
**PENGARUH PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS*
TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN MIKRO STRUKTUR PADA
PIPA HEAT EXCHANGER**

Wisma Soedarmadji¹⁾, Febi Rahmadianto²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Yudharta Pasuruan
email¹⁾: wisma@yudharta.ac.id

ABSTRAK

Pengelasan *Tungsten Inert Gas* adalah proses pengelasan busur listrik antara elektrode tungsten yang tak terumpan pada bahan material. Parameter sambungan las selalu berhubungan dengan kekuatan, ketangguhan dari material itu sendiri. Jenis las ini dapat digunakan dengan atau tanpa bahan penambah. Hasil pengelasan dapat menyebabkan hasil atau kualitas dari pengelasan buruk seperti sambungan yang kurang menyatu sehingga mengakibatkan sambungan gampang lepas juga dapat terjadi keretakan. Keretakan merupakan cacat las, namun keretakan halus disebut juga keretakan mikro yang tidak mempunyai pengaruh yang sangat berbahaya. Proses pengelasan dengan kuat arus 110 Ampere pada material Stainless Steel SA 240 memiliki kekuatan tarik 38,50 Kg/mm². Hal ini disebabkan bahwa pada kuat arus 110 Ampere tidak mengalami perubahan signifikan pada nilai regangan, nilai regangan yang terjadi cenderung mengalami kenaikan stabil. pengujian kekerasan untuk material Stainless Steel SA 240 terlihat bervariasi bahwa semakin tinggi kuat arus yang dipakai pengelasan maka kekuatan tariknya semakin berkurang. Pada proses pengelasan untuk material Stainless Steel SA 240 bahwa pengelasan di daerah HAZ memberikan pengaruh struktur mikro yang terjadi dengan pembesaran 500x hal ini terlihat bahwa telah terjadi pemuaihan pada butir base metal sehingga mempengaruhi struktur base metal yang mencapai temperatur pada daerah austenit, sehingga struktur ferit berubah menjadi besar.

Kata Kunci: *Kekuatan tarik, Kekerasan, Mikro struktur*

PENDAHULUAN

Proses pengelasan adalah penyambungan antara dua bahan material yang mengalami pemanasan dan pendinginan. Proses pengelasan pada bagian yang dilas akan menerima panas setempat dan selama proses berjalan suhunya berubah sehingga distribusi suhu tidak merata, karena panas tersebut maka pada bagian yang dilas terjadi penyambungan termal (Wiryosumarto, 2000).

Pengelasan *Tungsten Inert Gas* adalah proses pengelasan busur listrik antara elektrode tungsten yang tak terumpan pada bahan material. Parameter sambungan las selalu berhubungan dengan kekuatan, ketangguhan dari material itu sendiri (Sibarani, 2010). Jenis las ini dapat digunakan dapat digunakan dengan atau tanpa bahan penambah. Las ini menghasilkan sambungan las yang bermutu tinggi dengan peralatan yang relatif lebih murah (Fadly, et.al, 2008). Penelitian *Tungsten Inert Gas* (TIG) dapat mengvariasikan parameter pengelasan seperti kecepatan pengelasan, ketirusan elektrode dan arus pengelasan. Parameterparameter lasan tersebut, pada kenyataannya tidak bersentuhan langsung dengan benda kerja pada saat proses pengelasan sedang berlangsung dan dalam hal ini yang berhubungan langsung pada saat proses pengelasan adalah busur.

Hasil pengelasan dapat menyebabkan hasil atau kualitas dari pengelasan buruk seperti sambungan yang kurang menyatu sehingga mengakibatkan sambungan gampang lepas juga dapat terjadi keretakan. Keretakan yang terjadi bisa berupa pecah-pecah pada logam las, baik searah ataupun transversal terhadap garis las yang ditimbulkan oleh tegangan internal. Keretakan merupakan cacat las, namun keretakan halus disebut juga keretakan mikro yang pada umumnya tidak mempunyai pengaruh yang sangat berbahaya. Keretakan pada proses pengelasan juga terjadi pada proses pengelasan pipa heat exchanger. Keretakan pada pipa heat exchanger terjadi pada daerah las (HAZ), sehingga material logam tersebut mengalami pemuaian yang diakibatkan HAZ tidak sempurna. *Heat Exchanger* adalah suatu alat yang memungkinkan terjadinya perpindahan panas dan dapat berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin (Budiman, 2014).

