

Pengaruh Variasi Beban Indentasi terhadap Nilai Kekerasan Blok Standar Menggunakan *Vickers Microhardness Tester*

(Indentation Load Variation Effect on the Hardness Value of Standard Blocks Using a Vickers Microhardness Tester)

Intan Nur Musyarrofah^{1,2}, Tita Aisyah¹, Vika Arwida Fanita Sari²

¹Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Indonesia
Jl. Raya Puspiptek, Kelurahan Setu, Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan 15314

²Badan Riset dan Inovasi Nasional
Gedung B.J. Habibie, Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat 10340

Abstrak

Vickers microhardness tester adalah salah satu alat uji keras mikro yang menggunakan metode Vickers. Alat ini digunakan untuk mengukur kekerasan permukaan material pada skala mikro dengan menggunakan indenter berbentuk piramida intan. Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh variasi beban indentasi terhadap nilai kekerasan pada blok standar yang dimiliki menggunakan Vickers microhardness tester. Pengujian dilakukan dengan empat beban indentasi yang berbeda dengan enam kali pengukuran tiap bebannya sehingga dapat diamati kestabilan hasil pengukurannya. Nilai kekerasan yang diperoleh dari hasil indentasi dianalisis untuk menentukan rata-rata nilai kekerasannya, dan pengaruh beban terhadap nilai kekerasannya. Hasil dari penelitian memperlihatkan bahwa variasi beban indentasi tidak terlalu memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai kekerasannya dan masih berada dalam batas toleransi blok standarnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa blok standar yang digunakan masih memiliki homogenitas material yang baik sehingga masih valid digunakan sebagai standar referensi dalam proses kalibrasi alat uji keras.

Kata Kunci : Vickers microhardness tester, beban indentasi, nilai kekerasan Vickers

Abstract

Vickers microhardness tester is a microhardness tester that uses the Vickers method. This tool is used to measure the surface hardness of materials on a micro scale using a diamond pyramid-shaped indenter. In this study, an analysis of the variations effect variations in indentation loads on the hardness value of the standard block was carried out using the Vickers microhardness tester. The test was carried out with four different indentation loads with six measurements for each load so that the stability of the measurement results could be observed. The hardness values obtained from the indentation results were analyzed to determine the average hardness value, and the effect of the load on the hardness value. The results of the study showed that variations in indentation loads did not have a significant effect on the hardness value and were still within the tolerance limits of the standard block. This study shows that the standard block used still has good material homogeneity so it is still valid for use as a reference standard in the calibration process of the hardness tester.

Keyword : Vickers microhardness tester, indentation load, Vickers Hardness Value (HV)

*Penulis Korespondensi.

Alamat E-mail : inta012@brin.go.id (Intan Nur Musyarrofah)

1. Pendahuluan

Vickers microhardness tester adalah salah satu alat uji keras dengan metode *Vickers* untuk mengukur kekerasan permukaan material pada skala mikro. Pada pengujianya, salah satu variabel yang penting adalah besar beban indentasi yang digunakan, karena variasi beban dalam kondisi tertentu dapat memengaruhi nilai kekerasan yang terukur. Hal ini dikenal dengan istilah yaitu *Indentation Size Effect (ISE)* di mana nilai kekerasan dapat berubah saat beban indentasi juga diubah. Oleh karena itu, perlu diketahui apakah variasi beban indentasi yang digunakan memang berpengaruh terhadap nilai kekerasan, terutama saat pengujian dilakukan pada blok standar yang digunakan sebagai acuan kalibrasi alat.

Pada penelitian W Noor Fatimah, dkk menerangkan bahwa pada material tertentu, utamanya lapisan tipis dan material dengan mikrostruktur halus, besarnya beban indentasi mempengaruhi nilai kekerasan *Vickers*. [1] Kemudian penelitian oleh Price dan Sullivan (2024) mengatakan bahwa material yang tidak dimodifikasi (*raw*) menghasilkan nilai kekerasan yang relatif stabil pada berbagai beban indentasi. [2] Dari penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengaruh beban terhadap nilai kekerasan tidak sama, tergantung pada karakteristik material yang diuji itu sendiri. Oleh sebab itu, penelitian ini relevan untuk mengonfirmasi apakah blok standar yang dimiliki masih mempertahankan stabilitas nilai kekerasannya sesuai standar.

