

ANALISIS PERUBAHAN KEKUATAN TARIK BAJA (St. 42) DENGAN PERLAKUAN PANAS 800°C

I Ketut Rimpung dan I Gede Oka Pujihadi

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

Abstrak : Tegangan tarik baja terjadi karena adanya beban tarik pada luas permukaannya dan kekuatan baja ditentukan oleh tegangan tarik maksimal yang dapat diterimanya. Baja (St.42) adalah baja yang mempunyai kekuatan atau tegangan tarik maksimum lebih kurang 42 N/mm². Penelitian ini bertujuan untuk menemukan perubahan kekuatan baja (St.42) yang dipanaskan sampai temperatur 800°C dengan pendinginan cepat menggunakan air tawar dan dengan metode pendinginan lambat, dibandingkan dengan baja (St.42) standar.

Hasil penelitian menunjukkan: kekuatan baja St.42 Standar = 41,41 N/mm², kekuatan St.42 Hardening = 21,86 N/mm², dan kekuatan St.42 Anaeling = 16,89 N/mm². Baja yang dikeraskan melalui pemanasan 800°C dan didinginkan cepat menggunakan air tawar, ternyata menjadi lebih lunak dibandingkan dengan baja (St.42 standar). Jadi, ada ketidaksesuaian antara teori dibandingkan fakta hasil pengujian kekuatan baja dengan pendinginan cepat, yaitu terjadi penurunan kekuatan baja sebesar 47,21%. Sedangkan, kekuatan baja yang dilunakkan terjadi penurunan kekuatan sebesar 59,213% ini sesuai dengan teori.

Kata kunci : Kekuatan, baja, perlakuan panas.

ANALYSIS OF CHANGE IN TENSILE STRENGTH STEEL (St. 42) WITH HEAT TREATMENT 800°C

Abstract : *Steel tensile stress occurs because of the tensile load on the surface area and the strength of steel is determined by the maximum tensile stress that can be received. Steel (St.42) is steel that has the power or the maximum tensile stress of approximately 42 N / mm². This study aims to find changes in the strength of steel (St.42) are heated to a temperature of 800°C with quenching using fresh water and with a slow cooling method, compared to steel (St.42) standards. The results showed: St.42 Standar steel strength = 41.41 N / mm², the strength St.42 Hardening = 21.86 N / mm², and the strength of St.42 Anaeling = 16.89 N / mm². Hardened steel by heating 800°C and rapidly cooled using fresh water, turned out to be softer than the steel (St.42 standar). So, there is a discrepancy between theory than fact steel strength test results with rapid cooling, ie a decline in the strength of steel by 47.21%. Meanwhile, the strength of steel is softened decrease the power of 59.213% is consistent with the theory.*

Keywords: *Strength, steel, and heat treatment.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kekuatan bahan dalam hal ini baja, diukur dari besar tegangan tarik maksimum yang dapat diterimanya. Tegangan tarik baja adalah kemampuan baja menerima beban tarik yang diberikan tepat pada luas permukaan,[2]. Untuk dapat mengetahui tegangan tarik baja harus dilakukan pengujian tarik. Penelitian ini melakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik *Universal Testing Machine*, di Laboratorium Uji Bahan dan Metrologi Jurusan Teknik Mesin PNB, kerjasama dengan mahasiswa semester IV. Uji tarik (*Tensile test*) adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik setelah mendapat perlakuan panas. Pengujiannya dilakukan dengan bahan uji

ditarik dengan gaya tertentu sampai putus. Pengujian tarik ini tentunya mengacu pada standar pengujian yang telah ditetapkan secara spesifik dalam bentuk indikator pencapaian kinerja pengujian,[4].