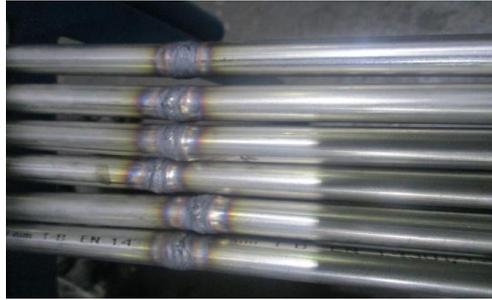
Heat Affected Zone (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Siklus thermal tersebut mempengaruhi struktur mikro logam las dan HAZ, di mana logam las akan mengalami serangkaian transformasi fasa selama proses pendinginan, yaitu dari logam las cair berubah menjadi *Ferit- δ* kemudian γ (*Austenit*) dan akhirnya menjadi α (*Ferrit*) (Setiawan, 2006).

DASAR TEORI

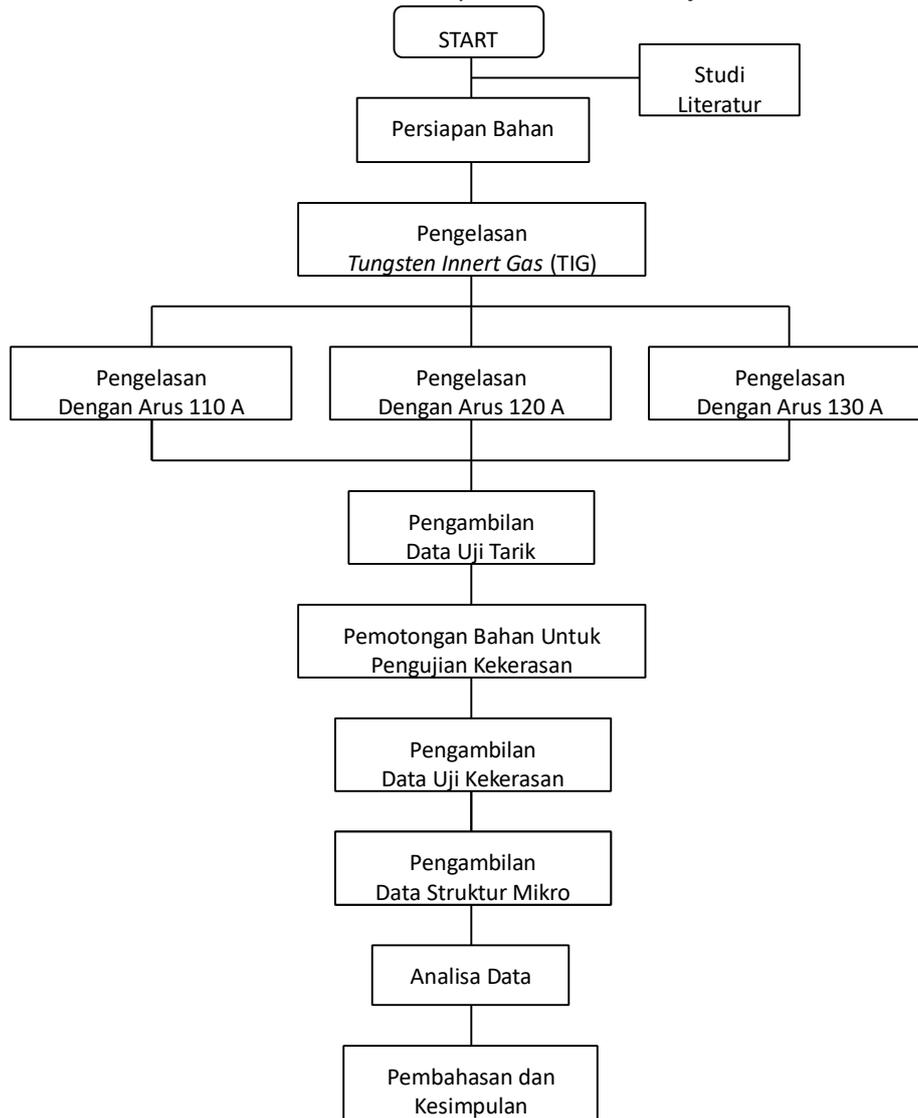
Heat Exchanger (HE), adalah suatu alat yang memungkinkan terjadinya perpindahan panas dan dapat berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas memakai uap panas (*super heated steam*) sebagai pemanas, dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*) (Budiman, 2014). Pengelasan TIG merupakan proses pengelasan dimana busur listrik tercipta antara elektrode tungsten yang tak terumpan dan benda kerja. Kualitas sambungan las biasanya dikaitkan dengan kekuatan, ketangguhan atau sifat mekanis lainnya. Dalam proses pengelasan terjadi siklus termal yang merupakan proses pemanasan dan pendinginan di daerah las. Siklus termal dalam proses pengelasan ini dapat menimbulkan perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan termal ataupun cacat pada logam las. Perubahan yang penting adalah perubahan struktur mikro yang akan menentukan sifat mekanis sambungan las. Secara umum terdapat 3 daerah sambungan las, yaitu: daerah pengelasan (*fusion zone*), daerah terpengaruh panas (*heat affected zone, HAZ*), dan daerah tak terpengaruh panas (*unaffected zone*). Dalam pengelasan TIG besar arus dan waktu pengelasan merupakan faktor penting yang mempengaruhi struktur mikro yang dihasilkan (Sibarani, 2010).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini material yang dipakai adalah Stainless Steel SA 240 mempunyai ketebalan 0,4 mm, diameter benda kerja 15 mm dengan panjang 210 mm yang dilas menggunakan *Tungsten Inert Gas (TIG)* dengan variasi arus sebesar 110, 120, 130 Ampere, panjang lintasan las 6 cm dengan metode eksperimen yang mengarah langsung pada objek benda kerja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh hasil pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)* terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan mikro struktur pada pipa *Heat Exchanger*. Gambar 1 dibawah ini merupakan spesimen benda kerja yang digunakan yaitu pipa Stainless Steel SA 240.



