

PENGARUH PEMANASAN ELEKTRODA LAS PADA SUHU 80-120°C TERHADAP SIFAT MEKANIK

Zulfah, Agus Wibowo, Cusanto Aji

ABSTRACT

This Research purpose to know : (1) Nature of mechanic to influence of warm-up of electrode las (2) Require to do of further research by adding the further variation that is examination Penetran and Radiografi (3) Menetahui hardness of result pengelasan after electrode in heating with selected heat.

Pursuant to hypothesis test that writer only using the steel type to in ujikan that is type become militant ST 41 by using electrode las type RD 260 with diameter of 4,0 x 350 mm. Examination result show the existence of the influence signifikan [among/between] electrodes which have through warm-up process and the electrode tanpa through warm-up, specially for interesting examination, impack or beat, and examination of hardness where in each;every examination of writer do 3 spesiment in each;every his examination.

Way obtain;get the data by using temperature grader [at] industrial kitchen [of] electrics (Heater Elektroda Las) that is to know the hardness storey;level found on electrode membrane las specially type RD 260 with electrode diameter of 4,0-350mm.

Influence of warm-up of electrode las [at] temperature of 80-120°C to nature of mechanic done [by] during 15-30 minute in kitchen induce the electrics [so that/ to be] obtaining the maximal result. used machine for interesting examination is machine test the type Shimadzu UH 1000 kNI, for examination beat [is] to the type test : Hang Ta, HT-8941, is while examination of hardness of writer use the machine test the type : A ffri 206 RT.

Keywords: *Nature of mechanic to of warm up of elektroda*

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Agar proses pengelasan mempunyai hasil yang maksimal dan mempunyai kualitas yang baik, maka faktor yang terpenting adalah menentukan jenis

elektroda yang akan digunakan. Biasanya elektroda yang digunakan pada proses produksi atau pengelasan mempunyai diameter kawat lebih dari 1,5 mm dengan panjang rata-rata 450 mm, khusus elektroda yang berbalut bila disimpan di udara bebas akan menjadi lembab yang akan membuat busur nyala api tidak stabil, maka sebaliknya elektroda jenis ini perlu disimpan didalam pemanas elektroda las yang berfungsi untuk mengkondisikan bahan-bahan yang

ada pada kawat las agar bila dipakai mudah menyatu dengan benda.

Penggunaan elektroda las yang tidak dipanaskan dalam pemanas elektroda dapat membahayakan barang yang dihasilkan rentan patah. Dikarenakan bahan-bahan yang ada pada selaput elektroda las akan menjadi lembab (Prof Dr. Ir. Harsono. W, 2000: hal 21). Misalnya pada pengelasan vassel, poros bertekanan tinggi, pipa penstock, pipa api dan benda yang mempunyai tekanan tarik dari material tersebut lebih dari 60 kg/cm² dan elektroda las yang dimasukkan dalam pemanas elektroda apabila saat digunakan tidak terdapat gelembung-gelembung udara didalam hasil pengelasan dan pada saat dicek oleh alat NDT tidak terjadi kekeroposan pada hasil las. Dan bukan cuma kawat elektroda saja yang dipanaskan, namun material yang akan dilas pun harus dipanasi terlebih dahulu sebelum dilas dengan cara dikompom atau dengan api dari blander tangan.

Dalam pekerjaan yang berhubungan dengan pengelasan tidak semua bengkel konstruksi mempunyai pemanas elektroda las terutama bengkel-bengkel kecil karena mahalnya alat tersebut dan hanya digunakan pada pengelasan tertentu saja sesuai pesanan.

Melihat latar belakang diatas maka penulis melakukan penelitian yang berjudul **“Pengaruh Pemanasan Elektroda las pada suhu 80-120°C Terhadap Struktur Mikro dan Sifat – Sifat Mekanik”**

2. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas penulis membatasi masalah pada suhu berkisar 80-120°C terhadap pengaruh pemanasan

elektroda las serta struktur mikro dan sifat – sifat mekanik.

