

LAPORAN FISIKA EKSPERIMENTAL II
PERCOBAAN M2
UJI KEKERASAN MATERIAL DENGAN METODE ROCKWELL

Hari: Selasa

Tanggal: 5 Desember 2023

Jam: 9-10



Kelompok 2

1. Muhamad Irvandi (082111333024)
2. Moh Amru Tri Winarto (082111333031)
3. Rizky Julian Saputra (082111333051)

Dosen Pembimbing:

Drs. Djony Izak Rudyardjo, S. Si., M. Si.

Dyah Hikmawati, S. Si., M. Si.

LABORATORIUM FISIKA MATERIAL
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

2023

UJI KEKERASAN MATERIAL DENGAN METODE ROCKWELL

¹ Muhamad Irvandi, ² Moh Amru Tri Winarto, ³ Rizky Julian Saputra

Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Airlangga

Jl. Dr. Ir. H. Soekarno, Mulyorejo, Surabaya 60115 Indonesia

ABSTRAK

Percobaan ini bertujuan untuk mengevaluasi kekerasan material menggunakan metode Rockwell. Berbagai jenis logam, termasuk tembaga, kuningan, besi, aluminium, dan stainless steel, digunakan sebagai spesimen uji. Pengukuran kekerasan dilakukan menggunakan Rockwell Tester TH500. Proses uji melibatkan penempatan spesimen di bawah indenter, dengan pembacaan nilai kekerasan pada skala setelah kontak dengan indenter terjadi hingga penetrasi tertentu pada material. Hasil pengukuran kemudian diklasifikasikan sesuai dengan tingkat kekerasannya. Percobaan ini memberikan pemahaman mendalam tentang sifat kekerasan logam melalui metode Rockwell, serta relevansinya dalam konteks evaluasi material untuk aplikasi teknik dan industri.

Kata Kunci: Kekerasan, Uji Rockwell, Logam

I. PENDAHULUAN

Makna nilai kekerasan suatu material berbeda untuk kelompok bidang ilmu yang berbeda. Bagi insinyur metalurgi nilai kekerasan adalah ketahanan material terhadap penetrasi sementara. Untuk para insinyur desain nilai tersebut adalah ukuran dari tegangan alir, untuk insinyur lubrikasi kekerasan berarti ketahanan terhadap mekanisme keausan, untuk para insinyur mineralogi nilai itu adalah ketahanan terhadap goresan, dan untuk para mekanik workshop lebih bermakna kepada ketahanan material terhadap pemotongan dari alat potong.

Begitu banyak konsep kekerasan material yang dipahami oleh kelompok ilmu, walaupun demikian konsep-konsep tersebut dapat dihubungkan pada satu mekanisme yaitu tegangan alir plastis dari material yang diuji. Sehap material yang akan digunakan, maka sebelumnya perlu dilakukan pengujian/pengetesan material/logam meliputi antara lain:

- Uji Tarik Material
- Uji Kekerasan Material
- Uji Metalografi, dan lain-lain

Setiap material sebelum digunakan perlu dilakukan pengujian material/logam seperti atas, dengan maksud dan tujuan yang pada umumnya adalah untuk mengetahui sifat-sifat utama dari material/logam tersebut, baik dari segi kekuatannya, ketahanan maupun sifat-sifat yang lain terhadap suatu beban yang akan diberikan.

II. DASAR TEORI

Dari uraian singkat di atas maka kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai ketahanan material tersebut terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan tersebut dapat berupa mekanisme penggoresan (stretching), pantulan ataupun indentasi dari material terhadap suatu permukaan benda uji. Berdasarkan

mekanisme penekanan tersebut, dikenal 3 metode kekerasan:

1. Metode Gores

Metode ini dikenalkan oleh Fredrich Mohs yang membagi kekerasan material di dunia ini berdasarkan skala Mohs. Skala ini bervariasi dari nilai 1 untuk kekerasan yang paling rendah, sebagaimana dimiliki oleh material talk, hingga skala 10 sebagai kekerasan tertinggi, sebagaimana dimiliki oleh intan.

