

ANALISIS PENGARUH VARIASI FLOW RATE PADA MATERIAL PIPA 20 GB/T 8163 DENGAN PROSES LAS GTAW TERHADAP WELDING DEFECT, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO

Dwi Sukma Alfiani ^{1*}, Endang Pudji Purwanti ², Rikat Eka Prasstyawan³

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1*}

Email: dwisukmaalfiani@gmail.com¹

Abstract – GTAW is a welding method that is often used. However on the site, windy conditions resulted in less than optimal GTAW results, causing defects. Therefore it is necessary to have a solution to minimize the effect of wind on the welding results by increasing the flow rate of the shielding gas. The purpose of this study was to determine the effect of flowrate variations in GTAW welding on welding defects, hardness values, and microstructure of steel pipes. The method of this research using 3 specimens with flowrate variations of 15 L/min, 20 L/min, and 25 L/min. From radiographic testing, it was obtained that specimens with a flowrate of 25 L/min had zero defect. In the hardness test, the highest hardness value was in the variation of the flowrate where in the weld metal it is 184.88 kgf/mm². However, the flowrate variation has no significant effect on the hardness value. On micro observation it was found that the weld metal has a darker color. The conclusion from this study is that variations in flowrate can reduce welding defects, but do not have a significant effect on the hardness value and microstructure. This research is expected to contribute to pipe production industry.

Keywords: GTAW, ASTM A-106, flow rate, One Way ANOVA

1. PENDAHULUAN

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida antar equipment dari suatu tempat ke tempat lain. Fluida yang dialirkan dari suatu tempat ke tujuan, dilakukan dengan bantuan pompa maupun dengan memanfaatkan gravitasi bumi. Untuk membentuk rangkaian sistem perpipaan, dibutuhkan sambungan pipa yang disatukan menggunakan proses pengelasan. Oleh karena itu, pada sistem perpipaan membutuhkan prosedur pengelasan yang tepat untuk menciptakan sambungan yang maksimal dengan kegagalan minim.

PT X merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam pelayanan fabrikasi, *welding*, dan *piping*. PT X berkesempatan untuk bekerjasama dalam proyek PT Y. Pada proyek tersebut, salah satu material yang digunakan adalah *low carbon steel pipe* 20 GB/T 8163. Meski sistem produksi telah berjalan sesuai dengan *Welding Procedure Specification* yang digunakan, pada kenyataan di lapangan masih ditemukan kegagalan pada hasil pengelasan. Sambungan pipa mengalami *defect* saat dilakukan *radiography test* dan perlu dilakukan *cut reweld*.

Salah satu penyebab terjadinya *defect* adalah adanya kecepatan angin yang tinggi dan tak menentu saat dilakukan pengelasan di lapangan. Kecepatan angin yang terjadi di lapangan memiliki nilai rata-rata tinggi terutama saat pengelasan dilakukan pada area *piperack* dengan kondisi memiliki ketinggian area lebih tinggi dari area lain. Selain itu pengelasan

GTAW membutuhkan perlindungan terhadap udara yang memiliki kecepatan diatas 5 mph karena dapat menimbulkan terjadinya cacat las seperti porosity [1].

Kajian penelitian yang ditulis oleh Clay J Naito, Jazon Zimpher, Richard Sause dan Eric Kauffman pada tahun 2015 dengan judul *Effect of Environmental Conditions on Field Welding of Precast Concrete Connections*, pengelasan dilakukan pada kondisi lingkungan yang berbeda – beda, yaitu kondisi angin. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa variasi yang diberikan mampu mempengaruhi kualitas hasil lasan dan menyebabkan berbagai cacat [2].

Dengan adanya temuan tersebut, maka dibutuhkan percobaan menggunakan variasi *flow rate* terhadap gas argon dengan tujuan mengetahui nilai *flow rate* yang tepat untuk melindungi logam las dari kontaminasi angin penyebab *defect* [3].

