

Pengaruh Preheat terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan NDT pada Pengelasan SMAW Posisi 3G Menggunakan Material API 2W Grade 50 untuk Pembuatan Topside Platform

Sudirman dan Hari Subiyanto

Departemen Teknik Mesin Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: robin@me.its.ac.id

Abstrak—Penelitian ini menguji bagaimana suhu *preheat* (40°C, 65°C, dan 90°C) berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada baja karbon yang dilas menggunakan metode SMAW dengan material API 2W *Grade* 50, ketebalan 653mm, serta *Filler metal* LB-52U dan LB-52. Pengujian melibatkan metode tidak merusak (NDT) dengan *Magnetic Particle* dan metode merusak seperti pengujian kekerasan dan kekuatan tarik sesuai standar AWS D1.1-2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu *preheat* meningkatkan *ultimate tensile strength*. Sebagai contoh, terjadi peningkatan kekuatan tarik dari 494 MPa (pada suhu 40°C) menjadi 653,72 MPa (pada suhu 90°C). Pengaruh suhu *preheat* juga memengaruhi kekuatan luluh dengan peningkatan yang lebih stabil. Dalam pengujian, juga ditemukan bahwa lambatnya laju pendinginan setelah pengelasan selama 48 jam menghasilkan sambungan yang lebih kuat dan tahan lama pada *Base Metal*, *HAZ*, dan *Weld Metal*. Sebagai rekomendasi dalam proyek pembuatan modul *Topside platform*, disarankan untuk menggunakan suhu *preheat* optimal 90°C untuk mencapai kekuatan maksimal dalam pengelasan SMAW Posisi 3G dengan Material API 2W *Grade* 50.

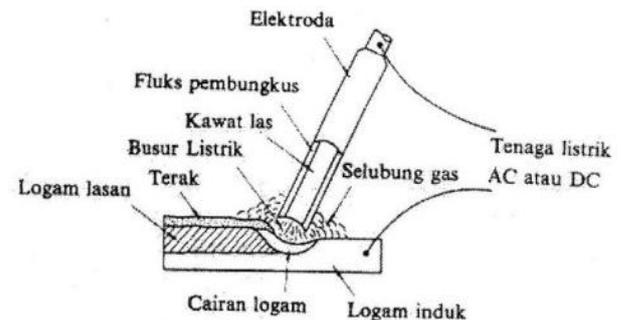
Kata Kunci—*Preheat*, NDT, Kekuatan Tarik, kekerasan, API 2W Gr 50.

I. PENDAHULUAN

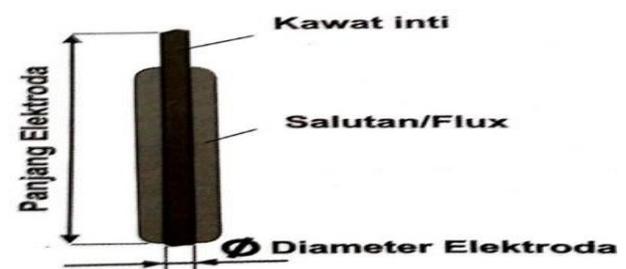
PERKEMBANGAN teknologi produksi dan bahan baku logam tidak dapat dipisahkan dari pemanfaatan teknologi pengelasan. Sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas [1]. Pada waktu ini teknik las telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan mempergunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana, sehingga biaya keseluruhannya menjadi lebih murah.

PT. McDermott Indonesia adalah salah satu fabrikasi konstruksi pembuatan topside dan jacket untuk lepas pantai, yang mana dalam pembuatan topside dan jacket PT. McDermott Indonesia menggunakan material tebal yang lebih dari 20mm, untuk menggunakan produk tersebut, PT. McDermott Indonesia menggunakan plat Carbon Steel setebal 20mm. Alasan perusahaan menggunakan plat ini adalah untuk memenuhi permintaan konsumen, namun pada standar AWS D1.1-2020 ditetapkan material yang tebal 20mm tanpa *preheat* dapat berpotensi retak pada produk yang akan dibuat.

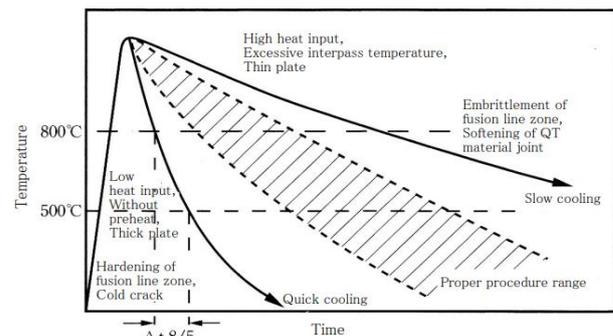
Adapun mengapa *preheat* dilakukan untuk material yang tebal (Thicker Material), yaitu untuk memperlambat laju



Gambar 1. Proses pengelasan SMAW.



