

Perancangan Dan Pembuatan Alat Uji Keras Pin Brinell Portabel ASTM E10 Serta Percobaan Pengujian Kekerasan Pelat Baja SS400

Development And Implementation Of Brinell Portable A E10 Star Pin Test Tools And SS400 Steel Platter Starity Test Translators

Pria Irvani¹, Hardyansah Satria Putra², Abrianto Akuan³, Mashudi⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Ilmu Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
email: *1irprya@gmail.com

Abstrak

Ilmu untuk mengetahui sifat mekanik material salah satunya pengujian kekerasan menjadi metode paling efisien karena melalui proses ini, kita dapat dengan cepat memahami karakteristik mekanis suatu bahan. Uji kekerasan juga merupakan salah satu pendekatan untuk mengevaluasi dampak perlakuan panas atau dingin terhadap material. Kekerasan suatu material dapat diuji dengan berbagai metode, salah satunya adalah metode Brinell. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat uji kekerasan Pin Brinell portabel sesuai dengan standar ASTM E10. Perancangan dan pembuatan alat uji kekerasan portable ini juga untuk tambahan fasilitas di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nahdlatul Ulama Blitar. Perancangan alat uji keras Pin brinell Portabel sesuai standar ASTM E10. Komponen-komponen utama alat uji keras ini adalah housing, cover, as pin, pegas, specimen pembanding dan bola baja. Material yang digunakan adalah baja S45C untuk housing dan cover serta material chrome vanadium untuk as pin. Dimensi total alat uji memiliki diameter 50 mm dan Panjang 220 mm. Penggunaan alat uji keras Pin Brinell Portabel pada percobaan pengujian kekerasan terhadap pelat baja SS400 yang dilakukan sebanyak 3 kali pengujian, didapatkan hasil nilai kekerasan: 149.7 HB (147.43 HV) dan didapatkan nilai kekuatan luluh sebesar: 335.29 MPa dan kekuatan tarik sebesar: 438.22 MPa.

Kata kunci: Alat uji, Kekerasan Brinell, ASTM E10, Macro VBA.

Abstrack

The science to know the mechanical properties of a material is one of the most efficient methods of strength testing because through this process, we can quickly understand a material's mechanical characteristics. Violent testing is also one of the approaches to assessing the impact of heat or cold treatment on materials. The strength of a material can be tested with various methods, one of which is the Brinell method. The purpose of this research is to design and manufacture a portable Brinell pin force test device in accordance with the ASTM E10 standard. The design and manufacturing of this portable force test instrument is also for additional facilities at the University of Nahdlatul Ulama Blitar Mechanical Engineering Laboratory. Design of hard test tool Portable brinell pins according to ASTM E10 standard. The main components of this hard drive are housing, cover, pin axis, pins, comparison specimens and steel balls. The materials used are S45C steel for housing and covering as well as vanadium chrome material for pins axis. The total dimensions of the drive are 50 mm in diameter and 220 mm in length. The use of the Portable Pin Brinell hard drive in the SS400 steel plate strength test trial, performed three times, resulted in a strength value of 149.7 HB (147.43 HV) and a torque strength of 335.29 MPa and a traction strength of 438.22 MPa.

Keywords: Testing Tool, Brinell Strength, ASTM E10, Macro VBA.

PENDAHULUAN

Ilmu untuk mengetahui sifat mekanik material salah satunya pengujian kekerasan menjadi metode paling efisien karena melalui proses ini, kita dapat dengan cepat memahami karakteristik mekanis suatu bahan¹. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada titik atau wilayah tertentu, nilai kekerasan tetap dapat dianggap valid untuk menggambarkan kekuatan suatu material. Melalui uji kekerasan, kemampuan material untuk menjadi lentur atau rapuh dapat dengan mudah diklasifikasikan².