Gambar 1. Spesimen Benda Kerja



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

ANALISA DATA

Dari hasil pengujian dan pengambilan data yang dilakukan di laboratorium dikumpulkan dan dikelompokkan menurut variasinya kemudian dianalisa dengan menggunakan formula uji tarik sebagai berikut:

$$a. \text{ Tegangan Tarik : } \sigma = \frac{P}{A} (\text{kg/mm}^2)$$

$$b. \text{ Luas Penampang : } A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_1^2 - d_2^2) (\text{mm}^2)$$

$$c. \text{ Regangan : } \varepsilon = \frac{l_a - l_0}{l_0}$$

Dimana:

A = Luas penampang (mm²)

σ = Tegangan tarik (Kg/mm²)

P = Beban yang diberikan (Kg)

D₁ = Diameter luar pipa (mm)

d₂ = Diameter dalam pipa (mm)

L_a = Panjang specimen setelah uji tarik (mm)

L₀ = Panjang mula-mula specimen (mm)

HASIL PENELITIAN

Dari hasil pengelasan didapatkan waktu pengelasan sebagai berikut yang ditampilkan pada tabel 1 dibawah ini.

a. Hasil Proses Pengelasan

No	Benda uji	Arus	Waktu Pengelasan	Rata-rata waktu pengelasan
1	Stainless Steel SA 240	110 Ampere	58',20"	57',93"
			57',15"	
			58',45"	
2	Stainless Steel SA 240	120 Ampere	58',50"	58',54"
			58',56"	
			58',55"	
3	Stainless Steel SA 240	130 Ampere	59',03"	59',07"
			59',10"	
			59',09"	

