

Pengaruh Variasi Temperatur Heat Treatment Terhadap Kemampukerasan Baja Komersil Dengan Metode Jominy Test

Irwan Susilo¹, Yusuf^{2*}, Asep Ruchiyat
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ketapang
yusuf@politap.ac.id*

ABSTRACT

Hardenability is the ability of a material to be hardened to a certain depth by means of heat treatment to form martensite in the cooling process to achieve a certain hardness. One of the hardenability testing methods is the Jominy Test. The specimen is heated at the specified temperature, then cooled by spraying water at one end. After testing with the Jominy test apparatus, its hardness was measured using the hardness test equipment. The testing of Jominy is based on ASTM standard A255. Testing using specimens with a length of 100 mm, diameter 25.4 mm as much as 9 pieces. Hardness is measured by the Rockwell Hardness Test method. The test result on specimen 1 with a final temperature of 700 °c resulted in an average hardness value of 45.51 HRB, on specimen 9 with a final temperature of 1100 °c amounting to 47.32 HRB. The higher the end temperature of the heating, the hardness value produced will be relatively higher. The highest average hardness value is in specimen 7 with a heating temperature of 1000 °c by 47.48 HRB.

Keywords: *hardenability, jominy test, hardness test, hardening, and quenching.*

ABSTRAK

Kemampukerasan merupakan kemampuan suatu material untuk dapat dikeraskan sampai kedalaman tertentu dengan cara perlakuan panas hingga terbentuk martensit pada proses pendinginan untuk mencapai kekerasan tertentu. Salah satu metode pengujian *hardenability* yaitu Jominy Test. Benda uji dipanaskan pada suhu yang ditentukan, kemudian didinginkan dengan menyemprotkan air pada salah satu ujungnya. Setelah pengujian dengan alat uji Jominy, diukur kekerasannya dengan menggunakan alat uji kekerasan. Pengujian Jominy dilakukan berdasarkan standard ASTM A255. Pengujian menggunakan spesimen dengan panjang 100 mm, diameter 25,4 mm sebanyak 9 buah. Kekerasan diukur dengan metode *Rockwell Hardness Test*. Hasil pengujian pada spesimen 1 dengan temperatur akhir 700°C menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 45,51 HRB, pada spesimen 9 dengan temperatur akhir 1100°C sebesar 47,32 HRB. Semakin tinggi temperatur akhir pemanasan, nilai kekerasan yang dihasilkan akan relatif lebih tinggi. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen 7 dengan temperatur akhir pemanasan 1000°C sebesar 47,48 HRB.

Kata kunci: *hardenability, jominy test, uji kekerasan, hardening, dan quenching*

1. Pendahuluan

Ilmu bahan merupakan suatu ilmu yang mempelajari sifat material dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Ilmu bahan memegang peranan penting dalam pemilihan jenis material yang akan digunakan dalam proses perancangan suatu alat, yaitu untuk mengetahui sifat mekanik dari material diantaranya kekuatan, kekerasan dan elastisitas. Untuk meningkatkan merubah sifat

mekanik dan meningkatkan nilai kekerasan logam dapat dilakukan dengan melakukan pencampuran dan perlakuan pada logam. Untuk mengetahui peningkatan kekerasan dapat dilakukan dengan pengujian jominy dengan perlakuan heat treatment pada temperatur 870° C dengan holding time 90 menit yang memiliki hasil kemampukerasan mendekati dengan standart ASTM metode uji A255 [1].

Kemampukerasan suatu baja tidak dikaitkan dengan kekerasan maksimum yang dapat dicapai. Kekerasan permukaan baja akan tergantung dari kadar karbon dan kecepatan proses pendinginan baja tersebut. Mampukeras semata-mata tergantung dari unsur paduan yang membentuk baja tersebut seperti besar butir austenit, temperatur austenisasi, lama pemanasan dan struktur mikro baja sebelum dikeraskan.

untuk mengetahui kemampu kerasan dari baja perlu dilakukan uji *hardenability* (pengujian untuk mengetahui kemampukerasan suatu logam). Salah satu metode pengujian *hardenability* yaitu jominy test (uji jominy) Uji jominy merupakan sebuah metode untuk mengetahui kemampuan pengerasan logam (baja)[2].

