

ANALISIS PENINGKATAN KETAHANAN PUNTIRBAJA (St. 42) MELALUI PROSES PERLAKUAN PANAS

I Ketut Rimpung

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, PO Box 1064 Tuban Badung - Bali
Phone (0361) 701981, Fax. (0361) 701128

Abstrak: Baja sebagai bahan poros pada teknik konstruksi, ketahanannya terhadap beban luar sangat perlu untuk diketahui sebelum digunakan sebagai komponen mesin. Beban luar berupa puntiran yang sering terjadi pada poros atau komponen mesin teknologi tepat guna sangat perlu dikaji, agar kekuatannya sesuai dengan ketersediaan tempat atau ruang dapat dipenuhi. Peningkatan kekuatan baja dapat dilakukan dengan perlakuan panas yaitu melalui proses pemanasan dan pendinginan menggunakan media dan dengan kecepatan tertentu. Penelitian ini mengkaji peningkatan ketahanan puntir baja (St.42) standar dibandingkan dengan baja jenis yang sama setelah proses dengan perlakuan panas untuk dikeraskan. Penelitian ini dilakukan di laboratorium uji bahan dan metrologi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Hasilnya baja yang dikeraskan melalui pemanasan 800°C dan didinginkan cepat menggunakan air tawar dibandingkan dengan baja (St.42) standar ketahanan puntirnya terjadi peningkatan yang signifikan. Yaitu, menurut data pengujian sampai batas elastisitasnya sudut puntirnya meningkat dari 30° menjadi 290° , momen puntirnya meningkat dari 24,6 Nm menjadi 35,4 Nm. Demikian juga, tegangan puntirnya pada momen puntir maksimum terjadi peningkatan dari $503.7021855 \text{ N/mm}^2$ menjadi $697.8735409 \text{ N/mm}^2$.

Kata kunci : Baja, perlakuan panas dan peningkatan ketahanan puntir.

ANALYSIS INCREASING DURABILITY TORSION STEEL (ST.42) MATERIALS THROUGH HEAT TREATMENT PROCESS

Abstract: Steel as the material of the shaft at construction techniques, resistance to external loads very necessary to be known before being used as a component of the machine. External load that often occurs in the form of torsion on the shaft engine components are very effective technology to be assessed, so that its strength according to the availability of space or space can be met. Increased strength the steel with heat treatment can be done is through a process of heating and cooling using the media and a certain speed. This study examines the increase torsion resistance steel (St.42) standards compared with the same type of steel after processing to be hardened by heat treatment. The research was conducted in the laboratory material testing and metrology Department of Mechanical Engineering Polytechnic Bali. The result is a hardened steel by heating 800°C and fast cooled using fresh water compared to steel (St.42) standards durability torsion a significant increase. Namely, according to the test data to the limit of elasticity torsion angle increased from 30° to 290° , rising torsion moment from 24.6 Nm to 35.4 Nm. Likewise, the resistance torsion on moment maximum torque increased from $503.7021855 \text{ N/mm}^2$ to $697.8735409 \text{ N/mm}^2$.

Key words: steel, heat treatment and increased torsional resistance.

I. PENDAHULUAN

Baja adalah bahan teknik hasil pengolahan lanjutan besika besar melalui proses peleburan di dalam converter yang terdiri dari unsur utama logam besi, karbon, mangan, pospor dan sulfur [2]. Ketahanan puntir baja yaitu ketahanan baja terhadap beban puntir yang dibebankan padanya sampai baja tersebut patah akibat pemuntiran tersebut

[5]. Perlakuan panas pada baja dimaksudkan untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan yaitu proses pemanasan dengan temperatur tertentu di dalam dapur pemanasan dan didinginkan dengan menggunakan media tertentu pula, [3]. Penelitian ini mengamati peningkatan ketahanan puntir baja St.42 yang mendapatkan perlakuan panas sampai 800°C . Dipilihnya baja tersebut di atas (St.42), karena bahan tersebut merupakan bahan yang banyak dijual di pasaran dan memenuhi syarat sebagai suatu bahan baku

