



ANALISA CACAT LAS (CRACK) PADA JOINT BUTT WELD PENGARUH DARI PENGELASAN CRANE PEDESTAL PADA PROJECT WTIV (*WIND TURBINE INSTALLATION VESSEL*)

Bambang Sutijo^{1*}, Zakwan Hilmy², Fajar Tyas Adi³

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

*Email: bambang88tbk@gmail.com

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

Korespondensi penulis: penulis.pertama@email.com (10pt, Times New Roman)

Abstract. *Wind farm transportation installation vessel (WTIV) is a vessel specifically designed to install offshore wind turbines. Most are self-elevating jack up rigs. To enable rapid relocation at the wind farm, the power plan is self during the process fabrication block, a cracked weld defect was found visually in one of the butt weld joints. The amount of support resulting from calculating the influence of the load from the crane pedestal is 494 kpa in the deck plate area where cracks were found to be defective and this can influence the occurrence of cracks in the butt joint. Meanwhile, the maximum stress calculation that can be calculated due to the crane pedestal load is σ : 0.370 N/mm² or σ : 370Mpa on the deck plate. Meanwhile the steps to repair the welding crack so that it doesn't happen again, what must be done is by adding support under the deck crane pedestal, while is terms of welding repair that is by carrying out welding in accordance with the WPS and welding sequence.*

Keywords: *Weld defect, Wind Farm, Load, yields strength*

Abstrak. *Wind farm Transportation Installation Vessel (WTIV) adalah kapal yang dirancang khusus untuk memasang turbin angin lepas pantai. Sebagian besar merupakan rig jackup self-elevating. Untuk memungkinkan relokasi cepat di ladang angin, pembangkit listrik ini bergerak sendiri. Ketika bejalanya proses fabrikasi di blok M02S, ditemukan cacat las retak atau crack secara visual di salah satu sambungan butt weld. Besarnya tumpuan yang di dihasilkan dari perhitungan pengaruh beban dari crane pedestal adalah sebesar 494 kpa di area deck plate yang di temukan cacat las crack dan ini dapat mempengaruhi terjadinya crack pada butt joint tersebut. Sedangkan perhitungan tegangan maksimum yang di dapat dari perhitungan akibat beban crane pedestal adalah σ : 0.370 N/mm² atau σ : 370Mpa pada deck plate. Sedangkan langkah-langkah untuk memperbaiki crack las tersebut agar tidak terjadi lagi yang harus dilakukan adalah dengan penambahan support di bawah deck crane pedestal sedangkan dari segi perbaikan pengelasan yaitu dengan melakukan pengelasan sesuai dengan WPS dan sequence pengelasan. Abstrak wajib ditulis dalam bahasa Indonesia dan memuat uraian singkat tentang latar belakang penelitian, tujuan, metode, temuan, dan implikasi. Abstrak ditulis dalam satu paragraf dengan spasi tunggal (maksimum 200 kata), tanpa ada rujukan atau rumus.*

Kata kunci: *Cacat Las, Wind Farm, Tumpuan, Tekanan Maksimum*

1. LATAR BELAKANG

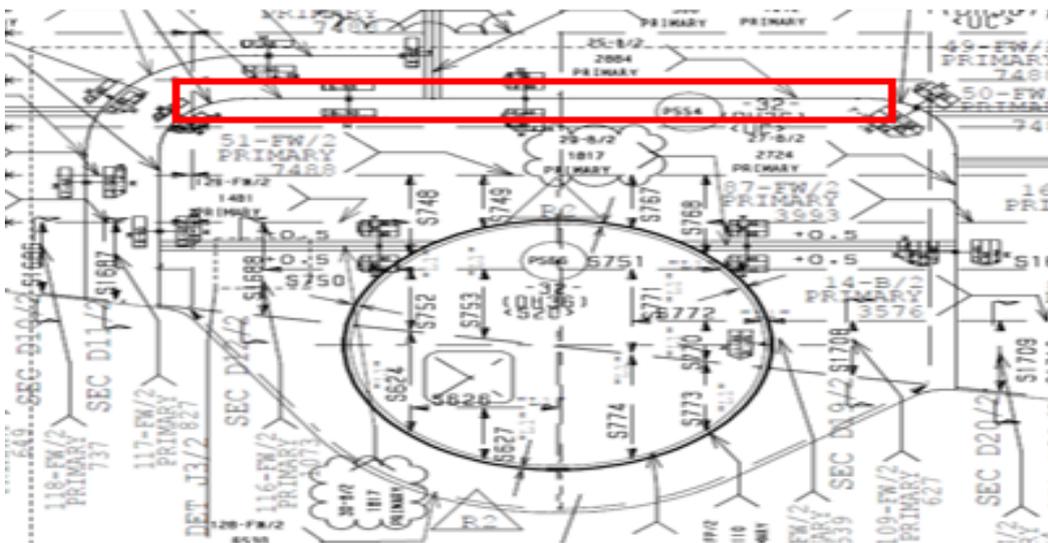
Wind farm Transportation Installation Vessel (WTIV) adalah kapal yang dirancang khusus untuk memasang turbin angin lepas pantai. Sebagian besar merupakan

Received: Juni 12, 2024; Revised: Juli 18, 2024; Accepted: August 27, 2024; **Online Available:** August 29, 2024; **Published:** August 29, 2024;

*Corresponding author, e-mail address

rig jackup self-elevating. Untuk memungkinkan relokasi cepat di ladang angin, pembangkit listrik ini bergerak sendiri. Ia juga memiliki lambung berbentuk kapal yang ramping untuk mencapai waktu penyelesaian yang cepat dengan kapal membawa beberapa pondasi atau turbin angin setiap saat. Pendorong azimuth digunakan untuk memposisikan kapal selama operasi jack-up. Beberapa kapal menggunakan pendorong dalam posisi dinamis (tanpa jacking) untuk menjaga kestabilan penggerak tiang pancang saat memasang pondasi.

Ketika penulis memantau proses fabrikasi di blok M02S, ia menemukan cacat las retak secara visual di salah satu sambungan *butt weld* pada blok tersebut dan mengidentifikasi nomor sambungan pada peta las adalah 25-B/2. Sedangkan cacat pengelasan pada konstruksi kapal mempunyai persentase yang ditentukan oleh pemilik kapal. Salah satu cacat pengelasan yang tidak dapat ditoleransi dalam proses fabrikasi konstruksi kapal adalah retak pada area pengelasan.