Metode Brinell merupakan metode pengujian kekerasan yang menggunakan bola baja sebagai indenter³. Namun, metode Brinell juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu: Alat

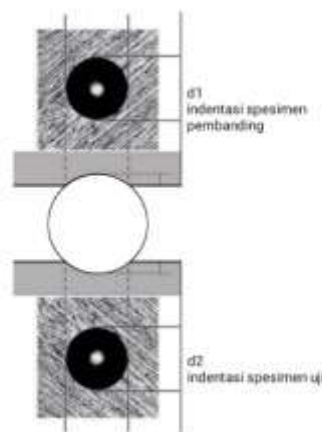
ujinya relatif besar dan berat, memerlukan tekanan yang besar untuk melakukan pengujian⁴. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka diperlukan alat uji keras Brinell yang portable⁵. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat uji kekerasan portabel berbasis metode Brinell sesuai dengan standar ASTM E10. Alat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan industri yang memerlukan pengujian kekerasan di tempat yang terbatas atau tidak perlu memotong bahan yang akan di uji cukup dengan membawa alat uji keras portable ke lapangan. Perancangan dan pembuatan alat uji kekerasan portable ini juga untuk tambahan fasilitas Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nahdlatul Ulama Blitar.

METODE PENELITIAN

Pendekatan dan jenis penelitian yang dilakukan adalah metode penelitian pengembangan. Metode penelitian meliputi analisa permasalahan, perancangan alat uji keran Pin Brinell, pembuatan ALat, analisis percobaan alat uji pada pelat baja SS400. Analisa permasalahan mendeskripsikan permasalahan yang ada dan diselesaikan dalam penelitian. Permasalahan yang ada pada uji kekerasan material adalah alat uji kekeras paling umum ada di laboratorium. Pengujian keras umumnya membuat/ memotong bahan untuk menjadi specimen yang akan diuji sifat keras materialnya. Pada penelitian ini membuat rancangan untuk pembuatan alat uji keras Pin Brinell yang portable sehingga bahan/ materiala tidak perlu dipotong untuk mengetahui berapa nilai kekerasannya. Perancangan alat mulai dari desain alat, prinsip kerja alat, hingga percobaan alat uji keras Pin Brinell Portabel.

Prinsip Kerja Alat Uji

Prinsip kerja alat uji kekerasan Pin Brinell Portabel ini dengan membandingkan deformasi atau jejak yang dihasilkan oleh satu indenter pada material yang berbeda namun satu jenis (seperti baja dengan baja paduan, aluminium dengan aluminium paduan). Salah satu dari material telah diketahui besar nilai kekerasan Brinellnya. Hasil dari deformasi atau jejak yang dihasilkan oleh indenter pada dua material diukur diameter masing-masing kemudian dihitung dengan persamaan proporsi atau perbandingan agar diketahui nilai kekerasan material salah satunya yg belum diketahui. Seperti Gambar 1.



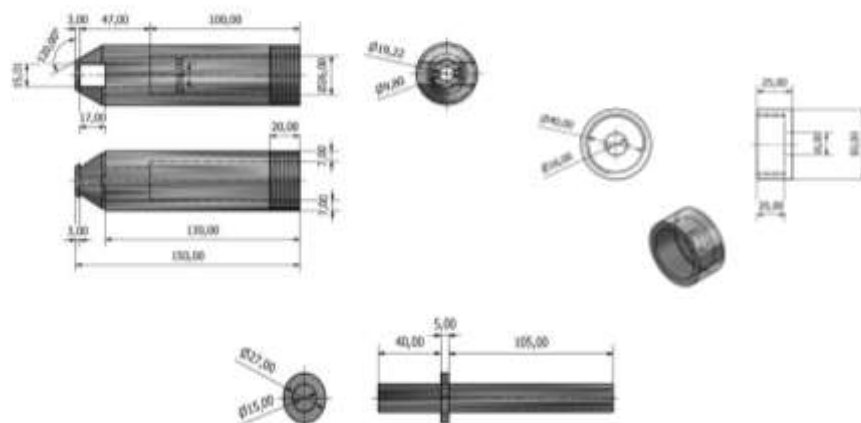
Gambar 1. Prinsip kerja alat uji Pin Brinell.

