

Kajian Experimental Karakterisasi Sifat Mekanik Hasil Pengelasan FCAW Material JIS G3106 Grade SM 490 YB

Dendi Handiman^{1*)}; Moh. Yamin¹; Suhartini¹

1. Universitas Gunadarma, Jl. Akses UI No.16, Tugu, Cimanggis, Depok, Jawa Barat 16451, Indonesia

**)Email: dendyhandiman@gmail.com*

Received: 09 Januari 2023 | Accepted: 30 Januari 2024 | Published: 29 Januari 2024

ABSTRACT

The results of the study of the mechanical properties of low carbon steel mechanical characteristics in shearing, plasma and oxyfuel cutting technologies to determine the application and preparation of the workpiece side without machining and subsequent piecing will be discussed in this study. The results show that the lowest hardness is at shearing cuts, while the highest is obtained by plasma cutting and oxyfuel. The depth of the heat-affected zone (HAZ) varies from 1 to 4 mm for plasma and oxyfuel depending on the type of steel and cutting. The tensile strength of FCAW welding results between shearing, plasma and oxyfuel cutting technologies has a yield strength difference of around 5.6 N / mm² and the highest impact yield on plasma cutting results is 81.3 joules.

Keywords: *Cutting, FCAW Welding, Mechanical Testing*

ABSTRAK

Hasil penelitian karakteristik sifat mekanik baja karbon rendah pada teknologi pemotongan shearing, plasma dan oxyfuel untuk menentukan penerapan dan persiapan sisi benda kerja tanpa proses pemesinan dan penyambungan berikutnya akan dibahas pada penelitian ini. Hasilnya menunjukkan bahwa kekerasan terendah pada pemotongan shearing, sedangkan yang tertinggi diperoleh dengan pemotongan plasma dan oxyfuel. Kedalaman zona yang terkena panas (HAZ) bervariasi dari 1 sampai 4 mm untuk plasma dan oxyfuel tergantung pada jenis baja dan pemotongannya. Perbedaan kekuatan tarik hasil pengelasan FCAW antara teknologi pemotongan shearing, plasma dan oxyfuel memiliki perbedaan yield strength sekitar 5.6 N/mm² dan Hasil impact yang tertinggi pada hasil pemotongan plasma sebesar 81.3 joule.

Kata Kunci: *Pemotongan, Pengelasan FCAW, Pengujian mekanik*

1. PENDAHULUAN

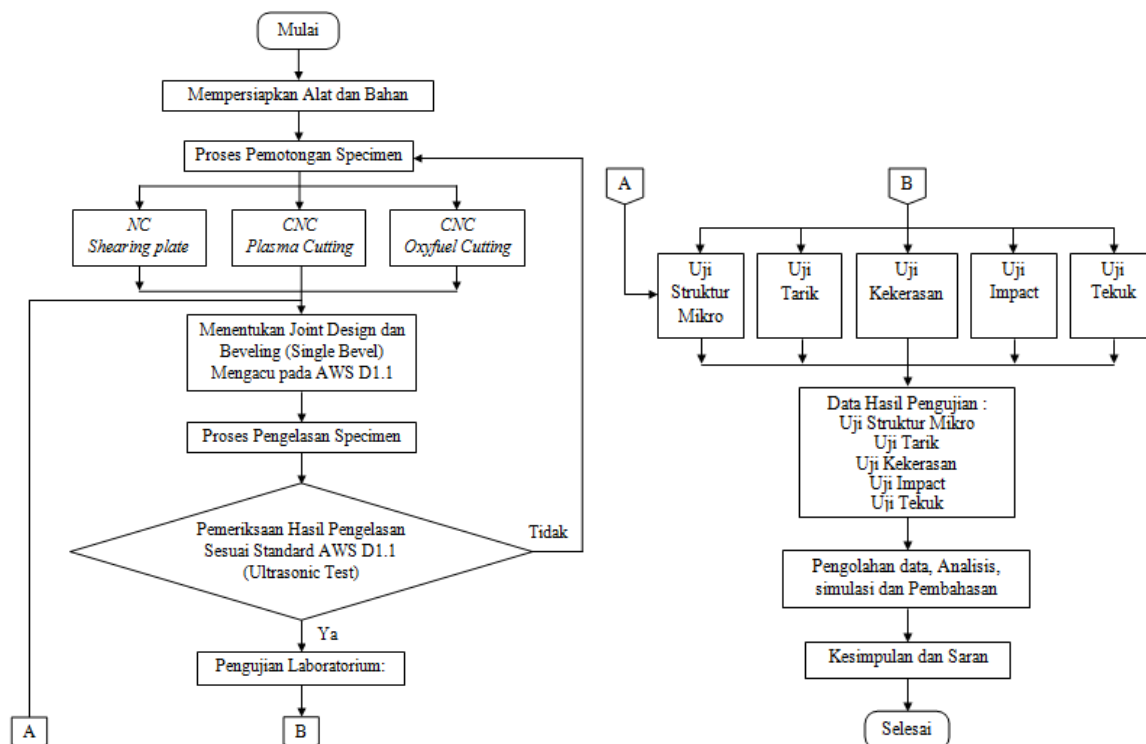
Industri sekarang ini tidak lepas dari peran penting suatu teknologi yang terus maju dan berkembang pesat khususnya dunia industri logam dan manufaktur. Semua jenis material baik logam maupun non-logam dapat digunakan oleh industri/masyarakat yang pada umumnya setelah mengalami berbagai proses pengolahan seperti peleburan, pengecoran, pencetakan, pengelasan, dan pemotongan. Proses pemotongan memiliki pengaruh yang sangat luas pada baja sehingga mempengaruhi sifat mekanis baja. Efek dari pengaruh panas yang ditimbulkan akan berdampak pada perubahan sifat mekanis baja dan perubahan struktur mikro di daerah yang terpengaruh pemanasan. Energi panas pada pengelasan juga akan menimbulkan terjadinya siklus *thermal* yaitu pemanasan sampai mencapai suhu maksimum kemudian diikuti dengan pendinginan.

