

## KAJIAN PENGARUH *TEMPERING* TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PENGELASAN *STAINLESS STEEL*

Supriyanto<sup>1</sup>, Yulian Adi Bowo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta

<sup>2</sup>Alumni Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta

Jl. Tentara Pelajar No. 55 - 57 Yogyakarta 53122

E-mail : pri@gmail.com

### ABSTRACT

*Welding is a way to joint solid materials by melting the materials. Cooling media in welding process can affect to metal properties, therefore it is required heat treatment process, such as tempering. Material that used in this research is stainless steel 316 series number. The aim of this research is to know the toughness of stainless steel metal welding with water-cooled and air-cooled before tempering process. Tempering process was conducted at 485 °C with retention time ± 2 hours and slow cooling in oven. From this research can be concluded that the hardness and the strain of welding area with tempering process is higher than welding area without tempering process, wheter with water cooled or air cooled. The hardness of welding area with water cooled is higher than welding area with air cooled, wheter. Meawhile, the strain of welding area with water cooled is lower than welding area with air cooled, wheter with tempering or without tempering process.*

**Keywords :** *Stainless Steel, welding, tempering.*

### PENDAHULUAN

Teknologi pengelasan berkembang seiring dengan perubahan waktu, terutama dalam proses produksi yang banyak dipakai dalam dunia industri khususnya untuk pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan, konstruksi kapal, konstruksi perpipaan, pembuatan mesin peralatan pabrik, dan pekerjaan teknik lainnya. Selain untuk pekerjaan pembuatan produk baru, juga banyak dipakai untuk pekerjaan reparasi dan perawatan diantaranya proses penambalan retak-retak, mengisi lubang coran, sebagai pemotong bagian-bagian yang akan dibuang maupun mempertebal bagian yang aus.

Proses pengelasan terlihat sangat sederhana, untuk mendapatkan hasil pengelasan yang optimal, ada prosedur yang perlu diperhatikan, salah satunya adalah perlakuan material setelah proses pengelasan. Hal ini untuk mengurangi tegangan dalam, meningkatkan keuletan dan ketangguhannya. Untuk memperbaiki sifat-sifat logam hasil lasan tersebut diantaranya dengan proses tempering (Brandt,D.A., 1985). Proses

pengelasan akan mengakibatkan perubahan struktur mikro sehingga dengan sendirinya sifat-sifat mekanis yang dimiliki material juga akan berubah. Tetapi sampai berapa jauh pengaruh *tempering* yang dilakukan terhadap "*Stainless Steel*" setelah pengelasan terutama pada kekuatan tarik, nilai kekerasan, dan struktur *mikro* maka perlu dianalisis pada hasil penelitian. Dalam proses pengelasan dalam penelitian ini, bahan logam yang digunakan adalah logam jenis "*Stainles Steel*" seri 316 dengan pengelasan jenis SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) sedangkan elektrode yang digunakan NSN E 308-16.

Pengelasan (SMAW) ini termasuk dalam kategori pengelasan cair dengan media busur (elektroda) sebagai cairan pengisinya (Sriwidharto, 2003). Pengelasan ini menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Busur listrik terbentuk di antara logam induk dan ujung elektroda, karena panas dari busur maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.

Proses pengelasan ini dapat Sumber : Harsono Wiryosumarto menggunakan sumber (*Direct Current*) yang dihasilkan baik listrik AC (*Alternator Current*) maupun DC generator atau mesin las dengan sumber listrik langsung dari PLN.

### Pemilihan Parameter Las

#### 1. Arus Pengelasan.

Berpengaruh langsung pada penetrasi logam las, bentuk manik las, lebar HAZ dan dilusi. Arus las makin besar dapat memperdalam penetrasi logam las dan juga memperlebar HAZ, demikian sebaliknya. Pemakaian arus las makin tinggi juga dapat memperlebar manik las. Arus las mempengaruhi dilusi atau pencampuran. Semakin besar arus las maka semakin besar juga dilusi yang artinya makin banyak logam induk yang mencair.

