

OPTIMALISASI PENGGUNAAN *HEAT INPUT* PADA PENGELASAN PIPA SPIRAL UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN SAMBUNGAN

NUR SUBEKI¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

E-mail: nursubeki@umm.ac.id, nursubeki@gmail.com

ABSTRAK

Submerged Arc Welding adalah proses las yang digunakan untuk pembuatan pipa, untuk pipa spiral misalnya dilas. Teknik ini dapat dioperasikan secara otomatis dan memiliki keandalan yang tinggi dalam aplikasi pengelasan banyak berbagai. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan logam las adalah masukan panas, arus, komposisi kimia pengisi dan fluks, kecepatan pengelasan dan laju pendinginan. Tujuan dari thesis ini adalah untuk Sanusi mikro mengandung acicular ferit yang memberikan kekuatan tinggi dan kekerasan rendah dari busur rendam dilas pipes. Material digunakan dalam penelitian ini adalah API 5L X-52 dilas spiral pipa baja, Pengelasan dilakukan dengan menggunakan tegangan 35 volt, pengelasan kecepatan 13,67 mm/s sedangkan input panas divariasikan, yaitu 2.059 kJ/mm, 2.123 kJ/mm, 2.187 kJ/mm, 2.252 kJ/mm dan 2.316 kJ/mm. Serangkaian uji sifat mekanik dilakukan termasuk kekerasan dan uji tarik. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan masukan panas las membuat meningkatkan kekuatan tarik tetapi penurunan angka kekerasan.

Kata kunci: SAW, pipa spiral, masukan panas, kekuatan tarik dan angka kekerasan

ABSTRACT

Submerged Arc Welding is a welding process used for fabrication of pipes, for example spiral welded pipes. The technique can be operated automatically and has a high reliability in many various welding application. Some factor affecting the strength of weld metals are Heat Input, current, chemical composition of filler and flux, welding speed and cooling rate. The purpose of this thesis is to obtain microstructure containing acicular ferrite which give high strength and low hardness of the submerged arc welded pipes. Material used in this experiment was API 5L X-52 spiral welded steel pipes, Welding was carried out using voltage of 35 volt, welding speed of 13,67 mm/s whereas Heat Input was varied, namely 2,059 kJ/mm, 2,123 kJ/mm, 2,187 kJ/mm, 2,252 kJ/mm and 2,316 kJ/mm. A series of mechanical properties test were carried out including hardness and tensile test. The result show that, an increase in weld Heat Input make increased the tensile strength but the hardness number decrease.

Key words: SAW, spiral pipes, Heat Input, tensile strength and hardness number

PENDAHULUAN

Proses penyambungan logam dengan sistem pengelasan semakin banyak digunakan, baik dipakai pada konstruksi bangunan, perpipaan maupun konstruksi mesin. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dari sambungan las. luasnya penggunaan proses penyambungan dengan pengelasan dipakai secara luas disebabkan oleh biaya murah, pelaksanaan relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif (Cary, 1989). Salah satu teknik pengelasan yang banyak dipakai untuk penyambungan pada konstruksi baja adalah *submerged arc welding* (SAW). Pada pengelasan dengan las SAW, logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampang, fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan

secara terus menerus, sehingga pengelasan dapat dilakukan secara otomatis, oleh karena itu memberi kenyamanan dalam pengoperasiannya dan memiliki keandalan yang tinggi.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak dan gas bumi terbesar di dunia, di antaranya tersebar di wilayah: Sumatra, Natuna, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Papua dan dilepas pantai Indonesia. Sebagai konsekuensinya, kebutuhan akan pipa transmisi sebagai sarana untuk menghubungkan sumber dan pengguna energi tersebut semakin meningkat, sehingga hal ini merupakan peluang bisnis khususnya untuk industri baja dan industri yang memproduksi pipa. Spesifikasi yang harus dipenuhi oleh baja yang digunakan untuk pipa gas dan minyak di antaranya

adalah baja tersebut harus mempunyai kekuatan tarik yang tinggi yaitu sekitar 500 MPa. Baja HSLA (*high strength low alloy steel*) yang diproduksi dengan menggunakan (*Thermomechanical Controlled Processing-TMCP*) biasanya memenuhi persyaratan di atas dan digunakan sebagai bahan pipa gas dan minyak.

