

## PENINGKATAN KEKUATAN MEKANIS DAN KETAHANAN RETAK LAS PADA SAMBUNGAN LAS BUSUR ELEKTRODA TERBUNGKUS MELALUI PEMANASAN AWAL PADA ELEKTRODA

Heri Wibowo dan Fredy Surahmanto  
Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Karangmalang, Yogyakarta  
E-mail : heriwbuny@yahoo.com

### ABSTRAK

Dari identifikasi retak pada sambungan las busur elektroda terbungkus, retak pada pengelasan penyebab utamanya adalah terjadinya difusi hydrogen pada logam las, yang bisa terikat saat fluks mengisap uap air dari udara, akibatnya logam yang dilas dengan elektroda ini peka terhadap retak. Salah satu usaha untuk penanggulangan retak las adalah dengan memanaskan elektroda sehingga mengurangi kandungan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan awal dan tanpa pemanasan awal elektroda terhadap kekuatan tarik dan ketahanan retak melalui uji lengkung sambungan las.

Pengelasan menggunakan logam induk baja stainless SUS 304 dengan elektroda jenis E308 diameter 2,6 mm. Sebelum pengelasan, elektroda dipanaskan pada dapur pemanas selama 30 menit dan ditahan pada temperatur tertentu. Variasi suhu pada dapur pemanas diambil temperatur 30 °C (suhu ruang), 100 °C, 150 °C dan 200 °C. Setelah bahan tersambung, dilakukan uji tarik, uji bending dan uji kekerasan.

Hasil pengujian memperlihatkan benda uji tanpa pemanasan awal elektroda mempunyai nilai kekuatan tarik paling rendah yaitu 403,9 N/mm<sup>2</sup>. Benda uji dengan pemanasan awal elektroda suhu 100 °C, 150 °C dan 200 °C memiliki kekuatan tarik hampir sama, dan patahan terjadi cenderung di bagian logam induk. Kekuatan Tarik tertinggi benda uji dengan pemanasan awal elektroda 150 °C. Pada uji *bending*, semua benda uji baik tanpa maupun dengan pemanasan awal elektroda dinyatakan lolos uji dengan panjang retak hasil pengujian *facebend* di bawah ambang yang diijinkan. Disimpulkan, pengelasan dengan pemanasan awal elektroda suhu 150 °C paling baik dilakukan untuk menghindari retak dan mengoptimalkan kekuatan sambungan las.

**Kata kunci :** Las, retak, elektroda

### A. PENDAHULUAN

Banyak keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las antara lain biaya murah, pelaksanaan relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif (Cary,1999). Namun demikian disamping keuntungan harus diakui bahwa sambungan las juga memiliki kelemahan, diantaranya adalah : timbulnya lonjakan tegangan yang besar disebabkan oleh perubahan struktur mikro pada daerah sekitar las yang menyebabkan turunnya kekuatan dan ketangguhan bahan akibat adanya tegangan sisa, serta adanya retak akibat dari proses pengelasan (Jamarsi: 1999).

Kualitas las pada pengelasan busur elektroda terbungkus (*SMAW*) banyak parameter yang mempengaruhi, antara lain tingkat keahlian welder, arus dan kecepatan pengelasan, jenis *filler* elektroda, jenis fluks elektroda, kelembaban udara ruang, jenis bahan, kebersihan bahan, kualitas elektroda dan sebagainya. Jenis *filler* dan fluks elektroda dipasaran tersedia berbagai macam jenis maupun ukuran, yang dalam pemilihan harus sesuai dengan sifat dan kekuatan bahan serta kondisi pengelasan. Jenis bahan juga memungkinkan kualitas las kurang baik, karena bahan-bahan tertentu membutuhkan perlakuan pemanasan awal bahan sebelum dilakukan pengelasan.

Secara umum dapat dikatakan bahwa logam mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemindahan

terjadi dengan butiran yang halus. Sedangkan pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus seperti diterangkan gambar diatas dan juga oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur (Wiryosumarto, 2000).

