

VARIASI ARUS LISTRIK TERHADAP SIFAT MEKANIK MIKRO SAMBUNGAN LAS BAJA TAHAN KARAT AISI 304

Yunus Yakub dan Media Nofri

Program Studi Teknik Mesin FTI – ISTN

Email: yunus_yakub@yahoo.com

Abstrak: Dasar penelitian ini adalah karena baja tahan karat merupakan baja paduan tinggi, maka kualitas sambungan lasnya sangat dipengaruhi dan menjadi getas oleh panas dan atmosfer pengelasan. Dalam penelitian ini dilakukan pengelasan baja tahan karat AISI 304 sebagai material logam utama. Baja tahan karat AISI 304 merupakan baja paduan tinggi yang memiliki kandungan 0,08% C, < 2,00% Mn, < 1,00% Si, 18,00-20,00% Cr dan 8,00-12,00% Ni. Baja tahan karat mempunyai sifat yang berbeda dengan baja karbon maupun dengan baja paduan rendah, hal ini yang sangat mempengaruhi sifat mampu lasnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh dari variasi arus pengelasan terhadap uji metallografi, uji kekerasan dan uji tarik pada sambungan las baja tahan karat AISI 304. Pengelasan dengan las GTAW dengan variasi kuat arus 30A, 40A dan 50A. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai kekerasan Vickers tertinggi terdapat pada penggunaan kuat arus 40A (benda uji II) yaitu sebesar 226 kg/mm², kekuatan tarik maksimum terjadi pada benda uji II (40A) sebesar 698 N/mm². Hal ini disebabkan karena struktur mikro daerah HAZ pada benda uji II (40A) berupa austenit yang paling sedikit ditemukannya endapan karbid Krom dibandingkan dengan struktur mikro dari daerah HAZ benda uji I (30A) dan benda uji III (50A).

Kata kunci: struktur mikro daerah HAZ, baja tahan karat.

Abstract. The research underlies on the fact that stainless steel is a high alloy steel; the welding connection quality is strongly influenced and become brittle by welding heat and atmosphere. In this research, the welding of stainless steel AISI 304 would be conducted as the primary metal material. AISI 304 stainless steel is a high alloy steel which contains 0.08% C, < 2.00% Mn, < 1.00% Si, 18.00 to 20.00% Cr and 8.00 to 12.00% Ni. Stainless steel has different properties with carbon steel and low alloy steel with; this can greatly affect the nature of welding. This research aims to analyze the influence of variations in the welding current to metallographic test, hardness test and tensile test on welded joints of stainless steel AISI 304. Welding with GTAW welding with strong variations in the flow of 30A, 40A and 50A. The results of this study showed the highest Vickers hardness values '3f '3fare strong currents on the use of 40A (specimen II) that is equal to 226 kg/mm², the maximum tensile strength occurs in the test specimen II (40A) of 698 N/mm². This is because the microstructure of the HAZ in the test specimen II (40A) of austenite the least discovery of chromium carbide precipitation compared to the microstructure of the HAZ specimen I (30A) and III specimens (50A).

Key words: microstructure of the HAZ, stainless steel

PENDAHULUAN

Latar belakang pemelitian ini adalah bahwa dalam proses pengelasan yaitu proses penyambungan dua material atau lebih dengan karakteristik material logam induk yang sama ataupun material logam induk yang berbeda, terdapat banyak faktor yang harus dipertimbangkan. Dalam merencanakan sebuah sambungan las beberapa faktor yang harus diketahui di antaranya faktor ekonomik, kekuatan sambungan dan kemampuan juru las untuk mengerjakannya. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi kualitas sambungan las yang terbentuk.

