

ANALISA KEKUATAN PUNTIR, LENTUR PUTAR DAN KEKERASAN BAJA ST 60 UNTUK POROS PROPELLER SETELAH DIQUENCHING

Sarjito, Jokosisworo
Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
email : jito_sar@yahoo.com

Abstract

In the propeller rotation to obtain the ship thrust, the shaft occurred the vary of pressures as the effect of the force combination. The pressures continuously happened and it cause fatigue on the material. Therefore the heat treatment occurred to produce high destructive resistance and to gain the good strength. In this research thr heat treatment ic processed by Quenching, slight cooling and used oil as the cooling media.

This research objected to know the mechanical and physical type of material such as ultimate strength, yield strength, twisting, rotating bending, hardness and the composition of ST 60 stell after being Quenching will be compared to the ST 60 stell without Quenching, those material used as the propulsion material. The material was ST 60 stell, contained carbon 0,35-0,4% C. The test occurred for both type, they are physical type (composition) and mechanical type (hardness, ultimate strength, twisting and rotating bending). The spesiment being heat at the temperature of 850° C during 20 menit and being oiled Quenching, then the test of bending, twisting, rotating bending, composition and hardness are occurred.

In accordance to the research. The ultimate strength ST 60 after being Quenched is 860, 27 N/mm², yield strenght is 695,95 N/mm², the Brinell hardness is 263,209, the material compositions are 0,5% C, 0,75% Mn, 0,34% Si, 0,0098% P, 0,0009% S, rotating bending strenght is 337,08 Mpa with the 1.298.600 sicluses and twisting strength is 21,07 Mpa.

Keywords : Quenching, ST 60 Stell

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam sebuah berputarnya/bekerjanya poros baling-baling untuk menghasilkan daya dorong, poros tersebut menanggung berbagai jenis beban akibat dari kombinasi berbagai bentuk gaya. Beban yang terjadi pada waktu berputarnya/bekerjanya poros baling-baling adalah beban puntir, beban lentur putar, beban tekan dan beban tarik, dimana beban-beban tersebut terjadi secara berulang-ulang yang akhirnya akan terjadi kegagalan lelah (*fatigue failure*) pada material. Oleh karena penggunaan material untuk sebuah poros baling-baling harus memenuhi standar tertentu. Berdasarkan BKI material untuk sebuah poros harus memiliki kekuatan tarik (*tensile strenght*) antara 400-800 N/mm² (*Vol.3 Rules for Machinery Installation 2006 sec.4*) dan material yang digunakan adalah stainless steel dan baja karbon.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan tentang kekuatan puntir dan lentur putar yang terjadi pada poros baling-baling dengan menggunakan material ST 60 didapatkan bahwa material tersebut mempunyai kekuatan tarik sebesar 706,47 N/mm² setelah dilakukan uji tarik dengan material belum mengalami perlakuan panas.¹ Padahal dalam kenyataannya penggunaan material untuk sebuah poros baling-baling harus diperlakukan panas terlebih dahulu agar didapatkan sifat-sifat bahan yang diinginkan, kekerasan bahan meningkat dan dapat menanggung

berbagai gaya yang terjadi pada waktu berputarnya poros baling-baling.

Ada berbagai jenis perlakuan yang ada dan sering digunakan. Dalam hal ini proses yang digunakan adalah Quenching. Quenching adalah proses pemanasan baja karbon hingga suhu austenit, kemudian didinginkan secara cepat akan membentuk struktur yang martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur perlit dan ferrit. Untuk baja karbon jenis ST 60 untuk mencapai suhu austenit adalah ±850°C (*diagram keseimbangan besi-karbida besi*). Perlakuan jenis ini tidak membutuhkan waktu yang lama dan dalam kenyataan perlakuan tersebut juga digunakan. Oleh karena dengan penelitian ini dimana material poros ST 60 diberi perlakuan Quenching dapat menanggung berbagai jenis beban yang terjadi akibat dari kombinasi gaya yang terjadi dan kekuatan tarik yang dihasilkan masih memenuhi standar yang digunakan.