Retak pada las merupakan kegagalan suatu sambungan las, yang dapat berlanjut pada patah atau rusaknya suatu konstruksi. Retak pada las disebabkan oleh beberapa hal, antara lain : 1) Struktur dari daerah pengaruh panas, 2) Hidrogen difusi didaerah las, 3) Tegangan thermal maupun tegangan sisa. Retak las yang dipengaruhi adanya difusi hidrogen dari logam las menuju daerah HAZ, dikarenakan logam menyerap hidrogen dalam jumlah besar yang dilepaskan dengan cara difusi pada suhu rendah karena suhu tersebut kelarutan hidrogen menurun dan menyebabkan terjadinya retak pada daerah HAZ.

Sumber hidrogen yang menyebabkan terjadinya keretakan diserap dari air dan zat organik yang terkandung dalam fluks atau kelembaban udara atmosfer. Disamping itu minyak, zat organik dan air

yang melekat pada rongga dan permukaan pelat atau kawat las juga menjadi sumber hidrogen. Cara yang paling sederhana untuk menghilangkan kandungan air dan zat organik pada fluks elektroda adalah dengan memanaskan elektroda pada waktu dan suhu yang sesuai. Pemanasan elektroda sebelum dipakai juga memungkinkan untuk meningkatkan sifat nyala elektroda, sehingga hasil lasan tidak akan mudah berongga karena elektroda yang padam pada waktu proses pengelasan (Wirjosumarto, 2000).

Dari identifikasi retak pada sambungan las busur elektroda terbungkus, retak-retak pada pengelasan penyebab utamanya adalah terjadinya difusi hidrogen pada logam las, yang bisa terikat saat fluks mengisap uap air dan akibatnya logam yang dilas dengan elektroda ini peka terhadap retak. Usaha-usaha untuk penanggulangan retak las antara lain dengan : 1) menggunakan fluks yang mempunyai kadar hidrogen rendah, 2) menghilangkan kristal air yang terkandung dalam fluks, 3) Elektroda yang akan dipakai dipanaskan sehingga elektroda tidak menyerap air, 4) membersihkan kampuh dari karat, debu,

minyak, dll, 5) menghindari pengelasan pada waktu hujan (Wirjosumarto, 2000).

Melihat bahwa retak pada las sangat mempengaruhi keamanan konstruksi, dimana retak las tersebut sangat berkaitan dengan kadar air pada fluks dan jenis elektroda yang digunakan, maka penelitian tentang pemanasan awal elektroda untuk meningkatkan kualitas sambungan dengan menghilangkan kandungan air serta meneliti pengaruh pemanasan awal pada beberapa jenis elektroda pada pengelasan busur elektroda terbungkus perlu dilakukan untuk mengoptimalkan sambungan las sehingga terbebas dari retak las. Hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai acuan perencanaan pengelasan busur terutama pemilihan dan perlakuan awal elektroda sebelum dilakukan pengelasan.

Tujuan penelitian yang diharapkan adalah mengetahui pengaruh pemanasan awal dan tanpa pemanasan awal elektroda terhadap kekuatan tarik dan ketahanan retak sambungan las serta mengetahui suhu pemanasan awal elektroda yang paling efektif sehingga kekuatan tarik dan ketahanan retak pada tingkat yang optimal.

## B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menitik beratkan pada pelakuan panas pada elektroda untuk mendapatkan hasil kualitas las yang optimal yang dilihat dari segi kekuatan sambungan dengan uji tarik maupun ketahanan retak sambungan las melalui uji lengkung. Variabel-variabel yang akan diteliti pada penelitian ini secara garis besar ada dua macam, yaitu variabel bebas dan variabel respon. Variabel bebas pada penelitian ini adalah suhu pemanasan awal pada elektroda (T). Sedang variabel respon (variabel yang tergantung variabel bebas) yang akan dicari adalah variabel kekuatan tarik, kekuatan lengkung dan ketahanan retak daerah las.

Spesifikasi Alat las, elektroda las, pemanasan elektroda, dan pengujian las pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 1. Bahan, alat las dan elektroda

Bahan logam induk : Baja stainless SUS 304  
 Jenis las : SMAW arus DC  
 Diameter elektroda : 2,6 mm.  
 Arus pengelasan : 70 A (optimal dari pengujian awal)  
 Kecepatan las :  $\pm 3,12$  mm/detik  
 Jenis elektroda : E 308 dengan jenis fluks kalium titanata tinggi.