Gambar 1. 1 Lokasi cacat las di butt joint no 25-B/2 dilihat dari weld map

Identifikasi Masalah

Berdasarkan Latar Belakang Masalah di atas dapat identifikasi masalah pada penelitian ini yaitu terjadinya cacat las crack pada *butt weld joint no 25-B/2* dikarenakan proses pengelasan pada pedestal crane.

Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah pada:

1. Cacat las crack pada *butt weld joint no 25-B/2*.
2. Bagaimana cara mengatasi atau memperbaiki cacat las pada *butt weld joint no 25-B/2*
3. Perhitungan yield strength pada object penelitian dilakukan secara manual

Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisa penyebab terjadinya retak atau *crack* pada pengelasan *butt weld* pada joint no. 25-B/2.
2. Bagaimana cara memperbaiki cacat las *crack* yang terjadi pada *joint butt weld no 25-B/2*

2. KAJIAN TEORITIS

Cara penyambungan logam sudah ada sejak ribuan tahun yang banyak dilakukan oleh para pandai besi yaitu dengan menggunakan metode tempa. Kemudian pada abad ke 19 mulai dikenal pengelasan dengan menggunakan gas oksigen dan gas asetilena yang menghasilkan nyala api yang panas. Pada saat yang sama, pengelasan juga dikenal berasal dari energi listrik.

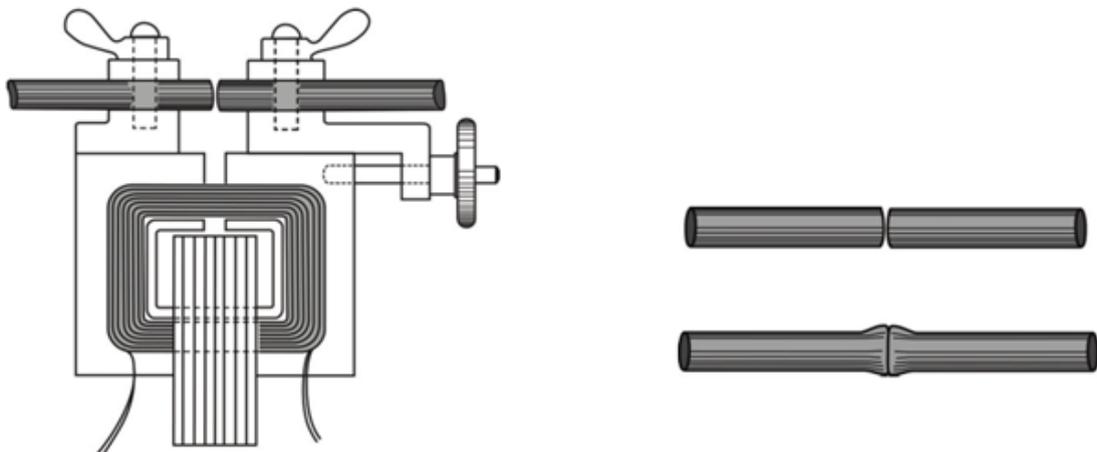
Merujuk pada American Welding Society (AWS), pengertian pengelasan adalah suatu proses penyambungan dua material/lebih, biasanya berupa logam, dengan menggunakan energi panas hingga bahan yang akan disambung meleleh (melted) dan kemudian melebur (fused). , dengan memberikan tekanan atau tidak. , serta apakah mereka menyediakan bahan tambahan (yang dapat dikonsumsi) atau tidak. Selain itu, menurut Widharto, pengelasan merupakan suatu metode penyambungan benda dengan cara

meleburkannya melalui pemanasan. Berdasarkan pengertian Deutche Industri Normen Welding atau disingkat DIN adalah pengikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan logam yang dilakukan dalam keadaan cair.

Ada 2 kata kunci yang menjadikan suatu proses disebut pengelasan, yaitu :

1. Material yang akan dilas bisa meleleh / mencair (*melted*)
2. Kemudian menyatu / berpadu menjadi *solid* kembali (*fused*).

Teknik penyambungan logam dengan metode tahanan, las gas dan las busur listrik merupakan metode penyambungan logam yang baik dan mulai dikembangkan sebelum Perang Dunia I.



Gambar 2. 1 Thomson's resistance welding transformer

1. Metode Pengelasan:

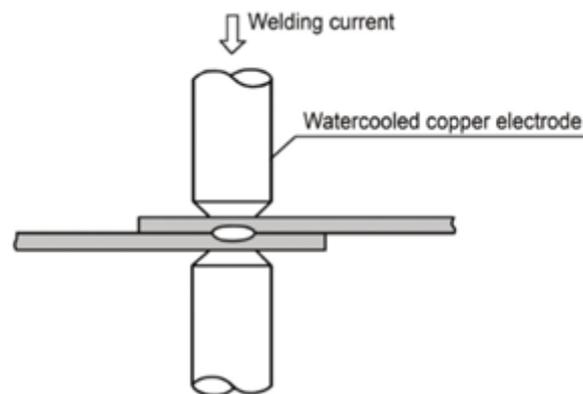
Resistance Welding

Pengelasan resistansi banyak digunakan untuk mengelas pelat dengan ketebalan kurang dari 8 mm. Trafo untuk pengelasan resistansi dapat menghasilkan daya 2000A pada tegangan rangkaian terbuka 2V. Pengelasan resistansi dikembangkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. *Spot welding*