Gambar 2. Elektroda.



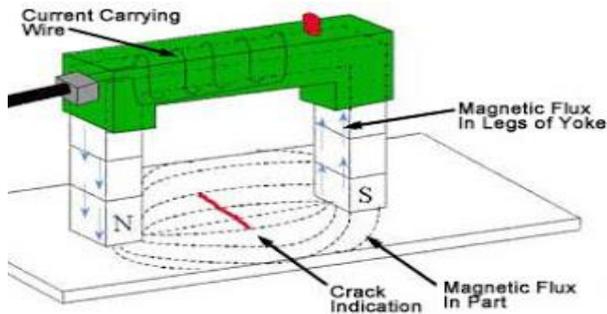
Gambar 3 Hubungan Laju Pendinginan dengan kualitas Sambungan Las.

pendinginan las, mengurangi resiko pembentukan mikrostruktur yang mengeras, memberi kesempatan hidrogen yang terserap agar terdifusi, mengurangi potensi retak, memperbaiki keseluruhan karakteristik fusi selama pengelasan, memastikan pemuaihan dan pengerutan yang lebih seragam, menurunkan tegangan antara lasan dan material induk.

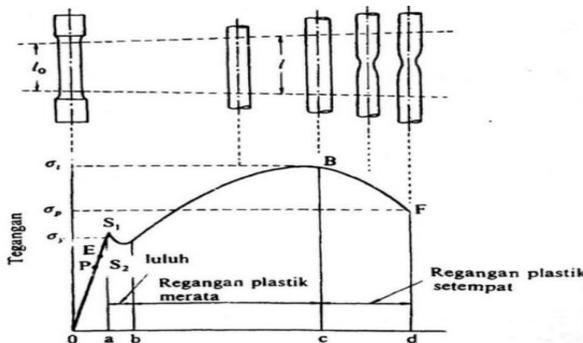
Untuk memiliki kualitas yang Qualified dan memberi jaminan Kualitas International, perusahaan menggunakan standar AWS D1.1-2020 yaitu berkaitan dengan baja bertekanan (Pressure Vessel) sesuai dengan produk yang

Carbon equivalent (CE)	Weldability
Up to 0.35	Excellent
0.36–0.40	Very good
0.41–0.45	Good
0.46–0.50	Fair
Over 0.50	Poor

Gambar 4. Iron-carbon phase diagram.



Gambar 5. Magnetic particle testing.



Gambar 6. Regangan.

dibuat oleh PT. McDermott Indonesia yaitu konstruksi topside dan jacket untuk pengeboran minyak lepas pantai, maka dari itu perusahaan menggunakan material yang sudah ditetapkan AWS D1.1-2020 untuk produk yang bertekanan, salah satunya yaitu dengan material API 2W Grade 50, mulai dari material yang tipis (Thinner Material) hingga material yang tebal (Thicker Material).

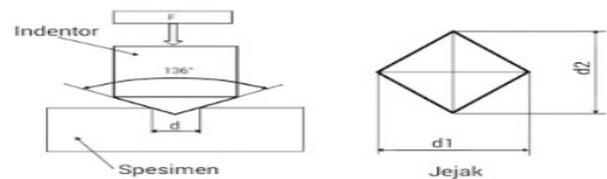
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan

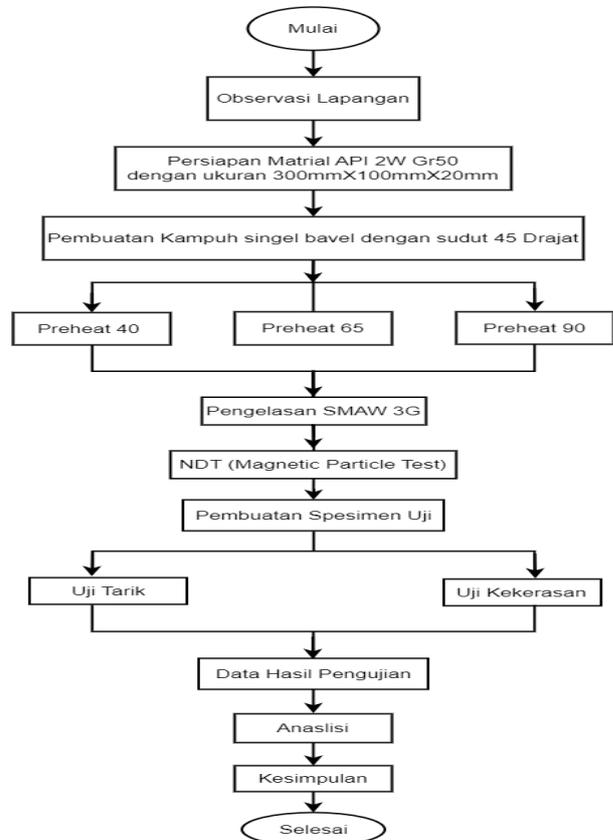
Pengelasan adalah proses menggabungkan bahan dengan jenis atau kelas dasar yang sama atau berbeda, menggunakan panas atau tekanan atau kombinasi keduanya, sehingga material-material tersebut menyatu dan membentuk ikatan yang kuat. Hal ini dilakukan untuk menciptakan struktur yang lebih kokoh dan berfungsi menggabungkan komponen-komponen yang terpisah menjadi satu kesatuan [2].

B. Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Las busur listrik manual termasuk dalam jenis las busur listrik, disebut manual dikarenakan dalam pelaksanaan proses pengelasan semua peralatan masih digerakkan/dikendalikan secara manual. Proses pengelasan SMAW yang umumnya disebut Las Listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda [3]. Panas tersebut ditimbulkan oleh lonjakan ion



Gambar 7. Uji vickers.



Gambar 8. Flowchart penelitian.

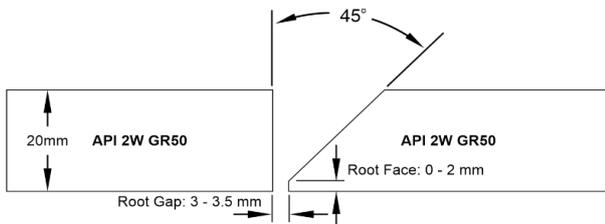
listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas) dengan kata lain teknik pengelasan ini memanfaatkan panas busur listrik yang timbul karena perbedaan tegangan antara elektroda terbungkus dengan material yang akan disambung (Gambar 1) [4].

C. Elektroda

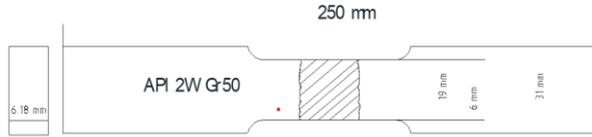
Elektroda memiliki lapisan padat fluks kering yang telah terpasang yang menyelimuti hampir seluruh permukaannya, ujung yang pendek dibiarkan tidak berlapis dimana bagian ini terpasang pada pemegang elektroda, dan pada ujung yang berlawanan, bagian yang lancip yang disentuh pada benda kerja untuk mengawali busur (Gambar 2). Begitu busur dimulai, fluks yang cepat terpanasi membentuk slag maupun penutup gas untuk melindungi lasan dari kontaminasi atmosfer. Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti yang terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah.

D. AWS D1.1 2020

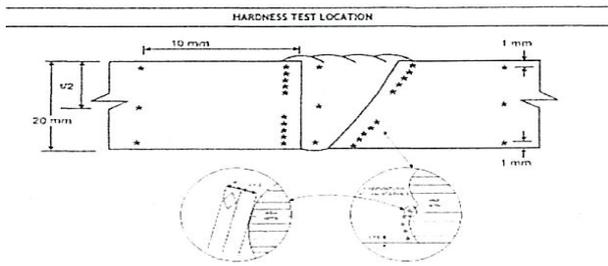
AWS D1.1 adalah construction code/standard yang dikembangkan oleh American Welding Society untuk struktur baja dengan beban static dan dinamik. Dokumen ini



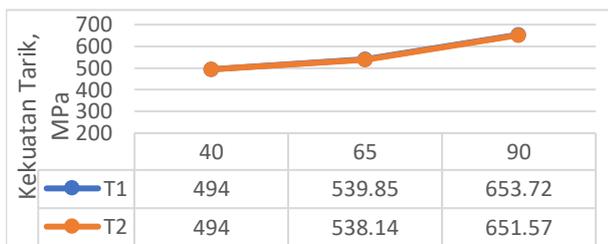
Gambar 9. Kampuh single-bevel joint.