### 2. Pemanasan elektroda.

Elektroda dipanaskan pada dapur pemanas selama 30 menit dan ditahan pada temperatur tertentu. Temperatur yang dipakai pada pemanasan dapur ada 3 variasi dengan suhu yang berbeda-beda. Sebagian elektroda tidak dilakukan pemanasan sebagai pembanding dan acuan elektroda yang diberi perlakuan panas. Variasi suhu pada dapur

pemanasan diambil temperatur 100 °C, 150 °C dan 200 °C. Dari masing-masing pemanasan elektroda yang dilakukan, dilakukan beberapa pengujian tarik untuk mengetahui pengaruh pemanasan elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan las sekaligus. Sedangkan untuk mengetahui pengaruh ketahanan retak las dilakukan uji lengkung untuk mengetahui ketahanan retak setelah penekukan sambungan las.

### 3. Pengujian

Pada pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM) dengan mengacu spesimen uji sesuai standar ASTM B-557 (gambar 1) dengan jumlah spesimen 12 buah. Pengujian tarik pada penelitian ini bertujuan mengetahui kekuatan tarik benda lasan memakai elektroda tanpa pemanasan awal dan dengan pemanasan awal, sehingga diketahui tingkat efektifitas metode pemanasan awal elektroda.

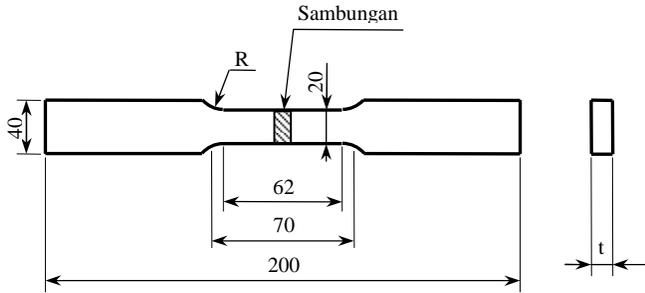
Uji lengkung juga dilakukan dengan mesin uji UTM dengan sudut kelengkungan 120°. Ukuran spesimen uji lengkung mengacu pada standar ASTM B-557 (gambar 2). Dengan melengkungkan benda uji akan bisa dilihat ketahanan retak dari logam las.

Kriteria batas lolos uji pada pengujian lengkung ini, dapat dilihat dari garis-garis retak sebagai discontinues pada bagian lengkungan benda uji (daerah logam las) setelah dilakukan pengujian. Syarat batas maksimal jumlah garis retak pada bagian lengkungan agar memenuhi

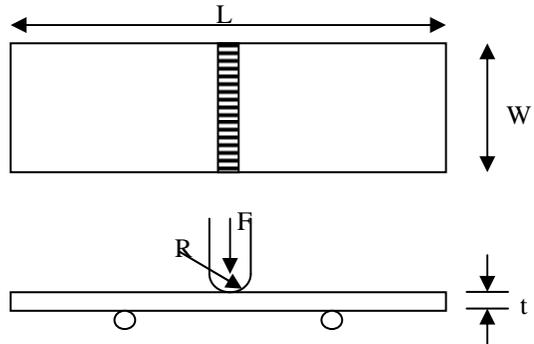
standar uji bending adalah (*American Welding Society, 2001*):

- a. 1/8 in (3 mm) atau 7,5% x lebar ; jumlah garis-garis retak diukur pada semua arah yang terdapat pada permukaan lengkungan.
- b. 3/8 in (10 mm) atau 25% x lebar ; jumlah garis-garis retak yang terbesar dengan panjang

- c. 1/4 in (6 mm) atau 15% x lebar ; diukur pada retak ujung yang terbesar, kecuali retak ujung dihasilkan dari slag dan inklusi maka 1/8 in (3 mm) dapat digunakan.