Tahapan dalam pengujian *hardenability* yaitu benda uji dipanaskan pada suhu yang ditentukan, kemudian didinginkan dengan menyemprotkan air pada salah satu ujungnya (bagian bawah). Setelah pengujian dengan alat uji jominy, diukur kekerasannya dengan menggunakan alat uji kekerasan[3,4].

2. Dasar Teori

2.1. Baja

Baja merupakan paduan dari besi dan karbon dengan kandungan tidak lebih dari 2%. Dalam aplikasinya, baja merupakan material yang paling banyak digunakan karena sifat mekanik dari baja bervariasi, mulai dari paling lunak sampai paling keras, tergantung dari besarnya kandungan karbon, semakin besar kandungan karbon maka akan semakin rapuh atau getas[5]. Secara garis besar ada dua jenis baja yaitu baja karbon dan baja paduan. Untuk baja karbon dikelompokkan menjadi baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi.

Baja komersial adalah jenis konstruksi baja yang mudah ditemui di pasaran. Baja ini merupakan baja karbon rendah dengan kadar karbon sampai 0,30 %, sangat luas pemakaiannya sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur baut,

pelat, pipa, dll[6]. Strukturnya terdiri dari ferrite dan sedikit perlite, sehingga baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak namun keuletannya tinggi, mudah dibentuk dan dimachining. Baja ini dapat dikeraskan (kecuali dengan pengerasan permukaan). Ada juga yang membagi lagi kelompok ini, yang kadar karbonnya sangat rendah, kurang dari 0,15% sebagai *dead mild steel*, yang biasanya digunakan untuk baja lembaran, besi beton, besi strip, dll.

Pada pengaplikasiannya baja - baja tersebut dapat menerima beban dari luar, baik beban tekan, beban geser, beban puntir dan beban gesek yang akan menyebabkan terjadinya keausan pada baja

2.2. Hardenability

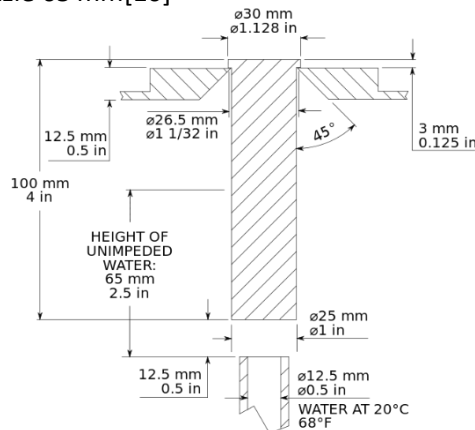
Mampu keras merujuk kepada sifat baja yang menentukan dalam proses pengerasan sebagai akibat proses *quench* dari temperatur austemisasinya. Mampu keras tidak dikaitkan dengan kekerasan maksimum yang dapat dicapai oleh beberapa jenis baja. Kekerasan permukaan dari suatu komponen yang terbuat dari baja tergantung pada kadar karbon dan laju pendinginan. Dalam proses pengerasan yang memberikan harga kekerasan yang sama hasil dari suatu proses *quench* merupakan fungsi dari mampu keras. Mampu keras semata-mata tergantung pada prosentase unsur-unsur paduan, besar butir austenit, temperatur austenisasi, lama pemanasan dan struktur mikro baja tersebut sebelum dikeraskan[7].