Desain alat menggunakan software desain 3D CAD Autodesk Inventor. Bagian-bagian Alat Uji Keras Portabel Pin Brinell yaitu housing, cover, bola baja, as pin, pegas seperti Gambar 4 dijabarkan pada Tabel 1 beserta dengan deskripsi dan fungsinya:

Tabel 1. Nama tabel (size 11pt, centre, dan sentence case)

No.	Bagian	Deskripsi	Fungsi
1.	<i>Housing</i> 	Merupakan bagian luar dari alat uji yang menampung semua komponen utama dan memberikan kerangka atau struktur yang kokoh.	Melindungi komponen alat uji lainnya dari kerusakan fisik dan memberikan keamanan saat penggunaan serta menjadi penyangga as pin agar tidak goyang.
2.	<i>Cover</i> 	Sebuah penutup yang terletak di bagian atas alat uji untuk melindungi bagian dalam alat dan sebagai penekan pegas per pada as pin.	Menekan per coil sehingga per dapat menekan as pin dan lubang pada tutup sebagai ruang untuk aspin agar tidak goyang.
3.	As Pin 	Sebuah batang silinder yang terbuat dari material Chrome Vanadium yang sangat keras.	Untuk mentransfer gaya pukul menuju material pembanding.
4.	Pegas Per 	Sebuah komponen yang menyangga as pin dan memberikan kestabilan saat melakukan pengujian.	Menekan as pin untuk tetap stabil serta menjepit material pembanding agar tidak mudah geser selama proses pengujian untuk menghindari kesalahan pengukuran.
5.	Bola Baja 	Sebuah bola kecil yang terbuat dari baja dengan kekerasan 500 HB	Digunakan sebagai indenter untuk menekan material sehingga meninggalkan bekas indentasi dengan metode perbandingan antara material pembanding dan diuji.
6.	Specimen pembanding 	Bahan yang digunakan adalah besi nako 15X15 mm dengan Panjang 100 mm berstandar SNI 8522-2020 dengan nilai kekerasan 136 HB.	Untuk membandingkan nilai kekerasan specimen pembanding dan specimen uji terhadap beda deformasi atau bekas penekanan indenter.

Berikut adalah gambar dimensi atau ukuran (mm) komponen utama alat uji kekerasan Pin Brinell portable ASTM E10 pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi alat uji Pin Brinell.

Rumus Proporsi/ Perbandingan

Rumus proporsi atau perbandingan dapat dituliskan sebagaiseperti Persamaan (1).

$$a/b=x/t \quad (1)$$

Dalam rumus ini, a dan b adalah dua jumlah atau besaran yang dibandingkan pertama kali, sedangkan x dan t adalah dua jumlah atau besaran yang dibandingkan kedua kali. Rumus ini menyatakan bahwa perbandingan antara a dan b sama dengan perbandingan antara x dan t⁶.

Pada penelitian ini menggunakan rumus proporsi untuk membandingkan antara diameter indentasi spesimen pembanding (d1) dan diameter indentasi spesimen uji (d2) dari hasil indentasi bola baja yang dibandingkan dengan nilai kekerasan material pembanding (HB pembanding) untuk mendapatkan nilai kekerasan material uji (HB uji). Maka persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai keras (HB) ditunjukkan pada persamaan (2).

$$HB \text{ uji} / d1 = HB \text{ pembanding} / d2 \quad (2)$$

$$HB \text{ uji} = (HB \text{ pembanding} \times d1) / d2 \quad (3)$$

Pemilihan Material

Pemilihan material untuk komponen housing pada alat uji keras Pin Brinell Portabel ini berdasarkan fungsinya. Pada tabel 4.1 fungsi husing adalah melindungi komponen alat uji lainnya dari kerusakan fisik dan memberikan keamanan saat penggunaan serta menjadi penyangga as pin agar tidak goyang. Dari fungsi tersebut dapat diketahui bahwa housing harus melindungi komponen lain yang terbuat dari baja, maka housing tidak mungkin dari plastik dan housing mengalami kontak langsung dengan komponen lain dari material baja, maka housing harus dipilih dengan material sejenis yaitu baja karbon dan yang digunakan adalah S45C dengan kandungan karbon 0.45% dengan diameter yang sesuai dengan desain alat uji.

