



## Pengaruh *Normalizing* Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja A36 Akibat Pengelasan *Shielded-Metal Arc Welding* (SMAW) dengan Variasi 2 waktu Pemanasan

Muhammad Dikwan<sup>1)</sup>, Sarjito Jokosisworo<sup>1)</sup>, Ahmad Fauzan Zakki<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*)</sup>e-mail : [dikiahmad54@gmail.com](mailto:dikiahmad54@gmail.com), [jito\\_sar@yahoo.com](mailto:jito_sar@yahoo.com), [ahmadfzakki@undip.ac.id](mailto:ahmadfzakki@undip.ac.id)

### Abstrak

Proses perlakuan *normalizing* pada baja A36 jenis baja dengan karbon rendah yang digunakan dalam reparasi maupun konstruksi pembangunan kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil kekuatan tarik, impak, dan struktur mikrografi pada sambungan las baja A36 setelah dilakukan pengelasan SMAW yang kemudian diberi perlakuan panas *normalizing* pada suhu 880° dengan variasi 2 waktu penahanan selama 20 menit dan 40 menit. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor perlakuan *normalizing* pada hasil pengelasan mempengaruhi kualitas sambungan ditinjau dari kekuatannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baja A36 dengan perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 20 menit memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 363,005 MPa, rata-rata regangan luluh sebesar 2,63%, dan rata-rata modulus elastisitas sebesar 154,73 GPa. Serta memiliki harga impak lebih tinggi dari pemanasan 40 menit dengan rata-rata sebesar 1,595 J/mm<sup>2</sup>. dan Baja A36 dengan diberi perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 40 menit memiliki rata-rata kekuatan tarik sebesar 273,44 MPa, dengan rata-rata regangan lebih kecil dari waktu penahanan 20 menit yaitu sebesar 2,43%, tetapi memiliki rata-rata modulus elastisitas tertinggi sebesar 183,55 GPa. Serta memiliki harga impak dengan nilai rata-rata sebesar 1,56 J/mm<sup>2</sup>. Sedangkan struktur mikrografi menunjukkan fasa ferrite lebih dominan pada spesimen dengan perlakuan *normalizing* waktu penahanan 40 menit yang berarti memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan waktu penahanan 20 menit. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa baja A36 dengan diberi perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 20 menit memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan spesimen yang diberi perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 40 menit.

Kata Kunci : Baja A36, Pengelasan SMAW, Proses *Normalizing*, Tarik, impak, Mikrografi

### 1. PENDAHULUAN

Pada era moderen dengan kemajuan teknologi di bidang industri baja yang memiliki ruang lingkup yang sangat luas namun beberapa diantaranya adalah konstruksi jembatan, perpipaan dan khususnya industri perkapalan. Dari beberapa industri ini tidak terlepas dari proses pengelasan guna untuk menyatukan konstruksi dengan waktu yang efisien dan menghasilkan kualitas kekuatan sambungan yang baik.

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) bertujuan untuk mengubah sifat dari bahan material agar lebih lunak, ulet dan menghilangkan tegangan

sisanya dari proses pengelasan, dalam proses perlakuan panas pada material dapat menghasilkan material yang awet untuk digunakan sebagai pelat bangunan kapal yang dapat mengurangi terjadinya deformasi dan meminimalisir penggantian pelat kapal pada saat reparasi. Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dari suatu logam untuk mendapatkan sifat material yang lebih baik. Dalam hal ini maka lama pemanasan terhadap suatu baja sangat menentukan.[1]

Proses *Normalizing* adalah salah satu proses *heat treatment* atau pemanasan baja hingga

mencapai *austenite* agar diperoleh struktur mikro *austenite* yang selanjutnya didinginkan diudara terbuka hingga mencapai suhu kamar. Hal ini dapat merubah struktur dari material sehingga memperbaiki struktur mikro material dan dapat menghasilkan keuletan dan kekerasan pada material [1].

Las SMAW (*Shielded-Metal Arc Welding*) merupakan proses pengelasan yang menggunkan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Dari panas yang ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda, dari panas tersebut dapat mencairkan elektroda dan material dasar sehingga cairan elektroda dan cairan material dasar akan menyatu dan membentuk logam lasan [2].

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan penelitian tentang pengaruh *normalizing* dengan variasi waktu penahanan panas (*holding time*) baja st 46 terhadap uji kekerasan, uji Tarik, dan uji mikrografi yang menunjukkan hasil variasi penahanan panas 20 menit didapatkan nilai tegangan maksimal sebesar 334,61 MPa, nilai tegangan luluh sebesar 238,09 dan regangan 8,9 % sedangkan spesimen dengan penahanan panas 40 menit didapatkan nilai tegangan maksimal sebesar 328,72 MPa, nilai tegangan luluh 235,61 dan nilai regangan 31,33% [1].

