



Analisis Pengaruh Temperatur Dan Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Tingkat Kekerasan Baja ST 42 & ST 60 Menggunakan Uji Brinell

Bagas Angkoso, Kiky Khakiky Ghozali,

Ir. Ismail, MSc.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: bagasangkoso07@gmail.com, haki.hakiky46@gmail.com

ABSTRAK

Pengujian kekerasan adalah metode untuk menentukan efek perlakuan subu panas atau suhu dingin pada material yang sudah mengalami perlakuan panas dan perlakuan dingin dapat menunjukkan perumaterial kekuatan dengan mengukur kekerasan permukaan material. Pada pengujian ini menggunakan material ST 42 dan ST 60 dimana material ini umum digunakan dalam kontruksi - kontruksi alat berat dan poros. Rumusan masalah pada penulisan penelitian ini adalah mengetahui seberapa tinggi pengaruh proses hardening pada masing – masing spesimen. Pengujian ini dilakukan dengan masing-masing material dengan jumlah 9 spesimen, ukuran \varnothing 30 mm dan panjang 20 mm pada setiap benda akan diuji panas dengan suhu berbeda yaitu 850°C menggunakan pendinginan air, 950°C menggunakan pendinginan oli SAE10, dan 1050°C menggunakan pendinginan udara. Selanjutnya benda tersebut akan diuji kekerasannya dengan uji brinell menggunakan indentor bola dengan diameter 2,5 mm sehingga dapat mengetahui perlakuan yang tepat untuk mendapatkan sifat material yang sesuai dengan kebutuhan khususnya dalam kontruksi alat berat. Penulisan pada penelitian ini yaitu merupakan penelitian jenis eksperimen, penelitian ini di artikan yaitu untuk mencari beberapa pengaruh perlakuan tertentu dalam suatu kondisi yang di kendalikan, dalam pengujian ini didapatkan data uji brinell pada baja ST 42 dengan tingkat kekerasan 585,864 kg/mm² sebagai nilai kekerasan tertinggi dalam pengujian ini.

Kata kunci: *Hardening, Quencing, Holding time*

PENDAHULUAN

Baja digunakan secara luas dalam industri karena memiliki sifat mekanik khusus seperti kekerasan. Sifat mekanik ini dapat ditingkatkan melalui perlakuan panas dan perlakuan dingin.

Uji kekerasan adalah metode yang efektif untuk memahami sifat mekanis sebuah

material dengan cepat. Meskipun pengukuran pengambilan data hanya dilakukan pada titik atau area tertentu, nilai sebuah kekerasan atau *hardness* dapat secara valid mengindikasikan kekuatan suatu material. Uji kekerasan memungkinkan klasifikasi mudah material sebagai tahan atau rapuh.

Uji kekerasan juga membantu dalam mengevaluasi pengaruh perlakuan panas atau dingin pada material. Dengan mengukur kekerasan permukaan, kita dapat memperoleh gambaran tentang kekuatan material setelah menjalani perlakuan panas dan dingin.

Sebagai hasilnya, uji kekerasan memungkinkan pengendalian kualitas yang efisien terhadap material. Dengan perlakuan panas, Kita memiliki kemampuan untuk mengubah sifat mekanik material agar sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Untuk mencapai kelembutan yang diinginkan, diperlukan penerapan proses heat treatment yang tepat. Salah satu proses perlakuan panas yang digunakan untuk mengubah material menjadi lebih lunak adalah annealing.

Sehingga penulis memilih judul penelitian “Analisis Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin Pada Proses Hardening Terhadap Tingkat Kekerasan Baja ST 42 dan ST 60 Menggunakan Uji Brinell”.

Rumusan Masalah

1. Apakah ada efek yang terjadi pada baja ST 42 dan ST 60 setelah melalui proses pengerasan (hardening)??
2. Seberapa tinggi nilai kekerasan baja ST 42 dan ST 60 akibat proses perlakuan panas dan perlakuan dingin?