Perumusan Masalah

Dengan dilakukan perlakuan panas pada material poros yang bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan dan berbagai jenis beban yang terjadi pada saat poros baling-baling, maka di dapat beberapa masalah yang dapat diuraikan :

1. Pengaruh beban puntir yang terjadi terhadap kekuatan lelah pada material poros setelah diberikan perlakuan panas dibandingkan dengan material poros yang belum mengalami perlakuan panas.

2. Pengaruh beban lentur putar yang terjadi terhadap kekuatan lelah pada material poros setelah dilakukan perlakuan panas dibandingkan dengan material poros yang belum mengalami perlakuan panas..
3. Pengaruh beban tarik-putar yang terjadi terhadap kekuatan lelah pada material poros setelah dilakukan perlakuan panas dibandingkan dengan material poros yang belum mengalami perlakuan panas..
4. Jenis perlakuan panas yang diberikan kepada material logam dapat memenuhi standar yang digunakan dibandingkan dengan material poros yang belum mengalami perlakuan panas yang sudah memenuhi standar.

Pembatasan Masalah

Penelitian ini pembahasannya akan dibatasi pada hal berikut ini:

1. Proses perlakuan panas yang digunakan adalah quenching.
2. Media pendinginan yang digunakan oli pelumas hidrolik DENISON HF-0 VICKERS I-286 S M-2950 S. karena pendinginan dengan oli lebih lambat dibanding dengan air, sering digunakan dan mudah didapat.
3. Pemanasan dilakukan pada suhu $\pm 850^{\circ}\text{C}$ karena pada suhu tersebut material ST 60 mengalami suhu austenit (*diagram keseimbangan besi-karbida besi*).
4. Pengujian kekuatan yang dilakukan dengan menggunakan spesimen setelah dilakukan perlakuan panas tanpa dilakukan takik terlebih dahulu.
5. Uji material yang dilakukan adalah dengan Uji Tarik, uji Komposisi, uji Lentur Putar (*Rotary Bending*), uji Puntir (*Torsion*) dan uji kekerasan
6. Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 60 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society for Testing and Material*).
 - Jenis baja ST 60 yang dipilih memiliki *tensile strenght* antara 600-720 N/mm².
 - Sesuai BKI Volume III (*Rules For Machinery Installations*) 2006 (*Section 4*), mensyaratkan bahwa material untuk poros baling-baling memiliki *tensile strenght* antara 400-800 N/mm².
7. Analisa tidak membahas tentang getaran, perubahan struktur mikro yang terjadi pada spesimen selama pengujian
8. Analisa yang dilakukan adalah
 - Menganalisa pengaruh holdingtime pada waktu pemanasan dilakukan
 - Menganalisa karakteristik kekuatan material hasil uji tarik
 - Menganalisa komposisi material yang mempengaruhi kekuatan / sifat material.
 - Penggambaran hasil pengujian dalam bentuk grafik (*diagram S-N*) yang menyatakan

hubungan antara beban terhadap umur bahan/ kekuatan lelah material.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah :

1. Membandingkan kekuatan tarik dan kekuatan luluh dari baja ST 60 setelah Quenching dengan baja ST 60 tanpa Quenching dan melakukan analisa apakah kekuatan tarik dan kekuatan luluh pada baja ST 60 dengan Quenching memenuhi standar BKI sebagai bahan poros baling-baling kapal.
2. Membandingkan kekerasan dari baja ST 60 setelah Quenching dengan baja ST 60 tanpa Quenching dan melakukan analisa apakah kekerasan pada baja ST 60 dengan Quenching memenuhi standar BKI sebagai bahan poros baling-baling kapal.
3. Mengetahui karakteristik komposisi kimia dari baja ST 60 setelah Quenching dan dibandingkan dengan baja ST 60 tanpa Quenching dan melakukan analisa apakah komposisi kimia pada baja ST 60 dengan Quenching memenuhi standar BKI sebagai bahan poros baling-baling kapal.
4. Membandingkan kekuatan lentur putar dari baja ST 60 setelah Quenching dengan baja ST 60 tanpa Quenching.
5. Membandingkan kekuatan puntir dari baja ST 60 setelah Quenching dengan baja ST 60 tanpa Quenching.
6. Menganalisa apakah proses perlakuan panas yang digunakan yaitu Quenching terhadap benda uji dengan media pendinginan oli pelumas hidrolik DENISON HF-0 VICKERS I-286 S M-2950 S memberikan sifat yang lebih baik pada material Baja ST 60.