Untuk mendapatkan sambungan las yang berkualitas baik, perhitungan panas masuk pada proses pengelasan merupakan salah satu hal yang harus dikaji dengan seksama. Hal itu dilakukan dengan tujuan untuk menghindari terjadinya cacat las yang pada akhirnya akan menurunkan kekuatan dari sambungan las itu sendiri.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengelasan baja tahan karat AISI 304 sebagai material logam utama. Biasanya baja tahan karat AISI 304 sering digunakan untuk menyambung komponen-komponen menjadi satu konstruksi, hal ini dikarenakan baja tahan karat AISI 304 memiliki kelebihan antara lain keuletan yang baik pada suhu yang relatif rendah dan resistansi yang tinggi terhadap lingkungan yang korosif. Pengelasan dilakukan pada arus masuk (I) 30A, 40A, dan 50A dengan las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), untuk membuktikan berapa besarnya arus listrik masuk (I) yang efektif dalam pengelasan baja tahan karat AISI 304 dan untuk membuktikan adanya efek dari besarnya arus listrik masuk (I) terhadap kualitas sambungan las yang terbentuk. Selanjutnya akan diuji karakterisasinya dengan pengujian *Metallografi, Tensile Strength* dan *Vickers Hardness Test*.

Pada penelitian ini yang menjadi pokok permasalahan

adalah pengelasan baja tahan karat AISI 304 dengan las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) pada arus listrik masuk (I) 30A, 40A, dan 50A untuk mengetahui berapa besarnya arus listrik masuk (I) yang efektif. Kemudian dilakukan pengujian Metallografi untuk mengetahui struktur mikro dan cacat las yang terbentuk. Selanjutnya sambungan las baja tahan karat AISI 304 tersebut diuji karakterisasi mekaniknya dengan *Tensile Strength Test* dan *Vickers Hardness Test*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi arus pengelasan pada sambungan las baja tahan karat AISI 304 terhadap: (1) Sifat mekanik (kekerasan dan kekuatan tarik) pada baja tahan karat AISI 304, (2) Struktur mikro pada baja tahan karat AISI 304

PEMBAHASAN

Baja Paduan

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi (Fe), karbon (C), dan unsur paduan lainnya. Unsur karbon (C) merupakan salah satu unsur yang terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja paduan merupakan baja yang dipadu dengan unsur lain seperti ; Nikel (Ni), Silikon (Si), Molybdenum (Mo), Mangan (Mn), Krom (Cr) dengan tujuan untuk meningkatkan sifat dan karakterisasi mekanik dari baja tersebut. Oleh karena dipadu, sifat dan karakterisasinya pun tergantung pada unsur paduan dan komposisinya. Misalnya; untuk mendapatkan resistansi yang baik terhadap korosi, baja dapat dipadu dengan unsur Krom (Cr) dan sering disebut dengan baja tahan karat. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang dan sebagainya, hal tersebut yang mendorong terciptanya teori paduan baru pada baja.

Baja Tahan Karat

Baja tahan karat (*Stainless Steel*) adalah merupakan baja paduan dengan kadar paduan tinggi (*high alloy steel*), dengan sifat istimewa yaitu tahan terhadap korosi dan temperatur tinggi. Sifat tahan korosinya diperoleh dari lapisan oksida (terutama Krom) yang sangat stabil yang

melekat pada permukaan dan melindungi baja terhadap lingkungan yang korosif. Efek perlindungan oksida Krom tidak efektif pada baja paduan dengan kadar Krom rendah, efek ini mulai nampak pada kadar Krom di atas 11 %.

Baja tahan karat termasuk dalam baja paduan yang tahan terhadap korosi, suhu tinggi dan suhu rendah. Di samping itu juga mempunyai ketangguhan dan sifat mampu potong yang cukup. Karena sifatnya, maka baja ini banyak digunakan dalam reaktor atom, turbin dan lain sebagainya. secara garis besar baja tahan karat dapat dikelompokkan dalam tiga jenis yaitu; baja tahan karat Martensit, baja tahan karat Ferit dan baja tahan karat Austenit.

Pengelasan Baja Tahan Karat

Pengelasan dengan elektroda terbungkus, las MIG (*Metal Inert Gas*) dan las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) adalah cara yang banyak digunakan dalam pengelasan baja tahan karat pada saat ini. Oleh karena baja tahan karat adalah baja paduan tinggi, maka jelas bahwa kualitas sambungan lasnya sangat dipengaruhi dan menjadi getas oleh panas atmosfer pengelasan. Baja tahan karat austenit mempunyai sifat mampu las yang lebih baik bila dibandingkan dengan baja tahan karat jenis ferit dan martensit. Walaupun demikian pada pendinginan yang lambat dari 680°C ke 480°C akan terbentuk karbida Krom yang mengendap di antara butir. Endapan ini terjadi pada suhu sekitar 650°C dan menyebabkan penurunan sifat tahan karat dan sifat mekaniknya.

Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas (HAZ)

Struktur, kekerasan dan berlangsungnya transformasi dari daerah HAZ dapat dibaca dengan segera pada diagram transformasi pendinginan berlanjut atau diagram CCT. Diagram semacam ini dapat digunakan untuk membahas pengaruh struktur terhadap retak las, keuletan dan lain sebagainya, yang kemudian dapat dipakai untuk menentukan prosedur dan cara pengelasan.

Biasanya diagram transformasi pendinginan berlanjut menunjukkan juga kekerasan yang akan di miliki oleh baja setelah mendingin mengikuti suatu siklus termal tertentu. Karena itu dengan mengukur waktu pendinginan dari 800C sampai 500C dan menggabungkan dengan

diagram CCT dari baja yang sama, maka struktur dan kekerasan baja pada daerah HAZ sudah dapat ditentukan. **Pengujian Metallografi;** Metallografi merupakan salah satu disiplin ilmu logam yang mempelajari keadaan susunan struktur mikro bahan logam, hubungan antara struktur mikro dan sifat-sifat bahan logam serta paduannya dengan menggunakan peralatan mikroskop. Keadaan struktur mikro maupun adanya cacat atau penyimpangan pada struktur mempunyai pengaruh terhadap sifat mekanis (seperti sifat kekerasan, keuletan dan lain sebagainya).

Pengujian Kekerasan (Vickers Hardness Test); Kekerasan suatu bahan saat ini adalah peristilahan yang kabur, yang mempunyai banyak arti tergantung pengalaman pihak-pihak yang terlibat. Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi plastik atau perubahan bentuk permanen. Pada penelitian ini, pengujian kekerasan dilakukan dengan metoda *Vickers*. Metoda *Vickers* dapat digunakan untuk bahan yang sangat keras, bahan yang sangat tipis dan pengukuran kekerasannya lebih teliti. Prinsip pengujian ini adalah memberikan bahan dengan menekan benda uji. HV dapat ditentukan dengan persamaan :

$$HV = \frac{2P \sin (0/2)}{d^2} = \frac{1,854 \times P}{d^2} \quad [\text{kg/mm}^2] *$$

Di mana :

P = Beban yang digunakan (kg)

d = Panjang diagonal rata-rata

Pengujian Tarik (Tensile Strength Test); Uji tarik merupakan uji pengujian yang terpenting dalam pengujian statis. Penarikan dilakukan dengan diberi beban maksimum sampai benda uji putus. Sifat-sifat mekanis yang diharapkan dari pengujian ini adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh, regangan dan harga modulus elastisitas **Material Logam Utama;** Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja tahan karat AISI 304 dengan komposisi kimia, kekuatan tarik, kekuatan luluh dan kekerasan seperti yang tercantum dalam tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 Komposisi kimia baja tahan karat AISI 304

C max	Mn max	Si max	Cr	Ni
0,08%	2,00%	1,00%	18,00-20,00%	8,00-12,00%

Tabel 2 Karakterisasi baja tahan karat AISI 304

Kekuatan tarik	(kg/mm ²)	≥ 53
Kekuatan luluh	(kg/mm ²)	≥ 21
Kekerasan	(kg/mm ²)	≤ 140

Pengujian Kekerasan (Vickers Hardness Test)

Dari pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* didapatkan data-data seperti tabel 3.berikut ini:

Tabel 3. Hasil perhitungan uji kekerasan dengan kuat arus 30A

Nomor Jejak	d (mm)	Kekerasan (kg/mm ²)	Keterangan
1	0,1386	193	Weld Metal
2	0,1350	203	
3	0,1323	212	
4	0,1320	213	
5	0,1302	219	HAZ
6	0,1292	222	
7	0,1280	226	
8	0,1270	230	Base Metal
9	0,1286	224	

Tabel 4 Hasil perhitungan uji kekerasan dengan kuat arus 40A

Nomor Jejak	d (mm)	Kekerasan (kg/mm ²)	Keterangan
1	0,1313	215	Weld Metal
2	0,1313	215	
3	0,1300	219	
4	0,1290	223	
5	0,1272	229	HAZ
6	0,1268	231	
7	0,1255	235	
8	0,1253	236	Base Metal
9	0,1273	229	

