

Analisis Kekuatan *Bending* Sambungan Las SMAW Material Baja Karbon Rendah dengan Perlakuan Pendinginan, Kawat Las dan Variasi Kuat Arus

Bending Strength Analysis of SMAW Welding Joints of Low Carbon Steel Materials with Cooling Treatment, Welding Wires, and Current Strength Variation

Ari Beni Santoso¹, Muh. Thohirin^{2*}, Wisnaningsih³, Ambar Pambudi⁴,
Supriyanto⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Lampung, Indonesia
Email: muhtohirin21@gmail.com

Abstrak

Metode pengelasan saat ini digunakan secara luas di dalam kehidupan manusia dari yang sederhana sampai yang rumit, dimana pengelasan menjadi salah satu sarana untuk mencapai fabrikasi yang optimal. Setiap proses pengelasan berhubungan dengan variasi kuat arus, pendinginan, dan jenis kawat yang berfungsi untuk mendapatkan nilai kekuatan *bending* yang berbeda-beda. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kekuatan yang diperoleh dan mengetahui faktor yang paling berpengaruh dari hasil pengelasan dengan menggunakan perlakuan pendinginan, kawat las, dan juga arus listrik. Metode pengujian kekerasan material yang digunakan adalah pengujian kekerasan material dengan mesin *Universal Testing Machine* dengan metode brinell. Pada penelitian ini, arus yang digunakan adalah 90 A, 95 A, dan 100 A, media oli dengan SAE 20-40 W, dan kawat las yang menggunakan jenis RB E6013 dengan 3 jenis variasi diameter, yaitu 2,0 mm, 2,6 mm, dan 3,2 mm. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kawat las dengan diameter 2.6 mm dan arus pengelasan sebesar 100 A adalah yang paling baik dibandingkan dengan variasi yang lain, karena memiliki nilai uji *bending* yang paling tinggi.

Kata kunci: Karbon Rendah, Kekuatan *Bending*, Material Baja, Pengelasan, SMAW

Abstract

Welding methods are currently used widely in human life from the simple to the complex, where welding is one of the means to achieve optimal fabrication. Each welding process is associated with variations in current strength, cooling, and the type of wire that functions to obtain different bending strength values. Therefore, the purpose of this research is to determine the level of strength obtained; and knowing the most influential factors of the welding results using cooling treatment, welding wire, and also electric current. The material hardness testing method used is material hardness testing with the *Universal Testing Machine* with the brinell method. In this study, the current used was 90 A, 95 A, and 100 A, the oil medium was SAE 20-40W, and the welding wire used RB E6013 type with 3 types of diameter variations, namely 2.0 mm, 2.6 mm and 3.2 mm. Based on the research results, it can be concluded that welding wire with a diameter of 2.6 mm and a welding current of 100 A is the best compared to the other variations, because it has the highest bending test value.

Keywords: Low Carbon, Bending Strength, Steel Materials, Welding, SMAW

PENDAHULUAN

Perkembangan perindustrian di Indonesia tidak bisa dipisahkan dari pemanfaatan teknologi pengelasan [1], hal ini sangatlah membantu dalam pekerjaan pembuatan berbagai konstruksi. Dimulai dari hal yang paling dasar dan berlanjut ke hal yang paling sulit dan memiliki persyaratan yang tinggi. Konstruksinya pun bervariasi mulai dari konstruksi baja hingga konstruksi permesinan [2]. Selain aplikasi di atas, pengelasan juga dimaksudkan untuk kebutuhan tertentu seperti reparasi untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat pengisian lapisan keras pada perkakas, menambah volume pada bagian-bagian peralatan yang aus [3].

Teknologi pengelasan saat ini sedang berkembang pesat pada sektor industri dan perbengkelan. Pada konstruksi las, secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik [4]. Pengelasan adalah suatu proses penyambungan dua logam/paduan atau lebih yang dikerjakan dalam kondisi lumer atau cair sehingga setelah membeku akan terbentuk sambungan yang tetap melalui proses ikatan kimia yang dihasilkan dari penggunaan energi panas [5]. Pengelasan merupakan proses termal menggunakan gas terkompresi dan/atau arus listrik untuk menyediakan sumber panas terkonsentrasi yang melelehkan atau membakar baja dan logam lainnya [6]. Setiap metoda penyambungan yang digunakan mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri dibandingkan dengan metoda lainnya [7].

Pengelasan bukanlah tujuan utama dalam banyak konstruksi manufaktur, namun merupakan salah satu alat untuk mencapai fabrikasi yang optimal. Oleh karena itu, ketika melakukan proses desain dan perakitan, pertimbangan harus diberikan pada kesesuaian sifat-sifat material yang dilas dengan prosedur yang

ada. Hasilnya, produk pengelasan persis seperti apa yang dibayangkan. Pada penelitian lainnya, didapat bahwa pengelasan SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) adalah bentuk yang paling banyak digunakan dalam pengelasan cair dengan busur dari jenis las busur elektroda terbungkus [8].

SMAW adalah pengelasan menggunakan logam berselaput sebagai bahan tambah dengan panas yang didapat dari busur listrik. Pengelasan SMAW adalah proses menyambungkan dua logam atau lebih [9], dengan cara melelehkan logam induk menggunakan energi panas [10–12]. Penggunaan energi panas dalam rangka untuk pencairan logam yang diperoleh dari pembakaran elektroda yang memancarkan busur listrik. Selama proses jenis pengelasan ini berlangsung, elektroda yang meleleh akan menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las (*weld beads*) [13]. Pembakaran elektroda menghasilkan nyala busur listrik yang dapat mencapai temperatur 6000 °C. Pengelasan SMAW dengan menggunakan tekanan menghasilkan sambungan yang kontinyu [14].

