

Rancang Bangun Dan Validasi Alat Uji Kekerasan *Brinell* Sederhana Menggunakan Dongkrak Botol

Nurul Jamalulail ¹⁾, Ari Supriyanto ²⁾, Wisnu Fajar Pratama ^{3*)}, Adri Fato ⁴⁾

¹⁻⁴⁾ Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nusantara

Jl. Tj. Duren Bar. 2 No.1 Tj. Duren Utara, Kec. Grogol petamburan, Kota Jakarta Barat 11470
nomor telepon : (021) 21194454

*Corresponding author, E-mail: 511211082@mahasiswa.undira.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang perancangan, pembuatan dan validasi alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana dengan menggunakan dongkrak botol hidrolik sebagai pembebanan utama. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan alat uji dengan biaya yang lebih ekonomis, mudah dibuat, serta praktis digunakan untuk keperluan pendidikan dan praktikum di Universitas Dian Nusantara. Proses penelitian ini meliputi perancangan desain dengan menggunakan software *autodesk inventor 2021*, pembuatan komponen utama dan validasi alat. Material utama yang digunakan sebagai rangka adalah meliputi baja UNP, IWF, plat baja A36, dan baja S45C. Hasil dari validasi yang dilakukan menunjukkan bahwa rangka mampu menahan beban hingga 3000 kgf tanpa mengalami deformasi signifikan dengan toleransi yang masih dapat diterima. Pengujian dengan menggunakan material aluminium 5052 menghasilkan bekas indentasi konsisten sebesar 7,1 mm, sesuai dengan standar kekerasan yaitu 60-65 HBN. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang memiliki akurasi yang cukup memadai untuk digunakan sebagai sarana pembelajaran dan praktikum.

ABSTRACT

This study discusses the design, manufacture, and validation of a simple Brinell hardness tester using a hydraulic bottle jack as the main load. The purpose of this study is to produce a test tool that is more economical, easy to manufacture, and practical for educational and practical purposes at Dian Nusantara University. The research process includes designing using Autodesk Inventor 2021 software, manufacturing the main components, and validating the tool. The main materials used for the frame include UNP steel, IWF, A36 steel plate, and S45C steel. The results of the validation show that the frame is able to withstand loads of up to 3000 kgf without experiencing significant deformation with acceptable tolerances. Testing using 5052 aluminum material produces a consistent indentation of 7.1 mm, in accordance with the hardness standard of 60-65 HB. The results of this study indicate that the designed tool has sufficient accuracy to be used as a learning and practical tool.

Keywords: Design, Brinell Hardness Test, Production Process, Bottle Jack, Validation,

PENDAHULUAN

Merancang merupakan kegiatan untuk merumuskan suatu rancangan dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, sedangkan perancangan mesin dapat diartikan merumuskan suatu rancangan dari sistem dan segala yang berkaitan dengan mesin [1]. *Autodesk Inventor* adalah program yang digunakan untuk keperluan bidang teknik seperti untuk membuat desain mesin, desain produk, desain konstruksi dan keperluan produk lainnya. *Software Autodesk Inventor* selain untuk menggambar desain suatu benda

juga memiliki fitur Stress Analysis yang berfungsi untuk menganalisa kekuatan rancangan suatu benda yang akan dibuat [2]. Dalam praktik teori proses produksi, mahasiswa tidak hanya dituntut memahami berbagai parameter pemesinan, tetapi juga harus memiliki keterampilan dalam mengoperasikan mesin secara langsung. Terdapat banyak aspek pemesinan yang wajib dipahami, seperti penentuan kecepatan putar mesin, pemilihan alat potong, penyetelan posisi pahat, hingga pemilihan jenis material yang digunakan. Seluruh parameter tersebut dipelajari melalui mata kuliah teori proses

produksi. Selain itu, ketersediaan sumber belajar, fasilitas, dan sarana pendukung juga menjadi faktor penting yang memengaruhi keberhasilan pembelajaran praktik proses produksi [3].

