



PENGARUH OVERHEATING TERHADAP TERJADINYA DISTORSI DAN HASIL RT PADA PENGELASAN GTAW UNTUK MATERIAL SOLID INCONEL UNS N06625

Mikhael Milang Aran^{1*}, Trisno Susilo², Zakwan Hilmy³

^{1,2,3}Universitas Karimun, Indonesia

Email : mikhaelmilang@yahoo.com

Alamat: Jl. Canggai Puteri Kel. Teluk Uma Kec. Tebing Kab. Karimun 29663, Indonesia

Abstract. WPS has several parameters that determine heat input. This research was conducted to determine the welding results when the heat input used exceeds the value specified in the WPS used in the field. The research was carried out on 3 samples that have the same dimensions, namely 2" diameter with a thickness of 5.54 mm. The research method used was quantitative experimental. The weld results are checked visually then continued with the NDT process in the form of RT.

At each increase in heat input, there is a distortion of 4 mm and 1 number of RT weld defects in the heat input more than 10% WPS, distortion of 6 mm and 2 number of weld defects in the heat input more than 20% WPS, distortion 8 mm and 3 number of weld defects in the heat input more than 30 % WPS. The T test results show that overheating influences the occurrence of distortion and RT results in GTAW welding. From the research results, it can be concluded that the higher the heat input used in the GTAW welding process for Inconel UNS N06625 material, the higher the distortion and number of weld defects in the welding results.

Keywords: Distortion, Overheating, and RT Results.

Abstrak. WPS mempunyai beberapa parameter yang menentukan heat input. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil pengelasan ketika heat input yang dipakai telah melebihi nilai yang ditetapkan didalam WPS yang dipakai di lapangan. Penelitian dilakukan terhadap 3 sample yang mempunyai dimensi yang sama yaitu diameter 2" dengan ketebalan 5.54 mm. Metode penelitian yang dilakukan adalah kuantitatif eksperimental. Pada setiap kenaikan heat input yaitu terjadinya distorsi 4 mm dan 1 jumlah cacat las RT pada heat input lebih dari 10%, distorsi 6 mm dan 2 jumlah cacat las pada heat input lebih dari 20%, distorsi 8 mm dan 3 jumlah cacat las pada heat input lebih dari 30 %. Hasil uji T menunjukkan bahwa overheating mempengaruhi terjadinya distorsi dan hasil RT pada pengelasan GTAW. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan semakin tinggi heat input yang digunakan dalam proses pengelasan GTAW untuk material Inconel UNS N06625 semakin tinggi pula terjadinya distorsi dan jumlah cacat las pada hasil pengelasan.

Kata kunci: Distorsi, Hasil RT, dan Overheating

Received: September 13, 2024; Revised: Juli 18, 2024; Accepted: August 27, 2024; **Online Available:** September 27, 2024; **Published:** September 27, 2024;

*Corresponding author, e-mail address

1. LATAR BELAKANG

Pengelasan pipa yang dianggap paling efisien dan mempunyai kualitas terbaik adalah proses pengelasan GTAW (Teknologi et al., 2023). GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) merupakan salah satu metode pengelasan yang menggunakan elektroda tungsten yang tidak habis dipakai. Proses pengelasan ini memanfaatkan gas pelindung tanpa tekanan, dan dapat dilakukan dengan atau tanpa penggunaan logam pengisi tambahan. Gas pelindung yang umum digunakan dalam GTAW adalah helium, argon, atau campuran helium dan argon, sehingga sering disebut sebagai TIG (*Tungsten Inert Gas*) welding (Teknologi et al., 2023).

Berdasarkan *data weekly repair rate*, ditemukan bahwa banyak *welder* yang melakukan pengelasan GTAW tidak sesuai dengan parameter pengelasan di WPS. Dalam melakukan pengelasan sering sekali terjadi *over heating* (kelebihan panas) karena proses pengelasan yang tidak sesuai dengan parameter yang terdapat dalam WPS. *Overheating* berpengaruh besar terhadap terjadinya distorsi dan kualitas hasil pengelasan. Semakin tinggi nilai *heat input* (*overheating*) yang ada beresiko meningkatkan terjadinya distorsi dan menurunkan kualitas hasil pengelasan. Hal ini tentunya berdampak besar terhadap kelancaran laju produksi sebuah *spool* pipa. Diperlukan tambahan jam kerja (*man hour*), pekerja (*man power*) dan *consumable* untuk memperbaiki hal ini.