Batasan Masalah

Berikut adalah beberapa batasan yang diterapkan untuk memberikan arah yang lebih terfokus pada penelitian ini:

1. Material yang digunakan pada penelitian adalah baja ST 42 dan ST 60.
2. Perlakuan panas pada baja ST 42 dan ST 60 pada suhu 850°C menggunakan pendinginan air, 950°C menggunakan

pendinginan Oli, dan 1050°C menggunakan pendinginan udara dan di tahan selama 15 menit.

3. Metode pengujian kekerasan yang digunakan yaitu uji brinell 2,5 mm menggunakan mesin carson model MOPAO3.
4. Profil projector menggunakan mesin Mitutoyo dengan pembesaran 20x.

Tujuan Penelitian

Tujuan Umum (secara umum)

1. Memenuhi syarat kelulusan meraih gelar Sarjana pada universitas.
2. Penerapana ilmu pengetahuan yang diperoleh dalam ilmu perkuliahan di Program Studi.
3. Sebagai bekal menuju dunia kerja.

Tujuan Khusus

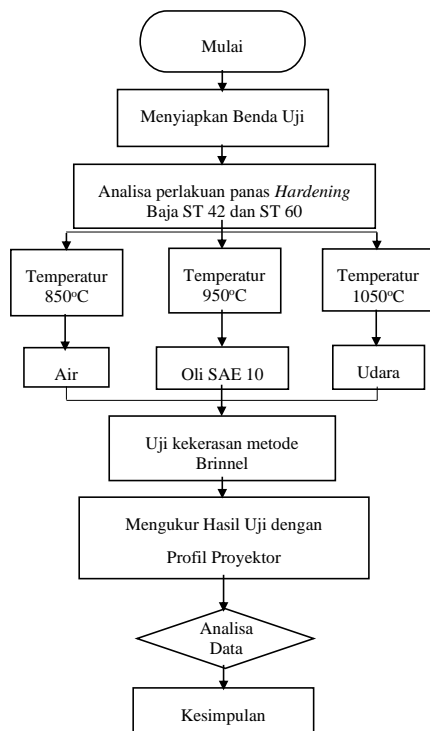
1. Untuk mengetahui pengaruh hardening pada baja ST 42 dan ST 60.
2. Untuk mengetahui besar tingkat nilai kekerasan baja ST 42 dan ST 60 akibat proses perlakuan panas dan pendinginan

Manfaat Penelitian

- a. Mahasiswa dapat menerapkan ilmu pengetahuan teori dan praktek yang telah didapat selama menempuh kuliah di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- b. Mahasiswa dapat menambah pengetahuan dan wawasan tentang Analisis Pengaruh Temperatur.
- c. Pembaca dapat mengetahui hasil perlakuan uji kekerasan pada baja ST 42 dan ST 60.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Penjelasan dari diagram aliran proses diatas:

- **Mulai**
Menyiapkan peralatan dan material yang akan digunakan untuk menjalankan penelitian.
- **Menyiapkan benda uji ST 42 & ST 60**
Mempersiapkan 18 spesimen masing-masing bahan yang akan diuji dengan ukuran \varnothing 30 mm x 20 mm
- **Analisa perlakuan panas Hardening Baja ST 42 dan ST 60**
Spesimen dipanaskan dengan suhu 850°C, 950°C, dan 1050°C dengan menggunakan tungku pemanas heat treatment.
- **Holding time selama 15 menit.**
Setelah mencapai temperatur 850°C,

950°C, dan 1050°C. Kemudian menahan suhu selama 15 menit

- **Pendinginan Baja ST 42 & ST 60.**
Selanjutnya melakukan pendinginan pada baja ST 42 dan ST 60 yang sudah dipanaskan menggunakan air untuk spesimen bersuhu 850°C, menggunakan oli SAE 10 untuk spesimen bersuhu 950°C, menggunakan udara untuk spesimen bersuhu 1050°C.

