



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

ANALISA HASIL PENGELASAN BAWAH AIR BAJA A36 DENGAN ELEKTRODA AIR AWS E7018

Septen Lois Pernandos Manalu^{*1)}, Untung Budiarto¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾

¹⁾Laboratorium Las dan Material Kapal

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

^{*)}e-mail :septenlois.pm@gmail.com

Abstrak

Baja A 36 merupakan baja karbon rendah yang kadar karbonnya kurang dari 0,3% yang umumnya digunakan untuk pembuatan konstruksi kapal terutama pada lambung kapal. Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) underwater welding sering digunakan dalam reparasi kapal bagian bawah air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan hasil dari uji tarik, uji impak dan hasil uji mikrografi terhadap sambungan las baja A36 menggunakan elektroda AWS E7018 dengan variasi arus dan kedalaman terhadap pengelasan bawah air (underwater welding). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, mulai dari mempersiapkan material, pemotongan material, pengelasan, pembentukan spesimen dan pengujian spesimen di laboratorium. Hasil yang didapat, nilai tegangan tarik pada RAW material paling tinggi sebesar 516,67, variasi 1m 75A menghasilkan nilai paling rendah yaitu sebesar 419,15 dan variasi 5m 95A merupakan variasi yang mempunyai hasil mendekati RAW sebesar 485,61. Pada uji impak variasi 1m 75A menghasilkan nilai paling kecil yaitu sebesar 233,96, dan variasi 5m 95A menghasilkan nilai yang paling mendekati RAW yaitu sebesar 494,83. Dan pada uji mikrografi variasi 5m 95A merupakan variasi yang paling menyerupai dari RAW material. Kesimpulan menunjukkan bahwa pada pengelasan bawah air dengan kedalaman 5 m dan arus 95A memiliki kekuatan yang lebih besar dari variasi lain dan paling mendekati dengan RAW material.

Kata Kunci : SMAW, Las Bawah Air, Baja A36, Kekuatan Tarik, Impak dan Mikrografi

1. PENDAHULUAN

Dari berbagai jenis pengelasan yang telah dikenal, pengelasan pada kapal mempunyai suatu persyaratan dari Biro Klasifikasi Indonesia yang mengawasi dan memberikan kelayakan tentang kekuatan konstruksi kapal. Hal ini karena kapal selain berada pada media cair yang selalu mendapat gaya – gaya hidrostatis gelombang air dari luar badan kapal juga mendapatkan beban berat sehingga kapal sebagai sarana pengangkutan perlu mendapatkan perhatian khusus tentang kekuatan dan faktor keselamatannya. Untuk memenuhi persyaratan yang dituntut dari pemilik kapal dan badan klasifikasi maka peran juru las sangatlah besar, dan untuk itu teknik pengelasan pada kapal harus diikuti agar mendapatkan mutu las yang baik dan dapat diterima oleh pemilik kapal

maupun badan klasifikasi. Seperti diketahui bahwa peran dan volume pekerjaan pengelasan pada kapal sangatlah besar, dimana ketrampilan seorang juru las dituntut mempunyai kompetensi secara mandiri (individual skill). Dengan demikian seorang juru las perlu mendapatkan pengetahuan dan keterampilan yang matang agar proses pengelasan yang dilakukan mempunyai mutu dan kecepatan yang tinggi, sehingga diharapkan dapat diterima oleh Badan Klasifikasi dan pemilik kapal. Teknologi Las Kapal merupakan metode penyambungan baja pada kapal dengan mengikuti standar yang berlaku untuk pembangunan kapal.

Pengelasan (welding) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam continue. Pada umumnya pengelasan pada

badan kapal yang banyak digunakan adalah pengelasan dengan proses las busur listrik (SMAW), las busur rendam (SAW) dan proses las busur listrik dengan pelindung gas (FCAW / GMAW) dari material baja karbon dan baja kekuatan tarik tinggi [1]. Las SMAW merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan menggunakan elektroda sebagai bahan tambahannya. Las SMAW kebanyakan dipilih karena proses yang mudah, ekonomis dan hasil lasnya pun ditinjau dari sifat mekanik dan fisis baik , serta biaya investasi yang rendah. Namun begitu kekurangan dari produk sambungan ini sangat tergantung oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain juru las, elektroda, kuat arus dan kecepatan pengelasan.

Pengelasan bawah air atau biasa di sebut underwater welding merupakan salah satu metode pengelasan yang di kembangkan untuk memenuhi kebutuhan industri maritim terutama industri perkapalan dan konstruksi lepas pantai. Umumnya metode pengelasan bawah air di gunakan sebagai sambungan darurat pada saat terjadi sebuah insiden yang terjadi di perairan dan bersifat sementara [2].