Berdasarkan kajian yang sudah dilakukan, perlu adanya identifikasi lebih lanjut melalui studi eksperimen terhadap cacat las, tingkat kekerasan, dan struktur mikro pada pengelasan yang diberi variasi berupa *flow rate shielding gas* atau laju aliran gas pelindung berbeda pada tiap-tiap spesimen.

Hal ini penting dilakukan karena dengan mengetahui karakteristik cacat las, kekerasan, dan struktur mikro pada pengelasan GTAW yang diberi variasi *flowrate* dapat menjadi acuan dalam menentukan parameter proses pengelasan di waktu yang akan datang.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang mana meliputi tahap studi yang mencakup studi literatur dan studi lapangan, pengumpulan data dan persiapan spesimen, proses pengelasan dengan menyesuaikan kecepatan angin menggunakan blower, penambahan tiga variasi *flow rate*, *record surface defect* dengan uji visual, pengecekan cacat las dengan uji radiografi, uji kekerasan, struktur mikro, analisis data menggunakan ANOVA *one way*, serta yang terakhir adalah pembahasan dan kesimpulan.

2.1 Persiapan Material

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah material *low carbon steel pipe* 20 GB/T 8163 diameter 3” SCH 40 dengan bentuk kampuh *single V*. Proses pengelasan yang digunakan adalah *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dengan posisi 1G. Logam pengisi yang digunakan adalah elektroda ER70S-6. Komposisi kimia material *low carbon steel pipe* 20 GB/T 8163 dapat dilihat pada Tabel 1. Dan komposisi kimia elektroda ER70S-6 dapat dilihat pada Tabel 2.

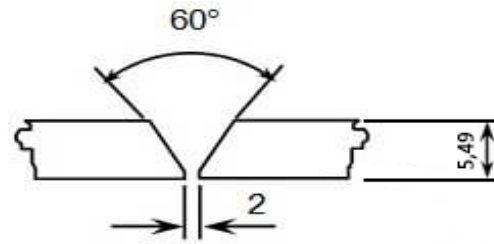
Tabel 1. Komposisi kimia material pipa 20 GB/T 8163

CHEMICAL REQUIREMENTS 20 GB/T 8163	
Composition	Persentase (%)
C	0.20
Si	0.22
Mn	0.42
S	0.008
P	0.016
Cr	0.03
Ni	0.014
Mo	0.001
V	0.001
Cu	0.01

Tabel 2. Komposisi kimia elektroda ER70S-6

Komposisi	Kandungan (%)
Carbon	0,06-1,5%
Silikon	0,08-1,15%
Nickel	0,15% max
Molybdenum	0,15% max
Copper	0,50%
Sulfur	0,035%
Chromium	0,15%
Iron	Balance
Manganese	1,40-1,85 %
Phosphorus	0,025 % max
Vanadium	0,03 % max
Other Total	0,50 % max

Penelitian ini menggunakan material pipa dengan diameter 3” yang mana detail sambungannya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Detail sambungan las

2.2 Proses Pengelasan

Dalam penelitian ini digunakan pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dengan posisi 1G serta sambungan *butt joint*. Proses pengelasan menggunakan elektroda ER70S-6 dengan parameter pengelasan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter pengelasan

Pass	Voltage (V)	Ampere (A)	Length (mm)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (J/mm)
Root	12-14	90-130	60	90-95	750-1500
Hot	12-14	90-130	70	90-95	750-1500
Filler	22-24	100-160	70-80	80-120	1800-2400
Cap	22-24	100-160	90-100	80-120	1800-2400

Proses pengelasan dilakukan dengan menambah kekuatan angin sesuai dengan kondisi di lapangan dengan cara meletakkan blower di sekitar area las dan dibantu dengan anemometer untuk menyesuaikan angin sesuai kebutuhan, yaitu 11 km/jam. *Shielding gas* yang digunakan adalah argon 99,997%

Pada pengujian ini, variasi *flowrate shielding gas* yang digunakan adalah sebanyak tiga variasi, antara lain 15 L/min, 20 L/min, dan 25 L/min. Variasi *flowrate* dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Flow rate 15 L/min



Gambar 3. Flow rate 20 L/min



Gambar 4. Flow rate 25 L/min

2.3 Surface Record Defect

Setelah pengelasan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan pengecekan pada permukaan las dengan cara melalui uji visual. Pada pengujian ini, semua spesimen dengan variasi *flow rate* dapat disimpulkan *accept* dan tidak ditemukan cacat pada permukaan las.