- **Uji kekerasan dengan metode Brinnel**
Setelah proses pendinginan selesai, dilakukan pengujian kekerasan pada baja ST 42 dan ST 60 menggunakan mesin uji kekerasan Gnehm Horgen O.M 150 dengan menggunakan indentor bola berdiameter 2,5 mm.

- **Mengukur Hasil Uji dengan Profil Proyektor**

Setelah melakukan pengujian kemudian dilakukan pengukuran dengan profil Proyektor diperbesar 20x untuk mengetahui data perbandingan kekerasan pada mesin.

- **Analisa Data**

Kemudian dilakukan analisa data dengan melihat tabel yang ada pada mesin carson model MOPAO3 untuk mendapatkan nilai-nilai kekerasan sebagai pada saat pengambilan data.

- **Kesimpulan**

Dari analisa perhitungan data yang telah dilakukan, lalu melakukan kesimpulan mengenai hasil pengujian dapat ditarik.

Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk merupakan jenis penelitian eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan tujuan mengumpulkan data utama atau pertama bisa disebut juga primer dan menerapkan perlakuan (treatment). Penelitian eksperimen dapat

didefinisikan sebagai metode penelitian yang bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh perlakuan khusus terhadap variabel lain dalam kondisi yang dikendalikan (Sugiyono, 2010:107). Kelompok subjek diberikan perlakuan tertentu dalam penelitian ini dan dilakukan pengukuran untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu material yang sudah di uji.

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas:

- Holding time 15 menit

2. Variabel tetap:

- Proses hardening
- Material Baja ST 42, ST 60
- Temperatur 850°C, 950°C, dan 1050°C
- Media pendingin air, oli SAE 10, dan udara

3. Variabel terikat:

- Perubahan kekerasan

Alat dan Bahan

Alat untuk melakukan pengujian:

1. Kawat kecil 2 meter.



Gambar 1. kawat

2. Tang kombinasi.



Gambar 2. tang

3. Dapur pemanas (furnace).



Gambar 3. dapur pemanas wermebau hofmann

4. Tongkat pancing benda untuk memindahkan specimen benda

5. Alat pengujian kekerasan

yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *carson* model MOPAO3.

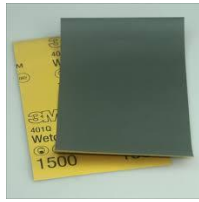


Gambar 4. Alat Uji Kekerasan *Brinell Carson* Model MOPAO3



Gambar 5. Profil Proyektor

6. Amplas halus.



Gambar 6. Amplas

7. Ragum.



Gambar 7. Ragum

8. Jangka sorong ABS Digimatic Caliper Mitutoyo.



Gambar 8. Jangka Sorong

9. Tempat gantung specimen benda
10. Tipe ex



Gambar 9. Tipe Ex

Bahan yang akan di gunakan:

1. Benda Uji (ST 42 dan ST 60) masing masing berjumlah 9 spesimen dengan ukuran Ø30mm dan Panjang 20mm
2. Media Pendingin (air, oli SAE 10, dan udara)

Prosedur Penelitian

persiapan Spesimen

- a) Menyiapkan benda uji ST 42 dan ST 60 dengan jumlah 9 spesimen dengan ukuran Ø30mm dan panjang 20 mm dengan memberi tanda menggunakan tipe ex pada samping spesimen.
- b) Kemudian mengikat benda kerja dengan kawat kecil satu per-satu

Proses *heat treatment* pada baja ST 42 dan ST 60 Percobaan I

- a) Membuka dapur pemanas.
- b) Memasukan benda kerja spesimen dengan perlakuan suhu 1050 diletakkan paling dalam suhu 950 di letakkan di tengah dan suhu 850 diletakkan di paling depan agar mudah di keluarkan ketika sudah mencapai suhunya.

Berikut peletakan spesimen pada dapur pemanas agar efektif ketika diambil.