Permasalahan yang timbul adalah belum ada verifikasi mengenai blok standar yang digunakan dalam pengujian, apakah dengan berbagai beban indentasi yang digunakan mempengaruhi kestabilan nilai kekerasannya. Serta dalam verifikasi perlu diketahui juga faktor koreksinya berdasarkan perbandingan nilai referensi dengan nilai rata-rata kekerasan yang terukur, faktor koreksi penting bukan untuk menganalisa fenomena pengaruh beban indentasi namun untuk menilai keakuratan alat uji.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisa pengaruh variasi beban indentasi terhadap nilai kekerasannya, menghitung faktor koreksi, serta menilai kesesuaian nilai kekerasan blok standar terhadap batas toleransinya.

Penelitian ini terbatas pada uji keras menggunakan *Vickers microhardness tester* pada material blok standar. Variasi beban indentasi yang digunakan adalah 200gf, 300gf, 500gf, dan 1000gf. Analisa dilakukan berdasarkan rata-rata nilai kekerasan yang terukur apakah masih sesuai dengan nilai standar.

Hasil yang diinginkan pada penelitian ini yaitu data nilai kekerasan untuk tiap variasi beban indentasi, di mana dari hasil tersebut dapat di evaluasi apakah perbedaan hasil pengukuran yang muncul signifikan atau masih dalam rentang toleransinya. Hasil ini penting untuk menentukan apakah blok standar yang digunakan masih layak dan memenuhi standar serta untuk mengetahui apakah variasi beban sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan.

2. Teori Dasar

Vickers microhardness tester menjadi salah satu cara untuk menentukan kekerasan suatu material tanpa merusak permukaan (deformasi minim karena skalanya mikro). Metode *Vickers* ini menggunakan indenter piramida intan dengan sudut puncak 136°. Jejak indenter yang dihasilkan berbentuk belah ketupat dan nilai kekerasan ditentukan dari rata-rata panjangnya nilai diagonal yang terukur. Nilai kekerasan yang dihasilkan dapat memperlihatkan ketahanan material terhadap penetrasi, dapat dikatakan bahwa makin kecil jejak indentasi yang terbentuk maka nilai kekerasan yang dihasilkan juga semakin tinggi. Pada pengujian kekerasan mikro dengan beban indentasi yang rendah, nilai kekerasan yang dihasilkan memperlihatkan variasi yang disebabkan adanya sensitivitas pengukuran diagonal dan adanya fenomena yang disebut dengan *Indentation Size Effect (ISE)*.

Nilai kekerasan *Vickers* (HV) yang dihasilkan berasal dari rasio antara beban indentasi terhadap luas proyeksi jejak indentasi. Luas proyeksi jejak indentasi ini, sebanding dengan kuadrat rata-rata diagonal jejak yang terukur. Indenter *Vickers* berbentuk piramida intan yang memiliki sudut puncak 136°, berdasarkan hubungan trigonometrik dari geometri piramida *Vickers* ini menghasilkan konstanta 1,854 yang digunakan dalam menghitung besarnya nilai kekerasan. Dapat dirumuskan bahwa nilai kekerasan berasal dari perbandingan antara fungsi beban yang digunakan dengan besarnya diagonal indentasi yang dihasilkan. Dalam perhitungannya satuan beban menggunakan ketentuan standar yang sudah ditetapkan untuk *Vickers* yaitu dengan satuan kilogram-force (kgf), sehingga beban gram-force (gf) perlu dikonversi dulu ke kgf sebelum memulai perhitungan. Prinsip inilah yang mendasari penentuan nilai kekerasan pada seluruh sistem pengujian kekerasan dengan metode *Vickers*. [3]

$$\text{Persamaan pertama} \\ HV = 1.854 \frac{F}{d^2} \quad (1)$$

di mana:

HV = nilai kekerasan *Vickers*

F = beban indentasi (kgf)

d = diagonal rata-rata jejak indentasi (mm)

Dalam pengujian kekerasan diperlukan kalibrasi alat uji keras terlebih dahulu dan blok standar digunakan sebagai material acuan karena sudah ditetapkan referensi nilai kekerasannya dari pabrikan. Berdasarkan nilai rata-rata kekerasan yang terukur terhadap nilai referensi pabrikan dapat ditetapkan kelayakan blok standar yang digunakan[4]. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi beban indentasi untuk melihat stabilitas nilai kekerasan yang dihasilkan. Serta hasil perbandingan dari nilai referensi pabrikan dengan nilai rata-rata pengukuran kekerasan didapatkan nilai faktor koreksinya, sehingga dapat dipastikan kondisi kinerja alatnya.[3]

Persamaan kedua

$$f.k = \frac{HV \text{ referensi}}{HV \text{ terukur}} \quad (2)$$

di mana:

f.k = faktor koreksi

HV referensi = 707 (berdasarkan sertifikat pabrikan)

HV terukur = HV rata-rata pengukuran

3. Metodologi

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah material blok standar dari Matsuzawa dengan nomor blok standar 74145 yang memiliki nilai kekerasan yang sudah ditetapkan pabrikan melalui proses kalibrasi tersertifikasi. Blok standar ini memiliki nilai referensi dan batas toleransi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam evaluasi kinerja alat uji keras.

Pengujian ini dilakukan dengan *Vickers microhardness tester*. Pengecekan awal sebelum pengujian dilakukan untuk memastikan posisi fokus optik, kestabilan tempat uji serta kebersihan lensa uji keras. Kestabilan tempat uji ini penting untuk menghindari adanya getaran saat proses indentasi yang kemudian dapat merusak hasilnya.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan melakukan indentasi pada blok standar dengan berbagai variasi beban indentasi sesuai dengan spesifikasi alat dan rentang pengujian *microhardness*. Hasil dari indentasi ini berbentuk belah ketupat, dimana panjang diagonal jejaknya dapat diukur. Nilai kekerasan kemudian dapat dihitung dari diagonal rata-rata hasil jejak indentasi.

Rancangan percobaan ini menggunakan variasi beban indentasi yaitu 200gf, 300gf, 500gf, dan 1000gf. Pada tiap level beban dilakukan pengujian sebanyak tiga kali indentasi dengan dua kali pengukuran sehingga diperoleh nilai

rata-rata kekerasannya. Rata-rata nilai kekerasan ini dibandingkan dengan nilai referensi pada blok standar untuk mendapatkan faktor koreksinya. Dari faktor koreksi ini dapat ditentukan kondisi kinerja alatnya. Kemudian berdasarkan nilai rata-rata pengukuran kekerasan terhadap nilai rata-rata referensinya dapat ditentukan juga kelayakan blok standar yang digunakan apakah masih dalam rentang batas toleransinya serta dapat dilihat pula perubahan nilai kekerasan terhadap variasi beban sehingga dapat dijelaskan pengaruh variasi beban terhadap nilai kekerasannya.

4. Hasil dan Pembahasan

Uji keras *Vickers* dilakukan pada empat variasi beban yaitu 200gf, 300gf, 500gf, dan 100gf. Tiap beban indentasi ini diuji sebanyak tiga kali penjejukan dimana tiap penjejukan dilakukan pengukuran sebanyak dua kali. Dari data diagonal yang terukur digunakan untuk menghitung nilai kekerasan *Vickers* awal.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Awal