3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah :

- a. Apakah elektroda yang tidak melalui proses pemanasan berdampak adanya kelembaban udara sehingga terdapat gelembung – gelembung udara pada bagian dalam atau luar pada hasil pengelasan.
- b. Apakah pemanasan Elektroda Las pada suhu 80-120°C berpengaruh terhadap hasil pengelasan pada struktur mikro dan sifat – sifat mekanik.
- c. Apakah Elektroda yang tidak melalui pemanasan juga berpengaruh terhadap hasil pengelasan.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kekerasan dari hasil pengelasan setelah elektroda dipanaskan dengan panas tertentu sebelum digunakan, sehingga pemanas Elektroda las pada suhu 80-120°C berpengaruh terhadap kualitas hasil pengelasan serta struktur mikro dan sifat – sifat mekaniknya.

5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari hasil analisa ini diantaranya :

- a. Mendapatkan informasi tentang alat dan bahan yang diperlukan serta proses terhadap pengaruh pemanasan elektroda las pada suhu 80-120°C terhadap kualitas hasil pengelasan serta mikro dan sifat – sifat mekaniknya.

- b. Mendapatkan informasi tentang kekuatan hasil dari pengelasan dengan elektroda setelah dipanaskan dengan suhu tertentu.
- c. Memberikan kontribusi terhadap pengetahuan tentang karakteristik struktur mikro dan sifat mekanik yaitu kekuatan uji tarik, uji impact dan penetran.

B. DASAR TEORI

1. Pengertian Las

Pengertian pengelasan adalah salah satu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Berdasarkan definisi dari Deutche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Wiryosumarto dan Okumura (2000) menyebutkan bahwa pengelasan adalah penyambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

2. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah proses penyambungan logam dengan pemanfaatan tenaga listrik sebagai sumber panasnya. Menurut (Arifin,1997) las busur listrik merupakan salah satu jenis las listrik dimana sumber pemanasan atau pelumeran bahan yang disambung atau di las berasal dari busur nyala listrik.

3. Alur Pengelasan

Arus pengelasan adalah besarnya aliran atau arus listrik yang keluar dari mesin las. Besar kecilnya arus pengelasan dapat diatur dengan alat yang ada pada mesin las. Arus las harus disesuaikan

dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan.

4. Elektroda

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (Elektroda) yang terdiri dari suatu inti terbuat dari suatu logam di lapisi oleh lapisan yang terbuat dari campuran zat kimia, selain berfungsi sebagai pembangkit, elektroda juga sebagai bahan tambah.

5. Pengelasan Baja karbon

Baja karbon sedang dan baja karbon tinggi mengandung banyak karbon dan unsur lain dapat memperkeras baja, karena itu daerah pengaruh panas atau *HAZ* pada baja ini mudah menjadi keras bila dibandingkan baja karbon rendah.

6. Daerah pengaruh panas (*HAZ*)

Daerah *HAZ* merupakan daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah ini. Secara umum struktur dan sifat daerah panas efektif di pengaruhi dari lamanya pendinginan dan komposisi dari logam induk itu sendiri.

7. Kampuh V

Hasil penyambungan logam melalui pengelasan hendaknya menghasilkan sambungan yang berkualitas dari segi kekuatan dan lapisan las dari bahan atau logam yang dilas, di mana untuk menghasilkan sambungan las yang berkualitas hendaknya kedua ujung/bidang atau bagian logam yang akan dilas perlu di berikan suatu bentuk kampuh las tertentu. (M.Suratman;1999).

8. *Post Weld Heat Treatment*

Post Weld Heat Treatment adalah perlakuan panas dilakukan setelah pengelasan. PWHT dimaksudkan juga untuk stress relieving (pelepasan tegangan internal).

9. Proses Annealing

Proses annealing adalah perlakuan panas pada bahan dimana bahan tersebut dipanaskan pada temperatur tertentu, dan mendinginkannya dengan lambat sampai temperatur ruangan. Metode pendingin dilakukan dengan mematikan *furnace (furnace cooled)*.

