

PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU PENAHANAN *ARTIFICIAL AGING* PADA PROSES *AGE HARDENING* TERHADAP TINGKAT KEKERASAN LOGAM PADUAN ALUMINIUM¹⁾

Herman Saputro²⁾

ABSTRACT

A method used to improve the hardness of aluminium alloy is by applying age hardening process. The process in age hardening were solution heat treatment, quenching, and artificial aging. At phase of artificial aging can be conducted by some variation. The variation able to influence the result from process of age hardening. The aim of the research was to analyze the effect of temperature and holding time artificial aging to hardness of aluminium alloy. The aluminium alloy used for the research was ASSAB Prodax. The method used in the research was experiment method. The independent variables were temperature artificial aging and holding time artificial aging. The dependent variable was hardness of aluminium alloy. Variation temperature of artificial aging at 120°C, 150°C, and 180°C. Variation holding time of artificial aging at 2, 4, and 6 hours. Based of the statistic analysis with anava two way to the data gathered from the research, it can be stated that the temperature artificial aging at 120°C and holding time artificial aging at 6 hours resulted in improving hardness (78,98 HRB).

Key words: *age hardening, artificial aging, and hardness*

PENDAHULUAN

Penggunaan paduan aluminium dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Hal ini terlihat dari urutan penggunaan paduan aluminium yang menempati urutan kedua setelah penggunaan besi atau baja. Dalam pemilihan logam paduan aluminium yang akan digunakan untuk proses permesinan sering dijumpai bahan yang tersedia mempunyai sifat-sifat yang kurang sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga perlu suatu perlakuan yang dapat menghasilkan logam paduan aluminium dengan sifat-sifat yang sesuai dengan harapan.

Salah satu cara untuk meningkatkan logam paduan aluminium adalah dengan *age hardening* (penuaan keras). Dengan proses *age hardening* maka diharapkan akan terjadi perubahan-perubahansifat mekanis logam terutama sifat kekerasan dan kekuatannya. Proses *age hardening* terdiri dari tiga tahapan yaitu *solution heat treatment*, *quenching* dan *artificial aging*.

Pada tahap *artificial aging* dapat dilakukan beberapa variasi perlakuan yang dapat mempengaruhi hasil dari proses *age hardening*. Variasi perlakuan tersebut antara lain variasi temperatur *artificial aging* dan variasi lamanya waktu penahanan *artificial aging*. Dari hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh temperatur dan waktu penahanan *artificial aging* terhadap tingkat kekerasan logam paduan aluminium.

ASSAB Prodax. Yaitu paduan aluminium golongan 7xxx-T6 dengan unsur penyusun Al-Mg-Zn.

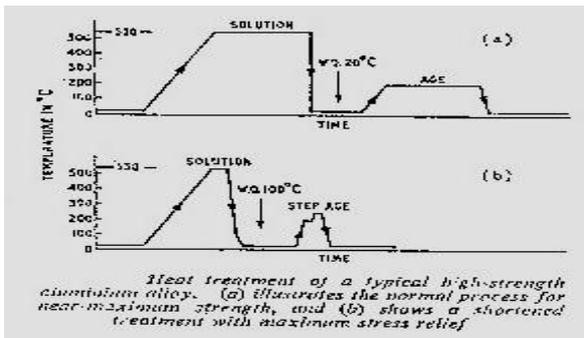
Age hardening merupakan proses pengerasan (*hardening*) terbaru untuk paduan aluminium yang ditemukan oleh Alfred wilm. *Age hardening* sekarang menjadi salah satu perlakuan panas pada logam paduan aluminium yang sering digunakan untuk mendapatkan kekerasan dan kekuatan yang lebih baik. (Albert G. Guy, 1960: 441). Penuaan keras (*age hardening*) berlangsung dalam tiga tahap yaitu tahap perlakuan panas pelarutan (*solution heat treatment*), tahap pengejutan /pendinginan (*quenching*) dan tahap penuaan (*aging*).