2.3. Heat Treatment

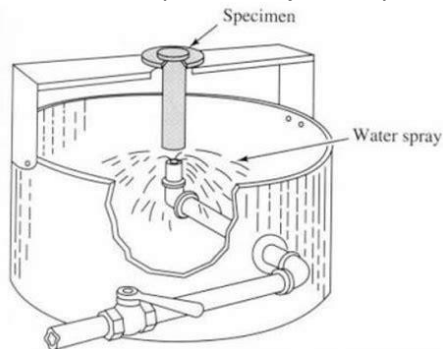
Heat treatment merupakan kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan secara terkontrol yang dilakukan terhadap logam atau paduan logam dalam keadaan padat dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Semua proses perlakuan panas terhadap baja pada umumnya akan melibatkan transformasi atau dekomposisi austenit. Bentuk dari hasil transformasi tersebut akan menentukan sifat-sifat fisis dan mekanis dari baja yang dikenai proses *heat treatment* tersebut[8]. Dalam perlakuan panas pada logam proses *annealing* dapat merubah struktur mikro dan sifat mekanik material yang mempengaruhi nilai kekerasan[9].

2.4. Jominy Harddenability Test

Alat uji jominy adalah alat bantu proses pendinginan (quenching) dalam pengujian mampu keras pada baja. Pengujian dilakukan dengan spesimen berupa sepotong baja silinder berukuran panjang 100 mm, diameter 1 inci (25,4 mm) dengan tinggi pancaran air dari ujung nozzle 65 mm[10]



Gambar 1. Spesimen Uji Jominy[10]



Gambar 2. Proses Pendinginan Uji Jominy[10]

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen, dalam metode ini hal yang dilakukan adalah mengamati perubahan nilai kemampukerasan material baja komersil setelah dilakukan *heat treatment* dengan proses pendinginan cepat menggunakan alat uji jominy. Tahapannya adalah pembuatan spesimen, proses pemanasan pada tungku pemanas, proses pendinginan menggunakan alat uji jominy, dan tahap terakhir adalah melakukan pengujian kekerasan dari material menggunakan alat uji tekan[11].

Perlakuan pada masing-masing spesimen disajikan pada Tabel 1 dengan *holding time* 90 menit dan waktu *quenching* 15 menit. Sedangkan pengujian spesimen dilakukan

sepanjang 2 inch dan diuji 1/16 bagian, posisi pengujian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Titik pengujian pada spesimen

Tabel 1. Perlakuan pada spesimen

No	Temperature (T)	Holding time	Quenching time
1	700°C	90 menit	15 menit
2	750°C	90 menit	15 menit
3	800°C	90 menit	15 menit
4	850°C	90 menit	15 menit
5	900°C	90 menit	15 menit
6	950°C	90 menit	15 menit
7	1000°C	90 menit	15 menit
8	1050°C	90 menit	15 menit
9	1100°C	90 menit	15 menit

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kemampukerasan dilakukan masing-masing spesimen melalui beberapa langkah. Pertama adalah proses perlakuan panas (*heat treatment*) menggunakan tanur dengan temperatur dan *holding time* yang telah ditentukan. Kemudian setelah proses *heat treatment* selesai, spesimen langsung dikeluarkan dan diletakkan padaudukan alat jominy untuk proses pendinginan (*quenching*). Setelah proses *quenching* dan spesimen telah sepenuhnya mendingin maka dapat dilakukan pengujian kekerasan menggunakan alat *Rockwell Hardness test* dimana pengujian kekerasan masing-masing spesimen dilakukan sebanyak 3 kali. Untuk bentuk spesimen dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



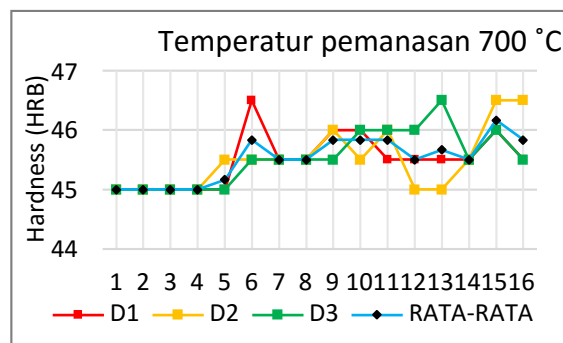
Gambar 4. Bentuk spesimen

1. Pengujian Spesimen 1

Dari pengujian yang dilakukan pada titik yang ditentukan didapatkan hasil dan perbedaan nilai kekerasan seperti yang disajikan pada tabel 2 dan gambar 5 berikut ini.

