

## PENGARUH SUHU TERHADAP SIFAT MEKANIS BANTALAN LUNCUR KOMPONEN MESIN

Sasi Kirono

Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) - BPPT  
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang

### ABSTRAK

**PENGARUH SUHU TERHADAP SIFAT MEKANIS BANTALAN LUNCUR KOMPONEN MESIN.** Tulisan ini membahas pengaruh suhu komponen mesin bantalan luncur menggunakan metode pengujian mekanis tarik dan kekerasan. Pembahasan hasil penelitian meliputi korelasi antara kuat tarik, regangan dan kekerasan. Hasil penelitian menyatakan kekuatan tarik 603,29 N/mm<sup>2</sup> menurun sampai 23,94%. Peningkatan suhu akan menurunkan kekerasan dan kekuatan.

**Kata kunci :** Kekerasan, perlakuan panas, sifat mekanik

### ABSTRACT

**THE EFFECT OF TEMPERATURE ON MECHANICAL PROPERTIES OF BUSHING ON MACHINE COMPONENT.** This paper discussed the influence of bushing temperature on machine components using the method which is available in mechanical test. The discussion of the test result includes correlation between stress, strain and hardness. The degradation of tensile stress 603.29N/mm<sup>2</sup> up to 23.94%. The increase of temperature will be decrease of hardness and strength

**Key words :** Hardness, heat treatment, mechanical properties

### PENDAHULUAN

Perunggu atau *bronze* merupakan logam non fero yang terdiri dari Al dan Cu. Penggunaan di industri dalam bentuk *billet* sebagai bahan awal untuk pembuatan komponen mesin seperti bantalan luncur, karena logam ini memberikan unjuk kerja yang baik dalam berbagai kondisi lingkungan, ketahanan terhadap abrasi dan korosi.

Penggunaan perunggu sering ditemui di industri dalam bentuk komponen bantalan luncur *bushing* pada mesin, tempa dan penekanan dalam. Pemanfaatan perunggu berdasarkan sifat mekanis akibat perubahan suhu sering digunakan, tetapi bantalan luncur yang digunakan pada beban tinggi dan gesekan yang relatif besar, serta pelumasan yang kurang optimal, memerlukan kemampuan yang lebih agar tidak terjadi penurunan sifat mekanis. Hal ini dapat berpengaruh terhadap kinerja mesin industri karena dapat membawa akibat kurang baik terhadap kualitas maupun kuantitas produk yang dihasilkan. Kondisi tersebut perlu diperbaiki dengan usaha melakukan penelitian terhadap aluminium perunggu (*bronze*) pada suhu kerjanya.

Mutu komponen bantalan dari perunggu biasanya diamati sifat kekuatan mekanis dan kekerasan dari komponen bantalan, untuk menjamin keamanan struktur yang dirancang. Kekuatan komponen terhadap pembebanan statis sangat diperlukan untuk verifikasi

karakteristik komponen, sehingga mutu komponen akan lebih terjamin keandalannya.

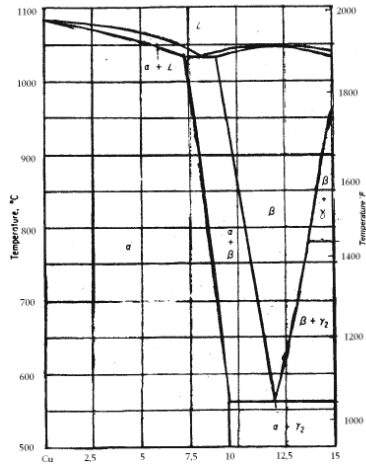
Kekuatan sifat mekanis bantalan luncur pada komponen mesin dipengaruhi oleh korelasi proses perlakuan panas terhadap suhu kerja.

### TEORI

Bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban besar. Bantalan ini sederhana konstruksinya dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah. Karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan, bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar. Pelumasan pada bantalan ini tidak begitu sederhana, karena adanya lapisan pelumas, bantalan ini dapat meredam tumbukan dan getaran sehingga hampir tidak bersuara. Dalam teknik kendaraan bantalan luncur dapat berupa logam silinder berongga dan bantalan luncur berongga dari bahan plastik.