2.4 Uji Radiografi

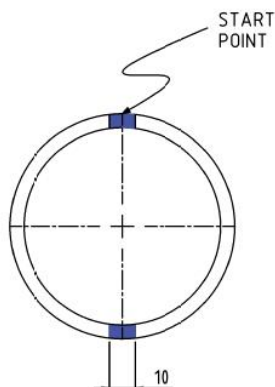
Langkah selanjutnya untuk mengetahui welding defect pada spesimen uji adalah dengan melakukan uji radiografi. Radiografi adalah salah satu uji tak rusak menggunakan sinar-x yang mampu menembus hampir semua logam sehingga dapat digunakan untuk mengungkap cacat atau ketidaksesuaian di balik dinding metal atau di dalam bahan itu sendiri [4].

Pada pengujian kali ini, uji radiografi dilakukan di PT Robutech Surabaya dengan menggunakan 3 spesimen yang mana tiap spesimen memiliki perbedaan *flowrate shielding gas*. Pada uji radiografi ini tiap spesimen membutuhkan 2 buah film D7 dengan dimensi 4 cm x 10 cm sebagai media perekam.

2.5 Uji Struktur Mikro

Pada pengujian struktur mikro, spesimen dilakukan *polishing* menggunakan mesin dan kertas gosok hingga grade 2000 sampai permukaan spesimen terlihat sangat bersih dan rata. Spesimen yang sudah di-*polishing* kemudian di-etsa menggunakan larutan HNO_3 dan HCl .

Hasil pengujian struktur mikro akan terlihat saat spesimen diuji dengan mikroskop optic dengan perbesaran hingga 500x. Foto mikro dilakukan pada daerah *base metal*, HAZ, dan *weld metal*. Untuk pengambilan spesimen uji struktur mikro dan uji kekerasan, direncanakan seperti Gambar 5.



Gambar 5. Cutting plan microstructure and hardness test

2.6 Uji Kekerasan

Uji kekerasan adalah kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap indentasi atau penetrasi. Kekerasan suatu bahan boleh jadi merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena pengujian sifat ini dapat digunakan untuk menguji homogenitas suatu material, selain itu dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lainnya.

Ada beberapa metode pengujian kekerasan logam antara lain: pengujian Brinel, pengujian Rockwell, dan pengujian Vickers. Dalam penelitian ini yang digunakan adalah pengujian kekerasan Vickers. Cara kerja pengujian ini yaitu menekan spesimen dengan indentor *pyramid* yang beralas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi berhadapan. Pengujian ini dilaksanakan dengan embebanan 1 kgf dan waktu tunggu 15 detik, lalu diagonal indentasi diukur dan hasil pengujian akan terlihat. Pengujian ini dilakukan pada daerah *base metal*, HAZ (*Heat Afective Zone*), dan *weld metal*.

Setelah mendapatkan data-data dari hasil pengujian kekerasan, selanjutnya dilakukan pengumpulan data berupa data kuantitatif dan kualitatif. Untuk data kuantitatif disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sehingga memudahkan dalam proses analisisnya, data ini juga diolah dengan menggunakan ANOVA *one way*. Untuk data kualitatif ditampilkan dalam bentuk gambar dan foto. Setelah data terkumpul maka analisis dilakukan dengan membahas hasil berkaitan dan sesuai tujuan yang diinginkan.