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) Mengarahkan suhu ke 850°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time selama 15 menit.
- e) Kemudian mengambil spesimen ST 42 dan ST60 paling depan menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan air dengan gerakan angka delapan agar pendinginan merata, setelah itu meletakkannya di tempat gantung spesimen.
- f) Kemudian mengatur kembali pada suhu 950°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time selama 15 menit.
- g) Kemudian mengambil spesimen

tengah menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan oli SAE 10 dengan gerakan angka delapan agar pendinginan merata, setelah itu meletakkannya di tempat gantung spesimen.

- h) Mengarahkan suhu ke 1050°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time 15 menit.
- i) Kemudian mengambil spesimen paling dalam menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan udara dan meletakkannya di tempat gantung spesimen.
- j) Setelah benda dingin amplas permukaan benda kerja menggunakan amplas halus.

Proses *heat treatment* pada baja ST 42 dan ST 60 Percobaan II

- a) Membuka dapur pemanas.
- b) Memasukan benda kerja spesimen dengan perlakuan suhu 1050°C diletakkan paling dalam suhu 950 °C di letakkan di tengah dan suhu 850 °C diletakkan di paling depan agar mudah di keluarkan ketika sudah mencapai suhunya.

Berikut peletakan spesimen pada dapur pemanas agar efektif ketika diambil.

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) Menghentikan dapur pemanas.
- d) Mengarahkan suhu ke 850°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time selama 15 menit.
- e) Kemudian mengambil spesimen ST 42 dan ST60 paling depan menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan air dengan gerakan angka delapan agar pendinginan merata, setelah itu meletakkannya di tempat

gantung spesimen.

- f) Kemudian mengatur kembali pada suhu 950°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time selama 15 menit.
- g) Kemudian mengambil spesimen tengah menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan oli SAE 10 dengan gerakan angka delapan agar pendinginan merata, setelah itu meletakkannya di tempat gantung spesimen.
- h) Mengarahkan suhu ke 1050°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time 15 menit.
- i) Kemudian mengambil spesimen paling dalam menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan udara dan meletakkannya di tempat gantung spesimen.
- j) Setelah benda dingin amplas permukaan benda kerja menggunakan amplas halus.

Proses *heat treatment* pada baja ST 42 dan ST 60 Percobaan III

- a) Membuka dapur pemanas.
- b) Memasukan benda kerja spesimen dengan perlakuan suhu 1050 °C diletakkan paling dalam.suhu 950 °C di letakkan di tengah dan suhu 850 °C diletakkan di paling depan agar mudah di keluarkan ketika sudah mencapai suhunya.

Berikut peletakan spesimen pada dapur pemanas agar efektif ketika diambil.

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) Menghentikan dapur pemanas.
- d) Mengarahkan suhu ke 850°C dan