Sebuah penelitian menyatakan bahwa pengelasan bawah air mempunyai kekuatan yang lebih besar tapi keuletannya lebih rendah pada pengelasan di darat. Peningkatan kekuatannya bervariasi dari 6.9% sampai 41% tergantung pada baja yang akan dilas. Ketika orientasi pengelasannya di ganti yang semula melintang menjadi berorientasi memanjang dan kekuatan meningkat mendekati dua kali lipat 23.7% sampai 41% pada baja SY 295, menjadi tiga kali lipat dari 6.9% sampai 21% pada baja STK 400 dan tidak berubah pada baja SYW 295 [3].

Analisa kekuatan tarik pada baja ASTM A36 polaritas balik memiliki nilai lebih baik atau lebih tinggi disbanding dengan polaritas lurus, dapat dilihat dari hasilnya specimen dengan arus 80A DECP memiliki nilai tegangan Tarik terbesar dengan nilai 480,34 (N/mm²), sementara untuk RAW dengan nilai terkecil yaitu 457,36 (N/mm²). Pada regangan Tarik besar nilai regangan dari semua specimen las berbanding terbalik dengan hasil rata-rata tegangan Tarik dimana polaritas lurus memiliki nilai lebih tinggi dibanding polaritas balik. Analisa kekuatan impak pada pengelasan SMAW pada baja A36 menyatakan bahwa nilai kekuatan terbesar didapar pada arus 60A material sebesar 2,36 (J/mm²) dan yang terkecil pada arus 100A senilai 1,18(J/mm²) [4]. Sedangkan sebuah penelitian menyatakan bahwa hasil foto mikro pada pengelasan baja A36 di darat fasa yang terbentuk pada daerah base metal, HAZ dan weld metal adalah ferit dan perlit. Pada

pengelasan mikro yang terbentuk adalah martensit, ferit, dan perlit [5].

Berdasarkan latar belakang diatas maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mempelajari kekuatan bahan lasan yang terjadi pada sambungan las dengan variasi sudut 60 derajat pada PLAT baja A 36 , adapun elektroda yang digunakan adalah jenis elektroda air AWS E7018 yang berdiameter 4 mm. Pengelasan dilakukan di dalam kolam setelah pengelasan dan pembuatan specimen maka akan dilakukan pengujian Tarik, Impak, Mikro dan Makro di laboratorium dengan standar ASTM/E8-09 dan ASTM E 23.

2. METODELOGI

2.1. PENGUMPULAN DATA

Pada penelitian kali ini, data-data dipperoleh dari sumber berupa buku, jurnal, internet hingga sumber langsung dari lapangan. Pada penelitian ini menggunakan material baja ASTM A36, yang merupakan baja dengan kandungan karbon rendah yang sangat cocok dalam konstruksi lambung kapal yang mana memiliki bentuk streamline. Di bawah ini merupakan tabel dari komposisi baja astm A36.

Tabel 1. Komposisi Baja A36

| | Unsur | kandungan % |
|----|----------|-------------|
| C | Karbon | 0,26 |
| Mn | Mangan | 1,03 |
| Cu | Tembaga | 0,20 |
| Si | Silikon | 0,28 |
| P | Fosfor | 0,04 |
| S | Belerang | 0,05 |

Pada tabel 1, dapat dilihat komposisi baja A36 memiliki unsur karbon 0,26%, unsur mangan 1,03%, unsur tembaga 0,20%, unsur silikon 0,28%, unsur fosfor 0,04% dan unsur belerang 0,05%.



Gambar 1. Plat Baja A36

Pada gambar 1 material baja ASTM A 36 adalah gabungan dari dua unsur yaitu karbon (C) dan besi (Fe), yang mana karbon memiliki kadar yang cukup rendah. Tidak hanya karbon dan besi, Baja ASTM A36 juga memiliki kandungan dari unsur lain yaitu mangan (Mn), Tembaga (Cu), silikon (Si), fosfor (P) dan belerang (S). Selain mudah dibentuk, hal tersebut lah yang membuat baja ASTM A36 sangat mudah dilas dengan metode apapun. Oleh karena itu, dengan memiliki sifat mudah dibentuk dan juga mudah dilas, baja ASTM A36 sangat cocok jika diterapkan dalam konstruksi lambung kapal. [9]

Tabel 2. Komposisi Elektroda AWS E7018

| Unsur | Komposisi |
|-------|-----------|
| C | 0.08% |
| Si | 0.60% |
| Mn | 0.94% |
| P | 0.01% |
| S | 0.006% |

Dari tabel 2, Komposisi pada Elektroda AWS E7018 memiliki unsur karbon 0,08%, silikon 0,60%, mangan 0,94%, fosfor 0,01% dan unsur belerang 0,000%.