2. Metode Elastic/Pantul

Kekerasan suatu material ditentukan oleh alat Scleroscope yang mengukur tinggi pantulan suatu pemukul (hammer) dengan berat tertentu yang dijatuhkan dari suatu ketinggian terhadap benda uji. Tinggi pantulan (rebound) yang dihasilkan mewakili kekerasan benda uji. Semakin tinggi pantulan tersebut, yang ditunjukkan oleh dial pada alat pengukur, maka kekerasan benda uji dinilai semakin tinggi.

3. Metode Indentasi

Tipe pengetesan kekerasan material/logam ini adalah dengan mengukur tahanan plastis dari permukaan suatu material konstruksi mesin dengan spesimen standar terhadap penetrator. Adapun beberapa bentuk penetrator atau cara pengetesan ketahanan permukaan yang dikenal adalah:

A. Ball Indentation Test (Brinnel)

Pengujian kekerasan dengan metode Brinnel bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (indenter) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (specimen). Idealnya, pengujian Brinnel diperuntukan bagi material yang memiliki

kekerasan Brinell sampai 400 HB, jika lebih dari nilai tersebut maka disarankan menggunakan metode pengujian Rockwell ataupun Vickers. Angka Kekerasan Brinell (HB) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Indentor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten. Jika diameter Indentor 10 mm maka beban yang digunakan (pada mesin uji) adalah 3000 N sedang jika diameter Indentornya 5 mm maka beban yang digunakan (pada mesin uji) adalah 750 N. Diameter bola dengan gaya yang diberikan mempunyai ketentuan, yaitu:

- Jika diameter bola terlalu besar dan gaya yang diberikan terlalu kecil maka, akan mengakibatkan bekas lekukan yang terjadi akan terlalu kecil mengakibatkan sukar diukur sehingga memberikan informasi yang salah.
- Jika diameter bola terlalu kecil dan gaya yang diberikan terlalu besar maka, dapat mengakibatkan diameter bola pada benda yang diuji besar (ambasnya bola) sehingga mengakibatkan harga kekerasannya menjadi salah.

Pengujian kekerasan pada brinell ini biasa disebut BHN (brinell hardness number). Pada pengujian brinell akan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- Kehalusan permukaan
- Letak benda uji pada indentor
- Adanya pengotor pada permukaan

Dalam Praktiknya, pengujian Brinell biasa dinyatakan dalam (contoh) : HB 5 / 750 / 15 hal ini berarti bahwa kekerasan Brinell hasil pengujian dengan bola baja (Indentor) berdiameter 5 mm, beban Uji adalah sebesar 750 N per 0,102 dan lama pengujian 15 detik. Mengenai lama pengujian itu tergantung pada material yang akan diuji. Untuk semua jenis baja lama pengujian adalah 15 detik sedang untuk material bukan besi lama pengujian adalah 30 detik

B. Piramida Indentation (Vickers)
Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136 Derajat yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi.

Secara matematis dan setelah disederhanakan, HV sama dengan 1,854 dikalikan beban uji (F) dibagi dengan diagonal intan yang dikuadratkan. Beban uji (F) yang biasa dipakai adalah 5 N per 0,102; 10 N per 0,102; 30 N per 0,102N dan 50 per 0,102 N. Dalam Praktiknya, pengujian Vickers biasa dinyatakan dalam (contoh) : HV 30 hal ini berarti bahwa kekerasan Vickers hasil pengujian dengan beban uji (F) sebesar 30 N per 0,102 dan lama pembebanan 15 detik. Contoh lain misalnya HV 30 / 30 hal ini berarti bahwa kekerasan Vickers hasil pengujian dengan beban uji (F) sebesar 30 N per 0,102 dan lama pembebanan 30 detik.

C. Cone Indentation test (Rockwell)

Rockwell merupakan metode yang paling umum digunakan karena simple dan tidak menghendaki keahlian khusus. Gunakan kombinasi variasi indenter dan beban untuk bahan metal dan campuran mulai dari bahan lunak sampai keras.