Tabel 2. Hasil pengujian spesimen 1

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	45	45	45	45
2	45	45	45	45
3	45	45	45	45
4	45	45	45	45
5	45	45,5	45	45
6	46,5	45,5	45,5	45
7	45,5	45,5	45,5	45,5
8	45,5	45,5	45,5	45,5
9	46	46	45,5	45,83
10	46	45,5	46	45,83
11	45,5	46	46	45,83
12	45,5	45	46	45,5
13	45,5	45	46,5	45,67
14	45,5	45,5	45,5	45,5
15	46	46,5	46	46,17
16	45,5	46,5	45,5	45,83



Gambar 5. Grafik Pengujian spesimen 1

Untuk nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 15 yaitu dengan nilai 46,17 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 1, 2, 3, dan 4 dengan nilai 45,00 HRB.

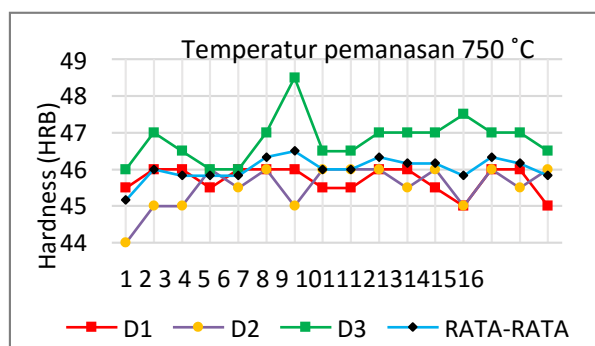
2. Pengujian Spesimen 2

Hasil pengujian spesimen 2 disajikan pada tabel 3 dan gambar 6 berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian spesimen 2

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	45,5	44	46	45,17

2	46	45	47	46,00
3	46	45	46,5	45,83
4	45,5	46	46	45,83
5	46	45,5	46	45,83
6	46	46	47	46,33
7	46	45	48,5	46,50
8	45,5	46	46,5	46,00
9	45,5	46	46,5	46,00
10	46	46	47	46,33
11	46	45,5	47	46,17
12	45,5	46	47	46,17
13	45	45	47,5	45,83
14	46	46	47	46,33
15	46	45,5	47	46,17
16	45	46	46,5	45,83



Gambar 6. Grafik Pengujian spesimen 2

Untuk nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 7 yaitu dengan nilai 46,50 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 11 dengan nilai 45,17 HRB.

3. Pengujian Spesimen 3

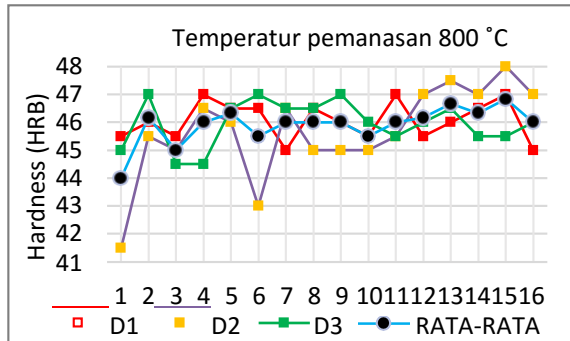
Hasil pengujian spesimen 3 disajikan pada tabel 4 dan gambar 7 berikut.

Tabel 4. Hasil pengujian spesimen 3

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	45,5	41,5	45	44,00
2	46	45,5	47	46,17
3	45,5	45	44,5	45,00
4	47	46,5	44,5	46,00
5	46,5	46	46,5	46,33
6	46,5	43	47	45,50
7	45	46,5	46,5	46,00
8	46,5	45	46,5	46,00
9	46	45	47	46,00
10	45,5	45	46	45,50
11	47	45,5	45,5	46,00
12	45,5	47	46	46,17
13	46	47,5	46,5	46,67

14	46,5	47	45,5	46,33
15	47	48	45,5	46,83
16	45	47	46	46,00

Untuk nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 15 yaitu dengan nilai 46,83 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 1 dengan nilai 44,00 HRB.



