

## **PENGARUH SUHU PREHEATING TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN PELAT BAJA ASTM A36 PADA PENGELASAN *SHIELDED METAL ARC WELDING* (SMAW)**

Achmad Rifaldi<sup>1</sup>, Agus Umar Ryadin<sup>1\*</sup>, Arif Rahman Hakim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan Batam  
E-mail<sup>\*</sup> : [agusumar@ft.unrika.ac.id](mailto:agusumar@ft.unrika.ac.id)

### **Abstrak**

*Preheating* yang dilakukan sebelum proses pengelasan bertujuan untuk mengurangi perbedaan temperatur spesimen agar tidak terjadi cacat las karena panas yang timbul pada saat pengelasan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu *preheating* pada hasil pengelasan SMAW terhadap sifat fisik dan mekanik serta untuk mengetahui berapa temperatur *preheating* yang sesuai diberikan pada baja ASTM A36. Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan adalah pengelasan dengan suhu *preheating*. Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW pada baja ASTM A36 dengan kampuh V 60°. Variasi suhu *preheating* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *non preheating*, variasi *preheating* 100°C, variasi *preheating* 200°C, variasi *preheating* 300°C. dari hasil pengelasan SMAW dilakukan pengujian dengan menggunakan uji tarik, dan uji kekerasan (*Vickers hardness test*). Berdasarkan hasil pengujian tarik dapat diketahui bahwa spesimen dengan variasi *preheating* 200°C mendapatkan hasil terbaik dan pada hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa nilai *ultimate tensile strenght* yaitu 458 (N/mm<sup>2</sup>). Pada ada hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan mengalami peningkatan seiring ditingkatkannya temperatur *preheating*. Nilai kekerasan terbaik didapatkan pada temperatur *preheating* 300°C yaitu dengan nilai kekerasan 147 VHN pada daerah base metal, nilai kekerasan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) yaitu 178 VHN dan kekerasan pada *weld metal* adalah 185 VHN.

**Kata Kunci :** Preheating, SMAW, Metalurgi Pengelasan, Pengujian Tarik, Pengujian Kekerasan.

### **Abstract**

*Preheating prior to welding process aimed to reduce the temperature specimens to avoid welding defect as heat which arising during welding. The purpose of this research is to find temperature preheating effect on the outcome of welding smaw against the character of physical and mechanical temperature and to know how preheating appropriate given to steel ASTM A36. In this research, treatment given by researchers is process welding by preheating temperature. Welding was performed using the SMAW method on ASTM A36 steel with a V bevel 60°. Temperature variations preheating used the research is non preheating, variation preheating 100°C, variation preheating 200°C, variation preheating 300°C. From the result SMAW welding testing tensile testing and hardness testing ( Vickers Hardness Test ). Based on the results of the tensile testing it can be seen that the specimen with variations preheating 200°C get the best and test results showing that the ultimate tensile strenght is 458 (N/mm<sup>2</sup>). In hardness testing there an testing showing that the hardness increased as preheating temperature be increased. the best result of hardness at the temperature preheating 300°C is 147 VHN result in the base metal, result HAZ(Heat Affected Zone) ( 178 ) VHN and Hardness at weld metal is 185 VHN.*

**Keywords :** Preheating, SMAW, Welding Metallurgy, Tensile Test, Hardness Test.

## I. PENDAHULUAN

Pada struktur hasil pengelasan tidak disadari akan terjadi tegangan sisa setelahnya. Tegangan sisa yang berlebih akan menimbulkan perubahan bentuk permanen, bahkan dapat mengalami keretakan pada hasil pengelasan, hal ini ditimbulkan karena pada proses pengelasan dilakukan tanpa melalui tahap *preheating* terlebih dahulu. *Preheating* atau pemanasan awal adalah memanaskan seluruh/sebagian benda sebelum pengelasan untuk mengurangi perbedaan panas yang terjadi antara daerah las dengan daerah sekitarnya dan tinggi rendahnya pemanasan awal tergantung tinggi rendahnya kandungan unsur karbon (Alip, 1989).

