

ANALISIS PERUBAHAN KEKERASAN PERMUKAAN BAJA (St. 42) DENGAN PERLAKUAN PANAS 800°C MENGGUNAKAN METODE VICKERS DI LABORATORIUM UJI BAHAN POLITEKNIK NEGERI BALI

I Ketut Rimpung

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, PO Box 1064 Tuban Badung, Bali
Phone (0361) 701981, Fax. (0361) 701128
Email : ketutrimpung@pnb.ac.id

Abstrak. Kekerasan baja dapat diketahui melalui pengujian menggunakan mesin uji kekerasan logam yang tersedia di laboratorium pengujian bahan dan metrologi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali. Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan menekan permukaan benda uji menggunakan penetrator tertentu dalam waktu tertentu, sampai permukaan benda uji rusak atau terjadi indentasi pada permukaan benda uji. Pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui perubahan kekerasan baja (St.42 standar) dibandingkan dengan baja jenis yang sama setelah mendapat perlakuan panas untuk dikeraskan maupun yang dilunakkan. Penelitian ini dilakukan bersama mahasiswa program studi teknik mesin semester IV di laboratorium uji bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Penelitian ini menguji kekerasan baja (St. 42) menggunakan metode Vickers. Hasil pengujian dengan metode Vickers yaitu baja yang dikeraskan melalui pemanasan 800°C dan didinginkan cepat menggunakan air tawar, ternyata menjadi lebih lunak dibandingkan dengan baja (St.42 standar). Fakta hasil penelitian: kekerasan St.42 Standar = 105,226 Kg/mm², kekerasan St.42 Hardening = 81,977 Kg/mm², dan kekerasan St.42 Anaeling = 75,264 Kg/mm². Jadi, ada ketidaksesuaian antara teori dibandingkan fakta hasil pengujian kekerasan dengan metode Vickers, pada baja dengan pendinginan cepat. Sedangkan, fakta hasil pengujian kekerasan baja yang dilunakkan sesuai dengan teori.

Kata kunci : Kekerasan, Baja, dan Perlakuan panas

ANALYSIS OF CHANGES OF STEEL SURFACE VIENNA (St. 42) WITH HEAT TREATMENT 800°C USING METHOD OF VICKERS IN LABORATORY TEST MATERIALS POLITEKNIK BALI

Abstract. Steel hardness can be determined through testing using metal hardness testing machines are available in materials testing and metrology laboratory, Department of Mechanical Engineering, Polytechnic of Bali. The testing process is done by tapping the surface hardness of the test specimen using a particular penetrator within a certain time, until the surface of the specimen is damaged or indentation occurs on the surface of the specimen. This research aims to determine changes in hardness of the steel (St.42 standard) compared with the same type of steel after obtaining a heat treatment for hardening and are softened. This research was conducted with students from the mechanical engineering program studi fourth semester in a test lab materials Mechanical Engineering Department of the Polytechnic of Bali. This study tested the hardness of the steel (St. 42) using the Vickers method. Results of research with methods Vickers for hardened steel by heating 800°C and rapidly cooled using fresh water, turned out to be softer than the steel (St.42 standar). Facts research: violence St.42 Standar = 105.226 kg/mm², hardness St.42 Hardening = 81.977 Kg/mm², and violence St.42 Anaeling = 75.264 kg/mm². There is a discrepancy between theory than fact result Vickers hardness testing method, in steel by rapid cooling. Meanwhile, the fact that the steel hardness test results softened in accordance with the theory.

Keywords: Violence, Steel, and Heat treatment.

I. PENDAHULUAN

Kekerasan bahan adalah kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap suatu penetrasi atau daya tembus dari benda lain yang lebih keras. Kekerasan adalah suatu sifat mekanis dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. Karbon dalam besi secara pasti mempengaruhi kualitas baja, dan kekerasan baja yang dibutuhkan dapat dicapai adalah salah satunya dengan perlakuan panas, [3].