2. METODE PENELITIAN

Studi Literatur dan Studi Lapangan

Dalam penelitian ini langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data dan informasi yang berkaitan secara teknis dan non teknis yang berkaitan dengan penelitian.

- Studi literatur, dengan cara mengumpulkan dan mempelajari berbagai materi-materi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan
- Studi lapangan, studi lapangan ini dilakukan dengan cara survey dan wawancara dengan narasumber yang berkaitan dengan penelitian dan studi lapangan ini dilakukan di Laboraturium Bhan Teknik di Universitas Gadjah Mada.

Pemilihan Bahan Uji

- Bahan/ material yang biasa digunakan sebagai poros baling-baling kapal adalah stainless steel dan baja karbon.

- Bahan yang digunakan adalah baja ST 60 dengan mengacu pada BKI Volume III (*Rules For Machinery Installations*) 2006 (*Section 4*), yang mensyaratkan bahwa material untuk poros baling-baling memiliki *tensile strenght* antara 400-800 N/mm²

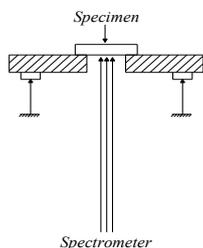
Pemilihan Proses Perlakuan Panas dan media pendinginan

- Sesuai dengan BKI Volume V (*Rules For Materials*) 2006 (*Section 5*), yang mensyaratkan bahwa jenis dari proses perlakuan panas yang dibolehkan untuk material baja karbon salah satunya adalah Quenching.
- Pendinginan dari Quenching cepat sehingga tidak memerlukan waktu yang lama
- Media yang digunakan oli karena banyak digunakan dan pendinginannya lebih lambat dari air.
- Jenis oli yang digunakan adalah oli pelumas hidrolis DENISON HF-0 VICKERS I-286 S M-2950 S.

Pembuatan Skema Pengujian

Uji Komposisi

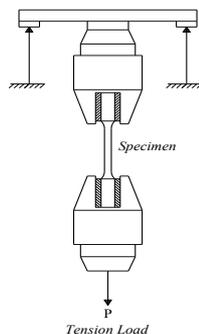
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar / komposisi unsur-unsur kimia yang terkandung dalam spesimen (Baja ST 60) setelah dilakukan Quenching. Pengujian ini bersifat NDT (*Non Destructive Test*)



Gambar 1. Skema uji komposisi

Uji Tarik

Pengujian bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari spesimen dan untuk mengetahui berapa besarnya beban dari pengujian rotari bending.



Gambar 2. Skema uji tarik

Uji kekerasan

Dalam hal ini pengujian kekerasan untuk baja ST 60 setelah di Quenching menggunakan metode Vickers.

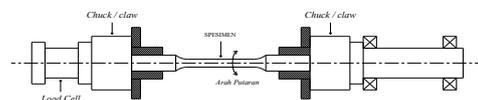
Pengujian ini juga merupakan pengujian yang cukup penting karena pengujian ini juga diatur dalam rules, sehingga apakah suatu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan poros baling-baling setelah dilakukan proses perlakuan panas mempunyai nilai yang sudah ditetapkan dalam rules.



Gambar 3. Skema uji komposisi

Uji Puntir

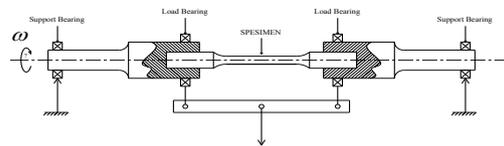
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan puntir dari material yang bersangkutan. Beberapa data yang didapatkan dari pengujian ini adalah tegangan geser, modulus elastis, momen puntir dll.



