

ANALISIS KEKUATAN DAN KUALITAS SAMBUNGAN LAS DENGAN VARIASI PENDINGINAN OLI DAN UDARA PADA MATERIAL ASTM A36 DENGAN PENGUJIAN NDT (NON DESTRUCTIVE TEST)

Mohamad Faizal H¹, Syahrul Umam²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta
email : mfaizalh172@gmail.com

Abstract

Welding is the process of joining two metals to the point of metal recrystallization using either added or not material and using heat energy as a melting agent. In this study, different cooling variations on each specimen were carried out, the material used was ASTM A36 Plate, 3.2 mm diameter E7018 electrode, cooling used with Oil and Air. in the implementation of welding using the SMAW (Shielded Metal Arc Welding) welding method. From the above understanding, research and testing are carried out including tensile tests, radiography / x-rays, and penetrants. The purpose of this study was to determine the strength and quality of welded joints that were not seen with the Destructive Test on the ASTM A36 plate and also to determine the effect of variations in oil and air cooling. From this study it can be found that the tensile strength values for specimen 1 (Oil) is 373.06 MPa. While the value of tensile strength for specimen 2 (Air) is 365.31 MPa, this means that it has decreased by 7.75 MPa from the tensile strength of specimen 1 (Oil).

Keywords: Radiography Test, Dye-Penetrants Test, Tensile Test

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri pembuatan kapal atau pembangunan suatu konstruksi bangunan menggunakan pelat atau rangka baja, salah satu jenis baja yang dipakai adalah Pelat ASTM A36. Dengan konstruksi menggunakan cara pengelasan memberikan beberapa keuntungan diantaranya, cara yang paling murah dibanding dengan cara yang lain, memberikan berat benda yang lebih ringan bila dibandingkan dengan cara *rivet* atau mur baut, dapat dipakai untuk menyambung sebagian besar logam komersil, dapat dipakai di segala tempat dan pada posisi manapun, mudah untuk mendesain sambungan dan sangat fleksibel, memberikan kekuatan yang relatif sama dengan logam asli. Kekuatan sambungan las berhubungan dengan kualitas sambungan las dan sifat mekanis lainnya. Cacat pada sambungan las tidak terlihat dengan uji *Destructive Test*, maka dilakukan uji *Non Destructive Test* (NDT) untuk melihat cacat las dibawah permukaan diantaranya dengan *X-ray* dan *Dye Penetrant*. Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar busur, kecepatan pengelasan, besar nya kecepatan dan polaritas listrik. Penentuan pendinginan dalam penyambungan logam

mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan pendinginan dalam pengelasan ini menggunakan pendinginan oli dan udara / suhu ruangan.

Masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui cacat sambungan las yang tidak terlihat dengan visual test, *destructive test* terhadap sambungan las pada terutama pada daerah HAZ yang memungkinkan terjadinya kegagalan suatu penyambungan las (retak las) pada konstruksi dari kapal laut.

Parameter perumusan masalah :

1. Material yang digunakan adalah pelat ASTM A36 dengan ketebalan 12 mm.
2. Proses penyambungan las dengan las busur listrik elektroda terbungkus / *Shield Metal Arc Welding* dan pengelasan dilakukan dengan cara manual, dengan arus pengelasan 130 ampere.
3. Metode Pendinginan dengan :
 - a) Oli
 - b) Udara
4. Parameter pengelasan lainnya seperti kecepatan pengelasan, tegangan pengelasan,

jenis dan diameter elektroda sama / tetap (tipe RD-260 E7018) diameter 3,2 mm.

5. Jenis pengujian adalah :
 - a) Uji X-Ray
 - b) Uji Penetrant
 - c) Uji Tarik

TINJAUAN PUSTAKA

Baja Karbon

Baja karbon rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya, material ini digunakan untuk kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan.

Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon antara 0,1% - 1,7%. Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon, baja digolongkan menjadi tiga tingkatan:

Baja karbon rendah yaitu baja yang mengandung karbon kurang dari 0,29%.

Baja karbon menengah 0,3- 0,6 % C, serta Baja karbon tinggi > 0,6 % C sampai dengan 1,7 %C.

Umumnya baja karbon paduan rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk pelat, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin, dan lain-lain.

Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja karbon rendah pada umumnya mudah dilas dengan berbagai cara pengelasan (proses las). Dalam pengelasan baja karbon rendah ini dapat dilakukan tanpa proses preheating dan post heating dan berlangsung dengan baik. Akan tetapi faktor-faktor yang sangat mempengaruhi sifat mampu las dari baja karbon rendah adalah kekuatan tarik dan kepekaan terhadap retak las. Dimana retak las pada baja karbon rendah ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau di dalam baja tersebut terdapat Belerang (S) bebas yang cukup tinggi.

Baja ASTM A36

Baja karbon (carbon steel) memiliki banyak tipe tergantung dari *alloy* pematunya. Salah satu baja karbon yang sangat sering digunakan pada aplikasi stuktur (konstruksi dan kapal) adalah baja karbon ASTM A36. Baja karbon ini memiliki keuletan dan kekuatan yang baik.

Karbon dengan konsentrasi maksimum 0.25% - 0.29% merupakan unsur paduan utama dalam baja karbon ASTM A36. Unsur karbon ini memberikan kontribusi pada sifat keras dan kuat, tetapi disaat yang sama juga menghasilkan sifat getas.

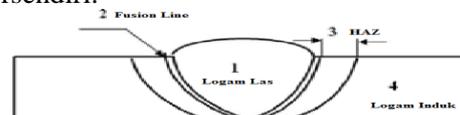
Pada baja karbon ASTM A36 terdapat pula sejumlah kecil unsur pengikat seperti *manganese* (Mn), *phosphorus* (P), *sulfur* (S), dan *silicon* (Si).

Tabel 1 Komposisi Kimia Plat ASTM A36

Karbon (C)	0.25 - 0.29 %
Tembaga (CU)	0.20 %
Besi (Fe)	98.0 %
Mangan (Mn)	1.00 %
Fosfor (P)	0.040 %
Silikon (Si)	0.28 %
Sulfur (S)	0.050 %

Daerah Pengaruh Panas

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas yang dalam bahasa Inggrisnya adalah "*Heat Affected Zone*" dan disingkat menjadi daerah HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau daerah HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk tak terpengaruhi adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Di samping ketiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah khusus yang membatasi antara logam las dan daerah pengaruh panas, yang disebut batas las. Dalam membahas siklus termal daerah lasan hal-hal yang perlu dibahas meliputi proses pembekuan, reaksi yang terjadi dan struktur mikro yang terbentuk yang masing-masing akan dibahas tersendiri.



Gambar 1 Daerah Pengaruh Panas Pada Sambungan Las

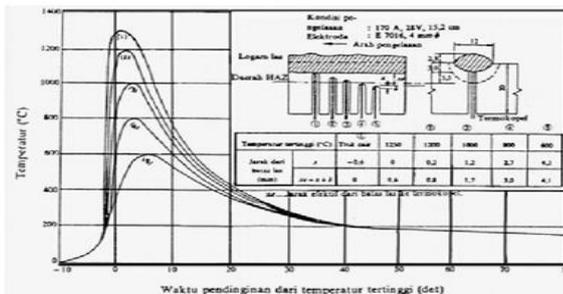
Keterangan:

1. Logam Las (*Weld Metal*) adalah daerah dimana terjadi pencairan logam dan dengan cepat kemudian membeku.
2. *Fusion Line* Merupakan daerah perbatasan antara daerah yang mengalami peleburan dan yang tidak melebur. Daerah ini sangat tipis sekali sehingga dinamakan garis gabungan antara *weld metal* dan HAZ.

- HAZ merupakan daerah yang dipengaruhi panas dan juga logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat, sehingga terjadi perubahan struktur akibat pemanasan.
- Logam Induk (*Parent Metal*) merupakan logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat.

Daerah HAZ merupakan daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain mengalami perubahan struktur mikro juga mengalami perubahan sifat mekanik pada daerah itu karena dipengaruhi lamanya pendinginan dan komposisi kimia logam induk itu sendiri.

Pada proses pengelasan terjadi suatu siklus termal las yaitu proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi pada daerah lasan atau dapat dikatakan proses perubahan panas yang bersifat lokal, tidak seperti proses perubahan panas pada umumnya.



Gambar 2 Siklus Thermal Las

Arus Pengelasan

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan. Untuk elektroda standart *American Welding Society* (AWS).