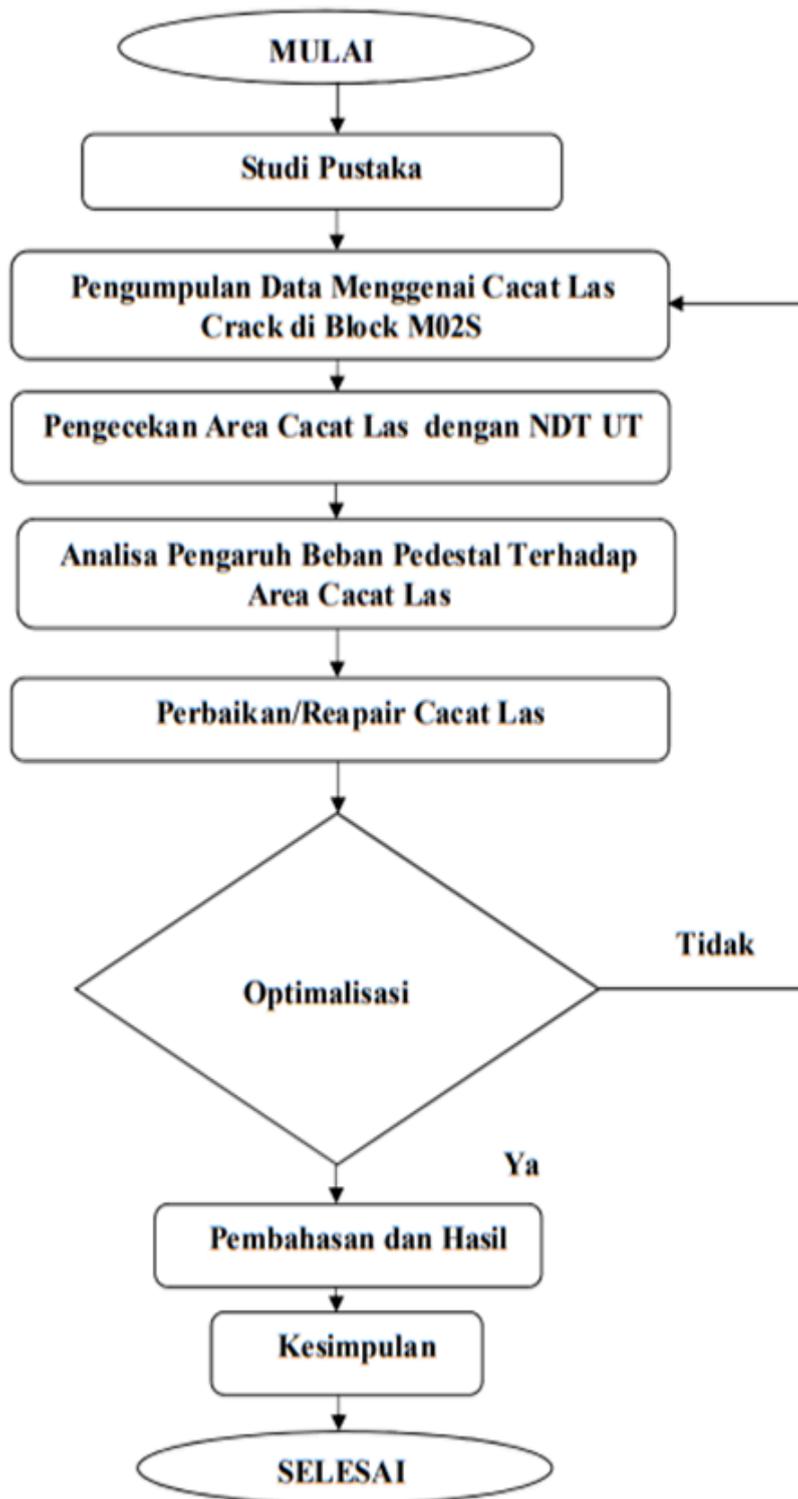
2. *Seam welding*
3. *Projection welding*
4. *Flash butt welding*

Dalam perkembangan industri, spot welding merupakan salah satu jenis pengelasan resistansi yang banyak digunakan khususnya pada industri otomotif. Prinsip kerja spot weld adalah terdapat dua buah elektroda tembaga yang dialiri arus listrik dengan arus yang tinggi, memberikan tekanan pada pelat-pelat yang berada pada posisi sambungan yang saling tumpang tindih, dan pada saat yang bersamaan pelat-pelat tersebut meleleh pada area titik-titik elektroda tersebut. Metode pengelasan spot dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Prinsip kerja spot welding

3. METODE PENELITIAN



Gambar 3. 1 Desain penelitian

Sumber : Peneliti, 2024

Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan data yang di gunakan penulis dalam penelitian ini adalah data sekunder (Secondary Data) dan data primer (*Primary Data*), sekunder data merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan. (*sumber: nagabiru86's blog*)

Sedangkan data primer merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Data primer dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer yaitu : (1) metode survei dan (2) metode observasi.

Metode Analisis Data

Metodologi yang di gunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1 Metodologi Obseravsi dan Pengamatan

Penulis langsung melakukan observasi ketempat penelitian yaitu di PT Karimun Sembawang Shipyard untuk melakukan observasi dan pengamatan langsung di area fabrikasi sub block project WTIV yang sedang di kerjakan.

2 Metode Interview

Dalam hal ini penulis akan melakukan wawancara langsung dengan supervisor, inspector, teknisi production dan juga welder atau tukang las yang berhubungan langsung pada pengelasan yang di dapati adanya indikasi cacat las crack.

3. Metode Studi

Penulis akan mempelajari teori - teori yang memiliki kemiripan dengan data yang akan di teliti. Disini penulis mencari panduan dari buku yang berhubungan dengan cacat las dan proses pengelasan

4 Analisa pengaruh beban

Dalam tahap analisa ini penulis akan menggunakan sebuah *software* yang bisa menganalisa beban dalam bentuk gambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang mengacu pada data yang sudah di ambil di tahap observasi dan penelitian.

5 Pembahasan

Dalam tahap ini penulis akan mengkombinasikan hasil dari perbaikan atau repair cacat las dan hasil dari analisa beban di area pengelasan.

6 Kesimpulan

Dalam tahap kesimpulan ini bisa diambil suatu hasil atau kesimpulan kenapa cacat las itu bisa terjadi.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Karimun Sembawang Shipyard pada peojct bangunan baru kapal installation Windfarm (WTIV) yang teletak di jalan teluk paku, kelurahan pasir panjang, kec Meral Barat , Kab Tanjung Balai Karimun, Kepri Indonesia.