Di beberapa negara Eropa, pipa untuk gas dan minyak biasanya diproduksi dengan sambungan las spiral (*spiral welded pipes*) dan las yang digunakan berupa las SAW (Fatahamubina, 2003), karena proses pengelasannya dapat dilakukan secara otomatis dan memiliki keandalan yang tinggi. Untuk memenuhi persyaratan perpipaan, sambungan las harus mempunyai kekuatan dan kekerasan mendekati logam induknya. Untuk itu dalam pengelasan harus diperhatikan faktor-faktor seperti komposisi kimia filler dan fluks, *heat input*, kecepatan las dan laju pendinginan. Masalah yang muncul adalah masih seringnya terdapat cacat-cacat pada pengelasan, sehingga harus dilakukan perbaikan pengelasan dengan las SMAW (*Shield Melted Acid Welding*). Penggunaan *heat input* sangat mempengaruhi kekuatan dan kekerasan hasil pengelasan (Suharno, 2004). Penggunaan *heat input* selama ini di PT KHI Pipes Industries adalah 2,123 kJ/mm, namun dengan menggunakan *heat input* tersebut ternyata masih banyak cacat seperti terungkap di atas, untuk itu dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan menurunkan kekerasan pipa sambungan las dengan peningkatan *heat input*.

METODE

Bahan

- Bahan penelitian ini : Plat Baja API 5L X52
 Spesifikasi pipa : Tebal: 12 mm,
 Ø luar: 711,2 mm
- Spesifikasi bahan
- Tegangan luluh min : 52.000 Psi (365 MPa)
 - Tegangan tarik min : 66.000 Psi (463 MPa)
 - Komposisi kimia :

Tabel 1. Standar komposisi kimia logam induk (wt%) API 5L X-52 Line Pipe

C	Mn	P	S	Al	Nb	Si	Nb	V
0,08	0,9	0,02	0,01	0,04	0,03	0,05	0,03	0,134

Pengelasan
 Proses Pengelasan : SAW

Tabel 3. Komposisi kimia fluks (wt%)

AL ₂ O ₃	SiO ₃	MgO	CaO	MnO	ZrO ₂	TiO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe	F	S	P
22-26	18-22	15-19	11-15	6-10	4-7	2-5	1-3	1	1-3	8	< 0,03	< 0,03

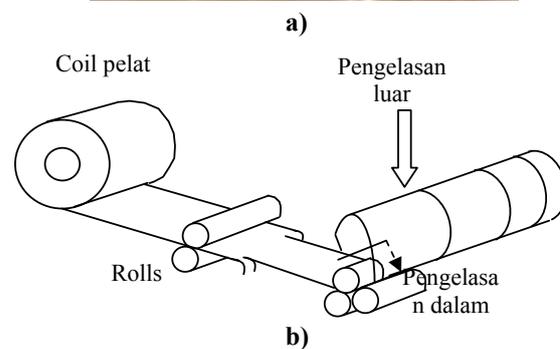
- Jenis elektrode : AWS A5.17-80:EM 12
 K Ø 3,2 mm
 Jenis fluk : OK Flux 10.71. (by ESAB)

Tabel 2. Komposisi kimia elektrode las (wt%)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al
0,11	1,09	0,29	0,009	0,011	0,03	0,02	0,01	0,12	0,00