Definisi preheat menurut AWS (*American Welding Society*) adalah panas yang diberikan kepada logam yang akan dilas untuk mendapatkan dan memelihara preheat temperature. Sedangkan preheat temperature sendiri definisinya adalah suhu dari logam induk (base metal) disekitar area yang akan dilas, sebelum pengelasan itu dimulai. Pada multipass weld definisi preheat temperature adalah suhu sesaat sebelum pengelasan pada pass (celah) selanjutnya dimulai, Oleh karena itu, pemilihan suhu *preheating* sangat penting dilakukan untuk mendapatkan sifat fisis dan mekanis yang baik. Berdasarkan latar belakang di atas, penulis ingin mengembangkan penelitian dengan variasi *preheating*, dengan menganalisa kekuatan tarik, serta kekerasan baja pada hasil pengelasan. Sehingga nantinya diharapkan dapat memberikan pemahaman dalam bidang konstruksi pembangunan khususnya dalam pengelasan sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil pengelasan di lapangan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Baja

Baja karbon tersusun dari unsur besi dan karbon. Karbon merupakan unsurpengeras besi yang efektif dan murah, oleh karena itu umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Baja karbon digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Baja karbon rendah (*mild and low carbon steel*), ( $<0.3\% \text{ C}$ ), atau baja ringan adalah bentuk yang paling umum dari baja karena karbonnya relatif rendah, sementara itu memberikan sifat-sifat material yang dapat diterima untuk banyak aplikasi namun tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk fasa *martensit*. Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung 0,05%-0,15% karbon dan baja ringan (*mild steel*) mengandung 0,16-0,29% karbon karena itu tidak rapuh dan ulet. Baja ringan mempunyai kekuatan tarik yang relatif rendah, tetapi murah dan lunak.
2. Baja karbon menengah memiliki kandungan karbon 0,30-0,59%. Memiliki sifat keuletan, kekuatan dan ketahanan aus yang baik baja karbon menengah ini di gunakan untuk komponen yang besar, untuk penempaan dan komponen otomotif. Ketika kandungan karbon naik, logam menjadi lebih keras dan kuat tetapi kurang ulet.
3. Baja karbon tinggi (0,6-0,99%), secara umum, kandungan karbon yang lebih tinggi menurunkan titik leleh dan suhu perlawanan (*temperature resistance*) memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, sangat kuat, baja karbo tinggi ini biasa digunakan pada pembuatan pegas dan kawat

kekuatan tinggi, perkakas potong dan sebagainya.

**B. ASTM A36**

Pada penelitian ini, baja yang digunakan adalah ASTM A36. Pada baja ASTM A36 termasuk baja yang memiliki komposisi karbon rendah (*low carbon steel*) karena memiliki kandungan karbon 0,25- 0,29% , mempunyai komposisi material dan *mechanic property* yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

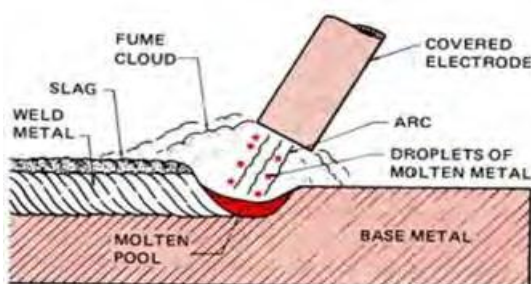
Tabel 1. Komposisi Kimia Baja ASTM A36,

Element	Content
Carbon (C) max	0.25 – 0.29 % (tergantung ketebalan)
Copper (Cu) min	0.2 %
Iron (Fe)	98 %
Manganese (Mn) max	1.03 %
Phosphorus (P)	0.04 %
Silicon (Si)	0.4 % max
Sulfur (S) max	0.05 %
<b>Sifat mekanik</b>	
<b>Nilai</b>	
Tensile strength, Ultimate	58 – 80 ksi
Tensile strength, Yield	36 ksi
Elongation (in 200mm)	20 %
Elongation (in 50mm)	23 %
Modulus elasticity	29000 ksi

Sumber : (ASTM A36,2004)

**C. Pengelasan SMAW**

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks.