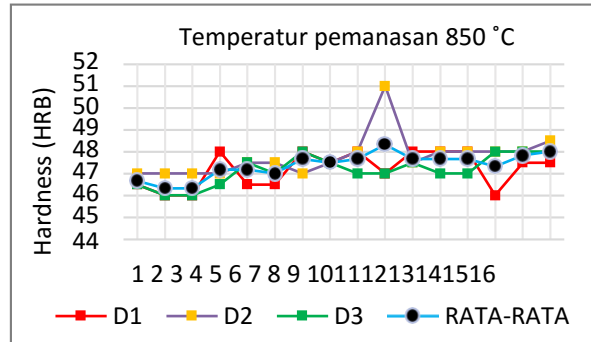
Gambar 7. Grafik Pengujian spesimen 3

4. Pengujian Spesimen 4

Hasil pengujian spesimen 4 disajikan pada tabel 5 dan gambar 8 berikut.

Tabel 5. Hasil pengujian spesimen 4

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	46,5	47	46,5	46,67
2	46	47	46	46,33
3	46	47	46	46,33
4	48	47	46,5	47,17
5	46,5	47,5	47,5	47,17
6	46,5	47,5	47	47,00
7	48	47	48	47,67
8	47,5	47,5	47,5	47,50
9	48	48	47	47,67
10	47	51	47	48,33
11	48	47,5	47,5	47,67
12	48	48	47	47,67
13	48	48	47	47,67
14	46	48	48	47,33
15	47,5	48	48	47,83
16	47,5	48,5	48	48,00



Gambar 8. Grafik Pengujian spesimen 4

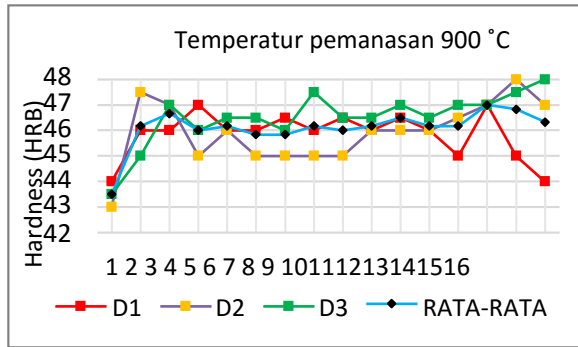
Nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 10 yaitu dengan nilai 48,33 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 2 dan 3 dengan nilai 46,33 HRB.

5. Pengujian Spesimen 5

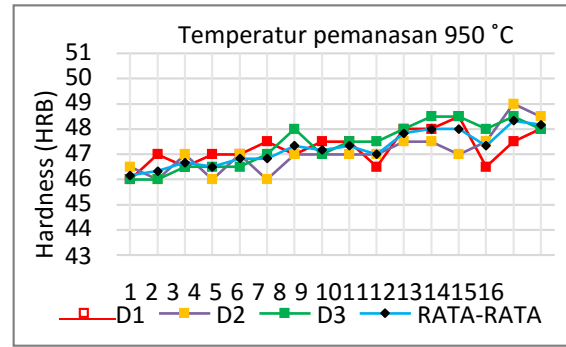
Hasil pengujian spesimen 5 disajikan pada tabel 6 dan gambar 9 berikut.

Tabel 6. Hasil pengujian spesimen 5

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	44	43	43,5	43,50
2	46	47,5	45	46,17
3	46	47	47	46,67
4	47	45	46	46,00
5	46	46	46,5	46,17
6	46	45	46,5	45,83
7	46,5	45	46	45,83
8	46	45	47,5	46,17
9	46,5	45	46,5	46,00
10	46	46	46,5	46,17
11	46,5	46	47	46,50
12	46	46	46,5	46,17
13	45	46,5	47	46,17
14	47	47	47	47,00
15	45	48	47,5	46,83
16	44	47	48	46,33



Gambar 9. Grafik Pengujian spesimen 5



Gambar 10. Grafik Pengujian spesimen 10

Untuk nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 14 yaitu dengan nilai 47,00 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik dengan nilai HRB.

6. Pengujian Spesimen 6

Hasil pengujian spesimen 6 disajikan pada tabel 7 dan gambar 10 berikut. Dimana nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 15 yaitu dengan nilai 48,33 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 1 dengan nilai 46,17 HRB.