Cara Pengelasan

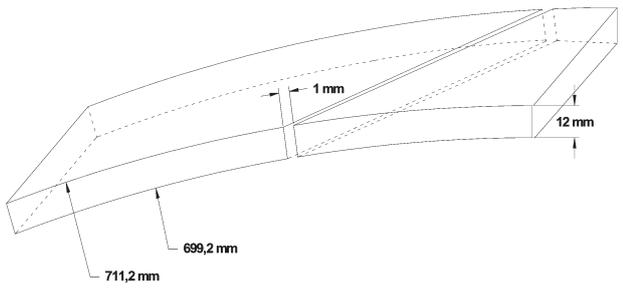
Pelat yang berbentuk koil dirol tekuk membentuk pipa spiral dilakukan pengelasan dimulai bagian dalam kemudian pada jarak 1,5 meter dilakukan pengelasan pada bagian luar pipa dengan las SAW seperti terlihat pada Gambar 1. Dari model pengelasan spiral kontinyu yang divariasi adalah pengelasan luar pipa. Prosedur pengelasan adalah menurut standard AWS A5.17. Pengelasan dilakukan dengan 5 jenis variasi *heat input* yang berbeda-beda. Pengelasan dilakukan di PT. KHI Pipe Industries Cilegon Banten.



Gambar 1. a). Proses pengelasan pipa spiral (TWI, 1998), b) Skema pengelasan pipa spiral

Untuk memenuhi pengelasan pipa yang baik, maka harus memperhatikan ukuran dan posisi

alur yang akan disambung, hal ini bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Potongan alur pengelasan

Pengujian Kekerasan dan Kekuatan Tarik

Pada penelitian ini dipergunakan metode Vickers karena bekas penekanannya kecil, pengukurannya teliti, dan range ukurnya besar. Angka kekerasan Vickers dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{F}{d^2} \dots\dots\dots (1)$$

Prinsip dasar pengujian tarik adalah sebagai berikut: benda uji dipasang dalam arah aksial dari arah gaya tarik yang bekerja. Setelah beban tarik bekerja pada benda uji tersebut, maka benda uji akan mengalami perpanjangan sebanding dengan penambahan beban tarik. Beban tarik akan menurun setelah mencapai nilai maksimum di mana benda uji mengalami perpatahan. Penentuan regangan ditentukan dengan untuk mengetahui seberapa besa elastisitas dari sambungan pipa. Perhitungan dalam pengujian tarik dan regangan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (2)$$

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

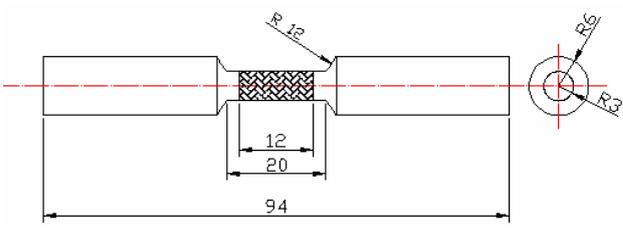
Tabel 4. Komposisi kimia logam induk (wt%)

C	Mn	P	S	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Sn	Ti	V	W
0,091	0,715	0,027	0,002	0,007	0,024	0,034	0,001	0,129	0,012	0,012	0,079	0,134	0,003

Tabel 5. Komposisi kimia elektrode las (wt%)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al
0,11	1,09	0,29	0,009	0,011	0,03	0,02	0,01	0,12	0,00

Spesimen uji tarik dibuat dengan menggunakan standar STP 601: untuk mengetahui kekuatan tarik dan regangan pada daerah las.



Gambar 3. Spesimen uji tarik transversal silindris (Standar STP 601)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Pengelasan

Dari hasil komposisi kimia dapat dihitung harga C Equivalent yang dibutuhkan untuk pengelasan pipa (Purwaningrum, 2005) adalah:

$$CE = C + \frac{Si}{25} + \frac{Mn+Cu}{16} + \frac{Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{40} + \frac{V}{15} \dots(4)$$

$$= 0,091 + 0 + \frac{(0,715 + 0,129)}{16} + 0 + \frac{0,024}{60} + \frac{0,007}{40} + \frac{0,134}{15} = 0,153$$

Dari hasil perhitungan CE di atas dapat diketahui bahwa bahan Baja Api 5L X -52 mempunyai sifat mampu las yang baik karena bernilai < 0,4. Baja karbon yang memiliki CE rendah memiliki kemampuan pengelasan yang baik. Semakin rendah harga CE semakin rendah pula kepekaan terhadap retak dingin pada sambungan las dan HAZ.