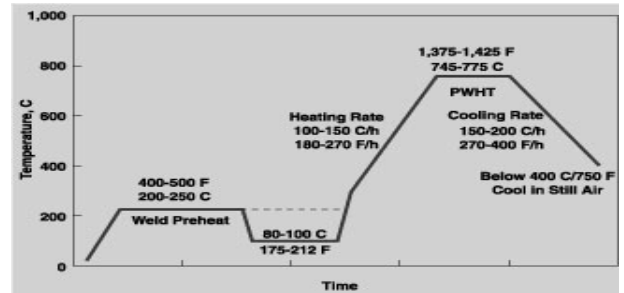


Gambar 1. Skema Pengelasan SMAW

**D. Preheat**

Definisi *preheat* menurut AWS (American Welding Society) adalah panas yang diberikan kepada logam yang akan dilas untuk mendapatkan dan memelihara *preheat temperature*.

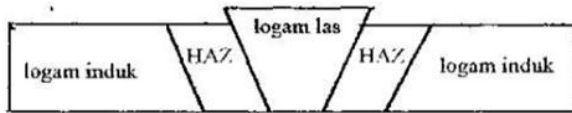
Tujuan *preheating* adalah untuk menurunkan gradient temperatur. Semua pengelasan busur menggunakan sumber panas temperatur tinggi. Pada material yang dilas akan terjadi perbedaan temperatur antara sumber panas lokal dan material induk yang lebih dingin ketika pengelasan berlangsung. Perbedaan temperatur tersebut menyebabkan perbedaan pemuaian panas dan kontraksi serta tegangan yang tinggi disekitar area yang dilas. *Preheating* akan mengurangi perbedaan temperatur dari material induk sehingga akan meminimalkan masalah yang terjadi seperti distorsi dan tegangan sisa yang berlebihan.



Gambar 2. Skema Proses Preheating

**E. Metalurgi Pengelasan**

Dalam Pengelasan terdiri dari tiga bagian yaitu logam Pengelasan, daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*) dan logam induk yang tak terpengaruhi. Logam Pengelasan adalah bagian dari logam yang ada pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat.



Gambar 3. Metalurgi Pengelasan

### F. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu material. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang.

### G. Uji Kekerasan (Vickers Hardness Test)

Uji kekerasan Vickers menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramid yang saling berhadapan adalah  $136^\circ$ . Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian esar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan Brinell. Karena penumbuknya berbentuk piramid, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan.

Rumus uji kekerasan Vickers :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} = \frac{1.854P}{L^2}$$

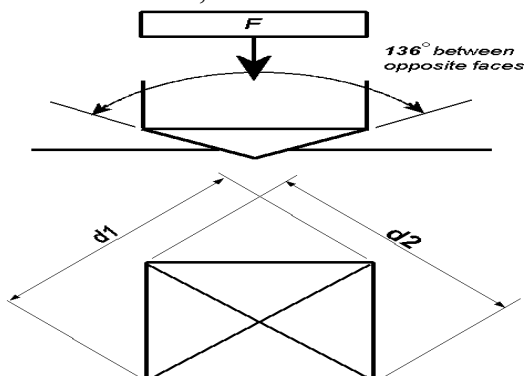
Keterangan:

VHN = Vickers Hardness Number, kg/mm<sup>2</sup>

P = beban yang diterapkan, kg

L = panjang diagonal rata-rata, mm

$\theta$  = sudut antara permukaan intan yang berlawanan,  $136^\circ$



Gambar 5. Pengujian Vickers (Vickers Hardness Test)