Dari masalah ini peneliti mencoba memberikan gambaran nyata penggunaan parameter pengelasan yang tidak sesuai dengan WPS yang berpengaruh besar terhadap terjadinya *overheating* dan hasil dari pengelasan tersebut. Berdasarkan uraian diatas, penulis mengajukan penelitian untuk tugas akhir atau skripsi dengan judul “Pengaruh Overheating Terhadap Terjadinya Distorsi Dan Hasil RT Pada Pengelasan gtaw untuk Material Solid Inconel UNS N06625.”

2. KAJIAN TEORITIS

Menurut standar DIN (*Deutsche Industrie Normen*), pengelasan didefinisikan sebagai proses metalurgi yang menghasilkan penyambungan antara dua atau lebih bahan logam atau paduan logam dalam keadaan meleleh atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah proses penyambungan lokal dari beberapa batang logam menggunakan energi panas. Jenis- jenis pengelasan menurut *American Welding Society* (AWS) adalah *fusion welding*. *Fusion welding* merupakan proses pengelasan dengan menggunakan panas

untuk melebur kedua permukaan logam yg akan disambung. Beberapa jenis Fusion Welding menggunakan logam pengisi (*filler*) yang ditambahkan pada titik logam yang lumer utk memadatkan dan menguatkan sambungan las. Yang termasuk *fusion welding* yaitu las Busur (*Arc Welding/ AW*). Las busur adalah proses pengelasan dimana pemanasan logamnya terjadi akibat adanya loncatan/ busur listrik (*electric arc*). Beberapa arc welding juga diikuti oleh penekanan selama proses dan umumnya membutuhkan logam pengisi.

Pengelasan ini melibatkan terbentuknya busur listrik antara elektroda tungsten dan logam yang akan disambung, dimana panas dihasilkan dari loncatan busur tersebut. Dalam proses ini, elektroda yang terbuat dari tungsten tidak terbakar habis yang disebut *non-consumable electrode* (Hilmy et al., 2024).

Inconel UNS N06625 sangat tahan terhadap asam pengoksidasi, seperti asam klorida, dan asam pereduksi, seperti asam sulfat. Ia memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap korosi lubang di lingkungan yang mengandung klorida karena kandungan kromiumnya yang tinggi. Ketahanan korosinya dapat lebih ditingkatkan dengan berbagai perlakuan seperti perlakuan panas atau annealing.

Campuran Inconel 625 adalah campuran yang sangat dicari karena sifat mekaniknya yang mengesankan. Campuran ini memiliki kekuatan lelah yang sangat baik, kekuatan tarik, dan tingkat pecah mulur yang tinggi pada suhu setinggi 1500F. Selain itu, ketahanan retak korosi tegangan dan ketahanan oksidasi membuatnya cocok untuk banyak aplikasi ekstrem. UNS N06625 juga menawarkan kemampuan las dan kemampuan bentuk yang unggul dibandingkan dengan banyak material serupa lainnya menjadikannya pilihan ideal untuk komponen yang perlu dibentuk dalam atau disambung secara rumit. Secara keseluruhan, Inconel 625 adalah solusi yang sangat kuat dan serbaguna dalam dunia campuran logam yang kompetitif.

Arus pengelasan memiliki dampak signifikan terhadap kedalaman penetrasi dalam proses pengelasan, serta mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Nilai arus dan tegangan biasanya memiliki korelasi positif, di mana peningkatan arus akan mengakibatkan peningkatan tegangan, dan sebaliknya. Dalam pengelasan GTAW, baik arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC) dapat digunakan, tergantung pada jenis

logam yang akan digabungkan. Tegangan busur adalah tegangan yang dihasilkan antara elektroda tungsten dan benda kerja.