Bahan bantalan luncur [1] harus memenuhi persyaratan yang cukup tahan terhadap beban, dapat menyesuaikan diri terhadap lenturan poros atau perubahan bentuk. Pada umumnya aluminium perunggu (*bronze*) mengandung antara 4% sampai dengan 11% unsur paduan aluminium. Unsur lain yang biasa ditambahkan dalam proses pembuatan aluminium perunggu adalah Si dan Mn. Pada Gambar 1 terlihat

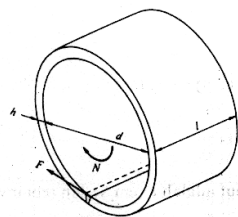
diagram fasa biner aluminium perunggu, bahwa kondisi maksimum kelarutan aluminium dalam larutan padat  $\alpha$  mendekati 9,5% pada suhu 555 °C, sedangkan fasa  $\beta$  bereaksi menjadi campuran fasa  $\alpha + \gamma_2$  melalui *eutectoid* pada suhu sekitar 555 °C.



Gambar 1. Diagram fasa biner aluminium perunggu [2]

Aluminium perunggu memiliki kemampuan untuk proses pengerjaan dingin dan kekuatan yang baik untuk komponen bantalan mesin. Proses pengecoran untuk logam ringan merupakan proses penuangan kontinu yang dapat menghasilkan *billet* yang panjang. Hal ini disebabkan karena selama proses peleburan dapat dilakukan penambahan bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan perunggu sehingga proses penuangan kontinu dapat dilakukan.

Bantalan silinder berongga seperti ditunjukkan pada Gambar 2 terdiri dari sebuah selongsong pasangan suaian yang sesuai dengan rumah pipa (*housing*), dimana batang poros tersebut berputar di dalam rumah bantalan.



Gambar 2. Bantalan luncur [3]

Fluida atau cairan mengalir melalui celah sempit yang terbentuk. Tingkat kebocoran suatu fluida yang tidak termampatkan mengalir ke daerah berlapis melalui suatu titik dan melalui barisan bantalan dengan celah yang kecil. Dalam beberapa hal bantalan tetap digunakan untuk menahan fluida yang berviskositas terlalu rendah, untuk meredam getaran dan menjaga kebocoran sesuai batas toleransi. Bantalan yang dipasang pada rumah bantalan, celah harus cukup besar untuk mencegah gesekan selama pengoperasian. Gesekan yang terjadi dapat menghasilkan getaran, poros

melengkung, menimbulkan putaran poros tak beraturan, menimbulkan gesekan dan mempengaruhi beban bantalan dan menimbulkan panas yang mengurangi kinerja bantalan.

Beban bantalan dan putaran poros diberikan pertama perlu dilakukan pemeriksaan sehingga beban perlu dikoreksi untuk menentukan beban rencana dan pemilihan bahan bantalan kemudian penentuan tekanan bantalan yang diijinkan.

Penentuan panjang bantalan sedemikian hingga tidak terjadi pemanasan berlebihan. Memeriksa bahan bantalan dan menentukan diameter poros sedemikian sehingga tahan terhadap benturan juga memeriksa tekanan bahan bantalan dan menentukan diameter poros.

Beban poros dapat diangkat oleh tekanan selaput minyak. Bila poros berputar dengan kecepatan cukup tinggi, selaput minyak yang terbentuk akan cukup tebal, sehingga tidak terjadi kontak antara permukaan poros dan bantalan yang saling meluncur.

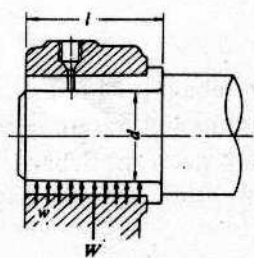
Bila beban bertambah atau kecepatan dari permukaan luncur berkurang, maka tebal selaput minyak akan berkurang. Lapisan yang menipis pada suatu batas tertentu akan mengakibatkan kontak antara permukaan poros dan bantalan. Pada keadaan ini gesekan tidak lagi terjadi secara hidrodinamis melainkan secara molekuler. Daerah dimana terjadi gesekan semacam ini disebut daerah gesekan *molekuler* atau gesekan campuran, dan terjadi pada tebal selaput tipis (kurang dari 0,1 mikron). Di sini dapat terjadi deformasi plastis pada permukaan logam yang bergesek, keausan yang cepat dan suhu yang melonjak. Dalam keadaan ekstrim, dapat terjadi pada pengelasan karena selaput minyak yang terkelupas sama sekali.