omponen perkakas atau mesin teknologi tepat guna. Pemanasan pada temperatur 800⁰C dilakukan sesuai dengan teori pelakuan panas terhadap bahan baja yaitu agar terjadi perubahan struktur mikro baja [2]. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali (PNB) mengarahkan mahasiswa yang merancang bangun alat atau mesin teknologi tepat guna sebelum menyelesaikan penidikan mereka di PNB. Hasil rancangan bangun mahasiswa diharapkan semakin handal dan mampu memenuhi keperluan masyarakat. Mesin atau peralatan yang handal adalah sistem mesin atau alat dalam proses kerjanya yang aman bagi operator dan lingkungannya, terjamin keberlanjutan dalam perawatan dan perbaikannya, serta mampu menghasilkan produk yang kompetitif di pasaran, [8]. Pemilihan bahan yang akan dipergunakan sebagai komponen mesin atau alat harus sesuai dengan peruntukannya dan sifat-sifat mekanisnya agar memenuhi kriteria dan beban yang terjadi padanya. Sifat-sifat mekanis bahan atau baja dapat diketahui melalui beberapa proses pengujian di laboratorium pengujian bahan, [3]. Pengujian bahan teknik atau baja yang umum dan demonstratif adalah pengujian puntir yang dapat memberikan informasi mengenai sifat mekanis baja termasuk sifat ketahanan puntir yang dapat diterimanya, [4]. Pengujian puntir memberikan beberapa informasi diantaranya tegangan puntir maksimum (*the ultimate shearing stress*), batas proporsional, sudut puntir, momen puntir maupun sudut puntir spesifik, [2]. Proses pengujian puntir dilakukan pada mesin yang dirancang khusus yang dapat memberikan informasi besarnya momen puntir pada setiap derajat pemuntirannya yang dibebankan kepada benda uji, [4]. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang sudah pernah dilakukan, yang bertujuan mengkaji lebih lanjut data yang dihasilkan, [6]. Yaitu, sejauh mana terjadi peningkatan ketahanan puntir baja St.42 standar dibandingkan baja St.42 yang dikeraskan atau yang mendapat perlakuan panas berdasarkan teori-teori teknologi bahan [2].

II. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Proses Penelitian

Penelitian ini dilakukan bekerja sama dengan mahasiswa semester akhir (enam) yang melakukan kegiatan praktikum uji bahan di Laboratorium Uji Bahan dan Metrologi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali. Proses penelitian ini dilakukan melalui dua tahap yaitu: tahap pertama pembentukan dimensi yaitu diameter dan panjang benda uji yang homogen, termasuk pemanasan terhadap benda uji pada dapur pemanas

sampai mencapai temperatur 800⁰C, lalu didinginkan secara cepat menggunakan air tawar, sedangkan tahap kedua yaitu pengambilan data pada mesin uji puntir. Penelitian ini menguji dengan merusak benda uji melalui pemuntiran atau pengujian benda uji secara langsung terhadap benda uji standar dan yang dikeraskan, [11]. Benda uji sebanyak masing-masing lima belas batang untuk diproses pada mesin uji puntir. Pengujian puntir dilakukan dengan menggunakan mesin uji puntir Model N-50 (*Torsion Measuring Testing Machine Model N-50*).

Proses pengujian mulai dari mengukur dan mencatat dimensi benda uji yaitu panjang dan diameternya yang selanjutnya dipasang pada mesin uji puntir dengan pemegang kedua ujungnya masing-masing pada *gearbox unit* dan *digital torque meter*. Input beban bersamaan sudut pemuntiran diberikan melalui *handwheel* pada *gearbox unit*. Pembebanan tersebut diteruskan oleh puntiran benda uji ke *digital torque meter* yang dapat memberikan data momen puntir yang terjadi pada setiap derajat puntiran yang dilakukan. Demikian proses pengujian dilakukan terhadap setiap benda uji secara teliti sampai selesai bila benda uji putus sampai sinyal momen puntirnya kembali nol, [5].

2.2 Parameter yang diamati

Pengujian menggunakan *Torsion Measuring Testing Machine Model N-50* mendapatkan data primer berupa besarnya pembacaan sudut puntir dan momen puntir yang terjadi sesuai dengan keperluan penelitian. Data lain yang diperlukan dihitung dengan menggunakan rumus-rumus yang relevan seperti penelitian sebelumnya (di bawah ini), [6] / [7].

a. Tegangan Puntir (τ_p) dihitung dengan rumus:

$$\tau_p = \frac{M_p}{W_p} \left(\frac{N}{\text{mm}} \right) \dots\dots (1)$$

Dimana:

M_p = Momen puntir yang terjadi (N.mm)