Jadwal Penelitian

Adapun tabel Jadwal penelitian pada PT. Karimun Sembawang Shipyard tercantum pada table 3.1 di bawah ini:

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan

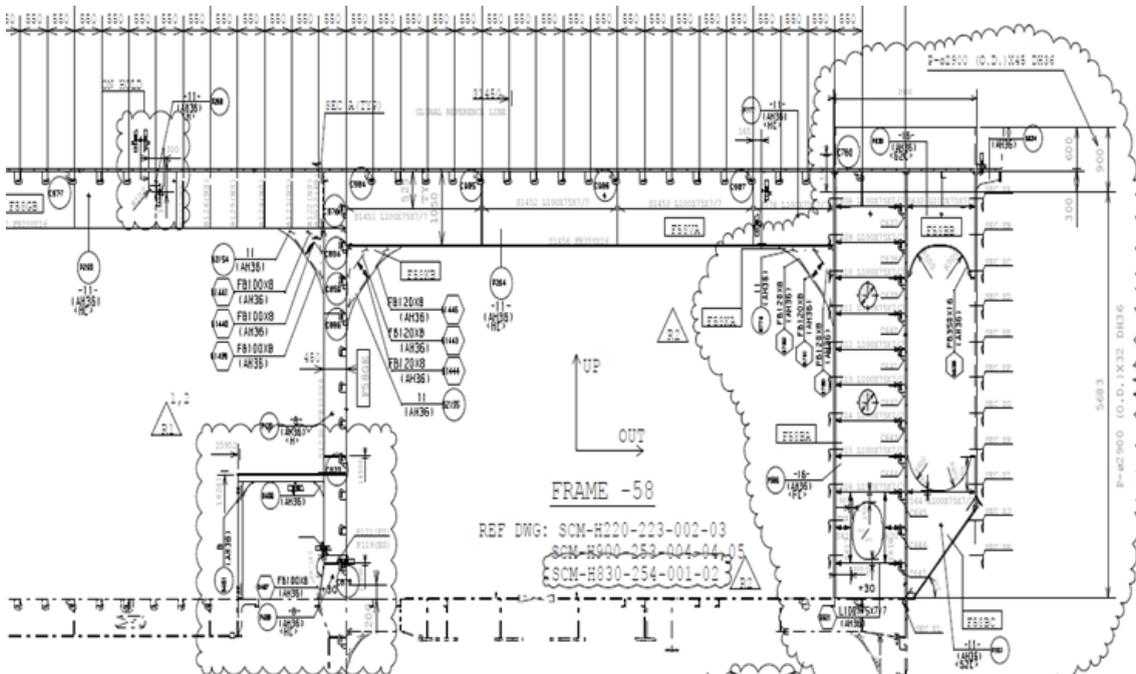
No	Jenis Kegiatan	Waktu Penelitian (Minggu Ke-)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Studi Kepustakaan								
2	Menyusun Proposal								
3	Pengumpulana data dan penelitian								
4	Penyusunan dan bimbingan								

Sumber : Peneliti, 2024

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa perhitungan tekanan terhadap deck plate akibat beban crane Pedestal

Analisa yang pertama yaitu melakukan perhitungan tekanan yang terjadi terhadap plat deck yang terjadi cacat las crack dimana di ketahui berat konstruksi crane pedestal seberat 46000 kg dan tinggi dari konstruksi crane pedestal berdasarkan gambar 6,83 m.



Gambar 4. 1 Gambar Section Konstruksi Crane Pedestal

Sumber : Peneliti, 2024

Berdasarkan data diatas peneulis dapat menghitung tekanan konstruksi crane pedestal terhadap deck plate, dengan menggunakan persamaan:

$$p=(\text{gaya normal})/\text{luas}$$

$$p=((\text{berat crane pedestal})(g))/(\text{luas penampang crane pedestal})$$

Dimana

Berat crane pedestal = 46000kg

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Luas penampang crane pedestal = 9.12m

Penyelesaian,..

$$p = ((46000 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)) / 9.12 \text{ m}$$

$$p = ((46000 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)) / 9.12 \text{ m}$$

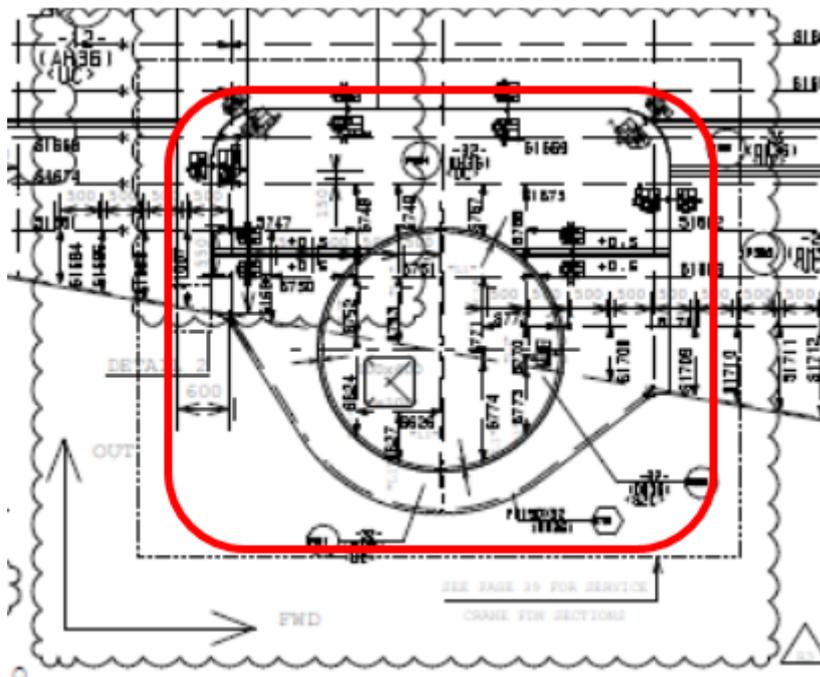
$$p = 49.4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$p = 494 \text{ kpa}$$

Analisa perhitungan tegangan tarik maksimum plate pada area crane pedestal

Analisa berikutnya adalah tegangan tarik maksimum plate pada area crane pedestal akibat dari pembebanan crane pedestal yang man ketika assembly crane pedestal di area tersebut masih terdapat proses repair cacat las (Nugroho, Adi & Setiawan, 2018). Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma : P/A$$



Gambar 4. 2 Gambar Deck Plate Crane padestail Area

Sumber : Peneliti, 2024

Dimana :

σ adalah tegangan tarik maksimum (Mpa, N/mm²)

P adalah beban maksimum (N)

A adalah luas penampang seam join (mm²)

Diketahui:

P : 52000 N

A : 93870 mm²

Penyelesaian:

σ : P/A

σ : (52000 N)/(139689 mm²)