Tabel 5 Hasil perhitungan uji kekerasan dengan kuat arus 50A

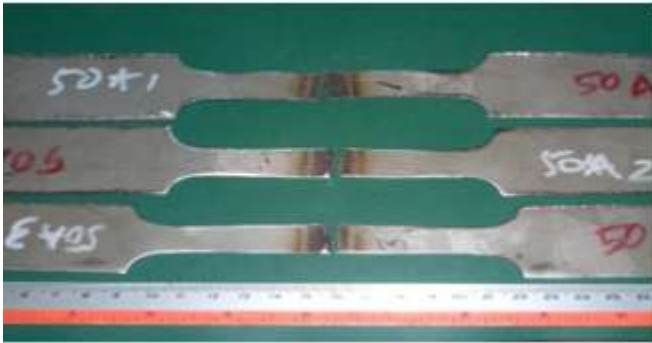
Nomor Jejak	d (mm)	Kekerasan (kg/mm ²)	Keterangan
1	0,1302	219	Weld Metal
2	0,1330	210	
3	0,1323	212	
4	0,1310	216	
5	0,1310	216	HAZ
6	0,1260	234	
7	0,1253	236	
8	0,1260	234	Base Metal
9	0,1273	229	

Tabel 6. Nilai Rata-rata Kekerasan

No	Kuat arus	Nilai rata-rata kekerasan (kg/mm ²)
1	30 A	216
2	40 A	226
3	50 A	223

Pengujian Tarik (Tensile Strength Test); Untuk keperluan pengujian dibutuhkan benda uji tarik dengan dimensi-dimensi sesuai standar yang ditetapkan. Dimensi benda uji yang digunakan untuk pengujian ini berdasarkan standar JIS G 3101 dengan jumlah benda uji untuk setiap

parameter uji.



Gambar 1. Benda Uji Tarik

Batang uji tarik dipasang pada mesin tarik, dijepit dengan pencengkram pada ujung-ujungnya dan ditarik ke arah memanjang secara perlahan-lahan seperti pada gambar 1. Selama penarikan setiap saat dicatat / tercatat dengan grafik yang tersedia pada mesin tarik, besarnya gaya tarik yang bekerja dan besarnya pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat dari gaya tarik tersebut. Pemeriksaan berlangsung terus sampai batang uji putus. Setelah pengujian dilaksanakan maka dilakukan perhitungan sesuai dengan apa yang tercantum pada pengujian ini.

Dari pengujian tarik didapatkan data-data pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Data-data hasil uji tarik

No	Dimensi		A ₀ [mm ²]	F _u [KN]	L ₀ [mm]	L _f [mm]	Kode
	Lebar	Tebal					
1	15,02	0,73	10,96	7,15	80	87,75	30 A
2	14,70	0,86	12,64	8,10	80	94,85	
3	14,82	0,82	12,15	8,10	80	86,90	
1	15,12	0,82	12,40	9,00	80	101,60	40 A
2	15,06	0,86	12,95	8,80	80	99,10	
3	15,10	0,74	11,17	7,70	80	87,30	
1	15,30	0,80	12,24	7,40	80	87,10	50 A
2	15,09	0,81	12,22	7,50	80	90,35	
3	15,47	0,75	11,60	9,30	80	99,55	

Tabel 8. Hasil perhitungan uji tarik dengan kuat arus 30 A

N o	A ₀ [mm ²]	F _u [KN]	σ _u [N/mm ²]	ε [%]
1	10,96	7,15	652	9,69
2	12,64	8,10	641	18,56
3	12,15	8,10	667	8,62
Rata-rata			653	12,29

Tabel 9. Hasil perhitungan uji tarik dengan kuat arus 40 A

N o	A ₀ [mm ²]	F _u [KN]	σ _u [N/mm ²]	ε [%]
1	12,40	9,00	726	27
2	12,95	8,80	679	23,87
3	11,17	7,70	689	9,12
Rata-rata			698	20