## III. METODE PENELITIAN

### A. Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu :

1. Peralatan Pengelasan SMAW
2. Peralatan Preheating
3. Peralatan Pengujian
4. Alat Pelindung Diri (APD)

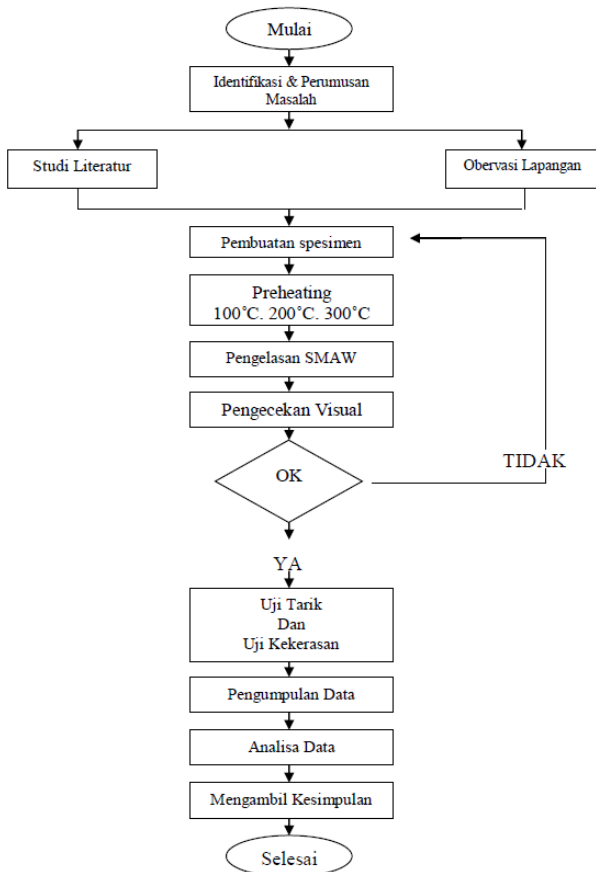
### B. Bahan

Bahan atau material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pelat Baja ASTM A36.
2. Elektroda E7018 Ø3.2mm.
3. Mapp Gas.

### C. Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan proses sehingga penelitian dapat dilaksanakan secara tersusun dan teratur sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram alir Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. *Welding Procedure Spesification (WPS)*

Proses pengelasan dilakukan sesuai dengan parameter dalam *Welding Procedure Spesification (WPS)*. Adapun WPS yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. *Welding Precedure Specification Tanpa Pemanasan Awal*

Weld Layer	Weld processes	Filler Metal		Current		Volt
		Class	Diameter	Polarity	Ampere	
1	SMAW	E7108	3.2 mm	DCRP	115	24
2	SMAW	E7108	3.2 mm	DCRP	150	24

Jenis Material : ASTMA36		
Pengelasan : SMAW		
Posisi : Flat(1G)		
Polaritas : DCRP ( Direct Current Reverse Polar)		
Tebal Plat (mm)	8	
Jenis & Dimater Elektroda	E7018 (Ø3.2 mm)	
Besar Arus (ampere)	115-165	
Voltase (volt)	24	
Preheat(°C)		
Sample 1	-	
Sample 2	100 °C	
Sample 3	200 °C	
Sample 4	300 °C	

Tabel 3. *Welding Procedure Specification*

##### B. *Proses Preheating*

Sebelum melakukan proses pengelasan pastikan material telah dipanaskan (*preheating*). Proses *preheating* dilakukan dengan las oxy acetylin dengan parameter variasi suhu *preheating* 100° C, 200° C, 300° C. Proses *preheating* dimulai dengan memberikan panas pada daerah yang akan di las secara merata sampai mencapai suhu yang diujikan. Untuk mengukur suhu setelah dilakukan proses *preheating* yaitu dengan menggunakan alat infrared temperatur. Dikarenakan 1 kawat las hanya mencapai kurang lebih 10 mm pengelasan, agar suhu pada material tetap terjaga, maka setelah proses pengelasan dengan menghabiskan 1 kawat las, dilakukan *preheating* kembali dengan suhu yang sudah ditentukan. Artinya dalam satu material dilakukan pemanasan sebanyak 2 kali.