#### 2. Tegangan Pengelasan.

Tegangan listrik yang digunakan pada mesin las berkisar 55 volt sampai 85 volt. Hal ini berhubungan dengan keselamatan kerja operator las, dikarenakan tubuh manusia tidak akan mampu menahan arus listrik dengan tegangan yang tinggi.

#### 3. Kecepatan Pengelasan

Makin tinggi kecepatan pengelasan biasanya dipengaruhi oleh tingginya arus pengelasan. Kecepatan pencairan elektroda yang tidak diimbangi dengan kecepatan pengelasan bisa menyebabkan penumpukan cairan logam las.

#### 4. Pengelasan.

Berpengaruh langsung pada penetrasi logam las, bentuk manik las, lebar HAZ dan dilusi. Arus las makin besar dapat memperdalam penetrasi logam

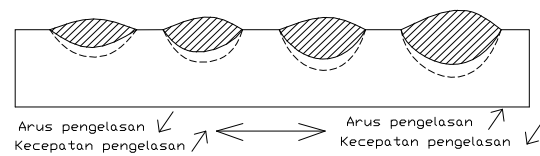
las dan juga memperlebar HAZ, demikian sebaliknya. Pemakaian arus las makin tinggi juga dapat memperlebar manik las. Arus las mempengaruhi dilusi atau pencampuran. Semakin besar arus las maka semakin besar juga dilusi yang artinya makin banyak logam induk yang mencair.

#### 5. Tegangan Pengelasan.

Tegangan listrik yang digunakan pada mesin las berkisar 55 volt sampai 85 volt. Hal ini berhubungan dengan keselamatan kerja operator las, dikarenakan tubuh manusia tidak akan mampu menahan arus listrik dengan tegangan yang tinggi.

#### 6. Kecepatan Pengelasan

Makin tinggi kecepatan pengelasan biasanya dipengaruhi oleh tingginya arus pengelasan. Kecepatan pencairan elektroda yang tidak diimbangi dengan kecepatan pengelasan bisa menyebabkan penumpukan cairan logam las dipermukaan logam induk.



Gambar 1. Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Penetrasi dan Lebar HAZ. (Heri Sonawan,2003

Tabel 1. Hubungan Arus dengan Elektroda

Diameter / Posisi	4 mm	5 (5,5) mm	6 mm	7 mm
Datar	130 A – 180 A	180 A – 240 A	250 A – 310 A	300 A – 380 A
Atas kepala	110 A – 170 A	150 A – 200 A		

Sumber : Harsono Wiryosumarto

### **Stainless Steel**

*Stainless Steel* adalah kategori baja paduan yang sangat luas penggunaannya (Surdia, T., 1995). *Stainless Steel* merupakan paduan dari *chromium*, *chromium-nickel*, atau *chromium-nickel-*

*mangan*, yang terklasifikasi dalam tiga tipe/tingkatan diantaranya : seri *martensit*, seri *ferrit*, dan seri *austenit*.

Klasifikasi *Stainless Steel*

#### **a. *Stainless Steel* seri *ferrit*.**

Seri *ferrit* mengandung karbon yang relatif sedikit sehingga kerapuhan terjadi karena kandungan nilai kekerasan yang kurang. Apabila endapan batas butir sudah mulai terbentuk di sekitar daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) maka akan mempengaruhi nilai kekuatan pada logam. Pada proses ini seharusnya tidak digunakan pada tempat yang berhubungan dengan getaran. Pengelasan *Stainless Steel* seri *ferrit* digunakan dengan resistansi tinggi dengan ketinggian temperatur yang stabil. *Anealling* dilakukan pada kisaran suhu 1200°F sampai 1550°F (649°C – 843°C), tetapi untuk tipe 430, 430F, 442, dan 446 tidak dapat dinormalisasikan.

#### **b. *Stainless Steel* seri *martensit***

Seri *martensit* mengandung kurang lebih satu persen karbon dengan peningkatan nilai kekerasan dengan proses *heat treatment*. Seri *martensit* juga memungkinkan untuk dilakukan proses pengelasan setelah melalui proses *anealling*, *tempering*, atau perlakuan peningkatan kekerasan (*hardened*). Pengelasan akan menghasilkan “*martensit*” pada hasil lasan. Pengontrolan temperatur pada saat pengelasan adalah cara yang efektif untuk menghindari retak pada logam.