Jadi rata-rata waktu pengelasan pada Stainless Steel SA 240 untuk pipa heat exchanger pada kuat arus 110 Ampere yaitu 57,93 detik atau 0,9655 menit, untuk kuat arus 120 Ampere yaitu 58,54 detik atau 0,9756 menit sedangkan kuat arus 130 Ampere yaitu 59,07 detik atau 0,9845. Sehingga perhitungan heat input sama dengan kecepatan pengelasan, yaitu:

$$\text{Kuat arus 110 ampere, yaitu: } V = \frac{L}{t} = \frac{0,06}{0,9655} = 0,062 \text{ m / menit}$$

$$HI = \frac{E_{\text{tegangan output}} \times I_{\text{arus pengelasan}} \times 60}{V_{\text{kecepatan pengelasan}}} = \frac{60 \cdot 110 \cdot 60}{0,062} = 6387096,77 \text{ j / m} = 6,387 \text{ Mj / m}$$

$$\text{Kuat arus 120 ampere, yaitu: } V = \frac{L}{t} = \frac{0,06}{0,9756} = 0,061 \text{ m / menit}$$

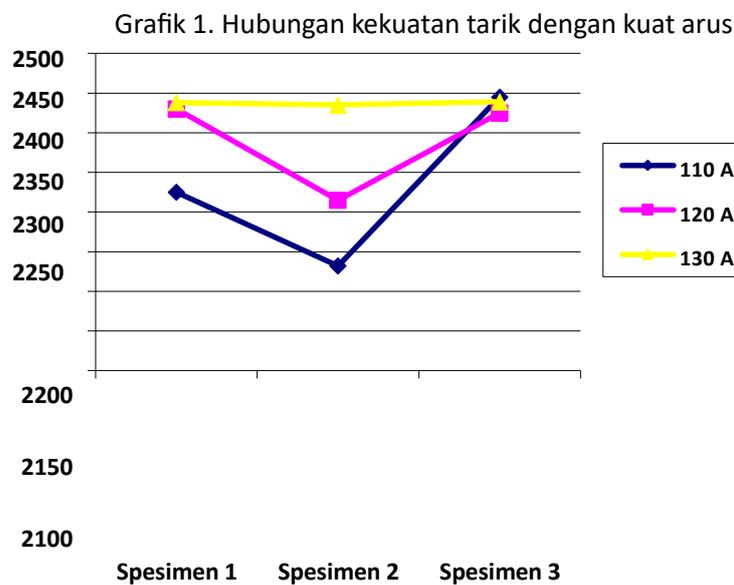
$$HI = \frac{E_{\text{tegangan output}} \times I_{\text{arus pengelasan}} \times 60}{V_{\text{kecepatan pengelasan}}} = \frac{60 \cdot 120 \cdot 60}{0,061} = 7081967,21 \text{ j / m} = 7,081 \text{ Mj / m}$$

☞ Kuat arus 130 ampere, yaitu: $V = \frac{L}{t} = \frac{0,06}{0,9845} = 0,060m / menit$

$$HI = \frac{E_{tegangan} \times I_{arus} \times t \times 60}{V_{kecepatan\ peelasan}} = \frac{60 \cdot 130 \cdot 60}{0,060} = 7200000 j / m = 7,2 Mj / m$$

b. Hasil Pengujian Tarik diperlihatkan pada tabel 2 dibawah ini.

Variasi Arus (Ampere)	Spesimen	Beban (Kg)	Luas Penampang (mm ²)	Tegangan Tarik (Kg/mm ²)	L _o (mm)	L _a (mm)	Regangan (%)
110	1	2325	63,5	36,61	210	225	224
	2	2232	63,5	35,14	210	228	227
	3	2445	63,5	38,50	210	230	229
120	1	2430	63,5	38,26	210	233	232
	2	2315	63,5	36,45	210	232	231
	3	2425	63,5	38,18	210	236	235
130	1	2438	63,5	38,39	210	235	234
	2	2435	63,5	38,34	210	233	232
	3	2439	63,5	38,40	210	236	235



Dari grafik diatas terlihat bahwa pada pengelasan dengan kuat arus 110 Ampere pada Stainless Steel SA 240 mempunyai tegangan tarik sebesar 36,61 Kg/mm² dengan nilai regangan 224, pada pengujian spesimen 2 mengalami penurunan dengan tegangan tarik 35,14 Kg/mm² dan nilai regangan sebesar 227. Untuk pengujian spesimen 3 mengalami kenaikan sebesar 38,50 Kg/mm² dan nilai regangan 229.