Sifat mekanis baja sangat perlu diketahui agar pada saat pemanfaatannya mampu menahan beban dan aman digunakan, sehingga baja tersebut berfungsi efektif Mesin/peralatan yang handal adalah sistem mesin/alat yang dapat menghasilkan proses kerja yang aman bagi operator dan lingkungannya pada waktu dioperasikan, terjamin keberlanjutan dalam perawatan dan perbaikannya, serta menghasilkan produk yang kompetitif di pasaran, [1].

Untuk memenuhi kriteria di atas maka pemilihan bahan untuk komponen mesin/alat harus tepat sesuai dengan peruntukan dan ketahanannya terhadap beban berdasarkan sifat-sifat mekanisnya. Sifat-sifat mekanis bahan/baja dapat diketahui melalui beberapa proses pengujian di laboratorium pengujian bahan, [3]. Pengujian bahan/baja yang umum dan demonstratif adalah pengujian kekerasan yang dapat memberikan informasi mengenai sifat mekanis baja tentang ketahanan gesek yang dapat diterimanya, [4]. Pengujian kekerasan memberikan informasi tentang kekerasan permukaan baja maksimum (*the ultimate shearing stress*), [2].

Penelitian ini bertujuan menganalisis kekerasan baja St.42 standar dibandingkan baja St.42 yang di-*heat treatment*. atau yang mendapat perlakuan panas. Kekerasan adalah kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap suatu penetrasi atau daya tembus dari benda lain yang lebih keras. Kekerasan dari suatu bahan sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. Karbon dalam besi secara pasti mempengaruhi kualitas baja dan kekerasan baja yang dibutuhkan dapat dicapai dengan perlakuan panas.[4].

Proses pengujian kekerasan dilakukan pada mesin yang dirancang khusus yang dapat melakukan pengujian kekerasan dengan metode; Brinell, Vickers dan Rockwell pada benda uji, [5]. Ketiga jenis metode pengujian kekerasan ini menggunakan penetrator yang berbeda. Demikian juga, besarnya beban yang diberikan setiap metode pengujian ini harus sesuai dengan tabel pembebanannya masing-masing. Namun lamanya waktu penekanan untuk ketiga jenis metode pengujian ini sama yaitu ditetapkan selama lima

belas detik, walaupun proses pemberian bebannya berbeda-beda satu sama lainnya, [7].

Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan dengan metode Vickers dan rumus-rumus serta berdasarkan teori-teori teknologi bahan, [6]. Pengujian dengan metode Vickers terdiri dari pemberian beban dari penetrator diamond berbentuk kerucut dengan sudut puncak tertentu, dengan beban F terhadap benda kerja. Dengan mengukur diagonal rata-rata dari indentasi yang terjadi pada permukaan benda uji setelah beban dilepaskan atau dihilangkan. Kekerasan Vickers atau hardness Vickers (HV) merupakan hasil bagi yang didapatkan dari pembagian beban F (Kgf) dengan kurva luas permukaan indentasi (mm^2) di mana kurva permukaan tersebut dianggap sebagai bagian dari kerucut yang diagonalnya $D(\text{mm})$ tadi.

Dasar pengujian metode Vickers, yaitu indentor yang digunakan dari permata pada pengujian ini berbentuk piramida dengan bidang alas bujur sangkar dengan sudut puncak yang khusus. Dengan memberikan beban pada logam atau benda uji dengan beban F dan diagonal d indentasi pada benda kerja diukur setelah beban dihilangkan, [2].

Kekerasan vickers HV adalah suatu hasil bagi yang didapatkan dengan membagi beban yang dikenakan F (kgf) dengan luas bentangan pada permukaan indentasi (mm^2) dari benda kerja dengan memperhatikan bentuk piramid dengan alas bujur sangkar dan diagonal d dan mempunyai sudut puncak yang sama dengan indentor dari permata.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Proses Penelitian