Dari uraian latar belakang diatas maka penelitian ini akan membahas karakteristik sifat mekanik baja karbon rendah yang dipotong dengan teknologi pemotongan *shearing*, *plasma*, dan *oxyfuel* kemudian dilakukan proses pengelasan *FCAW* dan selanjutnya dilakukan analisis sifat mekanik dari masing-masing teknologi pemotongan tersebut.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Flowchart Penelitian

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen dan metode kuantitatif dengan keterangan deskriptif. Untuk mendukung teori eksperimen perlu dilakukan studi kepustakaan terhadap teori-teori diatas dengan mengumpulkan literatur-literatur. Metode ini juga melihat dengan studi kasus yang ada, yaitu membandingkan data eksperimen tipe pemotongan non-conventional yang berbeda terhadap sifat mekanis dan perubahan struktur mikro pada *sample* baja karbon rendah.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.2. Bahan Specimen Uji

Pada pengujian ini specimen uji yang digunakan adalah baja carbon rendah jenis JIS G 3106 Grade SM 490 YB dengan ketebalan 14 mm dengan data sebagai berikut:

a. Mechanical properties

Berikut ini adalah *mechanical properties* bahan uji

Tabel 1. Mechanical properties

Thickness (mm)	YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	ϵ (Elongation) (%)
<16	365	490-610	15 (200mm)

b. Chemical properties

Berikut ini adalah *chemical properties* bahan uji

Tabel 2. Chemical properties

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0.20	0.55	1.65	0.035	0.035

c. Charpy properties

Berikut ini adalah *charp V properties* bahan uji

Tabel 3. Charp V properties

Grade	Test Temp. (°C)	Charp Absorption Eneergi Joule (min)
SM 490 YB	0	27

d. Consumable weld

Kawat las yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan karakteristik material dasar yang akan dilas dan metode proses pengelasan yang digunakan yaitu proses las FCAW. Clasification elektroda SFA/AWS A5.20 E71T-1 dia 1,2 mm dengan pelindung gas CO₂ atau argon.

Tabel 4. Consumable weld properties

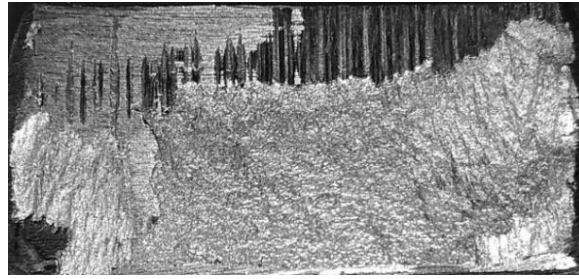
Yield Stress (YS) (N/mm ²)	Tensile Strength (TS) (N/mm ²)	ϵ (Elongation) (%)
515	575	30

Berikut ini adalah *Chemical Consumable weld properties* yang digunakan untuk proses pengelasan specimen uji.