- setelah mencapai suhu tersebut holding time selama 15 menit.
- e) Kemudian mengambil spesimen ST 42 dan ST60 paling depan menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan air dengan gerakan angka delapan agar pendinginan merata, setelah itu meletakkannya di tempat gantung spesimen.
 - f) Kemudian mengatur kembali pada suhu 950°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time selama 15 menit.
 - g) Kemudian mengambil spesimen tengah menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan oli SAE 10 dengan gerakan angka delapan agar pendinginan merata, setelah itu meletakkannya di tempat gantung spesimen.
 - h) Mengarahkan suhu ke 1050°C dan setelah mencapai suhu tersebut holding time 15 menit.
 - i) Kemudian mengambil spesimen paling dalam menggunakan tongkat pancing untuk pendinginan udara dan meletakkannya di tempat gantung spesimen.
 - j) Setelah benda dingin amplas permukaan benda kerja menggunakan amplas halus.
5. Meletakkan spesimen pada bidang uji, putar tuas dan memastikan kaki injector tepat pada bidang spesimennya.
 6. Selanjutnya setting dengan beban 187,5 kg pada tuas kanan dengan cara memutar.
 7. Memindahkan posisi 1 ke 2 yaitu proses penempatan injector kedalam spesimen perlahan dan pastikan tidak menyangkut.
 8. Memindahkan posisi 2 ke 3 yaitu proses pembebanan minor.
 9. Selanjutnya memindahkan posisi 3 ke 4 yaitu proses pembebanan major selama 15 detik.
 10. Kemudian mengembalikan posisi 4 ke posisi 1 dengan memutar balik seperti semula.
 11. Kemudian melepas spesimen dan melihat jejak Brinell pada profil proyektor.
 12. Menghidupkan mesin projector, lalu letakkan specimen.
 13. Menyetting dengan pembesaran 20x.
 14. Kemudian mengukur menggunakan jangka sorong digital dengan mengukur 2 sisi diameter secara horisontal dan vertikal pada layar profil projector.
 15. Setelah didapatkan hasil pengukuran diameter dua sisi maka dihitung dengan mengambil nilai rata-rata dan membagi dengan skala profil pembesaran yaitu 20x.
 16. Selanjutnya menentukan kekerasan dengan mencocokkan data pada table mesin.
 17. Uji kekerasan dilakukan pada spesimen A1-C3 dan D1-F3 secara bergantian.
 18. Pengujian selesai.
 19. Mesin dimatikan.

Pengujian Kekerasan Metode Brinell

1. Menyiapkan spesimen yang sudah diampas permukaannya dan pastikan permukaan spesimen rata sehingga jejak uji kekerasan nampak jelas dan tidak merusak injector.
2. Mengambil indenter Brinell dengan bola baja Ø2,5 mm.
3. Kemudian memasang indenter pada mesin uji. (pastikan tidak goyang)
4. Lalu kencangkan indenter.

Analisa Data

Pada uji kekerasan menggunakan metode uji brinell dengan rumus sebagai berikut :

- 1) Menentukan diameter rata rata terlebih dahulu dengan rumus persamaan sebagai berikut

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

- 2) Menentukan diameter lekukan dengan rumus persamaan sebagai berikut

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

Untuk mengetahui kekerasan maka dilakukan pengamatan diameter lekukan yang dapat di cocokkan pada data table yang berada di mesin uji yaitu:

Gambar 10. Angka Brinell

Tabel Penentuan Diameter 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 1. Contoh Tabel Diameter Rata-Rata

Tabel Penentuan Diameter Lekukan

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

	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		

Tabel 2. Contoh Tabel Diameter Lekukan Tabel Penentuan 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			

Tabel 3. Contoh Tabel Data Uji Keras

Dari data analisis maka dapat diperoleh perbandingan kekerasan yang dibutuhkan, sehingga dapat menentukan perlakuan baja ST 42 dan ST 60 yang mana akan digunakan sehingga produk yang diperoleh maksimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian kekerasan (*hardness*)

Pengujian serta pengambilan data kali ini di lakukan di laboratorium Politeknik Negeri Malang. Adapun material yang digunakan adalah baja ST 42 dan ST 60 dengan Ø30mm dan panjang 20 mm. Pengujian ini memakai alat pengukur uji kekerasan yaitu Brinell. Indentor yang digunakan pada saat pengujian adalah bola baja. Pengumpulsn data dalam

penelitian ini yaitu dengan mengambil 1 titik tiap spesimen.

b. Spesimen Baja ST 42 dan ST 60

Berikut ini adalah contoh salah satu gambar spesimen saat pengujian kekerasan hardness sebelum mengeksekusinya pada proses perlakuan panas heat treatment dengan dapur pemanas (*Furnace*)