Proses pengujian mulai dari memasang penetrator diamond piramid khusus bentuk alas segi empat dengan sudut puncak 136° . Selanjutnya mengatur besarnya pembebanan, yaitu dengan menetapkan kode beban tepat pada 100Kgf. *Input* beban diberikan dengan jalan memutar *handwheel*, sesuai standar pengoperasian baku. Pembebanan tersebut dilakukan selama 15 detik, kemudian handel dikembalikan ke posisi awal. Akibat penekanan pada benda uji terjadi indentasi yang berbentuk bulat. Bayangan indentasi dapat dilihat pada monitor. Bayangan indentasi berbentuk segiempat pada monitor diukur menggunakan penggaris yang sesuai dengan lensa pemantul cahaya yaitu lensa dan penggaris pengukur dengan pembesaran limapuluh kali. Dari pengukuran ini didapat besaran d_1 dan d_2 , kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan besaran d . Demikian proses pengujian dilakukan masing-masing lima kali

terhadap setiap benda uji secara teliti sampai selesai, [5]. Input beban diberikan melalui *handel* pemberi beban pada mesin dalam waktu 15 detik. Demikian, proses pengujian dilakukan secara teliti dan berulang masing-masing sebanyak tiga puluh kali pada setiap benda uji sampai selesai.

Penelitian ini dilakukan bekerja sama dengan mahasiswa yang melakukan kegiatan praktikum uji bahan pada semester empat di Laboratorium Uji Bahan dan Metrologi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali. Mahasiswa dibagi menjadi enam kelompok dan setiap kelompoknya terdiri dari empat sampai lima mahasiswa. Setiap kelompok diberikan ketiga jenis benda uji yaitu benda uji standar, hardening dan anaeling, masing-masing satu buah. Setiap kelompok menguji setiap benda uji sebanyak lima kali. Jadi, setiap benda uji mendapat pengujian sebanyak tigapuluh kali.

Proses penelitian ini dilakukan melalui dua tahap yaitu: tahap pertama persiapan benda uji termasuk memperlakukan panas terhadap benda uji dan tahap kedua yaitu pengambilan data pada mesin uji kekerasan. Pekerjaan persiapan dimaksudkan untuk mendapatkan permukaan benda uji yang halus dan rata. Sedangkan perlakuan panas terhadap benda uji di dalam dapur pemanas dimaksudkan untuk memperkeras dan atau memperlunak benda uji dibandingkan dengan benda uji yang standar, [7].

Penelitian ini menguji tiga jenis benda uji yaitu; standar, keras, dan lunak masing-masing sebanyak tiga puluh kali pada masing-masing benda uji. Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan metode Vickers, menggunakan mesin uji kekerasan *Precision Hardness Tester-GNEM OM-150* dan perlengkapannya, [4]. Penelitian ini menguji dengan merusak benda uji melalui penekanan permukaan benda uji menggunakan penetrator bola baja khusus. Jadi, pengujian benda uji menggunakan penetrator yang dipasang pada rumahnya ditekan secara langsung terhadap benda uji standar maupun yang dikeraskan dan yang dilunakkan, [11]. Benda uji diuji sebanyak masing-masing tigapuluh kali pada mesin uji kekerasan.

2.2 Parameter yang diamati

Pengujian menggunakan *Precision Hardness Tester-GNEM OM-150* mendapatkan data primer berupa besarnya bayangan segiempat atau bentuk belah ketupat indentasi yang terjadi pada permukaan benda uji sesuai dengan metode Vickers tentunya sesuai dengan keperluan penelitian. Metode pengujian Vickers, data yang didapatkan adalah diagonal indentasi baik diagonal

pada garis horizontal maupun diagonal pada garis vertikal. Dimensi kedua diagonal yaitu horizontal dan vertikal dirata-ratakan untuk menghitung besarnya nilai kekerasan Vickers. Data lain yang diperlukan dihitung dengan menggunakan rumus-rumus yang relevan seperti di bawah ini, [5].

Kekerasan Vickers (HV) dihitung dengan rumus:

$$HV = \frac{\text{Beban yang dikenakan}}{\text{Luasan indentasi}}$$

$$= \frac{2F \sin 136^\circ / 2}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

Dimana:

HV = Kekerasan Vickers (Kgf/mm²)
F = Beban yang diberikan (Kgf)
d = Diagonal indentasi (mm)

Selanjutnya, dari hasil perhitungan dibuatkan tabel masing-masing bahan atau benda uji, [8].