1. *Solution Heat Treatment* (Perlakuan Panas Pelarutan)

Tahap pertama dalam proses *age hardening* yaitu *solution heat treatment* atau perlakuan panas pelarutan. *Solution heat treatment* yaitu pemanasan logam paduan aluminium dalam dapur pemanas dengan temperatur 500°C - 560°C dan dilakukan penahanan atau *holding* sesuai dengan jenis dan ukuran benda kerja, biasanya ¼ sampai beberapa jam. (Schonmetz, 1990: 129). Tujuan dari *solution heat treatment* itu sendiri yaitu untuk mendapatkan larutan padat yang mendekati homogen.

1) Artikel Penelitian

2) Dosen Pendidikan Teknik Mesin FKIP, UNS



Gambar 1: Heat Proses Age Hardening Pada Logam Paduan Aluminium The Institution of Metallurgists, 1962: 82)

2. Quenching (Pendinginan / Pengejukan)

Quenching merupakan tahap yang paling kritis dalam proses perlakuan panas. Quenching dilakukan dengan cara mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam dapur pemanas kedalam media pendingin air. Pada tahap quenching akan menghasilkan larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution*) yang merupakan fasa tidak stabil pada temperatur biasa atau temperatur ruang.

3. Aging (Penuaan)

Perubahan sifat-sifat dengan berjalanya waktu pada umumnya dinamakan aging atau penuaan. Aging atau penuaan pada paduan aluminium dibedakan menjadi dua, yaitu penuaan alami (*natural aging*) dan penuaan buatan (*artificial aging*).

Penuaan alami (*natural aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan dingin. *Natural aging* berlangsung pada temperatur ruang antara 15°C - 25°C dan dengan waktu penahanan 5 sampai 8 hari. Penuaan buatan (*artificial aging*) adalah penuaan untuk paduan aluminium yang di *age hardening* dalam keadaan panas. *Artificial aging* berlangsung pada temperatur antara 100°C-200°C dan dengan lamanya waktu penahanan 1 sampai 24 jam (Schonmetz, 1990: 129).

a. Temperatur Artificial Aging

Pengambilan temperatur *artificial aging* pada temperatur antara 100°C-200°C akan berpengaruh pada tingkat kekerasan logam paduan aluminium. Hal ini bisa dilihat pada gambar dibawah. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa peningkatan temperatur *artificial aging* dapat mempengaruhi tingkat kekerasan logam paduan aluminium.

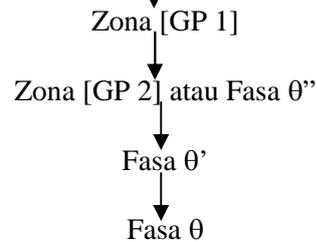
b. Waktu Penahanan Artificial Aging

Waktu penahanan dalam tahap *artificial aging* merupakan salah satu komponen yang dapat

mempengaruhi hasil dari proses *age hardening* secara keseluruhan. Sebaliknya temperatur, waktu penahanan pada tahap *artificial aging* akan mempengaruhi perubahan struktur atau perubahan fasa paduan aluminium

Urut-urutan perubahan fasa dalam proses *artificial aging* adalah sebagai berikut:

Larutan padat lewat jenuh (*Super Saturated Solid Solution α*)



a. Larutan Padat Lewat Jenuh

Pada kondisi ini secara simultan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya. Setelah pendinginan atau quenching, maka logam paduan aluminium menjadi lunak jika dibandingkan dengan kondisi awalnya.

b. Zona [GP 1]

Zona [GP 1] akan muncul pada tahap mula atau awal dari proses *artificial aging*. Zona ini terbentuk ketika temperatur *artificial aging* dibawah 100°C atau mulai temperatur ruang hingga temperatur 100°C dan Zona [GP 1] tidak akan terbentuk pada temperatur *artificial aging* yang terlalu tinggi. Terbentuknya Zona [GP 1] akan mulai dapat meningkatkan kekerasan logam paduan aluminium. (William F. Smith, 1995: 469). Proses pengerasan dari larutan padat lewat jenuh sampai terbentuknya zona [GP 1] biasa disebut dengan pengerasan tahap pertama.