W_p = Tahanan puntir yang terjadi (mm³)

Untuk penampang pejal dan bulat: $W_p = \frac{\pi d^3}{16} \dots\dots (2)$

Maka,

b. Bila sudut puntir dibagi dengan panjang benda kerja (1), maka didapat sudut puntir spesifik

$$\theta = \frac{\phi}{l} \left(\text{°/mm} \right) \dots\dots (3)$$

Selanjutnya, diagram momen puntir-sudut sudut puntir dan diagram tegangan puntir-sudut puntir spesifik (*shearing stress-specific angle of the twist diagram*) dapat digambarkan sesuai data yang didapatkan langsung dari mesin uji torsi maupun data yang dihitung berdasarkan rumus-rumus, [10].

c. Pada keadaan yang sama, maka momen inersia polar dapat dihitung atau dikerjakan melalui rumus modulus kekakuan geser. Dengan memberikan momen puntir didapatkan modulus kekakuan geser (

G) atau juga dinamakan modulus geser. Di dalam batasan proporsional (proporsional limit), maka formula berikut dapat dipakai :

$$\phi = \frac{M_p \cdot l}{G \cdot I_p} \text{ (radian) } \dots\dots (4)$$

$$= \frac{M_p \cdot l \cdot 360^\circ}{G \cdot I_p \cdot 2\pi} \text{ (}^\circ\text{) } \dots\dots (5)$$

Dimana :

$$\phi = \text{sudut puntir (}^\circ\text{)}$$

M_p = momen puntir yang terjadi (N.mm)

l = panjang bendakerja (mm)

I_p = momen inersia polar (mm^4)

G = modulus kekakuan/geser (N/mm²)

Untuk penampang pejal dan bulat :

$$I_p = \frac{\pi r^2}{2} \text{ atau } \frac{\pi d^4}{32} \dots\dots (6)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan secara teliti dan sistematis mulai dari pengujian benda uji St.42 standar dan St.42 perkernan. Hasil pengujian yang dilakukan masing-masing jenis benda uji sebanyak 18 kali, dicatat dan diolah dengan rumus yang sesuai kemudian dimasukkan ke dalam tabel-tabel seperti di bawah ini.

Percobaan Ke : I (St.42 Standar)
 Diameter x Panjang : 6.29 mm X 31.27 mm
 Tabel 1: Data Pengujian Baja St.42 Standar.

Pembacaan sudut (°)	Momen puntir (N.m)	Tegangan Puntir (N/mm ²)	Sudut Puntir Spesifik (°/mm)
10	1.6	32.76111775	0.319795331
20	22.4	458.6556486	0.639590662
30	24.6	503.7021855	0.959385993
40	22.7	464.7983581	1.279181324
50	18.7	382.8955638	1.598976655
60	8.3	169.9482983	1.918771986
70	5.3	108.5212026	2.238567317
80	1.3	26.61840818	2.558362648
90	0.6	12.28541916	2.878157979
100	0.8	16.38055888	3.197953310
110	0.5	10.23784930	3.517748641
120	0.5	10.23784930	3.837543972
130	0.4	8.190279439	4.157339303
140	0.4	8.190279439	4.477134634
150	0.2	4.095139719	4.796929965
160	0.3	6.142709579	5.116725296
170	0	0	5.436520627

Sumber: Data pengujian Standar yang diolah.

Percobaan Ke : II (St.42 Hardening)

Diameter x Panjang : 6.37 mm X 30.48 mm

Tabel 2: Data Pengujian Baja St.42 Hardening.

Pembacaan sudut (°)	Momen puntir (N.m)	Tegangan Puntir (N/mm ²)	Sudut Puntir Spesifik (°/mm)
10	0,6	11.82836510	0.324254215
20	12.3	242.4814845	0.648508431
30	20,0	394.2788367	0.972762646
40	22.5	443.5636912	1.297016861
50	24.4	481.0201807	1.621271077
60	25.5	502.7055167	1.945525292
70	26.9	530.3050353	2.269779507
80	28,0	551.9903713	2.594033722
90	28.6	563.8187364	2.918287938
100	29.3	577.6184957	3.242542153
110	30.1	593.3896492	3.566796368
120	30.6	603.2466201	3.891050584
130	31.2	615.0749852	4.215304799
140	31.9	628.8747445	4.539559014
150	32.1	632.8175328	4.863813230
160	32.5	640.7031096	5.188067445
170	33,0	650.5600805	5.512321660
180	33.2	654.5028688	5.836575875
190	33.3	656.4742630	6.160830091
200	33.5	660.4170514	6.485084306
210	33.7	664.3598398	6.809338521
220	34.1	672.2454165	7.133592737
230	34.3	676.1882049	7.457846952
240	34.7	684.0737816	7.782101167
250	34.8	686.0451758	8.106355383
260	35.1	691.9593583	8.430609598
270	35.1	691.9593583	8.754863813
280	35.3	695.9021467	9.079118029
290	35.4	697.8735409	9.403372244