Indenter:

- bola baja keras ukuran 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 inchi (1,588; 3,175; 6 350; 12,70 mm)
- Intan Kerucut

Hardness number (nomor kekerasan) ditentukan oleh perbedaan kedalaman penetrasi indenter, dengan cara memberi beban minor diikuti beban minor diikuti beban major yang lebih besar. Berdasarkan besar beban

minor dan major, uji kekerasan rockwell dibedakan atas 2 :

- Rockwell
- Rockwell superficial untuk bahan tipis

Skala Kekerasan:

Simbol	Indenter	Beban Major (Kg)
A	Intan	60
B	Bola 1/16 inch	100
C	Intan	150
D	Intan	100
E	Bola 1/8 inch	100
F	Bola 1/16 inch	60
G	Bola 1/16 inch	150
H	Bola 1/8 inch	60
K	Bola 1/8 inch	150

Uji Kekerasan Rockwell:

- Beban Minor: 10 Kg
- Beban Major : 60, 100, 150 Kg

Uji Kekerasan Rockwell superficial:

- Beban minor : 3 Kg
- Beban Major : 15, 30, 45 Kg

Skala yang umum dipakai dalam pengujian Rockwell adalah :

- a. Hra (Untuk material yang sangat keras)
- b. HRb (Untuk material yang lunak). Indentor berupa bola baja dengan diameter 1/16 Inchi dan beban uji 100 Kgf
- c. HRc (Untuk material dengan kekerasan sedang). Indentor berupa Kerucut intan dengan sudut puncak 120 derajat dan beban uji sebesar 150 kgf

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (spesimen) yang berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut.

D. Uji kekerasan mikro

Pada pengujian ini indentornya menggunakan intan kasar yang dibentuk menjadi piramida. Bentuk lekukan intan tersebut adalah perbandingan diagonal panjang dan pendek skala 7:1. Pengujian ini untuk menguji suatu material adalah dengan menggunakan beban statis. Bentuk idento yang khusus berupa knop memberikan kemungkinan membuat kekuatan yang lebih rapat dibandingkan dengan lekukan Vickers. Hal ini sangat berguna khususnya bila mengukur kekerasan lapisan tipis atau mengukur kekerasan bahan getas dimana kecenderungan menjadi patah sebanding dengan volume bahan yang ditegangkan.

Hardenability adalah sifat yang menentukan dalamnya daerah logam yang dapat dikeraskan.

Pendinginan yang terlalu cepat dapat dihindarkan karena dapat menyebabkan permukaan logam (baja) retak.

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda terhadap penetrasi/daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator).

Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan cold worked seperti pengerolan, penarikan, penekanan dan lain-lain serta kekerasan dapat dicapai sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas.

pa sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain; Komposisi kimia, Langkah Perlakuan Panas, aliran Pendinginan, Temperatur Pemanasan, dan lain-lain. Proses hardening cukup banyak dipakai di Industri logam atau bengkel-bengkel logam lainnya. Alat-alat permesinan atau komponen mesin banyak yang harus dikeraskan supaya tahan terhadap tusukan atau tekanan dan gesekan dari logam lain, misalnya roda gigi, poros-poros dan yang banyak dipakai pada benda bergerak. Dalam kegiatan produksi, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu produksi adalah merupakan masalah yang sangat sering dipertimbangkan dalam Industri dan selalu dicari upaya-upaya untuk mengoptimalkannya.

Pengoptimalannya ini dilakukan mengingat bahwa waktu (lamanya) menyelesaikan suatu produk adalah berpengaruh besar terhadap biaya produksi. Hardening dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan fatigue limit/strength yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperature pemanasan (temperature autenitising), holding time dan laju pendinginan yang dilakukan serta seberapa tebal bagian penampang yang menjadi keras banyak tergantung pada hardenability

III. TUJUAN

1. Mengetahui kekerasan logam (bahan) sebagai ukuran ketahanan logam tersebut terhadap deformasi plastis. Kekerasan ini dinyatakan dengan angka kekerasan skala Rockwell.

