

BAB 1. PENGUJIAN KEKERASAN

Kompetensi : Menguasai prosedur dan trampil melakukan pengujian kekerasan.

Sub Kompetensi : Menguasai prosedur pengujian kekerasan Brinell, Vickers dan Rockwell B

DASAR TEORI

1. Pengujian Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen (Dieter, 1987). Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam.

Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu: (1) Kekerasan goresan (*scratch hardness*); (2) Kekerasan lekukan (*indentation hardness*); (3) Kekerasan pantulan (*rebound*). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan Brinell, Vickers, Rockwell, Knoop, dan sebagainya.

2. Uji Kekerasan Brinell

Metode uji kekerasan yang diajukan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900 ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya (Dieter, 1987). Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai bola baja yang dikeraskan yang ditekan dengan beban tertentu. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop, setelah beban tersebut dihilangkan. Permukaan yang akan dibuat lekukan harus *relatif halus, rata dan bersih dari debu atau kerak*.

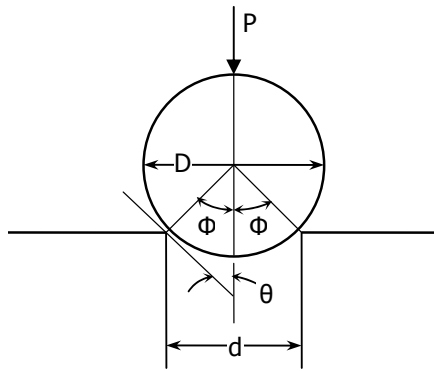
Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diameter jejak. BHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$BHN = \frac{P}{(\pi D / 2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots (1)$$

dengan: P = beban yang digunakan (kg)
D = diameter bola baja (mm)
d = diameter lekukan (mm)

Dari gambar 1, tampak bahwa $d = D \sin \phi$. Dengan memasukkan harga ini ke dalam persamaan (1) akan dihasilkan bentuk persamaan kekerasan brinell yang lain, yaitu:

$$BHN = \frac{P}{(\pi / 2) D^2 (1 - \cos \phi)} \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 1. Parameter-parameter dasar pada pengujian Brinell (Dieter, 1987)

Jejak penekanan yang relatif besar pada uji kekerasan brinell memberikan keuntungan dalam membagikan secara pukul rata ketidak seragaman lokal. Selain itu, uji brinell tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekasaran permukaan dibandingkan uji kekerasan yang lain. Di sisi lain, jejak penekanan yang besar ukurannya, dapat menghalangi pemakaian uji ini untuk benda uji yang kecil atau tipis, atau pada bagian yang kritis terhadap tegangan sehingga lekukan yang terjadi dapat menyebabkan kegagalan (*failure*).

3. Uji Kekerasan Brinell Palu Poldy

Metode pengujian kekerasan ini dibuat untuk pemakaian praktis dilapangan atau industri. Dengan metode pengujian ini benda kerja yang hendak diuji kekerasannya tidak perlu dipotong atau dibawa ke laboratorium, karena peralatan pengujian ini dapat dibawa keluar dari laboratorium. Dengan demikian untuk benda kerja berukuran besar yang tidak mungkin dibawa ke dalam laboratorium dapat diuji kekerasannya dengan metode ini.

Pada pengujian kekerasan brinell palu poldy digunakan benda uji standar yang telah diketahui harga kekerasannya sebagai referensi. Maka berdasarkan persamaan (1) kekerasan benda uji standar adalah:

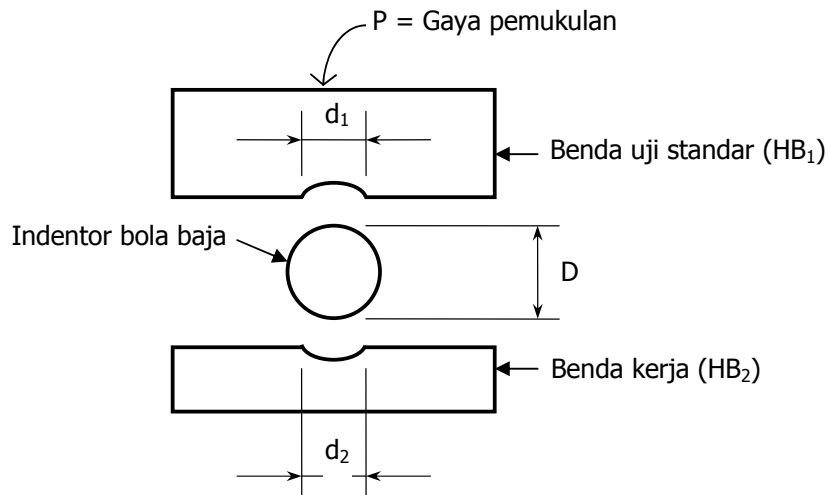
$$HB_1 = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d_1^2})} \text{ kg / mm}^2 \dots\dots\dots (3)$$

dan kekerasan benda kerja yang hendak diukur kekerasannya adalah:

$$HB_2 = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d_2^2})} \text{ kg / mm}^2 \dots\dots\dots (4)$$

- dengan: D = diameter indenter = 10 mm
- d₁ = diameter indentasi pada benda uji standar (mm)
- d₂ = diameter indentasi pada benda kerja (mm)
- HB₁ = kekerasan benda uji standar yang sudah diketahui (kg/mm²)
- HB₂ = kekerasan benda kerja yang hendak diukur (kg/mm²)
- P = Gaya pemukulan (kg)

Dengan substitusi, dari persamaan (3) dan (4) dapat dihitung harga kekerasan benda kerja.



Gambar 2. Skema pengujian kekerasan Brinell Palu Poldy.

4. Uji Kekerasan Vickers

Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujursangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (Dieter, 1987).

Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

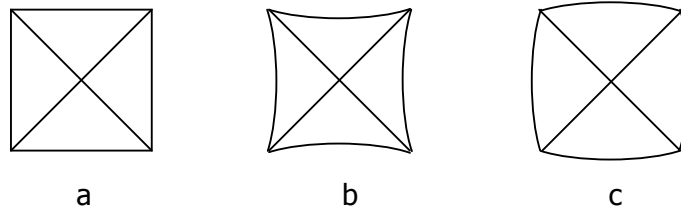
$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \dots\dots\dots (5)$$

dengan: P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

Karena jejak yang dibuat dengan penekan piramida serupa secara geometris dan tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, maka VHN tidak tergantung kepada beban. Pada umumnya hal ini dipenuhi, kecuali pada beban yang sangat ringan. Beban yang biasanya digunakan pada uji vickers berkisar antara 1 hingga 120 kg. tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji. Hal-hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode vickers adalah: (1) Uji ini tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian ini sangat lamban, (2) Memerlukan persiapan permukaan benda uji yang hati-hati, dan (3) Terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal.



Gambar 3. Tipe-tipe lekukan piramida intan: (a) lekukan yang sempurna, (b) lekukan bantal jarum, (c) lekukan berbentuk tong (Dieter, 1987)

Lekukan yang benar yang dibuat oleh penekan piramida intan harus berbentuk bujur sangkar (gambar 3a). Lekukan bantal jarum (gambar 3b) adalah akibat terjadinya penurunan logam di sekitar permukaan piramida yang datar. Keadaan demikian terjadi pada logam-logam yang dilunakkan dan mengakibatkan pengukuran panjang diagonal yang berlebihan. Lekukan berbentuk tong (gambar 3c) akibat penimbunan ke atas logam-logam di sekitar permukaan penekan terdapat pada logam-logam yang mengalami proses pengerjaan dingin.

5. Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian rockwell mirip dengan pengujian brinell, yakni angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi derajat indentasi. Beban dan indenter yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Berbeda dengan pengujian brinell, indenter dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955).