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan penelitian tentang Analisa pengaruh material ASTM A36 akibat suhu *quenching* terhadap nilai ketangguhannya variasi penahanan panas 750°C, 850°C, dan 950°C dan *holding time* selama 120 menit dan 240 menit didapatkan nilai hasil pengujian tarik yang terbesar didapatkan pada suhu 850°C, untuk pengujian impak yang terbesar didapatkan pada suhu 950°C, dan nilai  $K_{Ic}$  yang terbesar didapatkan pada suhu 750°C. dengan kesimpulan pengaruh suhu yang dilakukan mengakibatkan penurunan nilai ketangguhan dari material. [3]

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan kajian tentang pengaruh media pendingin terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pelat baja karbon ASTM A-36. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa sifat mekanik kekuatan baja ASTM A36 dapat ditingkatkan melalui pengerjaan austenisasi dengan media pendingin tungku, udara, celup oli, dan air. Pengerjaan austenisasi dengan media pendingin udara dan celup oli memberikan sifat mekanik yang bagus. Disamping kekuatannya lebih tinggi dari pada bahan awal, baja masih tetap tangguh dengan nilai elongasi 32% dan 16%. Pengerjaan austenisasi dengan media pendingin didalam tungku lebih rendah yaitu 445,9 Mpa sedikit lebih tinggi dari bahan awal yaitu 423,9 Mpa serta sifatnya tangguh. Pengerjaan austenisasi

dengan media pendingin celup air, walaupun kekuatan baja meningkat tinggi 717, 3 Mpa tetapi baja menjadi getas.[4]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pada baja A36 setelah pengelasan SMAW dan dilakukan pemanasan *normalizing* dengan suhu 880°C dengan Variasi waktu penahanan 20 menit dan 40 menit dengan pengujian tarik, impak, dan struktur mikrografi pada baja A36 sehingga dapat diketahui waktu penahanan pemanasan yang tepat pada baja A36 yang nantinya dapat digunakan sebagai rangka konstruksi pembangunan dan reparasi kapal baja.

## 2. METODE

### 2.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini melakukan pengumpulan data dari jurnal, buku-buku referensi, modul, artikel, internet, dan studi lapangan secara langsung.

Objek yang diteliti pada penelitian tugas akhir ini adalah Baja A36, dimana jenis baja ini merupakan jenis baja karbon rendah yang sering digunakan untuk rangka konstruksi karena sifatnya yang mudah untuk dibentuk, yang termasuk sebagai rangka konstruksi dalam Pembangunan maupun reparasi pada kapal, baja ini biasanya digunakan pada kontruksi lambung kapal.



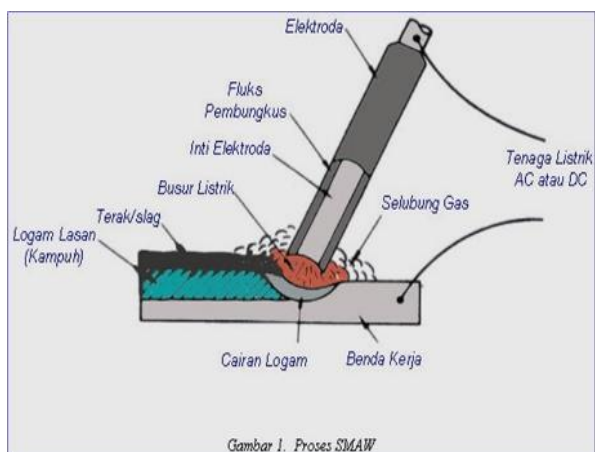
**Gambar 1.** Plat Baja A36

Pengelasan menurut DIN (Deutch Industrie Normen) las adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat di jabarkan bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekan dan dengan atau tanpa logam

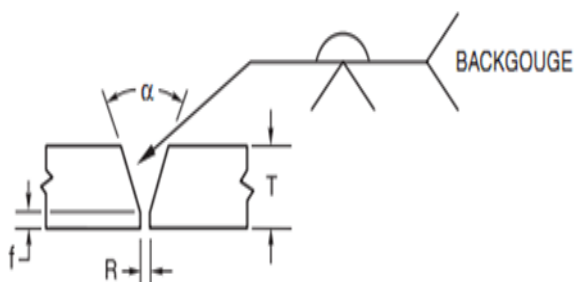
tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu. [5]

Pengelasan SMAW (*Shielded-Metal arc Welding*) adalah pengelasan yang menggunakan busur listrik untuk mencairkan logam. Busur listrik yang terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk, elektroda yang digunakan berupa kawat pelindung *fluks*. metode ini sangat banyak digunakan dalam pembangunan kapal dan reparasi kapal, disamping harganya yang terjangkau, juga dikarenakan pengelasan dengan metode SMAW sangat fleksibel dalam penggunaannya. Baik itu posisi datar, horisontal, vertikal ataupun posisi diatas kepala. Seperti Gambar 2.[5].



**Gambar 2.** Skema Pengelasan SMAW

Pada penelitian tugas akhir ini proses pengelasan mengacu pada AWS NUMBER 3 dengan posisi las 1G *Butt Joint single V Groove* dengan sudut 60°



**Gambar 3.** Tipe Sambungan Las Butt Joint Single V- Groove 60°

Kualitas dari sambungan las sangat menentukan kekuatan dari hasil sambungan las tersebut. Pengelasan yang baik akan menghasilkan kualitas sambungan dan masukan panas (*heat input*) yang baik. Masukan panas (*heat input*) dalam pengelasan ditentukan oleh beberapa parameter pengelasan diantaranya adalah tegangan busur las, arus listrik, dan kecepatan pengelasan.

$$HI = \frac{60 \times E \times I}{v} \quad (1)$$

Dimana, HI adalah *Heat Input* (Joule/cm), *I* adalah Kuat Arus (*Ampere*), *E* adalah Tegangan Busur (volt), dan *v* adalah Kecepatan Las (cm/menit)

Pengujian tarik merupakan pengujian yang dilakukan dengan memberikan gaya tarik terhadap benda uji yang berlawanan dengan cara menarik kedua dari ujung benda secara bersamaan hingga benda putus dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari suatu benda yang di uji khususnya kekuatan tarik. Sifat-sifat yang dihasilkan dari pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Tegangan tarik maksimum ( $\sigma$ )  
Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perputahan (*fracture*).