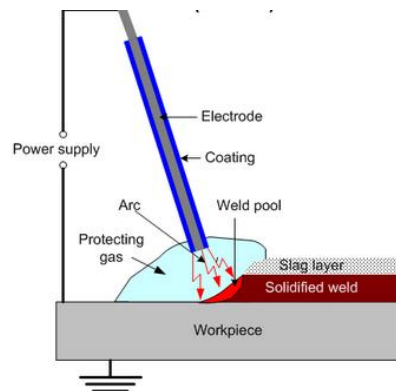


Gambar 2. Elektroda AWS E7018

Pada gambar 2 Elektroda AWS E7018 merupakan elektroda hidrogen rendah yang biasa di gunakan dalam konstruksi penguat sedang dengan kekuatan tarik sebesar 5200 kg/cm².

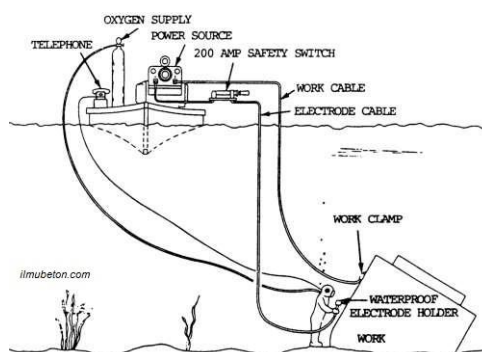
2.2. PENGELASAN

Pada pengelasan bawah air jenis pengelasan yang di gunakan adalah jenis pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yang bekerja dengan cara pencairan busur listrik yang timbul karena interaksi ujung elektroda dan permukaan plat baja.



Gambar 3. Skema Las SMAW

Pada gambar 3 Skema Pengelasan SMAW akan di gambarkan dengan busur listrik yang di bangkitkan mesin las dengan tegangan dan kuat arus listrik tertentu. Elektroda yang di gunakan berupa kawat las berpelingung *Fluks* [8].



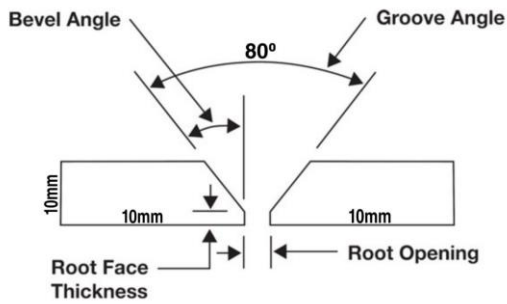
Gambar 4. Skema Pengelasan Bawah Air

Pada Gambar 4 terlihat skema pengelasan bawah air, pekerja las menggunakan alat kerja khusus berupa alat selam yang di peruntukan guna menunjang pekerjaan pengelasan. Pada umumnya mesin las di gunakan menggunakan arus DCEN (*Direct Current Electrode Negative*) dengan pengertian arus negatif berada pada elektroda dan arus positif berada pada massa [9].

Pada tahap awal pengambilan sampel di lakukan tahap persiapan bahan kerja di mulai dengan pemotongan baja A36 dengan ukuran 20 x 25 cm dan pembuatan sudut kampuh untuk sambungan las *single V-Butt Joint* dengan sudut 80°.



Gambar 5. Proses Pemotongan Baja A36 dan Pembuatan Sudut Kampuh



Gambar 6. Sambungan Las *Single V-Butt Joint*

Pada gambar 6 merupakan Sambungan *Las Single V-Butt Joint* dengan sudut kampuh sebesar 80°.

Di lanjutkan dengan persiapan elektroda AWS E 7018 yang akan di gunakan untuk melakukan pengelasan di dalam air.



Gambar 7. Elektroda AWS E7018

Pada gambar 7 menunjukkan elektroda AWS E7018, Penelitian dilakukan dikolam latihan *Underwater Welder Solo Techno Park* dengan kedalaman 1 meter dan 5 meter air tawar dengan arus sebesar 75 A dan 95A.

2.3. UJI TARIK

Pengujian kekuatan tarik merupakan pembeda pada bahan dengan arah menjauh dari titik tengah, Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu bahan. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan.