Validitas eksperimen mengacu pada tolak ukur kebenaran suatu inferensi (Cook & Campbell, 1979; Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Dengan kata lain, ketika sebuah penelitian dinyatakan valid, maka hal tersebut menunjukkan adanya penilaian terhadap sejauh mana bukti yang tersedia mampu mendukung atau menolak kebenaran suatu inferensi[4]. Pada metode Brinell, sebuah bola baja yang telah dikeraskan atau karbidatungsten ditekan pada permukaan benda uji yang rata dengan gaya F tertentu. Pada saat penekanan, beban di pertahankan konstan selama beberapa detik (antara 10 sampai 30 detik)[5]. Uji kekerasan dilakukan untuk mengukur kemampuan suatu material dalam mempertahankan bentuknya terhadap deformasi pada bagian lokal atau permukaan. Pada material logam, jenis deformasi yang terjadi umumnya berupa deformasi plastis. Adapun kekuatan diartikan sebagai kapasitas material dalam menahan deformasi plastis secara keseluruhan[6]. Uji kekerasan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi pada daerah lokal dan permukaan material, dan khusus untuk logam deformasi yang dimaksud adalah deformasi plastis. Sedangkan pengertian dari kekuatan adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis secara global [7]. pengembangan dan analisis metodologi komputasi yang mampu menentukan nilai kekerasan *Brinell* dan *Vickers* dari citra indentasi kekerasan, yang didasarkan pada algoritma pemrosesan dan analisis citra. Untuk memvalidasi metodologi yang telah dikembangkan, telah dilakukan perbandingan hasil dari sepuluh sampel citra indentasi yang diperoleh melalui pendekatan pengukuran kekerasan manual konvensional dan metodologi komputasi [8]. Istilah hidrolik berasal dari bahasa Inggris *hydraulic* yang merujuk pada cairan atau minyak. Prinsip kerja sistem hidrolik didasarkan pada konsep tekanan, yaitu tekanan yang diberikan pada salah satu silinder akan diteruskan ke silinder

lainnya sesuai dengan hukum Pascal[9]. Sumber pembebanan utama pada alat ini berasal dari dongkrak botol hidrolik. Pada tipe dongkrak botol, proses pengangkatan beban bertumpu pada ujung poros dengan ukuran lebih kecil dibandingkan benda yang diangkat. Karena poros pengangkat tidak sebanding dengan beban yang ditopang, maka diperlukan perancangan tambahan berupa alas penguat yang kokoh serta analisis kekuatan dongkrak untuk memastikan kapasitas angkatnya dapat bekerja secara andal[10].

Penelitian bertujuan untuk membuat alat uji kekerasan *brinell* yang dapat diaplikasikan secara mudah untuk keperluan pendidikan yang fungsional, ekonomis, mudah dirakit dan dapat digunakan oleh mahasiswa di Universitas Dian Nusantara secara gratis dengan proses perawatan yang mudah.

METODE PENELITIAN

Adapun penelitian ini melakukan tinjauan pustaka terlebih dahulu, seperti membaca jurnal-jurnal terlebih dahulu, buku, serta internet. Metode pelaksanaan pada penelitian alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana dengan menggunakan dongkrak botol hidrolik ini menggunakan pendekatan desain dan eksperimental. Yang terdiri dari 4 tahapan yaitu :

1. Perancangan desain
2. Pembuatan alat
3. Validasi alat
4. Uji coba alat

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang penulis lakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

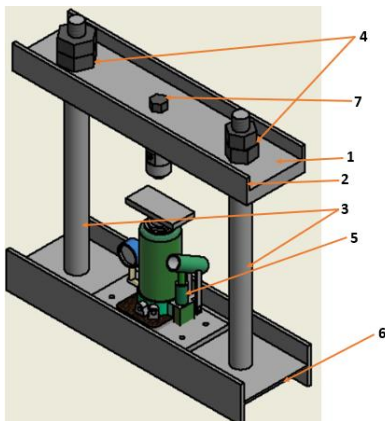
1. Menyiapkan desain gambar kerja.
Pembuatan gambar kerja alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana dengan memanfaatkan dongkrak botol hidrolik berkapasitas 4 ton sebagai sumber pembebanan utama. Gambar kerja ini dibuat dengan menggunakan *autodesk inventor 2021*.

Dengan ukuran dimensi rangka berukuran 500 mm × 150 mm × 500 mm.