Tabel 2 Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan

Diameter Kawat Las (mm)	Arus las (Amper)
1.6	25-45
2.02	50-75
5	70-95
3.2	95-130
4.0	135-180
5.0	155-240

Sumber tegangan yang digunakan pada pengelasan ada dua macam yaitu AC (Arus bolak - balik) dan DC (Arus searah). Adapun pengertiannya seperti berikut:

Dalam Arus DC terdapat polaritas listrik yaitu :

- Polaritas Lurus
- Polaritas Balik

Daya Listrik

Daya adalah banyaknya energi yang digunakan pada selang waktu tertentu. Daya listrik yang dihasilkan dalam suatu rangkaian yang melibatkan tahanan listrik merupakan perkalian tegangan dan arus listrik. Untuk mencari daya (P) dapat dihitung dengan persamaan 1:

$$P = \frac{W}{T} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- W = Besarnya energi (Joule)
- T = Jumlah satuan waktu detik (s)
- P = Besarnya daya listrik watt (w)

Daya juga bisa dihitung dengan persamaan lain yaitu dengan diketahui tegangan dan arus, dengan persamaan 2:

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- V = Besarnya tegangan (Volt)
- I = Besarnya arus listrik (Amper)
- P = Besarnya daya listrik (Watt)

Heat Input

Proses pengelasan menggunakan energi listrik yang diubah menjadi energi panas untuk melelehkan atau mencairkan logam. Apabila penggunaan energi ini selama selang waktu t detik, maka energy dapat dihitung dengan persamaan 3 dan 4:

$$W = \frac{I \times V}{\eta} \dots \dots \dots (3)$$

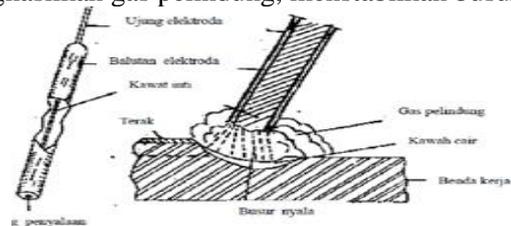
$$W = I^2 \times R \times t \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- Vab = Perbedaan potensial (Volt)
- I = Besarnya arus (Amper)
- t = Satuan waktu (detik)
- W = Besarnya energi (Joule)

Kawat Elektroda

Kawat Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las, Sedangkan fungsi fluks sendiri adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.



Gambar 3 Kawat Elektroda

Klasifikasi kawat elektroda diatur berdasarkan standar *American Welding Society* (AWS) dan *American Society Testing Material* (ASTM).

Menurut standar AWS penomoran kawat elektroda dengan kode EXXYZ adalah sebagai berikut:

- E : Kawat elektroda untuk las busur listrik
- XX : Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan .
- Y : Menyatakan posisi pengelasan, 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi
- Z : Jenis selaput elektroda *Rutil-Kalium* dan pengelasan arus AC/DC Untuk spesifikasi kawat elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda yang digunakan pada posisi pengelasan dan polaritas pengelasan.

Non Destructive Testing (NDT)

Non Destructive Testing (Uji Tidak Merusak) adalah salah satu pengujian yang dapat dilakukan pada suatu material, komponen, struktur, atau mengukur beberapa karakteristik tanpa merusak komponen atau material benda uji tersebut. Metode NDT bertujuan untuk mencari dan mengetahui karakteristik dan kondisi material, serta kekurangan yang mungkin menyebabkan komponen mengalami kegagalan, mencegah ledakan pipa dan berbagai kegagalan yang kurang terlihat tetapi dapat mengganggu kinerja unit. Test ini dilakukan dengan cara yang tidak mempengaruhi fungsi komponen, karena NDT memungkinkan bagian dan material yang akan diperiksa dan diukur tanpa harus merusak. Karena pemeriksaan dilakukan tanpa mengganggu struktur dan fungsi utama komponen. NDT memberikan keseimbangan yang sangat baik antara kontrol kualitas dan efektifitas biaya, sehingga secara umum NDT dapat dilakukan untuk inspeksi pada kondisi lingkungan terbuka maupun tertutup.

Radiography (X-RAY)

Pada metode NDT ini dapat untuk menemukan cacat pada material dengan menggunakan sinar X dan sinar gamma. Prinsipnya, sinar X dipancarkan menembus material yang diperiksa. Saat menembus objek, sebagian sinar akan diserap sehingga intensitasnya berkurang. Intensitas akhir kemudian direkam pada film yang sensitif. Jika ada cacat pada material maka intensitas yang terekam pada film tentu akan bervariasi. Hasil rekaman pada film inilah yang akan memperlihatkan bagian material yang mengalami cacat.