10. Baja K-945 EMS-45

Baja K-945 EMS 45 merupakan baja paduan dengan komponen-komponen paduan terdiri dari kadar Karbon (C) 0,48%; Silicon (Si) 0,30%; Mangan (Mn) 0,70% (*Catalog*). Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon oleh karena itu baja karbon di kelompokkan berdasarkan kadar karbonnya.

11. Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan paduannya. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Kemudian dapat dihasilkan kurva tegangan dan regangan.

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Dimana :

σ = Tegangan nominal (kg/mm^2)

P = Beban (kg)

A_0 = Luas awal penampang (mm^2)

Regangan yang dipergunakan pada kurva diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang

ukur dengan panjang awal. Persamaannya yaitu :

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana:

ε = Regangan (%)

L_0 = Panjang awal (mm)

L_f = Panjang akhir (mm)

Apabila pembebanan tarik dilakukan secara terus menerus dengan menambahkan beban maka akan mengakibatkan perubahan bentuk Pada benda uji yang berupa pertambahan panjang dan pengecilan. Bila diteruskan akan mengakibatkan kepatahan pada bahan. Prosentase pengecilan yang terjadi pada daerah patahan dapat dinyatakan dengan rumus :

$$q = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

Dimana:

q = Reduksi penampang (%)

A_0 = Luas penampang mula-mula (mm^2)

A_1 = Luas penampang terkecil (mm^2)

12. Pengujian kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan adalah suatu pengujian dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relative kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi benda uji. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan penekanan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya (Surdia dan Saito; 2000).

C. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian Eksperimental. Penelitian Eksperimental sendiri adalah dengan melakukan percobaan terhadap

kelompok-kelompok eksperimen pemeriksaan dan pengujian hasil las dan jenis elektroda yang akan digunakan yaitu RD 260 dengan diameter 4,0 x 400 mm dengan panjang busur api mencapai 3 mm (dengan menggunakan mesin las listrik AC ARC WELDER B x 1-250A), dan kepercayaan terhadap konstruksi pengelasan. Tujuan pemeriksaan dan pengujian adalah sebagai hasil pengaruh pemanasan elektroda terhadap kualitas hasil pengelasan.

2. Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah metode untuk menganalisa antara pengaruh pemanasan elektroda las listrik pada suhu antara 120°C terhadap jenis elektroda di sini jenis elektroda yang di pakai adalah jenis RD – 260 dengan diameter 4,0 mm x 400 mm dan material yang di pakai adalah jenis Baja ST – 41 (Plat Kapal) dengan ketebalan 12 mm.

b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah Metode untuk proses pengujian yang di maksud di sini adalah untuk mengetahui sifat – sifat mekanik dari hasil pengujian yang meliputi tiga unsur diantaranya : Pengujian tarik (Tensile test), Pengujian pukul (Impack test), dan Uji kekerasan (Hardness Test) terhadap kualitas dan kekuatan hasil pengelasan.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Agar proses pengelasan mempunyai hasil kualitas yang maksimal dan mempunyai kualitas yang baik, maka factor yang terpenting adalah menentukan jenis elektroda serta bahan yang akan di gunakan sesuai dengan karakteristik macam – macam elektroda las menurut Standart AWS (M. Suratman, S.Pd dan IR. Ohan Juana 1999: 81).

Dari penelitian yang telah di laksanakan, di peroleh beberapa hasil dari 3 Spesiment yang di ujikan yaitu: Pengujian pukul (Impack Test), Pengujian tarik (Tensile Test), dan Pengujian kekerasan(Hardness Test). Sebagaimana di tunjukan dalam tabel sebagai berikut.

