

PENGARUH POLA GERAKAN ELEKTRODE DAN POSISI PENGELASAN TERHADAP KEKERASAN HASIL LAS PADA BAJA ST60

Oleh:

Achmad Nurul Qomari, Solichin, Prihanto Tri Hutomo
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
Email: achmad_qomari@yahoo.com

Abstraks. Tujuan penelien ini untuk mengetahui (1) pengaruh pola gerakan elektroda terhadap kekerasan hasil lasan pada baja ST 60, (2) pengaruh posisi pengelasan terhadap hasil kekerasan hasil lasan pada baja ST 60, (3) pengaruh pola gerakan elektroda dan posisi pengelasan terhadap kekerasan hasil lasan pada baja ST 60, (4) Pola gerakan elektroda dan posisi pengelasan yang dapat menghasilkan kekerasan hasil las paling baik pada baja ST 60. Data dikumpulkan dengan menguji kekerasan material hasil las dengan pengujian Vickers, selanjutnya dilakukan analisis varian ganda. Hasil penelitian adalah: (1) pola gerakan elektroda memberikan pengaruh pada hasil kekerasan, dimana pola U memberikan hasil kekerasan lebih besar daripada pola melingkar dan pola zig-zag pada pengelasan baja ST 60, (2) posisi pengelasan memberikan pengaruh yang nyata pada hasil kekerasan, dimana posisi 3G memberikan hasil kekerasan lebih besar daripada posisi 1G dan 2G pada pengelasan baja ST 60, (3) pola gerakan elektroda dan posisi pengelasan memberikan pengaruh pada hasil kekerasan hasil las pada baja ST 60, (4) nilai kekerasan Vickers tertinggi rata-rata adalah 284,9 VHN terdapat pada posisi pengelasan 3G dengan pola gerakan U, sedangkan nilai kekerasan terendah rata-rata adalah 203,33 VHN terdapat pada posisi 1G dengan pola gerakan melingkar.

Kata kunci: pola gerakan elektroda, posisi pengelasan, kekerasan hasil las, *Heat Affected Zone (HAZ)*

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan produksi logam.

Pada proses penyambungan logam, sering sekali dilakukan dengan posisi tertentu untuk mengikuti perencanaan serta perancangan kontruksi yang akan dilas. Pada pengaplikasiannya dalam kehidupan sehari-hari sering kita menemukan pengelasan yang dilakukan pada lantai, dinding maupun langit-langit kontruksi.

Dari beberapa keadaan tersebut, maka dalam pengelasan ada penggolongan posisi dalam pengelasan. Posisi pengelasan tersebut adalah 1F, 1G, 2F, 2G, 3F, 3G, 4F, 4G, pipa 1G, pipa 2G, pipa 5G, pipa 6G. Dari penggolongan tersebut pada dasarnya posisi pengelasan secara garis besar digolongkan pada posisi *down hand*, *horizontal*, *vertical*, dan *over head*. Terlebih lagi pada proses pengelasan berkelanjutan yaitu suatu kontruksi memerlukan pengelasan yang berurutan yang cepat dengan posisi yang berbeda-beda. Dengan adanya keharusan posisi tersebut, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap

kekuatan dan kekerasan hasil lasan (Cary , 1980: 45).

Di lapangan, pola pergerakan elektroda sering didasari oleh pribadi juru las (berdasarkan selera maupun kenyamanan) tanpa memperhatikan hasil kekuatan mekanik hasil lasan. Salah satu dari sifat mekanik yang penting adalah kekerasan hasil las.

Pengelasan menggunakan energi panas untuk menyambung dua buah logam atau lebih. Karena proses ini, logam pada sekitar lasan akan mengalami siklus termal yang cepat yang menyebabkan siklus metalurgi yang rumit, deformasi, dan tegangan termal. Hal ini sangat erat hubungannya dengan beberapa sifat mekanik seperti ketangguhan, cacat las, retak dan lain sebagainya yang pada umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan konstruksi yang dilas (Wiryosumarto, 1987:43).

Ketiga hal tersebut yang melatarbelakangi peneliti untuk melakukan penelitian yang berjudul “ Pengaruh Pola Gerakan Elektrode dan Posisi Pengelasan terhadap Kekerasan Hasil Las pada Baja ST 60 “.