Tabel 10. Hasil perhitungan uji tarik dengan kuat arus 50 A

N o	A ₀ [mm ²]	F _u [KN]	σ _u [N/mm ²]	ε [%]
1	12,24	7,40	605	8,87
2	12,22	7,50	614	12,94
3	11,60	9,30	802	24,44
Rata-rata			674	15,42

Tabel 11. Nilai Rata-rata Kekuatan Tarik dan Regangan

Kuat Arus [Ampere]	σ _u [N/mm ²]	ε [%]
30	653	12,29
40	698	20
50	674	15,42

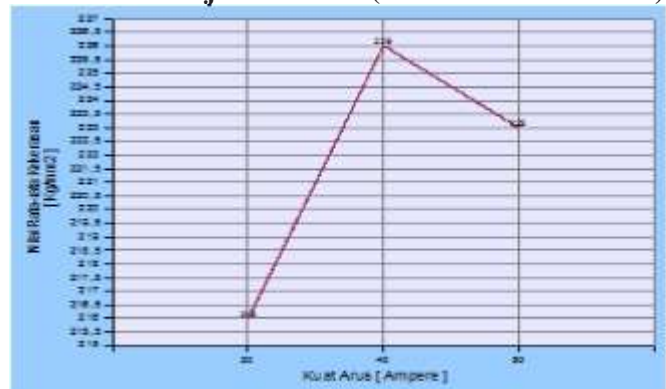
Hasil dan Pembahasan

Analisis Pengujian Metallografi

Pada pengamatan Metallografi dari base metal ketiga spesimen uji (30A, 40A dan 50A) struktur berupa austenit. Dan pada daerah *Heat Affective Zone* (HAZ) dari ketiga spesimen uji (30A, 40A dan 50A) strukturnya berupa butiran austenit yang relatif lebih besar dibandingkan dengan butiran awal dan sedikit perpanjangan dendrit, karena butiran austenit yang lebih besar maka dapat dipastikan kekuatan dan ketangguhan pada daerah HAZ lebih kecil dibandingkan dengan Kekuatan dan ketangguhan pada daerah base metal.

Selain itu, pada daerah HAZ ditemukan endapan-endapan karbid krom pada batas butir, spesimen uji 30A paling banyak endapan karbid krom, yang paling sedikit adalah spesimen 40A. Makin banyak endapan karbid krom yang terjadi maka makin besar penurunan sifat tahan karat dan sifat mekaniknya. Sedangkan mikrostruktur dari weld metal pada masing-masing spesimen benda uji berupa struktur dendrit austenit.

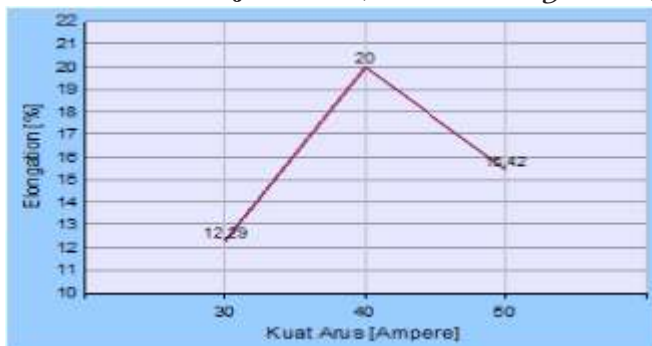
Analisis Hasil Uji Kekerasan (Vickers Hardness Test)



Gambar 2. Hubungan nilai kekerasan dengan kuat arus

Dari gambar 2 di atas menunjukkan bahwa hasil uji kekerasan dari benda uji yang telah mengalami proses pengelasan dengan tiga variabel kuat arus (30A, 40A dan 50A), terlihat nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada benda uji dengan variabel kuat arus 40 A, dengan nilai kekerasan 226 kg/mm². Harga nilai kekerasan naik dari penggunaan kuat arus 30A ke 40A dan kemudian turun lagi sampai ke penggunaan kuat arus 50A.