Pengamatan Foto Makro

Foto makro dimaksudkan untuk mengetahui bentuk dan batas antara daerah las, HAZ, logam induk, las bagian luar dan las bagian dalam. Pada pengelasan pipa faktor kekuatan terdapat pada pengelasan bagian luar, dari gambar 4 terlihat bahwa daerah las luar lebih besar dari pada yang dalam. Daerah ini juga sangat penting, dikarenakan daerah yang memiliki pertemuan antara dua

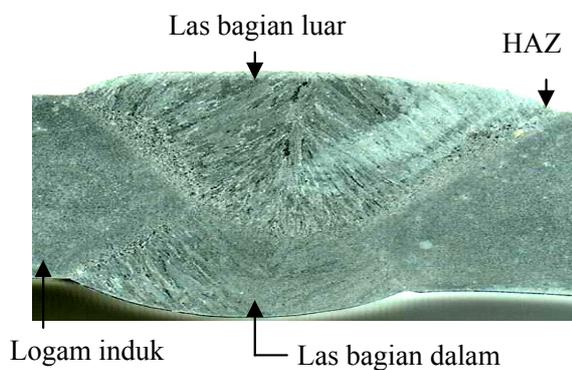
Tabel 6. Komposisi kimia fluks (wt%)

Al ₂ O ₃	SiO ₃	MgO	CaO	MnO	ZrO ₂	TiO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe	F	S	P
2-26	18-22	15-19	11-15	6-10	4-7	2-5	1-3	1	1-3	8	<0,03	<0,03

Tabel 7. Komposisi kimia logam las (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Sn	Ti	V	W
0,093	0,041	0,967	0,027	0,005	0,007	0,03	0,021	0,001	0,251	0,012	0,016	0,079	0,136	0,012

pengelasan yaitu bagian dalam dan pengelasan bagian luar, di mana daerah tersebut merupakan pusat dari sambungan pengelasan pipa, sehingga bisa dikatakan sebagai pusat dari kekuatan pengelasan dan ketangguhan pipa. Di pihak lain di daerah HAZ adalah daerah yang sangat penting, di mana daerah yang mempertemukan daerah logam las dan logam induk, maka kekuatan sambungan juga sangat ditentukan oleh daerah ini (Bhadeshia, 1991).

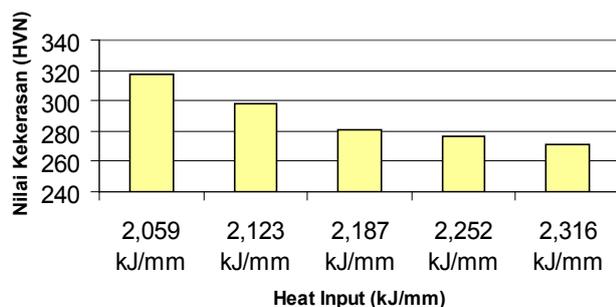


Gambar 4. Foto makro las

Pengujian Kekerasan

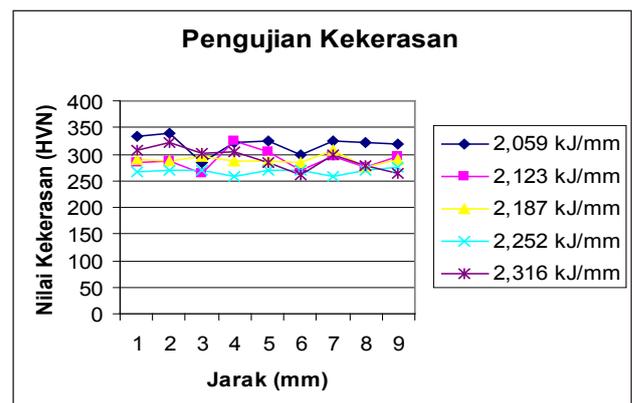
Dari pengujian kekerasan dengan metode *Vickers Micro Hardness* dengan menggunakan beban 500 gf, beban tersebut dipilih untuk mendapatkan bekas indentasi yang kecil sehingga mendapatkan jarak yang rapat, sehingga tiap perubahan akan dapat diukur nilai kekerasannya.