Untuk kuat arus 120 Ampere tegangan tarik yang terjadi sebesar 38,26 Kg/mm² untuk spesimen pertama, untuk spesimen kedua tegangan tariknya mengalami penurunan 36,45 Kg/mm² dengan nilai regangan juga mengalami penurunan sebesar 231, pada spesimen ketiga

tegangan tarik bahan Stainless Steel SA 240 sebesar 38,18 Kg/mm² untuk nilai regangan juga mengalami kenaikan sebesar 235.

Pada kuat arus 130 Ampere spesimen pertama tegangan tariknya sebesar 38,39 Kg/mm² untuk nilai regangan 234 tetapi pada spesime kedua mengalami penurunan sebesar 38,34 Kg/mm² dengan nilai regangan 232 sedangkan spesimen ketiga terjadi kenaikan tegangan tarik sebesar 38,40 Kg/mm² disertai nilai regangan 235.

c. Hasil Pengujian Kekerasan ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Variasi Arus (Ampere)	Jumlah Sample Uji	Titik Pengujian	Kekerasan Daerah Las	Rata-Rata Kekerasan
110	A	1	42	43,36
		2	43,1	
		3	45	
	B	1	53	61,16
		2	65	
		3	65,5	
	C	1	55	54
		2	45	
		3	62	
120	A	1	54,3	54,6
		2	54,5	
		3	55	
	B	1	58	59
		2	60	
		3	59	
	C	1	48	58,6
		2	63	
		3	65	
130	A	1	43	60,6
		2	67	
		3	72	
	B	1	54	43,8
		2	23,4	
		3	54	
	C	1	35	36,6
		2	26	
		3	49	

HASIL PEMBAHASAN a. Pengaruh Pengelasan TIG terhadap daerah HAZ

Pada proses pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada kuat arus 110 Ampere yaitu 57,93 detik atau 0,9655 menit memiliki kecepatan pengelasan sebesar 0,062 m/menit dan heat input 6,387 Mj/m. Untuk pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada Kuat arus 120 ampere mempunyai 58,54 detik atau 0,9756 menit memiliki kecepatan pengelasan sebesar 0,061 m/menit dan heat input sebesar 7,081 Mj/m sedangkan pada pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) kuat arus 130 Ampere yaitu 59,07 detik atau 0,9845 menit memiliki kecepatan pengelasan sebesar 0,060 m/menit dan heat input sebesar 7,2 Mj/m. Hal ini dapat di tarik kesimpulan bahwa semakin besar kuat arus yang dipakai maka kecepatan pengelasannya mengalami penurunan,

tetapi heat inputnya semakin besar. Hal ini disebabkan karena terjadinya proses pengerasan yang terjadi pada daerah las.

b. Pengaruh Pengelasan TIG Terhadap Kekuatan Tarik

Untuk kekuatan tarik pada bahan Stainless Steel SA 240 dapat disimpulkan bahwa pengujian pada specimen 1 dengan kuat arus 110 ampere mempunyai tegangan tarik sebesar 36,61 Kg/mm², pengujian pada specimen 2 mengalami penurunan dengan tegangan tarik 35,14 Kg/mm², sedangkan pada pengujian pada specimen 3 tegangan tariknya mengalami kenaikan sebesar 38,50 Kg/mm². Hal ini disebabkan bahwa pada kuat arus 110 Ampere tidak mengalami perubahan signifikan pada nilai regangan, nilai regangan yang terjadi cenderung mengalami kenaikan stabil. Untuk kuat arus 120 Ampere pada pengujian spesimen 1 mempunyai nilai tegangan tarik sebesar 38,26 Kg/mm², pada spesimen 2 mengalami penurunan sebesar 36,45 38,26 Kg/mm² dan spesimen ketiga mengalami kenaikan sebesar 38,18 Kg/mm². Sedangkan pada kuat arus 130 Ampere nilai tegangan tarik pada spesimen pengujian pertama sebesar 38,39 Kg/mm², untuk tegangan tarik pada spesimen pengujian kedua sebesar 38,34 Kg/mm², dan spesimen ketiga nilai tegangan tariknya sebesar 38,40 Kg/mm². Hal ini dikarenakan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan untuk nilai regangan yang disebabkan oleh bahan material Stainless Steel SA 240.