Pada bantalan yang menahan beban ringan dan putaran sangat tinggi, poros akan terangkat oleh selaput minyak sedemikian tinggi hingga sumbunya akan berhimpit dengan sumbu bantalan dan tebal selaput minyak disekeliling poros akan merata seperti pada Gambar 3.

Yang dimaksud dengan tekanan bantalan adalah beban radial dibagi luas proyeksi bantalan yang besarnya sama dengan beban rata-rata yang diterima oleh permukaan bantalan [3]. Jika dinyatakan dengan  $p$  (kg/mm<sup>2</sup>), beban rata-rata adalah :

$$p = \frac{W}{l.d} \dots\dots\dots (1)$$

dimana  $l$  (mm) adalah panjang bantalan,  $d$  (mm) adalah diameter poros.  $W$  adalah gaya bantalan (N), bila  $l$  dan  $d$  dinyatakan dalam mm, satuan  $p$  adalah N/mm<sup>2</sup>. Untuk bantalan dengan lubang minyak atau alur minyak, harga  $d$  harus dikurangi luas lubang atau alur tersebut untuk menghitung  $p$ .



Gambar 3. Poros yang diselubungi selaput minyak secara merata [4,5].

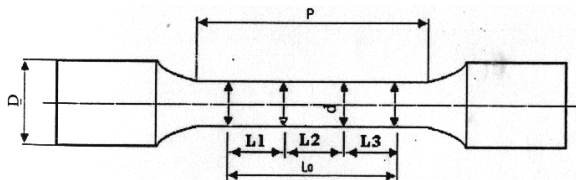
Harga tekanan yang diijinkan tergantung pada bahan bantalan [1]. Untuk bahan aluminium perunggu dengan kekerasan  $45 H_B$  hingga  $50 H_B$  tekanan  $2,8 \text{ kg/mm}^2$  pada suhu maksimum yang diperbolehkan  $100^\circ\text{C}$  sampai dengan  $150^\circ\text{C}$ .

### METODE PERCOBAAN

Untuk mengetahui pengaruh suhu pemanasan terhadap karakteristik sifat mekanis perunggu (*bronze*) diperlukan analisis kekuatan mekanis dari kekerasan terhadap komponen. Hal tersebut dilakukan agar mendapatkan komponen produk bantalan yang berkualitas, aman, kuat dan ekonomis. Maka dilakukan variasi suhu uji  $50^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$  untuk waktu tahan 60 menit untuk mengetahui koreksi perubahan sifat mekanis.

Selama dalam penggunaan permukaan bantalan harus tahan terhadap keausan dalam menerima pembebanan. Bahan yang digunakan sebagai benda uji penelitian ini adalah aluminium perunggu Al-Cu, dengan komposisi kimia menurut pengamatan sebagai berikut: 80,49% Cu, 0,18% Pb, 1,24% Mn, 0,18% Sn, 3,57% Fe, 4,43% Ni, 0,14% Mg, 0,003% Cr, 0,004% Sb, <0,01% Bi, <0,002% Co, <9,39% Al, <0,32% Zn. Sifat kuat tarik  $793,23 \text{ N/mm}^2$  dan regangan 35,52%.

Bantalan luncur ini adalah aluminium perunggu dengan bentuk benda uji tarik menurut standar ASTM B 557 dan specimen uji kekerasan JIS Z 2243. Persiapan tersebut dilakukan untuk membuat bentuk benda uji tarik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Lo	panjang ukur (mm)	=	1"	=	25,4 mm
P	panjang sebelum panjang ukur (mm)	=	1,25"	=	31,75 mm
d	diameter uji (mm)	=	0,25"	=	6,35 mm
D	diameter pemegang (mm)				