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2)$$

Dimana,  $\sigma$  adalah Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm<sup>2</sup>), *P* adalah Beban Maksimum (N), dan *A<sub>0</sub>* adalah Luas Penampang Mula-mula (mm<sup>2</sup>).

2. Regangan maksimum ( $\epsilon$ )  
Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material setelah perputahan terhadap panjang awalnya.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

$$\epsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana, *L<sub>i</sub>* adalah Panjang sesudah patah (mm), *L<sub>0</sub>* adalah Panjang mula-mula (mm),  $\epsilon$  adalah Regangan (%).

3. Modulus elastisitas (*E*)  
Merupakan ukuran kekakuan suatu material pada grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastik yang linier.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (4)$$

Dimana, *E* adalah Modulus elastisitas (MPa),  $\sigma$  adalah Tegangan Maksimum (KN/mm<sup>2</sup>), dan  $\epsilon$  adalah Regangan (%). [6]

Pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa fenomena perputahan ulet dan getas yang dapat dilihat dengan mata telanjang. [7]

Uji impact (*impact test*) merupakan salah satu pengujian terhadap bahan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan bahan terhadap benturan yang diberikan secara tiba-tiba. Pengujian dilakukan pada daerah las dan daerah HAZ.

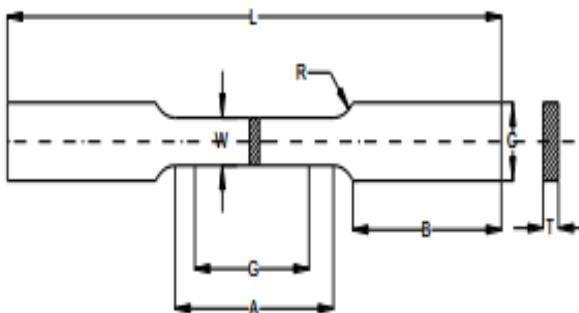
Pada penelitian ini menggunakan uji impact dengan standar specimen mengacu pada ASTM E23 dan menggunakan metode Charpy yang dilakukan di laboratorium universitas gajah mada. Pengujian impact pada daerah las dan HAZ untuk mengetahui pengaruh dari variasi waktu pemanasan terhadap besarnya beban maksimum yang mampu diserap oleh specimen khususnya pada daerah sambungan las . [8]

Uji mikrografi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah logam atau paduan. Melalui proses ini sehingga dapat mengetahui struktur dari suatu logam atau paduan dengan memperjelas butir logam sehingga dapat langsung dilihat dengan menggunakan mikroskop dan diambil gambarnya. Pengujian mikrografi.[9]

## 2.2. Parameter Penelitian

### A. Parameter Tetap

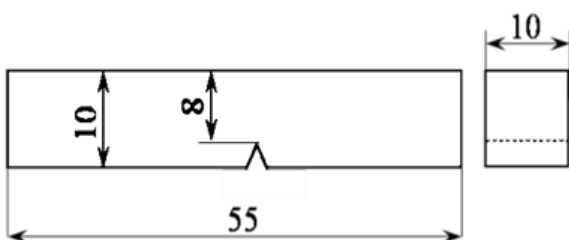
Pada penelitian ini parameter tetap adalah specimen baja A36, tipe pengelasan yang di gunakan adalah pengelasan SMAW, diameter elektroda pengisi 3,2 mm, dan dimensi ukuran specimen sebagai berikut :



Gambar 4. Bentuk Spesimen Uji Tarik [10]

Tabel 1. Dimensi Spesimen Uji Tarik

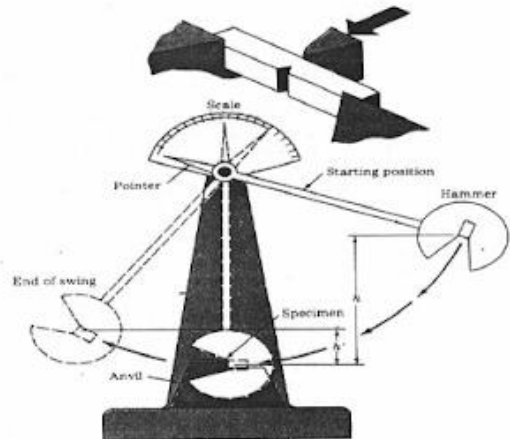
| Keterangan                    | Panjang |
|-------------------------------|---------|
| Gage length (G)               | 50 mm   |
| Length of reduced section (A) | 57 mm   |
| Width (W)                     | 12,5 mm |
| Thickness (T)                 | 10 mm   |
| Radius of fillet (R)          | 12,5 mm |
| Overall length (L)            | 200 mm  |
| Width of grip section (C)     | 20 mm   |



Gambar 5. Bentuk Spesimen Impact [11]

Tabel 2. Dimensi Spesimen Uji Impact

| Keterangan         | Panjang |
|--------------------|---------|
| Overall length (L) | 55 mm   |
| Width (W)          | 10 mm   |
| Thickness (T)      | 10 mm   |
| Notched Charpy     | 45°     |



Gambar 6. Ilustrasi Skematis Pengujian Impact Dengan Benda Uji Charpy [11]

### B. Parameter Perubahan

Pada penelitian ini parameter perubahan adalah Waktu penahanan panas, pengujian tarik, pengujian impact, dan pengujian mikrografi.