Pemilihan material untuk pembuatan cover alat uji keras Pin Brinell Portabel ini menggunakan material yang sama dengan material yang digunakan pada pembuatan housing yaitu baja karbon S45C dengan diameter yang sesuai dengan desain alat uji.

Pemilihan material As Pin pada alat uji keras ini berdasarkan fungsi dan sifat mekaniknya. Pada tabel 4.1 diketahui fungsi as pin adalah untuk menghantarkan gaya pukul menuju material pembanding sehingga material pembanding tertekan oleh bola baja. Jika ditinjau dari fungsinya, maka as pin mengalami pukulan dan harus menghantarkan gaya pukul menuju komponen lain sehingga as pin tidak boleh mengalami deformasi pklastis saat dipukul dan tidak boleh mengalami defleksi saat menghantarkan gaya pukul.

Dari segi availability atau ketersediaan bahan, aspin disini dipilih dengan bahan Chrome Vanadium yang diambil dari sambungan kunci sok ½ inchi. Selain diameternya yang sesuai chrome vanadium memiliki material yang keras dan juga harga yang murah dan mudah didapatkan. Berikut adalah **Persamaan (5)** perhitungan berapa massa yang dan beban mampu ditahan oleh material chrome vanadium untuk mulai terdeformasi.

$$\begin{aligned} YS &= 700 \text{ Mpa} = 71,4 \text{ Kg/mm}^2 \\ d &= 15 \text{ mm} \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \pi d^2 \\ A &= 1/4 \pi 15^2 \\ A &= 176,6 \text{ mm}^2 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= F/A \\ F &= \sigma \cdot A = YS \cdot A \\ F &= 71,4 \cdot 176,6 \\ F &= 12609,24 \text{ Kg} = 12,6 \text{ Ton} \end{aligned} \tag{5}$$

Material chrome vanadium mampu beban maksimal di 12,6 Ton untuk mulai terdeformasi. Pada alat ini menggunakan palu jadi as pin menerima beban *impact*. Material as pin dapat menerima beban impact maksimal setengah dari 12.6 Ton menjadi 6.3 Ton. Perencanaan pegas berdasarkan fungsinya untuk menekan as pin untuk tetap stabil serta menjepit material pembanding agar tidak mudah geser selama proses pengujian untuk menghindari kesalahan pengukuran. Hasil timbangan berat aspin dan specimen penguji adalah 7 ons atau 0.7 Kg maka diasumsikan pegas dapat menekan hingga beban 2 kali dari berat as pin dan specimen pembanding yaitu 1.4 Kg atau lebih. Ruang pegas maksimal berdiameter 24 mm minimal 16 mm dengan Panjang pegas harus lebih dari 100 mm. Penulis melakukan abservasi pegas yang sudah ada di pasaran dengan ukuran/ dimensi yang sesuai dengan kebutuhan ruang pegas adalah memilih pegas karburator vakum motor satria FU dengan bahan stainless steel. Percobaan pengukurannya pada Persamaan (6).

$$\begin{aligned} \text{Tegangan geser } (\tau) &= 310 \text{ MPa} \\ \text{Diameter kawat } (d) &= 1 \text{ mm} \\ \text{Radius lilitan } (r) &= 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_m &= 16Pr/(\pi d^3) \\ (\pi d^3 \tau_m)/16r &= P \\ P &= (3.14 \times 1^3 \times 310)/(16 \times 9) \\ P &= 6,8 \text{ Kg} \end{aligned} \tag{6}$$