LAPORAN UJI TARIK

Laporan No. : 06/2010/UTM/30-A
Pemakai Jasa : CUSANTO AJI

Komoditi : Welding RB (S-41)
Suhu : 25°

Alamat : UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL *Standar Uji* : JIS Z 2241 : 1998 ed. 2006
Tgl. Terima : 22 Juni 2010 *Mesin uji* : Shimadzu UH 1000 kNI
Tgl. Pengujian : 22 Juni 2010 *Halaman* : 1 dari 2

HASIL UJI :

Kode sampel	30/A1-220610	30/A2-220610	30/A3-220610
Tebal x Lebar (mm)	12x26.54	12x26.21	12x26.20
Luas penampang mula-mula (mm ²)	318.480	314.520	314.400
Panjang ukur / lo (mm)	100	100	100
Beban tarik maksimum (N)	31250	129938	128219
Kuat tarik (N/mm²) Rm	412.114	413.130	407.820
Beban luluh (N)	102469	90593.8	90500
Kuat luluh (N/mm²) R_{0,2}	321.743	288.038	287.850
Panjang ukur akhir (mm)	126.04	127.80	115.49
Elongasi (%)	26.04	27.8	15.49
Tebal x Lebar akhir (mm)	8.02x18.17	7.69x18.12	10.81x24.26
Luas penampang akhir (mm ²)	145.72	139.34	262.25
Reduksi luas (%)	54.2441	55.6967	16.5870
Keterangan	Tampa perlakuan padaelektroda	Tampa perlakuan padaelektroda	Tampa perlakuan padaelektroda

LAPORAN UJI IMPAK (CHARPY)

Laporan No. : 06/2010/I/ 04-A *Komoditi* : Welding RB (S-41)
Pemakai Jasa : CUSANTO AJI *Suhu* : 28°C
Alamat : Mhs.UNIVERSITAS PANCASAKTI *Mesin uji* : Hung Ta, HT-8941
Tgl. Terima : 23 Juni 2010 *Jml Sampel* : 3 Pc
Tgl. Pengujian : 24 Juni 2010 *Halaman* : 1 dari 1

HASIL UJI :

Kode Sampel	G (Berat Pendulum) (N)	R (Panjang Pendulum) , (m)	α (Sudut Awal) (°)	β (Sudut Akhir) (°)	KV (Energi Impak) ¹⁾ (Joule)	Keterangan
1	390.63	0.72	140	129	38.53	Elektroda tanpa perlakuan panas
2	390.63	0.72	140	131	30.93	
3	390.63	0.72	140	133	23.90	

Note :

b (lbr patahan) = 10 mm, h (tinggi patahan) = 8 mm

U (usaha) = mgh(Joule)

I (kekuatan Inpack) = $U/A = (G.R.(cos \beta - cos a) / b.h$

LAPORAN UJI KEKERASAN

Laporan No. : **06/2010/H/26-A**

Pemakai Jasa : CUSANTO AJI

Alamat : UNIVERSITAS PANCA SAKTI TEGAL

Tgl. Terima : 23 Juni 2010

Tgl. Pengujian : 23 Juni 2010

Komoditi : Welding (S-41)

Suhu : 28°C

Mesin uji : Affri 206 RT

Jml Specimen : 3 pcs

Halaman : 1 dari 1

HASIL UJI :

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji				Metode Uji	Keterangan
			Kode	A1	A2	A3		
1	Kekerasan Brinell	BH	Titik 1	153	153	155	JIS Z 2245:2005 Ed. 2006	Dia.Indentor 2.5mm, Beban penekanan F= 1840 N, Waktu penekanan 15
			Titik 2	147	147	155		
			Titik 3	153	151	153		
			Rata-rata	151	150	154		

2. Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pengujian sebanyak 27 Pcs dari 3 jenis pengujian (Pengujian tarik, pukul, dan kekerasan), terhadap pengaruh elektroda baik pada suhu normal (suhu kamar), suhu 100 °C, dan suhu 120 °C, dengan jenis material plat kapal (ST 41) dan ketebalan plat 12mm.

a. Pengujian Tarik (Tensile Test)

- Suhu normal (suhu kamar), yaitu suhu pada elektroda las yang

tampa perlakuan panas. Pada pengujian ini batang uji berpenampang persegi panjang dan padanya di tempatkan tanda dua titik yang di sebut panjang ukur. Di sini nilai elastisitasnya lebih kecil di dibandingkan dengan pengujian pada suhu 100 °C dan 120 °C mencapai 4729,75 N/mm², dengan jumlah spesiment sebanyak 3 Pcs

- Suhu 100 °C yaitu suhu pemanasan elektroda las pada pemanasan 80 °C – 100 °C dimana pada nilai elastisitasnya lebih besar dari suhu normal yang mencapai 6350, 17

N/mm², dengan jumlah specimen sebanyak 3 Pcs.