Gambar 8. Gambar singkat uji tarik

2.4. UJI IMPAK

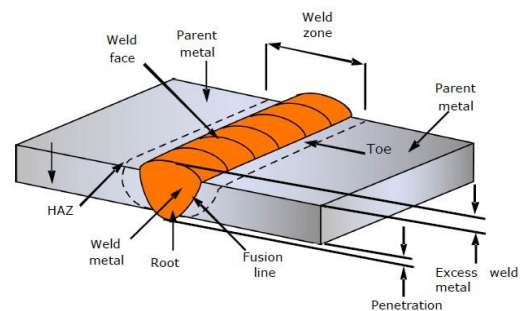
Uji impact digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Hasil uji impact juga tidak dapat membaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian impact ini, juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya.



Gambar 9. pengujian impact

2.5. UJI MIKROGRAFI

Pengujian Mikrografi bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah bahan Melalui Proses ini kita dapat mengetahui struktur dari suatu bahan dengan memperjelas batas-batas butir bahansehingga dapat langsung dilihat dengan menggunakan mikroskop dan diambil gambarnya. Pengujian mikrografi dimaksudkan untuk melihatperubahan struktur pada bahan.

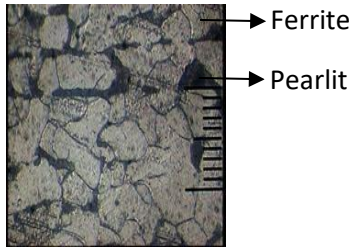


Gambar 10. Uji Mikrografi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

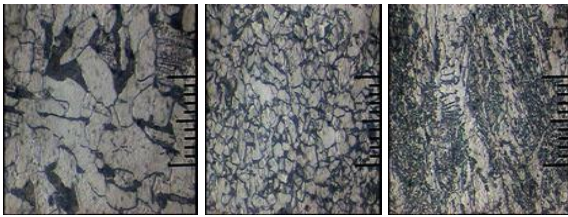
3.1. UJI MIKROGRAFI

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui sifat material terutama sifat mekanik logam berdasarkan struktur mikro logam tersebut. Uji mikro dilakukan di Laboratorium Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan menggunakan mikroskop metalurgi yang dilengkapi oleh kamera dengan pembesaran tertentu.

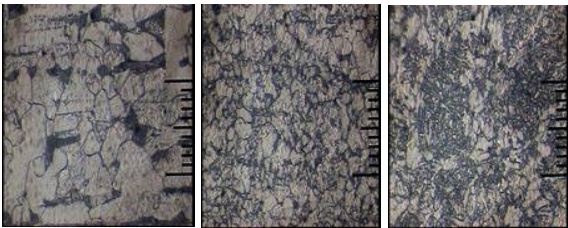


Base Matel

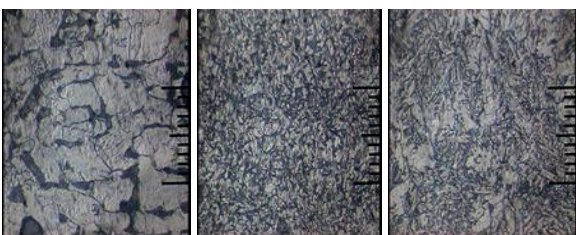
Gambar 11 . Struktur Mikro Raw Material



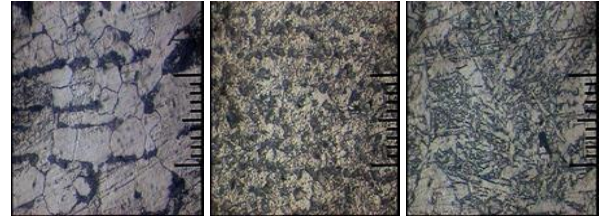
(a)Base Metal (b)Daerah HAZ (c)Daerah Las
Gambar 12 . Struktur Mikro Hasil Las Kedalaman 1m Arus 75A



(a)Daerah Metal (b)Daerah HAZ (c)Daerah Las
Gambar 13 . Struktur Mikro Hasil Las Kedalaman 1m Arus 95A



(a)Daerah Metal (b)Daerah HAZ (c)Daerah Las



Gambar 14 Struktur Mikro Hasil Las Kedalaman 5m Arus 75A

(a)Daerah Metal (b)Daerah HAZ (c)Daerah Las
Gambar 15 . Struktur Mikro Hasil Las Kedalaman 5m Arus 95A

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 perlakuan yang berbeda memiliki kerapatan struktur mikro yang berbeda-beda, kemudian dapat kita lihat pada gambar 12 lebih banyak terdapat *pearlite*, pada gambar 13 lebih banyak terdapat *ferrite*, pada gambar 14 lebih banyak terdapat *pearlite* dan pada gambar 15 lebih banyak terdapat *ferrite* yang dapat di simpulkan dengan kedalaman 5m dan arus 95A adalah hasil pengelasan terkuat.