Jadi pegas karburator vakum dapat menghasilkann tekan sebesar 6,8 Kg. 9,7 kali lebih besar dengan hasil timbangan total aspin dan material pembanding, maka pegas layak untuk digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan alat memlalui proses manufaktur di bengkel bubut Rafly Jaya Blitar. Bagian-bagian dari alat Pin Brinell Portabel ini terdiri atas enam (5) bagian yaitu: indenter bola baja, housing (tabungudukan pin dan material pembanding), as pin, per atau pegas dan tutup as pin (Cover). Susunan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat uji Keras Pin Brinell Portabel.

Persiapan Alat dan Bahan

1. Alat uji keras Pin Brinell Portabel:
2. Palu ½ Kg.
3. Specimen pembanding: Material yang sejenis dengan material yang akan diuji dan material pembanding tersebut diketahui nilai/harga kekerasannya.
4. Komputer
5. Software Microsoft Excel
6. Loop 40X dengan ketelitian 0.05 mm.

Persiapan Pengujian Kekerasan

1. Permukaan kontak yang akan diuji kekerasan harus datar/rata, agar dapat ditentukan dengan mudah diameter indentor bekas indentasi atau penekanannya.
2. Permukaan kontak harus bebas dari kotoran permukaan seperti air, minyak atau gemuk dan tidak menunjukkan adanya cacat permukaan seperti bekas deformasi, goresan atau takikkan.
3. Jika kondisi diatas, ada pada permukaan kontak dari material yang akan diuji keras, maka harus dihilangkan atau dihaluskan dengan alat yang sesuai (flapper wheel/grinder polisher dengan abrasive paper, atau wire brush) dan pengaruh proses pengerjaan tersebut tidak menyebabkan peningkatan temperatur material uji hingga 80° C
4. Persiapan permukaan material uji keras harus dilakukan dengan hati- hati agar tidak mempengaruhi pada nilai kekerasan permukaan material uji.
5. Jika tidak spesifikasi, ditetapkan pengujian oleh kekerasan harus dilakukan pada temperatur ruang (25±5° C)
6. Persiapan alat pengujian kekerasan, dilakukan dengan perakitan alat dengan pemasangan indentor bola baja dan material pembandingnya..
7. Ketebalan material uji untuk dilakukan pengujian kekerasan, berdasarkan aturan umum adalah minimum sepuluh (10) kali dari kedalaman bekas indentasi, atau secara khusus tidak boleh terjadi deformasi pada daerah permukaan bawah material uji.

Peecobaan Alat Uji

Dilakukan pengujian Pin Brinell padapelat baja SS400 sebanyak tiga kali. Hasil dari pengukuran diameter indentasi pada masing-masing specimen pembanding dan specimen uji Gambar 4 menggunakan Loop pembesar 40X dengan ketelitian 0.05 mm. diameter indentasi dituliskan pada Tabel 2.



Gambar 4. Hasil percobaan indentasi specimen pembanding (kiri) dan uji (kanan).

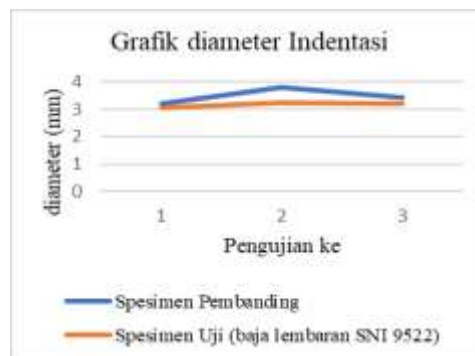
Tabel 2. Diameter Hasil Pengujian.