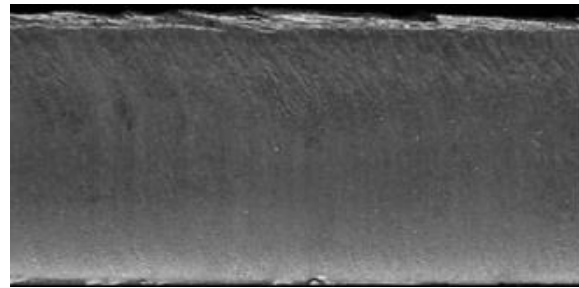
Tabel 5. Chemical Consumable weld properties

Gas	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
CO ₂	0.04	0.55	1.41	0.015	0.012

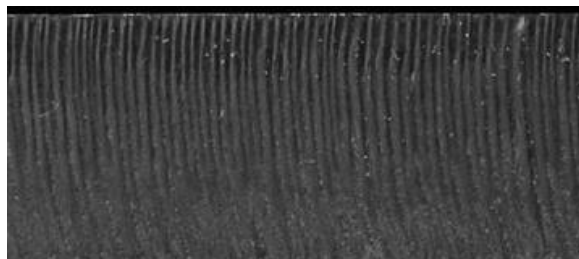
Berikut ini adalah penampang permukaan hasil pemotongan *shearing*, *plasma* dan *oxyfuel*.



Gambar 2. Shearing Cutting Edge



Gambar 3. Plasma Cutting Edge



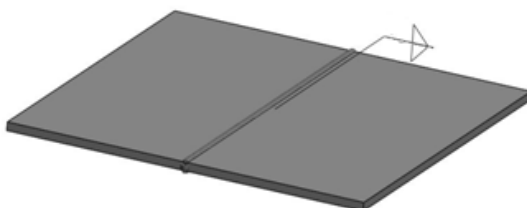
Gambar 4. Oxyfuel Cutting Edge

2.3. Pengelasan

Persiapan pengelasan dengan metode pengelasan *FCAW*. Dalam pengelasan ini menggunakan metode dan prosedur pengelasan sesuai *standard AWS D1.1*.

Tabel 6. Voltase dan ampere pengelasan

No	Voltase	Ampere	Layer	Keterangan
1	27.5	8.5	1	Root
2	30	8.5	2	Fillet
3	27.5	7.5	2	Caping



Gambar 5. Material Setelah di Las

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

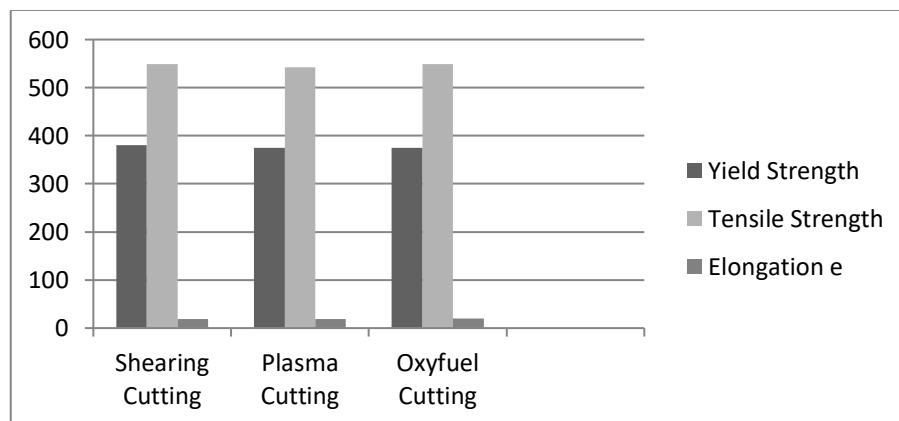
Kekuatan tarik hasil pengelasan dengan metode pengelasan *FCAW* untuk teknologi pemotongan *shearing*, *plasma* dan *oxyfuel* dapat ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 6. Hasil pengujian tarik tersebut menunjukkan besarnya harga gaya maksimal pada saat putus dan pertambahan panjang material saat putus. Hasil pengujian tarik yang dilakukan dengan variasi metode pemotongan *plate* didapatkan harga *yield strength* (N/mm²), tegangan putus, dan elongation. Tiap-tiap variabel percobaan terdapat tiga sampel spesimen. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan data saat pengujian tarik yang dikelompokkan berdasar metode pemotongan.