METODE

Penelitian ini termasuk penelitian dengan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengetahui pengaruh posisi penge-

lasan dan pola gerakan elektroda terhadap kekerasan hasil las pada baja ST 60.

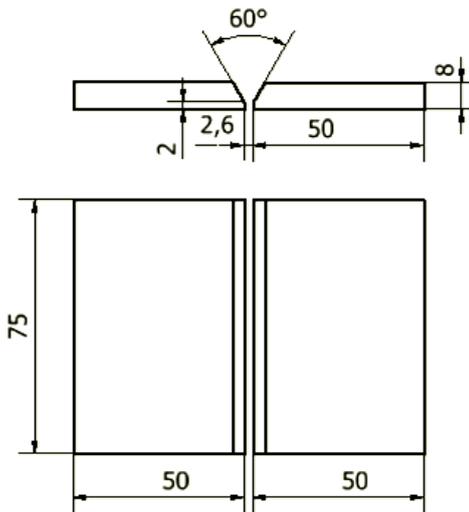
Penelitian ini berupa eksperimen, dimaksudkan untuk memperoleh deskripsi tentang kecenderungan perubahan kekerasan yang dialami baja ST 60 dari beberapa variasi posisi pengelasan dan pola gerakan elektroda. Data kekerasan diukur 3 kali pada tiap spesimen pada tempat yang berbeda.

Rancangan yang digunakan yakni 3 variasi posisi pengelasan dan 3 variasi pola gerakan elektroda. Jadi, ada 27 data kekerasan yang akan didapatkan dari hasil pengujian. Rancangan ini digambarkan pada tabel 1.

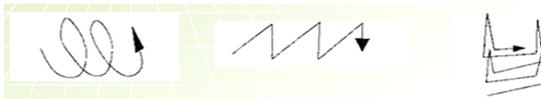
Spesifikasi benda uji dan parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) Bahan yang digunakan adalah baja ST 60. (2) Dimensi plat 8 mm x 50 mm x 75 mm. (3) Elektroda yang digunakan adalah jenis E7016 dengan diameter 2,6 mm. (4) Posisi pengelasan pada proses pengelasan adalah 1G, 2G, dan 3G. (5) Pola gerakan elektroda yang digunakan adalah pola gerakan melingkar, pola U, dan pola zig-zag. (6) Arus pengelasan yang digunakan adalah 90A. (7) Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah (*gap*) plat 2,6 mm, tinggi akar (*root*) 2 mm dan sudut kampuh 60°.

Tabel 1 Rancangan Penelitian

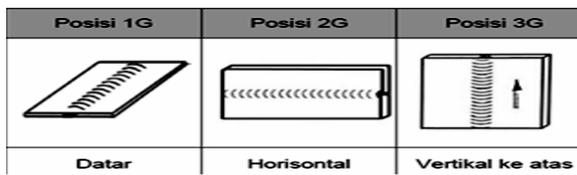
Pola Gerakan Elektroda / Posisi Pengelasan	Pola Melingkar	Pola Zig-zag	Pola U
	<i>Down Hand (1G)</i>	X ₁₁	X ₂₁
X ₁₂		X ₂₂	X ₃₂
X ₁₃		X ₂₃	X ₃₃
<i>Horizontal (2G)</i>	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁
	Y ₁₂	Y ₂₃	Y ₃₂
	Y ₁₃	Y ₃₃	Y ₃₃
<i>Vertical (3G)</i>	Z ₁₁	Z ₂₁	Z ₃₁
	Z ₁₂	Z ₂₂	Z ₃₂
	Z ₁₃	Z ₂₃	Z ₃₃