Spesimen	Diameter			Rata-rata Diameter
	1	2	3	
Spesimen Pembanding	3.20	3.80	3.45	3.48
Spesimen Uji (baja lembaran SNI 9522)	3.05	3.25	3.20	3.17

Setelah pengujian selesai, hasil pengukuran diameter Tabel 2 dilakukan perhitungan secara matematis melalui program VBA Microsoft Excel yang telah dibuat dituliskan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan VBA.

Spesimen dan konversi	Hardness Brinell (HB)			Rata-rata HB
	1	2	3	
Baja lembaran SNI 8522	143.0	159.4	147.0	149.7
Hardness Vickers (HV)	150.45	167.67	154.61	157.43
Konversi nilai YS (MPa)	319.35	358.70	328.84	335.29
Konversi nilai TS (MPa)	417.87	468.12	429.99	438.22



Gambar 5. Grafik diameter indentasi.

Dati grafik Gambar 5 diatas terdapat lonjakan yang signifikan pada pengujian ke 2. Hal ini mungkin terjadi karena terlalu besar gaya pukulan yang diberikan sehingga spesimen pembanding terbentur dengan bagian housing yang berada di bawah specimen uji. Pada grafik specimen uji tidak terjadi lonjakan memungkinkan diwaktu pengujian alat uji keras Pin Brinell Portabel tidak dalam kondisi tegak lurus atau miring yang melebihi toleransi mekiringan sehingga indenter tidak maksimal karena tertahan oleh housing bawah juga menekan specimen uji. Analisis data dari hasil yang didapatkan pasca perhitungan dengan program VBA (Tabel 4.7) pada pengujian pertama; HB = 143, HV = 150.45, YS = 319.35 MPa, TS = 417.87 MPa. Pada pengujian ke dua; HB = 159.4, HV = 167.67, YS = 358.70 MPa, TS = 468.12 MPa. Pada pengujian ke tiga didapatkan; HB = 147.0, HV = 154.61, YS = 328.84 MPa, TS = 429.99 MPa. Maka di ambil rata-rata dari semua pengujian mendapatkan nilai;

Hardness Brinell = 149.7 HB

Hardness Vickers	= 147.43 HV
Yield Strength	= 335.29 MPa
Tensile Strength	= 438.22 MPa

KESIMPULAN

Pembuatan alat uji keras Pin Brinell Portabel berdiameter 50 mm dan Panjang total 220 mm dapat dibuat dengan menggunakan bahan jenis baja. Penggunaan alat uji keras Pin Brinell Portabel pada percobaan pengujian kekerasan terhadap pelat baja SS400 yang dilakukan sebanyak 3 kali pengujian, didapatkan hasil nilai kekerasan: 149.7 HB (147.43 HV) dan didapatkan nilai kekuatan luluh sebesar: 335.29 MPa dan kekuatan tarik sebesar: 438.22 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sani, R. A. “ *Karakterisasi Material* ” . 2021. Bumi Aksara.
- [2] Budiyanto, E. “ *Pengujian Material* ” . 2020. Laduny Alifatama.
- [3] Sinaga, F. T. H., Boangmanalu, E. P. D., Pratama, A. B., Saragi, J. F. H., & Qadry, A. “ *Hardness Test Analysis on ST 37 Steel Plate Material and Aluminum Using the Brinell Test Method. Formosa Journal of Science and Technology,*” Vol.2 . No. 12. 2023. 3297-3308.
- [4] Shidik, M. A., & Sidiq, M. F. Dasar metalurgi pengetahuan dasar dan wawasan ilmu logam. 2022.
- [5] Biagiotti Jr, S. F., Biles, S. R., & Totemeier, T. “ *Using Portable Material Property Devices for Pipe Grade Determination.*” 2017. In *NACE CORROSION* (pp. NACE). NACE.
- [6] Indhaka, W. A., Suprptono, E., & Sugiarti, N. “ Penerapan buku sekolah elektronik berbasis android dalam materi ajar besaran dan satuan ” . *Didaktikum*, Vol. 17. No. 2. 2016.