Tabel 7. Hasil pengujian spesimen 6

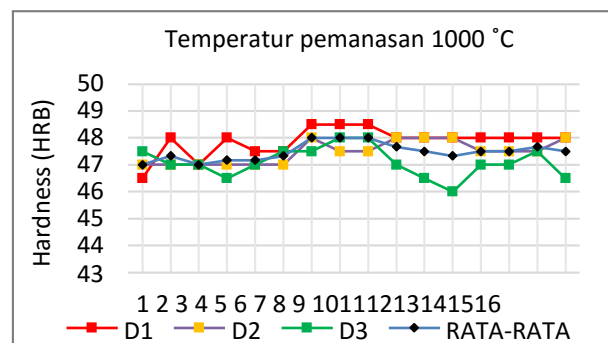
Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	46	46,5	46	46,17
2	47	46	46	46,33
3	46,5	47	46,5	46,67
4	47	46	46,5	46,50
5	47	47	46,5	46,83
6	47,5	46	47	46,83
7	47	47	48	47,33
8	47,5	47	47	47,17
9	47,5	47	47,5	47,33
10	46,5	47	47,5	47,00
11	48	47,5	48	47,83
12	48	47,5	48,5	48,00
13	48,5	47	48,5	48,00
14	46,5	47,5	48	47,33
15	47,5	49	48,5	48,33
16	48	48,5	48	48,17

7. Pengujian Spesimen 7

Hasil pengujian spesimen 7 disajikan pada tabel 8 dan gambar 11 berikut.

Tabel 8. Hasil pengujian spesimen 7

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	46,5	47	47,5	47,00
2	48	47	47	47,33
3	47	47	47	47,00
4	48	47	46,5	47,17
5	47,5	47	47	47,17
6	47,5	47	47,5	47,33
7	48,5	48	47,5	48,00
8	48,5	47,5	48	48,00
9	48,5	47,5	48	48,00
10	48	48	47	47,67
11	48	48	46,5	47,50
12	48	48	46	47,33
13	48	47,5	47	47,50
14	48	47,5	47	47,50
15	48	47,5	47,5	47,67
16	48	48	46,5	47,50



Gambar 11. Grafik Pengujian spesimen 7

Untuk nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 7, 8, dan 9 yaitu dengan nilai 48,00 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 1 dan 3 dengan nilai 47,00 HRB.

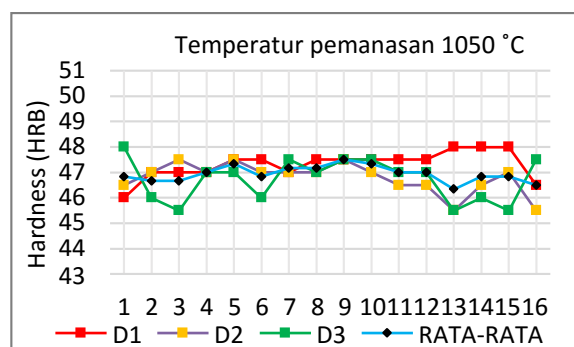
8. Pengujian Spesimen 8

Hasil pengujian spesimen 8 disajikan pada tabel 9 dan gambar 12 berikut.

Tabel 9. Hasil pengujian spesimen 8

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	46	46,5	48	46,83
2	47	47	46	46,67
3	47	47,5	45,5	46,67
4	47	47	47	47,00
5	47,5	47,5	47	47,33
6	47,5	47	46	46,83
7	47	47	47,5	47,17
8	47,5	47	47	47,17
9	47,5	47,5	47,5	47,50
10	47,5	47	47,5	47,33
11	47,5	46,5	47	47,00
12	47,5	46,5	47	47,00
13	48	45,5	45,5	46,33
14	48	46,5	46	46,83
15	48	47	45,5	46,83
16	46,5	45,5	47,5	46,50

Untuk nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 9 yaitu dengan nilai 47,50 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 13 dengan nilai 46,33 HRB.