Dalam pengelasan, diperlukan energi yang cukup untuk melelehkan logam induk dan logam pengisi. Sumber energi dalam operasi pengelasan bervariasi tergantung pada jenis prosesnya. Dalam pengelasan dengan busur listrik, energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini ditentukan oleh parameter-parameter seperti arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Kecepatan pengelasan juga memengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasan tidak statis, melainkan bergerak dengan kecepatan tertentu. Heat input dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Heat input(Kj/minute)} = \frac{\text{Arus (ampere)} \times \text{Tegangan (voltage)} \times 0.06}{\text{travel speed}(\frac{\text{cm}}{\text{minute}})}$$

Sumber : (Hilmy et al., 2024)

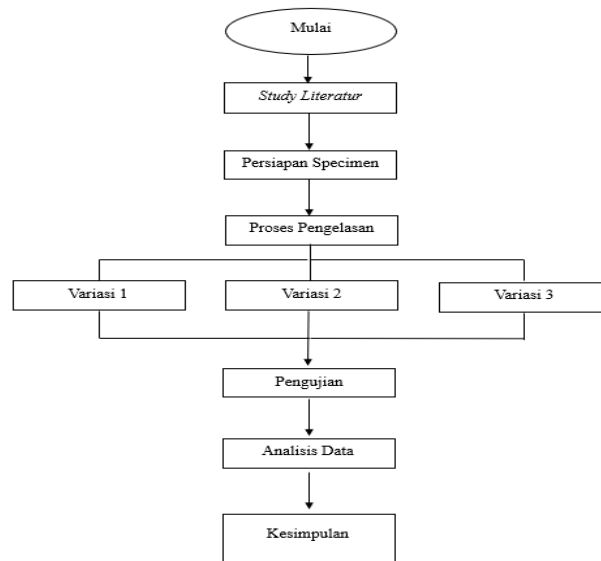
Rumus 1. Heat Input

Pengujian radiografi (RT) adalah salah satu bentuk uji tak merusak (non destructive test) yang digunakan untuk mengecek indikasi pada bagian dalam hasil lasan. Berdasarkan sumber radioaktifnya RT dibedakan menjadi 2 yaitu x-ray dan gamma-ray (*Radiographic Testing (RT) Radiographic Testing (RT) – Inspeksi NDT*, 2024).

Distorsi adalah perubahan bentuk atau penyimpangan bentuk yang diakibatkan oleh panas, yang diantaranya adalah akibat proses pengelasan. Distorsi terdiri dari longitudinal, transversal, dan angular. Distorsi longitudinal terjadi perubahan bentuk pada sepanjang garis pengelasan. Distorsi transversal terjadi pada garis melintang sumbu pengelasan, sedangkan distorsi angular menyebabkan benda kerja berubah bentuk ke arah menyudut. Distorsi merupakan cacat yang sulit dihindari jika prosedur pengelasan tidak dirancang dengan benar.

3. METODE PENELITIAN

Berikut adalah gambar diagram alur pada penelitian ini :



Sumber : Peneliti, 2024

Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Keterangan Gambar :

- a. *Study Literatur*, beberapa referensi yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut :
 1. Muhammad Zaki Mahbub dan Herry Oktadinata (2023), Pengaruh Masukan Panas Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Pada Pengelasan Dissimiliar Baja Aisi 304 Dan Baja Ss400 Menggunakan Metode GTAW, Universitas Jenderal Ahcmad Yani.
 2. Muhammad Zainuddin Yahya dan Yunus (2021) mengenai pengaruh variasi arus dan kecepatan aliran gaspelindung terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro hasil lasan.
- b. *Persiapan Specimen* : Material solid inconel UNS N06625 project EPC for North Field Production Sustainability offshore and pipe line project. Pipa dengan outside diameter 2'' sch 80s / 5.54 mm. Elektrode yang digunakan adalah ERNiCrMo- 3 dengan diameter 2.0 mm dan 2.4 mm. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi 5G uphill. Parameter pengelasan yang digunakan mengacu pada WPS 033727 PIP-09

NFPS-EPCOL PROJECT. Kampuh atau bevel yang digunakan jenis V terbuka, jarak celah plat 2mm tinggi akar 2mm dan sudut bevel 70 °.