300	20,0	394.278836 7	9.727626459
310	1.2	23.6567302 0	10.05188067
320	1.9	37.4564894 8	10.37613489
330	0.6	11.8283651 0	10.70038911
340	0.4	7.88557673 3	11.02464332
350	0.4	7.88557673 3	11.34889754
360	0.4	7.88557673 3	11.67315175
370	0.5	9.85697091 6	11.99740597
380	0.5	9.85697091 6	12.32166018
390	0.5	9.85697091 6	12.64591440
400	0.6	11.8283651 0	12.97016861
410	0.6	11.8283651 0	13.29442283
420	0.5	9.85697091 6	13.61867704
430	0.4	7.88557673 3	13.94293126
440	0.5	9.85697091 6	14.26718547
450	0.4	7.88557673 3	14.59143969
460	0.4	7.88557673 3	14.91569390
470	0.5	9.85697091 6	15.23994812
480	0.5	9.85697091 6	15.56420233
490	0.5	9.85697091 6	15.88845655
500	0.4	7.88557673 3	16.21271077
510	0.1	1.97139418 3	16.53696498
520	0.1	1.97139418 3	16.86121920
530	0.1	1.97139418 3	17.18547341
540	0	0	17.50972763

Sumber: Data pengujian Hardening yang diolah

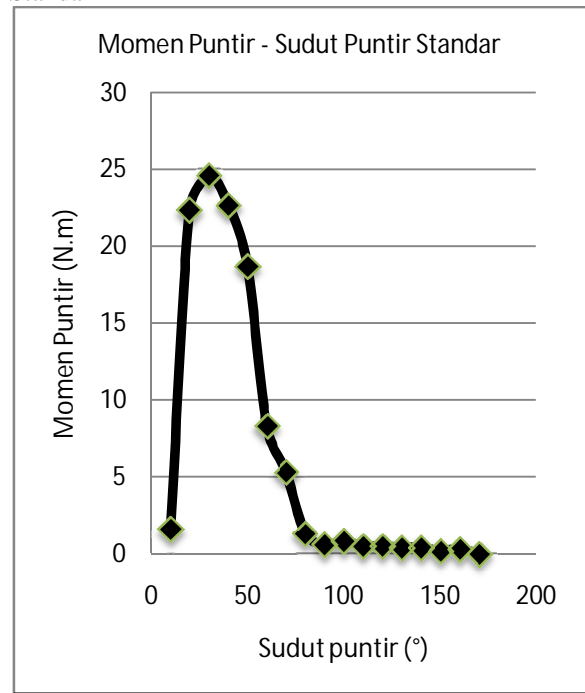
Selanjutnyadarimasing-masing data padakeduatabelpengujian di atas, dibuatkan diagram masing-masingdanberturut-turutmulaidari diagram momenpuntir-sudutpuntir, diagram teganganpuntir-sudutpuntirspesifikbendauijstandar.

Demikianjugahalnyaberdasarkan data pengujian di atas, diagram momenpuntir-sudutpuntir, diagram teganganpuntir-sudutpuntirspesifikbendauij yang dikeraskanmendapatdigambar.