Gambar 4. Skema uji puntir

Uji Lentur putar

Pengujian ini mengasumsikan bahwa poros mengalami *miss alignment*, sehingga mekanika yang terjadi adalah poros menanggung beban tekuk/ *bending* sementara poros tetap dalam keadaan berputar



Gambar 5. Skema uji lentur putar

Pembuatan Spesimen Pengujian

Spesimen Uji tarik

Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 60 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society for Testing and Material*) tipe E-8 (*Test Method for Tension Testing of Metallic Materials*).

Spesimen Uji Lentur Putar

Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 60 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society for Testing and Material*) tipe E-466 (*Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Test of Metallic Material*).

Spesimen Uji Puntir

Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 60 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society for Testing and Material*) tipe E-143 (*Standart Test Method for Shear Modulus at Room Temperatures*).

Spesimen Uji Komposisi dan uji Kekerasan

Spesimen yang digunakan poros pejal yang dipotong melintang dengan ketebalan ± 5 mm dan diameter ≥ 10 mm.

Proses Perlakuan Panas Pada Spesimen

Adapun tahapan yang dilakukan dalam proses perlakuan panas ini adalah

1. Nyalakan dapur panas yang dimana suhu awal adalah 26°C (kenaikan 1 menit adalah 7°C)
2. Masukkan spesimen kedalam dapur panas
3. Setelah dipanaskan dalam dapur panas hingga mencapai suhu 600°C kemudian ditahan selama 20 menit
4. Setelah 20 menit dapur panas diatur kembali seperti semula hingga mencapai suhu austenit yaitu 850°C .
5. Setelah mencapai suhu 850°C dapur panas ditahan kembali selama 20 menit.
6. Setelah itu benda uji dikeluarkan dari oven dengan menggunakan sebuah alat dan dimasukkan kedalam media pendinginan.

Pengujian Material

Perhitungan Kekuatan Material

Perhitungan Kekuatan Tarik

- Perhitungan tegangan luluh bahan
- Perhitungan tegangan maksimum bahan

Perhitungan Kekuatan Lentur Putar

- Perhitungan besarnya batas leleh material (*endurance limit*)
- Perhitungan besarnya beban pada spesimen
- Perhitungan besarnya tegangan bending saat pengujian

Perhitungan Kekuatan Puntir

- Perhitungan momen puntir maksimum
- Perhitungan tegangan puntir maksimum

Analisa Data

Kesimpulan

3 HASIL PENGUJIAN

Uji Komposisi

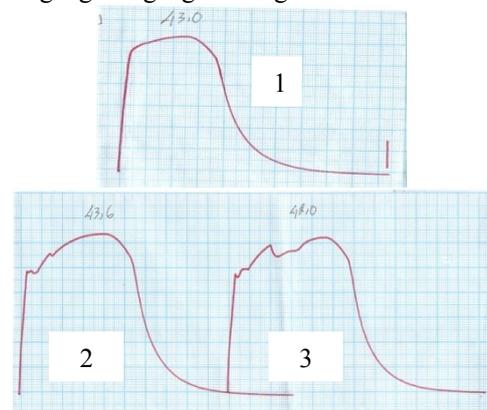
Berdasarkan pengujian komposisi yang dilakukan menunjukkan bahwa spesimen :

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi

UNSUR	(%)
C	0,5012
Si	0,3420
S	0,0009
P	0,0098
Mn	0,7534
Ni	0,0071
Cr	0,0018
Mo	0,0015
Cu	0,0436
W	0,0000
Ti	0,0062
Sn	0,0361
Al	0,0204
Pb	0,0041
Ca	0,0021
Zn	0,0084
Fe	98,23

Uji Tarik

Berdasarkan penguji yang dilakukan maka diperoleh kurva regangan tegangan sebagai berikut :



Gambar 6. kurva regangan tegangan hasil pengujian

Uji Kekerasan

Berdasarkan pengujian Vickers diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan Vickers

Hasil pengukuran (dalam Strip)		Hasil pengukuran (mm)		Rata-rata	
15	15	0,46	0,46	0,46	0,46

Uji Lentur Putar

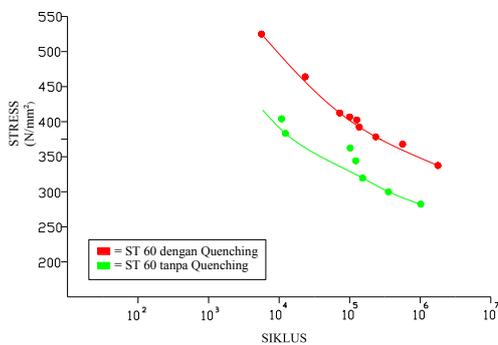
Pengujian ini menggunakan R.R.Moore Rotating Bending Machine dimana yang berfrekuensi 50 Hertz.