#### **c. *Stainless Steel* seri *austenit*.**

Seri *austenit* tidak dapat ditingkatkan kekerasannya melalui proses *heat treatment* dan kandungan karbon yang relatif rendah, tetapi dapat ditingkatkan kekerasannya dengan pengerjaan dingin. Pemanasan ulang hasil pengelasan dari 800°F sampai 1600°F (427°C - 871°C) akan menjadikan *chromium* membentuk endapan batas butir yang berpengaruh terhadap ketahanan korosi.

Secara

umum *Stainless Steel* adalah logam yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap korosi. Harga dari *Stainless Steel* lebih mahal dari baja karbon, dan lebih keras apabila dipotong dengan mesin. Aplikasi

*Stainless Steel* secara garis besar dapat dijumpai didalam lingkup industri seperti pengolahan makanan, pabrik kimia, teknologi perpipaan, dan lain sebagainya.

*Stainless Steel* secara mendasar bukanlah logam mulia seperti halnya emas (Au) & Platina (Pt) yang hampir tidak mengalami korosi karena pengaruh kondisi lingkungan, sementara *Stainless Steel* masih mengalami korosi. Daya tahan korosi *Stainless Steel* disebabkan lapisan yang tidak terlihat (*invisible layer*) yang terjadi akibat oksidasi *Stainless Steel* dengan oksigen yang akhirnya membentuk lapisan pelindung anti korosi (*protective layer*). Sumber oksigen bisa berasal dari udara maupun air. Material lain yang memiliki sifat sejenis antara lain *Titanium* (Ti) dan juga Aluminium (Al).

Secara umum *protective layer* terbentuk dari reaksi kromium + oksigen secara spontan membentuk krom-oksida. Jika lapisan oksida *Stainless Steel* digores/terkelupas, maka *protective layer* akan segera terbentuk secara spontan, tentunya jika kondisi lingkungan cukup mengandung oksigen. Walaupun demikian kondisi lingkungan tetap menjadi penyebab kerusakan *protective layer* tersebut. Pada keadaan dimana *protective layer* tidak dapat lagi terbentuk, maka korosi akan terjadi. Banyak media yang dapat menjadi penyebab korosi, seperti halnya udara, cairan/ larutan yang bersifat asam/basa, gas-gas proses (misal gas asap hasil buangan ruang bakar atau reaksi kimia lainnya), logam yang berlainan jenis dan saling berhubungan dan sebagainya.

### **Perlakuan Panas**

Proses perlakuan panas dapat didefinisikan sebagai proses perubahan sifat mekanik material/ logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui pengaturan pemanasan dan laju pendinginan (Sonawan, H., 2004). Pemanasan dan pendinginan produk hasil pengelasan terjadi pada kondisi tertentu. Adanya pemanasan dan pendinginan hasil lasan merupakan adanya indikasi bahwa pada proses pengelasan sebenarnya terjadi proses perlakuan panas. Perubahan struktur mikro di daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah salah satu contoh hasil perlakuan panas pengelasan.

## Tempering

Tempering adalah proses pemanasan kembali sampai temperatur dibawah temperatur kritis bawah, hal tersebut dimaksudkan agar dapat mengurangi tegangan dalam, keuletan serta ketangguhannya naik kembali (Brandt,D.A., 1985). Karbon yang terperangkap pada saat transformasi menjadi martensit, dapat dikeluarkan dengan cara memberikan pemanasan pada baja dibawah transformasi  $A_1$ . pelepasan ini membuat struktur terdeformasi plastis dan terjadi juga pelepasan tegangan sisa. Hal ini membuat kekerasan turun dan ketangguhan naik, serta cenderung menaikkan kekuatan material (Sonawan,H. 2004).

Dari segi sifat martensit memang mempunyai rasio kekerasan yang tinggi, tetapi rapuh karena perubahan dimensi pada waktu pembentukan martensit akan terjadi pemuaian jarak yang akan menimbulkan distorsi dan tegangan dalam, sehingga berpotensi menimbulkan retak. Ini antara lain akan mempersulit proses pengelasan bahan tersebut. Salah satu cara untuk mengatasi kerapuhan dan meningkatkan kombinasi kekerasan dan keuletan antara lain dengan proses tempering.