Ketebalan minimum benda uji adalah 8 x h. Dimana h dihitung dengan rumus; $h = \frac{F}{d.HV}$

Dimana:

h = kedalaman indentasi (mm)
F = Beban yang diberikan (Kgf)
d = diagonal indentasi minimum (mm)
HV = Kekerasan Vickers

minimum (Kgf/mm²)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan secara teliti dan sistematis mulai dari pengujian benda uji St.42 standar, St.42 perkeraan dan St.42 pelunakan. Hasil pengujian yang dilakukan masing-masing jenis benda uji sebanyak tiga puluh kali, dicatat dan diolah dengan rumus yang sesuai kemudian dimasukkan ke dalam tabel-tabel seperti di bawah ini.

Benda uji I (bulat)	: St.42 (Standard)
Diameter x Tebal	: 6.29 mm X 31.27 mm
Beban Pengujian	: 100 Kgf
Jenis Penetrator	: Diamon piramid
Sudut Puncak Penetrator	: 136 ⁰
Waktu pembebanan	: 15 detik
Percobaan Kekerasan	: Vickers

Tabel 1. Kekerasan Baja St.42 Standard,

No	Bahan St.42	Indentasi (mm)			HV (Kg/mm ²)
		d1	d2	d	
I.	Standar				
	Percobaan 1.	1,40	1,60	1,50	82,40
	Percobaan 2.	1,20	1,20	1,20	128,75
	Percobaan 3.	1,30	1,20	1,25	118,66
	Percobaan 4.	1,40	1,40	1,40	94,59
	Percobaan 5.	1,30	1,40	1,35	101,73
	Percobaan 6.	1,20	1,20	1,20	128,75
	Percobaan 7.	1,30	1,20	1,25	118,66
	Percobaan 8.	1,40	1,40	1,40	94,59
	Percobaan 9.	1,30	1,40	1,35	101,73
	Percobaan 10.	1,40	1,60	1,50	82,40
	Percobaan 11.	1,40	1,60	1,50	82,40
	Percobaan 12.	1,20	1,20	1,20	128,75
	Percobaan 13.	1,30	1,20	1,25	118,66
	Percobaan 14.	1,40	1,40	1,40	94,59
	Percobaan 15.	1,30	1,40	1,35	101,73
	Percobaan 16.	1,20	1,20	1,20	128,75
	Percobaan 17.	1,30	1,20	1,25	118,66
	Percobaan 18.	1,40	1,40	1,40	94,59
	Percobaan 19.	1,30	1,40	1,35	101,73
	Percobaan 20.	1,40	1,60	1,50	82,40
	Percobaan 21.	1,40	1,60	1,50	82,40
	Percobaan 22.	1,20	1,20	1,20	128,75
	Percobaan 23.	1,30	1,20	1,25	118,66
	Percobaan 24.	1,40	1,40	1,40	94,59
	Percobaan 25.	1,30	1,40	1,35	101,73
	Percobaan 26.	1,20	1,20	1,20	128,75
	Percobaan 27.	1,30	1,20	1,25	118,66
	Percobaan 28.	1,40	1,40	1,40	94,59
	Percobaan 29.	1,30	1,40	1,35	101,73
	Percobaan 30.	1,40	1,60	1,50	82,40

Sumber: Data pengujian Standar sudah diolah.

Benda uji II (bulat) : St.42(Anaeling)
 Diameter x Tebal : 6.29 mm X 31.27 mm
 Beban Pengujian : 100 Kgf
 Jenis Penetrator : Diamon piramid
 Sudut Puncak Penetrator : 136⁰
 Waktu pembebanan : 15 detik
 Percobaan Kekerasan : Vickers