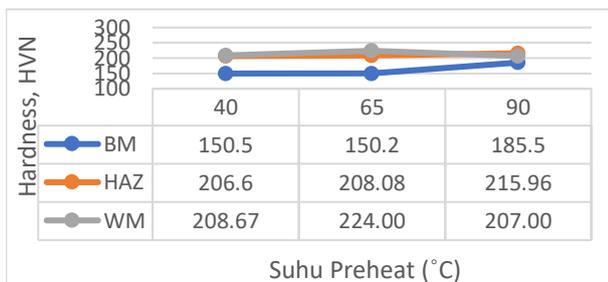
Gambar 10. Spesimen uji tarik mengacu standar AWS.



Gambar 11. Pengujian magnetic particle.



Gambar 12. Grafik tegangan tarik.



Gambar 13. Grafik kekerasan berdasarkan daerah pengelasan.

berisi persyaratan fabrikasi dan erection struktur baja dengan metode pengelasan. Terdiri dari 9 klausul yang mencakup informasi dasar, desain sambungan, prekualifikasi WPS, kualifikasi prosedur dan personel pengelasan, proses fabrikasi dan erection, inspeksi, stud welding, perkuatan dan perbaikan struktur eksisting, serta persyaratan untuk struktur tubular. AWS D1.1 digunakan sebagai referensi untuk kualifikasi bahan dan proses pengelasan dalam berbagai kode konstruksi.

E. Preheat

Preheat adalah aplikasi panas pada sambungan persis sebelum pengelasan, dan biasanya diaplikasikan dengan gas torch ataupun sistem induksi, meskipun banyak cara lain yang dapat digunakan. Proses preheat dilakukan untuk memperlambat laju pendinginan, mengurangi tegangan penyusutan dan distorsi akibat pengelasan, meningkatkan penyatuan logam induk dengan lasan, dan menghilangkan

Tabel 1.
Parameter Pengelasan

Logam Dasar	Detail Sambungan
API 2W Grade 50	Sambungan : Single-Bevel
Teknik	Jumlah Layer : 16 Layer
Proses : SMAW	Jig : Tidak
Elektroda : LB-52u & LB-52	Posisi Pengelasan : 3G Uphill
Arus : 115-193A	Sudut Kampuh : 45°
Polaritas : DCEN & DCEP	Root Gap : 2 mm
Preheat : 40°C, 65°C dan 90°C	Root Face : 2 mm
	Ketebalan Pelat : 20 mm

Tabel 2.
Hasil dari Magnetic Particle dengan preheat 40°C

Drawing		
Spool/Item No	: 40°	
Request No	: CTC-261	
NDT	WELD	WDR
MT	PQR 4657	ACHD
W.T	Interval	Interpretation
20	N/A	A
WPS	DIA/LGT	C/DNC
N/A	N/A	C

Tabel 3.
Hasil dari Magnetic Particle dengan preheat 65°C

Drawing		
Spool/Item No	: 65°	
Request No	: CTC-262	
NDT	WELD	WDR
MT	PQR 4657	ACHD
W.T	Interval	Interpretation
20	N/A	A
WPS	DIA/LGT	C/DNC
N/A	N/A	C

Tabel 4.
Hasil dari Magnetic Particle dengan preheat 90°C

Drawing No		
Spool/Item No	: N/A	
Request No	: CTC-263	
NDT	WELD	WDR
MT	PQR 4657	ACHD
W.T	INTERVAL	INTERPRETATION
20	N/A	A
WPS	DIA/LGT	C/DNC
N/A	N/A	C

kelembaban. Gambar 3 merupakan gambar waktu pendinginan suatu sambungan las dari 800 ke 500oC ($\Delta t_8/5$). Di dalam Gambar 4 tersebut menunjukkan bahwa pengurangan laju pendinginan sambungan las dengan melakukan preheat efektif untuk mencegah pengerasan pada daerah fusi agar tidak terjadi crack (retak). Meskipun penggunaan heat input yang tinggi juga dapat mengurangi laju pendinginan, tingginya heat input dapat menyebabkan penurunan kualitas dari sambungan las sehingga akan terjadi penurunan kekuatan pada sambungan.

Pemanasan sebelum proses pengelasan, atau yang biasa disebut preheat, disarankan ketika nilai Carbon Equivalent Value (CEV) dari baja berada dalam kisaran 0,40% hingga 0,60%. Preheat bertujuan untuk mengurangi risiko terjadinya retakan pada zona las dan zona pemanasan sekitarnya, serta membantu mengoptimalkan sifat mekanis dan kekuatan dari sambungan las.