Pada penelitian tugas akhir ini, proses pengelasan SMAW dilakukan dilaboratorium las "INLASTEK WELDING INSTITUTE" surakarta. Sedangkan pengujian tarik impact dan mikrografi pada penelitian ini dilakukan di laboratorium bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

## 2.3. Parameter Penelitian

Peralatan dan bahan penelitian digunakan dalam pembuatan specimen maupun pengambilan data. Alat dan bahan yang digunakan antara lain:

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1. Gerinda         | 6. Mesin uji impact |
| 2. Penggaris       | 7. Mesin mikrografi |
| 3. Amplas          | 8. Mesin las SMAW   |
| 4. Kapur           | 9. Baja A36         |
| 5. Mesin uji Tarik | 10. Elektroda E7018 |

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari baja. Unsur-unsur yang terkandung dalam baja sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja tersebut. Pada penelitian ini baja yang digunakan adalah baja A36.

**Tabel 3.** Hasil Uji Komposisi

| Unsur |           | Kandungan % |
|-------|-----------|-------------|
| Fe    | Ferrum    | 98,0        |
| C     | Carbon    | 0,25        |
| Si    | Silicon   | 0,04        |
| Mn    | Mangan    | 1,03        |
| P     | Phosporus | 0,04        |
| S     | Sulfur    | 0,05        |
| Cr    | Chromium  | 0,28        |
| Ni    | Nickel    | 0,030       |

**Tabel 4.** Material Properties Baja A36

| NO | Material Properties             | Metric      | Impreal         |
|----|---------------------------------|-------------|-----------------|
| 1  | Tensile Strenght, Ultimate      | 400-550 Mpa | 58000-79800 Psi |
| 2  | Tensile Strenght, Yield         | 250 Mpa     | 36300psi        |
| 3  | Elongation at Break (in 200 mm) | 20,00%      | 20,00%          |
| 4  | Elongation at Break (in 50 mm)  | 23,00%      | 23,00%          |
| 5  | Modulus of Elasticity           | 200 Gpa     | 29000 ksi       |
| 6  | Bulk Modulus                    | 140 Gpa     | 20300 ksi       |
| 7  | Possions Ratio                  | 0,26        | 0,26            |
| 8  | Shear Modulus                   | 79,3 Gpa    | 11500 ksi       |

### 3.2. Masukan Panas (*Heat Input*)

Berdasarkan pengelasan yang telah dilakukan menggunakan las SMAW dengan menggunakan posisi 1G, dan kampuh V, didapatkan hasil masukan panas (*heat input*) yang sama pada masing-masing pengelasan, yang dapat diketahui sebagai berikut :

- Spesimen Tarik 20 Menit =  $\frac{60 \times 25v \times 130A}{13,6 \text{ cm}/\text{menit}}$   
= 14338,24 Joule/cm
- Spesimen Impak 40 Menit =  $\frac{60 \times 25v \times 130A}{13,6 \text{ cm}/\text{menit}}$   
= 14338,24 Joule/cm
- Spesimen Tarik 20 Menit =  $\frac{60 \times 25v \times 130A}{13,6 \text{ cm}/\text{menit}}$   
= 14338,24 Joule/cm
- Spesimen Impak 40 Menit =  $\frac{60 \times 25v \times 130A}{13,6 \text{ cm}/\text{menit}}$   
= 14338,24 joule/cm

### 3.3. Hasil Pengujian Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik dilakukan menggunakan standar uji ASTM E8 pada tanggal 14 Juli 2019 yang bertempat di Laboratorium Teknik Bahan Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik adalah nilai tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas, yang dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dari material baja A36 setelah

dilakukan pengelasan menggunakan las SMAW (*Shielded-Metal Arc Welding*) dengan variasi waktu perlakuan panas *normalizing*.

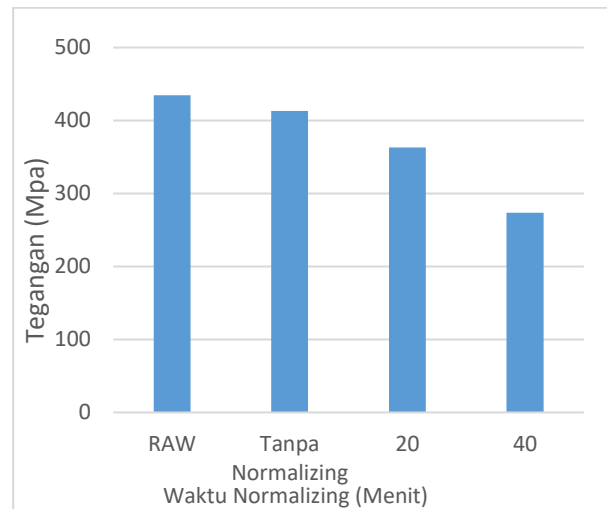
#### 1. Tegangan Tarik

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai tegangan tarik maksimum yang didapatkan dari material baja A36 dengan variasi waktu perlakuan panas *normalizing* adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.** Data hasil pengujian tegangan Tarik

