

## PENGARUH PROSES POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT) PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA ST 60

**Irzandy Triwijaya, Awal Syahrani Sirajuddin, Anjar Asmara, Mustafa,  
Kristian Selleng, Hidayat**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik. Universitas Tadulako  
Jln. Soekarno Hatta Km.9 Palu-Sulawesi Tengah  
e-mail : triwijayairzandy@gmail.com

---

**Abstract:** Effect of Post Weld Heat Treatment (PWHT) Process on SMAW Welding on Tensile Strength of ST 60 Steel. This study aims to determine the effect of variations in holding time 30 minutes, 45 minutes, and 60 minutes after undergoing the welding process using the SMAW welding method. The electrode used is RD-260 with a diameter of 2.6 mm. The type of seam used is V seam with an angle of 60°. The current used is 100 Ampere, the tests carried out are tensile strength, hardness (vikers), and microstructure. This research was conducted at the Materials Testing Laboratory of the Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Tadulako University.

The results of the tensile test showed that the tensile stress strength at a holding time of 60 minutes had the highest value of 704.61 MPa and the lowest value of holding time of 30 minutes was 683.77 MPa. For tensile strain, the highest value is at a holding time of 60 minutes, which is 33.86% and the lowest is at a holding time of 30 minutes, which is 31.58%. For the modulus of elasticity, the highest value is at a holding time of 60 minutes, namely 5383.16 MPa and the lowest is at a holding time of 30 minutes, which is 5111.77 MPa. The highest average hardness value is found at a holding time of 30 minutes, which is 195.059 Kg/mm<sup>2</sup> which is located in the welding area and the lowest at a holding time of 60 minutes, which is 160.938 Kg/mm<sup>2</sup>, which is located in the base metal area. The results of the microstructure in the weld area and HAZ show that the structure of ferrite and pearlite grains is more dominant.

**Keywords:** Holding time, SMAW, ST 60 Steel, Tensile Strength, Hardness, and Microstructure

### 1. PENDAHULUAN

Semakin pesatnya kemajuan teknologi dibidang konstruksi khususnya pada pengelasan, sehingga menuntut manusia untuk memperdalam ilmu pengelasan, pengelasan adalah cara untuk menyambungkan bahan logam yang satu dengan yang lainnya sehingga dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Oleh karena itu, desain pengelasan dan metode pengelasan harus memperhatikan kesesuaian sifat fisik dan mekanik logam las dengan penggunaan konstruksi dan kondisi sekitarnya.

Dalam hasil pengelasan tidak dapat dipungkiri masih banyak hasil pengelasan yang tidak semua hasilnya akan bagus, salah satu kasus yang sering terjadi pada saat pengelasan adalah terjadinya tegangan dan regangan dan menimbulkan tegangan sisa yang menghasilkan distorsi,

tegangan tersebut dapat mempengaruhi sifat fisis dan mekanis pada material. hal tersebut diakibatkan karena adanya masukan panas dan proses pendinginan yang tidak merata pada daerah las.

Maka dari itu manusia berupaya untuk menghilangkan tegangan sisa serta mengembalikan karakteristik material yang terbentuk setelah pengelasan selesai. ada dua metode untuk menghilangkan tegangan sisa, ialah metode mekanik dan metode termal. dari kedua metode ini yang paling banyak dilaksanakan yaitu metode termal dengan proses *Post weld Heat Treatment (PWHT)* [1].

Menurut [2], perbandingan hasil kuat tarik, tekuk dan struktur mikro sambungan las *SAW (Submerged Arc Welding)* setelah proses pemanasan *normalizing* dengan *holding time* 30 menit dan 60 menit. hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata

kuat tarik terbesar terdapat pada sampel dengan waktu penahanan 60 menit yaitu sebesar 210,69 MPa, dengan regangan 15,41% dan tegangan tekuknya 385,73 MPa. Sedangkan sampel dengan waktu penahanan 30 menit menghasilkan nilai rata-rata kuat tarik terendah yaitu sebesar 193,11 MPa, dengan regangan 15,21% dan tegangan tekuknya 399,69 MPa. Pada perlakuan panas *normalizing* dengan *holding time* 30 menit, struktur foto mikrofografi menunjukkan bahwa ferit lebih dominan daripada variasi 60 menit.