Rumus yang digunakan untuk mencari CEV (Carbon

Tabel 5.
Hasil Uji Tarik

Preheat	Kekuatan Tarik (Mpa)		Daerah patahan
	T1	T2	
40°C	494	494	HAZ
65°C	539,8	538,14	HAZ
90°C	653,72	651,57	HAZ

Equivalent Value)

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

F. Magnetic Particle testing

Magnetic Particle Testing (MPT) merupakan metode NDT yang digunakan untuk mendeteksi permukaan yang cacat berbahan feromagnetik. Alat ini adalah alat uji bersifat Non Destructive Test (NDT) yang dimana alat ini tidak akan merusak material jika di aplikasikan langsung. Magnetic Particle Flaw Detector TCJE juga bisa digunakan untuk pengujian hasil pengelasan seperti kebocoran, keretakan dll serta sangat cocok digunakan di industri besi. Penggunaan yang mudah karena Gambar 5 jelas dan tajam serta alat yang portable membuat produk ini sangat praktis. Partikel magnetik halus (baik kering atau tersuspensi dalam cairan pembawa) menerapkan pada permukaan benda yang teruji. Partikel magnetik ini tertarik pada daerah distorsi fluks atau kebocoran sehingga menimbulkan indikasi yang jelas bagi operator. Medan magnet dapat menerapkan pada benda yang teruji dengan magnetisasi langsung atau magnetisasi langsung.

G. Uji tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material [5]. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji [5]. Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu logam terhadap tarikan dari bahan yang akan di uji [1]. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpanjangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik (Tabel 5 dan Gambar 6) [5].

H. Uji Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen (Dieter, 1987). Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam (Gambar 7).

Metode pengujian kekerasan Vickers pada Hardness Tester dilakukan dengan cara menekan material pengujian dengan indenter intan berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut 136 derajat dari permukaan-permukaan yang berhadapan. Hasil tekanan dari indenter akan meninggalkan bekas atau lekukan di permukaan material yang diuji.

III. METODOLOGI

Diagram alir adalah representasi grafis dari urutan

langkah-langkah atau proses dalam suatu aktivitas atau pekerjaan (Gambar 8). Diagram ini menggunakan simbol-simbol standar untuk menggambarkan setiap langkah dalam urutan tertentu, membantu memvisualisasikan bagaimana suatu tugas atau proses harus dilakukan secara sistematis.

A. Observasi Lapangan

Tahap ini merupakan proses pemerolehan data informasi sebagai bukti konkret yang nantinya akan dianalisis. Observasi lapangan menjadi referensi yang saling berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Metode eksperimental digunakan dengan modifikasi untuk mencapai target yang diinginkan.

B. Persiapan Material API 2W Grade 50

Material pelat benda kerja yang digunakan adalah API 2W GR50, dirancang untuk struktur lepas pantai, Jacket, dan Topside platform dengan beban kelelahan plastis, benturan, dan robekan pipih. Setara dengan API 2H, digunakan pada sambungan tubular dan konstruksi pelat. Karbon rendah memberikan sifat mekanik tangguh, liat, dan kemampuan mesin dan las yang baik. Ketangguhan yang baik di HAZ membuat produksi lebih mudah dan meningkatkan kinerja struktur di laut lepas.

Populasi Dan Sampel dalam penelitian ini adalah semua hasil dari proses pengelasan SMAW pada material carbon steel API 2W Grade 50 dengan menggunakan bahan pengisi (Filler metal) LB-52 yang sejenis. Jumlah sampel dalam penelitian ini terdiri dari 3 spesimen yaitu material pengelasan yang diberikan perlakuan preheat 40°C, 65°C dan 90°C.

C. Pembuatan Kampuh single-bevel

Proses yang pertama dilakukan adalah dengan membuat spesimen dengan kampuh *single-Bevel* Proses ini dilaksanakan Workshop Welding Engineering PT. McDermott Indonesia untuk melakukan pemotongan dan pembentukan spesimen API 2W Grade50. Pada proses pembuatan kampuh *single-Bevel*, mula-mula plat dipotong sebanyak 6 buah plat yang nantinya akan menjadi 3 pasang plat yang akan dilas. Pemotongan plat dilakukan dengan menggunakan mesin gergaji. Plat yang sudah dipotong sesuai ukuran, kemudian difrais disatu sisi plat dengan sudut 45° setebal ±20 mm (Gambar 9).

D. Tahap Pengelasan

Proses pengelasan dilakukan di Workshop Welding Engineer PT. McDermott Indonesia menggunakan material Carbon Steel API 2W GR50. Pengelasan dilakukan oleh Welder yang memiliki sertifikasi pengelasan SMAW. Sebelum proses pengelasan, preheating dilakukan. Proses pengelasan ini memerlukan tenaga ahli dengan sertifikasi yang mumpuni dan dilengkapi dengan alat pelindung diri (APD) seperti apron, sarung tangan las, helm/topeng las, sepatu safety, dan masker las.