| NO | SPESIMEN          | Lebar Tebal |       |       | P Max (KN) | Tegangan $\sigma$ Rata-rata |         |
|----|-------------------|-------------|-------|-------|------------|-----------------------------|---------|
|    |                   | (mm)        | (mm)  | (mm)  |            | (MPa)                       | (N/mm2) |
| 1  | Raw Material      | 11          | 9,81  | 21,69 | 47,01      | 434,64                      | 434,64  |
| 1  | Tanpa normalizing | 12,6        | 9,9   | 14,9  | 51,56      | 413,01                      | 413,01  |
| 1  | 20 Menit 1        | 13,1        | 9,93  | 15,77 | 51,05      | 393,64                      |         |
| 2  | 20 Menit 2        | 11,7        | 9,91  | 14,74 | 42,64      | 366,81                      | 363,005 |
| 3  | 20 Menit 3        | 12,2        | 10,09 | 14,23 | 44,18      | 359,2                       |         |
| 1  | 40 Menit 1        | 12,6        | 10,08 | 15,64 | 45,01      | 353,83                      |         |
| 2  | 40 Menit 2        | 12,4        | 9,93  | 11,2  | 33,88      | 274,27                      | 273,44  |
| 3  | 40 Menit 3        | 12,1        | 9,89  | 19,92 | 32,65      | 272,61                      |         |

Ket: spesimen 20 menit 1 dan 40 menit 1 tidak masuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan terlalu besar/kecil.

**Gambar 7.** Grafik Rata-rata Tegangan Tarik

Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan, diketahui bahwa Raw material baja A36 tanpa perlakuan memiliki tegangan kekuatan tarik maksimum sebesar 434,46 MPa, spesimen baja A36 dengan pengelasan SMAW tanpa perlakuan panas memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 413,01 MPa. Material baja A36 dengan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan panas dengan waktu penahanan 20 menit memiliki kekuatan Tarik sebesar 366,81 MPa dengan rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan adalah sebesar 363,005 Mpa. Sedangkan material baja A36 dengan pengelasan dan diberi perlakuan panas dengan waktu penahanan 40 menit memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 274,27 MPa dengan rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan adalah sebesar 273,44 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, hasil

sambungan las baja A36 dengan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan normalizing menunjukkan bahwa makin lama waktu pemanasan dapat mengurangi kekuatan sambungan las dengan pemanasan selama 40 menit memiliki kekuatan tarik yang paling kecil dengan nilai rata-rata 273,44 Mpa. sedangkan pemanasan selama 20 menit memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dengan nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum 363,005 Mpa.

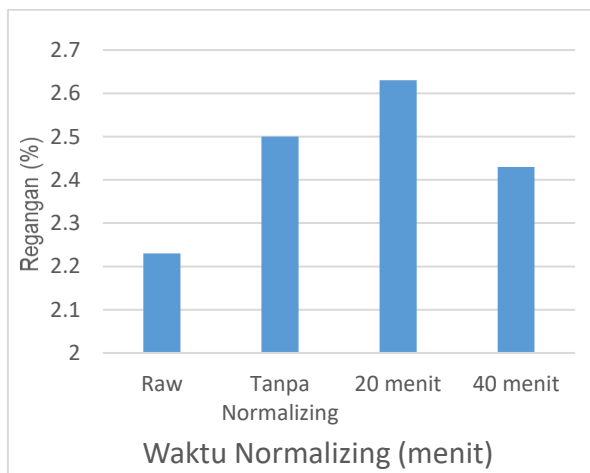
## 2. Regangan Tarik

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai regangan tarik luluh yang didapatkan dari material baja A36 dengan variasi waktu penahan panas *normalizing* adalah sebagai berikut :

**Tabel 6.** Data hasil pengujian regangan tarik

| No | Spesimen          | L0<br>(mm) | LI<br>(mm) | Δl<br>(mm) | E Regangan<br>(%) | E                     | E Rata-     |
|----|-------------------|------------|------------|------------|-------------------|-----------------------|-------------|
|    |                   |            |            |            |                   | Regangan<br>Luluh (%) | rata<br>(%) |
| 1  | Raw               | 50         | 71,2       | 21,19      | 43,38             | 2,2382784             | 2,24        |
| 2  | Tanpa Normalizing | 50         | 64,9       | 14,9       | 29,8              | 2,503127              | 2,5         |
| 1  | 20 menit 1        | 50         | 65,8       | 15,77      | 31,54             | 1,9978994             |             |
| 2  | 20 menit 2        | 50         | 64,7       | 14,74      | 29,48             | 1,7445265             | 2,63        |
| 3  | 20 menit 3        | 50         | 64,3       | 14,32      | 28,46             | 1,779029              |             |
| 1  | 40 menit 1        | 50         | 65,6       | 15,64      | 31,28             | 1,5546919             |             |
| 2  | 40 menit 2        | 50         | 61,2       | 11,2       | 22,4              | 1,2896695             | 2,43        |
| 3  | 40 menit 3        | 50         | 69,9       | 19,92      | 39,84             | 1,1449574             |             |

Ket: Spesimen 20 menit 1 dan 40 menit 1 tidak termasuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan terlalu besar/kecil.



**Gambar 8.** Grafik Rata-rata Regangan Tarik

Nilai regangan Tarik luluh yang didapatkan dari material baja A36 pada RAW didapatkan nilai 2,24%. Dan material dengan pengelasan tanpa perlakuan *normalizing* dengan nilai regangan Tarik luluh sebesar 2,50%. Nilai regangan tarik luluh yang didapatkan dari material baja A36 pengelasan SMAW dan diberi perlakuan *normalizing* waktu penahanan 20 menit dengan nilai rata-rata adalah sebesar 2,63. Nilai regangan Tarik luluh yang didapatkan dari material baja A36 dengan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan

*normalizing* waktu penahanan 40 menit dengan nilai rata-rata regangan tarik sebesar 2,43%.