2. Menyiapkan alat dan bahan
3. Langkah-langkah pembuatan.

Langkah-langkah pembuatan alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana disusun sebagai berikut :

1. pembuatan komponen utama yaitu pemasangan pressure gauge pada dongkrak botol.
2. pembuatan indenter dan dudukan indenter
3. proses pembuatan komponen rangka
4. perakitan alat dan *finishing*
5. proses validasi dan uji coba alat



Gambar 1. Desain dan komponen

1. Plat baja A36
2. Baja UNP
3. As baja S45C
4. Mur baja
5. Dongkrak hidrolik 4 ton
6. Baja IWF
7. Baut m12

Sebelum melakukan pembuatan alat terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mengetahui gaya-gaya yang dapat ditahan pada alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana sehingga alat yang dirancang aman dari kerusakan seperti tekan dan gaya bending. Kemudian sebelum pembuatan alat juga perlu dihitung kekuatan pada setiap material yang akan digunakan.

Tabel 1. Perbandingan dimensi

Material	Bahan material	Dimensi rancangan	Dimensi sebenarnya
As baja S45C	Panjang	500 mm	500 mm
	Diameter	1.5 inci (38.1 mm)	38.4 mm
Baja IWF	Panjang	500 mm	498 mm
	Tebal	5 mm	5.7 mm
	Lebar	150 mm	148 mm
	Lebar sayap	75 mm	78 mm
	Tebal sayap	7 mm	7.6 mm
Baja UNP	Panjang	500 mm	499 mm
	Lebar	100 mm	99 mm
	Tinggi	50 mm	45 mm
	Tebal	25 mm	28 mm
	Tebal sayap	7.5 mm	6.6 mm
Plat baja A36	Panjang	500 mm	498 mm
	Lebar	70 mm	6.4 mm
	Tebal	20 mm	2.6 mm
Dudukan indenter	Diameter	38 mm	38 mm
	Tinggi	70 mm	70 mm
Bola indenter	Diameter	10 mm	10 mm

1. Batang As baja S45C

Perhitungan kekuatan as baja dapat dilihat dalam rumus di bawah:

Luas penampang

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \times (0,038 \text{ m})^2}{4} = 1,13 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Gaya tekan as baja (dihitung per-batang)

$$F_{batang} = \frac{\text{gaya yang bekerja}}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ N}$$

Tegangan gaya tekan

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3000}{1,13 \times 10^{-3}} = 1,33 \times 10^6 \text{ Pa} = 2,65 \text{ MPa}$$

2. Alas : baja IWF

Perhitungan kekeuatan baja IWF dapat dilihat dalam rumus di bawah :

Momen lentur

$$M = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{3000 \times 0,49m}{4} = 367,5Nm$$

Momen inersia

$$I = 49,5 \text{ cm}^4 = 4,95 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

49.5 adalah momen inersia dari baja IWF berdasarkan katalog PT. Gunung Garuda

Jarak terjauh dari titik netral (c)

$$c = \frac{d}{2} = \frac{0,14m}{2} = 0,07m$$

Tegangan Lentur

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} = \frac{367,5 \times 0,07}{4,95 \times 10^{-6}} = 5,19 \text{ Mpa}$$

3. Baja UNP

Perhitungan kekuatan baja UNP dapat dilihat dalam rumus di bawah :

Momen lentur

$$M = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{3000 \times 0,49m}{4} = 367,5N$$

Momen inersia

$$I = 189 \text{ cm}^4 = 1,89 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

Jarak terjauh dari titik netral (c)

$$c = \frac{d}{2} = \frac{0,49}{2} = 0,245m$$

Tegangan lentur

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} = \frac{367,5 \times 0,245}{1,89 \times 10^{-5}} = 0,47 \text{ MPa}$$

4. Faktor keamanan alat

$$FoS = \frac{\text{Beban maksimum}}{\text{Beban kerja}} = \frac{4000}{3000} = 1,3$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat pembahasan mengenai pembuatan alat uji kekerasan metode *brinell*

sederhana, uji coba alat serta analisis hasil dari alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana.