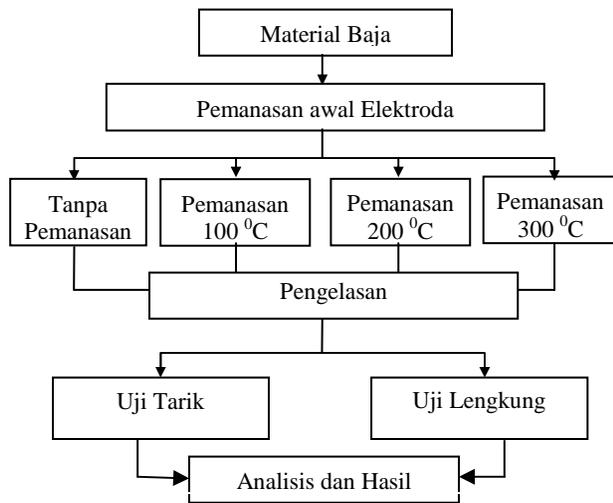


Gambar 1. Benda uji tarik Standar ASTM B-557.



Dimension , mm			
L	W	t	R
254	40	9	18max
<b>180</b>	<b>40</b>	<b>&lt;6</b>	<b>12max</b>

Gambar 2. Benda uji lengkung Standar ASTM .



Gambar 3. Diagram alir penelitian

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan las terhadap beban aksial. Pengujian menggunakan mesin tarik targonorchi dengan beban maksimum 20 ton. Pengujian tarik dilakukan pada sambungan las arah transversal, ukuran spesimen sesuai standar uji tarik ASTM B-559. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada gambar 4.

Dari grafik gambar 4 dapat dilihat kekuatan tarik meningkat akibat pengaruh pemanasan mula pada elektroda las. Pada benda uji tanpa pemanasan mula elektroda kekuatan tarik paling rendah yaitu 403,9 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini mungkin disebabkan terdapat cacat atau retak pada logam las, sehingga sangat berpengaruh pada kekuatan di daerah logam las. Dilihat dari grafik diatas, dari ketiga suhu pemanasan awal yaitu suhu 100 °C, 150 °C dan 200 °C cenderung memiliki kekuatan tarik yang hampir sama. Namun demikian, terlihat pada pemanasan awal elektroda 150

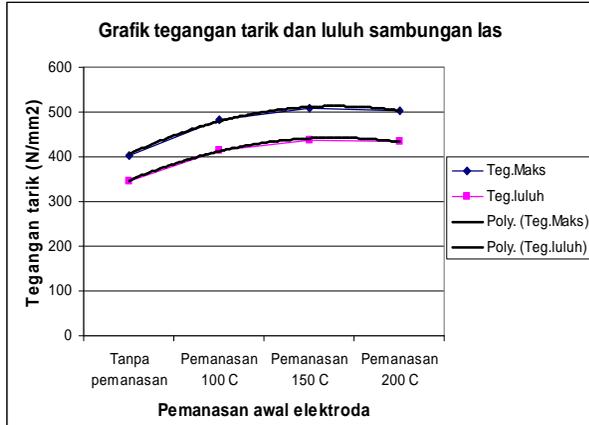
°C memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 512,8 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini membuktikan pemanasan awal pada elektroda sangat mempengaruhi kekuatan tarik sambungan las, terutama pada pengelasan bahan baja stainless.

Pada gambar 5, benda uji tanpa pemanasan awal elektroda memperlihatkan patahan uji tarik terletak pada daerah sambungan logam las. Hal ini membuktikan kekuatan daerah sambungan las lebih rendah dari kekuatan logam induk. Patahan ini terjadi karena terdapat cacat atau retak pada logam las sehingga kekuatan turun. Pada benda uji dengan pemanasan awal elektroda yaitu suhu 100 °C, 150 °C dan 200 °C patahan cenderung dibagian logam induk, sehingga daerah sambungan logam las memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari logam induk. Hal ini berarti pula pengelasan baja stainless dengan elektroda E 308 memiliki kekuatan las yang cukup bagus.