c. Zona [GP 2] atau Fasa θ''

Pada temperature 130°C akan terbentuk zona [GP2] dan apabila waktu penahanan *artificial aging*nya terpenuhi maka akan didapatkan tingkat kekerasan yang optimal (William F. Smith, 1995: 469). Biasanya proses *artificial aging* berhenti ketika sampai terbentuknya zona [GP 2] dan terbentuknya fasa antara yang halus (presipitasi θ''), karena setelah melewati zona [GP 2] maka paduan akan kembali menjadi lunak kembali. Jika proses *artificial aging* berlangsung sampai terbentuknya fasa θ'' atau zona [GP 2], maka disebut dengan pengerasan tahap kedua.

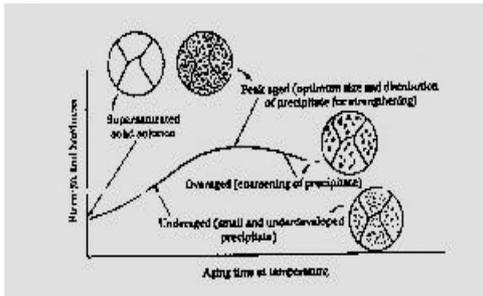
d. Fasa θ'

Kalau paduan aluminium dinaikan temperatur penuaannya atau waktu penuaan

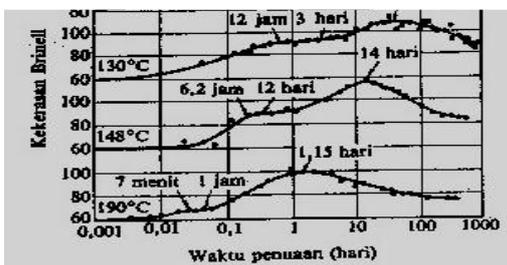
diperpanjang tetapi temperaturnya tetap, maka akan terbentuk fasa antara atau fasa θ' . Terbentuknya fasa θ' ini masih dapat memberikan sumbangan terhadap peningkatan kekerasan pada paduan aluminium. Peningkatan kekerasan yang terjadi pada fasa θ' ini berjalan sangat lambat.

e. Fasa θ

Kalau temperatur dinaikan atau waktu penuaan diperpanjang, maka fasa θ' berubah menjadi fasa θ . Jika fasa θ terbentuk maka akan menyebabkan paduan aluminium kembali menjadi lunak.



Kurva Penuaan Paduan Aluminium yang Menggambarkan Hubungan Antara Lamanya Waktu (*aging*) Dengan Kekuatan dan Kekerasan Paduan
(William F. Smith, 1995: 466)



Hubungan Temperatur Artificial Aging dan Waktu Artificial Aging Dengan Tingkat Kekerasan Al-Cu
(Tarta Surdira dan Shinroku Saito, 1992: 133).

METODE PENELITIAN

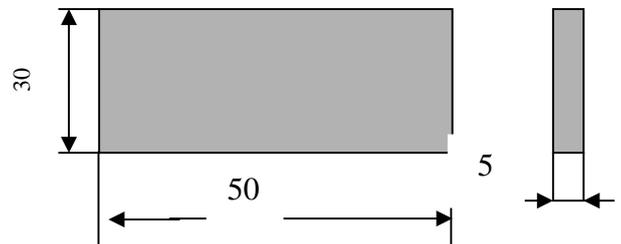
1. Alat Yang Digunakan

- Dapur pemanas, digunakan adalah *Programmable Furnace Nabetherm*.
- Alat uji kekerasan, digunakan adalah *Rockwell Hardness Tester*.
- Time stock untuk menentukan waktu penahanan
- Mesin gosok untuk menghaluskan permukaan yang akan diuji kekerasan.