3.2. UJI IMPAK

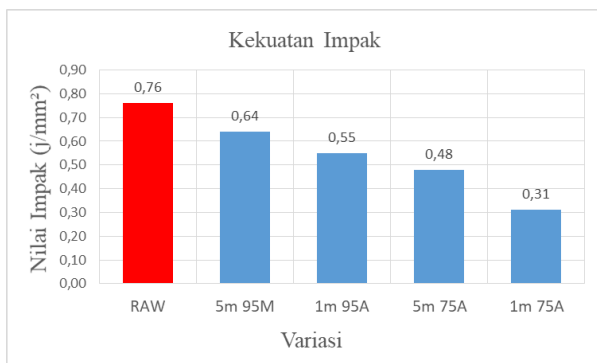
Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro dengan metode Charpy guna mengetahui kegetasan atau keuletan hasil pengelasan dengan cara pemberian beban secara tiba-tiba terhadap hasil pengelasan yang di uji secara statik sehingga di dapatkan besaran harga Impak yang di hasilkan dalam suatu pengelasan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Impak

| Spesimen No | Energi (J) | Harga Impak (J/mm ²) | Rata Harga Impak (J/mm ²) | Stand art Devias i | Rata - rata Harga Impak (J/mm ²) |
|-------------|------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------|--|
| ROW | 1 | 56 | 0,76 | - | 0,76 |
| | 1 | 58 | 0,66 | | |
| 5 m | 2 | 58 | 0,66 | | |
| 95 A | 3 | 56 | 0,62 | 0,02 | 0,64 |
| | 4 | 52 | 0,63 | | |

| | | | | | | |
|-------------|---|----|------|------|------|------|
| | 5 | 54 | 0,62 | | | |
| | 1 | 52 | 0,54 | | | |
| | 2 | 48 | 0,51 | | | |
| 1 m | 3 | 54 | 0,60 | | | |
| 95 A | 4 | 50 | 0,52 | 0,55 | 0,04 | 0,55 |
| | 5 | 50 | 0,60 | | | |
| | 1 | 42 | 0,47 | | | |
| | 2 | 40 | 0,45 | | | |
| 5 m | 3 | 48 | 0,51 | | | |
| 75 A | 4 | 40 | 0,46 | 0,48 | 0,03 | 0,49 |
| | 5 | 44 | 0,50 | | | |
| | 1 | 58 | 0,33 | | | |
| | 2 | 58 | 0,28 | | | |
| 1 m | 3 | 56 | 0,31 | 0,31 | 0,04 | 0,30 |
| 75 A | 4 | 52 | 0,37 | | | |
| | 5 | 54 | 0,27 | | | |

Dari Tabel 3, hasil uji impak diperoleh dengan raw material memiliki harga impak tertinggi dengan rata-rata setelah di deviasi sebesar 0,75 J/mm². Pada kedalaman 1m dengan arus 75A memiliki hasil dengan nilai rata-rata 0,31 J/mm², sedangkan pada kedalaman 1m dengan arus 95A sebesar 0,55 J/mm². Pada kedalaman 5m dengan arus 75A, sedangkan pada kedalaman 5m dengan arus 95A memiliki hasil tertinggi dengan nilai rata-rata 0,64 J/mm².



Gambar 16. Grafik Uji Impak

Pada Gambar 16, ditunjukkan dengan grafik perbandingan antar semua variasi, nilai hasil uji impak tertinggi pada kedalaman 5m dengan arus 95A, sedangkan nilai hasil uji impak terendah pada kedalaman 1 meter dengan arus 75A di dalam air.

3.3. Uji Tarik

ASTME8 digunakan sebagai standart pengujian tarik, dan pengujian dilaksanakan di laboratorium teknik perkapalan Universitas Diponegoro. Dari hasil pengujian tarik tersebut maka akan di dapatkan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitasnya. Dari hasil tersebut dapat diketahui bagaimana kekuatan pada setiap spesimen setelah diberi perlakuan variasi

Kedalaman dan variasi arus pengelasan pada pengelasan SMAW.

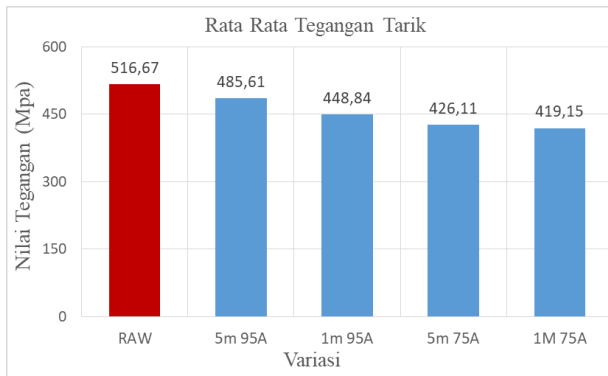
3.3.1. Tegangan Tarik

Nilai tegangan tarik merupakan nilai yang menunjukkan seberapa besar material dapat diberi tegangan. Nilai maksimum dari tegangan sebuah material dapat dilihat setelah spesimen mengalami deformasi hingga putus, sehingga di dapatkan hasil tegangan tarik yang di hasilkan dalam suatu pengelasan.