Tabel 2. Kekerasan Baja St.42 Anaeling

No	Bahan St.42	Indentasi (mm)			HV (Kg/mm ²)
		d1	d2	d	
II.	Hardening				
	Percobaan 1.	1,60	1,50	1,55	77,17
	Percobaan 2.	1,40	1,50	1,45	88,18
	Percobaan 3.	1,40	1,40	1,40	94,59
	Percobaan 4.	1,60	1,50	1,55	77,17
	Percobaan 5.	1,50	1,40	1,45	88,18
	Percobaan 6.	1,56	1,56	1,56	76,18
	Percobaan 8.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 9.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 10.	1,58	1,58	1,58	74,27
	Percobaan 11.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 12.	1,56	1,56	1,56	76,18
	Percobaan 13.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 14.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 15.	1,58	1,58	1,58	74,27
	Percobaan 16.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 17.	1,56	1,56	1,56	76,18
	Percobaan 18.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 19.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 20.	1,58	1,58	1,58	74,27
	Percobaan 21.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 22.	1,56	1,56	1,56	76,18
	Percobaan 23.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 24.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 25.	1,58	1,58	1,58	74,27
	Percobaan 26.	1,55	1,55	1,55	77,17
	Percobaan 27.	1,56	1,56	1,56	76,18
	Percobaan 28.	1,55	1,55	1,55	77,17

Percobaan 29.	1,55	1,55	1,55	77,17
Percobaan 30.	1,58	1,58	1,58	74,27

Sumber: Data pengujian Anaeling sudah diolah.

Benda uji III (bulat) : St.42(Hardening)
 Diameter x Tebal : 6.29 mm X 31.27 mm
 Beban Pengujian : 100 Kgf
 Jenis Penetrator : Diamon piramid
 Sudut Puncak Penetrator : 136⁰
 Waktu pembebanan : 15 detik
 Percobaan Kekerasan : Vickers

Tabel 3. Kekerasan Baja St.42 Hardening

No	Bahan St.42	Indentasi (mm)			HV (Kg/mm ²)
		d1	d2	d	
III.	Anaeling				
	Percobaan 1.	1,50	1,60	1,55	77,17
	Percobaan 2.	1,50	1,50	1,50	82,40
	Percobaan 3.	1,50	1,60	1,55	77,17
	Percobaan 4.	1,40	1,50	1,45	88,18
	Percobaan 5.	1,60	1,50	1,55	77,17
	Percobaan 6.	1,65	1,65	1,65	68,10
	Percobaan 7.	1,60	1,60	1,60	72,42
	Percobaan 8.	1,62	1,62	1,62	70,64
	Percobaan 9.	1,60	1,60	1,60	72,42
	Percobaan 10.	1,62	1,62	1,62	70,64
	Percobaan 11.	1,65	1,65	1,65	68,10
	Percobaan 12.	1,60	1,60	1,60	72,42
	Percobaan 13.	1,62	1,62	1,62	70,64
	Percobaan 14.	1,60	1,60	1,60	72,42
	Percobaan 15.	1,62	1,62	1,62	70,64
	Percobaan 16.	1,65	1,65	1,65	68,10
	Percobaan 17.	1,60	1,60	1,60	72,42
	Percobaan 18.	1,62	1,62	1,62	70,64
	Percobaan 19.	1,60	1,60	1,60	72,42
	Percobaan 20.	1,62	1,62	1,62	70,64
	Percobaan 21.	1,65	1,65	1,65	68,10
	Percobaan 22.	1,60	1,60	1,60	72,42
	Percobaan 23.	1,62	1,62	1,62	70,64
	Percobaan 24.	1,60	1,60	1,60	72,42

Percobaan 25.	1,62	1,62	1,62	70,64
Percobaan 26.	1,65	1,65	1,65	68,10
Percobaan 27.	1,60	1,60	1,60	72,42
Percobaan 28.	1,62	1,62	1,62	70,64
Percobaan 29.	1,60	1,60	1,60	72,42
Percobaan 30.	1,62	1,62	1,62	70,64

Sumber: Data pengujian Hardening yang diolah.

3.2 Pembahasan

Selanjutnya dari masing-masing data pada tabel-tabel dari ketiga pengujian di atas, dihitung kekerasan rata-rata masing-masing benda uji. Sehingga, didapat: kekerasan St.42 Standar = 105,226 kg/mm², kekerasan St.42 Hardening = 81,977 kg/mm², dan kekerasan St.42 Anaeling = 75,264 kg/mm².