IV. ALAT DAN BAHAN

1. Seperangkat Rockwell Tester TH500
2. Berbagai Jenis Logam yang akan diukur nilai kekerasannya

V. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Persiapan uji → pilih skala indenter sesuai dengan jenis bahan yang akan diukur. Hubungan skala indenter dengan jenis material disajikan pada Tabel 1..
2. Pasang Indenter (D pada Gambar 1) sesuai dengan yang dipilih
3. Letakkan spesimen uji pada meja specimen (E), dan rotasikan agat pemutar spesimen (F) searah jarum

jam hingga meja spesimen naik ke atas menuju indenter

4. Setelah spesimen uji kontak dengan indenter, tahan. Kemudian putar load cell (H) secara kontinu (sesuai dengan Tabel 1).
5. Putar alat putar spesimen (F) hingga jarum kecil pada skala (A) menunjuk titik merah dan jarum panjang menunjukkan titik di sekitar C atau B (menunjuk angka nol).
6. Putar handle samping (H) hingga maksimum, catat angka yang ditunjukkan jarum panjang pada skala (A).
7. Nilai skala tersebut menyatakan nilai kekerasan spesimen uji yang kita ukur.

Tabel 1. Skala, Indenter, dan Material Sample

Scale	Indenter	Test Force		Scale mark of hardness indicating gauge	Scale Range	Common Range	Application Material Example
		Initial Test Force	Total Test Force				
TH A	Diamond Cone	98.1	588.4	C (Black)	0 ~ 100	20 ~ 88	Carbide, surface carburization hardened steel
TH B	φL5875 mm Ball Indenter	98.1	980.7	B (Red)	0 ~ 100	20 ~ 10	Soft steel, Al alloy, Cu alloy, malleable cast iron
TH C	Diamond Cone Indenter	98.1	1471	C (Black)	0 ~ 100	20 ~ 70	Hardened Steel, quenched and tempered steel, alloys

VI. DATA HASIL PENGAMATAN

Lampiran 1

VII. ANALISIS DATA

Lampiran 2

VIII. PEMBAHASAN

Percobaan uji kekerasan material dengan metode Rockwell adalah suatu prosedur untuk menentukan kekerasan logam atau bahan lainnya. Kekerasan merupakan sifat mekanik penting yang dapat mencerminkan ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis. Dalam metode Rockwell, angka kekerasan dinyatakan dalam skala Rockwell yang diperoleh melalui pengukuran indentasi yang terjadi pada permukaan material. Pengujian kekerasan menggunakan indenter Rockwell dengan

dua tipe, yaitu TH B (Bola) dan TH C (Kerucut Intan). Kedua indenter tersebut diujikan terhadap logam dengan beban yang berbeda, yaitu untuk TH B sebesar 980.7 Newton dan TH C sebesar 1471 Newton. Logam seperti Aluminium, Tembaga, dan Kuningan memiliki kekerasan yang sesuai dengan indenter TH B, sementara Stainless Steel dan Besi memiliki kekerasan yang lebih tinggi, sehingga memerlukan indenter TH C yang lebih keras. Range nilai hasil indentasi TH B umumnya berada pada 20-100, sedangkan TH C pada 20-70.

Proses pengujian dimulai dengan memasang indenter sesuai jenis pengujian yang diperlukan (TH B atau TH C). Selanjutnya, spesimen diletakkan di tempat yang tersedia, dan beban penekanan disetel. Nilai kekerasan dihitung berdasarkan dalamnya bekas lekukan pada spesimen setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor.