Hubungan Heat Input dengan Kekerasan



Gambar 5. Grafik kekerasa vs *heat input*

Dari Gambar 5 di atas diperoleh hasil kekerasan rata-rata pada hasil las dengan menggunakan *heat input* 2.059 Joule/mm mempunyai kekerasan paling tinggi, kemudian diikuti dengan pengelasan dengan *heat input* 2.123 Joule/mm, 2.187 Joule, 2.252 Joule/mm dan 2.316 Joule/mm, sehingga bisa dibuat rata-rata dengan peningkatan masukan maka menurunkan kekerasan pengelasan. Keadaan ini sangat baik karena didaerah pengelasan banyak didominasi struktur ferrit terutama ferrit acicular yang mampu meningkatkan ketangguhan sambungan las (Suharno, 2004).



Gambar 6. Grafik kekerasan vs jarak dari pusat pengelasan

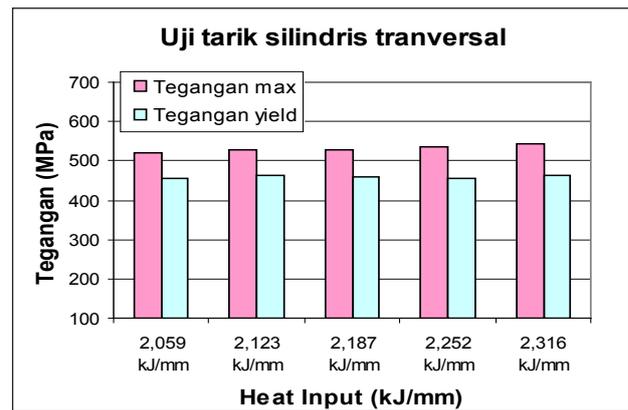
Pengukuran kekerasan terdistribusi mulai dari pusat pengelasan ke arah tepi mendekati daerah HAZ kasar dimaksudkan untuk mengetahui penyebaran nilai kekerasan yang ada pada logam las. Kekerasan yang terjadi dengan arah mulai dari pusat pengelasan dan ke arah daerah HAZ dibuat dengan jarak pengukuran 0-750 μ m, jarak tersebut bisa dilihat pada Gambar 6. Jarak pengujian sangat penting karena bisa mengetahui tingkat kekerasan sambungan pada titik tertentu, hal ini terbukti hasil dari pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan sedikit mengalami penurunan dari pusat logam las.

Uji Tarik

Pengujian tarik secara transversal silindris ini dimaksudkan untuk menunjukkan kekuatan tarik pada daerah pengelasan pada arah transversal yang dibuat dengan standart STP 601. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan penambahan *heat input* pada proses pengelasan, dan juga dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan di daerah las (Purwaningrum, 2005), karena titik perpatahan terjadi di daerah las.

Dari Tabel 8 di bawah menunjukkan nilai dari pengujian tarik di antaranya beban maksimum, tegangan maksimum, tegangan luluh, perpanjangan dan regangan yang ditimbulkan dari pengujian tarik. Dari hasil pengujian terlihat bahwa tegangan tarik terdistribusi meningkat yang disebabkan oleh peningkatan *heat input*, namun khusus untuk *heat input* 2,123 dan 2,187 kJ/mm memiliki kekuatan tarik sama. Hal ini kemungkinan disebabkan karena distribusi panas pada HAZ relatif sama sehingga tidak merubah nilai kekuatan tarik. Pada penggunaan 2.252 dan 2.316 Joule/mm memiliki nilai kekuatan tarik yang meningkat. Dilihat dari tegangan tarik pada daerah luluh, nilainya sedikit agak berbeda di mana justru tegangan luluh pada *heat input* 2.123 Joule/mm nilainya lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan *heat input* yang lain, yaitu terjadi penurunan mulai dari *heat input* 2.316 Joule, 2.187 Joule/mm dan paling kecil 2.252 Joule/mm. Dari semua penggunaan kuat arus mendapatkan kekuatan tarik yang distandartkan Iscor yaitu minimal *ultimate strenght* 455 MPa dan tegangan luluh minimal 358 MPa, sehingga pengelasan ini baik untuk digunakan pada pipa minyak dan gas.