Analysis of Variance (ANOVA) adalah metode statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan antara dua atau lebih *sample*. Dalam sebuah penelitian terkadang ingin membandingkan hasil perlakuan (*treatment*) pada sebuah populasi dengan populasi yang lain dengan metode uji hipotesis yang ada [5].

Pada pengujian ini karena hanya menggunakan satu variasi yaitu *flowrate*, maka jenis analisis yang digunakan adalah ANOVA *one way*.

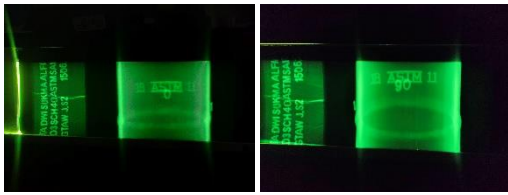
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Radiografi

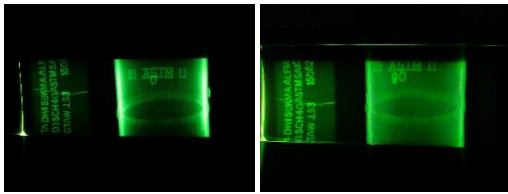
Dari proses pengujian radiografi yang telah dilaksanakan, hasil uji radiografi dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, hingga Gambar 8.



Gambar 6. Hasil uji radiografi pada material dengan variasi *flowrate shielding gas* 15 L/min



Gambar 7. Hasil uji radiografi pada material dengan variasi *flowrate shielding gas* 20 L/min



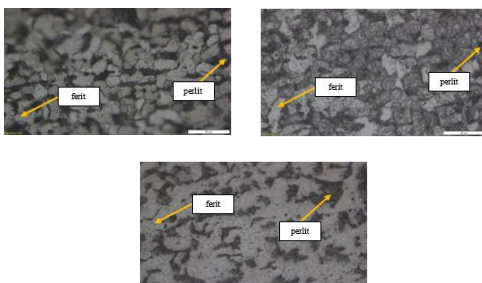
Gambar 8. Hasil uji radiografi pada material dengan variasi *flowrate shielding gas* 25 L/min

Dari hasil pengujian radiografi yang dijelaskan pada gambar di atas, spesimen dengan proses las menggunakan variasi *flowrate* sebesar 15 L/min memiliki defect sebanyak 2 buah, antara lain porositas sebesar 2,5 mm pada sisi 00 dan porositas sebesar 1,5 mm pada sisi 900. Spesimen dengan proses las menggunakan variasi *flowrate* sebesar 20 L/min memiliki defect sebanyak 1 buah berupa porositas sebesar 1 mm pada sisi 00. Sedangkan untuk spesimen dengan proses las menggunakan variasi *flowrate* 25 L/min tidak ditemukan cacat pengelasan pada hasil uji radiografi atau zero defect.

Penambahan *flowrate* dapat meminimalisir terjadinya cacat pada kondisi pengelasan berangin karena penambahan aliran gas pelindung dapat menghalau angin yang masuk ke dalam las-lasan penyebab cacat. [6]

3.2 Hasil Uji Struktur Mikro

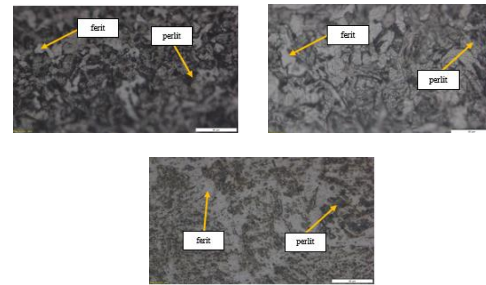
Pengujian struktur mikro dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dengan menggunakan mikroskop optik. Hasil foto mikro pada *Base Metal* dengan variasi *flowrate shielding gas* 15 L/min, 20 L/min, dan 25 L/min dengan pembesaran mikroskop 500x dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur mikro pada daerah *base metal* dengan variasi *flowrate* 15 L/min, 20 L/min, 25 L/min