Menurut [3], proses *normalizing heat treatment* dilakukan pada baja ST 46 (sejenis baja karbon rendah), membandingkan hasil foto mikro perubahan kuat tarik, kekerasan dengan variasi penahanan panas dengan menggunakan media pendingin udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari hasil uji tarik dan kekerasan didapatkan nilai kekerasan dan nilai tegangan maksimum sampel dengan waktu tahan 20 menit lebih besar daripada waktu tahan 40 menit. Pada perlakuan panas *normalizing* dengan waktu tahan 40 menit, struktur mikro menunjukkan bahwa fasa ferit lebih dominan dibandingkan dengan perubahan dengan waktu tahan 20 menit.

Menurut [4], pengaruh waktu tahan *normalizing* pasca las terhadap sifat mekanik pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) pada baja karbon rendah. Pengelasan menggunakan sambungan las *butt-joint* I, pengelasan dua lapisan dan dua sisi, arus 90 A. Temperatur *normalizing* adalah 850°C, dan *holding time* adalah 40, 70 dan 100 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum dilakukan *normalizing*, hasil struktur mikro yang terbentuk pada area lasan yang didominasi oleh *acicular ferrite* telah merata di semua area lasan. Hasil uji kekerasan *Vickers* logam las memiliki nilai kekerasan tertinggi pada sampel bahan baku tanpa perlakuan panas, nilai kekerasan 179,1 kg / mm<sup>2</sup>, dan nilai kekerasan terendah dengan sampel *holding time* 100 menit dengan nilai kekerasan adalah 153,53 kg / mm<sup>2</sup>. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa pada sampel bahan baku tanpa perlakuan panas nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 340,27 MPa, dan sampel pada *holding time*

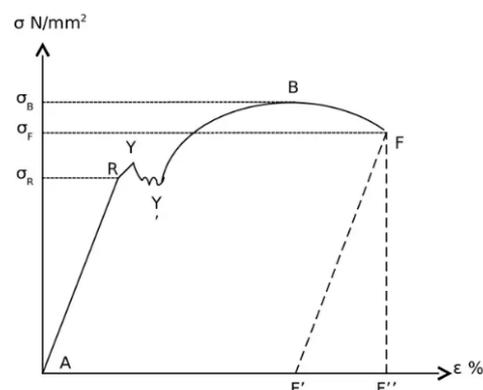
100 menit tegangan tarik terendah sebesar 321,825 MPa.

## 2. METODE

### 2.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan proses yang dirancang untuk menentukan nilai-nilai kekuatan tarik dari suatu material. Kekuatan tarik itu sendiri adalah sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahan dari suatu material terhadap pembebanan tarik seperti tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Pembebanan pada pengujian tarik dimulai dari proses elastisitas dimana material masih dapat kembali pada kondisi semula, kemudian menuju proses plastis yang dalam proses ini material sudah tidak dapat kembali dalam kondisi semula dan sampai berhenti pada beban atau tegangan patah tarik (*Ultimate Strength*). Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing* mesin.

Pada uji tarik, beban diterapkan secara kontinyu dan perlahan ukurannya bertambah, pada saat yang sama maka dilakukannya pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami oleh sampel dan menghasilkan kurva tegangan-regangan. Tegangan dapat di peroleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula sampel atau dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.



**Gambar 1.** Grafik Tegangan - Regangan

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{1}$$

Dimana:

- F = Beban (N)
- A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)
- σ = Tegangan (mpa)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi pertambahan panjang ukur dengan panjang ukur mula-mula benda uji dirumuskan sebagai berikut

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

- $\varepsilon$  = Regangan (%)
- $\Delta l$  = Perubahan Panjang (mm)
- $l_0$  = Panjang mula-mula (mm)

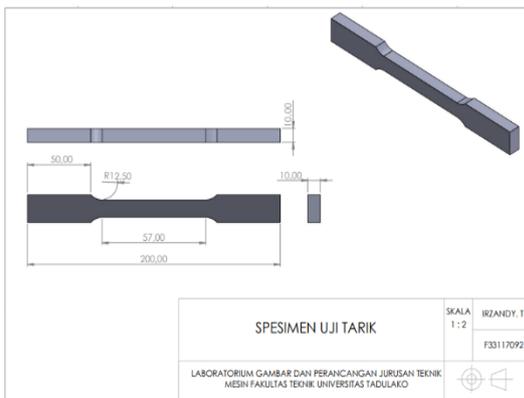
Modulus Elastisitas adalah perbandingan antara tegangan dan regangan dari suatu benda. Besarnya nilai modulus elastisitas yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan dan dapat dihitung dengan persamaan