- Suhu 120 °C yaitu suhu pemanasan elektroda las pada pemanasan 100 °C – 120 °C, dimana pada nilai elastisitasnya paling besar di bandingkan dengan kedua pengujian sebelumnya yang mencapai 6687,66 N/mm², dengan jumlah specimen sebanyak 3 Pcs.

b. Pengujian Pukul (Impact Test)

- Suhu normal (suhu kamar), yaitu suhu pada elektroda las tanpa perlakuan panas. Pada pengujian ini merupakan percobaan dimana benda uji di pukul dengan palu Charpy, dengan maksud untuk memperoleh gambaran bagaimana sifat bahan tadi apabila mengalami beban yang menyentak. Dimana energi Impact yang paling rendah mencapai 33,90 Joule, dengan jumlah specimen sebanyak 3 Pcs.
- Suhu 100 °C dimana energi impact yang terendah pada pengujian ini mencapai 27,28 Joule, dengan jumlah specimen sebanyak 3 Pcs.
- Suhu 120 °C dimana energi impact yang terendah pada pengujian ini mencapai 16,59 Joule, dengan jumlah specimen sebanyak 3 Pcs.

c. Pengujian Kekerasan (Hardness Test)

Pengujian yaitu suatu pengujian dengan cara menekan tertentu pada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk diatasnya (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Politeknik

Manufaktur Bandung, Pengetahuan Bahan ; 2-50).

Dari hasil pengujian kekerasan diperoleh hasil rata-rata dengan beban penekanan $F=1840$ N, dengan waktu penekanan 15 menit, dan suhu 28°C dengan menggunakan mesin uji Affri 206 LT diperoleh hasil rata-rata 146,66 Joule/Newton dengan jumlah specimen 3 Pcs yang meliputi :

- Suhu Normal (Elektroda tanpa melalui proses pemanasan)
- Suhu 100°C dimana pada bagian atas benda uji dilakukan proses pengelasan dengan ketebalan las kurang lebih 3-5 mm.
- Suhu 120°C Dimana pada bagian atas benda uji dilakukan proses pengelasan dengan ketebalan las kurang lebih 3-5 mm.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- a. Untuk Pengujian Tarik : Adanya pengaruh yang signifikan antara elektroda yang tanpa pemanasan, dimana elektroda yang semakin besar suhu pada pemanasannya maka semakin baik hasil pengelasannya Khususnya pada Pengujian Tarik, dimana nilai tegangan tarik terbesar adalah 413,131 N/mm² dengan nilai rata – rata 411,002 N/mm², dan untuk pengujian tarik tanpa pemanasan (suhu normal) diperoleh hasil adanya specimen hasil uji pada sambungan pengelasannya patah (putus). Untuk pengujian Tarik dengan suhu pemanasan 80 °C di peroleh nilai tegangan tarik sebesar 418,689 N/mm dengan nilai rata – rata 413,26 N/mm.
- b. Nilai kekerasan pada *raw material* sebesar 156 N inimerupakan nilai kekerasan yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen yang