Gambar 12. Grafik Pengujian spesimen 8

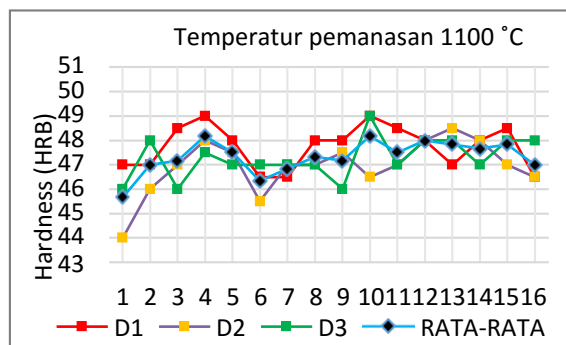
9. Pengujian Spesimen 9

Hasil pengujian spesimen 9 disajikan pada tabel 10 dan gambar 13 berikut.

Tabel 10. Hasil pengujian spesimen 9

Titik	Nilai Pengujian (HRB)			Rata-rata (HRB)
	D ₁	D ₂	D ₃	
1	47	44	46	45,67
2	47	46	48	47,00
3	48,5	47	46	47,17
4	49	48	47,5	48,17
5	48	47,5	47	47,50
6	46,5	45,5	47	46,33
7	46,5	47	47	46,83
8	48	47	47	47,33
9	48	47,5	46	47,17
10	49	46,5	49	48,17
11	48,5	47	47	47,50
12	48	48	48	48,00
13	47	48,5	48	47,83
14	48	48	47	47,67
15	48,5	47	48	47,83
16	46,5	46,5	48	47,00

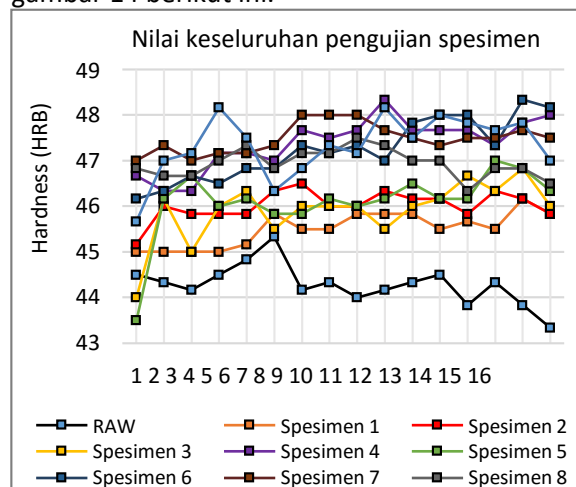
Untuk nilai rata-rata kekerasan yang paling tinggi terdapat pada titik 4 yaitu dengan nilai 48,17 HRB, sedangkan nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah terdapat pada titik 1 dengan nilai 45,67 HRB.



Gambar 13. Grafik Pengujian spesimen 9

Setelah dilakukan pengujian terhadap semua spesimen yang telah mendapatkan perlakuan yang berbeda-beda sesuai standar ASTM tersebut maka nilai rata-rata keseluruhan

pengujian kemampukerasan dapat dilihat pada gambar 14 berikut ini.



Gambar 14. Grafik nilai rata-rata seluruh spesimen

Grafik rata-rata nilai keseluruhan pengujian spesimen menunjukkan bahwa nilai kemampukerasan pada masing-masing titik pengujian spesimen memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Sebagian besar spesimen menunjukkan pola kenaikan pada perbandingan nilai kekerasan antara titik 1 dan titik 16 kecuali pada spesimen 8 yang nilai rata-rata kekerasannya pada titik 1 sedikit lebih tinggi dari nilai pada titik 16.

Nilai rata-rata kekerasan tertinggi pada titik pengujian terdapat pada spesimen 7 dengan pengaturan temperatur akhir pemanasan 1.000°C pada titik pengujian ke 10 sebesar 48,33 HRB, dengan nilai rata-rata kekerasan pada spesimennya adalah sebesar 47,38 HRB sedangkan nilai rata-rata kekerasan terendah pada titik pengujian terdapat pada spesimen 5 dengan pengaturan temperatur akhir pemanasan 900°C pada titik pengujian ke 1 sebesar 43,50 HRB, dengan nilai rata-rata kekerasan pada spesimennya adalah sebesar 46,09 HRB.