Selanjutnya data hasil percobaan tersebut dilanjutkan dengan mengisi format tabel yang digunakan sebagai data primer hasil uji tarik. Untuk dapat melakukan uji tarik praktikan sebelumnya sudah mendapatkan materi tentang ilmu teknologi bahan dan pelatihan seperlunya. Di dalam melakukan pengujian harus memperhatikan dan mematuhi tata tertib yang berlaku di Lab. Uji bahan dan metrologi di samping faktor keamanan dan keselamatan yang memang dipersyaratkan pada masing-masing alat uji, dalam hal ini menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* serta beberapa perangkat percobaan lainnya,[4].

Kekuatan bahan merupakan satu sifat mekanis dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur karbon dan paduannya. Sifat mekanis baja sangat perlu diketahui agar pada saat pemanfaatannya mampu menahan beban dan aman digunakan, sehingga baja tersebut berfungsi efektif. Unsur karbon dalam baja secara pasti mempengaruhi kualitas baja, dan kekuatan baja yang dibutuhkan dapat dicapai adalah salah satunya dengan perlakuan panas, [3]. Sifat-sifat mekanis baja dapat diketahui melalui beberapa proses pengujian di laboratorium pengujian bahan, [3]. Pengujian kekuatan baja yang umum adalah pengujian tarik yang dapat memberikan informasi sifat mekanis baja, [4].

Mesin atau 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 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.

Penelitian ini menganalisis kekuatan tarik baja St.42 standar dibandingkan baja St.42 yang di-heat treatment. atau yang mendapat perlakuan panas. Pengujian kekuatan tarik baja dapat memberikan informasi tentang tegangan tarik maksimal (*the ultimate tensile stress*), regangan, dan tegangan patah baja maksimum, [2].

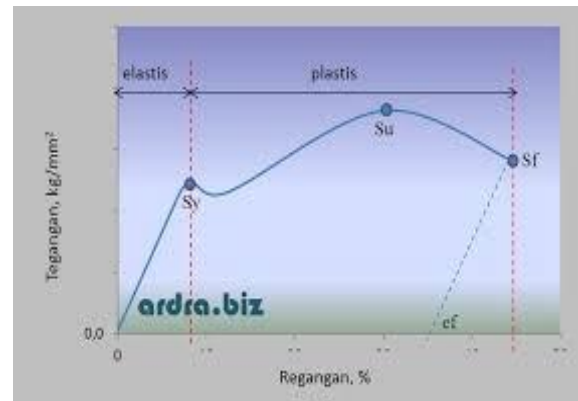
Kekuatan tarik bahan atau baja adalah kemampuan suatu bahan atau baja untuk tahan terhadap suatu beban tarik terhadap luas permukaan tertentu. Kekuatan tarik bahan termasuk kekerasan dari suatu bahan atau baja sebagian besar dipengaruhi oleh unsure-unsur paduannya. Karbon dalam besi maupun baja secara pasti memengaruhi kualitas atau kekuatan tarik baja dan kekerasan baja,[4].



Gambar 1: Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine*)

Proses pengujian tarik dilakukan pada mesin yang dirancang khusus yang dapat melakukan pengujian kekuatan tarik baja dengan menggunakan *Universal Testing Machine*, [7].

Tentunya, pengujian dapat menentukan kekuatan tarik suatu bahan/baja, melalui pengujian tarik. Dapat menentukan *yield point* suatu bahan, dan dapat menghitung prosentase perpanjangan dan pengurangan luas penampang benda uji. Dapat menganalisa kekuatan tarik baja, dapat mengetahui Modulus Elastisitas baja, dapat menjelaskan dengan gambar diagram Tegangan dan Regangan baja. Dapat menjelaskan arti batas proporsional dan batas elastis benda uji atau baja yaitu; Sampai pada suatu titik yang disebut batas proporsional, tegangan sebanding dengan regangan maka grafiknya menunjukkan garis lurus. Jika sampai pada batas elastis, tegangan tidak lagi sebanding dengan regangan. Jika beban dihilangkan maka panjang batang akan kembali seperti semula.



Gambar 2; Tegangan-Regangan Uji Tarik Baja.