σ : 0.372 N/mm²

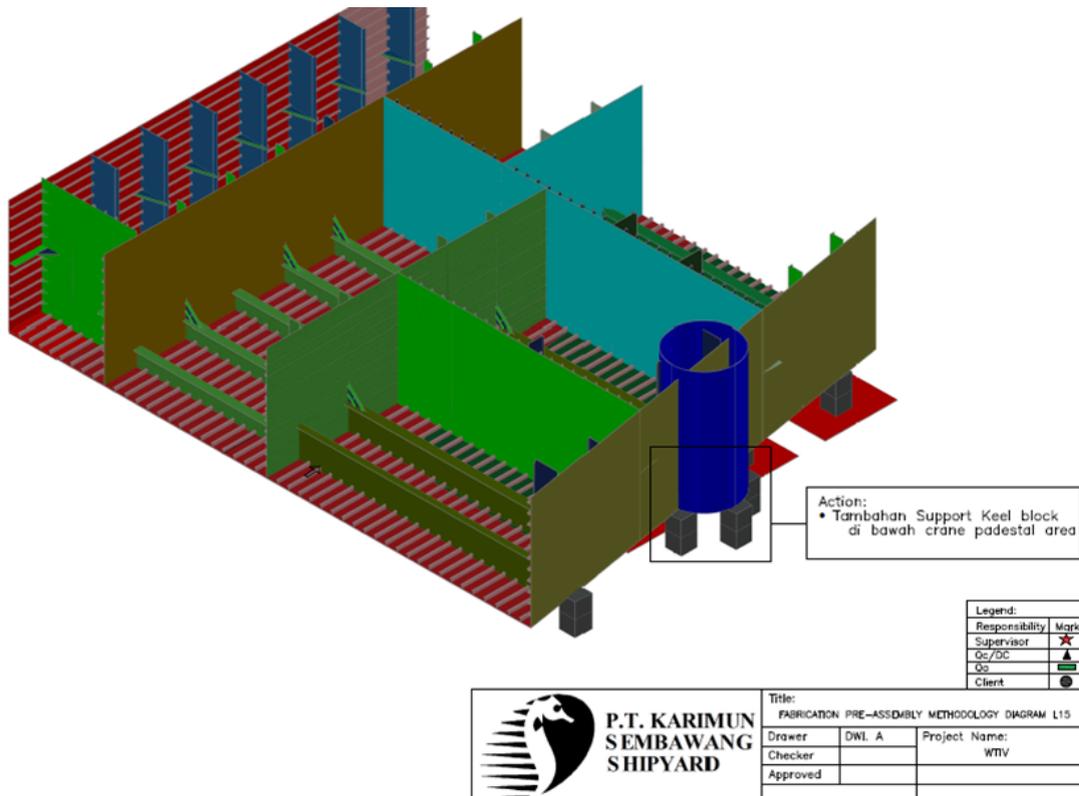
σ : 372 MPa

Dari perhitungan di atas tegangan tarik maksimum pada sambungan pegelasan plate di area crane pedestal sebesar 372 Mpa. Sedangkan tegangan tarik plate grade DH36 yaitu 355Mpa

Maka dari besarnya tarik maksimum pada welding area tepatnya di butt joint no.25-B/2 lebih besar dari pada yield strength plate DH36 sehingga terjadi crack di butt joint tersebut.

Langkah-langkah perbaikan awal penambahan support atau jig

Langkah ini dilakukan sebelum melakukan perbaikan cacat las yaitu dengan penambahan support dibawah area deck crane pedestal supaya mengurangi beban yang diakibatkan oleh berat dari crane pedestal tersebut, gambar 3D block dengan crane pedestal dengan penambahan support di bawahnya.



Gambar 4. 3 Gambar Tambahan Support Keel Block di bawah area Crane Pedestal

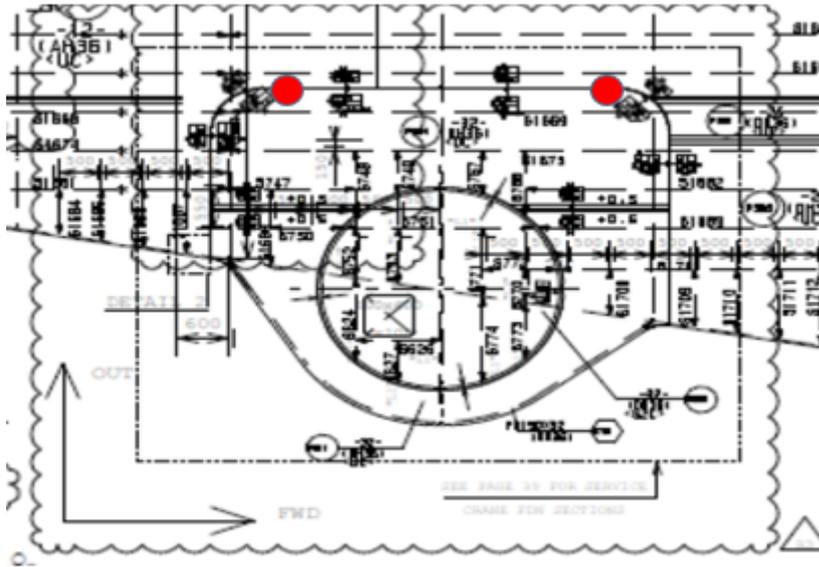
Sumber : Peneliti, 2024

Langkah-langkah perbaikan seam joint yang terindikasi cacat las crack

Setelah di ketahui area atau lokasi cacat las maka pekerja pada fabrikasi block tersebut akan melakukan perbaikan atau repair adapun langkah-langkah perbaikannya adalah sebagai berikut:

Pembuatan lubang pada Seam joint Untuk menghentikan laju crack pada seam joint

Langkah ini bertujuan untuk menghentikan pergerakan crack pada area pengelasan yaitu dengan cara membuat lubang pada ujung-ujung saem joint yang teridikasi crack supaya menhetikan pergerakan cacat crack agar tidak menyebar ke semua alur seam joint.