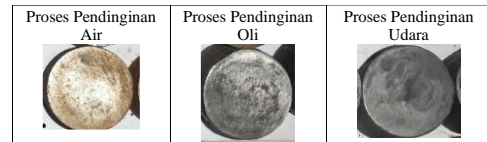
Gambar 11. Dapur Pemanas *Wermebau Hofmann*

c. Spesimen baja ST 42 dan ST 60 mengalami *heat treatment*

Dibawah ini adalah gambar specimen baja ST 42 dan ST 60 saat terjadi perlakuan panas pada temperatur 850°C, 950°C, 1050°C dan ditahan selama 15 menit.

d. Pendinginan specimen

Setelah mengalami perlakuan panas hardening baja ST 42 dan ST 60 kemudian didinginkan menggunakan media pendingin air pada perlakuan suhu 850°C, oli pada perlakuan suhu 950°C, dan udara pada perlakuan suhu 1050°C. Berikut ini merupakan ilustrasi proses pendinginan specimen dengan variasi metode pendinginan:



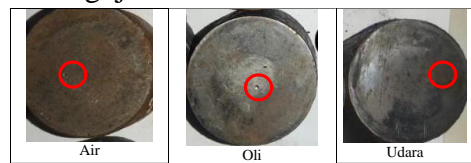
e. Specimen Pengujian Hardness

Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal, diperlukan pengambilan data pada pengujian kekerasan yang dilakukan secara berulang minimal sebanyak 3 kali percobaan..

f. Berikut ini gambar pengujian material dengan kekerasan atau pengujian hardness.

Pengujian ini melibatkan pengambilan satu titik data pada setiap spesimen di bagian tengah specimen..

Hasil Pengujian *Hardness*



Data Hasil Pengujian *Hardness* Perlakuan Panas *Hardening*

Diameter rata rata

	ST 42		ST 60	
	Air	A1	12,72	D1
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. Hasil Diameter Rata-Rata

Diameter Lekukan

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

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

Tabel 5. Hasil Diameter Lekukan

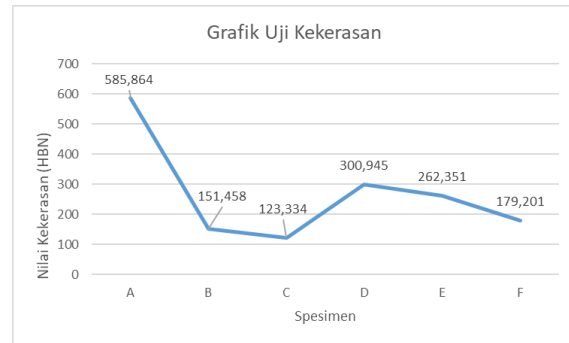
Data Hasil Uji Keras

Baja ST 42				
Suhu	Pendinginan	Spesimen	Nilai	HBN
850°C	Air	A1	573,422	585,8
		A2	592,086	
		A3	592,086	
950°C	Oli SAE 10	B1	122,660	151,4
		B2	164,341	
		B3	167,374	
1050°C	Udara	C1	122,660	123,3
		C2	122,660	
		C3	124,682	
Baja ST 60				
Suhu	Pendinginan	Spesimen	Nilai	HBN
850°C	Air	D1	298,566	300,9
		D2	305,705	
		D3	298,566	
950°C	Oli SAE 10	E1	260,400	262,3
		E2	266,253	
		E3	260,400	
1050°C	Udara	F1	180,323	179,2
		F2	176,957	
		F3	180,323	

Tabel 6. Data Hasil Uji Keras

Tabel yang diberikan menunjukkan hasil pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan Brinell. Dari hasil tersebut, dapat diamati bahwa nilai kekerasan specimen baja ST 42 yang dipanaskan hingga mencapai suhu 850°C dan dipertahankan selama 15 menit, kemudian didinginkan menggunakan air sebagai media pendingin, menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada specimen yang mengalami perlakuan serupa dengan menggunakan media pendingin lain, seperti oli dan udara..

Hasil pengujian kekerasan yang terdapat dalam tabel kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan di bawah ini dalam pembahasan mengenai uji kekerasan.