Metode NDT ini dapat untuk menemukan cacat pada material dengan menggunakan sinar X dan sinar gamma. Dengan menggunakan sinar X untuk mendapatkan gambaran terhadap material. Prinsipnya sama dengan sinar X yang digunakan untuk tubuh manusia, tetapi panjang gelombang yang digunakan berbeda.

Pengujian radiografi memiliki sensitivitas yang tinggi, untuk hampir semua pendeteksian kecacatan sebagian besar, tapi akibatnya adalah prosedur inspeksi yang lebih mahal daripada metode NDT alternatif. Ada juga bahaya radiasi ketika menggunakan metode ini, dan beberapa retakan yang normal berorientasi ke sumber radiasi menjalankan risiko tidak terdeteksi. Kebutuhan untuk radiografi atau *x-ray* pemeriksaan mencakup berbagai produk dari peralatan kamar gelap untuk penetrameters.

Radiasi yang digunakan dalam pengujian radiografi adalah energi yang lebih tinggi (panjang gelombang lebih pendek) versi dari gelombang elektromagnetik yang kita lihat sebagai cahaya tampak. Radiasi dapat berasal dari generator *X-ray* atau sumber radioaktif.

Keuntungan dari metode radiographic adalah:

- a. Faktor ketebalan benda uji tidak mempengaruhi. Hal ini mengingat daya tembus sinar γ sangat besar;
- b. Mampu menggambarkan bentuk cacat dengan baik;

Kekurangan dari metode radiographic yaitu:

- a. Memerlukan operator yang benar-benar berpengalaman;
- b. Setiap operator atau pekerja harus berlisensi;
- c. Efek radiasi sinar γ (gamma) berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

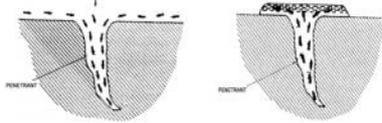
Dye-Penetrant Test

Uji *liquid penetrant* ini dapat digunakan untuk mengetahui diskontinuitas halus pada permukaan seperti retak, berlubang atau kebocoran. Pada prinsipnya metode pengujian dengan *liquid penetrant* memanfaatkan daya kapilaritas.

Liquid penetrant dengan warna tertentu (merah) meresap masuk kedalam diskontinuitas, kemudian *liquid penetrant* dikeluarkan dari dalam diskontinuitas dengan menggunakan cairan pengembang (*developer*) yang warnanya kontras dengan *liquid penetrant* (putih). Terdeteksinya diskontinuitas adalah dengan timbulnya bercak-bercak merah (*liquid penetrant*) yang keluar dari dalam diskontinuitas

Diskontinuitas yang mampu dideteksi dengan pengujian ini adalah diskontinuitas yang bersifat terbuka dengan prinsip kapilaritas. Deteksi diskontinuitas dengan cara ini tidak terbatas pada ukuran, bentuk arah diskontinuitas, struktur bahan maupun komposisinya. *Liquid penetrant* dapat meresap kedalam celah diskontinuitas yang sangat kecil. Pengujian *penetrant* tidak dapat mendeteksi kedalaman dari diskontinuitas. Proses ini banyak digunakan untuk menyelidiki keretakan permukaan (*surface cracks*), kekeroposan (*porosity*), lapisan-lapisan bahan, dll. Penggunaan uji *liquid*

penetrant tidak terbatas pada logam *ferrous* dan *non ferrous* saja tetapi juga pada *ceramics, plastic, gelas, dan benda-benda hasil powder metalurgi.*



Gambar 4 Proses kapilaritas

Penggunaan uji *liquid penetrant* ini sangat terbatas, misalnya:

Keretakan atau kekeroposan yang ada dapat dideteksi jika keretakan tersebut merambat hingga ke permukaan benda. Sedangkan keretakan yang ada dibawah permukaan benda, tidak akan terdeteksi dengan menggunakan metoda pengujian ini.

1. Pada permukaan yang terlalu kasar atau berpori-pori juga dapat mengakibatkan indikasi palsu.
2. Metoda pengujian ini tidak dianjurkan untuk menyelidiki benda-benda hasil *powder metallurgy* yang kurang padat.