c. Pengaruh Pengelasan TIG Terhadap Kekerasan

Dari data pengujian kekerasan untuk material Stainless Steel SA 240 terlihat bervariasi bahwa semakin tinggi kuat arus yang dipakai pengelasan maka kekuatan tariknya semakin berkurang. Hal ini seiring dengan hasil pengujian tarik dimana semakin besar kuat arus yang dipakai pada Stainless Steel SA 240 maka nilai kekerasannya rendah.

d. Pengaruh Pengelasan TIG Terhadap Mikro Stuktur

Pada proses pengelasan untuk material Stainless Steel SA 240 bahwa pengelasan didaerah HAZ memberikan pengaruh pada perubahan struktur mikro yang terjadi dengan pembesaran 500x hal ini terlihat bahwa telah terjadi pemuaihan pada butir base metal sehingga mempengaruhi struktur base metal yang mencapai temperatur pada daerah austenit, sehingga struktur ferit berubah menjadi besar. Sehingga semakin tinggi heat input yang dihasilkan maka struktur ferit pada daerah HAZ akan mengalami perubahan ukuran menjadi besar

KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan adalah sebagai berikut:

1. Material Stainless Steel SA 240 memiliki struktur yang kurang padat dikarenakan sambungan benda dan lasan memiliki struktur mikro tidak padat untuk proses pengelasan dengan kuat arus 110 Ampere, proses pengelesan dengan kuat arus 130 Ampere menghasilkan struktur mikro yang hampir mendekati sifat fisis dari material Stainless Steel SA 240. Didaerah HAZ telah terjadi perubahan struktur mikro, hal ini terlihat bahwa ukuran butir pada daerah HAZ mengalami perubahan butir yang semula kecil menjadi besar hal ini dikarenakan bahwa pada daerah HAZ telah terjadi pengerasan akibat proses pengelasan.
2. Proses pengelasan dengan kuat arus 110 Ampere pada material Stainless Steel SA 240 memiliki kekuatan tarik 38,50 Kg/mm². Hal ini disebabkan bahwa pada kuat arus 110 Ampere tidak mengalami perubahan signifikan pada nilai regangan, nilai regangan yang terjadi cenderung mengalami kenaikan stabil.
3. Pada proses pengelasan untuk material Stainless Steel SA 240 bahwa pengelasan didaerah HAZ memberikan pengaruh pada perubahan struktur mikro yang terjadi dengan pembesaran 500x hal ini terlihat bahwa telah terjadi pemuaihan pada butir base metal sehingga

mempengaruhi struktur base metal yang mencapai temperatur pada daerah austenit, sehingga struktur ferit berubah menjadi besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, et.al. (2014), Analisis Perpindahan Panas Dan Efisiensi Efektif *High Pressure Heater* (HPH) di PLTU Asam-Asam, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol. 03 No.2 ISSN 23382236.
- Fadly Muhammad, et.al (2008), Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Morfologi Busur Pada Pengelasan Busur Diam Tig Dengan Parameter Dan Komposisi Gas Yang Berbeda, Jurnal Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Setiawan, A, et. al. (2006), Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490, Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 2, Oktober 2006.
- Bandriyana1, Sibarani, M, 2010, Evaluasi Kekuatan Dan Struktur Mikro Sambungan Las Tig Pada Pipa Zirconium, Jurnal INASEA, Vol. 11 No.1, April 2010.
- Wirjosumarto, H dan Okumura, T. (1996). "Teknologi Pengelasan Logam". Jakarta: Pradnya Paramita.