Keterangan :

- Spesimen A = Baja ST 42 Air
- Spesimen B = Baja ST 42 Oli
- Spesimen C = Baja ST 42 Udara
- Spesimen D = Baja ST 60 Air
- Spesimen E = Baja ST 60 Oli
- Spesimen F = Baja ST 60 Udara

Dari grafik yang diperoleh di atas dapat menunjukkan bahwa proses pendinginan air jauh lebih tinggi angka nya ini menunjukkan bahwa pendinginan air jauh lebih keras dari pada pendinginan lainnya dengan specimen yang sama, proses hardening dengan pendingin air dapat menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi pada logam dibandingkan dengan menggunakan oli atau udara karena pendingin air memiliki kemampuan pendinginan yang lebih cepat dan lebih intensif, waktu baja direndam dalam air, suhunya menurun dengan cepat dan membuat struktur kristal yang lebih kecil serta rapat, yaitu martensit. Pemilihan media pendinginan tergantung kebutuhan kekerasan dan sifat sifat mekanik yg diinginkan pada baja.

Baja yang didinginkan dengan udara cenderung tidak sekeras dibandingkan dengan pendinginan menggunakan air atau oli. Hal ini disebabkan karena pendinginan udara memiliki laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan variasi pendingin air atau oli. Laju pendinginan yang cepat membantu membentuk struktur mikro yang lebih keras, sedangkan pendinginan udara

yang lebih lambat menghasilkan pembentukan struktur mikro yang kurang efektif. Selain itu, komposisi kimia baja juga dapat mempengaruhi kekerasannya. Faktor-faktor lain seperti perlakuan panas sebelum pendinginan dan metode pengujian juga dapat memengaruhi kekerasan baja.

Proses hardening baja melalui pendinginan udara cenderung membentuk struktur kristal yang lebih lunak atau kurang keras dibandingkan dengan media pendinginan lainnya, mirip air atau oli. Waktu baja dipanaskan dan didinginkan secara cepat, struktur kristalnya mengalami perubahan serta terbentuk austenit, yang mempunyai struktur kristal yang padat namun lebih lunak. Ketika baja didinginkan, austenit akan berubah sebagai martensit yg memiliki kekerasan yang tinggi. Namun ketika pendinginan terlalu lambat, sebagian besar austenit akan berubah menjadi struktur kristal yang lebih besar serta kurang padat yang dianggap ferrit serta perlite.

Diketahui bahwa struktur martensit yang mengalami normalizing memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur fasa ferit perlit atau perlit. Untuk memberikan suatu kekuatan dan keuletan pada baja, langkah pertama yang dilakukan adalah proses pengerasan melalui pendinginan secara cepat. Idealnya, mencapai 100% martensit setelah pendinginan, tetapi untuk mencapai persentase tersebut, pendinginan harus dilakukan dengan kecepatan tertentu yang disesuaikan lebih tinggi dari laju pendinginan kritis dari fasa austenit. Namun, untuk baja yang berukuran lebih bahjan sangat besar, sulit untuk mencapai laju pendinginan yang atau didinginkan lebih tinggi dari laju pendinginan kritis di tengah-tengah material.

Kekerasan yang dapat dicapai adalah sifat yang menunjukkan bahwa baja telah

mengalami pengerasan dalam kondisi tertentu, terutama pada kedalaman permukaan yang telah didinginkan dan struktur austenitnya telah berubah menjadi martensit.

Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi kekerasan suatu material adalah ukuran butir austenit. Semakin besar ukuran butir austenit, semakin baik pengaruhnya terhadap kekerasan, karena transformasi proeutectoid dan pembentukan perlit terjadi pada batas butir austenit. Oleh karena itu, semakin banyak batas butir, semakin banyak tempat untuk terjadinya transformasi, sehingga transformasi menjadi lebih mudah. Ketika luas batas butir mengecil, transformasi juga berkurang, yang mengakibatkan transformasi menjadi lebih mudah terjadi.