Proses pembuatan komponen utama



Gambar 2. Pembuatan komponen utama

Proses pembuatan komponen utama pada alat ini dilakukan dengan cara yaitu

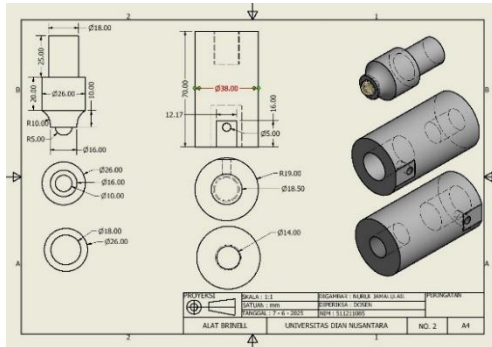
1. Persiapan komponen-komponen yang akan digunakan, seperti dongkrak botol kapasitas 4 ton, *double nepel*, *Elbow*, *pressure gauge*.
2. proses pengeboran dongkrak

Sebelum dilakukan pengeboran pada dongkrak dilakukan proses pembongkaran pada dongkrak dengan melepas satu persatu bagian komponen dongkrak, setelah dongkrak terlepas, *base* di jepit menggunakan ragum lalu di lakukan pengeboran vertikal bagian rumah batang piston pada posisi *base* horizontal, dengan diameter lubang 5 mm dan kedalaman 5 mm lalu buat lubang lagi pada samping *base* menggunakan bor tangan samapai ke rumah batang piston dengan diameter lubang 9,2mm, kedalaman 25 mm. lalu dilakukan proses pembuatan ulir dalam.

3. proses perakitan komponen utama

Setelah pengeboran dan pembuatan ulir maka rakit kembali dongkrak seperti semula lalu pasang *double nepel* yang sudah dilapisi *seal tape* pada ulir yang sudah dibuat, sambungkan *elbow* dengan *double nepel* pada satu sisi dan *pressure gauge* di sisi lainnya.

proses pembuatan indentor dan dudukan indentor brinell



Gambar 3 indentor dan dudukan indentor brinell

1. Persiapan material yang akan digunakan.

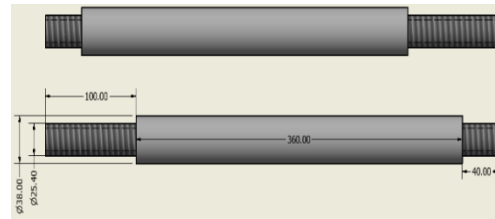
Material yang digunakan untuk dudukan indentor dan indentor menggunakan As baja A36 dengan ukuran diameter 38 mm dengan panjang 70 mm digunakan sebagai alat dudukan indentor. Sedangkan diameter 26 mm dengan panjang 55 mm.

2. Proses pembubutan sesuai ukuran pada gambar desain.

Material baja yang telah disiapkan selanjutnya melalui proses pembubutan, pada proses pembuatan dudukan indentor melakukan pembuatan dua buah lubang pada atas dan bawah. Sedangkan pada proses pembuatan indentor *brinell* perlu pemaspasan dan radius lengkungan dengan sesuai pada ukuran pada gambar 3. pada dudukan indentor terdapat dua lubang tersebut digunakan sebagai tempat mata *brinell* dan lubang lainnya di buatkan ulir sebagai tempat untuk memasang baut untuk menyambungkan antara dudukan mata brinell dan rangka alat.

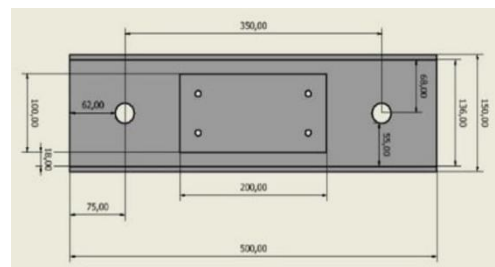
Proses pembuatan pilar penyangga pada rangka

Material diletakan pada meja bor radial, sebelum dilakukan pengeboran material diposisikan tepat pada mata bor dengan titik yang sudah dibuat, proses pengeboran dilakukan untuk membuat lubang penyangga batang as seperti pada gambar 5 dengan ukuran berdiameter 26 mm.



Gambar 4. Pilar penyangga rangka

Proses pembuatan rangka bawah



Gambar 6. Rangka bawah

1. Persiapan material

Material yang digunakan yaitu baja IWF ukuran 150mm yang akan di gunakan sebagai rangka bagian bawah.