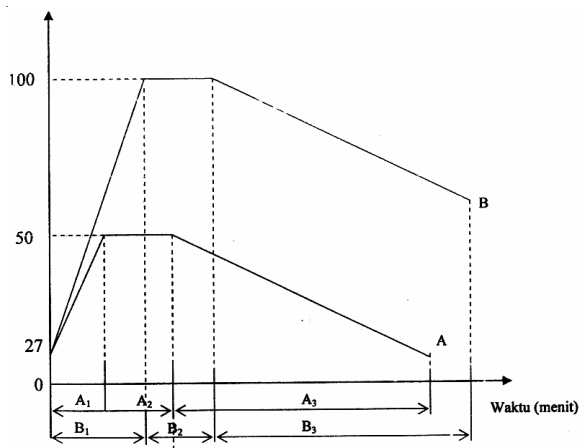
Gambar 4. Benda Uji tarik [6,7]

### Cara Kerja

Penelitian dilakukan terhadap benda uji aluminium perunggu, dengan membuat variasi suhu uji

$50^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$ . Variasi suhu uji ini dilakukan untuk mengetahui fenomena perubahan sifat mekanis. Spesimen benda uji hasil tuang kontinu, dilakukan pemeriksaan komposisi kimia. Kemudian dilakukan proses pemanasan dengan variasi suhu uji  $50^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$  serta waktu penahanan 60 menit. Kemudian dilakukan pengujian sifat mekanis kekerasan dan tarik untuk dilakukan analisis pengujian.

Pemeriksaan komposisi kimia dari bahan uji dilakukan dengan pengamatan spektrometer. Dalam mempersiapkan pengaruh sifat mekanis dengan pengujian statis dan kekerasan dilakukan proses perlakuan panas pada penelitian ini meliputi proses pemanasan spesimen uji hingga suhu yang ditentukan. Setelah specimen uji siap maka dilakukan proses pemanasan dengan variasi suhu pemanasan yang berbeda yaitu  $50^\circ\text{C}$  dan  $100^\circ\text{C}$ , skematik proses perlakuan panas yang dilakukan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skematik proses perlakuan panas

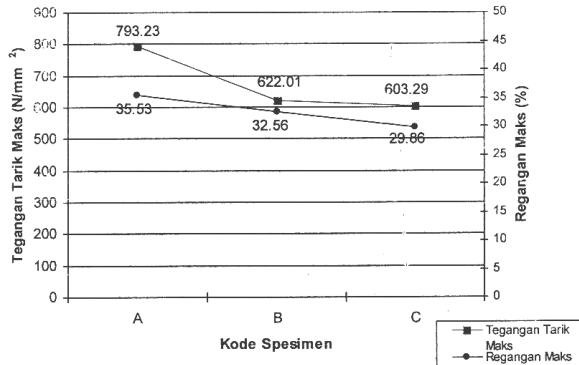
Kondisi suhu yang homogen pada seluruh bagian spesimen uji, selain dipengaruhi oleh suhu juga waktu penahan. Uji tarik [8] dilakukan terhadap aluminium perunggu dengan tujuan untuk mengetahui sifat tarik bahan seperti kekuatan tarik maksimum ( $\sigma_u$ ), dan regangan (%). Kekuatan tarik maksimum ( $\sigma_u$ ) ialah tegangan tarik tertinggi yang dapat diberikan sebagai tahanan atau reaksi terhadap beban. Regangan ialah perpanjangan maksimum yang dapat dicapai oleh bahan sampai patah.

Kekerasan *Brinell*  $H_B$  dari bahan dapat diketahui dengan memberikan penekanan yang konstan pada benda uji untuk waktu spesifik 10 detik hingga 30 detik, kekerasan merupakan rasio antara beban uji P dan luas permukaan A bekas penekanan yang berbentuk diameter indentor D dan diameter jejak d, memenuhi persamaan:

$$BHN = \frac{2P}{\pi \cdot D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots (2)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian tarik dan pengamatan grafik hubungan antara kuat tarik, regangan dan kekerasan pada aluminium perunggu tanpa perlakuan, kemudian di panaskan sampai suhu 50 °C dan 100 °C dapat terlihat seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Keterangan gambar :

- A : Tanpa perlakuan
- B : Spesimen pada suhu uji sebesar 50 °C
- C : Spesimen pada suhu uji sebesar 100 °C

**Gambar 6.** Grafik Tegangan Tarik dan Regangan terhadap kode spesimen

Hasil analisis komposisi kimia, diketahui beberapa unsur kimia terdapat pada spesimen uji dengan spektrometer terlihat Tembaga (Cu)-80,49%, Aluminium (Al)-9,39%, Nikel (Ni)-4,43%, Ferro (Fe)-3,57%, Mangan (Mn)-1,24% dan beberapa unsur kimia lainnya dibawah 1%. Berdasarkan hasil analisis data dapat diindikasikan menurut ASM, bahwa bahan spesimen uji termasuk jenis aluminium perunggu (Aluminium Bronze-C95800).