Martensit terbentuk dari campuran fasa ferit dan fasa sementit, tapi bukan didalam struktur lamelar, sebagai gantinya berbentuk jarum sementit. Fasa ini terbentuk ketika saat austenit yang stabil didinginkan dengan berlangsung cepat atau *quench*. Selain itu, terjadinya presipitasi unsur paduan lainnya, seperti Fe_3C , juga terjadi, dan terjadi larutan transformasi isothermal pada suhu $260^{\circ}C$ untuk muai membentuk suatu dispersi karbida yang halus.

Martensit bilah (lath martensite) terbentuk ketika kadar karbon dalam baja berada pada rentang hingga 0,6%, sementara ketika kadar karbon melebihi 1%, martensit pelat (plate martensite) terbentuk. Perubahan dari tipe bilah menjadi pelat terjadi pada rentang kadar karbon 0,6% hingga 1,08%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi media pendingin pada proses perlakuan panas berpengaruh terhadap nilai

kekerasan, diantaranya:

a. Nilai kekerasan yang didapat dari hasil pengujian kekerasan spesimen raw materi ST 42 dan ST 60.

b. Nilai kekerasan material pada media pendingin air ST 42 yaitu 585,864 kg/mm².

c. Nilai kekerasan pada media pendingin campuran air lebih tinggi dari material satunya dan yang paling tinggi nilai kekerasannya material yakni mempunyai *hardness* 585,8 kg/mm².

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa media pendingin yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dalam proses perlakuan panas adalah campuran air. ST 42 sebesar 585,8 kg/mm². Nilai yang dimiliki oleh masing-masing material dengan pendinginan air jauh lebih tinggi dari pada pendinginan dengan oli ataupun dengan udara bebas.

REFERENSI

Adam, O., Rizianiza, I., & Haryono, H. D. (2022). PENGARUH VARIASI JENIS MEDIA PENDINGIN TERHADAP SURFACE BENDA KERJA ST41 DENGAN MENGGUNAKAN UJI KEKASARAN (SURFACE ROUGHNESS TESTER). *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 17(1), 106–112.

Mesin, J. T., Teknik, F., & Semarang, U. N. (2017). Pengaruh temperatur media pendingin (air,. *Unnes*.

Muddin, S., Jamaluddin, J., Eka Putra, R., & Sahrul, S. (2021). Analisis Kekuatan Tarik Pengaruh Perlakuan Panas Hasil Pengelasan Kampuh V Baja 42 Dengan Media Pendingin Air Dan Oli. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 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). Analisa 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 Karakteristik Sifat Mekanik Serta Keausan Baja Bainit Dengan Variasi Mangan Hasil Normalising Untuk Tapak Kendaraan Tempur,” *Majalah Metal* vol. 30, no. 2, 2015.

Thelning, Karl-Erik. “Steel and Its Heat Treatment,” 2th ed. Sweden: Butterworth Heinemann, 1984.

Ramdani, K. (2019). ANALISA UJI KEKERASAN PADA MATERIAL BAJA ST37 SETELAH MENGALAMI PERLAKUAN PANAS NORMALIZING. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Smallman, R. E. and Bishop, R. J. “Modern Physical Metallurgy & Materials Engineering,” 6th ed. London, England: Butterworth Heinemann, 1999.

Dieter, G.E., 1987, *Metalurgi Mekanik*, terj. Sriati D., Erlangga, Jakarta, hal. 6.

ASM International. (1991). *ASM Handbook Heat Treating* (Vol. 4)

Thelning, Karl-Erik. “Steel and Its Heat Treatment,” 2th ed. Sweden: Butterworth Heinemann, 1984.

Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T., 1955, *The Testing and Inspection of*

Engineering Materials, McGraw-Hill
Book Company, New York, USA.

Thelning, K.E. 1984. Steel and Its
Heatreatment. Second Edition. Oxford,
United Kingdom: Butterworth-
Heinemann.