2. Proses pengukuran

Persiapkan meteran, jangka sorong, penggores, dan pemantik sebagai penanda pada material yang akan di ukur. Ukur material dengan panjang 500 mm menggunakan meteran dan beri penanda menggunakan penggores lalu potong sesuai ukuran menggunakan gerinda potong. Serta pengukuran jarak yang akan di lubangi pada kedua sisi rangka menggunakan jangka sorong untuk tempat penyangga batang as. untuk rangka atas dibuat lubang pada bagian tengah rangka untuk tempat baut pengait dudukan indentor sesuai pada gambar 6.

3. Proses pengeboran

Material diletakan pada meja bor radial, sebelum dilakukan pengeboran material diposisikan tepat pada mata bor dengan titik yang sudah dibuat, proses pengeboran dilakukan untuk membuat lubang penyangga batang as seperti pada gambar 6 dengan ukuran berdiameter 26 mm dan 12 mm.

Proses perakitan alat



Gambar 7. Hasil perakitan

Setelah semua material yang sudah melalui proses permesinan, langkah selanjutnya adalah perakitan rangka seperti pada gambar 7, untuk penguncian pilar dengan rangka atas dan bawah, digunakan mur ukuran 1 inci sebanyak 4 pada bagian atas dan 2 pada bagian bawah. Untuk indenter dipasang pada rangka bagian atas menggunakan baut ukuran 14 mm. Dongkrak botol dipasang tepat pada bagian bawah indenter dan dilas menggunakan las listrik tidak bergeser.

Validasi alat

Setelah proses perancangan alat uji kekerasan tipe *brinell* bentuk sederhana dengan menggunakan dongkrak botol hidrolik menggunakan *software* INVENTOR 2021, dilanjutkan dengan proses produksi dan perakitan alat, proses terakhir dari penelitian ini adalah validasi alat untuk mengetahui akurasi hasil yang didapatkan dari pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *brinell* bentuk sederhana dengan menggunakan pembebanan dongkrak botol hidrolik. Proses validasi alat uji kekerasan metode *brinell* adalah tahapan yang memastikan alat yang dibuat sudah sesuai dengan desain awal, memastikan alat dapat bekerja dengan baik dan sesuai standar ASTM E10.

Proses validasi pada alat ini memiliki 2 tahapan, yaitu perhitungan kekuatan rangka dalam menahan beban dan akurasi hasil indentasi jika dibandingkan dengan standar yang berlaku.

Langkah-langkah pengujian kekerasan

1. Tempatkan alat uji pada bidang yang datar dan tidak bergelombang
2. Uji kerataan alat menggunakan alat *waterpass* dan pastikan alat tidak bergoyang saat akan digunakan
3. Tempatkan spesimen uji pada bagian atas dongkrak botol dan pastikan spesimen tepat berada pada bagian bawah bola indenter
4. Naikkan piston pada dongkrak hingga spesimen menyentuh bola indenter
5. Pompa dongkrak botol hingga mencapai tekanan 3000 kgf selama 15 detik
6. Lepas pembebanan pada dongkrak setelah 15 detik
7. Lakukan percobaan sebanyak 3 kali agar mendapatkan perbandingan hasil indentasi dari 3 kali percobaan pada spesimen uji dan mengetahui tingkat akurasi alat.

Hasil uji kekerasan

Setelah melakukan 3 kali uji kekerasan pada material aluminium 5052, didapatkan hasil seperti yang terlihat pada gambar 8.



Gambar 8 hasil uji kekerasan

Berdasarkan hasil uji pada gambar 8, didapat data seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian

Beban yang digunakan (f)	Waktu pengujian	Diameter jejak indentor
3000 kgf	15 detik	7.1 mm
3000 kgf	15 detik	7.1 mm
3000 kgf	15 detik	7.1 mm

Berdasarkan data pada tabel 2, dapat dihitung berapa nilai kekerasan dari logam aluminium 5052 dengan menggunakan rumus.