Indenter atau "penetrator" dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan ujung yang agak membulat (biasa disebut "brale"). Diameter bola baja umumnya $\frac{1}{16}$ inchi, tetapi terdapat juga indenter dengan diameter lebih besar, yaitu $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, atau $\frac{1}{2}$ inchi untuk bahan-bahan yang lunak. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan beban minor 10 kg, dan kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor biasanya 60 atau 100 kg untuk indenter bola baja dan 150 kg untuk indenter brale. Meskipun demikian, dapat digunakan beban dan indenter sesuai kondisi pengujian.

Karena pada pengujian rockwell, angka kekerasan yang ditunjukkan merupakan kombinasi antara beban dan indenter yang dipakai, maka perlu diberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan.

Dial pada mesin terdiri atas warna merah dan hitam yang didesain untuk mengakomodir pengujian skala B dan C yang seringkali dipakai. Skala kekerasan B digunakan untuk pengujian dengan kekerasan medium seperti baja karbon rendah dan baja karbon medium dalam kondisi telah dianil (dilunakkan). *Range* kekerasannya dari 0–100. Bila indenter bola baja dipakai untuk menguji bahan yang kekerasannya melebihi B 100, indenter dapat terdefomasi dan berubah bentuk. Selain itu, karena bentuknya, bola baja tidak sesensitif brale untuk membedakan kekerasan bahan-bahan yang keras. Tetapi jika indenter bola baja dipakai untuk menguji bahan yang lebih lunak dari B 0, dapat mengakibatkan pemegang indenter mengenai benda uji, sehingga hasil pengujian tidak benar dan pemegang indenter dapat rusak.

Tabel 1. Skala kekerasan Rockwell dan huruf awalnya (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955)

Simbol skala dan huruf awalan	Indentor	Beban penekanan (kg)	Warna dial
B C	Kelompok 1: Bola baja $\frac{1}{16}$ -inchi	100	Merah
	Brale	150	Hitam
A D E F G H K	Kelompok 2: Brale	60	Hitam
	Brale	100	Hitam
	Bola baja $\frac{1}{8}$ -inchi	100	Merah
	Bola baja $\frac{1}{16}$ -inchi	60	Merah
	Bola baja $\frac{1}{16}$ -inchi	150	Merah
	Bola baja $\frac{1}{8}$ -inchi	60	Merah
	Bola baja $\frac{1}{8}$ -inchi	150	Merah
L M P R S V	Kelompok 3: Bola baja $\frac{1}{4}$ -inchi	60	Merah
	Bola baja $\frac{1}{4}$ -inchi	100	Merah
	Bola baja $\frac{1}{4}$ -inchi	150	Merah
	Bola baja $\frac{1}{2}$ -inchi	60	Merah
	Bola baja $\frac{1}{2}$ -inchi	100	Merah
	Bola baja $\frac{1}{2}$ -inchi	150	Merah

TUGAS :

Lakukan pengujian kekerasan Vickers

Lakukan pengujian kekerasan Brinell Palu Poldy

Lakukan pengujian kekerasan Brinell

Lakukan Pengujian kekerasan Rockwell B

LEMBAR KERJA 1:

A. Hari dan Tanggal Praktikum:

B. Topik Praktikum : Pengujian kekerasan Brinell

C. Tujuan : Setelah melakukan praktikum ini mahasiswa dapat:

1. Mempersiapkan bahan dan perlengkapan uji kekerasan Brinell.
2. Melakukan pengujian kekerasan Brinell.
3. Menentukan harga kekerasan suatu bahan dengan metode Brinell.