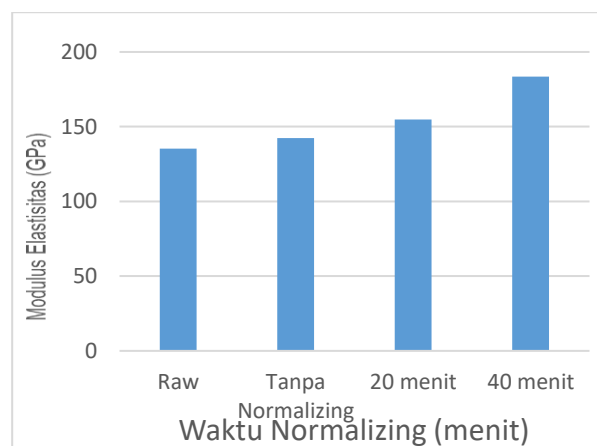
## 3. Modulus Elastisitas

Berdasarkan dari hasil pengujian, nilai modulus elastisitas maksimum RAW material baja A36 tanpa pengelasan dan tanpa perlakuan *normalizing* memiliki modulus elastisitas sebesar 135,22 GPa. Material dengan pengelasan SMAW tanpa perlakuan *normalizing* sebesar 142,35 Gpa. Material dengan pengelasan dan perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 20 menit dengan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 154,73 Gpa. Material dengan pengelasan dan diberi perlakuan *normalizing* waktu penahan 40 menit dengan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 183,55 Gpa.

**Tabel 7.** Data hasil modulus elastisitas

| No | Spesimen          | σ Max<br>(MPa) | Tegangan    | Regangan | Regangan    | E<br>(GPa) | E Rata-       |
|----|-------------------|----------------|-------------|----------|-------------|------------|---------------|
|    |                   |                | Luluh (Mpa) | Max (%)  | Luluh (%)   |            | rata<br>(GPa) |
| 1  | Raw               | 434,46         | 302,66      | 43,38    | 2,238278361 | 135,22     | 135,22        |
| 2  | Tanpa Normalizing | 413,01         | 356,22      | 29,8     | 2,503126976 | 142,31     | 142,35        |
| 1  | 20 Menit 1        | 393,64         | 304,36      | 31,54    | 1,997899435 | 152,34     |               |
| 2  | 20 Menit 2        | 366,81         | 274,1       | 29,48    | 1,744526477 | 157,12     | 154,73        |
| 3  | 20 Menit 3        | 359,2          | 289,11      | 28,46    | 1,779028983 | 162,51     |               |
| 1  | 40 Menit 1        | 353,83         | 278,01      | 31,28    | 1,554691869 | 178,82     |               |
| 2  | 40 Menit 2        | 274,87         | 235,7       | 22,4     | 1,289669512 | 182,76     | 183,55        |
| 3  | 40 Menit 3        | 272,61         | 211,05      | 39,84    | 1,144957413 | 184,33     |               |

Ket: spesimen 20 menit 3 dan 40 menit 1 tidak termasuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan terlalu besar/kecil.



**Gambar 9.** Grafik Rata-rata Modulus Elastisitas

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 7, maka modulus elastisitas maksimum pada RAW material baja A36 tanpa perlakuan yaitu 135,22 Gpa, spesimen dengan pengelasan SMAW tanpa perlakuan *normalizing* memiliki modulus elastisitas paling besar yaitu 142,35 Gpa. Spesimen dengan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan *normalizing* waktu penahanan 20 menit di dapatkan nilai modulus elastisitas dengan nilai rata-rata sebesar 154,73 Gpa. Sedangkan spesimen dengan perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan

40 menit didapatkan nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi sebesar 183,55 Gpa.

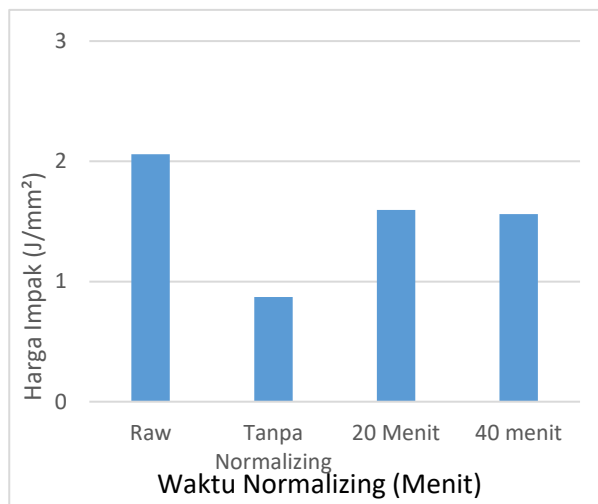
### 3.4. Hasil Pengujian Impak (*Impact Test*)

Pengujian impak dilakukan menggunakan standar uji ASTM E23 pada tanggal 14 juli 2019 yang bertempat di Laboratorium Teknik Bahan Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta. Pengujian ini menggunakan spesimen dengan total 19 spesimen maka didapatkan hasil pengujian impak sebagai berikut :