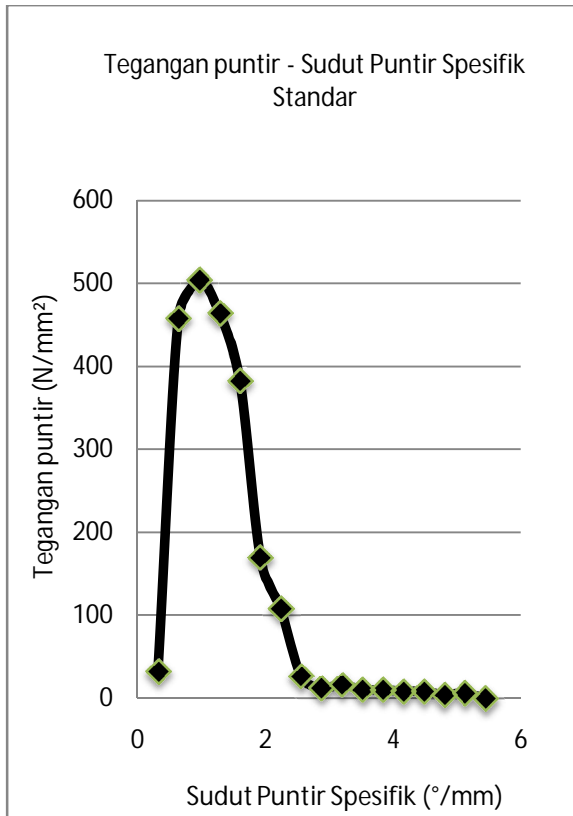
Grafik-grafikuntukkeduajenisbendauijtersebutbaikbendauijst

andarmaupunbendauijyang dikeraskanmelalui proses *heattreatment*dapatdilihat di bawahini.

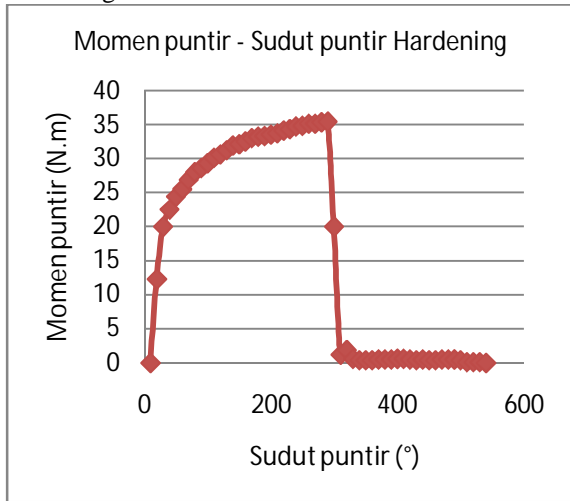
Gambar 1: GrafikMomenpuntir-Sudutpuntir St.42 Standar



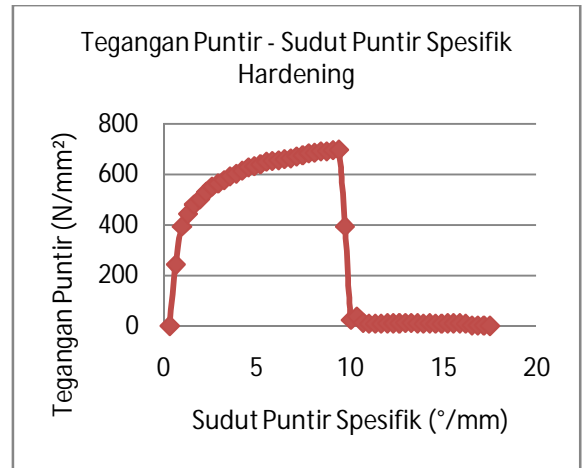
Gambar 2: GrafikTeganganpuntir-Sudutpuntirspesifik St.42 Standar



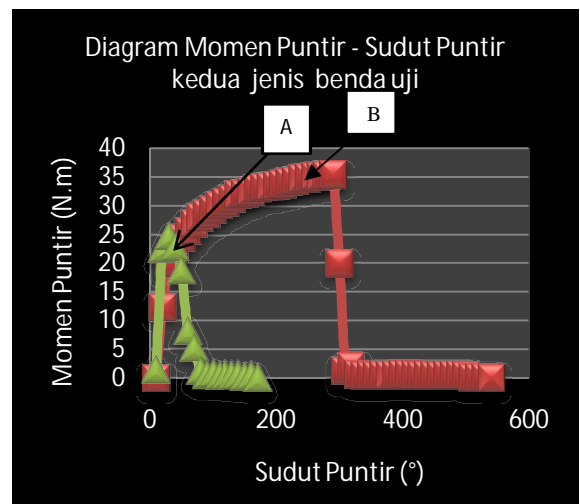
Gambar 3: GrafikMomenpuntir-Sudutpuntir St.42 Hardening