C. Bahan :

D. Alat dan Perlengkapan :

1. Universal hardness tester beserta kelengkapannya.
2. Kaca pembesar berskala.
3. Ragum, kikir, ampelas.
4. Modul, lembar kerja dan alat tulis

E. Langkah Kerja :

1. Siapkan permukaan benda kerja:
 - a. Ratakan kedua permukaan benda kerja menggunakan kikir dan ampelas kasar, sehingga kedua bidang permukaan tersebut sejajar.
 - b. Haluskan permukaan benda kerja menggunakan ampelas.
2. Siapkan perangkat uji kekerasan Brinell pada Universal Hardness Tester:
 - a. Memasang bandul beban 250 kg (2452 N).
 - b. Memasang indenter bola baja berdiameter 5 mm.
 - c. Memasang benda kerja pada landasan
 - d. Handel diatur pada posisi ke atas.
3. Sentuhkan benda kerja pada indenter dengan memutar piringan searah jarum jam sampai jarum besar pada skala berputar $2\frac{1}{2}$ kali dan jarum kecil menunjuk pada angka 3. Jika terasa berat, jangan dipaksakan tetapi harus diputar balik dan diulangi.
4. Lepaskan handel ke depan secara perlahan-lahan. Jangan menekan handel ke bawah, tetapi biarkanlah handel bergerak sendiri turun ke bawah. Jarum besar pada skala akan bergerak seiring dengan turunnya handel ke bawah. Tunggu hingga jarum besar pada skala berhenti dengan sendirinya.
5. Tunggu selama 30 detik dari saat berhentinya jarum, kemudian gerakkan handel ke atas secara perlahan-lahan sampai maksimal.
6. Lepaskan benda kerja dengan memutar piringan berlawanan arah jarum jam.
7. Ukurlah panjang diameter indentasi dengan kaca pembesar berskala.
8. Ulangi pengujian sampai tiga kali pada tiga tempat berbeda.
9. Hitung kekerasan di masing-masing titik dengan persamaan (1), kemudian ambil reratanya.

F. Data-data pengamatan

Alat uji kekerasan dan sistem uji =

Indenter = d =mm

Beban penekanan =

Bahan	Pengujian ke-	Diameter indentasi (mm)	Harga kekerasan Brinell (kg/mm ²)	Rata-rata (kg/mm ²)
	1. 2. 3.			
	1. 2. 3.			
	1. 2. 3.			

G. Pembahasan

H. Kesimpulan

I. Saran

TTD Praktikan:

TTD Dosen/asisten:

LEMBAR KERJA 2 :

A. Hari dan Tanggal Praktikum:

B. Topik Praktikum : Pengujian kekerasan Vickers

C. Tujuan : Setelah melakukan praktikum ini mahasiswa dapat:

1. Mempersiapkan bahan dan perlengkapan uji kekerasan Vickers.
2. Melakukan pengujian kekerasan Vickers.
3. Menentukan harga kekerasan suatu bahan dengan metode Vickers.

D. Bahan :

E. Alat dan Perlengkapan :

1. Universal hardness tester beserta kelengkapannya.
2. Kaca pembesar berskala.
3. Ragum, ampelas, kikir.
4. Modul, lembar kerja dan alat tulis

F. Langkah Kerja :

1. Siapkan permukaan benda kerja:
 - a. Ratakan kedua permukaan benda kerja menggunakan kikir dan amplas kasar, sehingga kedua bidang permukaan tersebut sejajar.
 - b. Haluskan permukaan benda kerja menggunakan amplas.
2. Siapkan perangkat uji kekerasan Vickers pada Universal Hardness Tester:
 - a. Memasang bandul beban 60 kg (588 N).
 - b. Memasang indentor piramida intan bersudut 136° .
 - c. Memasang benda kerja pada landasan
 - d. Handel diatur pada posisi ke atas.
3. Sentuhkan benda kerja pada indentor dengan memutar piringan searah jarum jam sampai jarum besar pada skala berputar $2\frac{1}{2}$ kali dan jarum kecil menunjuk pada angka 3. Jika terasa berat, jangan dipaksakan tetapi harus diputar balik dan diulangi.
4. Lepaskan handel ke depan secara perlahan-lahan. Jangan menekan handel ke bawah, tetapi biarkanlah handel bergerak sendiri turun ke bawah. Jarum besar pada skala akan bergerak seiring dengan turunnya handel ke bawah. Tunggu hingga jarum besar pada skala berhenti dengan sendirinya.
5. Tunggu selama 30 detik dari saat berhentinya jarum, kemudian gerakkan handel ke atas secara perlahan-lahan sampai maksimal.
6. Lepaskan benda kerja dengan memutar piringan berlawanan arah jarum jam.
7. Ukurlah panjang diagonal indentasi dengan kaca pembesar berskala.
8. Ulangi pengujian sampai tiga kali pada tiga tempat berbeda.
9. Hitung kekerasan di masing-masing titik dengan persamaan (6), kemudian ambil reratanya.

