

Lampiran

Kegiatan di Laboratorium



Peroses penghalusan baja st 60



Peroses pemotongan baja st 60



Peroses penghalusan baja st 60 dengan gerinda



Baja st 60 setelah selesai penghalusan



Elektroda LB 52 code 13D E6013



Jam ukur untuk mengetahui kekerasan



Baja st 60 sebelum di panaskan



Baja st 60 setelah di panaskan



Baja st 60 setelah di pansakan dan di dinginkan dengan menggunakan media air



termometer



Peroses pemanasan baja st 60



Kode dalam pengujian kekerasan



Proses pemanasan baja st 60



Proses pemanasan baja st 60 dengan menggunakan variasi arus 140



Proses pengelasan sambungan las



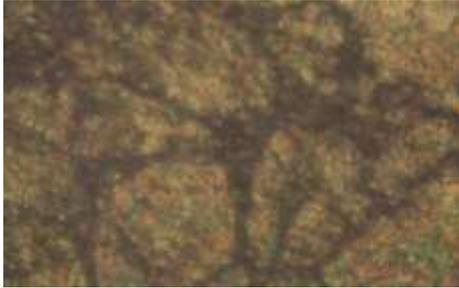
Preoses pemanasanan baja st 60 dengan menggunakan variasai arus 150



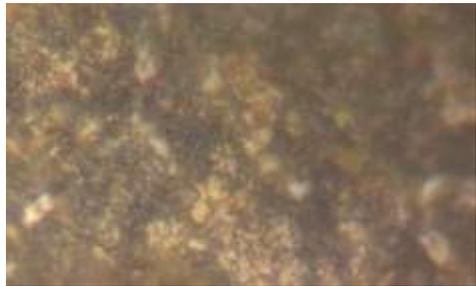
Proses pemanasan baja st 60 dengan menggunakan variasi arus 160

Hasil Uji Metalografi Pada Daerah Dasar

a. SMAW 140 Ampere



(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C



(c) Perlakuan 450°C



(d) Perlakuan 500°C

b. SMAW 150 Ampere



(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C

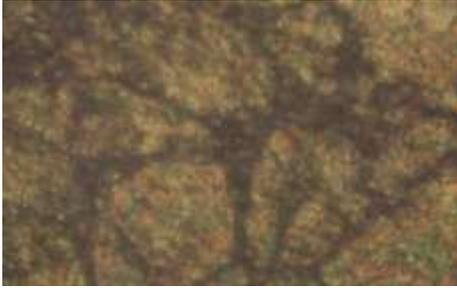


(c) Perlakuan 450°C



(d) Perlakuan 500°C

c. SMAW 160 Ampere



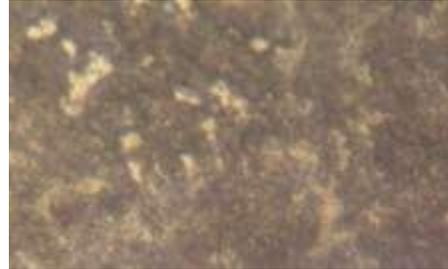
(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C



(c) Perlakuan 450°C



(d) Perlakuan 500°C

Hasil Uji Metalografi Pada Daerah *Heat Affected Zone* (HAZ)