**Tabel 8.** Data Hasil Uji Impak

| NO | SPESEMEN          | Lebar (mm) | Tinggi (mm) | Energi (J) | Harga Impak (J/mm <sup>2</sup> ) | Rata-rata (J/mm <sup>2</sup> ) |
|----|-------------------|------------|-------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1  | Raw Material      | 9,77       | 8,06        | 162        | 2,06                             | 2,06                           |
| 1  | Tanpa Normalizing | 9,80       | 8,40        | 72         | 0,87                             | 0,87                           |
| 1  | 20 Menit 1        | 9,91       | 8,85        | 150        | 1,71                             |                                |
| 2  | 20 Menit 2        | 10,08      | 8,29        | 96         | 1,15                             | 1,595                          |
| 3  | 20 Menit 3        | 9,98       | 8,10        | 120        | 1,48                             |                                |
| 1  | 40 Menit 1        | 9,85       | 8,54        | 136        | 1,62                             |                                |
| 2  | 40 Menit 2        | 9,93       | 8,51        | 92         | 1,09                             | 1,56                           |
| 3  | 40 Menit 3        | 10,06      | 8,77        | 132        | 1,50                             |                                |

Ket: spesimen 20 menit 2 dan 40 menit 2 tidak termasuk dalam perhitungan rata-rata karena memiliki simpangan terlalu besar/kecil.



**Gambar 10.** Nilai Rata-rata Harga Impak

Dari pengujian impak yang telah dilakukan pada sambungan baja A36, didapatkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 8. Didapatkan nilai RAW material tanpa perlakuan dengan harga impak 2,06 J/mm<sup>2</sup>, kemudian material dengan pengelasan SMAW tanpa perlakuan *normalizing* memiliki harga impak yang paling kecil yaitu 0,87 J/mm<sup>2</sup>, spesimen dengan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 20 menit memiliki harga impak dengan rata-rata 1,595 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan harga spesimen impak dengan pengelasan SMAW dengan perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 40 menit memiliki harga impak lebih rendah dari waktu

penahanan 20 menit yaitu dengan nilai rata-rata 1,56 J/mm<sup>2</sup>.

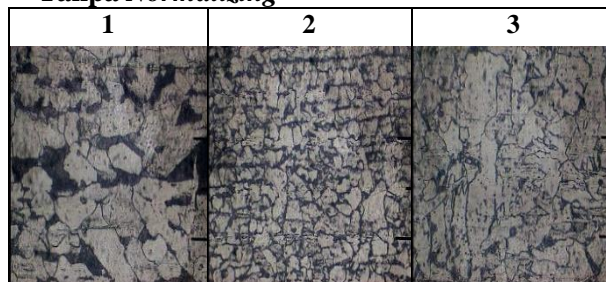
Berdasarkan hasil pengujian impak pada penelitian tugas akhir ini didapatkan bahwa sambungan las dengan pengelasan SMAW dan di beri perlakuan *normalizing* selama 20 menit lebih besar dan mendekati dengan harga impak dari RAW dibandingkan dengan perlakuan *normalizing* 40 menit.

### 3.5. Struktur Mikro

Pengujian mikografi pada penelitian ini bertujuan untuk melihat perbedaan bentuk struktur mikro pada sambungan las baja A36 setelah dilakukan pengelasan SMAW (*Shielded-Metal Arc Welding*) dengan variasi waktu penahanan perlakuan panas sehingga dapat diketahui perubahan struktur mikro.

Dari hasil pengujian struktur mikro sebagai berikut :

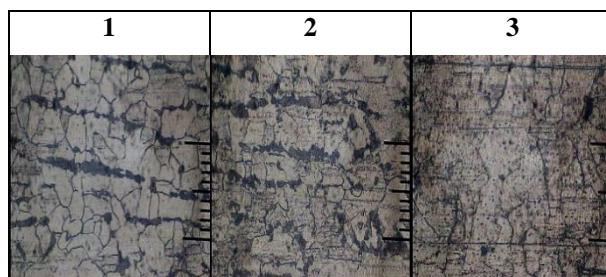
#### • Tanpa *Normalizing*



(1) Base Metal (2) HAZ (3) Las

**Gambar 11.** Struktur Mikro Raw Material

#### • *Normalizing* suhu 880° 20 menit



(1) Base Metal (2) HAZ (3) Las

**Gambar 12.** Struktur Mikro waktu 20 menit

#### • *Normalizing* suhu 880° 40 menit



(1) Base Metal (2) HAZ (3) Las

**Gambar 13.** Struktur Mikro Waktu 40 menit

Fasa yang bisa dilihat dari ketiga foto di atas adalah *ferrite* yang berwarna putih dan *pearlite* yang berwarna hitam (gelap). Fasa *ferrite* merupakan fasa yang memiliki kekuatan rendah namun memiliki keuletan yang baik. Fasa *pearlite* merupakan fasa yang memiliki kekuatan yang kuat dan cukup keras.

Berdasarkan hasil dari pengujian mikrografi sambungan las baja A36 dengan pengelasan SMAW (*Shielded-Metal Arc Welding*) dengan material tanpa perlakuan normalizing memiliki kerapatan struktur mikro yang paling rapat, kemudian diikuti dengan spesimen dengan waktu penahanan panas 20 menit, spesimen dengan waktu penahanan panas 40 menit memiliki struktur mikro yang kurang rapat.