- c. Pengelasan, proses Pengelasan dilakukan dengan proses GTAW dengan variasi sebagai berikut :
 1. Variasi 1 yaitu WPS dengan nilai heat input overheating ≥ 10 %,
 2. Variasi 2 yaitu WPS dengan nilai heat input overheating ≥ 20 %, dan
 3. Variasi 3 yaitu WPS dengan nilai heat input overheating ≥ 30 %.
- d. Pengujian : Pengujian hasil pengelasan dilakukan secara visual untuk mengecek profile pengelasan dan distorsi yang terjadi. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian radiographic test.
- e. Analisa Data : Hasil distorsi dan RT dari pengelasan overheating dengan variabel yang berbeda dianalisa datanya secara kuantitatif untuk menguji hipotesa yang ada.
- f. Kesimpulan : Dari analisis data hasil pengelasan dapat ditarik kesimpulann dari hasil penelitian ini.

Populasi dan Sampel

Populasi yang digunakan adalah material inconel UNS N06625 yang tersedia di Piping Shop Bay 1. Material ini terdiri dari berbagai ukuran mulai dari $\frac{3}{4}$ '' – 30 '' dengan ketebalan dari 2.87 mm- 24.61 mm. Material ini kemudian di fabrikasi menjadi bentuk spooling.

Dari Material Inconel yang tersedia diambil sampel pipa dengan ukuran 2'' dengan ketebalan 5,54 mm yang kemudian di sambung. Pipa ini disambung menjadi 3 sambungan las yang terpisah untuk kemudian di lakukan pengelasan dengan nilai heat input yang telah ditentukan.

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif yaitu penelitian yang menggambarkan variabel secara apa adanya didukung dengan data-data berupa angka yang dihasilkan dari keadaan sebenarnya. Parameter pengelasan dicatat kemudian dianalisa dengan WPS yang digunakan. Kemudian untuk hasil pengelasan

dilakukan pengujian dengan mengukur nilai distorsi yang terjadi serta ukuran dan jumlah cacat las yang dihasilkan.

1. Uji Asumsi Klasik

Untuk menentukan ketepatan model maka perlu dilakukan pengujian atas beberapa asumsi klasik, antara lain :

a) Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk dapat menguji apakah data yang akan digunakan untuk uji hipotesis yaitu data dari variabel dependen dan independen yang digunakan telah berdistribusi secara normal ataukah tidak.

b) Uji Heterokedastisitas

Heteroskedastisitas dapat dideteksi melalui beberapa pengujian salah satunya yaitu Uji Gletser dimana melakukan uji regresi variabel bebas pada nilai residual yang telah diabsolutkan.

2. Uji T

Berdasarkan hasil output dari uji T, variabel independen dikatakan berpengaruh secara signifikan apabila nilai signifikansinya lebih kecil dari 0,05 dan nilai t hitung lebih besar dari t tabel.

3. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi menunjukkan sejauh mana kontribusi variabel bebas dalam model regresi mampu menjelaskan variasi dari variabel terikatnya. Koefisien determinasi dapat dilihat melalui nilai R-square (R^2) pada tabel Model Summary.

Lokasi dan Jadwal Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Workshop Piping Shop bay 1 PT. Saipem Indonesia Karimun Yard. Penelitian dilakukan ditempat ini dikarenakan terdapat material inconel UNS N06625 yang sedang di Fabrikasi dengan dukungan mesin dan jurus las yang berkualifikasi untuk material tersebut.

2. Jadwal Penelitian

Berikut ini adalah tabel jadwal penelitian yang dilakukan :

Tabel 1 Jadwal Penelitian

KEGIATAN	MARET					APRIL					MEI				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Perencanaan															
Persiapan Alat Dan Bahan															
Pembentukan Specimen Las															
Proses Pengelasan GTAW															
Visual Dan Pengecekan Distorsi															
Pengecekan PMI Dan RT															
Mengolah Data, Hasil Dan Kesimpulan															

Sumber : Peneliti, 2024

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan dapat diketahui distorsi maupun cacat las yang dihasilkan akibat overheating selama pengelasan. Berikut adalah tabel data heat input terhadap Distorsi yang diperoleh :