a. SMAW 140 Ampere



(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C

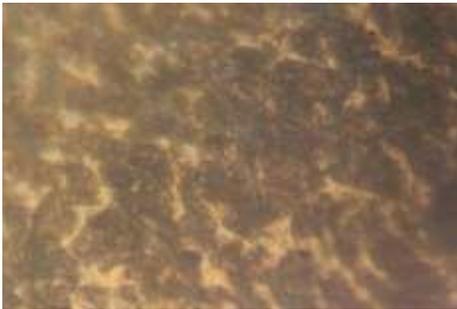


(c) Perlakuan 450°C



(d) Perlakuan 500°C

(a) Tanpa perlakuan



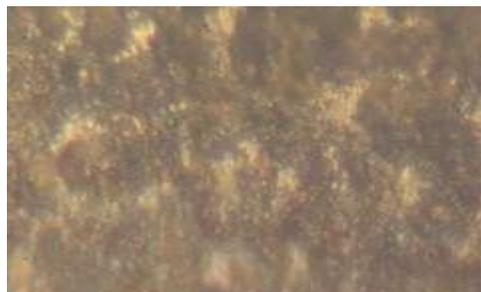
(b) Perlakuan 400°C



(c) Perlakuan 450°C

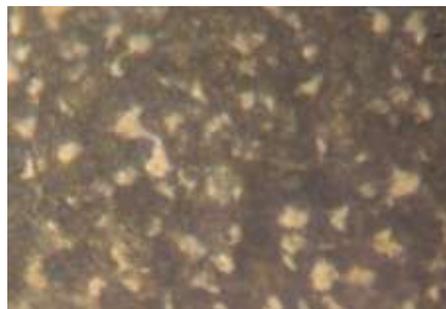


(d) Perlakuan 500°C



c. SMAW 160 Ampere

(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C



(c) Perlakuan 450°C

(d) Perlakuan 500°C

Hasil Uji Metalografi Pada Daerah Las

a. SMAW 140 Ampere



(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C



(c) Perlakuan 450°C



(d) Perlakuan 500°C

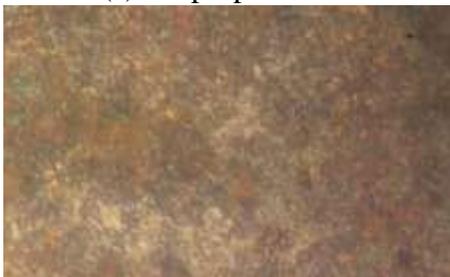
b. SMAW 150 Ampere



(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C

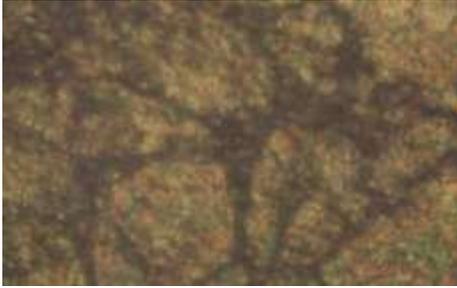


(c) Perlakuan 450°C

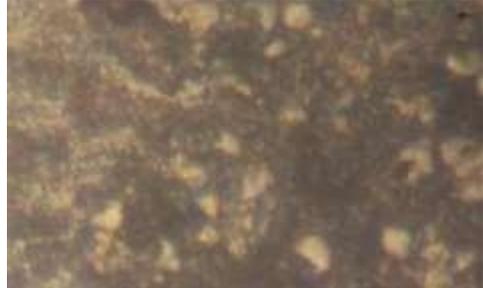


(d) Perlakuan 500°C

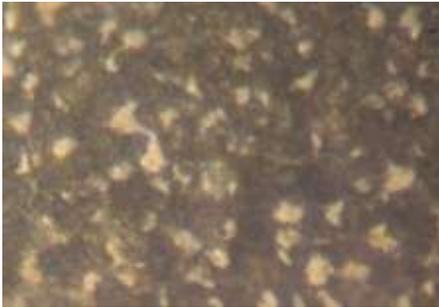
c. SMAW 160 Ampere



(a) Tanpa perlakuan



(b) Perlakuan 400°C



(c) Perlakuan 450°C



(d) Perlakuan 500°C

Data Hasil Pengujian Kekerasan

No	Benda Uji	Beban	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
1	Baja ST 60 140 Ampere	P=150 Kg T= 5 Detik	Diamon Cone 400 C	52 45,5 35	44,2	

No	Benda Uji	Beban	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
2	Baja ST 60 150 Ampere	P= 150 Kg T=5 Detik	Diamon Cone 400 C	54,5 47,5 36	46,0	

No	Benda Uji	Beban	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
3	Baja ST 60 160 Ampere	P= 150 Kg T=5 Detik	Diamon Cone 400 C	57,5 52 37,5	49,0	

No	Benda Uji	Beban	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
1	Baja St 60 140 Ampere	P=150 Kg T= 5 Detik	Diamon Cone 450 C	51 46 34,5	45,8	

No	Benda Uji	Beban	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
2	Baja St 60 150 Ampere	P= 150 Kg T=5 Detik	Diamon Cone 450 C	53 46,5 35,5	45,0	

No	Benda Uji	Beban	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
3	Baja St 60 160 Ampere	P= 150 Kg T= 5 Detik	Diamon Cone 450 C	55,5 49 36,5	47,0	

No	Benda Uji	Beban	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
1	Baja St 60 140 Ampere	P=150 Kg T= 5 Detik	Diamon Cone 500 C	51 35,5 35	40,5	