1.2 Rumusan Masalah.

Sesuai latar belakang masalah di atas, maka, yang menjadi rumusan masalah penelitian ini adalah;

1. Apakah pengujian tarik yang dilakukan menghasilkan perubahan kekuatan tarik baja St.42 sesuai dengan teori perlakuan panas?
2. Seberapa besar terjadinya perubahan kekuatan baja St.42 yang mendapat perlakuan panas?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan hasil penelitian ini di antaranya adalah;

1. Dapat mengetahui perubahan kekuatan tarik yang terjadi pada baja St.42 berdasarkan teori perlakuan panas.
2. Dapat mengetahui dengan pasti besarnya nilai perubahan kekuatan tarik baja St.42 dengan perlakuan panas.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat kepada;

1. Bagi peneliti sendiri, penelitian ini sangat bermanfaat untuk mengembangkan dan memperdalam pengetahuan bidang teknologi bahan, serta menambah ketrampilan dalam pelaksanaan dan pengoperasian alat-alat pengujian bahan.
2. Bagi lembaga pendidikan Politeknik Negeri Bali, penelitian ini bermanfaat untuk memperkenalkan

kepada para pihak agar dapat dipergunakan sebagai sumber dan pembanding hasil penelitian yang relevan.

3. Bagi masyarakat khususnya yang bergelut dengan perancangan dan pemilihan bahan baja, hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai pedoman dalam pilihan bahan teknik atau baja khususnya St,42.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Proses dan Lokasi Penelitian

Proses pengujian sebelum benda uji dipasang pada mesin uji tarik, mulai dari mengukur diameter, dan panjang awal batang uji (L_0) dibagi menjadi 10 bagian yang sama. Hidupkan mesin hidrolik dengan menekan "Pump On" sehingga "Pump Lamp" nyala. Biarkan beberapa menit (± 15 menit) sebagai pemanasan awal.

Proses pengujian pada mesin; Pasang batang uji pada penjepit (*clamping head*) dari mesin uji tarik. Jika posisi dari penjepit tidak tepat maka diatur dengan cara mengatur posisi "cross head adjasment." Yaitu: untuk menaikkan pada posisi "Up" dan untuk menurunkan pada posisi "Down". Pasang *dial indicator* untuk mengamati pertambahan panjang selama proses pengujian. Menentukan skala beban dengan memutar tombol "Range" dan skala grafik pada roda di samping kiri *dynamometer*.

Memberikan beban tarik dengan cara memutar tombol "Speed control Valve" pada posisi "Load".

Amati pertambahan panjang pada *dial indicator* dan pertambahan gayanya pada *dynamometer*.

Setelah benda uji putus : lepaskan benda uji dari penjepitnya. Catat ukuran yang diperlukan. Turunkan "Clamping Control Valve" dengan pelan-pelan sampai pada posisi semula. Matikan mesin hidrolik dengan menekan "Pump Off"

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 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. Data hasil pengujian setiap kelompok dirata-ratakan sesuai jenis benda uji yang diambil datanya sebagai data yang dimasukkan pada penelitian ini.

2.2 Parameter yang diamati

Pengujian menggunakan mesin uji tarik universal dapat menghasilkan data di antaranya:

a. *Ultimate Tensile Strength* yaitu tegangan nominal maksimum yang dapat ditahan oleh batang uji sebelum patah disebut Tegangan Tarik, yaitu merupakan perbandingan antara beban maksimum yang dicapai selama percobaan tarik dan penampang mula-mula.

b. *Regangan* (ε) merupakan perbandingan antara pertambahan panjang ($\Delta L=L_t-L_0$) dengan panjang batang mula-mula (L_0) disebut *regangan*.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

c. *Elastisitas* yaitu; Jika batang ditarik dan mengalami regangan tetapi bila beban dihilangkan batang kembali seperti semula, maka hal ini dikatakan *elastic*.

d. Beban dan panjang tarikan yang terjadi pada proses pengujian ini secara langsung direkam dan tercatat sebagai data primer setelah dicetak pada printer.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan secara teliti dan sistematis mulai dari pengujian benda uji St.42standar, St.42 perkernan dan St.42 pelunakan. Hasil pengujian yang dilakukan setiap kelompok mahasiswa untuk masing-masing jenis benda uji, kemudian diolah dan dirata-ratakan kemudian dimasukkan ke dalam format atau tabel-tabel seperti di bawah ini.