Berikut ini adalah data hasil rata-rata pengujian tarik dari hasil pengelasan untuk pemotongan *shearing*, *plasma*, dan *oxyfuel* yang kemudian di masukan kedalam tabel (Lihat Tabel 7.)

Tabel 7. Data hasil pengujian tarik nilai rata-rata

Metode Pemotongan <i>Plate</i>	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
<i>Shearing Cutting</i>	380,33	548,60	19
<i>Plasma Cutting</i>	374,74	542,58	19,25
<i>Oxyfuel Cutting</i>	374,92	548,75	20

Berdasarkan data tabel 7 hasil pengujian tarik selanjutnya dimasukan ke dalam diagram batang (Lihat Gambar 6).



Gambar 6. Diagram uji tarik

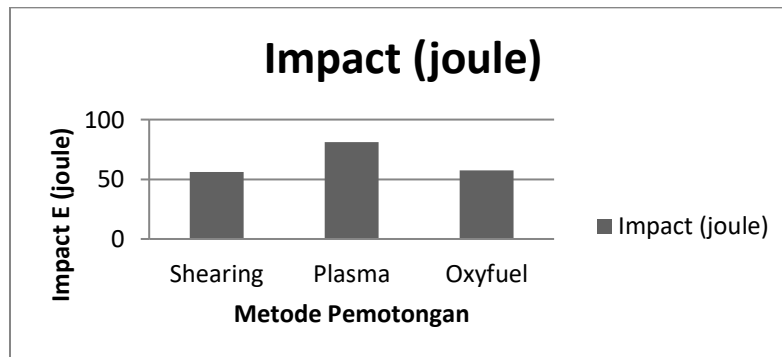
Pengujian *impact* pada temperatur 0°C dapat diketahui hasil atau harga *impact* (Joule). Harga *impact* dari penelitian yang telah dilakukan masing-masing dimasukan kedalam tabel berdasarkan teknologi pemotongan.

Berikut ini adalah harga rata-rata pengujian *impact* dari hasil pemotongan *shearing*, *plasma* dan *oxyfuel* yang kemudian di masukan kedalam tabel (Lihat tabel 8).

Tabel 8. Hasil Pengujian *Impact*

Metode Pemotongan <i>Plate</i>	<i>Impact</i> <i>E</i> (Joule)	<i>Thickness</i> (mm)	<i>Temp</i> (°C)
<i>Shearing</i>	56,3	14	0
<i>Plasma</i>	81,3	14	0
<i>Oxyfuel</i>	57,3	14	0

Berdasarkan tabel 8, nilai rata – rata Impact dari pemotongan *plasma* lebih besar dibandingkan dengan nilai rata-rata *impact* metode pemotongan *shearing* dan *oxyfuel*. Nilai rata-rata untuk harga *impact* pemotongan *plasma* sebesar 81,3 Joule, harga *impact* rata-rata untuk metode pemotongan *oxyfuel* sebesar 57,3 Joule, dan untuk metode pemotongan *shearing* diperoleh nilai *impact* rata-rata sebesar 56,3 Joule. jika dimasukkan kedalam sebuah diagram maka hasilnya seperti yang terdapat pada gambar (Lihat Gambar 7).



Gambar 7. Diagram Uji Impact

Jika dilihat dari hasil uji *impact* (Gambar 7) menunjukan hasil pemotongan dengan *plasma* yang paling tinggi, hal ini dipengaruhi oleh perubahan struktur yang terjadi di daerah tepi atau sela potongan, perubahan ini terjadi akibat pendinginan yang berlangsung secara cepat sehingga pada bagian tepi yang terpotongan menjadi lebih keras dari pada bagian yang tidak terpotong oleh *plasma* maupun *oxyfuel* dan pada pemotongan *plasma* memiliki HAZ sekitar 1-2 mm. Berikut ini adalah data hasil pengujian kekerasan *Vickers* hasil pengelasan untuk teknologi pemotongan *shearing*, *plasma* dan *oxyfuel* yang kemudian di masukan kedalam tabel (Lihat tabel 9).