Kontrol ketebalan minimum benda uji dihitung dengan rumus $h = \frac{F}{d.HV}$ = 1,617 mm.

Jadi ketebalan benda uji sudah memenuhi syarat, karena ketebalan benda uji = 31,27 mm. Data hasil perhitungan dengan menggunakan rumus yang relevan ketiga jenis benda uji di atas, terjadi perbedaan dan perubahan sifat-sifat mekanis yaitu kekerasan masing-masing benda uji. Ternyata benda uji yang mendapat perlakuan panas baik yang dikeraskan maupun yang dilunakkan kekerasannya menurun dibandingkan dengan kekerasan benda uji standar.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat disimpulkan bahwa:

1. Baja St.42 Hardening yang dikeraskan dengan pemanasan sampai 800°C dan dinginkan cepat menggunakan air tawar ternyata menjadi lebih ulet/lunak dibandingkan dengan baja St.42 standar. Terbukti dari angka kekerasan St.42 Hardening = 81,977 kg/mm², sedangkan kekerasan St.42 Standar = 105,226 kg/mm². Hal ini menunjukkan perbedaan dengan teori perkerasan logam, dimana logam yang dikeraskan semestinya menjadi lebih keras dari logam yang standar.

2. Baja St.42Annaeling yang dilunakkan dengan pemanasan sampai 800°C dan didinginkan lambat di dalam dapur, menjadi lebih ulet/lunak dibandingkan dengan baja St.42Standar maupun dengan baja St.42 Hardening. Hal ini terbukti dari hasil penelitian St.42Annaeling =75,264kg/mm², jauh lebih lunak dari St.42 Standar, maupun St.42Hardening. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian dengan teori pelunakkan logam.
3. Terdapat perbedaan hasil kekerasan baja yang sama antara pengujian dengan metode Vicker dibandingkan dengan pengujian menggunakan metoda Brinell yang sudah dilakukan sebelumnya, dan sudah dipublikasikan pada Jurnal Logic.

- [7] I Ketut Rimpung, Jurnal LOGIC Juli 2016. *Pengaruh perlakuan panas terhadap kekerasan baja (St. 42) dengan temperature pemanasan 800°C, Metode Brinell*, Politeknik Negeri Bali
- [8] Moh. Pambudu Tika, 2006. *Metode Riset Bisnis*. PT Bumi Aksara, Jakarta. 13220.
- [9] Setiawan, F.D. 2008. *Perawatan Mekanikal Meain Produksi*, Yogyakarta. Maximus.
- [10] Sularso, Kiyokaysu Suga. 1990. *Dasar Perencanaan Mesin dan Perencanaan Elemen Mesin*. Jakarta. PT. Pradnya Paramita.
- [11] Universitas Udayana Denpasar, 2008. *Pedoman Penulisan Usulan Penelitian, Tesis, dan Disertasi*. Penerbit Program Pascasarjana.

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan penelitian terhadap benda uji yang sama pada jenis pengujian kekerasan dengan metode lainnya, yaitu misalnya metode Rockwell.
2. Perlu dilakukan pengujian benda uji yang dipanaskan lebih tinggi secara bertahap pada pengujian kekerasan yang sama.
3. Perlu dilakukan pengujian dengan metode yang ada dengan lamanya waktu penekanan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad, Zainun. 1999. *Elemen Mesin 1*, Bandung : PT. Refika Aditama.
- [2] Daniel A Brant. 1985. *Metallurgy Fundamentals, Industrial Technology Division western Wisconsin Technical Institute*. South Holland Illinois.
- [3] Daryanto. 1997. *Fisika Teknik*, Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- [4] Tim Laboratorium Uji Bahan dan Metrologi 2015. *Jobsheet Uji Kekerasan*, Badung, Bali, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali
- [5] John E Neely. 1984. *Practical Metallurgy and Material of Industry*. Second Edition.
- [6] Khurmi, R.S dan J.K. Gupta. 1982. *A Text Book of Machine Design*, New Delhi : Eurasia Publishing House Ltd.