Klasifikasi *liquid penetrant* sesuai cara pembersihannya

Liquid penetrant bila dilihat dari cara pembersihannya dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam metoda dan ketiganya memiliki perbedaan yang mencolok. Pemilihan salah satu sistem bergantung pada faktor-faktor berikut ini:

- Kondisi permukaan benda kerja yang diselidiki
- Karakteristik umum *discontinuity* / keretakan logam
- Waktu dan tempat penyelidikan
- Ukuran benda kerja

Standart Penerimaan Penetrant

Dalam pengujian penetrant dapat dinyatakan bahwa material tersebut dapat diterima apabila permukaannya bebas dari:

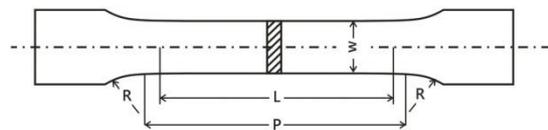
1. *Relevant linear indication*
Suatu cacat dikatakan memiliki indikasi *linier* dan akan direject apabila pada cacat tersebut memiliki panjang lebih dari 3 kali lebarnya dan yang besarnya lebih dari $\frac{1}{16}$ in. (1,6 mm).
2. *Relevant rounded indication*
Suatu cacat dikatakan memiliki indikasi lingkaran apabila pada cacat tersebut memiliki panjang kurang dari 3 kali lebarnya.
 1. Material tersebut akan *direject* apabila memiliki panjang atau lebar indikasi lingkaran lebih dari $\frac{3}{16}$ (4,8 mm).
 2. Material tersebut akan di *reject* apabila memiliki 4 atau lebih indikasi lingkaran yang tersusun dalam satu baris, dengan jarak

antara indikasi lingkaran kurang dari 1,6 mm.

Pengujian tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las.

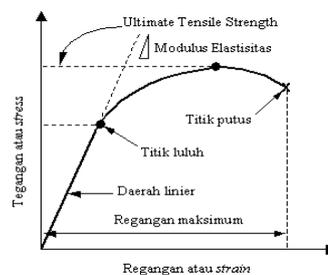
Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda yang diatur pada JIZ 2201 1981



Gambar 5 Spesimen AWS D1.1

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara bersambung dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji .



Gambar 6
Kurva Tegangan

Regangan

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinyu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan. Tegangan dapat dihitung menggunakan rumus 7:

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

- σ_u = Tegangan normal (kg/mm²)
- F_u = Beban maksimal (kg)

A_0 = Luas penampang mula dari penampang batang (mm²)

Dan regangan (persentase pertambahan panjang) dapat dihitung menggunakan rumus 8:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

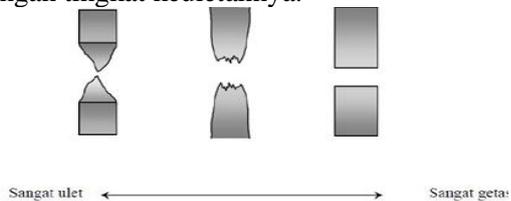
- ϵ = Regangan (%)
- L = Panjang akhir (mm)
- L_0 = Panjang awal (mm)

$$q = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

q = Reduksi penampang (%)

Sampel hasil pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan perpatahan sesuai dengan tingkat keuletannya.

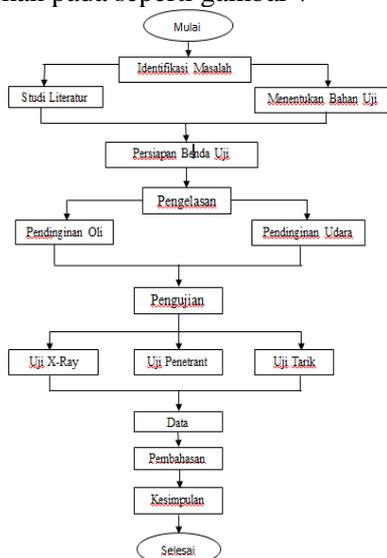


Gambar 7 Ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan / kegetasan

Perpatahan ulet memberikan karakteristik berserabut (*fibrous*) dan gelap (*dull*), sementara perpatahan getas ditandai dengan permukaan patahan yang berbutir (*granular*) dan terang. Perpatahan ulet umumnya lebih disukai karena bahan ulet umumnya lebih tangguh dan memberikan peringatan lebih dahulu sebelum terjadinya kerusakan, ini juga terjadi pada sambungan las.

METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian dibuat diagram alir proses penelitian dengan tahap seperti ditunjukkan pada seperti gambar 7



Gambar 7 Diagram Alir Proses Penelitian Sampel Pengujian

Benda uji yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini adalah Plat ASTM A36 dengan ketebalan plat 12 mm, panjang 300 mm dan lebar 400 mm. Memakai jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 2 mm, tinggi akar 2 mm dan sudut kampuh 70°. Dengan pengelasan SMAW dimana elektroda yang digunakan jenis E7018 dengan diameter elektroda 3,2 dan menggunakan variasi pendinginan oli dan udara. Seperti terlihat pada **gambar 8** sampai **gambar 10**.



Gambar 8 Kampuh V Terbuka



Gambar 9 Sampel yang sudah di las

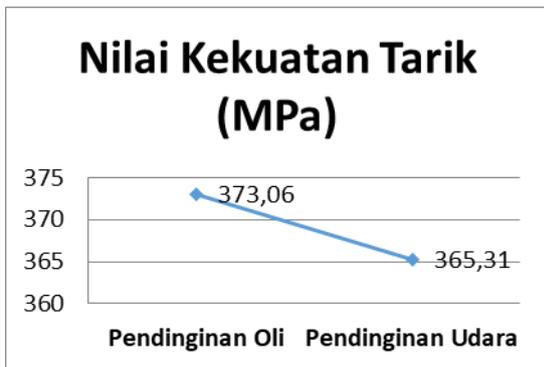


Gambar 10 Sampel yang sudah mengalami pendinginan

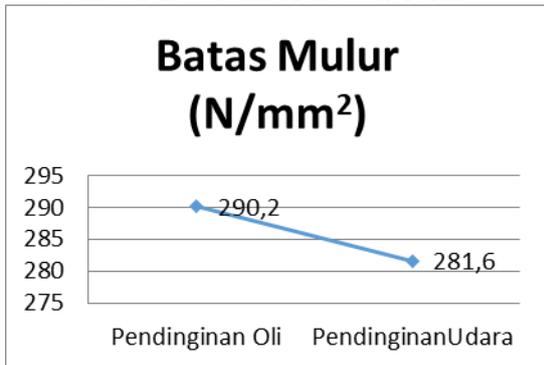
Tabel 3 Hasil Pengujian Tarik

Spesimen	Pendinginan	Batas Mulur (N/mm ²)	Nilai Kuat Tarik (MPa)
1	Oli	290,2	373,06
2	Udara	281,6	365,31

Pengujian ini menggunakan mesin united SHFM – 600 kN dan suhu ruangan. Pengujian ini menggunakan *standard* AWS D1.1. Data-data hasil pengujian tarik yang sudah diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 13** dan **Gambar 14**



Gambar 13 Grafik Kekuatan Tarik



Gambar 14 Grafik Batas Mulur

Hasil Uji Penetrant



Gambar 15 Pendinginan Oli

Tabel 4 Hasil Pengujian Penetrant

Material Identification	Interpretation	Remarks
Spesimen 1 (udara)	Accepted	No Defect
Spesimen 2 (oli)	Accepted	No Defect

Testing Procedure : ASME BPVC Section V
 Acceptance Std: ASME Section VIII Div 1 Appendix 8

Hasil Uji X-Ray



Gambar 16 Foto X-Ray dng specimen pendinginan udara



Gambar 17 Foto X-Ray dng specimen pendinginan oli

Tabel 5 Hasil Pengujian X-Ray / Radiography

No	Weld Identification	Joint Number	Fillet Location	Type of discontinuities							Result	Remarks
				Crack (mm)	Incomplete Penetration	Incomplete Fusion (mm)	Porosity (mm)	Slag Inclusion (mm)	Other (mm)			
1	A (udara)	1	A-B	-	-	-	P	-	-	Accepted	-	
2	B (oli)	1	A-B	-	-	-	-	-	-	Accepted	-	

Testing Procedure : ASME BPVC Section V

Acceptance Criteria : ASME Section IX

Analisis

1. Uji Penetrant

Dari hasil pengujian penetrant pada sambungan pengelasan dengan material ASTM A36 yang menggunakan dua metode pendinginan, yaitu pendinginan udara dan pendinginan oli menunjukkan bahwa dari kedua hasil uji tidak di temukannya cacat pada bagian sambungan material. Yang artinya pengelasan ini dapat di terima berdasarkan pada acceptance standard ASME Section VIII Div 1 Appendix 8

2. Uji X-Ray / Radiography

Berdasarkan hasil pengujian x-ray yang di lakukan pada sambungan las material ASTM A36 baik yang menggunakan pendinginan udara maupun oli dimana dari hasil pengujian tersebut di temukan adanya porosity pada metode pendinginan yang menggunakan udara, sedangkan untuk pendinginan oli tidak di temukan sama sekali cacat pengelasan pada saat penyambungan.