Kandungan Al cukup besar (92,39%), penambahan unsur ini dimaksudkan agar Aluminium perunggu dapat dilakukan proses pengerjaan panas walaupun kurang optimal. Unsur Mangan sebesar 1,24% berfungsi sebagai deoksidasi ketika proses peleburan dan juga meningkatkan kekuatan tarik. Selain itu juga Mn digunakan untuk menggantikan fungsi Nikel dan ditambahkan Pb dimaksudkan agar dapat memperbaiki sifat mampu mesin.

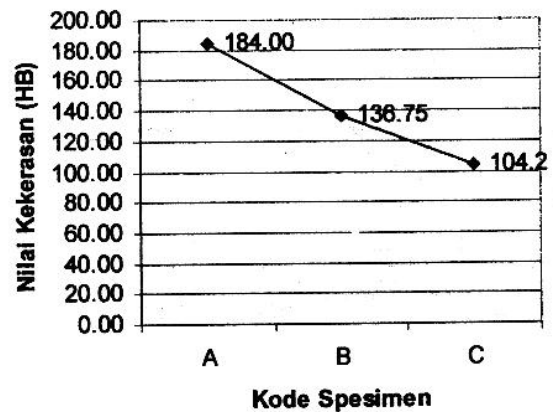
Berdasarkan hasil pengujian tarik, pada spesimen uji tanpa perlakuan memiliki tegangan tarik maksimum sebesar 793,23 N/mm<sup>2</sup> serta regangan sebesar 35,52% yang merupakan nilai kekuatan mekanis terbesar di bandingkan lainnya.

Uji tarik pada suhu uji 50 °C menunjukkan terjadi penurunan nilai tegangan tarik maksimum dan regangan terhadap spesimen tanpa perlakuan sebagai spesimen acuan. Nilai tegangan tarik maksimum pada spesimen ini adalah 622,01 N/mm<sup>2</sup> atau terjadi penurunan tegangan tarik sebesar 21,58% terhadap spesimen uji tanpa perlakuan dan nilai regangan yang didapat pada spesimen ini sebesar 32,56% atau terjadi penurunan

sebesar 8,34% dibandingkan spesimen uji tanpa perlakuan.

Hasil uji tarik pada suhu uji 100 °C, pada spesimen ini terjadi penurunan tegangan tarik maksimum terhadap spesimen uji tanpa perlakuan sebesar 23,94% dari nilai tegangan tarik maksimum. Nilai tegangan tarik yaitu sebesar 603,29 N/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai regangan yang dimiliki spesimen sebesar 29,86% mengalami penurunan nilai regangan sebesar 15,93% terhadap spesimen uji tanpa perlakuan.

Pengujian kekerasan yang dilakukan terdapat perbedaan yang signifikan pada masing-masing spesimen uji seperti sebelumnya proses pemanasan yang dilakukan spesimen uji bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat mekanis pada spesimen uji yang dipanaskan. Dari Gambar 7 nilai kekerasan spesimen tanpa perlakuan didapat sebesar 184 H<sub>B</sub> yang merupakan nilai kekerasan terbesar dibanding lainnya.



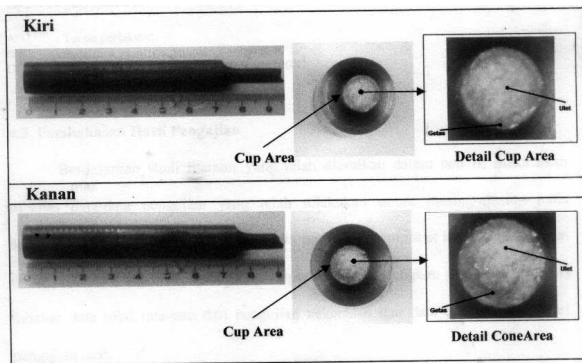
Keterangan gambar :