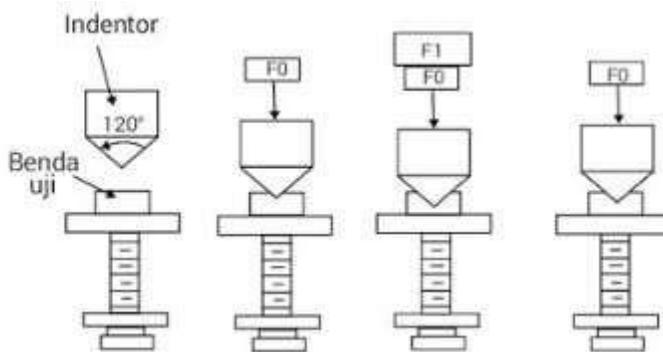
No	Benda Uji	Kondisi Indentasi	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
2	Baja St 60 150 Ampere	P= 150 Kg T=5 Detik	Diamon Cone 500 C	52 41,5 35,5	43,0	

No	Benda Uji	Kondisi Indentasi	Indentasi	HRC	HRC Rata2	Keterangan
3	Baja St 60	P= 150 Kg T= 5 Detik	Diamon Cone 500 C	53 47 35,5	45,2	

Pengujian Kekerasan Bahan dengan Metode Rockwell

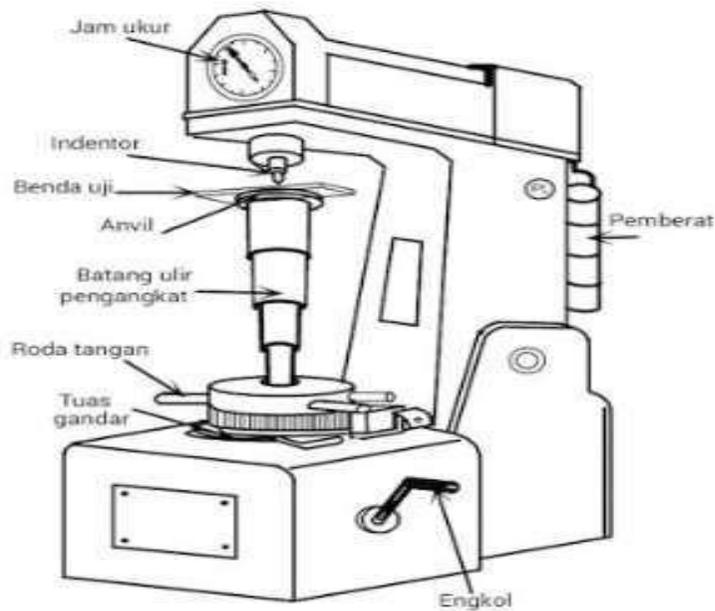
Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang : sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak.

Pengujian kekerasan Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indenter. Penekanan indenter ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.



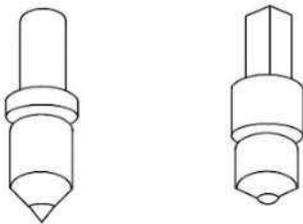
Besarnya beban minor ini adalah 10 kgf sedangkan besarnya beban utama biasanya adalah 50 kgf, 90 kgf, atau 140 kgf.

Penerapan beban minor pada hakekatnya dimaksudkan untuk membantu mendudukan indenter di dalam benda uji (spesimen) dan menghilangkan pengaruh dari penyimpangan permukaan sehingga menciptakan permukaan spesimen yang siap untuk menerima beban utama. Dengan demikian permukaan benda uji tidak perlu dibuat dengan sehalus dan selicin mungkin.



Indentor

Ada dua jenis indentor yang digunakan pada pengujian kekerasan Rockwell, yaitu intan berbentuk kerucut yang memiliki sudut puncak 120° di mana bagian ujungnya sedikit dibulatkan dengan jari-jari 0,2 mm dan indentor bola yang terbuat dari baja yang dikeraskan atau dari tungsten karbida yang memiliki diameter $1/16"$, $1/8"$, $1/4"$, dan diameter $1/2"$. Indentor kerucut intan sering disebut juga sebagai 'Brale'.



Indentor kerucut intan pada umumnya digunakan untuk menguji material-material yang keras. Sementara indentor bola baja sering digunakan untuk menguji kekerasan material-material yang lebih lunak.