Gambar 7. Proses *Preheating* 100°C



Gambar 8. Proses *Preheating* 200°C



Gambar 9. Proses *Preheating* 300°C

Setelah proses pengelasan dan preheating telah selesai dilakukan maka akan dilakukan pengecekan secara visual terhadap hasil pengelasan setelah dilakukan pengecekan maka material akan didiamkan selama 1 hari agar material kembali dalam keadaan normal setelah itu akan di lanjutkan dengan proses

pengujian merusak (DT) yaitu pengujian tarik dan kekerasan.



Gambar 10. Hasil Pengelasan

### C. Hasil Pengujian

#### 1. Hasil Uji Tarik

Uji Tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu material. Dengan menarik suatu material kita akan dapat mengetahui bagaimana material tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang hingga mengalami patah.

Dalam pembuatan specimen uji tarik ada beberapa langkah yang harus dilalui. Berikut langkah - langkah pembuatan specimen uji tarik.

1. Memotong specimen menggunakan mesin potong hidrolik dengan ukuran yang sudah ditentukan.
2. Menggambar desain pada specimen dengan alat gores dan alat ukur.
3. Membuat bentuk specimen tarik dari hasil pemotongan awal menggunakan gerinda.

- Setelah material selesai dibentuk maka dihaluskan pada weld joint dan daerah tepi, kemudian material siap untuk diuji.



Gambar 11. Universal Tensile Machine



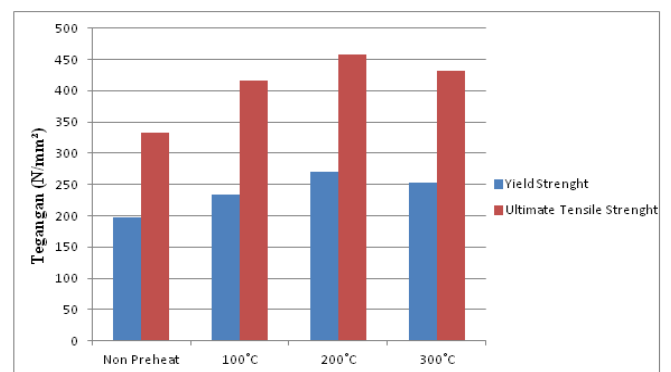
Gambar 12. Spesimen Uji Tarik

Hasil dari uji tarik adalah berupa grafik. Grafik tersebut menunjukkan hasil tegangan luluh dan tegangan maksimum dari material yang diuji. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui identitas daerah patahan yang terjadi dari pengujian specimen. Berikut dijelaskan

hasil dari setiap pengujian dan hasil perhitungan uji tarik tiap-tiap specimen.

Tabel 4. Hasil Keseluruhan Pengujian Tarik

Test Piece	Preheating	Yield Strength	UTS(Ultimate tensile strength)	Breaking
1	Non-Preheat	198(N/mm <sup>2</sup> )	333(N/mm <sup>2</sup> )	Base Metal
2	100°C	234(N/mm <sup>2</sup> )	416(N/mm <sup>2</sup> )	Base Metal
3	200°C	270(N/mm <sup>2</sup> )	458(N/mm <sup>2</sup> )	Base Metal
4	300°C	253(N/mm <sup>2</sup> )	432(N/mm <sup>2</sup> )	Base Metal