Berdasarkan pengujian maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil pengujian lentur putar

ST 60	Do (mm)	P (Newton)	Siklus
Spesimen 1	7,85	160	1298600
Spesimen 2	7,81	170	682500
Spesimen 3	7,86	180	220700
Spesimen 4	7,93	190	117200
Spesimen 5	7,81	200	110500
Spesimen 6	7,89	210	102800
Spesimen 7	7,84	230	43700
Spesimen 8	7,84	250	7200

Berdasarkan Diagram S-N yang merupakan hasil pengujian menunjukkan bahwa Baja ST 60 Dengan Quenching mempunyai ketahanan umur yang lebih tinggi dari Baja ST 60 tanpa Quenching. Hal ini dapat dilihat dari Diagram S-N sebagai berikut :



2. Uji Puntir

Pengujian ini menggunakan Torsion Testing Machine yang mempunyai kapasitas maksimal 6 N.m.

Berdasarkan pengujian diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil uji puntir Baja ST 60 dengan Quenching

Sudut	Momen Puntir / Torsi (N.mm)					Rata-rata
	Sp es. 1	Spes. 2	Spes. 3	Spes. 4	Spes.5	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
30	5,0	0,0	0,0	0,0	0,02	1,00
40	6,5	0,28	0,4	0,25	0,53	1,59
50	6,5	0,9	0,8	0,55	0,93	1,94
60	6,5	1,0	0,8	0,92	0,94	2,03
70	6,5	1,0	0,8	0,92	0,95	2,03
80	6,5	1,0	0,8	0,92	0,96	2,04
90	6,5	1,0	0,8	0,92	0,97	2,04
100	6,5	1,0	0,8	0,92	0,97	2,04
Sudut maks.	15 80	1440	1180	1280	1340	1364

4. KESIMPULAN

Pengujian Tarik (Tension Test)

- Berdasarkan Analisa bahwa Baja ST 60 dengan Quenching mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding Baja ST 60 tanpa Quenching dan

memenuhi standar BKI Volume V (*Rules for Materials*) 2006 sec. 6 sehingga dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan poros baling-baling kapal.

- Berdasarkan Analisa bahwa Baja ST 60 dengan Quenching mempunyai kekuatan luluh yang lebih tinggi dibanding Baja ST 60 tanpa Quenching dan memenuhi standar BKI Volume V (*Rules for Materials*) 2006 sec. 6.

Pengujian Kekerasan (Hardness Test)

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dapat disimpulkan bahwa Baja ST 60 dengan Quenching lebih tinggi dibanding tanpa Quenching dan memenuhi standar BKI Volume V (*Rules for Material*) 2006 sec.6 sehingga dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan poros baling-baling kapal.

Pengujian Komposisi (Composition Test)

Baja ST 60 dapat dikategorikan sebagai jenis baja karbon rendah dan setelah dilakukan pengujian komposisi maka dapat disimpulkan bahwa Baja ST 60 setelah Quenching memenuhi standar BKI (*Rules for Materials*) 2006 sec. 6 sehingga dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan poros baling-baling kapal.

Pengujian Puntir (Torsion Test)

- Berdasarkan pengujian dapat disimpulkan bahwa Baja ST 60 dengan Quenching mempunyai sifat getas (*Brittel*) sedangkan baja ST 60 tanpa Quenching bersifat ulet (*Ductile*).
- Baja ST 60 dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan poros baling-baling kapal tetapi harus melalui proses perlakuan panas seperti Quenching.
- Secara umum bahwa dengan adanya proses perlakuan panas yaitu Quenching dapat memperbaiki sifat dari suatu material seperti meningkatkan kekerasan, ketahanan, kekuatan tarik dll, tetapi material tersebut akan bersifat getas karena dipanaskan sampai suhu austenit dan didinginkan secara cepat sehingga membentuk struktur martensit.