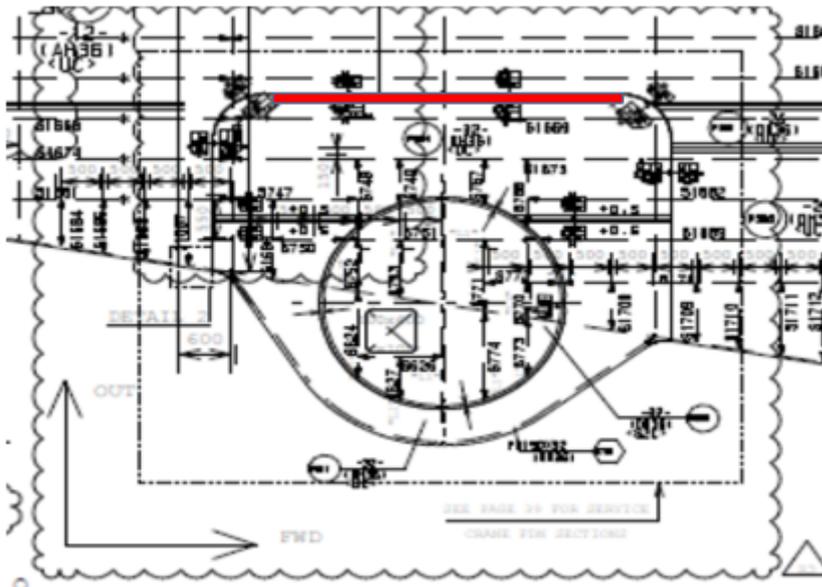


Gambar 4. 4 Titik lokasi pembuatan lubang untuk menghentikan laju crack

Sumber : Peneliti, 2024

Pemotongan dan re-bevel pada butt joint.

Setelah selesai dilakukan pembuatan lubang langkah selanjutnya adalah memotong dan re-beveling kembali seam join yang terdapat cacat las agar mendapatkan preparation yang baik sebelum dilakukan pengelasan. Gambar berikut ini adalah area yang dilakukan pemotongan kembali dan seam join setelah dilakukan pemotongan



Gambar 4.5 Area seam join yang dilakukan pemotongan kembali

Sumber : Peneliti, 2024



Gambar 4.6 Area seam join setelah dilakukan pemotongan dan re-bevel

Sumber : (Jurusan et al., n.d.)

Pada gambar 4.6 diatas setelah dilakukan pemotongan langkah selanjutnya adalah dilakukan pengerindaan agar hasil dari pemotongan bisa halus serta rapi supaya tidak

ada celah untuk mengumpulnya slag pada sisi grove ketika melakukan proses pengelasan.

Fit-Up Inspection

Langkah selanjutnya adalah Fit-up inspection, fit-up inspection ini dilakukan oleh Qc inspector dimana fit-up inspection ini bertujuan untuk memastikan bahwa preparation sebelum melakukan pengelasan sudah sesuai dengan WPS yang akan digunakan pada area butt joint tersebut.

PASS		FILLER MATERIAL				Amperage (A)	Voltage (V)	Current & Polarity	Travel Speed (cm/min)	Heat Input (KJ/mm)
Side	Pass No.	Product Name	Spec / Class	F.No.	Dia (mm)					
A	ROOT	Hyundai Supercore 7194	ANS A8.20 E71T-9C-J	6	1.2	175-200	22-26	DCEP	235-255	0.91-1.33
	HOT	Hyundai Supercore 7194	ANS A8.20 E71T-9C-J	6	1.2	190-215	24-27	DCEP	235-280	1.00-1.48
	FILL	Hyundai Supercore 7194	ANS A8.20 E71T-9C-J	6	1.2	300-324	24-27	DCEP	325-435	0.99-1.12
	CAP	Hyundai Supercore 7194	ANS A8.20 E71T-9C-J	6	1.2	180-205	22-26	DCEP	360-410	0.58-0.85
B	FILL	Hyundai Supercore 7194	ANS A8.20 E71T-9C-J	6	1.2	300-315	23-26	DCEP	325-380	0.71-1.03
	CAP	Hyundai Supercore 7194	ANS A8.20 E71T-9C-J	6	1.2	190-215	22-25	DCEP	360-420	0.75-0.90

Gambar 4. 7 Welding Procedure Specification

Sumber : Peneliti, 2024

Pengelasan atau Welding

Langkah selanjutnya adalah pengelasan atau welding pada tahap pengelasan ini yang perlu di siapkan adalah :

Supervisor welder mempersiapkan operator las atau welder yang sudah terqualifikasi oleh class pada project tersebut.



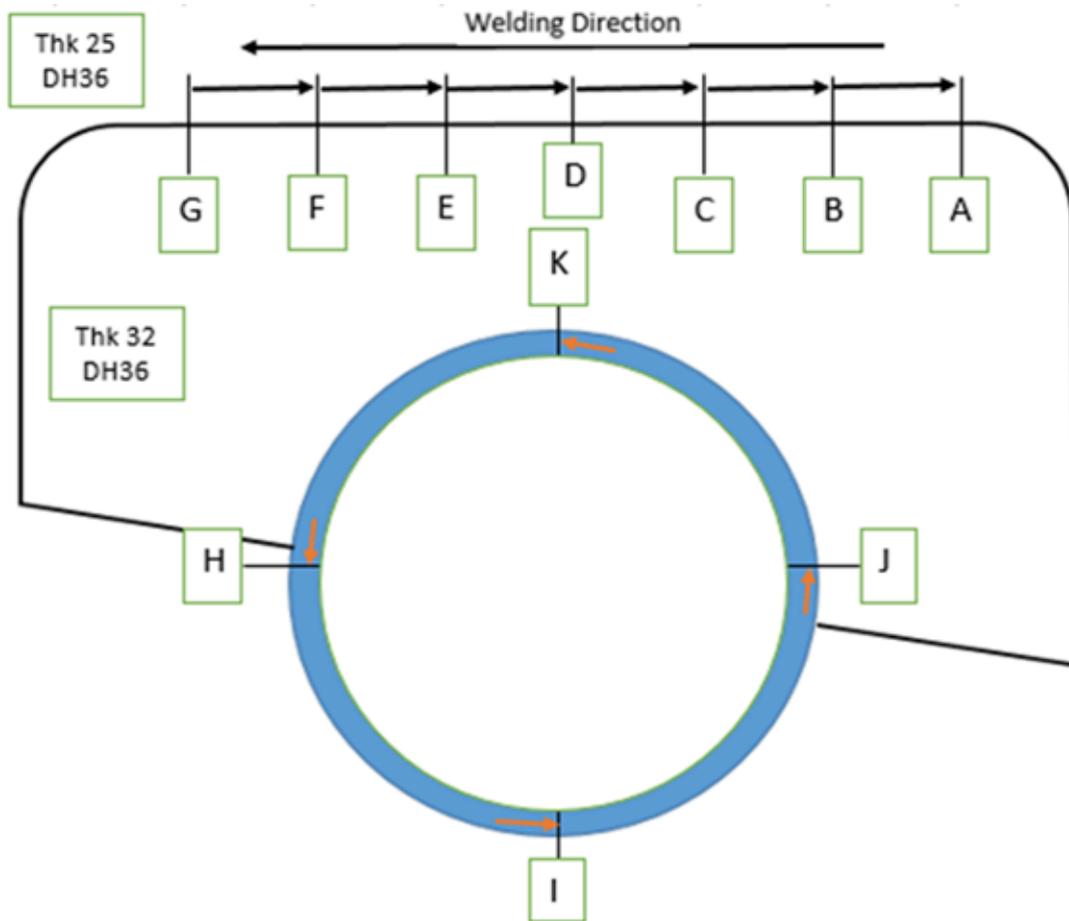
Gambar 4. 8 Welder Pass yang akan melakukan pengelasan