Skala kekerasan Rockwell

Pada pengujian kekerasan material dengan metode Rockwell dikenal ada beberapa skala, misalnya skala B yang biasanya diaplikasikan pada material yang lunak, seperti paduan-paduan tembaga, paduan aluminium dan baja lunak, dengan menggunakan indentor bola baja berdiameter $1/16"$ dan beban total sebesar 100 kgf.

Sedangkan skala C diaplikasikan untuk material-material yang lebih keras, seperti besi tuang, dan banyak paduan-paduan baja yang memakai kerucut intan sebagai indentornya dengan beban total sampai 150 kgf.

Selain skala B dan skala C yang sering disebut sebagai skala umum, ada beberapa skala lainnya seperti skala A, D, E, F, G dan lain-lain.

Tabel di bawah ini memperlihatkan berbagai skala pada pengujian kekerasan Rockwell.

Tabel 1. Skala pada pengujian kekerasan Rockwell

Skala	Indentor	Beban minor F0 (kgf)	Beban mayor F1 (kgf)	Beban total F (kgf)
A	Kerucut intan	10	50	60
B	Bola baja 1/16"	10	90	100
C	Kerucut intan	10	140	150
D	Kerucut intan	10	90	100
E	Bola baja 1/8"	10	90	100
F	Bola baja 1/16"	10	50	60
G	Bola baja 1/16"	10	140	150
H	Bola baja 1/8"	10	50	60
K	Bola baja 1/8"	10	140	150
L	Bola baja 1/4"	10	50	60
M	Bola baja 1/4"	10	90	100
P	Bola baja 1/4"	10	140	150
R	Bola baja 1/2"	10	50	60
S	Bola baja 1/2"	10	90	100
V	Bola baja 1/2"	10	140	150

Tabel 2. Aplikasi khas skala kekerasan Rockwell

Skala	Aplikasi khas untuk material
HRA	Cemented carbide, baja tipis, dan baja pengerasan kulit dangkal
HRB	Paduan-paduan tembaga, baja lunak, paduan aluminium, besi tempa dan lain-lain
HRC	Baja, besi tuang keras, besi tempa pearlitic, titanium, baja pengerasan kulit dalam, dan bahan-bahan yang lebih keras dari HRB 100
HRD	Baja tipis, baja pengerasan kulit sedang, dan besi tempa pearlitic
HRE	Besi tuang, paduan aluminium dan magnesium, logam-logam bantalan
HRF	Paduan tembaga yang dilunakkan (dianeal), logam lembaran tipis yang lunak
HRG	Besi tempa, paduan tembaga-nikel, paduan tembaga-nikel-seng, perunggu fosfor
HRH	Aluminium, seng dan timbal
HRK	Logam bantalan lunak, plastik, dan bahan-bahan sangat lunak lainnya atau bahan-bahan yang tipis
HRL	
HRM	
HRP	
HRR	
HRS	
HRV	

Tabel 3. Rentang skala kekerasan Rockwell yang dianjurkan

Rentang skala Rockwell yang dianjurkan	
20 - 88 HRA	70 - 94 HR15N
20 - 100 HRB	42 - 86 HR30N
20 - 70 HRC	20 - 77 HR45N
40 - 77 HRD	67 - 93 HR15T
70 - 100 HRE	29 - 82 HR30T
60 - 100 HRF	1 - 72 HR45T
30 - 94 HRG	
80 - 100 HRH	
40 - 100 HRK	

Berbeda dengan pengujian kekerasan Brinell dan Vickers yang mengukur luas dari jejak, pada pengujian kekerasan Rockwell yang diukur adalah kedalaman jejak hasil penetrasi indenter. Dalam hal ini, seberapa jauh indenter bergerak turun secara vertikal ketika melakukan penetrasi.

Skala pada jam ukur (dial gage) mesin Rockwell terdiri dari 100 pembagian, masing-masing pembagian sama dengan kedalaman penetrasi sejauh 0,002 mm.

Pada pengujian kekerasan bahan dengan metode Rockwell, kedalaman penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan dan pelepasan beban utama dipakai untuk menentukan angka kekerasan Rockwell, sebagai berikut,

$$HR = E - e$$

Di mana,

E = konstanta dengan nilai 100 untuk indenter intan dan 130 untuk indenter bola.