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F \cdot l_0}{A \cdot \Delta l} \quad (3)$$

Dimana:

- $E$  = Modulus elastisitas tarik (N/mm)
- $\sigma$  = Tegangan (MPa)
- $\varepsilon$  = Regangan (%)
- $l_0$  = Panjang mula-mula (mm)
- $\Delta l$  = Perubahan panjang (mm)

Pembentukan spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM E8/EM8-09



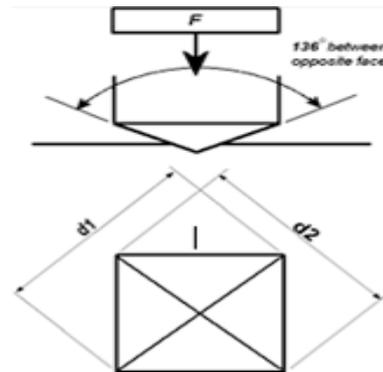
**Gambar 2.** Spesimen uji tarik

## 2.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu material. Nilai kekerasan merupakan ketahanan suatu material terhadap penetrasi atau daya tembus dari bahan lain yang lebih keras

(penetrator). Untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material, digunakan mesin uji kekerasan atau yang dikenal sebagai hardness tester. Terdapat tiga metode pengujian kekerasan yang diketahui secara umum, yaitu:

1. Uji kekerasan *Brinell (Brinell hardness Tests)*
2. Uji kekerasan *Rockwell (Rockwell Hardness Tests)*
3. Uji kekerasan *Vickers (Vickers Hardness Tests)*



**Gambar 3.** Metode pengujian kekerasan *vickers*. [5]

Pada penelitian ini menggunakan metode pengujian kekerasan *vickers* dengan skala makro atau biasa disebut dengan *Macro Vickers* dengan menggunakan penekanan berbentuk piramida intan. Besar sudut antara permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136°. Dalam pengujian ini material ditekan dengan kekuatan tertentu dan terjadi cetakan pada material uji yang dihasilkan dari mata intan. dan diimplementasikan sesuai standar ASTM 92-82.

Nilai kekerasannya (VHN) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$VHN = \frac{2 \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{1,854 \cdot P}{d^2} = \left(\frac{kg}{mm^2}\right) \quad (4)$$

Dimana:

- $P$  = Beban yang digunakan (kg)
- $\theta$  = Sudut Puncak permukaan intan 136°
- $d$  = Panjang diagonal rata-rata jejak (mm)

### 2.3. Pengujian Struktur mikro

Uji struktur mikro bertujuan untuk melihat dan menganalisis jenis dan bentuk struktur mikro setelah mengalami proses perlakuan panas (*heat treatment*) agar dapat membandingkan struktur mikro antara sebelum dan sesudah dilakukannya perlakuan panas [6].

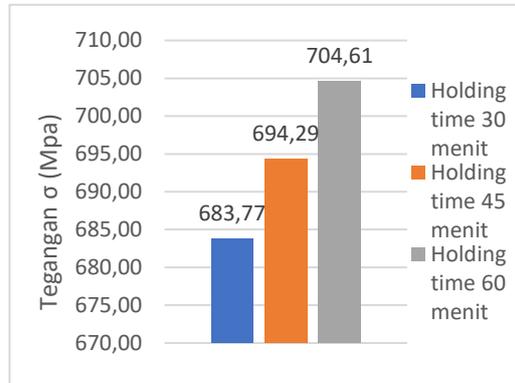
Proses terjadinya perbedaan warna, besar butir, bentuk dan ukuran butir yang mendasari penentuan dari jenis dan sifat fasa pada hasil pengamatan foto mikro adalah diakibatkan adanya proses pengetsaan. Prinsip pengetsaan merupakan proses pengikisan yang menghasilkan reaksi kimia sehingga terkikis lebih dalam. Akibatnya pada saat adanya cahaya pantulan yang tertangkap oleh lensa maka akan tampak bahwa fasa yang lebih lunak akan terlihat lebih terang dan fasa yang lebih keras akan terlihat gelap. Begitu juga akan terlihat bentuk dan ukuran butirnya sehingga dapat dibedakan fasa-fasa yang terlihat pada bahan yang akan diuji [7]