Tabel 9. Hasil uji kekerasan *vickers*

Sample	Shearing Hardness (HV)	Plasma Hardness (HV)	Oxyfuel Hardness (HV)
1	147,3	158,1	152,1
2	154,8	160,2	151,2
3	158,1	161,1	150,9
4	161,1	161,4	151,8
5	164,4	167,7	156
6	152,1	175,6	165
FL1	176,4	180,9	181,4
FL2	182	185,1	173,1
7	162	180	170
8	159	166,5	162,3
9	153,3	163,5	160,2
10	145,2	161,1	157,5
11	141,3	160,2	151,8
12	152,4	158,1	151,5
13	155,1	154,8	158,1
14	155,7	157,2	164,1

15	156,6	159	169
16	159	160,5	173,1
17	164,4	165,7	178,4
18	170	166,1	173,5
FL3	180,3	178,5	183
FL4	183,1	180,3	185,1
19	173,5	165	170,9
20	166,9	168,1	170,3
21	162,9	162,3	165,4
22	160,5	161,7	160,8
23	158,4	159,3	157,8
24	158,1	158,7	155,4

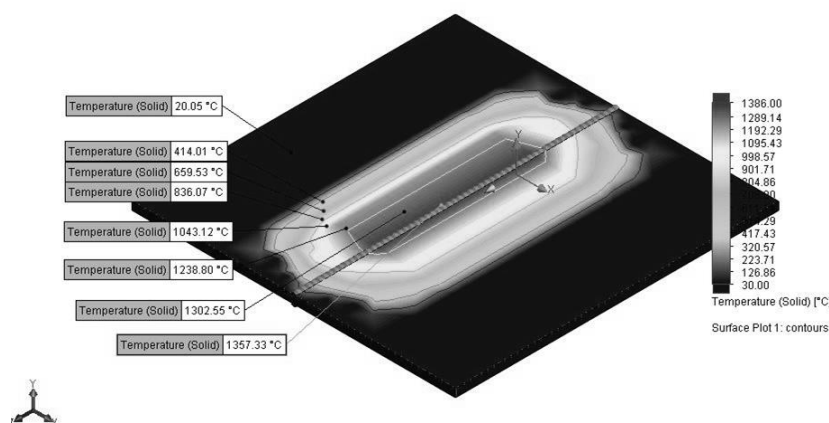
Pengujian dilakukan pada daerah pengelasan yang mengalami tegangan tarik. Apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya.

Berikut ini adalah data pengujian *side bend* hasil pengelasan untuk teknologi pemotongan *shearing*, *plasma* dan *oxyfuel* yang kemudian di masukan kedalam tabel (Lihat tabel 9).

Tabel 10. Hasil pengujian *side bend*

Metode Pemotongan	Thickness (mm)	Dimension Bend (mm)	Result	Sample Position
<i>Shearing</i>	14	10x14x350	<i>No Crack</i>	<i>Side Bend</i>
<i>Plasma</i>	14	10x14x350	<i>No Crack</i>	<i>Side Bend</i>
<i>Oxyfuel</i>	14	10x14x350	<i>No Crack</i>	<i>Side Bend</i>

Berdasarkan hasil pengujian *side bend* yang telah dilakukan hasilnya adalah dari semua specimen yang di uji menunjukan hasil yang baik tidak ada retakan (*crack*) yang di timbulkan pada daerah las maupun daerah *HAZ*. Berikut ini adalah hasil simulasi pengelasan pada *specimen*, dimana specimen tersebut disimulasikan pada pengelasan *FCAW* menggunakan *software solidwork*.



Gambar 8. Simulasi Thermal Pengelasan

Berdasarkan gambar 8 hasil dari simulasi temperature pengelasan distribusi panas yang ada pada material mencapai 1357.33 °C dimana suhu tersebut berada pada daerah *fusion zone/weld*

metal kemudian panas tersebut mulai merambat ke daerah *base metal* dan menjadi daerah *HAZ* dengan temperature 1302.55 °C sampai 1043.12 °C ke arah *base metal*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian dan evaluasi data serta pembahasan pada penelitian teknologi pemotongan material dengan *Shearing*, *Plasma*, dan *Oxyfuel* terhadap sifat mekanik hasil pengelasan FCAW dapat di ambil kesimpulan bahwa secara umum pemotongan dengan energi panas dapat mempengaruhi sifat mekanis suatu bahan daerah tepi potongan dan HAZ bahan baja SM 490 YB, perbedaan kekuatan tarik hasil pengelasan FCAW antara teknologi pemotongan *shearing* adalah sekitar 5.6 N/mm², *yield strength shearing* 380.33N/mm², *plasma* 374.74 N/mm² dan *yield strength oxyfuel* 374.92 N/mm². *Shearing*, *plasma* dan *oxyfuel* sangat kecil sekali perbedaannya. Kedalaman HAZ *plasma cutting* 1-2 mm dan HAZ *oxyfuel cutting* berkisar antara 3-4 mm. Harga impact pemotongan plasma sebesar 81,3 *Joule*, harga impact rata-rata untuk metode pemotongan oxyfuel sebesar 57,3 *Joule*, dan untuk metode pemotongan *shearing* diperoleh nilai *impact* rata-rata sebesar 56,3 *Joule*.