Benda uji I (bentuk bulat) : St.42(Standard)

Panjang benda uji : 43,4 mm

Diameter benda uji : 9 mm

Tabel 1.1: Data Uji Tarik Baja St.42 Standard

No	Force (kgf)	Stroke (mm)	Tension (N/mm ²)	Strain (%)
1	0	0,072	0,00	0,00
2	72,29	0,144	1,14	0,00
3	230,63	0,432	3,63	0,01
4	399,31	0,720	6,28	0,02
5	557,65	0,936	8,77	0,02
6	726,33	1,152	11,42	0,03
7	774,52	1,440	12,18	0,03
8	867,46	1,656	13,64	0,04
9	1032,69	1,872	16,24	0,04
10	1101,54	2,160	17,32	0,05

11	1263,33	2,376	19,87	0,05
12	1407,91	2,592	21,28	0,06
13	1352,83	2,952	22,14	0,07
14	1576,58	3,168	24,79	0,07
15	1710,83	3,384	26,91	0,08
16	1748,69	3,600	28,75	0,08
17	1827,87	3,888	27,50	0,09
18	1951,79	4,104	30,70	0,09
19	2065,39	4,320	32,48	0,10
20	2158,33	4,536	33,94	0,10
21	2240,95	4,752	35,24	0,11
22	2313,23	4,968	36,38	0,11
23	2375,20	5,256	37,35	0,12
24	2430,27	5,472	38,10	0,13
25	2285,70	5,832	38,23	0,13
26	2430,27	6,048	38,39	0,14
27	2506,00	6,192	39,41	0,14
28	2543,87	6,408	40,01	0,15
29	2567,97	6,696	40,39	0,15
30	2592,06	6,840	40,77	0,16
31	2609,27	7,056	41,04	0,16
32	2619,60	7,344	41,20	0,17
34	2633,37	7,633	41,36	0,18
35	2629,93	8,065	41,41	0,18
36	2626,48	8,281	41,36	0,19
37	2616,16	8,467	41,31	0,19
38	2602,39	8,785	40,93	0,20
39	2585,18	9,001	40,66	0,20
40	2557,67	9,217	40,22	0,21
41	2516,33	9,505	39,57	0,21
42	2471,58	9,793	38,87	0,22
43	2406,18	10,009	37,84	0,23
44	2337,33	10,297	36,76	0,23
45	2251,45	10,657	35,41	0,24
46	2151,45	10,945	33,84	0,25
47	2034,41	11,233	32,00	0,25
48	1886,39	11,521	29,67	0,26
49	1710,83	11,809	26,91	0,27

Sumber: Data pengujian tarik St.42Standar.

Berikutnya ini adalah data hasil pengujian baja ST.42 yang didinginkan cepat setelah dipanaskan.

Benda uji II (bentuk bulat) : St.42(Hardening)