Dalam pelaksanaannya proses tempering dibagi dalam beberapa tahap berdasar suhu yang diterapkan, antara lain;

- Tempering rendah ( $150^{\circ}\text{C}$ - $200^{\circ}\text{C}$ )  
Tujuannya untuk meningkatkan tegangan dalam dan meningkatkan ketangguhan tanpa adanya penurunan kekerasan yang berarti.
- Temper medium / sedang ( $350^{\circ}\text{C}$ - $450^{\circ}\text{C}$ )  
Untuk menaikkan sifat elastisitas lebih baik jika baja bekerja pada beban dinamik.
- Tempering tinggi ( $450^{\circ}\text{C}$ - $650^{\circ}\text{C}$ )  
Untuk menghilangkan tegangan dalam, dan menghasilkan rasio kekuatan terhadap ketangguhan yang lebih baik, serta memperbaiki mampu mesin.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan penelitian

- Plat stainless steel type 316 dengan ukuran (100 x 40 x 5) mm
- Elektrode NSN E 308-16 dengan diameter elektrode 2,6 mm
- Bahan etsa dan poles
- Amplas mulai 150 - 1500

- Mesin las busur listrik
- Mesin gerinda
- Mesin sekrap
- Mesin Oven
- Alat uji Rockwell
- Alat uji Tarik
- Alat uji Struktur mikro

### Prosedur Penelitian

- Benda uji dilas dengan pendinginan air selanjutnya di tempering di dalam oven pada temperatur  $485^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam dengan pendinginan lambat.
- Benda uji dilas dengan pendinginan udara selanjutnya di tempering di dalam oven pada temperatur  $485^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam dengan pendinginan lambat.
- Dari dapur oven tersebut masing-masing kelompok spesimen diuji tarik, kekerasan dan struktur mikro
- Kedua hasil pengujian dan pengamatan tersebut dibandingkan sifat fisis dan mekanisnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

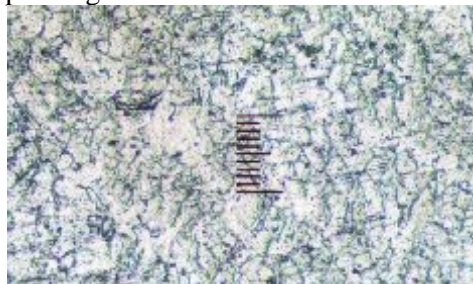
Hasil pengujian Metallografy/ struktur mikro dengan pembesaran 200X

- Hasil pengujian mikro Row Material



Gambar 2. Struktur mikro row material

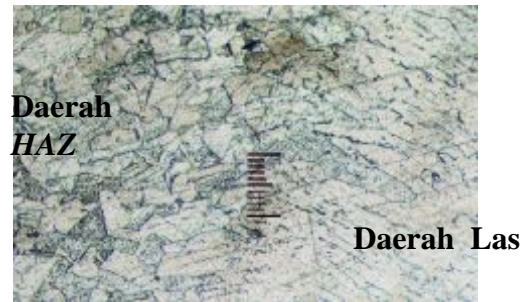
- Hasil pengujian Struktur mikro pendinginan udara