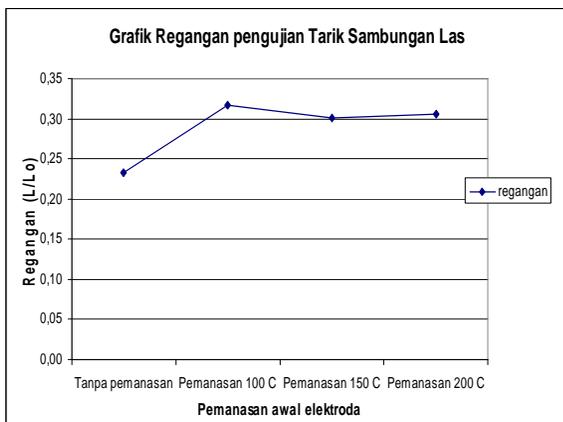
Pengujian tarik juga menampilkan regangan yang terjadi selama proses uji tarik. Regangan ini bisa

memprediksikan tingkat kegetasan bahan terutama sambungan las. Hasil pengujian regangan pada uji tarik dapat dilihat pada gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan benda uji tanpa pemanasan awal memiliki regangan paling rendah. Hal ini dikarenakan patahan benda uji terletak pada daerah logam las yang memiliki kegetasan lebih tinggi



Gambar 4. Grafik kekuatan tarik dan kekuatan luluh pada sambungan las



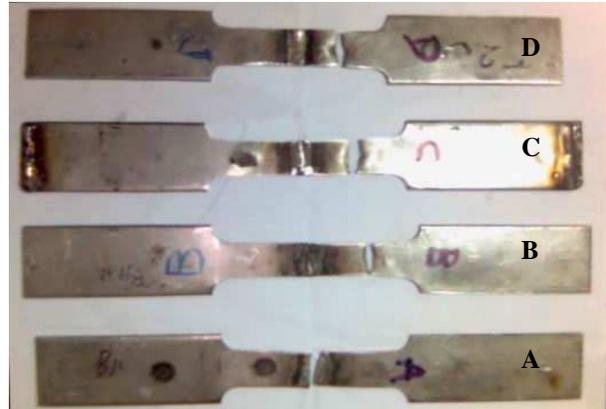
Gambar 6. Grafik regangan pada uji tarik

## 2. Hasil Pengujian Bending (Lengkung)

Pengujian ini dilakukan pada benda uji hasil pengelasan, dengan letak daerah pengelasan berada di pertengahan benda uji. Jenis pengujian yang dipakai pada uji *bending* ini ada 2 yaitu *uji root bend* dan *face bend*. *Root bend* dilakukan dengan memberikan beban tepat pada daerah pengelasan dari bagian bawah (*root pass*), sedangkan *face bend* diberikan beban tepat pada daerah pengelasan dari bagian atas (*cover pass*). Radius lengkung uji bending digunakan radius 10 mm (sudah memenuhi standar uji AWS, ketebalan plat 3 mm mensyaratkan radius lengkung maksimal 12 mm).

Benda uji di bending dilakukan sampai membentuk sudut kurang lebih 135°. Analisa pengujian bending dilakukan dengan mengukur panjang retak yang terjadi setelah pengujian bending.

dari pada logam induk. Lain halnya dengan regangan di benda uji dengan pemanasan awal elektroda 100 °C, 150 °C dan 200 °C , nilai regangan memiliki harga yang hampir sama. Hal ini disebabkan patahan benda uji terletak pada daerah logam induk yang tidak dipengaruhi oleh proses pengelasan.



Gambar 5. Gambar spesimen uji setelah diuji tarik pada perlakuan elektroda : A) Tanpa pemanasan, B) Pemanasan 100 C, C) Pemanasan 150 C dan D) Pemanasan 200 C

Dari ukuran retak yang diperoleh dipakai untuk mengetahui kelolosan uji bending yang dilihat dari panjang retak total daerah logam las (analisa didasarkan pada standar AWS pada uji *bending*). Hasil pengujian bending dapat dilihat pada tabel 1.