Gambar 1 Dimensi Spesimen



Gambar 2 Pola Gerakan Elektroda Melingkar, Pola Zig-zag, dan Pola U



Gambar 3 Posisi Pengelasan 1G, 2G, dan 3G

Prosedur pengujian bahan: (a) Material dipotong dengan mesin gergaji sepanjang ±15 mm dari ujung lasan dari bagian ekor lasan. Bagian ekor lasan dipilih karena mendapatkan panas yang cukup dan struktur logam yang homogen daripada ujung kepala lasan. (b) Bahan uji diratakan kedua permukaannya dengan menggunakan mesin frais, dalam pendinginan harus selalu terjaga agar tidak timbul panas yang mempengaruhi sifat

mekaniknya. (c) Setelah rata dilakukan pengamplasan dengan mesin amplas hingga halus dan rata. (d) Bahan yang halus dan rata itu diberi autosol untuk membersihkan noda yang menempel pada bahan. (e) Prosedur pengetsaan makro adalah dengan mempersiapkan larutan HNO₃ sebanyak 25% dan alkohol 95%. Material dicelupkan pada larutan tersebut selama 3 menit, dilap dengan tisu dan dikeringkan, maka akan tampak pembagian daerah lasan yakni logam las, logam dasar dan daerah HAZ. (f) Sket dengan spidol hitam batas-batas daerah las.

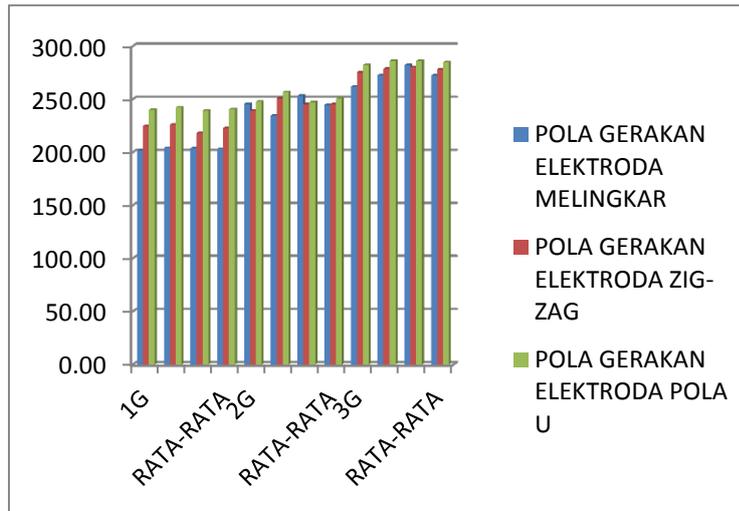
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kekerasan

Hasil kekerasan dengan variasi pola gerakan elektroda dan posisi pengelasan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Kekerasan Vickers dengan Variasi Posisi dan Pola Gerakan Elektroda

Posisi	Pola Gerakan Elektroda		
	Melingkar	Zig-Zag	Pola U
1G	201.80	224.80	240.10
	204.20	226.10	242.30
	204.00	218.00	239.30
Rata-Rata	203.33	222.97	240.57
2G	245.50	239.30	247.80
	234.80	250.90	256.80
	253.30	245.50	247.30
Rata-Rata	244.53	245.23	250.63
3G	262.00	275.40	282.30
	272.80	279.00	286.20
	282.30	280.30	286.20
Rata-Rata	272.37	278.23	284.90



Gambar 4 Pola Pergerakan Elektroda

Posisi pengelasan 1G memiliki rata-rata kekerasan yang paling rendah pada semua pola gerakan elektroda, yakni 203,33 VHN (pola melingkar), 222,97 VHN (pola zig-zag), 240,97 VHN (pola U).

Rata-rata kekerasan hasil las posisi 2G pada hasil percobaan berada diantara posisi 1G dan 3G yakni 244,53 VHN (pola melingkar), 245,53 VHN (pola zig-zag), dan 250,53 VHN (pola U). Pada posisi 2G, layer terakhir dilakukan 3 kali pengelasan.

Rata-rata kekerasan hasil las posisi 3G pada hasil percobaan adalah yang tertinggi daripada kedua posisi lain yakni 272,37 VHN (pola melingkar), 278,23 VHN (pola zig-zag), dan 284,90 VHN (pola U).

Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan dapat diartikan sebagai posisi seorang juru las terhadap benda yang dilas (Sunaryo, 2008:97). Posisi 1G merupakan posisi yang paling mudah dalam melakukan pengelasan, dimana posisi benda kerja berada di bawah juru las. Dari kemudahan itu, juru las berusaha agar sebisa mungkin semua pengelasan dilakukan dengan posisi ini. Dengan kemudahan ini, hasil pengelasan pada posisi 1G cenderung

lebih baik daripada posisi pengelasan lainnya dari segi visual, tetapi belum tentu lebih baik dari segi sifat mekanik. Cacat las yang tampak secara visual (mata telanjang) hampir tidak ada. Nyaris tidak ditemukan adanya takikan pada celah *bead*, tumpukan alur akibat

penggantian elektroda yang salah, maupun percikan elektroda pada samping lasan akibat arus terlalu besar. Penembusan juga relatif baik dengan meratanya logam las yang menembus celah alur.