### 2.4. Metodologi Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako Palu, dari bulan Juni hingga bulan Juli 2021. Alat yang digunakan adalah : Tanur/Dapur pemanas, Mesin Las SMAW, Busur Derajat, Kikir, Jangka Sorong, Mesin Frais, Gerinda, Mikroskop Optik, Grinder Polister, Alat uji Impact, Hardness Tester, Kacamata Las, Baju Las, Sarung Tangan Las, Sepatu Safety, Gerinda Potong Duduk, Bahan yang digunakan Baja ST 60, Elektroda RD- 260, pekerjaan ini dimulai dari pemotongan bahan dengan ukuran 10 mm x 10 mm ( uji tarik) bahan uji kekerasan menyesuaikan dengan alat uji sama halnya dengan pengujian struktur mikro, kemudian dilakukan pembentukan sudut kampuh v dengan sudut 60° , selanjutnya dilakukan pengelasan dengan arus 100 A. pembentukan spesimen dilakukan ditahap berikutnya dan di panaskan di tanur, spesimen kemudian dilakukan pengujian dari uji Tarik, kekerasan dan struktur sesuai standar yang digunakan. pengambilan data adalah selanjutnya.

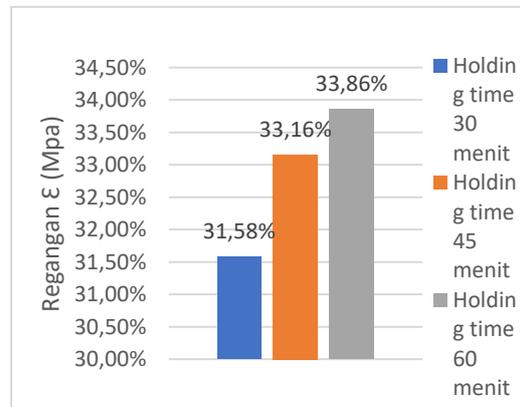
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian Tarik



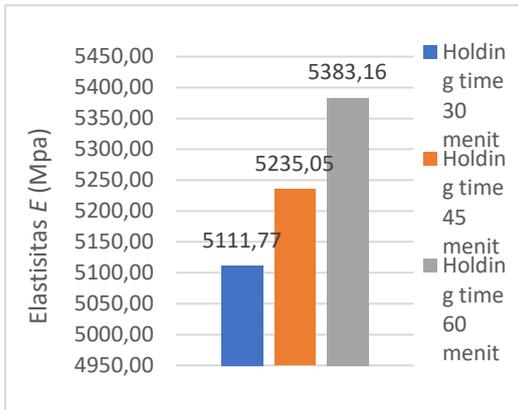
Gambar 4. Grafik tegangan uji tarik

Gambar 4 dapat dilihat bahwa, nilai tegangan tarik yang tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi *holding time* 60 menit yaitu sebesar 704,61 MPa, kemudian diikuti dengan variasi *holding time* 45 menit yaitu sebesar 694,29 MPa, dan yang terendah dengan variasi *holding time* 30 menit yaitu sebesar 683,77 MPa.



Gambar 5. Grafik regangan uji tarik

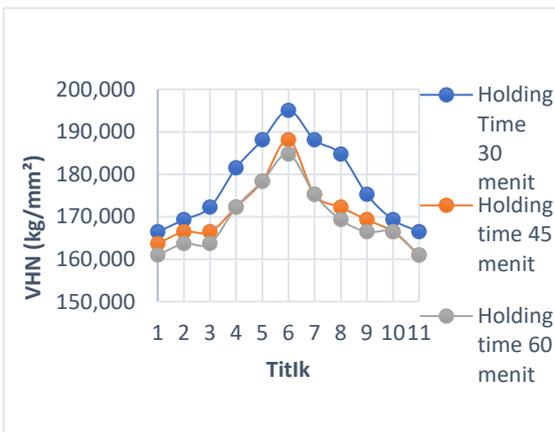
Gambar 5 dapat dilihat bahwa, nilai regangan yang tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi *holding time* 60 menit yaitu sebesar 33,86 %, kemudian diikuti dengan variasi *holding time* 45 menit yaitu sebesar 33,16 %, dan yang terendah dengan variasi *holding time* 30 menit yaitu sebesar 31,58 %.



**Gambar 6.** Grafik elastisitas uji tarik

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai modulus elastisitas yang tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi *holding time* 60 menit yaitu sebesar 5383,16 MPa, kemudian di ikuti dengan variasi *holding time* 45 menit yaitu sebesar 5235,05 MPa, dan yang terendah dengan variasi *holding time* 30 menit yaitu sebesar 5111,77 MPa.

**3.2. Hasil Pengujian Kekerasan Vickers**



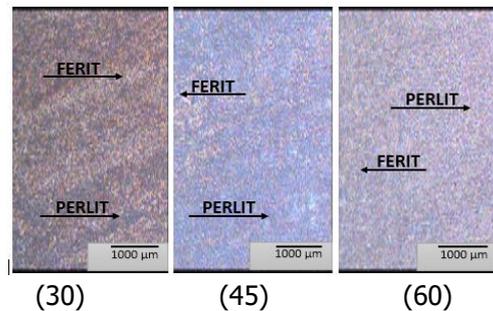
**Gambar 7.** Grafik kekerasan vickers

Hasil pengujian kekerasan vickers dapat dilihat pada Grafik 4.4 yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan kekerasan seiring dengan meningkatnya waktu penahanan yang dimana nilai kekerasan tertinggi terdapat pada *holding time* 30 menit, kemudian *holding time* 45 menit dan terendah *holding time* 60 menit hal tersebut berbanding terbalik dengan nilai

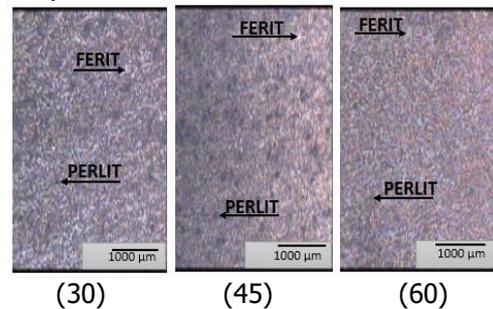
kuat tarik. Nilai kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah lasan hal ini disebabkan oleh panas yang ditimbulkan pada saat proses pengelasan yang mengakibatkan terjadinya siklus termal yang mengubah sifat mekanis dari material. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi *holding time* 30 menit pada daerah las dengan nilai yaitu 195,059 Kg/mm<sup>2</sup>, pada daerah HAZ dengan nilai yaitu 188,093 Kg/mm<sup>2</sup>, dan pada logam induk dengan nilai yaitu 169,297 Kg/mm<sup>2</sup>, kemudian menurun seiring bertambahnya waktu tahan pada spesimen yang dilakukan proses pemanasan.

**3.3. Pengamatan Struktur Mikro**

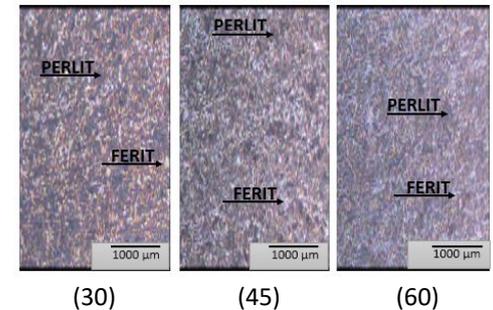
**Struktur Mikro Logam Las**



**Struktur Mikro Daerah HAZ (Heat Affected Zone)**



**Struktur Mikro Daerah Logam Induk**



**Gambar 8.** Struktur Mikro Logam Las, Daerah HAZ dan Daerah Logam Induk

Hasil pengamatan struktur mikro pada daerah lasan terlihat bahwa kandungan

struktur butir yang terbentuk adalah ferit dan perlit, dimana ferit yang memiliki ciri-ciri yang berwarna putih dan perlit yang memiliki ciri-ciri berwarna hitam [8]. Proses perlakuan panas dengan waktu tahan yang berbeda mengakibatkan terjadinya perbedaan struktur mikro, pada logam lasan dengan holding time 30 menit 45 menit dan 60 menit yang dimana seiring dengan peningkatan waktu penahan struktur butirnya tampak lebih rapat dan halus.