Dilihat pada nilai perpanjangan dan regangan yang terjadi nilai terkecil pada *heat input* 2,059 kilo Joule/mm kemudian 2,252 kilo Joule/mm sedang nilai yang lain relatif sama yaitu 26,33, nilai ini menunjukkan bahwa daerah pengaruh panas mempengaruhi sedikit sekali besar batas butir sehingga memiliki regangan yang relatif sama.



Gambar 7. Grafik kekuatan tarik transversal silindris

Pada Gambar 7 ditunjukkan perbandingan tegangan tarik maksimum dan tegangan tarik luluh pada setiap peningkatan kuat arus pengelasan.

SIMPULAN

Peningkatan *heat input* pada proses pengelasan sangat penting, karena dapat meningkatkan kekuatan sambungan. Dari hasil penelitian ini ditunjukkan bahwa penggunaan *heat input* dari 2,059 kilo Joule/mm sampai 2,316 kilo Joule/mm, meningkatkan jumlah persentase ferit acicular sehingga meningkatkan kekuatan sambungan las, dengan nilai tertinggi 545,06 Mpa. Untuk regangan relatif sama sehingga elastisitas dari sambungan las seimbang. Penggunaan *heat input* sangat menentukan nilai kekerasan dari sebuah sambungan hasil pengelasan, di mana penggunaan masukan panas dapat menurunkan nilai kekerasan logam akibat proses pengelasan. Hasil penelitian ini menunjukkan untuk penggunaan masukan panas tertinggi yaitu 2,316 kJ/mm memiliki nilai kekerasan yang terendah. Untuk mengetahui nilai kekerasan dari pusat pengelasan sampai daerah HAZ dilakukan pengujian dengan jarak pengukuran 0- 750 μ m, dari posisi pengujian kekerasan didapat bahwa sambungan las memiliki nilai kekerasan yang menurun dengan jarak menjauhi pusat pengelasan.

Tabel 8. Nilai rata-rata kekuatan tarik transversal logam las

Spesimen	P_{max} (KN)	σ_{max} (Mpa)	P_{yield} (KN)	σ_{yield} (Mpa)	ΔL (mm)	ϵ (%)
2,059 kJ/mm	14,74	521,59	12,89	456,24	4,67	23,33
2,123 kJ/mm	14,91	527,72	13,10	463,45	5,23	26,17
2,187 kJ/mm	14,90	527,37	12,97	458,84	5,3	26,50
2,252 kJ/mm	15,15	535,98	12,89	456	4,9	24,50
2,316 kJ/mm	15,40	545,06	13,07	462,49	5,27	26,33

DAFTAR PUSTAKA

- Bhadeshia, H. K. D. H., dan Svensson, L., 1991. Modelling the Evolution of Microstructure in Steel Weld Metal, IIW DOC II-A-846-1991
- Cary, H. B., 1994. Modern Welding Technology, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Fatahamubina, A., 2003. Analisa Terhadap Penurunan Nilai Ketangguhan Pada Proses Pengelasan SAW pada Pipa Baja API 5L X-65, Temu Ilmiah, ITB, Hal 1-22.
- Purwaningrum, Y., Ilman, M. N, dan Jamasri., 2005. Pengaruh Basicity Index Fluks Terhadap Struktur Mikro, Ketangguhan dan Laju Rambatan Retak Fatik Sambungan Las Busur Terendam Baja Paduan Rendah (HSLA), Tesis, UGM, Yogyakarta.
- Suharno, Ilman, M. N., dan Jamasri., 2004. Pengaruh Masukan Panas pada Pengelasan Busur Terendam Terhadap Ketangguhan dan Suhu Transisi Baja SM 490, Prosiding, ISBN: 979-98888-0-8, pp. hal. 36-42.