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F1) diukur dengan satuan 0,002 mm. Jadi, $e = h/0,002$

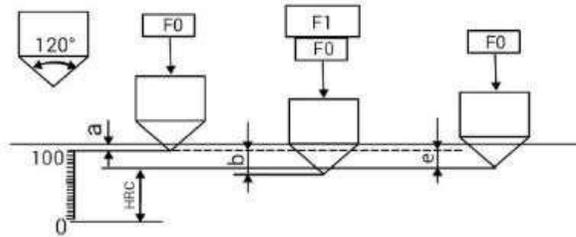
Misalnya pada pengujian digunakan indenter intan dengan kedalaman penetrasi (h) = 0,082 mm, maka angka kekerasan Rockwell adalah :

$$\begin{aligned} HR &= 100 - (0,082 : 0,002) \\ &= 100 - 41 = 59 \text{ HR} \end{aligned}$$

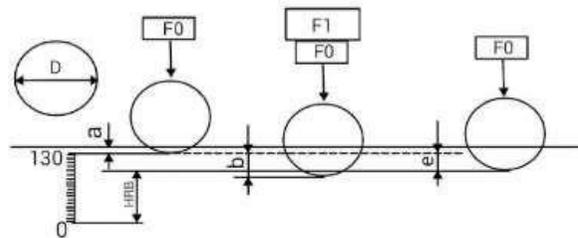
Untuk kedalaman penetrasi yang sama jika digunakan indenter bola menjadi,

$$\begin{aligned} HR &= 130 - (0,082 : 0,002) \\ &= 130 - 41 = 89 \text{ HR} \end{aligned}$$

Di dalam prakteknya angka kekerasan Rockwell dapat dibaca langsung pada jam ukur (dial gage), atau ditampilkan pada layar jika menggunakan mesin pengujian kekerasan Rockwell digital.



Pengujian kekerasan Rockwell dengan indenter kerucut intan



Pengujian kekerasan Rockwell dengan indenter bola

Keterangan :

F0 = beban pendahuluan (beban minor)

F1 = beban utama (beban mayor)

a = kedalaman penetrasi oleh beban minor

b = kedalaman penetrasi oleh beban total (F0 + F1)

e = kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan

Cara penulisan nilai kekerasan Rockwell adalah dengan menulis angka kekerasannya lalu diikuti dengan huruf HR yang artinya *kekerasan Rockwell* (Hardness Rockwell) dan pembubuhan nama skala yang digunakan dalam pengujian, seperti HRA untuk penggunaan skala A, HRB untuk penggunaan skala B dan seterusnya. Sebagai contoh, 32 HRC artinya '32' merupakan angka kekerasan Rockwell dan 'HRC' artinya pengujian dilaksanakan pada skala C dari pengujian kekerasan Rockwell.

Semakin tinggi angka pada setiap skala berarti semakin keras material yang diuji.

Standar pengujian kekerasan Rockwell

Ada beberapa standar untuk pengujian kekerasan Rockwell, seperti :

- ASTM E 18 - 2000, Standar Metode pengujian kekerasan Rockwell reguler dan Rockwell superficial untuk bahan metalik.
- ASTM E 110 - 82, Standar metode pengujian kekerasan indentasi bahan-bahan metalik dengan mesin uji kekerasan portable.
- ASTM E 140 - 97, Standar tabel konversi kekerasan logam

- ISO 6508 - 1, Bahan-bahan metalik - Pengujian kekerasan Rockwell (skala A, B, C, D, F, G, H, K, N, T) : Metode pengujian
- ISO 6508 - 2, Bahan-bahan metalik - Pengujian kekerasan Rockwell (skala A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) : Verifikasi mesin-mesin uji
- ISO 6508 - 3, Bahan-bahan metalik - Pengujian kekerasan Rockwell (skala A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T) : Kalibrasi balok-balok referensi

Rockwell superficial

Pengujian kekerasan Rockwell dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pengujian kekerasan Rockwell reguler (standar) dan pengujian kekerasan Rockwell superficial. Mesin pengujian kekerasan Rockwell superficial beroperasi dengan cara yang sama dengan mesin pengujian kekerasan Rockwell reguler. Demikian juga indentor yang digunakan pada Rockwell superficial sama seperti indentor pada Rockwell reguler.