Posisi 2G adalah posisi dimana posisi benda kerja yang horizontal terhadap juru las. Untuk melakukan pengelasan, elektroda digerakkan secara horizontal. Posisi ini sangat dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang menyebabkan melubernya logam cair ke bawah, sehingga teknik pengelasannya berbeda dengan yang lain. Untuk mengatasi melubernya logam cair itu, pengelasannya dilakukan secara bertumpuk, begitu juga pada pengelasan pada penelitian ini. Pada hasil lasan yang telah dilakukan, terdapat 3 tingkat logam lasan yang saling menumpuk. Tumpukan logam itu bertujuan agar saling tindih dan mengurangi peluberan logam cair akibat gaya gravitasi. Karena *layer* pada

akhir lasan posisi 2G harus dilas beberapa kali, maka panas yang masuk relatif lebih besar dibanding posisi yang lain. Besar panas yang masuk akan mempengaruhi sifat mekanis dan struktur mikro lasan.

Posisi 3G adalah posisi benda kerja berada pada depan juru las, dengan cara menggerakkan elektroda dari bawah ke atas (*vertical up*) atau atas ke bawah (*vertical down*). Posisi ini menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi daripada posisi 1G dan 2G. Secara visual, hasil pegelasan posisi 3G hampir sama dengan posisi 1G.

Dari kajian literatur disebutkan bahwa posisi pengelasan dapat memberikan hasil berbeda terhadap kekuatan dan kekerasan hasil lasan (Cary, 1980: 45). Teori tersebut dapat dibuktikan dengan penelitian ini dimana dari variasi posisi yang diperlakukan, posisi 3G memberikan kekerasan yang paling tinggi dan posisi 1G memberikan kekerasan yang paling rendah.

Rentang arus las yang tepat ditentukan berdasarkan ketebalan logam induk, macam-macam dan diameter elektrode las, macam-macam sambungan, dan posisi pengelasan. Nilai-nilai standar dari parameter-parameter tersebut disediakan dalam katalog-katalog untuk elektrode las dan dalam buku-buku petunjuk untuk pemesinan las. Pada umumnya, pengelasan posisi datar menggunakan arus yang relatif tinggi. Arus untuk pengelasan posisi vertikal lebih rendah 20% sampai 30%, dan arus untuk pengelasan posisi diatas kepala (*overhead*) lebih rendah 10% sampai 20% dari arus untuk pengelasan posisi datar (Sunaryo, 2004: 254). Penelitian ini menggunakan arus pengelasan dan tebal plat yang sama pada semua variasi posisi. Dari kesamaan arus ini, maka akan mengakibatkan perbedaan hasil kekerasan dimana posisi 3G lebih keras daripada posisi 1G.

Pola Gerakan Elektroda

Pada posisi 1G dengan pola gerakan melingkar, pola zig-zag, dan pola U memberi pengaruh kekerasan dengan meningkatnya nilai kekerasan dengan nilai kekerasan terendah 203,33 VHN (1G melingkar) dan nilai kekerasan rata-rata tertinggi 240,56 VHN (1G pola U). Pada posisi 2G, pola gerakan memberi sedikit peningkatan nilai kekerasan dengan nilai kekerasan terendah 244,6 VHN (2G melingkar) dan nilai kekerasan rata-rata tertinggi 250,6 VHN (2G pola U). Pada posisi 3G, pola gerakan memberi sedikit peningkatan nilai kekerasan dengan nilai kekerasan terendah 272,36 VHN (2G melingkar) dan nilai kekerasan rata-rata tertinggi 284,9 VHN (2G pola U).