Langkah pertama adalah mempersiapkan tabung gas untuk pemanasan pada suhu 40°C, 65°C dan 90°C. Setelah preheating, benda kerja dilas menggunakan metode SMAW, dengan interpass kedua benda kerja maksimum 195°C.

Welder dan welding monitor berperan besar dalam proses pengelasan. Welder bertanggung jawab dalam proses penyambungan base metal menggunakan teknik pengelasan yang diharapkan. Welding monitor memantau dan mengontrol proses las, termasuk tegangan, suhu, dan parameter lainnya. Hasil monitoring ini dicatat sebagai laporan validasi dalam Procedure Qualification Record (PQR) sebagai data kualifikasi WPS (Tabel 1).

E. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan spesimen uji dilaksanakan di Workshop Welding Engineer PT. McDermott Indonesia dan untuk pengujian tarik dilakukan di Laboratory of Mechanical Testing PT Profesional Technology Specialist (PTS), Batam, Kepulauan Riau. Peneliti membuat 6 jenis spesimen, yaitu 2 spesimen uji tarik dengan *preheat* 40°C, 2 spesimen uji tarik dengan *preheat* 65°C dan 2 spesimen uji tarik dengan *preheat* 90°C. Pembuatan spesimen uji tarik mengacu pada standar *American Welding Society (AWS)* (Gambar 10).

F. Tahap Pengujian

Tahap pengujian merupakan proses inspeksi, pengecekan atau pemeriksaan hasil dari pengelasan. Tahapan ini memeriksa cacat ataupun sifat mekanik dari sambungan material setelah dilaksanakan pengelasan: (1) Magnetic Particle test. Magnetic particle test adalah pengujian untuk mendeteksi diskontinuitas pada material setelah proses pengelasan, pemanasan, machining, dan manufaktur. Proses ini menggunakan daya magnet untuk memeriksa material berdasarkan partikel magnet yang dihasilkan dari magnetisasi. Peralatan yang digunakan seperti yoke, prod, koil, dan sn, disesuaikan dengan material dan kondisi lapangan. Penelitian ini menggunakan metode Wet Visible, yang sensitif dan lebih baik daripada metode kering karena menggunakan suspensi cair untuk mendistribusikan partikel secara merata pada permukaan benda uji. Metode ini efektif untuk mendeteksi diskontinuitas kecil pada permukaan yang halus. (2) Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik (Mechanical properties) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (frictional force) dan deformasi plastis. Pada penelitian ini, Peneliti menggunakan metode pengujian Vickers, karena pada perusahaan sudah tempat peneliti melakukan pengujian selalu melakukan uji kekerasan dengan metode Vickers. (3) Pengujian kekuatan tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis dengan kecepatan lambat. Hasil pengujian sifat mekanik yang diketahui adalah kekuatan tarik. Pelaksanaan uji tarik dilakukan di Laboratorium Laboratory of Mechanical Testing PT Profesional Technology Specialist (PTS), Batam, Kepulauan Riau menggunakan alat uji Universal Testing Machine. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan apakah kekuatan tarik setelah perlakuan preheat sesuai dengan standar AWS D1.1. Proses pengujian melibatkan langkah-langkah seperti memotong dan menyiapkan spesimen dengan ukuran standar, pembuatan gauge length, pengukuran dimensi specimen, dan pengujian menggunakan mesin uji

tarik.

G. Analisa Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode ini dilakukan dengan menganalisis, menggambarkan, dan merangkum kondisi dan situasi dari berbagai data yang dikumpulkan dari hasil analisis dan pengamatan masalah yang diteliti di lapangan. Analisis data dilakukan dengan menelaah data kuantitatif yang diperoleh dari pengujian magnetic particle test, tarik (tensile strength), dan uji kekerasan (hardness). Data tersebut kemudian dideskripsikan dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan diinterpretasikan serta dimasukkan ke dalam Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 untuk memperoleh data yang bersifat deskriptif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan CEV pada Material API 2W Gr.50