Gambar 4: GrafikTeganganpuntir-Sudutpuntirspesifik St.42 Hardening



Gambar5: GrafikMomenpuntir-Sudutpuntirkeduajenisbenda uji

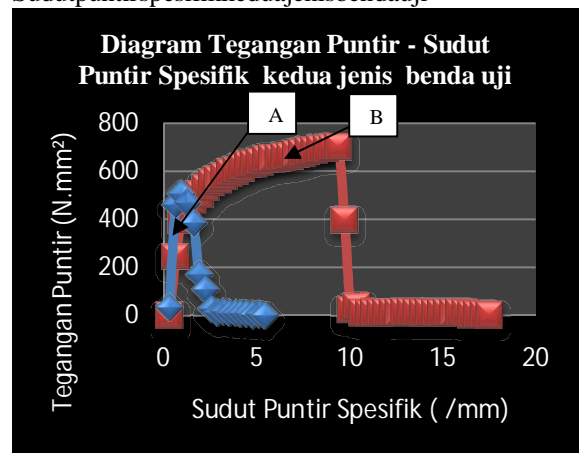


Keterangan:

A : Grafikbenda uji Standar

B : Grafikbenda uji Hardening

Gambar6: GrafikTeganganpuntir-Sudutpuntirspesifikkeduajenisbenda uji



Keterangan:

A : Grafikbenda uji Standar

B : Grafikbenda uji Hardening

3.2 Pembahasan

Dari data pada tabel 1 dan tabel 2 serta grafik-grafik untuk kedua jenis benda uji di atas dapat dilihat perbedaan sifat-sifat mekanis masing-masing benda uji. Ternyata benda uji yang mendapat perlakuan panas yang dikeraskan dengan proses pemanasan sampai 800°C dan didinginkan secara cepat menggunakan air tawar, ketahanan puntirnya lebih besar atau meningkat bila dibandingkan dengan ketahanan puntir benda uji St.42 standar. Peningkatan ketahanan puntir dapat diperlihatkan oleh data di atas yaitu: Tegangan puntir maksimum baja St.42 Standar: $503.7021855 \text{ N/mm}^2$ pada momen puntir maksimum $24,6 \text{ Nm}$., sedangkan, tegangan puntir maksimum baja St.42 Hardening: $697.8735409 \text{ N/mm}^2$ pada momen puntir maksimum $35,4 \text{ Nm}$. Tetapi modulus kekenyalan (G) masing-masing benda uji setelah dihitung menggunakan rumus-
 rumus (5) dan (6), didapatkan: $G(\text{St.42 Standar}) = 4205.500677 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ $G(\text{St.42 Hardening}) = 1335.750379 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang digambarkan dengan grafik dapat disimpulkan bahwa:

1. Baja (St.42) hardening yang dikeraskan dengan pemanasan sampai 800°C dan didinginkan cepat menggunakan air tawar menjadi lebih ulet atau lebih lunak dibandingkan dengan baja (St.42) standar. Terbukti dari sudut puntir (St.42) hardening pada batas proporsional sama dengan 290° derajat, sedangkan sudut puntir St.42 Standar pada batas proporsionalnya sama dengan 30° derajat. Demikian juga momen puntir, tegangan puntir dan sudut puntir spesifik baja yang dikeraskan terjadi peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan ketahanan terhadap pemuntiran sebesar 800.667%
2. Proses pemanasan baja (St.42) standar sampai 800°C dan didinginkan cepat menggunakan air tawar, sangat bermanfaat untuk mendapatkan bahan poros yang lebih tahan atau lebih ulet terhadap beban puntir bila dibandingkan dengan baja (St.42) standar.

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut atau penelitian yang sejenis melalui penelitian terhadap benda uji yang lain pada jenis pengujian yang sama.
2. Perlu dilakukan pengujian benda uji sejenis dengan pemanasan lebih tinggi secara bertahap pada pengujian yang sama maupun pengujian 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] John E Neely. 1984. *Practical Metallurgy and Material of Industry*. Second Edition.
- [5] *Jobsheet* 2003, Pengujian Bahan dan Metrologi Laboratorium Uji Bahan dan Metrologi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
- [6] Jurnal Logic Volum 12 Nomor 1 Maret 2012 (Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Ketahanan Puntir Baja (St.42) dengan Temperatur Pemanasan 800°C).
- [7] Khurmi, R.S dan J.K. Gupta. 1982. *A Text Book of Machine Design*, New Delhi : Eurasia Publishing House Ltd.
- [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.