Tabel 4. Data hasil Tegangan Tarik

| Variasi | No | Tegangan Maks (Mpa) | Tegangan Rata-rata (Mpa) | Standart Deviasi | Tegangan Rata-rata Deviasi (Mpa) |
|-------------|----|---------------------|--------------------------|------------------|----------------------------------|
| RAW | 1 | 516,67 | 516,67 | - | 516,67 |
| | 1 | 483,61 | | | |
| | 2 | 483,34 | | | |
| | 3 | 489,80 | 485,61 | 3,31 | 485,61 |
| | 4 | 488,59 | | | |
| 5 m | 5 | 422,26 | | | |
| | 1 | 448,74 | | | |
| | 2 | 453,07 | | | |
| | 3 | 450,56 | 448,84 | 5,30 | 448,84 |
| | 4 | 452,00 | | | |
| 1 m | 5 | 439,81 | | | |
| | 1 | 444,62 | | | |
| | 2 | 406,14 | | | |
| | 3 | 425,10 | 426,11 | 14,67 | 421,48 |
| | 4 | 419,72 | | | |
| 75 A | 5 | 434,95 | | | |
| | 1 | 424,09 | | | |
| | 2 | 416,50 | | | |
| | 3 | 416,68 | 419,15 | 3,77 | 419,15 |
| | 4 | 417,23 | | | |
| | 5 | 422,26 | | | |

Dari Tabel 4, dapat dilihat hasil RAW material mendapatkan nilai kekuatan tarik Tertinggi dibanding spesimen lainnya dengan rata-rata sebesar 457,36 N/mm². spesimen dengan Variasi kedalaman 5m dan arus 95A memiliki kualitas lebih baiki dengan nilai rata-rata sebesar 516,67 N/mm², untuk Variasi Kedalaman 1 m dengan arus 75A nilai yang dihariskan lebih rendah dengan rata-rata sebesar 419,15 N/mm², sementara untuk Variasi pengelasan 1 meter 95A juga memiliki nilai lebih dengan nilai sebesar 448,84 N/mm², sedangkan di kedalaman 5 Meter dengan arus 75A mendapatkan nilai lebih rendah dengan rata-rata sebesar 426,11 N/mm². Maka dari Gambar 17 dapat dilihat perbedaan menggunakan kedalaman 5m dan arus 95A memiliki kualitas hasil lebih baik dari pada pengelasan 1m 75A.



Gambar 17. Grafik Tegangan Tarik

Ditinjau dari gambar 17, dari empat variasi pengelasan tersebut, variasi 5m 95A memiliki kekuatan tarik terbesar, sedangkan Variasi 1m 75A memiliki kekuatan tarik terendah.

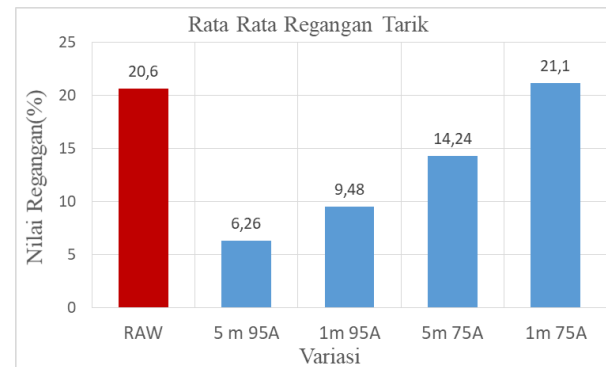
3.3.2. Regangan Tarik

Nilai regangan tarik menunjukkan kelenturan material yang diuji. Semakin bertambah panjang sebuah spesimen setelah diuji, maka material tersebut memiliki kelenturan yang baik. Regangan tarik dapat dicari dengan mengukur pertambahan panjang deformasi dan kemudian dibagi dengan panjang material sebelum diuji. Dari pengujian tarik didapatkan nilai regangan tarik dan hasil perhitungan tersebut diukur dalam bentuk persentase.