Berdasarkan hasil dan kesimpulan pada pembahasan terdapat beberapa saran dalam penelitian perlu dilakukan pengujian lebih luas lagi pada teknologi pemotongan *plate* yang lainya agar pembandingnya lebih variatif dan perlu ditambahkan penelitian uji komposisi kimia pada daerah tepi bekas pemotongan terutama yang memiliki HAZ serta penelitian dapat dilakukan pada material baja karbon dengan kadar karbon diatas 0,2% agar lebih terlihat pengaruhnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Universitas Gunadarma yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan, bantuan, dukungan, dan pengarahan yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulisan ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sahlan, 2015, “Aalisis Pengaruh Pemotongan Plasma Flame Cutting Baja Plat JIS G 3101 SS 400 Terhadap Kekuatan Tariknya”, Jurusan Teknik Mesin STT-PLN, Bandung.
- [2] Erizal, 2014, “Analisa Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Baja Karbon Medium Dan Quenching Air Laut”, Universitas Prof. DR. Hazairin, SH Bengkulu.
- [3] Asfarizal, 2008, “Pengaruh Masukan Panas Pengelasan Kampuh V Terhadap Struktur Mikro”, ISSN: 0854-8471 No. 30 Vol.1 Institut Teknologi Padang, Padang.
- [4] W. Harsono, Okumura Toshie, 2000, “Teknologi Pengelasan Logam”, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [5] A. Rzeźnikiewicz, 2014, “Cost comparison between oxyfuel and plasma cutting low alloy steel”, World Academy of Materials and Manufacturing Engineering, Polandia.
- [6] A. Al Antoni, 2009, “Pemesinan Nonkonvensional Plasma Arc Cutting”, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 9, Universitas Sriwijaya.
- [7] S.S. Pawar, Inamdar K.H, 2017, “Experimental Analysis of Plasma Arc Cutting Process for SS 316l Plate”, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE).India.
- [8] Saripuddin M, Lauw Dedi Umar, 2013, “Pengaruh Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan, Kekerasan, dan Struktur Mikro Baja ST 42”, ILTEK, Volume 8, Universitas Islam Makasar,

- [9] J. Sarjito, 2013, “*Weldability, welding metallurgy, Welding Chemistry*”, KAPAL, Vol. 3, Universitas Diponegoro.
- [10] S. Awal, Alimuddin Sam, Chairulnas, 2014, “Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending pada Hasil Pengelasan SM 490”, *Jurnal Mekanikal*, Vol. 4, ISSN 2086-3403.
- [11] Sasmito Eko, 2009, “Analisa Pengelasan Mild steel (ST.42) Dengan Proses SMAW, FCAW dan SAW Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Nilai Ekonomis”, KAPAL, Vol. 6. Universitas Diponegoro.
- [12] R. Yose, 2014, “Analisa Pengaruh Media Quench terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045”. *Jurnal APTEK* Vol. 6.
- [13] Naharuddin, Alimuddin Sam, Nugraha Candra, 2015, “Kekuatan Tarik dan bending Sambungan Las pada Material Baja SM 490 Dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW”, ISSN 2086-3403, *Jurnal Mekanikal*, Vol. 6.
- [14] T. Stenberg, E. Lindgren, Z. Barsoum, I. Barmicho, *Fatigue assessment of cut edges in high strength steel - Influence of surface quality*, Department of Aeronautical and Vehicle Engineering, Teknikringen, Sweden.
- [15] L. DAHIL, İ. DAHIL, 2013, “Comparison of Heat Effect Associated With Metal Cutting Method on ST 37 Alloy Steel”, ISSN 0543-5846.
- [16] American National Standard, 2015, “*Structural Welding Code Steel*”, AWS D1.1/D1.1M. 23rd Edition. Amerika Serikat.