2. Bahan Yang Digunakan

Bahan yang digunakan sebagai spesiman dalam penelitian ini adalah paduan

aluminium *ASSAB Prodax* yang termasuk dalam paduan aluminium golongan 7xxx-T6 dengan unsur penyusun Al-Mg-Zn.. Bentuk dari dimensi spesimen adalah sebagai berikut:



3. Prosedur Penelitian

- Menyiapkan dapur pemanas
- Memasukkan spesimen ke dapur pemanas dan dipanaskan dari temperatur ruang sampai temperatur 400°C (*preheating*) dan menahan pada temperatur tersebut selama 5menit. Setelah *preheating* dilanjutkan dengan pemanasan sampai temperatur 500°C Tahap ini merupakan tahap *solution heat treatment*
- Mengambil spesimen dan mencelupkannya dengan cepat ke dalam media pendingin air sampai temperatur spesimen mencapai suhu atmosfer. Tahap ini dinamakan tahap *quenching / pengejukan*
- Kemudian dilakukan artiicial aging
 - Untuk spesimen kelompok pertama spesimen dipanaskan lagi sampai temperatur 120°C dan ditahan selama 2, 4, dan 6 jam
 - Untuk spesimen kelompok kedua spesimen dipanaskan lagi sampai temperatur 150°C dan ditahan selama 2, 4, dan 6 jam
 - Untuk spesimen kelompok ketiga spesimen dipanaskan lagi sampai temperatur 180°C dan ditahan selama 2, 4, dan 6 jam
- Mengambil spesimen dari dapur pemanas dan mendinginkan spesimen dengan media pendinginan udara
- Membersihkan permukaan spesimen yang sudah dilakukan proses perlakuan panas
- Melakukan pengujian kekerasan dengan *Rockwell Hardness Test*

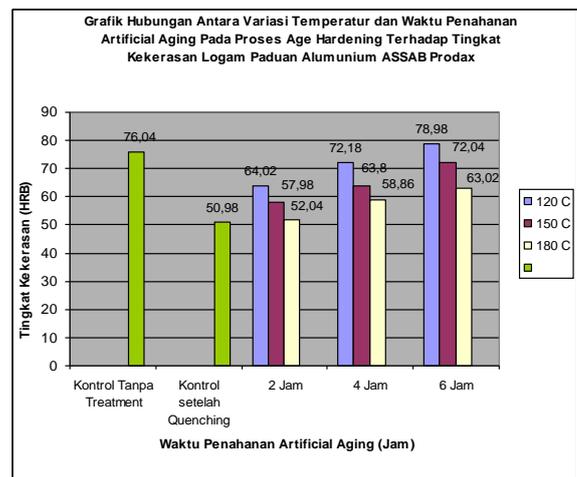
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. HASIL PENELITIAN

Dari hasil pengukuran nilai kekerasan logam paduan aluminium *ASSAB prodax* diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran Nilai Tingkat Kekerasan Logam Paduan Aluminium *Assab Prodax* Dalam HRB

Variasi waktu penahanan <i>artificial aging</i>	Variasi temperatur <i>artificial aging</i>		
	120 ⁰ C	150 ⁰ C	180 ⁰ C
2 jam	64,02	57,98	52,04
4 jam	72,18	63,80	58,86
6 jam	78,98	72,04	63,02



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Variasi Temperatur dan Waktu Penahanan Artificial Aging Pada Proses Age Hardening Terhadap Tingkat Kekerasan Logam Paduan Aluminium *Assab Prodax*

Tabel 3. Ringkasan Hasil Uji F Untuk Anava Dua Jalan

Sumber Variasi	Dk	JK	KT	F _{obs}	F _{Tabel}	P
Rata-rata perlakuan	1	188775,4	188775,4			
A	2	1419,248	709,6242	3013,977	5,25	0,01
B	2	1334,044	667,0222	2833,034	5,25	0,01
AB	4	33,38756	8,346889	35,45163	3,89	0,01
Kekeliruan	36	8,476	0,235444			
Jumlah	45	191570,58	-	-	-	-