Tabel 5. Data Hasil Regangan Tarik

| Variasi | No | L' (mm) | Regangan Rata-rata (%) | Standart Deviasi | Regangan Rata-rata Deviasi (%) |
|----------|----|---------|------------------------|------------------|--------------------------------|
| RAW | 1 | 62,00 | 20,60 | - | 20,60 |
| | 1 | 52,95 | | | |
| | 2 | 53,35 | | | |
| 5 m 95 A | 3 | 53,20 | 6,26 | 0,49 | 6,43 |
| | 4 | 53,35 | | | |
| | 5 | 52,80 | | | |
| 1 m 95 A | 1 | 55,10 | 9,48 | 1,29 | 9,05 |
| | 2 | 55,60 | | | |
| | 3 | 54,50 | | | |
| 5 m 75 A | 4 | 54,60 | 14,24 | 1,24 | 13,73 |
| | 5 | 53,90 | | | |
| | 1 | 56,50 | | | |
| 1 m 75 A | 2 | 58,15 | 21,10 | 1,54 | 20,58 |
| | 3 | 56,85 | | | |
| | 4 | 57,15 | | | |
| | 5 | 56,95 | | | |
| | 1 | 60,30 | | | |
| | 2 | 61,60 | | | |
| | 3 | 61,10 | | | |
| | 4 | 59,90 | | | |
| | 5 | 59,85 | | | |

Dari tabel 5, dapat dilihat bahwa raw material memiliki nilai regangan tertinggi dengan rata-rata sebesar 20,60%, sedangkan pada kedalaman 1m dengan arus 75A mendapatkan nilai regangan sebesar 21,10%. pada kedalaman 1m arus 95A dengan hasil 9,48%, pada kedalaman 5m arus 75A sebesar 14,24%. sedangkan pada kedalaman 5m arus 95A sebesar 27,73%. Pada kedalaman 1m 75A nilai regangan tertinggi dengan rata-rata sebesar 21,10%, sedangkan pada kedalaman 5m arus 95A memiliki rata-rata sebesar 6,26%.



Gambar 18. Grafik Regangan Tarik

Ditinjau dari gambar 18, regangan tertinggi terjadi pada raw material, sedangkan regangan terendah pada variasi 5m 95A.

3.3.3. Modulus Elastisitas Tarik

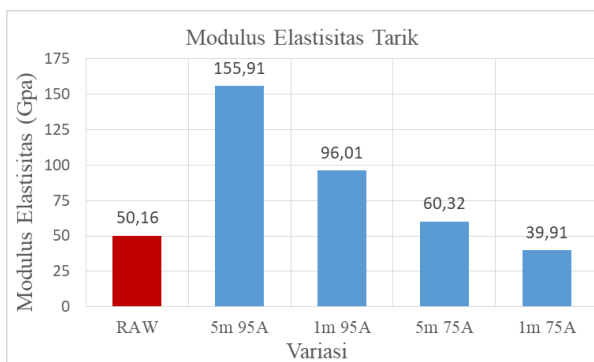
Apabila regangan menentukan kelenturan, maka modulus elastisitas menunjukkan kekakuan sebuah material. Semakin besar nilai modulus elastisitas, maka material tersebut semakin kaku. Modulus elastisitas dapat dihitung setelah mengetahui nilai tegangan luluh dan regangan luluh. Dengan membagi tegangan luluh (yield strenght) maka didapat hasil modulus elastisitas tarik yang dihasilkan dalam suatu pengelasan.

Tabel 6. Data Hasil Modulus Elastisitas Tarik

| Variasi | No | Modulus Elastisitas (Gpa) | Modulus Rata-rata (Gpa) | Standart Deviasi | Modulus Rata-rata Deviasi (Gpa) |
|----------|----|---------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------|
| RAW | 1 | 50,16 | 50,16 | - | 50,16 |
| 5 m 95 A | 1 | 163,94 | 155,91 | 12,05 | 155,78 |
| | 2 | 144,28 | | | |
| | 3 | 153,06 | | | |
| 1 m 95 A | 4 | 145,85 | 96,01 | 12,20 | 95,46 |
| | 5 | 172,40 | | | |
| | 1 | 87,99 | | | |
| | 2 | 80,91 | | | |
| | 3 | 100,12 | | | |
| | 4 | 98,26 | | | |
| | 5 | 112,77 | | | |

| | | | | | |
|-------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 68,40 | | | |
| | 2 | 49,83 | | | |
| 5 m 75 A | 3 | 62,06 | | | |
| | 4 | 58,70 | 60,32 | 6,820 | 58,29 |
| | 5 | 62,58 | | | |
| | 1 | 41,17 | | | |
| | 2 | 35,90 | | | |
| 1 m 75 A | 3 | 37,45 | 39,91 | 3,06 | 40,91 |
| | 4 | 42,14 | | | |
| | 5 | 42,87 | | | |