Dari hasil pengujian panjang retak pada tabel 1 terlihat bahwa pada pengujian *root bend* untuk semua benda uji yaitu tanpa pemanasan, pemanasan 100 C, pemanasan 150 C dan pemanasan 200 C tidak menunjukkan adanya retak pada permukaan yang dianalisa. Sedangkan pada uji *face bend* terlihat retak kecil sebesar 1,5 mm pada daerah benda uji tanpa pemanasan awal elektroda tepatnya didaerah perbatasan las (*fusion line*). Dari hasil analisa syarat kelolosan uji bending standar AWS, panjang retak 1,5 mm masih diperbolehkan (memenuhi syarat kelolosan

uji *bending*). Sedangkan benda uji dengan ketiga pemanasan pada suhu yang berbeda tidak menunjukkan retak yang berarti juga memenuhi syarat kelolosan uji *bending*. Dapat ditarik kesimpulan bahwa semua benda uji lolos uji karena panjang retak hasil pengujian *face bend* dibawah ambang yang diijinkan yaitu 7,5% dari panjang permukaan uji.

Pada gambar 7 nampak bahwa retak setelah uji *bending* pada benda uji tanpa pemanasan awal

elektroda, terdapat didaerah perbatasan las. Hal ini dikarenakan daerah tersebut merupakan daerah rawan retak bila difusi logam induk dan logam las tidak terdifusi sempurna. Nampak pula di benda uji ini 2 lubang kecil yang merupakan cacat saat pengelasan. Cacat ini lebih disebabkan adanya hidrogen yang terjebak dalam logam las akibat elektroda yang masih memiliki kelembaban lebih tinggi dibanding elektroda yang sudah diberi pemanasan awal.

Tabel 1. Hasil pengujian panjang retak hasil pengujian *bending*

Pemanasan awal elektroda	Panjang retak hasil uji root bend	Panjang retak hasil uji face bend	Keterangan
Tanpa pemanasan	-	1,5 mm (di LAS)	Lolos uji
Pemanasan 100 C	-	-	Lolos uji
Pemanasan 150 C	-	-	Lolos uji
Pemanasan 200 C	-	-	Lolos uji



Gambar 7. Penampang benda uji setelah uji *face bend* dengan pemanasan awal elektroda :  
 A) Tanpa pemanasan, B) Pemanasan 100 C , C) Pemanasan 150 C, D) Pemanasan 200 C

#### D. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian tarik memperlihatkan benda uji tanpa pemanasan awal elektroda mempunyai nilai kekuatan tarik paling rendah yaitu 403,9 N/mm<sup>2</sup> yang disebabkan oleh terdapatnya cacat atau retak pada logam las.
2. Benda uji dengan pemanasan awal elektroda suhu 100 °C, 150 °C dan 200 °C memiliki kekuatan tarik hampir sama, dan patahan terjadi cenderung di bagian logam induk. Namun kekuatan tarik tertinggi benda uji dengan pemanasan awal elektroda 150 °C.

3. Semua benda uji baik tanpa maupun dengan pemanasan awal elektroda dinyatakan lolos uji *bending* karena panjang retak hasil pengujian *face bend* di bawah ambang yang diijinkan.
4. Setelah uji *bending*, terdapat retak sepanjang 1,5 mm di daerah perbatasan las pada benda uji tanpa pemanasan awal elektroda.
5. Pemanasan awal elektroda suhu 150 °C paling baik dilakukan untuk menghindari retak dan meningkatkan kekuatan sambungan.

#### H. DAFTAR PUSTAKA

Cary, H.B., 1998, "Modern Welding Technology", 4<sup>th</sup> edition, Prentice Hall, New Jersey USA.  
 Easterling, Kenneth, 1983 "Introduction to the physical Metallurgy of Welding ", Butterwoeths & Co.  
 Honeycombe, R.W.K., dan Badhesia, H.K.D.N., 1995, "Steel Microstructure and Properties" Edward Arnold, London.

- Jamasri dan Subarmono, 1999, "*Pengaruh Pemanasan Lokal terhadap Ketangguhan dan Laju Perambatan Retak Plat Baja 'Grade B' "*", Media Teknik, UGM, Yogyakarta
- Kou, S., 1987, "*welding metallurgy "*", John Wiley & Sons, Singapore.
- Messler, R.W., 1999, *Principle of Welding*, John Wiley & Sons Inc, New York, USA.
- Wirjosumarto, H. , Okumura, T., 2000, "*Teknologi Pengelasan Logam*", Pradnya Paramita, Jakarta.