- lain. Untuk nilai kekerasan pada spesimen dilas tanpa treatment pada masing -masing daerah pengelasan yaitu daerah las, daerah batas las dengan *HAZ*, daerah *HAZ* daerah batas *HAZ* dengan daerah yang di las. Logam induk dan daerah logam induk ini merupakan nilai kekerasan yang paling tinggi dibanding dengan spesimen yang lain. Pada pengujian kekerasan suhu pemanasan tidak begitu berpengaruh terhadap hasil pengelasan tapi yang lebih di perhatikan adalah jenis material dan jenis elektroda yang di pakai untuk nilai rata – rata HB sebesar 156 N ini terdapat pada pengujian kekerasan dengan perlakuan pemanasan elektroda dengan suhu 100 °C, dimana dalam pengujian kekerasan ini bekas tekanan yang dihasilkan mempunyai garis tengah $D \text{ (mm)} = 0,39$ dengan nilai rata – rata HB yang paling tinggi sebesar: 156 N, hasil ini terdapat pada kelompok dengan perlakuan pemanasan elektroda dengan suhu 100 °C.
- c. Untuk Pengujian Pukul (*Impact Test*), terlihat adanya perbedaan pada hasil pengujian di mana semua hasil pengujian pada Pengujian Pukul ini semua specimen hasil uji dengan jumlah 9 Pcs yang meliputi: Pengujian tanpa pemanasan dengan jumlah 3 Pcs, pengujian dengan pemanasan elektroda las pada suhu 100°C dan yang terakhir adalah suhu pemanasan elektroda 120 °C dengan nilai rata – rata 679,697 N/mm. Dari semua hasil pengujian ini ternyata pengujian Patah dan patah yang dihasilkan mampir semuanya terjadi di sambungan pengelasan ini membuktikan bahwa jenis elektroda dan material serta suhu

pemanasan tidak sesuai dengan Standart JIS (Japan International Standardisation).

- d. Dalam proses *annealing* semakin tinggi suhu yang digunakan menyebabkan nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasannya semakin menurun dan pada patahannya berbentuk *cup cone* sehingga benda itu menandakan ulet.
- e. Proses pengelasan sangat mempengaruhi sifat fisis dan mekanis dari sambungan logam, dimana akan terjadi perubahan pada struktur mikro disekitar las akibat dari masukan panas yang tinggi pada saat pengelasan dan pendinginan yang tidak merata pada sekitar logam lasan, semakin halus dan homogen struktur mikro yang terjadi maka kekerasan akan meningkat.

2. Saran

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi suhu dan waktu dalam proses perlakuan panas sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis dari jenis merial Baja ST 41(Baja Plat Kapal).
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi pengujian yaitu dengan pengujian Penetrant.
- c. Sebelum melakukan pengelasan, elektroda sebaiknya dimasukan kedalam oven supaya penyalannya lebih mudah.
- d. Untuk proses pengelasan harus dilakukan oleh *pe welder* yang profesional dan memiliki sertifikat

DAFTAR PUSTAKA

Amstead, BH, dkk. 1989. *Teknologi Mekanik* Jilid 1. Jakarta: Erlangga.

Alip, Mochamad. 1989. *Teori dan Praktik*

Las. Jakarta. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Arifin, Samsul, 1977. *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: Ghalia Indonesia

Arikunto, Suharsimi. 1997. *Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Yogyakarta: Rineka Cipta

Bintor, Gatot, 1999. *Dasar-dasar Pengerjaan Las*, Yogyakarta: Kanisus

Bradbury, EJ. 1990. *Dasar Metalurgi Untuk Rekasayawan*. Jakarta: Gramedia

Dieter, George E. 1987. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.

Encarta Microsoft 2000” *Hardening Testing Machine*”, <http://encarta.msn.com/US>, diakses tanggal 14 Juli 2006

Kenneth N, Derucher and Conrad P. Heins. 1981. *Materialss For Civil and Highway Engineers*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs

Lawrence, Van Vlack.1991. *Ilmu Bahan dan Teknologi Bahan*. Jakarta:Erlangga

Love, George, 1986. *Teori dan Praktek Kerja Logam*. Jakarta: Erlangga

Poerwodarminta, W.J.S. 1989. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Smallman R.E, dan Bishop R.J. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: PT Gramedia

Sonawan Hery dan Suratman Rochim. 2004.

Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam. Bandung. Alfabeta.

Suharto, 1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Rineka Cipta

Surdia,Tata dan Saito Sinroku, 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta Pradnya Paramita

Widharto, Sri, 2001. *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Wiryosumarto, Harsono dan okumura Toshie,1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita