Hasil Uji Keras

Baja ST 42				
Suhu	Pendinginan	Spesimen	Nilai	HBN
850°C	Air	A1	574,6	587,7
		A2	594,2	
		A3	594,2	
950°C	Oli SAE 10	B1	167,2	166,1
		B2	163,8	
		B3	167,2	
1050°C	Udara	C1	123,0	123,7
		C2	123,0	
		C3	125,0	
Baja ST 60				
Suhu	Pendinginan	Spesimen	Nilai	HBN
850°C	Air	D1	299,4	301,8
		D2	306,6	
		D3	299,4	
950°C	Oli SAE 10	E1	261,0	259,3
		E2	267,0	
		E3	249,8	
1050°C	Udara	F1	176,8	177,9
		F2	176,8	
		F3	180,2	

Tabel 4. 3 Data Hasil Uji Keras

Tabel di atas merupakan nilai dari hasil uji kekerasan yang telah dilakukan memakai alat uji hardness brinell. Media yang digunakan berupa air, oli, dan udara. Baja ST 42 dan ST 60 tersebut telah didinginkan dengan variasi pendingin, pembentukan perlit dan/atau bainit berakibat ke selain kombinasi sifat-sifat mekanik terbaik. Selama pendinginan cepat tidak mungkin lajunya seragam, pada permukaan selalau lebih cepat dingin dari pada bagian dalamnya. Oleh karenanya, autensit bertransformasi dalam rentang temperaturnya, hasilnya berkemungkinan bervariasi sifat dan struktur mikronya dengan posisi di dalam specimen. Berdasarkan variasi media pendinginnya, kekerasan dan struktur mikro menjadi berbeda disebabkan perbedaan kecepatan pendinginan sesuai dengan media pendingin yang digunakan

Pembahasan Uji Kekerasan Dari tabel hasil pengujian kekerasan selanjutnya dimasukkan ke dalam grafik seperti di bawah ini:



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji Kekerasan

Keterangan :

Sampel A = Baja S T 42 A ir

Sampel B = Baja S T 42 Oli

Sampel C = Baja S T 42 Udara

Sampel D = Baja S T 60 A ir

Sampel E = Baja S T 60 Oli

Sampel F = Baja S T 60 Udara

Dari grafik yang diperolehi di atas bisa menunjukkan bahwa proses pendinginan air jauh lebih tinggi angkanya ini menunjukkan bahwa pendinginan air jauh lebih keras dari pada pendinginan lainnya, proses hardening dengan pendinginan air bisa menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi pada logam dibandingkan dengan memakai oli ataupun udara sebab pendinginan air mempunyai kemampuan pendinginan yang lebih cepat serta lebih intensif, waktu baja direndam dalam air, temperturnya menurun dengan cepat serta membuat struktur kristal yang lebih kecil dan rapat, yakni martensit. Pemilihan media pendinginan tergantung kebutuhan kekerasan serta sifat-sifat mekanik yang diinginkan pada baja.

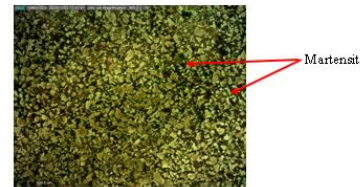
h. Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro ini bertujuan untuk mendapatkan foto-foto struktur mikro material (micro structure material). Pada pengujian ini tiap-tiap spesimen diambil satu daerah

pemotretan. Daerah hasil pemotretan (foto struktur mikro) spesimen yang telah dilakukan proses hardening dengan variasi suhu dan media pendingin dengan holding time selama 15 menit

Dalam penelitian ini pengambilan foto-foto struktur mikro dilakukan dengan perbesaran 300 kali pada saat proses pengambilan gambar. Pemotretan ini dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang.

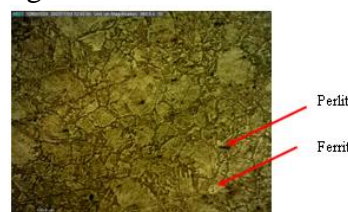
Hasil uji struktur mikro ST 42 menggunakan media pendingin air



Gambar 4. 6 Struktur Mikro ST 42 Pendinginan Media Air

Gambar menunjukkan bentuk struktur mikro spesimen ST 42 dengan heat treatment pada suhu 850°C holding time selama 15 menit kemudian quenching dengan media air. Foto mikro menggunakan perbesaran 300X, Dari hasil proses hardening dengan media pendingin air terlihat daerah martensit, sedangkan daerah ferrit pada spesimen pendinginan air 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.

Hasil uji struktur mikro ST 42 menggunakan media pendingin oli



Gambar 4. 7 Struktur Mikro ST 42 Pendinginan Media Oli

Gambar menunjukkan bentuk struktur mikro spesimen ST 42 dengan heat treatment pada suhu 950°C holding time selama 15 menit kemudian quenching dengan media oli. Foto mikro dengan perbesaran 300X sampel heat treatment dengan media pendingin oli. Sampel dengan pendinginan oli juga masih menghasilkan kandungan ferrit serta perlit pada pemanasan 950°C. Pada ferrit yang merupakan larutan padat dari atom-atom pada karbon murni yang memiliki sel-sel kubus serta mempunyai sifat-sifat liat serta lunak. Perlit merupakan senyawa eutectoid yang sebenarnya tersusun dari fasa simen tit serta ferrit yang tersusun dalam bentuk lapisan-lapisan halus yang mempunyai sifat kuat serta cukup keras. Sehingga kekerasan media oli pada ST 42 lebih keras daripada media udara.

Hasil uji struktur mikro ST 42 menggunakan media pendingin udara

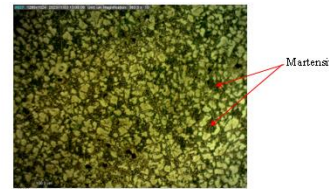


Gambar 4. 8 Struktur Mikro ST 42 Pendinginan Media Udara

Gambar menunjukkan bentuk struktur mikro spesimen ST 42 dengan heat treatment pada suhu 1050°C holding time selama 15 menit kemudian quenching dengan media udara. Foto mikro dengan perbesaran 300X heat treatment dengan media pendingin udara. Dari hasil proses hardening dengan media pendingin udara menunjukkan bahwa material tersebut mempunyai struktur mikro perlit serta ferrit. Dimana pada struktur tersebut terlihat bahwa perlit yang paling mendominasi pada sampel tersebut. Dimana terlihat struktur mikro perlit serta ferrit yang besar serta

kasar hal itu menyebabkan tingkat kekerasan pada sampel tersebut paling lunak dari sampel dengan media pendingin lainnya serta sampel aslinya.

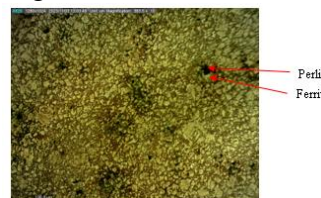
Hasil uji struktur mikro ST 60 menggunakan media pendingin air



Gambar 4. 9 Struktur Mikro ST 60 Pendinginan Media Air

Gambar menunjukkan bentuk struktur mikro spesimen ST 60 dengan heat treatment pada suhu 850°C holding time selama 15 menit kemudian quenching dengan media air. Foto mikro menggunakan perbesaran 300X, Dari hasil proses hardening dengan media pendingin air terlihat daerah martensit, sedangkan daerah ferrit pada sampel pendinginan air telah memudar serta berganti dengan martensit. Perubahan itu terjadi karena terjadinya pendinginan secara cepat sehingga ferrit yang bertiransformasi menjadi austenit pada pemanasan bakal bertransformasi menjadi martensit. Perihal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada sampel ini cukup tinggi.

Hasil uji struktur mikro ST 60 menggunakan media pendingin oli



Gambar 4. 10 Struktur Mikro ST 60 Pendinginan Media Oli

Gambar menunjukkan bentuk struktur mikro spesimen ST 60 dengan heat treatment pada suhu 950°C holding time selama 15 menit kemudian quenching dengan media oli. Foto mikro dengan perbesaran 300X sampel

heat treatment dengan media pendingin oli. Sampel dengan pendinginan oli juga masih menghasilkan kandungan ferit serta perlit pada pemanasan 950°C . Pada ferit yang merupakan larutan padat dari atom-atom pada karbon murni yang mempunyai sel-sel kubus serta memiliki sifat-sifat liat serta lunak. Perlit merupakan senyawa eutectoid yang sebenarnya tersusun dari fasa simenit serta ferit yang tersusun dalam bentuk lapisan halus yang memiliki sifat kuat serta cukup keras. Sehingga kekerasan media oli pada ST 60 lebih keras daripada media udara.

Hasil uji struktur mikro ST 60 menggunakan media pendingin udara



Gambar 4. 11 Struktur Mikro ST 60 Pendinginan Media Udara

Gambar menunjukkan bentuk struktur mikro spesimen ST 60 dengan heat treatment pada suhu 1050°C holding time selama 15 menit kemudian quenching dengan media udara. Foto mikro dengan perbesaran 300X heat treatment dengan media pendingin udara. Dari hasil proses hardening dengan media pendingin udara menunjukkan bahwa material tersebut mempunyai struktur mikro perlit serta ferit. Dimana pada struktur tersebut terlihat bahwa perlit yang paling mendominasi pada sampel tersebut. Dimana terlihat struktur mikro perlit serta ferrit yang besar serta kasar perhal itu menyebabkan tingkat kekerasan pada sampel tersebut paling lunak dari sampel dengan media pendingin lainya serta sampel aslinya.

I. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka bisa disimpulkan

bahwa: Variasi media pendingin pada proses quenching berpengaruh terhadap nilai kekerasan, diantaranya:

- Nilai kekerasan yang didapat dari hasil pengujian kekerasan sampel raw material ST 42 serta ST 60.
- Nilai kekerasan pada media pendingin air ST 42 yakni sebesar $585,864\text{kg/mm}^2$.
- Nilai kekerasan pada media pendingin cam puran air lebih tinggi dari material keduanya serta yang paling tinggi nilai kekerasannya $585,8\text{kg/mm}^2$.
- Struktur mikro pada baja karbon rendah yang terbentuk ialah perlit serta ferit. Buat struktur mikro dengan media pendingin air yang terbentuk ialah martensit. pendinginan secara cepat sehingga ferit yang bertransformasi menjadi austenit pada pemanasan bakal bertransformasi menjadi martensit. Perihal ini menyebabkan tingkat kekerasan pada kedua sampel ini cukup tinggi. Buat struktur mikro pada sampel dengan media pendingin udara yang terbentuk ialah perlit dan ferit, serta buat sampel dengan media pendingin oli SAE 10 yang terbentuk ialah perlit serta ferit. Tapi dibandingkan dengan sampel yang mengalami pendinginan dengan media udara maka sampel dengan pendinginan oli lebih keras. Ini terjadi karena media pendingin oli lebih cepat didinginkan dengan pendingin udara.

Berdasarkan uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa media pendingin yang menghasilkan nilai kekerasan paling tinggi dari proses perlakuan panas ialah media pendingin cam puran air ST 42 sejumlah $585,8\text{ kg/mm}^2$. Nilai yang dimiliki oleh masing-masing materi al

den gan pen dinginan a ir ja uh lebih ting gi dari pada pen diginan d engan oli atau d engan udara b ebas.

5.2 Saran

Agar penelitian selanjutnya dapat memperoleh hasil yang lebih baik, penulis memberikan saran sebagai berikut:

- a. Tujuan perlakuan panas dapat dicapai sesuai dengan karakteristik bahan dan jenis perlakuannya. Jenis pengolahannya sangat dipengaruhi oleh suhu panas yang ditentukan oleh kandungan karbon dan unsur lainnya.
- b. Dimensi benda uji disesuaikan dengan kemampuan alat uji. Memanaskan spesimen di dapur memerlukan waktu penahanan. Saat mendingin dalam penangas minyak, ia dicelupkan secara tegak lurus dan dibiarkan menggantung di dalam medium.
- c. C.Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan meningkatkan variasi suhu dan waktu tahan pada proses perlakuan panas sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal untuk meningkatkan sifat mekanik.
- d. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan variabel kontrol yang lebih lengkap dengan melihat stres internal.

REFERENSI

- A dam, O., Rizilaniza, I., & Har yono, H. D. (2022). PEN GARUH VARI ASI JENIS MEDI A PEN DINGIN TER HADAP SUR FACE BEN DA KER JA S T 41 DEN GAN MEN GUNAKAN UJI KEKASARAN (SUR FACE RO UGHNESS TES TER). *Jur nal Tek nik Mes in In donesia*, 17(1), 106–112.
- Mesin , J. T., Tek nik, F., & S emarang, U. N. (2017). Peng aruh tem peratur medi a pen dingin air,. *Unnes*.
- Mud din, S., Jamalud din, J., Eka P utra, R., & Sa hrul, S. (2021). Analisis Keku atan Tarik Pengaruh Per lakuan P anas H asil Pengelasa n Kam puh V Baja 42 D engan Medi a Pen dingin A ir D an Oli. *IL TEK : Jur nal Tek nologi*, 16(1), 6–10.
- Warso, W., Wibowo, T. N., & Pratiwi, Y. D. (2021). Pengaruh Variasi Colling pada Pengelasan GMAW Terhadap Uji Tarik dan Uji Kekerasan pada Baja ST 60. *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, 2(1), 22–26.
- Willson F, T. (2019). Analisis Kekuatan Tarik, Kekuatan Puntir, Kekerasan, dan Mikrografi Baja ST 60 Sebagai Bahan Poros Propeller Setelah Proses Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time). *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 7(2), 2.
- S. B. Pratomo, Hafid, H. Taufiq, E. Afrilinda, and M. Doloksaribu, “Morfologi Struktur Dan Karateristik Sifat Mekanik Serta Keausan Baja Bainit Dengan Variasi Mangan Hasil Normalising Untuk Tapak Kendaraan Tempur,” *Majalah Metal* vol. 30, no. 2, 2015.
- Thel ning, K arl-Erik. “Ste el and Its He at Tre atment,” 2th ed. S weden: But terworth Heinem ann, 1984.
- Ram dani, K. (2019). ANALISIS UJI KEKER ASAN P ADA MATERI AL BAJA S T3 7 SETELAH MEN GALAMI PER LAKUAN P ANAS NOR MALIZING. Medan: Univerisitas Muham madiyah Sumat ra U tara.
- Smal lman, R. E. and Bis hop, R. J. “Moder n P hysical Metal lurgy & Material s Engine ering,” 6th ed. Lon don, Eng land: But terworth Heineman n, 1999.