Perlakuan panas sebelum dilakukan proses pengelasan atau preheat bisa dilakukan atau dianjurkan apabila CEV (Carbon Equivalent Value) berada di antara 0,40%-0,60%. Namun apabila CEV berada lebih dari 0,60%, maka baja memerlukan perlakuan preheat dan postheat pengelasan.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

$$CEV_{Min} = 0,16 + \frac{1,15}{6} + \frac{0,25 + 0,08 + 0}{5} + \frac{0,75 + 0,35}{15}$$

$$CEV_{Min} = 0,16 + 0,19 + 0,06 + 0,07 = 0,48$$

$$CEV_{Max} = 0,16 + \frac{1,6}{6} + \frac{0,25 + 0,08 + 0}{5} + \frac{0,75 + 0,35}{15}$$

$$CEV_{Max} = 0,16 + 0,26 + 0,06 + 0,07 = 0,55$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai CEVmin sebesar 0,48 dan CEVmax sebesar 0,55. Dapat diamati pada Gambar 12, nilai CEVmin dan CEVmax terkategori fair, yang mana perlu dilakukan preheat sebelum dilakukan proses pengelasan.

B. Pengujian Magnetic Particle

Pada pengujian Magnetic Particle ini, jika spesimen uji belum dapat dihasilkan atau terdapat cacat las seperti crack maka pengujian di atas dilakukan kembali. Sedangkan hasil uji Magnetic Particle yang berhasil selanjutnya akan di report. berikut adalah hasil dari Magnetic Particle dengan plat API 2W grade 50 setelah dilakukan pengelasan SMAW dan tanpa ada nya cacat las (Gambar 11).

Hasil yang didapat dari pengujian *Magnetic Particle* pada Gambar 12 adalah sebagai acuan untuk menentukan apakah hasil dari lasan terdapat cacat atau tidak kemudian akan ada report yang menentukan hasil dari *Magnetic Particle qualify* yang selanjutnya akan dilakukan pengujian tarik dan pengujian kekerasan.

C. Pengujian Tarik

Uji tarik adalah pengujian untuk mengevaluasi kekuatan dan keuletan sambungan las. Uji ini diperlukan dalam rangka penentuan suhu preheat pada material API 2W Grade 50 yang tepat dalam pembuatan konstruksi (jacket atau topside). Dengan adanya pengujian ini, diharapkan sifat mekanis dari suatu material akan terlihat seperti yield strength dan ultimate strength. Pengujian tarik dilakukan di laboratorium PT.

Profesional Technology Specialist dan PT.Hi-test dengan menggunakan Universal Testing Machine. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah kekuatan tarik yang diberikan perlakuan preheat sesuai dengan standar AWS D1.1 2020.

Dari data yang diberikan, terdapat parameter yang diamati, Ultimate Tensile Stress (Tegangan Maksimum Rata-rata), yang diukur dalam Megapascal (MPa) dan kilopound force persquere inch. Data ini terkait dengan tiga benda uji yang memiliki sudut kampuh yang berbeda, yaitu 40°C, 65°C dan 90°C. Dimana nilai yang di dapatkan sudah melebihi nilai minimum pada standar yang di gunakan yaitu standar American Welding Society (AWS) D1.1 2020.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka hasil tegangan tarik dimasukan kedalam diagram seperti pada Gambar 12.

Berdasarkan grafik di atas, nilai tegangan tarik maksimal tertinggi terjadi pada specimen T1 dengan suhu 90°C, yaitu 653,72 MPa, sementara nilai terendah terjadi pada specimen T1 dan T2 dengan suhu 40°C, yaitu 494 MPa. Meskipun demikian, semua perlakuan preheat pada suhu 40°C, 65°C, dan 90°C berhasil memenuhi batas kualifikasi logam kekuatan tarik pada standar AWS D1.1, yaitu 448 MPa (65 ksi).

Secara keseluruhan, preheat mempengaruhi kekuatan tarik material API 2W Grade 50. Ultimate Tensile Stress menunjukkan tren peningkatan dan penurunan yang lebih jelas dengan meningkatnya preheat.

Patahan spesimen terjadi pada daerah HAZ, yang menunjukkan bahwa pemilihan filler atau logam pengisi, parameter, dan multilayer pengelasan telah tepat. Penguatan daerah logam las dan HAZ dipengaruhi oleh siklus termal yang memegang kualitas dari kedua daerah tersebut. Efek multilayer juga berperan penting dalam penguatan daerah logam las dan HAZ. Proses multilayer memberikan efek penguatan (tempering) pada daerah HAZ akibat pemanasan pada layer setelahnya, mempengaruhi struktur mikro dan kekuatan hasil pengelasan.

D. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan (hardness) pada penelitian ini menggunakan jenis Vickers Hardness. Pada pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui kemampuan benda dalam menerima pembebanan dengan beban dan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk pengujian kekerasan pada spesimen uji ini direncanakan sesuai dengan standar permintaan perusahaan yang terdapat pada beberapa titik untuk menentukan kekerasan material. Setelah didapat ukuran – ukuran seperti pada hasil pengujian dengan beberapa titik kekerasan sesuai dengan Gambar 13, maka yaitu preheat dengan suhu 40°C, 65°C dan 90°C maka hasil dari masing – masing nilai kekerasannya ditranformasikan ke dalam grafik yang tertera pada grafik dibawah ini :

Dari data diatas dapat diketahui bahwa preheat pada pengelasan SMAW dengan posisi pengelasan 3G uphill cukup berpengaruh terhadap kekerasan masing-masing daerah. Nilai kekerasan dari hasil pengelasan SMAW dengan suhu preheat 40oC yaitu pada daerah base metal sebesar 206,6 HVN; HAZ sebesar 208,67 HVN; dan weld metal

sebesar 150,5 HVN.

Pada hasil pengelasan SMAW dengan suhu preheat 65oC memiliki nilai kekerasan yaitu daerah base metal sebesar 150,2 HVN; HAZ sebesar 208,08 HVN; dan weld metal sebesar 224,00 HVN. Pada hasil hasil pengelasan SMAW dengan suhu preheat 90oC daerah base metal sebesar 185,5 HVN, HAZ sebesar 215,96 HVN, dan weld metal sebesar 207,00 HVN.

Dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa base metal memiliki selisih nilai tidak terlalu signifikan pada preheat suhu 40oC dan 65oC dimana dapat diartikan bahwa daerah ini tidak mengalami atau mendapat pengaruh dari perbedaan preheat (yang berpengaruh pada heat input) selama proses pengelasan namun pada suhu 90°C mengalami kenaikan nilai kekerasan yang lumayan tinggi karena menerima panas yang. Sedangkan, pada daerah HAZ dan weld metal mengalami perubahan meskipun tidak cukup signifikan antara suhu yang satu dengan yang lain. Nilai HAZ serta weld metal dari pengaruh preheat suhu 40°C, 65°C dan 90°C tidak jauh berbeda dibandingkan suhu preheat 65°C yang memiliki nilai kekerasan weld metal yang lebih tinggi (Gambar 13).

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa proses preheat pada suhu 40°C, 65°C, dan 90°C menyebabkan peningkatan nilai ultimate tensile strength (tegangan tarik maksimal) dan Yield Strength (kekuatan luluh). Selain itu, dengan meningkatnya suhu preheat, nilai yield strength menjadi lebih stabil. Nilai tertinggi ultimate tensile strength tercapai pada suhu 90°C, yaitu 653,72 MPa, sedangkan nilai terendah terjadi pada suhu 40°C dengan nilai 494 MPa. Setelah melakukan preheat pada suhu 40°C, 65°C, dan 90°C, terjadi peningkatan nilai kekerasan pada Base Metal, HAZ, dan Weld Metal setelah proses pendinginan udara selama 48 jam. Hal ini merupakan hasil variasi suhu preheat yang dilakukan pada 40°C, 65°C, dan 90°C. Berdasarkan penelitian ini, ditemukan bahwa suhu preheat yang optimal dalam Pengelasan SMAW Posisi 3G menggunakan Material API 2W Grade 50 adalah 90°C. Temuan ini akan menjadi acuan dan digunakan dalam proyek pembuatan modul Topside platform selanjutnya..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Naharuddin, "Kekuatan tarik dan bending sambungan las pada material baja SM 490 dengan metode pengelasan SMAW dan SAW," *J. Mek. Januari*, vol. 6, no. 2015, pp. 550–555, 2015.
- [2] ASME, *Boiler and Pressure Vessel Code: An International Code*, 1st ed. New York: The American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2015.
- [3] A. Duniawan, "Pengaruh kecepatan arus pengelasan dan panas masuk terhadap sifat mekanis logam las pada pengelasan saw baja karbon ASTM A 29," *Technoscientia*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2014, doi: 10.34151/technoscientia.v7i1.581.
- [4] D. P. Kosasih and A. R. Hakim, "Analisa perbandingan pengaruh welding repa ir pada pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda RB -26 kobe steel dan RD-260 nikko steel terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah," *J. MESA*, vol. 1, no. 1, pp. 26–33, 2017.
- [5] Yassyr Maulana, "Analisis kekuatan tarik baja ST37 pasca menggunakan SMAW," *J. Tek. Mesin UNISKA*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2016, doi: 10.31602/al-jazari.v1i2.545.