Sumber : (Jefiza et al., 2022)

Sebelum dilakukan pengelasan dipastikan untuk di lakukan preheat atau pemanasan awal pada alur pengelasan yang mana harus sesuai dengan aturan pada WPS temperatur yang diijinkan pada WPS maksimal 1450 C dengan menggunakan heating touch.

Setelah selesai dilakukan pemanasan langkah selanjutnya adalah pengelasan yang mana pengelasan ini menggunakan proses FCAW untuk mencegah terjadinya cacat las kembali harus di pastikan semua parameter yang ada pada WPS harus diikuti mulai dari, Ampre, volts, travel speed dan heat input dan harus mengikut welding sequence yang sudah di buat oleh welding engineer, di bawah ini welding sequence

yang sudah di siapkan oleh welding engineer yang harus diikuti oleh operator las untuk menghindari terjadinya cacat las kembali.



Gambar 4. 9 Welding sequence area crane pedestal

Sumber : (Akbar & Santosa, 2012)

Tabel 4. 1 Pembagian dan alokasi tukang las

Welder	Allotted Segment	Weld beat deposition direction	
	From - To	1 st Deposition	2 nd Deposition
W1	C - A	B - A	C - B
W2	E - C	D - C	E - D
W3	G - E	F - E	G - F
W4	H - J	H - I	I - J
W5	J - H	J - K	K - H

Sumber : Peneliti, 2024

Visual Inspection

Langkah selanjutnya yaitu visual inspection, Langkah ini bertujuan untuk memastikan hasil suatu pekerjaan itu sudah sesuai dengan rule di pakai dalam Pembangunan konstruksi kapal yang dikuti, tahap visual ini dilakukan dalam beberapa tahap dan oleh orang yang sudah memiliki serifikasi inspector.



Gambar 4. 10 Seorang Inspector sedang melakukan inspection pada area yang baru di repair

Sumber : (Endramawan et al., 2017)

Ndt Checking

Tahap selanjutnya adalah Non Destructive Test atau NDT pada area weldingan yang di lakukan yaitu dengan melakukan NDT UT dan MT & PT setelah visual selesai langkah terakhir adalah pengcheckan dengan NDT ini untuk memastikan tidak ada cacat las di area pengelasan yang dilakukan perbaikan atau repair

STRATEGI PEMASARAN YANG DILAKUKAN DI PLAZA TUNJUNGAN III SURABAYA DALAM MEMASARKAN SEMUA PRODUKNYA

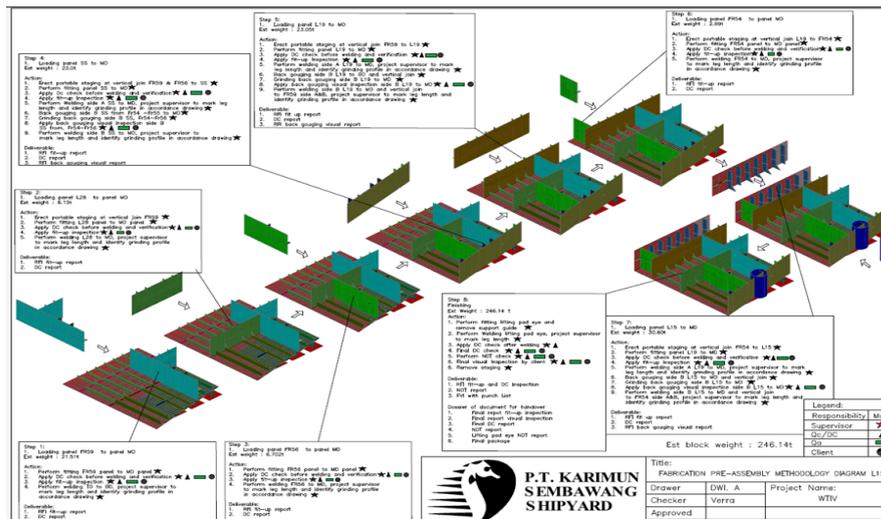


Gambar 4. 11 Seorang teknisi UT sebelah kiri dan teknisi MT/PT sebelah kanan sedang melakukan pengecheckan cacat pada area yang baru di repair

Sumber : (Wangsa, 2023)

Fabrikasi Methodology Diagram

Pada fabrikasi block M02S juga memiliki fabrikasi plan atau fabrikasi methodology diagram yang mana dalam fabrikasi plan ini sudah di jelaskan Langkah-langkah serta urutan dari fabrikasi yang dibagi menjadi beberapa bagian yang mana urutan ini untuk mempermudah dalam perakitan dari fabrikasi block tersebut, dibawah ini fabrikasi plan untuk fabrikasi block M02S



Gambar 4. 12 Fabrikasi Methodology Diagram

Sumber : Peneliti, 2024

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perhitungan dalam pembahasan di atas besarnya tumpuan yang di hasilkan dari perhitungan pengaruh beban dari crane pedestal adalah sebesar **494 kpa** di area deck plate yang di temukan cacat las crack dan ini dapat mempengaruhi terjadinya crack pada *butt joint* tersebut. Sedangkan perhitungan tegangan maksimum yang di dapat dari perhitungan akibat beban crane pedestal adalah σ : **0.370 N/mm²** atau σ :**370Mpa** pada deck plate. Hasil dari perhitungan menunjukan tegangan maksimum lebih besar dari pada tegangan Tarik maksimum material DH36 yaitu 355 Mpa sehingga menyebabkan crack pada hasil pengelasan disekitar pedestal crane (Butt joint no.25-B/2).
2. Sedangkan langkah-langkah untuk memperbaiki crack las tersebut agar tidak terjadi lagi yang harus dilakukan adalah menghentikan laju crack dengan melubangi seam joint ujung crack, penambahan *support* di bawah deck crane pedestal sedangkan dari segi perbaikan pengelasan yaitu dengan melakukan pengelasan sesuai dengan WPS dan *sequence* pengelasan.