### 3.6. Perbandingan Hasil Uji Standar BKI

Menurut BKI pada “*Rules For The Classification and Construction, Part 1 Vol VI: Rules For Welding, Section 5: Welding Consumables and Axilliary Materials*” Poin B “*Covered Electrodes for Manual Metal Arc Welding of Hull Structural Steel*” baja karbon rendah A36 harus mempunyai standar nilai kuat tarik (*Tensile Strength*) yaitu 400 - 500 Mpa.[12]

**Tabel 9.** Hasil perbandingan kekuatan tarik baja A36 terhadap Rule BKI

| NO | Spesimen | Standar BKI (Mpa) | Hasil Uji (Mpa) |
|----|----------|-------------------|-----------------|
| 1  | Raw      | 400-500           | 434,64          |
| 2  | TN       | 400-500           | 413,01          |
| 3  | 20 Menit | 400-500           | 373,21          |
| 4  | 40 Menit | 400-500           | 300,23          |

Berdasarkan tabel diatas nilai kekuatan tarik yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada sambungan las baja A36 yang tidak diberi perlakuan apapun memenuhi standar BKI, baja A36 yang diberi perlakuan *normalizing* dengan waktu penahanan 20 menit dan 40 menit semuanya mendekati standar BKI.

### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil setelah dilakukan pengujian tarik,impak, dan mikrografi pada sambungan las baja A36 pengelasan SMAW dengan variasi waktu penahanan perlakuan normalizing 20 menit dan 40 menit adalah sebagai berikut :

Kekuatan rata-rata tegangan tarik maksimum terbesar dihasilkan dari RAW material sebesar 434,64 Mpa, sambungan las material tanpa perlakuan normalizing sebesar 413,01 Mpa, sambungan las pada spesimen dengan waktu

penahanan 20 menit dengan nilai hasil rata-rata sebesar 363,005 Mpa dan yang terkecil dihasilkan oleh sambungan las dengan waktu penahanan panas 40 menit dengan nilai rata-rata 273,44 Mpa.

Regangan tarik dihasilkan dari material dengan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan *normalizing* waktu penahanan 20 menit dengan nilai rata-rata yaitu sebesar 2,63%, dan kemudian disusul oleh material dengan pengelasan tanpa perlakuan *normalizing* dengan hasil tanpa nilai dirata-ratakan adalah 2,50%, selanjutnya material dengan waktu penahanan 40 menit adalah 2,43% dan yang terkecil dihasilkan oleh RAW material yang tidak dilas dan tanpa diberi perlakuan normalizing adalah sebesar 2,24%.

Modulus elastisitas tertinggi adalah material dengan pengelasan SMAW dan diberi perlakuan normalizing waktu penahanan 40 menit dengan nilai rata-rata sebesar 183,55 GPa. Spesimen dengan pengelasan dan diberi perlakuan normalizing waktu penahanan 20 menit dengan nilai rata-rata sebesar 154,73 GPa. Kemudian material dengan pengelasan tanpa perlakuan normalizing sebesar 142,35 GPa. Dan nilai regangan terkecil dihasilkan oleh raw material yaitu 135,22 GPa.

Harga impak tertinggi diperoleh RAW material tanpa perlakuan sebesar 2,06 J/mm<sup>2</sup>, material dengan waktu penahan panas selama 20 menit dengan nilai rata-rata sebesar 1,595 J/mm<sup>2</sup>, spesimen dengan perlakuan normalizing waktu penahanan 40 menit dengan nilai rata-rata sebesar 1,56 J/mm<sup>2</sup> , dan yang terkecil adalah material dengan pengelasan tanpa perlakuan *normalizing* yaitu 0,87 J/mm<sup>2</sup>.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Bhaskara, S. Jokosisworo, and H. Yudo, “*Pengaruh Normalizing dengan Variasi Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 Terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi Vicky*,” vol.19,no 4,pp. 226-230, 2017.
- [2] Bachtiar. 2012. “*Modul ajar Praktek Las*” Surabaya: Program Studi Teknik Bangunan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [3] Sucipto Riady, L. 2016. *Analisa Material ASTM A36 Akibat Pengaruh Suhu dan Quenching Terhadap Nilai Ketangguhannya* Surabaya: Bidang Studi Rekayasa Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Sumiyanto Abdunnaser. 2015. *Pengaruh media pendingin terhadap sifat mekanik dan*



*struktur mikro plat baja karbon ASTM A-36.*  
Jakarta : Jurnal Teknik Mesin. Vol. 2 : 155-170

- [5] G. F. Vander vort, Ed., *ASM Hand Book Volume 09*. ASM International, 2004.
- [6] Mulyatno, IP dan Sarjito J.S. 2008. *Analisa Kekuatan Sambungan Las SMAW ( Shielded Metal Arc Welding ) Pada Marine Plate 42 Akibat Faktor Cacat Porositas dan incomplete Penetration*. Semarang : Jurnal Teknik Perkapalan. Vol. 5, No 2 : 102-113
- [7] Yuwono, A. H. 2009. *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak (Destructive Testing)*. Jakarta: Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [8] Setiaji, R. 2009. *Pengujian Tarik*. Jakarta: Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI
- [9] *Metallography and Microstructure*. 2004. ASM Metals Handbook, Vol 9.
- [10] ASTM E8/E8M-09. 2009. *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate*. USA.
- [11] ASTM E23/E23-07aE1. 2007. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. USA.
- [12] Biro Klasifikasi Indonesia, 2013, “*Rules for the Classification and Construction: Volume VI Rules for Welding*”, Jakarta.