Titik	d1 (μm)	d2 (μm)	d (μm)	F (kgf)	HV	HV rata- rata
1	23,10	23,03	23,07	0,2	697,00	713.43
2	23,00	23,10	23,05		697,91	
3	23,01	23,00	23,01		700,64	
4	22,74	22,50	22,62		724,69	
5	22,57	22,49	22,53		730,50	
6	22,58	22,50	22,54		729,85	
1	27,41	27,67	27,54	0,3	733,34	736.15
2	27,40	27,40	27,40		740,85	
3	27,67	27,48	27,58		731,48	
4	27,50	27,25	27,38		742,20	
5	27,33	27,32	27,33		744,92	
6	27,76	27,67	27,72		724,10	
1	36,11	36,03	36,07	0,5	712,50	709.14
2	35,93	36,19	36,06		712,90	
3	36,28	36,11	36,20		707,59	
4	36,38	35,96	36,17		708,57	
5	36,28	36,02	36,15		709,35	
6	36,29	36,29	36,29		703,89	
1	51,05	51,01	51,03	1	711,96	707.72
2	51,04	51,01	51,03		712,10	
3	51,03	51,03	51,03		711,96	
4	51,55	51,21	51,38		702,30	
5	51,63	51,11	51,37		702,57	
6	51,36	51,17	51,27		705,45	

Pada pengukuran nilai kekerasan awal ini terlihat bahwa hasil yang terukur tiap beban indentasinya memiliki nilai yang relatif stabil dan belum muncul perbedaan yang signifikan. Dari nilai rata-rata kekerasan ini kemudian dapat ditentukan faktor koreksinya.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Akhir

F (kgf)	HV mean	f.k	HV ref	Rentang ref (%)
0,2	713,43	0,991	705,6	± 11
0,3	736,15	0,960	707,6	± 10
0,5	709,14	0,997	707,0	± 7
1	707,73	0,999	703,2	± 5

Pada pengukuran akhir ini dapat dijelaskan bahwa faktor koreksi yang dihasilkan mendekati nilai satu, hal ini menunjukkan bahwa kondisi kinerja alat uji keras yang digunakan masih akurat. Dari tabel ini juga terlihat bahwa baik dari nilai pengukuran maupun nilai referensi menunjukkan pada beban 300gf (0,3 kgf) menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan beban indentasi yang lain. Sementara pada beban yang lebih besar (500gf dan 1000gf) nilainya stabil dan mendekati nilai referensi. Serta dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata pengukuran kekerasan masih berada dalam rentang toleransi blok standarnya, hal ini menunjukkan bahwa blok standar yang digunakan masih layak dan valid digunakan sebagai acuan.

5. Kesimpulan

Vickers microhardness tester yang dipakai untuk pengujian kekerasan masih dalam kondisi layak terbukti dari nilai faktor koreksinya mendekati satu sehingga akurat. Variasi beban mempengaruhi nilai kekerasan yang terukur walau tidak terlalu signifikan khususnya pada beban indentasi yang rendah. Pada keseluruhan hasil pengukuran, nilai kekerasan yang diperoleh masih dalam batas toleransi referensi, sehingga dapat dinyatakan bahwa blok standar yang digunakan masih layak dijadikan sebagai avuan yang valid.

Daftar Simbol

HV = *Hardness Vickers* (nilai kekerasan *Vickers*)
 gf = *gram-force* (berat dalam gram yang digunakan saat uji keras)

Daftar Pustaka

[1] W. Noor Fatimah Mohamad, M. Shahir Kasim, M. Akmal, M. S. A. Hafiz, and S. B. Mohamed, "The effects of indentation loading force and number of indentations on the micro hardness variation for inconel 718," *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol.

8, no. 3, pp. 980–983, Sep. 2019, doi: 10.35940/ijrte.C4117.098319.

- [2] R. B. Price and B. Sullivan, "Effect of Indenter Load on Vickers Microhardness and Indentation Depth of One Resin Composite," *Materials*, vol. 17, no. 24, Dec. 2024, doi: 10.3390/ma17246156.
- [3] "Test Method for Microindentation Hardness of Materials," Jun. 01, 2017, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/E0384-17.
- [4] L. Matsuzawa Co., "Matsuzawa Inspection Record-2," Aug. 2010.