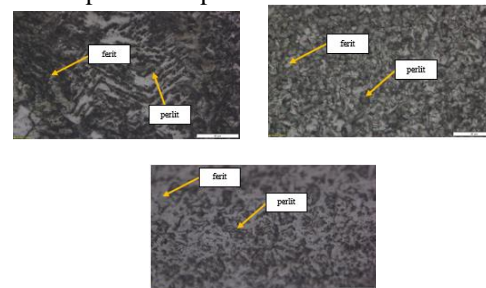
Kemudian hasil foto mikro pada HAZ dengan variasi *flowrate shielding gas* 15 L/min, 20 L/min,

dan 25 L/min dengan pembesaran mikroskop 500x dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Struktur mikro pada daerah HAZ dengan variasi *flowrate* 15 L/min, 20 L/min, 25 L/min

Selanjutnya hasil foto mikro pada *weld metal* dengan variasi *flowrate shielding gas* 15 L/min, 20 L/min, dan 25 L/min dengan pembesaran mikroskop 500x dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Struktur mikro pada daerah *weld metal* dengan variasi *flowrate* 15 L/min, 20 L/min, 25 L/min

Berdasarkan hasil pengujian mikro pada daerah *weld metal*, ditemukan fasa perlit yang lebih banyak dibanding fasa ferrit yang strukturnya rapat. Jika dibandingkan dengan daerah *base metal* dan HAZ, daerah *weld metal* memiliki fasa perlit lebih banyak dan rapat yang mana menandakan sifat dari daerah *weld metal* lebih keras daripada daerah *base metal* dan HAZ.

Jika dilihat secara seksama batas butir dari spesimen ini lebih kecil dan rapat, hal ini memungkinkan bahwa spesimen pada bagian *weld metal* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi sesuai dengan kaidah hukum *hall patch* (*Hall Patch Law*) dimana semakin kecil batas butir yang terlihat maka material akan memiliki kecenderungan lebih keras

3.3 Hasil Uji Kekerasan

Dari Pengujian kekerasan atau *hardness test* dilakukan untuk mengetahui kekerasan material akibat dari proses perlakuan panas yang diterimanya. Pengujian *hardness test* ini dilakukan dengan cara memberikan beban indentasi pada material yang diuji.

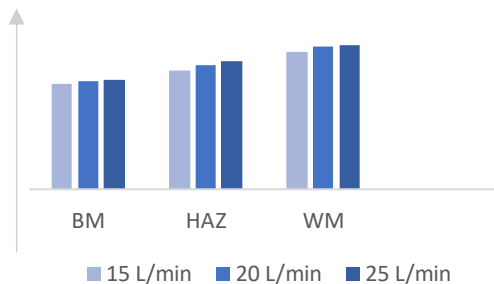
Dari hasil pengujian *hardness test* atau uji kekerasan pada *specimen* dengan variasi *flowrate* 15 L/min, 20 L/min, dan 25 L/min pada setiap daerah *base metal*, HAZ, dan *weld metal*.

Secara ringkas hasil pengujian kekerasan di setiap daerah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan

Bagian	Flowrate		
	15 L/min	20 L/min	25 L/min
Base Metal	134,88	138,43	140,76
HAZ	152,1	159,49	163,26
Weld Metal	175,31	183,28	184,88

Dan nilai kekerasan rata-rata dari variasi *flowrate shielding gas* dapat dirangkum dalam grafik seperti pada Gambar 12.



Untuk proses analisis pada pengujian *hardness*, digunakan *analysis of variance* (ANOVA) *one way* dengan *software* Minitab versi 18. Dalam pengujian hipotesis penelitian ini sebagai berikut:

H₀: Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi *flowrate shielding gas* saat proses pengelasan terhadap nilai kekerasan pada hasil pengelasan pipa 20 GB/T 8163.

H₁: Terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi *flowrate shielding gas* saat proses pengelasan terhadap nilai kekerasan pada hasil pengelasan pipa 20 GB/T 8163.