Dari berbagai posisi pengelasan, pola U memberikan hasil kekerasan yang paling tinggi dari pada pola gerakan zig-zag dan pola gerakan melingkar. Hal ini disebabkan karena pola gerakan U memberikan bidang kontak dengan *base metal* yang lebih besar daripada pola gerakan zig-zag. Demikian pula pola zig-zag mempunyai bidang kontak yang lebih besar daripada pola gerakan elektroda melingkar. Perbedaan besar bidang kontak itu memberikan pengaruh pada kecepatan las. Semakin kecil kecepatan las/ *travel speed* (mm/min) maka *heat input* (KJ/mm) akan semakin besar, sehingga laju pendinginan semakin besar dan membuat tingkat kekerasan logam semakin tinggi (Jokosisworo, 2006:67). Wiryosumarto (1981: 121) juga menjelaskan bahwa daerah HAZ logam dasar yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal yaitu pemanasan $\pm 900^{\circ}$ sampai $\pm 1300^{\circ}\text{C}$ dan pendinginan. Setelah proses pemanasan dan mengalami pendinginan, besi-gamma atau austenit mulai bertransformasi menjadi besi-alpha atau ferrit, dimana ferrit memiliki daya

larut karbon yang sangat sedikit mengendap terus di sepanjang batas-batas butir austenit yang terjadi pada suhu dibawah A3 dan proses berlanjut sampai pada temperatur A1, pada temperatur di bawah A1 austenit akan bertransformasi menjadi perlit dan berakhir pada temperatur sekitar pada $500 \pm ^\circ \text{C}$, dibawah temperatur 500°C austenit akan bertransformasi menjadi bainit dan berakhir pada temperatur $\pm 300^\circ \text{C}$, selanjutnya pada temperatur di bawah 300°C sisa austenit akan bertransformasi menjadi martensit. Sehingga diperkirakan struktur akhir yang terbentuk adalah ferrit, perlit, bainit dan martensit. Struktur ini mempunyai kekerasan yang cukup baik, kemudian dengan meningkatnya persentase kandungan perlit dibandingkan dengan ferrit akibat meningkatnya masukan panas las akan menaikkan sifat kekerasan suatu bahan. Disini gerakan pola U memberi masukan panas lebih besar dari pola melingkar dan zig-zag. Dengan meningkatnya panas pengelasan, maka laju pendinginan menjadi besar sehingga struktur mikro yang terbentuk lebih keras. Pada semua posisi pengelasan yang dilakukan, pola gerakan elektroda U mempunyai nilai kekerasan yang tinggi, ini disebabkan karena bidang kontak dari ujung elektroda ke logam induk lebih besar sehingga temperatur puncak daerah HAZ lebih tinggi, akibatnya laju pendinginan lebih besar

sehingga struktur mikro yang dihasilkan lebih keras dan getas.

Kekerasan Daerah HAZ

Daerah logam induk yang terkena pengaruh panas pengelasan disebut daerah Heat Affected Zone (HAZ). Pada daerah HAZ ini terjadi kecenderungan kekerasan yang tinggi dan keuletan yang rendah. Untuk mengurangi kecenderungan ini dilakukan perlakuan panas yang disebut dengan pemanasan awal (*pre heat*) (Jokosisworo, 2006:67).

Dengan memanaskan logam induk sebelum dilas pada temperatur $150 - 700 \text{ F}$ ($65 - 370 \text{ C}$), kecepatan pendinginan (*cooling rate*) akan menurun. Dengan melambatnya pendinginan terbentuknya struktur martensit dapat dihindari, akan terbentuk struktur bainit atau ferit – perlit yang lebih lunak tetapi lebih ulet, sehingga mengurangi kecenderungan pecah pada las dan daerah HAZ. Faktor lain yang mempengaruhi kecepatan pendinginan adalah masukan panas (*heat input*), semakin banyak masukan panas maka kecepatan pendinginan turun. Hal tersebut diatasi dengan menggunakan diameter elektroda yang kecil, arus yang lebih rendah dan kecepatan pengelasan (*traveling speed*) yang lebih tinggi, dengan kata lain masukan panas yang lebih kecil.