$$\begin{aligned}
 BHN &= \frac{2F}{\pi D[(D - \sqrt{D^2 - d^2})]} \\
 &= \frac{2 \times 3000}{3.14 \times 10 [(10 - \sqrt{10^2 - 7.1^2})]} \\
 &= \frac{6000}{31.4 [(10 - \sqrt{100 - 50.41})]} \\
 &= \frac{6000}{31.4 [(10 - \sqrt{49.59})]} \\
 &= \frac{6000}{31.4 [(10 - 7.04)]} \\
 &= \frac{6000}{31.4 \times 2.96} = \frac{6000}{92.94} \\
 &= 64.5 \text{ HBN}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan ke tiga hasil indentasi memiliki diamter yang sama, yaitu 7.1mm, maka tidak diperlukan perhitungan pada bekas indentasi pada lubang kedua dan ketiga. Dikarenakan nilai HB untuk aluminium seri 5052 adalah sekitar 60-65, maka alat uji kekerasan tipe *brinell* bentuk sederhana dengan menggunakan dongkrak botol hidrolik cukup akurat untuk sebuah alat uji sederhana.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana berhasil dibuat dengan menggunakan material utama berupa baja UNP, IWF, plat baja A36, baja S45C sesuai dengan desain yang telah dirancang. Dongkrak botol dapat digunakan secara efektif untuk sebagai sumber pembebanan utama dalam alat uji kekerasan metode *brinell* sederhana. Struktur rangka menunjukkan kekuatan yang mampu menahan beban pengujian hingga 3000 kgf tanpa mengalami deformasi besar. Validasi pada dimensi masing-masing komponen masih dalam batas toleransi yang dapat diterima, beberapa penyimpangan ukuran akibat dari proses manufaktur, seperti perbedaan panjang, lebar dan ketebalan komponen antara dimensi yang direncanakan dan dimensi yang sebenarnya tidak berdampak signifikan terhadap fungsi alat. hasil uji kekerasan terhadap material aluminium dengan pembebanan 3000 kgf menghasilkan bekas indentasi sebesar 7.1 mm secara konsisten, dan berdasarkan hasil perhitungan nilai HB, alat ini mampu menghasilkan nilai kekerasan sesuai dengan standar kekerasan aluminium seri 5052. Hal ini menunjukkan bahwa alat tersebut dapat memmberikan hasil yang cukup akurat dan stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. J. Prihartono and I. Nurdiansyah, "Perancangan Alat Uji Kekerasan Metode Brinell dan Rockwell Berdasarkan VDI 2221," *Presisi*, vol. 24, no. 1, 2022.
- [2]. F. S. Perdana, A. Akbar, and H. Mahmudi, "Analisa Kekuatan Material Bahan Dan Rangka Alat Pengguling Sapi Berbobot 1.2 Ton Menggunakan Software Autodesk Inventor," *Jurnal Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 2022.

- [3]. K. Sutrisna, N. Dantes, and I. M. Sri Mertasari, "DETERMINASI KEMAMPUAN MEKANIK, PEMAHAMAN TEORI PROSES PRODUKSI, DAN KELENGKAPAN PERALATAN PRAKTEK TERHADAP HASIL BELAJAR PRAKTEK PROSES PRODUKSI MAHASISWA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA," *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan Indonesia*, vol. 9, no. 2, 2019, doi: 10.23887/jpepi.v9i2.2884.
- [4]. T. Dicky Hastjarjo, "Validitas Eksperimen."32-Article+Text-139-1-10-20210428".
- [5]. P. Irvani, H. Satria Putra, A. Akuan, and P. Studi Teknik Mesin, "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," 2024.
- [6]. Firmansyah, "Hardness Test," Detech.co.id – Harness Test.
- [7]. P. P. R. Filho, T. Da Silveira Cavalcante, V. H. C. De Albuquerque, and J. M. R. S. Tavares, "Brinell and Vickers hardness measurement using image processing and analysis techniques," *J Test Eval*, vol. 38, no. 1, 2010, doi: 10.1520/JTE102220.
- [8]. D. Yantony and A. Teknik Soroako, "MENGUNAKAN DONGKRAK PNEUMATIK".
- [9]. B. S. Waluyo, "ANALISA PENGUAT JACK HYDRAULIC KAPASITAS 5 TON," *Jurnal Teknik*, vol. 4, no. 1, 2017, doi: 10.31000/jt.v4i1.371.