Tabel 2 Data Heat Input terhadap Distorsi

Parameter Pengelasan	Layer Pengelasan	Heat Input (Kj/mm)	Distorsi (dalam jarak 100mm)
10%	Root Pass	2.142	2
	Hot Pass	1.572	3
	Fill Pass	1.786	3.5
	Capping Pas	1.400	4
20%	Root Pass	2.242	4
	Hot Pass	1.74	4.5
	Fill Pass	1.943	5
	Capping Pas	1.53	6
30%	Root Pass	2.547	3
	Hot Pass	1.88	4
	Fill Pass	2,10	5
	Capping Pas	1,67	8

Sumber : Peneliti, 2024

Pengelasan dengan *heat input* lebih dari 10% WPS dalam jarak 100mm ditemukan distorsi senilai 4mm., *heat input* lebih dari 20% WPS ditemukan distorsi dalam jarak 100mm senilai 6mm, dan pada *heat input* lebih dari 30% dalam jarak 100mm ditemukan distorsi senilai 8mm.

Tabel 3 Data Heat Input terhadap Hasil RT

Parameter Pengelasan	Layer Pengelasan	Heat Input (Kj/mm)	Jumlah Cacat Las	Panjang Cacat Las (mm)
10%	Root Pass	2.142	1	7.4
	Hot Pass	1.572	1	7.4
	Fill Pass	1.786	1	7.4
	Capping Pas	1.400	1	7.4
20%	Root Pass	2.242	2	22.5
	Hot Pass	1.74	2	22.5
	Fill Pass	1.943	2	22.5
	Capping Pas	1.53	2	22.5
30%	Root Pass	2.547	3	12.9
	Hot Pass	1.88	3	12.9
	Fill Pass	2,10	3	12.9
	Capping Pas	1,67	3	12.9

Sumber : Peneliti, 2024

Pada tabel 3 ditemukan bahwa terdapat 1 cacat las berupa *root concavity* sepanjang 7,4mm, ditemukan 2 cacat las yaitu *lack of penetration* dengan panjang masing-masing 14,3 mm dan 8,2mm, serta ditemukan 3 cacat las yaitu *porosity* dengan panjang 2,9mm, *lack of fusion* dengan panjang 2,3mm, dan *excessice penetration* dengan panjang 7,7mm.

Hasil Uji Asumsi Klasik

Adapun hasil uji tersebut antara lain :

1. Uji Normalitas

Pada hasil tests of normality shapiro willk menunjukkan bahwa variabel nilai signifikan heat input sebesar 0,940 dan distorsi dengan nilai signifikan sebesar 0,794. Hasil uji normalitas pada variabel Hasil RT sebesar 0,125. Oleh karena itu, berddasarkan hasil uji tersebut di atas, maka penelitian ini memenuhi kriteria uji normalitas yaitu nilai signifikansi shapiro wilk lebih besar dari 0,05. yang terdapat pada tabel 4 dibawah ini :

Tabel 4 Hasil Uji Normalitas

Variabel	P Value	Nilai Alpha (α)
<i>Overheating</i>	0,940	0,05
Distorsi	0,794	0,05
Hasil RT	0,125	0,05

Sumber : Peneliti, 2024

2. Uji Heterokedastisitas

Tabel 5 Hasil Uji Heterokedastisitas

Variabel X terhadap Y	P Value	Nilai Alpha (α)
<i>Overheating terhadap Distorsi</i>	0,284	0,05
<i>Overheating terhadap Hasil RT</i>	0,454	0,05

Sumber : Peneliti, 2024

Pada tabel 5 dapat dilihat hasil uji glejser menunjukkan nilai residual dari analisis regresi sederhana *heat input* terhadap distorsi sebesar 0,284. Analisis *heat input* terhadap hasil RT menunjukkan nilai uji glejser sebesar 0,454. Oleh karena itu, penelitian ini tidak terjadi heterokedastisitas atau penelitian ini adalah homokedastisitas.

Hasil Uji T**Tabel 6 Hasil Uji T**

Variabel X terhadap Y	T Hitung	T tabel
<i>Overheating terhadap Distorsi</i>	23,366	1,812
<i>Overheating terhadap Hasil RT</i>	3,563	1,812

Sumber : Peneliti, 2024

Pada tabel 6 menunjukkan bahwa nilai t hitung *overheating* terhadap distorsi sebesar 23,366 lebih besar dari t tabel sebesar 1,812 dan nilai t hitung *overheating* terhadap hasil RT sebesar 3,563 lebih besar dari nilai t tabel sebesar 1,812. Ini berarti *overheating* berpengaruh terhadap distorsi dan hasil RT. Penelitian ini menyatakan bahwa *overheating* berpengaruh terhadap distorsi pada pengelasan GTAW material solid inconel UNS N06625 dan begitu juga *overheating* berpengaruh terhadap hasil RT pada pengelasan GTAW material solid inconel UNS N06625.