Gambar 12. Grafik Hasil Uji Tarik

Dari data pengujian tarik berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil bahwa perlakuan *preheating* berpengaruh pada kekuatan tarik baja karbon sedang ASTM A36. Hasil dari penelitian ini didapatkan specimen yang tidak diberikan perlakuan *preheating* memiliki kekuatan tarik yang paling rendah yaitu 333 N/mm<sup>2</sup>. specimen dengan *preheating* 100°C memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 416 N/mm<sup>2</sup>. specimen dengan *preheating* 200°C memiliki kekuatan tarik sebesar 458 N/mm<sup>2</sup>. specimen dengan *preheating* 300°C memiliki kekuatan tarik sebesar 432 N/mm<sup>2</sup>. Mulai dari specimen tanpa perlakuan *preheating* hingga specimen yang diberikan perlakuan temperatur *preheating* kekuatan tarik berbanding lurus mengalami peningkatan tetapi mengalami penurunan kekuatan tarik pada suhu 300°C

dikarenakan tingginya suhu dapat menimbulkan fasa martensit pada saat proses pendinginan secara alami.

Hal ini disebabkan karena pengaruh temperatur *preheating* yang semakin tinggi. Sehingga semakin tinggi temperatur *preheating* yang diberikan maka penetrasi yang terjadi pada saat berlangsungnya proses pengelasan semakin dalam sehingga *base metal* dan *weld metal* menyatu dengan lebih baik dan membentuk *HAZ (Heat Affected Zone)* yang lebih lebar.

## 2. Hasil Uji Kekerasan (*Vickers Hardness Test*)

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

Dalam pembuatan spesimen uji kekerasan ada beberapa langkah yang harus dilalui. Berikut langkah-langkah pembuatan spesimen uji kekerasan.

1. Memotong specimen menggunakan mesin potong hidrolis dengan ukuran yang sudah ditentukan.
2. Merapikan potongan material menggunakan gerinda sehingga sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan.
3. Haluskan permukaan specimen yang akan diuji menggunakan mesin poles.

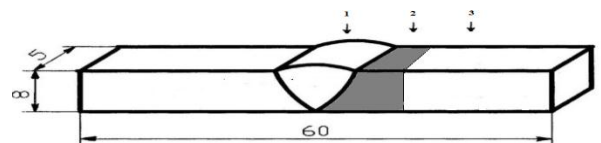


Gambar 13. Spesimen Uji Kekerasan



Gambar 14. Spesimen Setelah dipoles

Hasil dari pengujian kekerasan yaitu berupa data tingkat kekerasan material pada suatu titik. Dalam uji kekerasan dilakukan pengambilan sampel sebanyak tiga titik pada setiap area yang diuji. Adapun langkah-langkah pengujian kekerasan adalah sebagai berikut.



Gambar 15. Drawing Material Uji Kekerasan

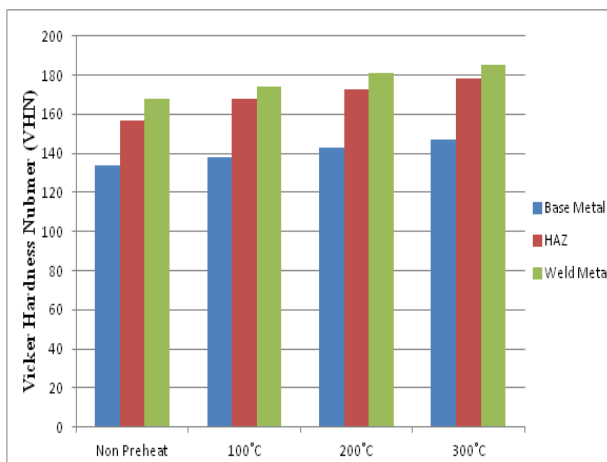
- Letakkan specimen pada meja uji alat *Vickers*.
- Amati titik yang diuji menggunakan mikroskop pada alat.