Tabel 3 Interaksi antara Posisi Pengelasan dan Pola Gerakan Elektroda

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Fhit	Ftabel (5%)
A	2	14296,12	7148.06	224.71	6.01
B	2	1562,55	781.27	24.56	6.01
AB	4	821,81	205.45	6.46	4.58
Galat	18	572,65	31.81		
Total	26	17253,13	-		

Dari analisis varian ganda, memang terdapat pengaruh antara interaksi posisi pengelasan dan pola gerakan elektroda terhadap kekerasan baja ST 60. Dengan $F_{hitung} (6,46) > F_{tabel} (4,58)$. Pengaruh itu tidak sebesar pengaruh posisi maupun pola gerakan elektroda terhadap kekerasan hasil las.

Dari hasil dua variabel bebas ini dapat diambil kesimpulan yang dapat dipakai rujukan sebagai prosedur pengelasan untuk mendapatkan hasil lasan dengan sifat mekanis yang diinginkan. Untuk posisi 1G, hasil yang lebih getas dan keras dapat dilakukan dengan pola gerakan U, untuk hasil yang lebih lunak/ulet, dapat dilakukan dengan pola melingkar. Perilaku ini juga berlaku untuk posisi 2G dan 3G.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian dan analisa dari penelitian pengaruh posisi pengelasan dan pola gerakan elektroda terhadap kekerasan hasil pengelasan pada baja ST 60 yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1) pola gerakan elektroda memberikan pengaruh pada hasil kekerasan, dimana pola U memberikan hasil kekerasan lebih besar daripada pola melingkar dan pola zig-zag

pada pengelasan baja ST 60, (2) posisi pengelasan memberikan pengaruh yang nyata pada hasil kekerasan, dimana posisi 3G memberikan hasil kekerasan lebih besar daripada posisi 1G dan 2G pada pengelasan baja ST 60, (3) Pola gerakan elektroda dan posisi pengelasan memberikan pengaruh pada hasil kekerasan hasil las pada baja ST 60, (4) nilai kekerasan *Vickers* tertinggi rata-rata adalah 284,9 VHN terdapat pada posisi pengelasan 3G dengan pola gerakan U, sedangkan nilai kekerasan terendah rata-rata adalah 203,33 VHN terdapat pada posisi 1G dengan pola gerakan melingkar.

Saran

Berdasarkan saran dan hasil penelitian di atas, maka saran yang direkomendasikan antara lain sebagai berikut: (1) Perlu dilakukan pengujian pada posisi atas kepala (4G) untuk mengetahui pengaruh pola gerakan elektroda pada semua posisi, (2) dapat dilakukan pengujian lain seperti pengujian tarik, *impact*, struktur mikro, dan lain-lain untuk melengkapi deskripsi pengaruh pola gerakan elektroda dan posisi pengelasan pada baja ST 60, (3) pengujian kekerasan perlu dilakukan pada daerah *weld metal* dan *base metal* untuk mengetahui adakah pengaruh yang terjadi pada dua daerah tersebut jika diberi perlakuan yang sama.

DAFTAR RUJUKAN

- Alip, Mohammad. 1989. *Teori dan Praktek Las*. Yogyakarta: F.P.T.K. IKIP Yogyakarta.
- Cary, H.B, 1998, *Modern Welding Technology*. 4nd edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Kenyon, W. 1985. *Dasar-Dasar Pengelasan*. Jakarta Pusat: Erlangga.
- Marihot, G. 1984. *Mengelas Logam dan pemilihan Kawat Las*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Santiarsa, I. G. N. N. 2008. Pengaruh Posisi Pengelasan dan Gerakan Elektroda terhadap Kekerasan Hasil Las Baja JIS SSC 41. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM* Vol. 2 No. 2, Desember 2008 (107 – 111)

- Sonawan, H. 2003. *Las Listrik SMAW dan Pemeriksaan Hasil Lasan*. Bandung: Alfabeta.
- Sonawan, H. 2003. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta.
- Suratman, Maman. 2001. *Teknik Mengelas Asetilin, Brazing, dan Las Busur Listrik*. Bandung: Pustaka Grafika
- Surdia, Tata. *Teknik Pengecoran Logam*. 1976. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Widarto, Sri. 2006. *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, H. Toshie. 1981. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke-2. Jakarta:PT. Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, H. Toshie. 1987. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke-4. Jakarta:PT. Pradnya Paramita.
- Wiryosumarto, H. Toshie. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke-9. Jakarta:PT. Pradnya Paramita.