Saran

Dari hasil penelitin dan analisa yang saya lakukan terdapat beberapa saran yang harus diperhatikan *fabricator*, yaitu sebagai berikut:

1. Methodology fabrikasi disiapkan sebelum mengerjakan fabrikasi block.

2. Penambahan support ketika proses pengelasan agar dapat mengurangi pembebanan.
3. Agar dilakukan pengelasan sesuai dengan WPS yang disetujui dan mengikuti sequence pengelasan.
4. Sebelum melakukan pengelasan perbaikan/repair pastikan *preparation groove bevel* di MPI untuk memastikan indikasi cacat las.
5. *Preheat* atau pemanasan awal harus dilakukan sebelum melakukan pengelasan dengan suhu yang sesuai di WPS.
6. Penelitian selanjutnya bisa menggunakan *Software ansys* untuk menganalisa pembebanan, stress material dan deformasi di area *crane pedestal ke deck plate*.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, T., & Santosa, B. (2012). Analisa Pengaruh dari Welding Sequence Terhadap Tegangan Sisa dan Deformasi Pada Circular Patch Weld Double Bevel Butt-Joint Plat ASTM A36 Menggunakan Metode Element Hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 351–356.
- Anang Setiawan, Yusa Asra Yuli Wardana. (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., 57-63.
- 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>
- Azwinur, A., Syukran, S., & Hamdani, H. (2018). Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las Butt Weld Dan Double Lap Joint Pada Material Baja Karbon Rendah. *Jurnal Mesin Teknologi*, 12(1), 9-16.
- Azwinur, Saifuddin A. Jalil, Asmaul Husna. (2017). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses Pengelasan SMAW. *Jurnal Polimesin* (ISSN: 1693-5462), Volume 15, Nomor 2, 36-41.

Biro Klasifikasi Indonesia, 2013, "Rules for the Classification and Construction: Volume VI Rules for Welding", Jakarta.

BKI, *Rules for Welding*, vol. VI. 2019.

Dody Prayitno, Harry Daniel Hutagalung, Daisman P.B. Aji. (2018). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekerasan Lapisan Lasan pada Baja ASTM A316. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, Volume 3, Nomor 1, 1-6.

Endramawan, T., Haris, E., Dionisius, F., & Prika, Y. (2017). Analisa Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint Menggunakan Non Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT) Berdasarkan Standar ASME. *Politeknik Negeri Indramayu*, 8–12.

Fitriani, Y. M., Andesta, D., & Hidayat, H. (2022). Analisis Risiko Kerusakan Pada Mesin Las FCAW Dengan Pendekatan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Studi Kasus: PT. Swadaya Graha). *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4). <https://doi.org/10.32672/jse.v7i4.4663>

Huda, Saiful, Joko Waluyo dan Teguh Fintoro. 2013. Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Distorsi Sudut dan Kekuatan Tarik Sambungan Butt Joint Baja AISI 4140. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industri Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Jefiza, A., Diono, D., & Lukito, S. (2022). Analisis Data Monitoring proses pengelasan FCAW (Flux Core Arc Welding) berbasis Multi Layer Perceptron. *Jurnal Integrasi*, 14(2), 153–158. <https://doi.org/10.30871/ji.v14i2.4538>

Joko santoso., (2006) Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las Smaw Dengan Elektroda E7018, *Jurnal teknik mesin UNES Vol, III, NO 11, 22 september 2006 ISSN 2102- 7491: 206 – 220*

Jurusan, M., Material, T., Teknik, D. J., & Fti-its, M. M. (n.d.). *ANALISA PENGARUH GROOVE DAN GAP TERHADAP HASIL*. 3(1).

Nugroho, Adi & Setiawan, E. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Sambungan Las Plate Carbon Steel ASTM 36. *Rekayasa Sistem Industri*, 3, 134–142.

Pengaruh, A., Gap, R., Pengujian, T., Menggunakan, T., Arif, N., & Pranatal, E. (2022). *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan* <https://ejurnal.itats.ac.id/semitan>. I(1), 368–375.

- Riyadi, F., & Setyawan, D. (2011). Analisa mechanical dan metallurgical pengelasan baja karbon A36 dengan metode SMAW. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Teguh wiyono. (2012), Penentuan Pengelasan Dissimiliar Alluminium Dan Pelat Baja Karbon Rendah Dengan Variasi Waktu Pengelasan Dan Arus Listrik. *Jurnal Foundry* Vol. 2 No. 1 April 2012 ISSN 2087-2259 :20 – 25
- Tri Ardiansyah, R., Basuki, M., & Soejitno. (2017). Analisa Cacat Las Pada Pengelasan Butt Joint Dengan Variasi Arus & Posisi Pengelasan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 6.
- Widyawati, F., Marano, L., Nurcahyo, F., Lingkungan, T., Mineral, D., Teknologi, U., Lingkungan, T., Mineral, D., & Teknologi, U. (2021). *Science and Technology Identifikasi Cacat Lasan Fcaw Pada Fondasi Mesin Kapal*. 5(2), 53–58.
- Wiryo Sumarto, H. dan Okumura, T. *Teknologi Pengelasan Logam*. 2000. Jakarta, PT. Pradya Paramita
- Wangsa, M. C. F. F. (2023). Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Pengelasan Smaw Pada Baja St 37 Menggunakan Pengujian Ultrasonic Testing (Ut) Dan Pengujian Bending. *Jurnal Mesin Material Manufaktur Dan Energi (Jmmme)*, 3(1), 1–09.