Hasil ANOVA pengujian kekerasan pada daerah *Weld Metal* dapat dilihat pada Tabel 5.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Flowrate	2	472,6	236,3	0,99	0,385
Error	24	5707,7	237,8		
Total	26	6180,3			

$F_{hitung} = 0,99 < F_{tabel} (0,05;2;24) = 3,40$ sehingga didapat $F_{hitung} < F_{tabel}$ dengan tingkat signifikansi sebesar 5%. Maka dalam pengambilan kesimpulan H₀ diterima dan H₁ ditolak. Dalam artian tidak terdapat pengaruh signifikan dari variasi *flowrate shielding gas* ketika proses pengelasan terhadap kekerasan daerah *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal*.

Pada analisis ANOVA yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perubahan signifikan dari variasi *flowrate* ketika proses pengelasan terhadap kekerasan di daerah *weld metal*, *HAZ*, maupun *base metal*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengelasan dengan variasi *flowrate shielding gas* berpengaruh pada cacat las yang mana semakin tinggi *flowrate* yang digunakan maka semakin rendah cacat yang dihasilkan. Pada pengujian visual tidak ditemukan cacat pada ketiga spesimen. Lalu pada uji radiografi ditemukan cacat porositas pada spesimen dengan *flowrate* 15 L/min sebanyak 2 buah dan *flowrate* 20 L/min sebanyak 1 buah. Tidak ditemukan cacat pada spesimen dengan *flowrate* 25 L/min.
2. Nilai kekerasan pada daerah *weld metal* merupakan daerah dengan nilai kekerasan tertinggi yang mana spesimen dengan *flowrate shielding gas* 15 L/min memiliki nilai kekerasan sebesar 175,31 kgf/mm², spesimen dengan *flowrate shielding gas* 20 L/min memiliki nilai kekerasan sebesar 183,28 kgf/mm², dan spesimen dengan *flowrate shielding gas* 25 L/min memiliki nilai kekerasan sebesar 184,88 kgf/mm². Nilai kekerasan pada material yang diberi variasi *flowrate* menunjukkan kenaikan. Namun dengan analisis ANOVA *one way* yang digunakan, menunjukkan perubahan tidak begitu signifikan.
3. Hasil dari uji mikro menunjukkan bahwa fasa perlit mendominasi pada area *weld metal* dengan komposisi perlit paling banyak terdapat pada spesimen dengan variasi *flowrate shielding gas* 25 L/min. Fasa perlit menunjukkan daerah dengan tingkat kekerasan lebih tinggi dibanding fasa ferit sehingga hal tersebut sejalan dengan hasil kekerasan yang telah diuji sebelumnya, yang mana semakin banyak perlit dengan struktur rapat dan pendek maka tingkat kekerasan pada material tersebut semakin tinggi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

-

7. PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto Harsono, (2000). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [2] Clay J Naito (2015) Effect of Environmental Conditions on Field Welding of Precast Concrete Connections. Concrete Institute.
- [3] Fernandes, R. D. (2021). Analisis Pengaruh Hasil Pengelasan Berangin pada Pipa HDPE dengan Metode Butt Fusion Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Hidrostatik. Surabaya: Repository PPNS..
- [4] Pitalokha, R. A. (2016). INSPEKSI CACAT (DISKONTINUITAS) PADA MATERIAL DENGAN MENGGUNAKAN UJI ULTRASONIK DAN UJI RADIOGRAFI. Jakarta: Prosiding Seminar Nasional Fisika.
- [5] Sekha, A. F. (2015). Analisa Penambahan Flowrate terhadap Cacat Porositas pada

Assembly Flare Stack Banyu urip. Surabaya:
Repository Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya.

- [6] Wulandari, T. M. (2020). ANALISIS
PENGARUH VARIASI ARUS DAN
FLOWRATE SHIELDING GAS CuNi 90/10
DENGAN METODE PENGELASAN GTAW
TERHADAP METALOGRAFI DAN
KEKERASAN. Surabaya: Repository Politeknik
Prkapalan Negeri Surabaya.