- Setelah dipastikan sudah tepat maka proses pengujian dimulai, pada saat proses pengujian tunggu sampai keluar hasil pada monitor alat uji.
  - Catat hasil pengujian.
- Data yang didapatkan dari hasil pengujian kekerasan adalah sebagai berikut,

Tabel 5. Hasil Keseluruhan Pengujian Kekerasan

Test piece	Preheating	Vicker hardness number(VHN)		
		Base metal	Haz	Weld metal
1	Non-Preheat	134	157	168
2	100°C	138	168	171
3	200°C	143	173	181
4	300°C	147	178	185



Gambar 16. Hasil Uji Kekerasan

Dari tabel hasil pengujian diatas dapat dianalisa bahwa perlakuan *preheating* memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik material khususnya sifat kekerasan. Material mengalami kenaikan nilai kekerasan pada *base metal* dan *HAZ* ini disebabkan oleh pengaruh panas yang diterima spesimen pada saat proses *preheating*, yang menyebabkan semakin panas suhu semakin keras pula spesimen yang diberi perlakuan. sama hal juga pada weld metal karena pada pada temperatur *preheating* yang diberikan semakin tinggi maka semakin besar

*heat input* yang diberikan oleh mesin las terhadap *weld metal*. Sehingga pada specimen yang diberikan perlakuan temperatur *preheating* paling tinggi yaitu 300°C area *weld metal* semakin keras karena *heat input* dari mesin las semakin rendah karena pengaruh temperatur yang sudah tinggi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai yang diperoleh dari uji tarik, nilai kekuatan tarik tidak linear dengan *temperature preheating* dimana untuk hasil kekuatan tarik tertinggi yaitu untuk pengelasan dengan temperatur *preheating* 200°C yaitu 458 (N/mm<sup>2</sup>). Nilai tegangan terendah yaitu untuk pengelasan dengan temperatur 100°C, 333(N/mm).
2. Berdasarkan nilai yang diperoleh dari uji kekerasan , nilai kekerasan linear dengan *temperature preheating* nilai kekerasan mengalami peningkatan seiring ditingkatkannya temperatur pemanasan awal (*preheating*).Nilai kekerasan terbaik didapatkan pada temperatur *preheating* 300°C yaitu dengan nilai kekerasan 147 VHN pada daerah base metal, nilai kekerasan pada daerah *HAZ (Heat Affected Zone)* yaitu 178 VHN dan kekerasan pada weld metal adalah 185 VHN.

### B. Saran

Dalam penelitian ini tentu ada hal-hal yang perlu disempurnakan. Hal tersebut bertujuan untuk membangun agar penelitian lebih lengkap. Berikut saransaran kepada peneliti selanjutnya,

1. Dalam proses pengelasan baja karbon selain perlakuan *preheating* ada juga perlakuan *post weld heat treatment*. Namun pada penelitian ini belum dilakukan proses *post weld heat treatment*. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan mengenai perlakuan *post weld heat treatment* pada pengelasan baja karbon sedang agar penelitian lebih lengkap.
2. Pada penelitian selanjutnya variasi perbandingan material baja karbon bisa dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh *heat treatment* terhadap berbagai jenis material baja karbon.
3. Analisis pengujian kekuatan yang lebih lengkap supaya lebih menambah variabel penelitian sehingga penelitian lebih sempurna.

Welding di Lingkungan Laut, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

- [6] Rananggono, D., 2010, Tugas Akhir: Studi Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan SMAW dengan Variasi Preheat dan Postheat Menggunakan Metode Pendinginan Cepat dan Pendinginan Lambat, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- [7] Wiryosumarto, H., Okumura, T., 1987. *Teknik Pengelasan Logam*, edisi VII PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM A36, 2019, *Standart Specification of Carbon Structural steel*, American Society for Testing and Material,. Washington.
- [2] ASTM, 2017, *BOS Volume 03.01 - Metals – Mechanical Testing; Elevated and Low Temperature Tests; Metallography* Annual Book of ASTM Standard.
- [3] ASME Section IX, 2019,. *Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators*, ASME, New York.
- [4] AWS D1.1: 2010. *Structural Welding Code-Steel*, American Welding Society, Miami.
- [5] Muvidah, U., 2004, Tugas Akhir: Pengaruh Jenis Proses Las dan Salinitas Terhadap Sifat Mekanik Weld Joint Material Baja Pada Underwater