Meski demikian sambungan las yang menggunakan pendinginan udara yang terdapat cacat porosity tetap di nyatakan lulus uji. Itu karena kan mengacu pada Acceptance Criteria yang digunakan adalah ASME SECTION IX

3. Uji Tarik

Data dari hasil pengujian tarik secara kekuatan telah memenuhi persyaratan terlihat pada waktu di uji posisi putus terletak pada *Base Metal* hal ini terjadi karena sambungan pengelasan telah homogen dengan material. Proses pendinginan pengelasan pada material yang menggunakan pendinginan udara menghasilkan beban mulur sebesar $281,6^N/mm^2$ dan kuat tarik sebesar $365,31^N/mm^2$. Sedangkan pendinginan oli menghasilkan beban mulur sebesar $290,2^N/mm^2$ dan kuat tarik sebesar $373,06^N/mm^2$. kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan material yang dilas menggunakan pendinginan oli, hal ini terjadi karena pendinginan menggunakan oli sama dengan *hardening* atau pengerasan material. Jadi material semakin keras, kuat tariknya akan semakin tinggi, ini yang menyebabkan pendinginan oli lebih tinggi kuat tariknya dibandingkan dengan pendinginan udara.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian spesimen dan analisis data maka dapat ditarik suatu kesimpulan, yaitu:

1. Hasil uji kekuatan tarik menunjukkan pendinginan menggunakan udara memiliki kuat tarik dan beban mulur lebih rendah dibandingkan dengan pendinginan menggunakan oli yaitu sebesar 365.31 MPa dan $281,6^N/mm^2$, Dibandingkan dengan pendinginan menggunakan oli yang kekuatan tarik dan beban mulurnya lebih tinggi dari pendinginan udara yaitu sebesar 373.06 MPa dan $290,2^N/mm^2$. Itu terjadi karena material yang semakin keras, kuat tariknya dan beban mulurnya akan semakin tinggi, dalam hal ini *heat input* dari kedua pengelasan sama maka specimen dengan pendinginan oli akan menghasilkan kekerasan lebih tinggi.
2. Hasil uji penetran menunjukkan bahwa hasil dari pendinginan menggunakan oli dan pendinginan menggunakan udara sama baiknya dan dinyatakan lulus uji menurut dari *acceptance standard ASME Section VIII Div 1 Appendix 8* ataupun ANSI B31.1.
3. Hasil uji *x-ray* menunjukkan pendinginan menggunakan udara terdapat cacat yaitu adanya *porosity* pada bagian sambungan pengelasannya, sedangkan untuk pendinginan menggunakan oli tidak ditemukan adanya cacat sama sekali. Meskipun pada pendinginan udara terdapat *porosity* pada sambungan pengelasannya, tetapi besarnya *porosity* yang ada masih memenuhi kriteria pada *acceptance standard ASME Section IX*.

Ditinjau dari hasil-hasil pengujian menunjukan bahwa pendinginan dengan menggunakan metode pendinginan oli lebih baik di karena kan material lebih keras sehingga kuat tariknya pun lebih tinggi, sedangkan untuk *porosity* bisa terjadi yang di sebabkan karena tertangkapnya gas saat terjadinya solidifikasi dari logam las.

DAFTAR PUSTAKA

- Wirjosumarto H, 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Erlangga, Jakarta
<https://www.slideshare.net/AndikaWahyuAlAmin/laporan-resmi-ndt-non-destructive-test>,
 Herry Oktadinata, 2009., *Pengaruh Temperatur Pembentukan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Batangan ASTM A36 Untuk Aplikasi Welded Eye Bold.*, Fakultas Teknik., Program Sarjana Bidang Metalurgi, Universitas Indonesia., Depok.
 Admin, “Penetrant”, diakses dari <http://hima-tl.ppn.ac.id/penetrant-test/>
 Info Non Destructive Testing, “Pengujian X-Ray”, diakses dari <https://ndtindonesia.wordpress.com/2015/01/19/33/>