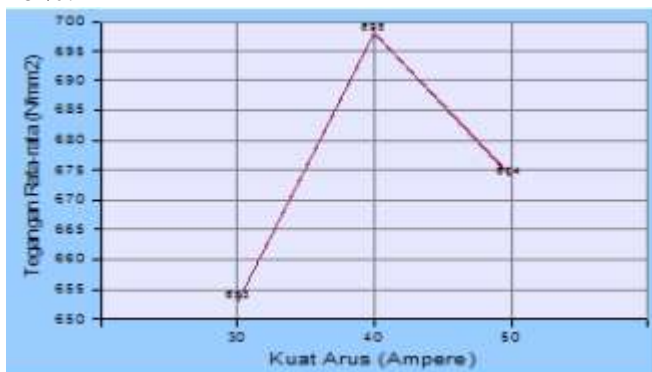
Analisis Hasil Uji Tarik (*Tensile Strength Test*)



Gambar 3. Hubungan kuat arus dengan regangan rata-rata

Dari gambar 3 di atas menunjukkan bahwa hasil uji tarik dari benda uji yang telah mengalami proses pengelasan dengan tiga variabel kuat arus (30A, 40A dan 50A), kekuatan tarik tertinggi terjadi pada benda uji yang mengalami proses pengelasan dengan kuat arus 40 A, dengan tegangan maksimum 698 N/mm².

Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan menunjukkan bahwa semua benda uji patah di daerah HAZ. Hal ini terjadi karena bagian HAZ merupakan bagian terlemah dari sambungan las, bisa dikatakan bahwa proses pengelasan yang dilakukan berhasil. Sedangkan pada gambar 3 terlihat bahwa keuletan tertinggi terjadi pada sambungan las dengan besar kuat arus 40 A yaitu sebesar 20 %.



Gambar 4. Hubungan kuat arus dengan tegangan rata-rata

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pada pengamatan metallografi mikrostruktur dari base metal plat berupa struktur austenit. Dan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) strukturnya berupa austenit tetapi lebih besar dibandingkan dengan butiran awal. Sedangkan struktur mikro dari weld metal berupa austenit yang berbentuk dendrit.

2. Nilai kekerasan pada benda uji I (30A) adalah 216 kg/mm², pada benda uji II (40A) sebesar 226 kg/mm², sedangkan nilai kekerasan pada benda uji III (50A) adalah sebesar 223 kg/mm².

3. Dari pengujian tarik yang dilakukan terhadap benda uji yang telah mengalami proses pengelasan dengan tiga variabel kuat arus yaitu: 30A, 40A dan 50A menunjukkan bahwa semua benda uji putus di daerah HAZ. Hal ini terjadi karena daerah tersebut merupakan daerah terlemah, jadi proses pengelasan bisa dikatakan berhasil.

4. Kekuatan tarik maksimum pada benda uji I (30A) sebesar 653 N/mm², benda uji II (40A) sebesar 698 N/mm², sedangkan pada benda uji III (50A) sebesar 674 N/mm². Kekuatan tarik maksimum terjadi pada benda uji II dengan kuat arus 40A.

DAFTAR PUSTAKA

- Davies, A. C, *The Science and Practice of Welding*, Volume 1, Cambridge University press, Cambridge, 1984.
- Davies, A. C, *The Science and Practice of Welding*, Volume 2, Cambridge university press, Cambridge, 1984.
- Litle, Ricard, *Welding and Welding Technology*, Tata Mcgraw-hill, New Delhi, 1982.
- Manghnani, Tahil, *Welding Engineering*, Khanna publishers, Delhi, 1985.
- Sabo, Richard, *The procedure Handbook of Arc Welding*, Lincoln electric company, Ohio, 1973.
- Schonmetz, Alois, *Pengerjaan Logam Dengan Perkakas Tangan dan Mesin Sederhana*, Angkasa, Bandung, 1977.
- Sonawan, Hery, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, Alfabeta, Bandung, 2004.
- Sriati Djaprie, *Teknologi Mekanik*, Erlangga, Jakarta, 1991.
- Sriati Djaprie, *Metalurgi Mekanik*, Gelora Aksara Pratama, Jakarta, 1991.
- Udin, Harry, *Welding for Engineers*, John Wiley & Son, New York, 1954.
- Wiryosumarto, harsono, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya paramita, Jakarta, 2000.
- Sutaryono. 2004. Karakteristik Sambungan Las Antara Baja Karbon Rendah AISI 1010 Dengan Baja Tahan Karat Austenitik AISI 316L. Skripsi S1 Teknik Mesin FT. UNS. Surakarta.