Panjang benda uji : 43,4 mm

Diameter benda uji : 9 mm

Tabel 1.2: Data Uji Tarik Baja St.42 Hardening

No	Force (kgf)	Stroke (mm)	Tension (N/mm ²)	Strain (%)
1	0	0,034	0,45	0,00
2	55,08	2,304	0,91	0,05
3	175,56	2,520	2,89	0,06
4	313,25	2,664	4,15	0,06
5	292,60	2,880	5,81	0,07
6	468,15	3,096	7,70	0,07
7	595,52	3,168	8,80	0,07
8	578,31	3,384	9,51	0,08
9	743,54	3,456	12,23	0,08
10	870,91	3,601	14,33	0,08
11	781,40	3,744	12,85	0,08
12	981,06	3,961	16,14	0,09
13	1104,98	4,104	18,18	0,09
14	1187,61	4,176	19,54	0,09
15	1222,02	4,320	20,10	0,10
16	1242,67	4,464	20,44	0,10
17	1256,44	4,681	20,67	0,11
18	1280,54	4,824	21,06	0,11
19	1297,75	4,968	21,35	0,11
20	1314,96	5,184	21,63	0,12
21	1321,85	5,256	21,74	0,12
22	1328,73	5,544	21,78	0,13
23	1328,93	5,616	21,86	0,13
24	1328,78	5,832	21,79	0,13
25	1321,85	6,048	21,74	0,14
26	1308,08	6,264	21,52	0,14
27	1283,98	6,481	21,12	0,15
28	1249,56	6,696	20,56	0,15
29	1208,25	6,841	19,88	0,15
30	1160,06	7,056	19,08	0,16
31	1104,98	7,272	18,18	0,16
32	1049,91	7,561	17,27	0,17
33	991,39	7,705	16,31	0,17
34	929,42	7,921	15,29	0,18
35	864,02	8,137	14,21	0,18
36	791,73	8,425	13,02	0,19
37	712,56	8,713	11,72	0,20
38	623,06	8,929	10,25	0,20
39	530,12	9,145	8,72	0,21
40	423,40	9,433	6,96	0,21

41	302,92	9,649	4,98	0,22
42	165,23	9,937	2,72	0,22

Sumber: Data pengujian tarik St.42Hardening.

Benda uji III (bulat) : St.42(Anaeling)
 Panjang benda uji : 43,4 mm
 Diameter benda uji : 9 mm

Tabel 1.2: Data Uji Tarik Baja St.42 Anaeling

No	Force (kgf)	Stroke (mm)	Tension (N/mm ²)	Strain (%)
1	0	0,072	0,00	0,00
2	0	0,216	0,00	0,00
3	0	0,288	0,00	0,01
4	0	0,361	0,00	0,01
5	0	0,576	0,00	0,01
6	0	0,720	0,00	0,02
7	0	0,864	0,00	0,02
8	0	0,936	0,00	0,02
9	0	1,008	0,00	0,02
10	10,33	1,152	0,14	0,03
11	34,43	1,296	0,34	0,03
12	72,29	1,368	0,96	0,03
13	148,02	1,441	1,96	0,03
14	169,17	1,656	1,05	0,04
15	209,98	1,728	2,79	0,04
16	299,48	1,872	3,97	0,04
17	385,54	1,944	5,11	0,04
18	289,15	2,088	3,84	0,05
19	433,73	2,160	5,75	0,05
20	526,67	2,232	6,99	0,05
21	612,73	2,376	8,13	0,05
22	492,25	2,520	8,53	0,05
23	578,31	2,664	9,02	0,06
24	709,12	2,736	9,41	0,06
25	812,39	2,808	10,78	0,06
26	901,89	2,952	11,96	0,06
27	784,85	3,096	10,41	0,07
28	812,39	3,240	10,78	0,07
29	950,08	3,312	12,60	0,07
30	1060,23	3,384	14,06	0,07
31	1132,52	3,528	15,02	0,08
32	1163,51	3,601	15,43	0,08
33	1180,71	3,672	15,66	0,08
34	1194,48	3,816	15,84	0,08