Nilai rata-rata tertinggi kekerasan pada spesimen terdapat pada spesimen 7 sebesar 47,48 HRB sedangkan nilai rata-rata terendah kekerasan pada spesimen selain raw material terdapat pada spesimen 1 sebesar 45,51 HRB. Jika merujuk pada Manual Book of ASTM maka tidak ada spesimen yang memenuhi persyaratan untuk nilai kemampukerasan yang baik, ini dikarenakan daerah yang memiliki nilai

kemampukerasan tertinggi tidak berada pada bagian bawah spesimen atau bagian yang terkena quenching secara langsung dan hal tersebut tidak sesuai dengan teori yang ada. Hal ini artinya material besi as baja komersial yang digunakan dalam pengujian ini tidak cocok untuk dikeraskan dengan metode Jominy Test.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, penulis mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian besi as baja komersial pada spesimen 1 dengan temperatur akhir 700°C menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 45,51 HRB, sedangkan pada spesimen 9 dengan temperatur akhir 1.100°C menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 47,32 HRB. Semakin tinggi temperatur akhir pemanasan pada spesimen maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan relatif lebih tinggi.
2. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen 7 dengan pengaturan temperatur akhir pemanasan 1.000°C, nilai rata-rata kekerasannya adalah sebesar 47,48 HRB. Selain menghasilkan nilai rata-rata kekerasan yang tinggi, temperatur akhir pemanasan 1.000°C juga menghasilkan nilai kekerasan yang hampir merata pada setiap titik pengujian spesimen 7.

Daftar Pustaka

- [1] Yusuf dan Y. Chandra, "PENGARUH VARIASI HOLDING TIME TERHADAP KEMAMPUKERASAN BAJA MENGGUNAKAN ALAT UJI JOMINY," *INOVTEK POLBENG*, vol. 8, no. 2, hlm. 257, Des 2018, doi: 10.35314/ip.v8i2.769.
- [2] Van Vlack, L.H, *Ilmu dan Teknologi Bahan alih bahasa Sriati Djaprie*, Edisi kelima. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [3] E. R. Parke, *Materials Data Book*. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1967.
- [4] Harjuma dan S. Parekke, "Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Baja AISI 1018 Terhadap Kekerasan Dengan Metode Jominy Test," *Dinamika*, vol. 10,

- no. 2, hlm. 53–58, 2019, doi:
10.5281/zenodo.3066849.
- [5] T. Surdia, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1989.
- [6] Schonmetz dan Gruber, *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam, Terjemahan Eddy D. Hardjapamekas*. Bandung: Angkasa, 1985.
- [7] D. Prayitno, *Teknologi Rekayasa Material*. Bandung: Penerbit ITB, 2010.
- [8] R. E. Purwanto, A. Murdani, dan Nurchajat, *Perlakuan Bahan*. Malang: Polinema Press, 2016.
- [9] A. Ruchiyat, M. Anhar, Y. Yusuf, dan B. S. E. Polonia, "The Effect Of Heating Temperature On The Hardness, Microstructure And V-Bending Spring Back Results On Commercial Steel Plate," *J. Appl. Eng. Technol. Sci. JAETS*, vol. 1, no. 1, hlm. 1–16, Nov 2019, doi: 10.37385/jaets.v1i1.10.
- [10] Annual Book of ASTM Standards, *Standard Test Method for End-Quench Test for Hardenability of Steel*. New York: American Society for Testing and Materials, 1998.
- [11] Yusuf, A. Ruchiyat, dan M. Anhar, "Pengaruh jarak nozzle penyemprot terhadap kemampukerasan baja komersil dengan metode jominy test," *Turbo*, vol. 9, no. 2, hlm. 226–230, 2020, doi: [dx.doi.org/10.24127/trb.v9i2.1304](https://doi.org/10.24127/trb.v9i2.1304).