- A : Tanpa perlakuan
- B : Spesimen pada suhu uji sebesar 50 °C
- C : Spesimen pada suhu uji sebesar 100 °C

**Gambar 7.** Grafik nilai kekerasan terhadap kode spesimen

Pada spesimen dengan suhu uji 50 °C didapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 136,75 H<sub>B</sub> atau terjadi penurunan kekerasan sebesar 25,67% terhadap spesimen uji tanpa perlakuan. Untuk spesimen dengan suhu uji 100 °C nilai kekerasannya adalah 104,2 H<sub>B</sub> atau terjadi penurunan 43,36% terhadap spesimen tanpa perlakuan dan juga bila dibandingkan dengan spesimen dengan suhu uji 50 °C terjadi penurunan 23,8%.

Dari hasil pengamatan fraktografi terlihat seperti ditunjukkan pada Gambar 8 pada spesimen benda uji tarik dengan suhu uji sebesar 100 °C dari pengamatan fraktografi yang telah dilakukan memperlihatkan spesimen uji mengalami putus pada posisi 96 mm, dimana terlihat dari detail daerah perpatahan *cone* menunjukkan daerah patah ulet yang lebih besar dan daerah patah getas yang lebih sedikit dibandingkan spesimen uji lainnya (spesimen uji tanpa perlakuan dan spesimen uji yang mengalami proses pemanasan). Pada daerah perpatahan *cup* terlihat detail daerah patah ulet



Gambar 8. Specimen uji tarik hasil proses penarikan pada temperatur uji 100 °C

terlihat lebih besar dibandingkan daerah patah getasnya, daerah patah ulet yang terjadi pada spesimen uji ini terlihat lebih besar dari spesimen uji sebelumnya.

Dari data-data terlihat terjadi penurunan sifat mekanis tegangan tarik maksimum, regangan dan kekerasan serta peningkatan daerah patah ulet pada perpatahan *cone* maupun *cup* dan penurunan daerah patah getas pada perpatahan *cone* maupun *cup* akibat dari pengaruh suhu kerja operasi.

## KESIMPULAN

1. Material uji tanpa perlakuan, menghasilkan nilai kekerasan sebesar 184 H<sub>B</sub> dan dari pengujian tarik, nilai kuat tarik maksimum 793,23 N/mm<sup>2</sup> pada regangan 35,53% dengan daerah patah getas mendominasi dibandingkan daerah patah uletnya.
2. Pengaruh suhu terhadap specimen uji dengan peningkatan suhu dari 50 °C menjadi 100 °C dan diamati pengujian kekerasan 104,2 H<sub>B</sub> dan kuat tarik maksimum 603,29 N/mm<sup>2</sup>, terjadi penurunan kekerasan sebesar 43,36% dan penurunan kuat tarik 23,94% menyatakan daerah patah ulet yang lebih besar serta daerah patah getas lebih sedikit dibandingkan tanpa perlakuan.
3. Peningkatan suhu yang diberikan pada aluminium perunggu (*bronze*) dapat meningkatkan patah ulet dan menurunkan patah getas. Hal tersebut dapat meningkatkan keuletan dengan kekerasan yang cukup sehingga terdapat kecenderungan kekuatan sifat mekanis bantalan luncur pada komponen mesin dipengaruhi oleh besarnya suhu kerja dan kondisi proses perlakuan panas.

## DAFTARACUAN

- [1]. ASM Hand Book, *Properties and Selection Non Ferrous Alloys and Special purpose Material*, Volume 2
- [2]. AVNER, SIDNEY.H, *Introduction to Physical Metallurgy*, Second Edition, Mc Graw Hill, International Edition, Material Science and Metalurgy Series, New York, (1974)

- [3]. SULARSO, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradnya Paramita, Jakarta, (1983)
- [4]. PARMLEY, ROBERT O. PE, *Mechanical Components Hand Book*, Mc Graw Hill, New York, (1985)
- [5]. BRAESS, H-H., SEIFFERT, U., *Hand book of Automotive Engineering*, SAE International (2005)
- [6]. ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARD, *Test Method and Analytical Procedures Metal, Mechanical Testing; Elevated and Low Temperature; Metallography*, 3 (3), (1993)
- [8]. DIETER, GE, *Mechanical Metallurgy*, Third Edition, Mc.Graw Hill, Tokyo, (1986)