Dari tabel 7, hasil modulus elastisitas rata-rata setelah dideviasi, pada raw material sebesar 50,16 Gpa. Pada kedalaman 5m dengan arus 95A, memiliki hasil tertinggi dengan 155,91 Gpa, sedangkan pada kedalaman 5m dengan arus 75A sebesar 60,32 Gpa. Pada kedalaman 1m dengan arus 75A sebesar 39,91 Gpa, sedangkan pada kedalaman 5m dengan arus 75A sebesar 60,32 Gpa. Maka modulus elastisitas yang memiliki hasil tertinggi adalah dengan kedalaman 5m dengan arus 95A dengan rata-rata sebesar 155,91 Gpa.



Gambar 19. Grafik Modulus Elastisitas Tarik

Pada Gambar 19, ditunjukkan modulus elastisitas terbesar pada kedalaman 5m dengan arus 95A. Sedangkan hasil terkecil pada kedalaman 1m dengan arus 75A.

4. KESIMPULAN

Pada uji kekuatan tarik, kedalaman dan besar arus mempengaruhi kekuatan pada hasil las, nilai tegangan tarik terbesar pada kedalaman 5m dengan arus 95A yaitu sebesar 426,11 Mpa dan yang terkecil dihasilkan pada kedalaman 1m 75A yaitu sebesar 419,17 Mpa. Pada Regangan tarik nilai terbesar terdapat pada kedalaman 1m dengan arus 75A yaitu sebesar 20,60% dan hasil terkecil terdapat pada kedalaman 5m dengan arus 95A yaitu sebesar 6,26%, sedangkan pada hasil modulus elastisitas hasil tertinggi didapat pada kedalaman 5m dan arus 95A yaitu sebesar 155,91 Gpa dan hasil terkecil terdapat pada kedalaman 1m

dengan arus 75A sebesar 39,91 Gpa.

Pada pengujian impak spesimen yang menghasilkan kekuatan terbesar yaitu spesimen RAW yaitu sebesar 560 J/mm² dan spesimen yang menghasilkan nilai terkecil yaitu spesimen 1m 75A sebesar 233,96 J/mm². Spesimen 5m 95A merupakan spesimen yang menghasilkan kekuatan yang mendekati RAW yaitu sebesar 494,93 J/mm².

Setelah dilakukan pengujian mikrografi pada setiap spesimen dapat disimpulkan bahwa spesimen 5m 95A merupakan spesimen yang paling menyerupai spesimen RAW material.

Setelah menganalisa hasil pengujian tarik, pengujian impak dan uji mikrografi dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus dapat menghasilkan kekuatan yang lebih dan semakin dalam pengelasan dibawah air dapat menghasilkan kekuatan yang baik. Dapat disimpulkan kedalaman 5m dengan arus 95A merupakan spesimen yang memiliki nilai paling tinggi karena arus dan kedalaman mempengaruhi hasil las yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunartyo, Hery. 2008. *Pengelasan SMAW*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [2] Wirjosumanto, H dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- [3] Vernoval, G., Jokosisworo, S. & Adietya, B. A. 2019. "Pengaruh Perbedaan Tool Tilt Angle terhadap Kekuatan Tarik, Impak, pada Aluminium 6061 dengan Pengelasan Double Sided Friction Stir Welding". *Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 2, pp. 152–160.
- [4] Hamid, A. 2016. "Analisa Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan". *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 7 No. 1.
- [5] Anggraeni, S. D. 2016. "Studi Perbandingan Proses Pengelasan Smaw Pada Lingkungan Darat dan Bawah Air Terhadap Ketahanan Uji Bending Weld Joint Material A36," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2.

- [6] Anwar, B. 2017. “Analisis Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Posisi Bawah Tangan Dengan Perbedaan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Baja ST. 42”. *Teknik Mesin*. Teknologi vol. 16, no. 1 Apr, pp. 18–24.
- [7] Huda, M. & Setiawan, F. 2016 “Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V dan Kuat Arus dengan Las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Baja A36 terhadap Sifat Mekanik,” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Umsida*, vol. 7, pp. 1–9.
- [8] Santoso, T.B., Solichin, & Hutomo, P. T. 2020. “Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016”. *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 1, p. 20.
- [9] Naufal, A., Jokosisworo, S., & Samuel. 2016. “Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Sudut Kampuh V Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Aluminium 5083 Pengelasan Gtaw”. *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 256–264.
- [10] Yasari, N. M. L. P. K. 2017. “*Underwater welding*”. Universitas Sebelas Maret. pp. 10–20.