Rockwell superficial pada umumnya digunakan untuk menguji bahan-bahan yang tipis, permukaan atau benda dengan pengerasan kulit (case hardening), komponen-komponen yang kecil atau benda-benda yang tidak bisa diuji dengan pengujian Rockwell reguler. Pengujian kekerasan Rockwell superficial menggunakan beban pendahuluan (beban minor) yang lebih kecil, yaitu hanya 3 kgf dan beban total yang juga lebih kecil daripada Rockwell reguler, yaitu 15 kgf, 30 kgf, atau 45 kgf.

Cara penulisan nilai kekerasan Rockwell superficial adalah dengan menulis angka yang diikuti dengan huruf 'T' atau huruf 'N'. Sebagai contoh, 22 HR 15T, dalam contoh ini '22' merupakan angka kekerasan material uji, huruf 'HR' artinya kekerasan Rockwell, '15' artinya beban uji yang digunakan adalah 15 kgf, dan huruf 'T' berarti indentor yang dipakai pada Rockwell superficial adalah indentor bola dengan diameter 1/16".

Apabila digunakan kerucut intan sebagai indentornya, maka dipakai huruf 'N' sebagai pengganti huruf 'T'.

Seperti yang telah diterangkan di atas, pada skala T dipakai indentor bola berdiameter 1/16". Untuk indentor bola, selain skala T, ada juga skala W untuk indentor bola berdiameter 1/8", skala X untuk indentor bola berdiameter 1/4", dan skala Y untuk indentor bola berdiameter 1/2".

Tabel di bawah memperlihatkan skala-skala pada Rockwell superficial, dengan jenis indentor yang dipakai, beban minor dan beban total yang diterapkan dan aplikasi khas dari skala-skala tersebut.

Skala	Indentor	Beban minor	Beban total	Aplikasi khas untuk material
		F ₀ (kgf)	F (kgf)	
15N	Kerucut intan	3	15	Sama dengan skala A, C, D, tetapi untuk bahan yang tipis dan bahan dengan pengerasan kulit
30N	Kerucut intan	3	30	
45N	Kerucut intan	3	45	
15T	Bola 1/16"	3	15	Sama dengan skala B, F, G, tetapi untuk bahan-bahan yang tipis
30T	Bola 1/16"	3	30	
45T	Bola 1/16"	3	45	
15W	Bola 1/8"	3	15	Material yang sangat lunak
30W	Bola 1/8"	3	30	
45W	Bola 1/8"	3	45	
15X	Bola 1/4"	3	15	
30X	Bola 1/4"	3	30	
45X	Bola 1/4"	3	45	
15Y	Bola 1/2"	3	15	
30Y	Bola 1/2"	3	30	
45Y	Bola 1/2"	3	45	

Kelebihan dan kekurangan pengujian kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

Kelebihan :

- Nilai kekerasan benda uji dapat dibaca langsung pada jam ukur (dial gage).
- Proses pengujian dilaksanakan dengan cepat
- Tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak (lekukan)
- Pengujian yang relatif tidak merusak.
- Sangat cocok untuk menguji produk-produk dalam jumlah banyak.

Kekurangan :

- Tingkat ketelitian tidak selalu akurat
- Lokasi pengujian pada spesimen harus bebas pencemaran (minyak, kerak, zat-zat asing dan lain-lain).
- Tidak stabil jika mesin uji terkena guncangan.

HRC yaitu nilai kekerasan rockwell hardnes sebesar 40 pada skala c skala c bermakna pengujian rockwell dengan indentor kerucut intan beban minor 10kg dan beban mayor sebesar 150kg



Pengaruh Arus Las SMAW dan Temperatur PWHT Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja ST 60

ORIGINALITY REPORT

% **16**
SIMILARITY INDEX

% **15**
INTERNET SOURCES

% **2**
PUBLICATIONS

% **4**
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 www.neliti.com Internet Source % **3**

2 repository.its.ac.id Internet Source % **2**

3 es.scribd.com Internet Source % **1**

4 media.neliti.com Internet Source % **1**

5 www.slideshare.net Internet Source % **1**

6 core.ac.uk Internet Source % **1**

7 laskarteknik.co.id Internet Source % **1**

8 ejournal.polbeng.ac.id Internet Source % **1**

9 docplayer.info

Internet Source

% 1

10

Submitted to Universitas Diponegoro

Student Paper

% 1

11

dct.co.id

Internet Source

% 1

12

Submitted to Universitas Muria Kudus

Student Paper

% 1

13

repository.unsri.ac.id

Internet Source

<% 1

14

repository.usu.ac.id

Internet Source

<% 1

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE OFF

BIBLIOGRAPHY