Pada hasil pengamatan struktur daerah *HAZ* dengan mikroskop optik, terlihat bahwa adanya pertumbuhan struktur butir terdiri dari struktur butir kasar dan struktur butir halus seiring dengan peningkatan waktu penahanan panas, hal ini disebabkan karena pada saat proses pengelasan daerah *HAZ* mengalami siklus termal yaitu pemanasan hingga mencapai suhu tertentu yang kemudian dilanjutkan dengan pendinginan, sehingga daerah ini merupakan daerah yang kritis pada sambungan las.

Pada hasil pengamatan struktur mikro pada daerah logam induk terlihat bahwa struktur mikronya adalah ferit dan perlit, dan tidak mengalami perubahan struktur butir yang signifikan seiring meningkatnya waktu tahan pemanasan, hal ini dikarenakan logam induk tidak dipengaruhi oleh panas dan temperatur pada saat proses pengelasan. dan pada pengujian ini tampak perlit lebih mendominasi dibandingkan ferit yang menyebabkan sifat mekanisnya keras dan getas.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang pengaruh proses *post weld heat treatment (PWHT)* pada pengelasan *SMAW* terhadap kekuatan tarik baja ST 60 dapat disimpulkan bahwa spesimen yang diberikan perlakuan *holding time* kekuatan tariknya meningkat seiring dengan bertambahnya waktu tahan tetapi berbeda dengan nilai kekerasannya yang menurun seiring dengan bertambahnya waktu tahan. sedangkan pada hasil pengamatan struktur mikro yang dilakukan pada daerah logam las, *HAZ*, dan logam induk terlihat struktur mikro yang mendominasi yaitu ferit dan perlit, dan semakin lama waktu tahan semakin halus dan rapat pula struktur butir yang terbentuk.

Hal ini dikarenakan struktur mikro pada baja ST 60 berdifusi sampai mencapai homogen dan juga adanya masukan panas pada saat proses pengelasan serta proses pemanasan ulang setelah pengelasan sehingga sifat mekaniknya menjadi lebih baik, nilai kekerasannya rendah tetapi kekuatan tariknya meningkat hal ini sesuai dengan tujuan dari pengaruh penahanan panas yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tarik dan menurunkan kekerasan dari suatu material.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiryosumarto, H.,T., Okumura., 2004, Teknologi Pengelasan Logam, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Luhur P, H. A., Hadi, E. S., dan Amiruddin, W., 2017. Pengaruh Variasi Waktu Penahanan ( *Holding Time* ) pada Perlakuan Panas *Normalizing* Setelah Pengelasan *Submerged Arc Welding (SAW)* pada Baja SS400 terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Mikrografi. Teknik Perkapalan, 5(2), 421–430.
- [3] Jokosisworo, S., 2018. Pengaruh *Normalizing* Dengan Variasi Waktu Penahanan Panas ( *Holding Time* ) Terhadap Sifat Mekanik Baja ST 46. Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan, 15 (2),68–73.
- [4] Ayuni, N. S., Sugati, D., 2020. pengaruh waktu penahanan proses *normalizing* pasca las terhadap sifat mekanis las *SMAW* pada baja karbon rendah nurul. 01(01), 65–73.
- [5] ASTM., 2010. *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.*
- [6] Sardjono KP, K., 2009. Pengaruh *Hardening* Pada Baja JIS G 4051 *Grade S45C* Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Vol. 11. No. 2. Hal 95-100.
- [7] Yogantoro, A., 2010. Penelitian Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan *Low Tempering, Medium Tempering* dan *High Tempering* Pada

*Medium Karbon Steel* Produksi  
Pengeceron Batur-Klaten Terhadap  
Kekerasan Dan Ketangguhan (Skripsi)  
Universitas Negeri Surakarta.

- [8] Sonawan, H., dan Suratman, R., 2006  
Pengantar Untuk Memahami Proses  
Pengelasan Logam, cetakan ke-2  
Alfabeta, Bandung.