F. Data-data pengamatan

Alat uji kekerasan dan sistem uji =

Indentor =

Beban penekanan =

Bahan	Uji ke-	Diagonal indentasi (mm)		Diagonal indentasi rata-rata = $(d_1+d_2)/2$ (mm)	Harga kekerasan Vickers (kg/mm^2)	Harga kekerasan Vickers rata-rata (kg/mm^2)
		d_1	d_2			
	1. 2. 3.					
	1. 2. 3.					
	1. 2. 3.					

G. Pembahasan

H. Kesimpulan

I. Saran

LEMBAR KERJA 3 :

A. Hari dan Tanggal Praktikum:

B. Topik Praktikum : Pengujian kekerasan Brinell Palu Poldy

C. Tujuan : Setelah melakukan praktikum ini mahasiswa dapat:

1. Mempersiapkan bahan dan perlengkapan uji kekerasan Brinell Palu Poldy.
2. Melakukan pengujian kekerasan Brinell Palu Poldy.
3. Menentukan harga kekerasan suatu bahan dengan metode Brinell Palu Poldy.

C. Bahan :

D. Alat dan Perlengkapan :

1. Peralatan uji kekerasan Brinell Palu Poldy beserta kelengkapannya.
2. Kaca pembesar berskala.
3. Ragum, ampelas, kikir, palu pemukul.
4. Modul, lembar kerja dan alat tulis.

E. Langkah Kerja :

1. Siapkan permukaan benda kerja:
 - a. Ratakan kedua permukaan benda kerja menggunakan kikir dan amplas kasar, sehingga kedua bidang permukaan tersebut sejajar.
 - b. Haluskan dan bersihkan permukaan benda kerja menggunakan amplas.
2. Siapkan perangkat uji kekerasan Brinell Palu Poldy.
3. Pasangkan benda uji standar pada alat uji kekerasan Brinell Palu Poldy.
4. Letakkan benda kerja pada landasan (ragum) kemudian tempelkan indenter dari alat uji di atas benda kerja.
5. Berikan gaya pemukulan menggunakan palu sehingga indenter akan membuat bekas indentasi pada benda uji standar dan benda kerja.
6. Lepaskan benda uji standar dari alat uji dan ukur diameter indentasi pada benda uji standar dan benda kerja menggunakan kaca pembesar berskala. Catatlah hasilnya.
7. Ulangi langkah kerja 3 sampai 6 sebanyak tiga kali pada tiga tempat berbeda pada benda kerja dan benda uji standar.
8. Hitunglah harga kekerasan masing-masing pengukuran dengan persamaan (4) dan (5).
9. Ambil rerata harga kekerasan benda kerja yang telah diperoleh dari perhitungan.

F. Data-data pengamatan

Alat uji kekerasan dan sistem uji =

Indenter = D = mm

Bahan	Uji ke-	HB ₁ (kg/mm ²)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	HB ₂ (kg/mm ²)	Rata-rata HB ₂ (kg/mm ²)
	1.					
	2.					
	3.					
	1.					
	2.					
	3.					