Gambar 3. Struktur mikro daerah las

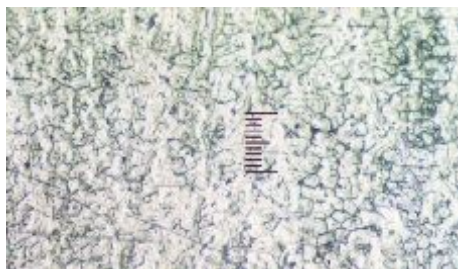


Gambar 4. Daerah HAZ dan Daerah las



Gambar 8. Daerah HAZ dan Daerah las

3. Hasil pengujian Struktur mikro pendinginan air

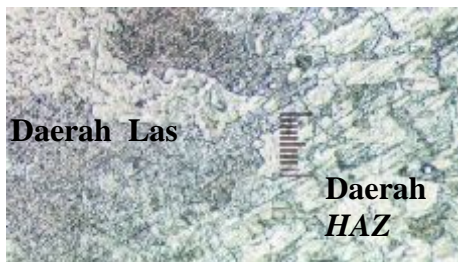


Gambar 5. Struktur mikro daerah las

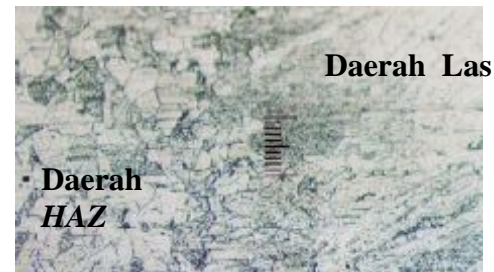
5. Hasil struktur mikro tempering pendinginan air



Gambar 9. Struktur mikro daerah las



Gambar 6. Daerah HAZ dan Daerah las



Gambar 10. Daerah HAZ dan Daerah las

4. Hasil Struktur mikro tempering pendinginan udara



Gambar 7. Struktur mikro daerah las

Dari gambar struktur mikro *row material* terlihat jelas antara batas butirnya dengan jarak antar butir yang renggang tidak terkena proses perlakuan panas dari hasil pengelasan, sehingga ikatan antara butiran atomnya relatif masih kuat, dengan demikian regangannya relatif tinggi hal ini akan berpengaruh pada tegangan tarik yang relatif tinggi.

Pada material hasil pengelasan pendinginan air terbentuk struktur butir yang lebih halus. Setelah melalui proses *tempering*, material hasil pengelasan pendinginan udara terlihat struktur yang lebih terang karena proses pemanasan ulang, tetapi terjadi

pengelompokan *pearlit* didaerah tertentu pada logam lasan Pada daerah *HAZ* terlihat warna butiran yang lebih terang, tetapi butiran strukturnya masih rapat. Hal ini akan berpengaruh pada tingkat kekerasannya karena semakin rapat dan halus struktur butirnya maka akan semakin tinggi tingkat kekerasannya.

Pada material pendingin air *tempering* butiran struktur berwarna lebih terang seperti pada hasil struktur mikro pendingin udara *tempering*, tetapi besar butiran strukturnya masih rapat sehingga nilai kekerasan yang dihasilkan masih relatif tinggi.

### Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell A*

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Ilmu Logam Universitas Janabadra Yogyakarta, menggunakan metode *Rockwell* skala (A), dengan beban terpasang yaitu 60 kg dengan indentor kerucut intan.

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan *Rockwell*

Uraian	HR <sub>A</sub>
Row Material	48.43
Pendinginan udara	46.57
Pendinginan air	46.76
Pendinginan udara ditempering	48.53
Pendinginan air ditempering	48.96

Pada hasil pengujian kekerasan pendinginan udara, nilai kekerasannya berada dibawah row material karena logam ini telah mengalami proses panas pada saat pengelasan, selain itu titik terlemah pada uji kekerasan *Rockwell* berada pada daerah las sehingga patahan terjadi pada daerah las.

Pada hasil pengujian kekerasan pendinginan air, nilai kekerasan berada dibawah logam pengelasan pendinginan udara, Setelah dilakukan proses *tempering*, sifat kekerasan dari material uji cenderung naik. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji kekerasan material sebelum dilakukan proses *tempering*. Kenaikkan nilai ini karena struktur butir setelah mengalami proses *tempering* cenderung mulai renggang dan ikatan antar butirnya lebih stabil sehingga menyebabkan material menjadi lebih ulet. Karena sifat tersebut, ikatan butir yang ada didalam material tersebut menjadi kuat, begitu juga dalam pengujian tarik nilai tegangan tarik dan

regangan yang dihasilkan relatif tinggi dari proses tanpa *tempering*.