IX. KESIMPULAN

Berdasarkan praktikum yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa

1. Hasil analisis nilai kekerasan logam diantaranya:
 - Stainless Steel: 31,4 TH C
 - Kuningan: 59,7 TH B
 - Tembaga: 55,4 TH B

- Alumunium: 45,6 TH B

DAFTAR PUSTAKA

Dosen Pengampu Fisika Eksperimental

II. (2021). *Buku Petunjuk Praktikum Fisika Eksperimental II*. Surabaya: UNAIR

Smith, W.F. (2006). "Principles of Materials Science and Engineering." Wiley.

Callister, W.D., & Rethwisch, D.G. (2018). "Materials Science and Engineering: An Introduction." Wiley.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Hasil Pengamatan

Tabel 2. Data Pengamatan Bahan Aluminium

No	Uji Ketahanan (TH B)
1	47,5
2	42
3	44,5
4	47
5	47

Tabel 3. Data Pengamatan Bahan Tembaga

No	Uji Ketahanan (TH B)
1	55,5
2	52
3	54,5
4	57
5	58

Tabel 4. Data Pengamatan Bahan Kuningan

No	Uji Ketahanan (TH B)
1	62
2	59,5
3	59
4	59
5	59

Tabel 5. Data Pengamatan Bahan Stainless Steel

No	Uji Ketahanan (TH C)
1	31
2	32
3	32
4	30,5
5	31,5

Analisis Data

A. Mencari nilai Displacement uji kekerasan material dalam skala TH B

Menggunakan persamaan:

$$THB = 130 - \frac{(h_2 - h_0)}{0.02}$$

$$(h_2 - h_0) = 0.02(130 - THB)$$

dengan toleransi

$$\Delta(h_2 - h_0) = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum (h_2 - h_0)^2 - (\sum (h_2 - h_0))^2}{n-1}}$$

diperoleh nilai displacement untuk masing-masing bahan sebagai berikut:

1. Aluminium

No	TH B	(h ₂ - h ₀)	(h ₂ - h ₀) ²
1	47,5	1,65	2,7225
2	42	1,76	3,0976
3	44,5	1,71	2,9241
4	47	1,66	2,7556
5	47	1,66	2,7556
Jumlah	228	8,44	14,2554
Rata-rata	45,6	1,688	2,85108
Toleransi	0,02083266666		

Nilai Displacement Bahan Aluminium: (1.688 ± 0.02083) mm

2. Tembaga

No	TH B	$(h_2 - h_0)$	$(h_2 - h_0)^2$
1	55,5	1,49	2,2201
2	52	1,56	2,4336
3	54,5	1,51	2,2801
4	57	1,46	2,1316
5	58	1,44	2,0736
Jumlah	277	7,46	11,139
Rata-rata	55,4	1,492	2,2278
Toleransi	0,02083266666		

Nilai Displacement Bahan Tembaga: $(1.492 \pm 0.02083) \text{ mm}$

3. Kuningan

No	TH B	$(h_2 - h_0)$	$(h_2 - h_0)^2$
1	62	1,36	1,8496
2	59,5	1,41	1,9881
3	59	1,42	2,0164
4	59	1,42	2,0164
5	59	1,42	2,0164
Jumlah	298,5	7,03	9,8869
Rata-rata	59,7	1,406	1,97738
Toleransi	0,01166190379		

Nilai Displacement Bahan Kuningan: $(1.406 \pm 0.01166) \text{ mm}$

B. Mencari nilai Displacement uji kekerasan material dalam skala TH C

Menggunakan persamaan:

$$THB = 100 - \frac{(h_2 - h_0)}{0.02}$$

$$(h_2 - h_0) = 0.02(100 - THB)$$

diperoleh nilai displacement untuk bahan Stainless Steel

Stainless Steel

No	TH C	(h ₂ - h ₀)	(h ₂ - h ₀) ²
1	31	1,38	1,9044
2	32	1,36	1,8496
3	32	1,36	1,8496
4	30,5	1,39	1,9321
5	31,5	1,37	1,8769
Jumlah	157	6,86	9,4126
Rata-rata	31,4	1,372	1,97256
Toleransi	0,005830951895		

Nilai Displacement Bahan Stainless Steel: (1. 372 ± 0. 00583) mm