Bahan	Uji ke-	HB ₁ (kg/mm ²)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	HB ₂ (kg/mm ²)	Rata-rata HB ₂ (kg/mm ²)
	1.					
	2.					
	3.					

G. Pembahasan

H. Kesimpulan

I. Saran

TTD Praktikan:

TTD Dosen/asisten:

LEMBAR KERJA 4 :

A. Hari dan Tanggal Praktikum:

B. Topik Praktikum : Pengujian kekerasan Rockwell B

C. Tujuan : Setelah melakukan praktikum ini mahasiswa dapat:

1. Mempersiapkan bahan dan perlengkapan uji kekerasan Rockwell B
2. Melakukan pengujian kekerasan Rockwell B
3. Menentukan harga kekerasan suatu bahan dengan metode Rockwell B

C. Bahan :

D. Alat dan Perlengkapan :

1. Universal hardness tester beserta kelengkapannya.
2. Ragum, ampelas, kikir.
3. Modul, lembar kerja dan alat tulis

E. Langkah Kerja :

1. Siapkan permukaan benda kerja:
 - a. Ratakan kedua permukaan benda kerja menggunakan kikir dan amplas kasar, sehingga kedua bidang permukaan tersebut sejajar.
 - b. Haluskan permukaan benda kerja menggunakan amplas.
2. Siapkan perangkat uji kekerasan Rockwell B pada Universal Hardness Tester:
 - a. Memasang bandul beban 100 kg (981 N).
 - b. Memasang indentor bola baja berdiameter $\frac{1}{16}$ inci.
 - c. Memasang benda kerja pada landasan
 - d. Handel diatur pada posisi ke atas.
3. Sentuhkan benda kerja pada indentor dengan memutar piringan searah jarum jam sampai jarum besar pada skala berputar $2\frac{1}{2}$ kali sehingga jarum besar menunjuk angka nol dan jarum kecil menunjuk pada angka 3. Jika terasa berat, jangan dipaksakan tetapi harus diputar balik dan diulangi.
4. Lepaskan handel ke depan secara perlahan-lahan. Jangan menekan handel ke bawah, tetapi biarkanlah handel bergerak sendiri turun ke bawah. Jarum besar pada skala akan bergerak seiring dengan turunnya handel ke bawah. Tunggu hingga jarum besar pada skala berhenti dengan sendirinya.
5. Tunggu selama 30 detik dari saat berhentinya jarum, kemudian gerakkan handel ke atas secara perlahan-lahan sampai maksimal. Dengan naiknya handel, jarum ikut berputar searah putaran jarum jam sampai akhirnya berhenti.
6. Baca harga kekerasan HRB pada saat jarum telah berhenti. Bacalah pada skala B yang berwarna merah.

F. Data-data pengamatan

Alat uji kekerasan dan sistem uji =

Indentor = d =mm

Beban penekanan =

Bahan	Pengujian ke-	Harga kekerasan Rockwell B (HRB)	Rata-rata HRB
	1. 2. 3.		
	1. 2. 3.		
	1. 2. 3.		

G. Pembahasan

H. Kesimpulan

I. Saran

EVALUASI

Diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut ini bersama rekan satu kelompokmu!

1. Bagaimanakah prosedur pengujian kekerasan Brinell?
2. Jelaskan kekurangan dan kelebihan pengujian kekerasan Brinell!
3. Bagaimanakah prosedur pengujian kekerasan Vickers?
4. Jelaskan kekurangan dan kelebihan pengujian kekerasan Vickers!
5. Bagaimanakah prosedur pengujian kekerasan Brinell Palu Poldy?
6. Jelaskan kekurangan dan kelebihan pengujian kekerasan Brinell Palu Poldy!
7. Bagaimanakah prosedur pengujian kekerasan Rockwell B?
8. Jelaskan kelebihan dan kekurangan pengujian kekerasan Rockwell B!