2. PEMBAHASAN

a. Dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa perbedaan pengaruh antara variasi temperatur *artificial aging* pada proses *age hardening* terhadap tingkat kekerasan logam Paduan aluminium *ASSAB prodax* adalah F_A lebih besar dari pada F_{tabel} pada taraf signifikan 0,01 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa ada perbedaan pengaruh yang sangat signifikan antara antara variasi temperatur *artificial aging* pada proses *age hardening* terhadap tingkat kekerasan logam paduan aluminium *ASSAB prodax*. Hal ini disebabkan karena seiring dengan peningkatan temperatur *artificial aging* akan menyebabkan perbedaan fasa yang terbentuk disetiap variasi temperatur. Pada temperatur *artificial aging* 120⁰C akan terbentuk zona [GP1] dan zona [GP2], pada temperatur 150⁰C akan terbentuk

zona [GP2] sesaat dan fasa θ' , sedangkan pada temperatur 180⁰C tidak terbentuk zona [GP] akan tetapi terbentuk fasa θ' . Sehingga karena perbedaan fasa inilah yang menyebabkan perbedaan tingkat kekerasan disetiap variasi temperatur *artificial aging*, yang mana seiring dengan peningkatan temperatur *artificial aging* tingkat kekerasannya akan cenderung menurun

b. Dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa perbedaan pengaruh antara variasi waktu penahanan *artificial aging* pada proses *age hardening* terhadap tingkat kekerasan logam Paduan aluminium *ASSAB prodax* adalah F_B lebih besar dari pada F_{tabel} pada taraf signifikan 0,01 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa ada perbedaan pengaruh yang sangat signifikan antara variasi waktu penahanan *artificial aging* pada proses *age hardening* terhadap tingkat kekerasan logam paduan

aluminium ASSAB *prodax*. Hal ini disebabkan pada temperatur *artificial aging* 120⁰C 150⁰C dan 180⁰C seiring dengan peningkatan waktu penahanan yaitu 2 jam, 4 jam dan 6 jam, maka tingkat kekerasannya juga akan ikut naik. Waktu penahanan *artificial aging* akan membantu difusi atom-atom untuk mengisi kekosongan atom yang terjadi pada tahap *quenching*. Difusi atom-atom tersebut akan mempengaruhi terhadap perubahan-perubahan fasa dalam proses *artificial aging* yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *Prodax*.

c. Dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa perbedaan pengaruh bersama (interaksi) antara variasi temperatur dan variasi waktu penahanan *artificial aging* pada proses *age hardening* terhadap kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* adalah F_{AB} lebih besar dari pada F_{tabel} pada taraf signifikan 0,01, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa ada perbedaan pengaruh bersama (interaksi) antara variasi temperatur dan variasi waktu penahanan *artificial aging* terhadap tingkat kekerasan logam Paduan aluminium ASSAB *prodax*.

d. Berdasarkan Tabel 2, yang merupakan rangkuman hasil perhitungan tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* dan rata-rata (*mean*) setiap kelompok perlakuan, dapat dilihat bahwa tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* pada temperatur pengerasan 120⁰C dengan waktu penahanan *artificial aging* 6 jam adalah yang paling tinggi (78,98 HRB). Hal ini disebabkan karena pada temperatur *artificial aging* 120⁰C dengan waktu penahanan *artificial aging* 6 jam akan terjadi pengelompokan atom (*agregasi*) Zn dan Mg atau zona [GP 1] yang lebih besar. Selanjutnya dengan seiring bertambahnya waktu penahanan *artificial aging* maka akan terbentuk zona [GP 2], dengan kemunculan zona [GP 2] ini maka akan menghasilkan kekerasan yang meningkat. Sehingga pada temperatur *artificial aging* 120⁰C dan waktu penahanan *artificial aging* 6 jam dihasilkan tingkat kekerasan yang tinggi tetapi masih belum didapatkan tingkat kekerasan yang optimal karena belum terpenuhinya lamanya waktu penahanan *artificial aging*nya. Tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* pada temperatur pengerasan 180⁰C dengan waktu penahanan *artificial aging* 2 jam adalah yang paling rendah (52,04 HRB).