Nilai kekerasan pada material hasil pengelasan sangat dipengaruhi beberapa faktor diantara pengaruh komposisi, proses pengelasan, dan perlakuan panas yang diterapkan. Proses pengelasan yang tidak benar seperti proses pengisian logam elektrode yang kurang penuh mempengaruhi kemaksimalan penetrator uji pada saat uji kekerasan. Proses perlakuan panas juga berpengaruh seperti dapat dilihat pada hasil tabel, nilai kekerasan rata-rata pendinginan air lebih tinggi daripada pendinginan udara, hal ini terjadi karena setelah proses pengelasan dimana suhu material masih tinggi dilakukan pendinginan secara tiba-tiba sehingga struktur mikro dalam material akan menjadi lebih rapat yang mempengaruhi nilai kekerasan benda uji, yang dapat dilihat pada gambar hasil pengujian struktur mikro. Hubungan grafik nilai kekerasan pada daerah las, *HAZ*, dan logam induk hasil pengelasan dapat dilihat pada gambar struktur mikro.

### Hasil Pengujian Tarik

Tabel 3. Hasil Uji Tegangan Tarik

Uraian	Tegangan (Kg/mm <sup>2</sup> )
RowMaterial	65.51
Pendinginan udara	57.50
Pendinginan air	53.42
Pendinginan Udara ditempering	64.07
Pendinginan air ditempering	63.15

Pada hasil pengujian tarik pendinginan udara, nilai kekuatannya berada dibawah row material karena logam ini telah mengalami proses panas pada saat pengelasan, selain itu titik terlemah pada uji kekerasan *Rockwell* berada pada daerah las sehingga patahan terjadi pada daerah las.

Pada hasil pengujian tarik pendinginan air, nilai kekuatan tariknya berada dibawah logam pengelasan pendinginan udara, hal ini dikarenakan proses pendinginan cepat sesaat setelah proses pengelasan yang mengakibatkan struktur butir cenderung lebih rapat sehingga tegangan tarik dan regangan menjadi turun.

Setelah dilakukan proses *tempering*, sifat keuletan dari material uji cenderung naik. Hal ini dapat dilihat dari hasil regangan yang

tinggi dari hasil uji tarik material sebelum dilakukan proses *tempering*. Kenaikkan nilai ini karena struktur butir setelah mengalami proses *tempering* cenderung mulai terbuka dan renggang sehingga menyebabkan material menjadi lebih ulet. Karena sifat tersebut, ikatan butir yang ada didalam material tersebut menjadi kuat, begitu juga dalam pengujian tarik nilai tegangan tarik dan regangan yang dihasilkan relatif tinggi dari proses tanpa *tempering*. Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa material stainless steel termasuk dalam golongan keras ulet karena mempunyai nilai kekerasan dan tegangan tarik yang tinggi, tetapi nilai regangan (keuletan) yang dihasilkan juga relatif tinggi. Salah satu faktor utama dari tingginya nilai kekerasan dan tegangan tarik adalah kandungan komposisi pada material tersebut.

#### KESIMPULAN

1. Pemilihan elektroda yang tepat sangat berpengaruh terhadap ketangguhan hasil lasan
2. Proses tempering pada hasil lasan *stainless steel* dapat meningkatkan nilai ketangguhannya.
3. Proses tempering hasil lasan dengan pendinginan udara ketangguhannya lebih baik dibanding dengan hasil tempering lasan pendinginan air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Brandt,D.A., 1985, **Metalurgy fundamentals**, The Goodheart - Willcox CompanyInc.
- Groover, M.P., 1996, **Fundamental of Modern Manufacturing**.
- Institut Teknologi Bandung, **Mengelas Besi dan Baja**.
- Kenyon,W., 1985, **Dasar – Dasar Pengelasan**, Erlangga, Jakarta
- Mouser, J.D., 1997, **Welding Codes Standards and Specification**.
- Nelly, J., **Practical Metallurgy and Materials of Industry**, Second Edition.
- Sonawan, H. dan Suratman, R. 2004, **Pengelasan Logam**, Alfabeta, Bandung.
- Sriwidharto, 2003, **Petunjuk Kerja Las**, Cetakan Kelima, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Surdia, T. dan Saito, S., 1995, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Cetakan keenam, Pradnya Paramita, Jakarta.
- TIM FIP- IKIP SEMARANG, **Teknologi Mekanik**.
- Wirjosumarto, H. dan Okumura, T., 2000, **Teknologi Pengelasan Logam**, Cetakan kedelapan, Jakarta, Pradnya Paramita.