Hasil Koefisien Determinasi

Tabel 7 Hasil Koefisien Determinasi

Variabel X terhadap Y	R Square	Nilai %
<i>Overheating terhadap Distorsi</i>	0,982	98,2%
<i>Overheating terhadap Hasil RT</i>	0,559	55,9%

Sumber : Peneliti, 2024

Pembahasan

Pengelasan dengan heat input ≥ 10 mempunyai nilai distorsi maupun jumlah cacat las dalam rentang rendah. Pengelasan dengan heat input ≥ 20 mempunyai nilai distorsi maupun jumlah cacat las dalam rentang sedang. Pengelasan dengan heat input ≥ 30 mempunyai nilai distorsi maupun jumlah cacat las dalam rentang tinggi. Hal ini menunjukkan kenaikan heat input pada pengelasan berbanding lurus dengan peningkatan distorsi maupun jumlah cacat las pada hasil pengelasan. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian overheating berpengaruh terhadap terjadinya distorsi dan hasil RT pada pengelasan GTAW untuk material solid Inconel UNS N06625.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan semakin tinggi heat input yang digunakan dalam proses pengelasan GTAW untuk material Inconel UNS N06625 semakin tinggi pula terjadinya distorsi dan cacat las. Ketika parameter heat input dinaikkan 10 % dari wps ditemukan distorsi sebesar 4 mm, dinaikkan 20 % dari wps terjadi distorsi 6 mm, dinaikkan 30 % terjadi distorsi 8 mm.

Begitu juga dengan cacat las hasil RT. Ketika parameter dinaikkan 10 % hanya satu cacat las yang timbul, dinaikkan 20 % ada 2 cacat las timbul begitu terus meningkat ketika heat inputnya dinaikkan menjadi 30 % jumlah cacat las yang timbul menjadi 3.

Saran

Dalam melakukan penelitian tentang pengaruh overheating terhadap terjadinya distorsi dan hasil RT pada pengelasan GTAW untuk material solid inconel UNS N06625, maka penulis akan memberikan saran antara lain :

- a) Peneliti selanjutnya mengembangkan penelitian dengan meneliti specimen pengelasan yang berbeda.
- b) Peneliti selanjutnya dapat menambahkan variabel independen untuk mengembangkan penelitian ini dengan variabel variasi included groove angle dan/atau kecepatan las.

DAFTAR REFERENSI

- Anggraini, L., & Saputra, B. S. (2019). Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Las Gesek Baja SCM415H Untuk Aplikasi Poros Roda Belakang. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(2), 177–184. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jrm.2019.010.02.9>.
- Arief, Wahyu. 2020. Tegangan Dan Regangan Normal. [https://www.academia.edu/36108938/Tegangan dan Regangan Normal](https://www.academia.edu/36108938/Tegangan_dan_Regangan_Normal). Diakses 10 Februari 2024.
- Aryadi, G., Wibowo, A., Nugroho, C. B., & Arysawan, A. (2022). Pengujian Korosi Intergranular Pada Material UNS 06625 Sesuai Standar ASTM G-28. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 4(2), 82–86. <https://doi.org/10.30871/Jatra.V4i2.4930>.
- Dinov, K. . (2021). Analisa Pengaruh Variasi Heat Input Dengan Metode Pengelasan SMAW Pada Material Baja Karbon S355J2N Dengan Pengujian Hardness Test. 10.
- G.E Mathis Company. (2021). Understanding Gas Metal Arc Welding. <https://www.gemathis.com/understanding-gas-metal-arc-welding/>, diakses tanggal 25 Januari 2024.
- Hilmy, Z., Susilo, T., Adi, F. T., & ... (2024). Analisa Kesesuaian Masukan Heat Input Pada Pengelasan Gtaw Untuk Material Solid Inconel Uns N06625. *Jurnal Jalasena*, 5(2), 43–54.
- Industri, F. T. (2019). Pengaruh Heat Input Dan Variasi Komposisi Shielding Gas Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Sambungan Baja Karbon Rendah Jis G3101 Hasil Gas Metal Arc Welding (Gmaw) Sebagai Aplikasi Arm Excavator Di Pt . X.
- Musta, M., Siswanti, H., Mulananda, A., Teknik Bangunan Kapal, J., Negeri Madura Sampang, P., & Timur, J. (2022). Pengaruh Variasi Heat Input Pada Pengelasan Dissimilar Antara Baja Astm A36 Dan Astm A131 Terhadap Tensile Strength Dan Struktur Makro. 12(2).
- Octaviana Nurfitri. (2019). Studi Eksperimen Pengaruh Heatinput Pengelasan Gtaw Dan Konsentrasi Naclo Terhadap Laju Korosi Stainless Steel 304.