Hal ini disebabkan karena pada temperature *artificial aging* 180⁰C dengan waktu penahanan *artificial aging* 2 jam fasa yang terbentuk adalah fasa θ' . Dimana pada fasa θ' masih bisa memberi sumbangan terhadap peningkatan tingkat kekerasan. Tetapi kenaikan kekerasan yang terjadi pada fasa θ' ini sangatlah lambat. Sehingga apabila saat *artificial aging* terbentuk fasa θ' dan waktu penahanan *artificial aging* tidak terlalu lama maka tingkat kekerasan yang dihasilkan akan rendah atau cenderung akan mendekati tingkat kekerasan setelah tahap (*solution heat treatment dan Quenching*)

KESIMPULAN DAN SARAN

1. KESIMPULAN

- a. Makin tinggi temperatur *artificial aging*, tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* makin rendah, pada temperatur 180⁰ C didapatkan tingkat kekerasan rata-rata 57,97 HRB.
- b. Makin lama waktu penahanan *artificial aging* tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* semakin tinggi, pada waktu penahanan *artificial aging* 6 jam didapat tingkat kekerasan rata-rata 71,347 HRB.
- c. Ada perbedaan pengaruh yang sangat signifikan pada taraf signifikansi 1 % yaitu pada variasi temperatur *artificial aging* pada proses *age hardening* terhadap tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax*. Ini dapat dilihat pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{obs} = 3013,977$ lebih besar daripada $F_{tabel} = 5,25$ ($F_{obs} > F_t$).
- d. Ada perbedaan pengaruh yang signifikan pada taraf 1 % yaitu adanya variasi waktu penahanan *artificial aging* pada proses *age hardening* pada proses perlakuan panas terhadap tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax*. Ini dapat dilihat pada hasil uji analisis data yang menyatakan bahwa $F_{obs} = 2833,034$ lebih besar daripada $F_{tabel} = 5,25$ ($F_{obs} > F_t$).
- e. Ada perbedaan pengaruh bersama (interaksi) yang signifikan pada taraf 1 % yaitu variasi temperatur dan variasi waktu penahanan *artificial aging* pada proses *age hardening* terhadap tingkat kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax*. Ini dapat dilihat pada hasil uji analisis data

yang menyatakan bahwa $F_{obs} = 35,45163$ lebih besar daripada $F_{tabel} = 3,89$ ($F_{obs} > F_t$).

f. *Tingkat* kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* yang paling tinggi yaitu pada temperatur *artificial aging* 120^0 C dengan waktu penahanan *artificial aging* 6 jam yaitu sebesar 78,98 HRB.

g. *Tingkat* kekerasan logam paduan aluminium ASSAB *prodax* yang paling rendah yaitu pada temperatur *artificial aging* 180^0 C dengan waktu penahanan *artificial aging* 2 jam yaitu sebesar 64,02 HRB.

2. SARAN

Perlu adanya tindak lanjut dari penelitian ini khususnya dalam penambahan waktu penahanan *artificial aging* sehingga diketahui seberapa besar kekerasan yang didapat melalui proses *artificial aging*. Karena dalam penelitian ini waktu yang diambil belum begitu maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amsteead, B. H. 1993. *Teknologi Mekani*. Terjemahan Djaprie Sirat. Jakarta: Erlangga.
- Jacobs, James A. & Kilduff, F. Thomas. 1995. *Engineering Material Teknologi*. (3rd edition). New York: Prentice-hall inc.
- Parker, Earl. R. 1967. *Material Data Book for Engineers and Scientists*. New York: Mc Graw- Hill inc.
- Schonmetz. 1990. *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. (Cetakan kesepuluh). Bandung: Angkasa.
- Smith, F. William. 1995. *Material Science and engineering*. (second edition). New York: Mc Graw- Hill inc.
- Sujana. 1985. *Desain dan Analisis Eksperimen*. (edisi kedua). Bandung: Tarsito.
- Surdia, Tata & Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*. (edisi kedua). Jakarta: Pradnya Paramita.
- The Institution of Metallurgists. 1962. *Heat Treatment of Metal*. London: Addison Wesley