Saran

- Apabila ingin melakukan penelitian tentang poros setelah *quenching* maka harus dilakukan proses perlakuan panas *tempering* untuk menghilangkan tegangan sisa dan meningkatkan keuletan dan bisa dibandingkan dengan pengaruh proses perlakuan yang lain.
- Apabila mengambil penelitian tentang poros baling-baling kapal bisa ditambahkan pengujian seperti pengujian aus.

3. Prosedur pemasangan benda uji pada mesin fatik rotari bending juga sangat perlu untuk diperhatikan. Pemasangan yang tidak sesuai dengan prosedur bisa merusak benda uji sebelum mesin dihidupkan. Proses memasang yang tidak hati-hati juga dapat membuat cacat permukaan benda uji dan hal ini tentu mengurangi umur dari benda uji.
4. Apabila melakukan uji puntir sebaiknya menggunakan alat yang mempunyai beban statis karena itu bisa mengetahui kekuatan puntir suatu material yang sesuai dengan kenyataan atau apabila tidak ada bisa menggunakan alat dengan beban dinamis yang mempunyai beban yang lebih dari 6 N.m
5. Apabila mengambil penelitian tentang pengujian lebih baik sebelum dilakukan pengujian spesimen diperiksa terlebih dahulu apakah spesimen mempunyai cacat material akibat dari pembuatan karena akan sangat mempengaruhi hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1984, "Annual Book of ASTM Standart, Volume 03.01. Metal-Mechanical-Testing; Elevated and Low-Temperature" America Standart Material Hand Book; Race Street, Philadelphia.
- Biro Klasifikasi Indonesia, 2006, "Rules for Machinery Installations, Vol.III".
- Biro Klasifikasi Indonesia, 2001, "Rules for Materials, Volume V".
- Budiman, Anton dan Bambang P, 1999, "Elemen Mesin Jilid I Disain dan Kalkulasi dari Sambungan, Bantalan dan Poros", Erlangga, Ciracas, Jakarta.
- Callister Jr, W.D, 1994, "Material Science and Engineering", John Willey and Sons, Inc, New York.
- Collins, J.A, 1981, "Failure of Material in Mechanical Design", John Willey and Sons, Inc, New York.
- Dieter, George E, 1987, " Mechanical Metallurgy", edisi terjemahan oleh Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta.
- Fuch, H.O and Stephens, R.I, 1987, "Metal Fatigue in Engineering", John Willey and Sons, Inc, New York.
- Gere, J.M and Timoshenko, 1984, "Mechanic of Material", edisi terjemahan oleh Bambang S. ,Erlangga, Bandung.
- Gesafalugongesa, " Hardenability And Joming Test ", [www. Gesafalugongesa.wordpress.com](http://www.Gesafalugongesa.wordpress.com), 13/09/2008
- Hermawan, Chandra, " , Analisa Kekuatan Puntir Dan Lentur Putar Poros Baja St 60 Sebagai Aplikasi Perancangan Bahan Poros Baling-Baling Kapal ",2008, hal. IV-13
- Kusuma, Tirtana Mulyana, " Karakteristik Dan Peningkatan Kekerasan Bahan Cetakan Blow Molding ", www.digilib.petra.ac.id, 15/09/2008
- Masyrukan, " Penelitian Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Proses Pengarbonan Dari Arang Kayu Jati ", www.eprint.ums.ac.id, 15/09/2008
- Popov, E.P, 1995, "Mechanic of Material", edisi terjemahan oleh Zainul,A.T, Erlangga, Ciracas, Jakarta.
- Timoshenko, S, 1976, "Strength of Materials Part II", Robert E. Krieger Publishing Co, New York.
- Totok Surdia, Saito S, 1992, "Pengetahuan Bahan Teknik Cetakan Kedua" PT Pradna Paramita, Jakarta.
- Zainuri, Ach. Muhib ST, 2008, " Kekuatan Bahan ", ANDI, Yogyakarta