- Patti, T. S., Dasira, A., Prawira, M. Z., Putra, A. P., Studi, P., Perkapalan, T., Saintek, F., & Karimun, U. (2024). Pengaruh Heating Torch Terhadap Temperature Dari Permukaan Plat Tebal 8 Mm Grade Ah36 Dengan Plat 16 Mm Grade Ah36. 6(1), 34–41.
- Paul Rieder, P.Eng, R. H. (2024). What About Submerged Arc Welding. Canadian Metal Working.<https://www.canadianmetalworking.com/canadianindustrialmachinery/article/welding/what-about-submerged-arc-welding>, diakses tanggal 02 Februari 2024.
- Rachmadani, A. F. (2019). Pengaruh Heat Input Pengelasan Gtaw Pada Stainless Steel 316 Terhadap Laju Korosi Di Media Sodium Hipoklorit Dengan Konsentrasi Berbeda.
- Radiographic Testing (RT) Radiographic Testing (RT) – Inspeksi NDT. (2024). <https://www.inspeksi.co.id/radiographic-testing-rt-inspeksi-ndt/>, diakses tanggal 05 Februari 2024.
- Savitri Ramadhani, 2022. Pengaruh Variasi Temperatur Preheat Pada Pengelasan SMAW Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Karbon SS400, 12-20.
- Tank Welding LLC. (2021). Electrogas Welder. 27 Oktober. <https://tankwelding.com/electrogas-welder/>, diakses 05 Februari 2024.
- Teknik Las GTAW Teknik Las GTAW . I Teknik Las GTAW Ii | Teknik Las GTAW. (N.D.). Diakses 10 Februari 2024.
- Teknologi, J., Psl, X., Engelasan, H. A. P., Ariyanto, N. P., Wibowo, A., Rossbandrio, W., Widiastuti, H., & Kamsyah, D. (2023). Pengujian M Ekanis Dan Korosi Pada Weld Overlay P IPA API 5L. 5(1), 21–26.
- Trisno Susilo, Larifa'I, & Andrew Pradana. (2021). Analisa efek thermal pengelasan FCAW terhadap Deformasi Dengan Variasi Posisi Pengelasan dan Ketebalan Plate Pada Pelat EH 36 Untuk Stool Support. *Jurnal Jalasena*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.51742/jalasena.v3i1.364>.
- Widyianto, A., Sunar Baskoro, A., Kiswanto, G., Fathin, M., & Ganeswara, G. (2021). Analisis Pengaruh Arus Pengelasan Dan Urutan Pengelasan Pada Pengelasan Pipa Orbital Terhadap Lebar Manik Las Dan Distorsi Pada Pipa Baja Tahan Karat 316L. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 16(1), 52–60.
- Yunus. (2021). Pengaruh Variasi Arus Dan Kecepatan Aliran Gas Pelindung Pada Pengelasan Material Ss-304 Menggunakan Las Tig Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro. *Jtm*, 09(01), 145–150.
- Zaki Mahbub, M. (2023). Pengaruh Masukan Panas Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Pada Pengelasan Dissimilar Baja AISI 304. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(1), 24–33. [Http://Ejournal.Unismabekasi.Ac.Id](http://Ejournal.Unismabekasi.Ac.Id).