35	1208,25	3,888	16,03	0,08
36	1222,02	4,032	16,21	0,09
37	1232,35	4,104	16,35	0,09
38	1242,67	4,248	16,48	0,09
39	1253,01	4,321	16,62	0,09
40	1263,33	4,464	16,76	0,10
41	1266,77	4,608	16,80	0,10
42	1270,71	4,680	16,85	0,10
43	1273,66	4,824	16,89	0,11
44	1270,21	4,896	16,85	0,11
45	1266,77	5,112	16,80	0,11
46	1253,01	5,256	16,62	0,11
47	1253,79	5,472	16,39	0,12
48	1208,25	5,544	16,03	0,12
49	1177,27	5,616	15,62	0,12
50	1142,85	5,760	15,16	0,13
51	1104,98	5,976	14,66	0,13
52	1067,12	6,048	14,15	0,13
53	1029,25	6,022	13,65	0,13
54	991,39	6,408	13,15	0,14
55	946,64	6,552	12,56	0,14
56	901,89	6,696	11,96	0,15
57	857,14	6,840	11,37	0,15
58	808,94	6,984	10,73	0,15
59	757,31	7,191	10,05	0,16
60	702,23	7,344	9,31	0,16
61	643,71	7,561	8,54	0,16
62	581,75	7,777	7,72	0,17
63	516,35	7,849	6,85	0,17
64	447,50	8,065	5,94	0,18
65	368,33	8,209	4,89	0,18
66	285,71	8,125	3,79	0,18
67	192,77	8,641	2,56	0,19
68	92,94	8,785	1,23	0,19

Sumber:Data pengujian tarik St.42.Anaeling

3.2 Pembahasan

Selanjutnya dari masing-masing data pada tabel-tabel dari ketiga pengujian di atas, dapat dibaca kekuatan atau tegangan tarik maksimum masing-masing benda uji. Kekuatan St.42 Standar = 41,41N/mm², kekuatan St.42 Hardening = 21,86N/mm², dan kekuatan St.42 Anaeling = 16,89N/mm².

Tegangan patah masing-masing benda uji adalah: St.42Standar = 26,91N/mm², untuk St.42 Hardening = 2,72N/mm², dan St.42 Anaeling =

1,23N/mm². Sedangkan regangan maksimum masing-masing benda uji dapat dibaca adalah: St.42Standar = 0,27%, untuk St.42 Hardening = 0,22%, dan St.42 Anaeling = 0,19%.

Data hasil penelitian ketiga jenis benda uji di atas, menunjukkan terjadi perbedaan kekuatan dan perubahan sifat-sifat mekanis masing-masing benda uji. Ternyata benda uji yang mendapat perlakuan panas baik yang dikeraskan maupun yang dilunakkan kekerasannya menurun dibandingkan dengan kekerasan benda uji standard.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat disimpulkan bahwa:

1. Baja St.42Hardening yang dikeraskan dengan pemanasan sampai 800°C dan didinginkan cepat menggunakan air tawar ternyata kekuatannya menjadi lebih rendah dibandingkan dengan baja St.42 standar. Terbukti dari angka tegangan maksimum St.42 Hardening = 21,86N/mm², sedangkan tegangan maksimum St.42 Standar = 41,41N/mm². Hal ini menunjukkan perbedaan dengan teori perkerasan logam, dimana logam atau baja yang dikeraskan semestinya menjadi lebih kuat atau tegangan tariknya lebih besar dari logam atau baja yang standar.
2. Baja St.42Annaeling yang dilunakkan dengan pemanasan sampai 800°C dan didinginkan lambat kekuatannya menjadi lebih rendah dibandingkan dengan baja St.42Standar maupun dengan baja St.42 Hardening. Hal ini terbukti dari hasil penelitian tegangan tarik maksimum baja St.42Anaeling = 16,89N/mm², jauh lebih rendah dari baja St.42 Standar, maupun baja St.42Hardening. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian dengan teori pelunakkan logam atau baja.
3. Terdapat kesesuaian hasil penelitian kekuatan tarik, dan hasil penelitian kekerasan baja yang sama baik dengan menggunakan metoda Vicker maupun pengujian kekerasan dengan menggunakan metoda Brinell, yang sudah dilakukan penelitian sebelumnya dan sudah dipublikasikan pada *jurnal logic* PNB.

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan penelitian terhadap benda uji baja yang sejenis berbeda tipe, pada jenis pengujian puntir, tarik dan kekerasan maupun metode lainnya.
2. Perlu dilakukan pengujian benda uji yang sama dengan menaikkan temperatur

pemanasan secara bertahap pada penelitian lainnya.

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 Bahan*, 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.
- [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.