Beberepa alasan yang menjadikan pengelasan dengan teknologi SMAW ini berkembang diantaranya fleksibilitas penggunaan di lapangan maupun di dalam bengkel [15–16], fleksibel dengan posisi datar, horizontal, vertikal ataupun posisi diatas kepala (*overhead*) [17–18], harga mesin las cukup murah [2], dapat digunakan untuk mengelas berbagai macam logam *ferrous* dan *non ferrous* [19]. Di lain sisi, SMAW mempunyai kelemahan yaitu efisiensi yang buruk (65%), membutuhkan keterampilan operator yang tinggi, waktu pengelasan yang lama, menghasilkan produk terak, dan arus pengelasan yang terbatas berdasarkan kemampuan elektroda [2].

Faktor penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las

[20]. Pemilihan parameter arus las yang tepat berpengaruh terhadap kekuatan dan perubahan sifat mekanis suatu logam [21]. Faktor lain seperti pemilihan bahan dan jenis kampuh las merupakan hal yang berpengaruh juga untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik. Untuk plat dengan ketebalan di atas 6 mm, umumnya dibuat kampuh untuk mengikat ikatan sambungan sehingga mampu untuk menahan beban berat. Dalam konstruksi pengelasan, peranan bahan baja lebih banyak digunakan untuk konstruksi [22] khususnya baja karbon rendah karena harga relatif murah dan mudah difabrikasi [23].

Permasalahan yang sering muncul dalam sambungan las adalah penurunan kualitas sambungan yang disebabkan oleh timbulnya cacat pada sambungan logam [24], dan terbentuknya karbida dan oksida pada daerah pengelasan. Permasalahan tersebut dapat terjadi pada dua logam las yang memiliki perbedaan fisik, mekanik, thermal dan metalurgi [22–25] sehingga menimbulkan permasalahan yang berbeda pada masing-masing logam dasar [26].

Pengujian material secara destruktif dan pengujian non-destruktif diperlukan pada tahap kualifikasi prosedur pengelasan. Pengujian tekuk (bending) adalah salahsatu jenis pengujian destruktif yang digunakan dalam tahapan kualifikasi prosedur las. Pengujian tekuk pada material logam bertujuan untuk mengetahui kekuatan lentur suatu material [27].

Pada umumnya, struktur mikro dari baja tergantung dari kecepatan pendinginan pasca pengelasan dari suhu austenit ke suhu kamar [28]. perubahan struktur ini

menyebabkan berubahnya sifat-sifat mekanik yang dimiliki dengan sendirinya. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ridwan, dkk (2021), menyatakan bahwa lamanya pendinginan dalam suatu daerah temperatur dari suatu siklus las sangat mempengaruhi kualitas sambungan [29–30].

Penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Johan, dkk (2023) yaitu mengenai analisis Kekuatan Bending Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja ST 42 menggunakan Pendingin Oli Sae 20W-50 dengan Memvariasi Kuat Arus. Terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian kali ini, yang terletak pada arus pengelasan, jenis baja, kawat las, dan pendingin oli.

Berangkat dari permasalahan pengaruh laju pendinginan, jenis kawat las dan juga kuat arus yang begitu signifikan terhadap kualitas hasil pengelasan, maka tujuan penelitian ini adalah untuk 1) mengetahui dan membuktikan tingkat kekuatan yang diperoleh; dan 2) faktor yang paling berpengaruh dari hasil pengelasan dengan menggunakan perlakuan pendinginan, kawat las, dan juga arus listrik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Mei 2023. penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Material Teknik Jurusan Mesin, Universitas Sang bumi Ruwa Jurai dan pengujiannya di LAB ITERA (Intitut Teknologi Sumatera). Beberapa alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

| No. | Alat | No. | Bahan |
|-----|----------------------|-----|--|
| 1 | Mesin las AC/DC | 1 | Baja Karbon Rendah (10 X 20 X 200 mm) SS 400 AISI 1010 |
| 2 | Peralatan Pengelasan | 2 | Kawat las RB 26 E6013 dengan 3 variasi pengelasan |
| 3 | Sikat Kawat | 3 | Pendingin oli sebagai media pendinginan las |
| 4 | Penggaris | | |
| 5 | Kikir | | |
| 6 | Alat Ukur Sudut | | |
| 7 | Mesin Uji Kekerasan | | |

Mesin las yang digunakan adalah mesin las merk rhino 450 watt dengan kapasitas 120 A. Pada penelitian ini, arus yang digunakan adalah 90 A, 95 A, dan 100 A, dimana kutub positif dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif dihubungkan dengan massa/ground.

Pada baja karbon rendah, adalah plat dengan ketebalan 10 mm dan dipotong dengan ukuran panjang setiap material sebelumnya di las 150 mm dan lebar 30 mm, kemudian dibersihkan dan dirapihkan menggunakan gerinda tangan merk ryu dengan kapasitas mata gerinda 4 inch dan dibentuk kampuh di setiap satu sisi. Sedangkan pada kawat las, menggunakan jenis RB E6013 dengan 3 jenis variasi diameter, yaitu 2,0 mm, 2,6 mm, dan 3,2 mm.

Penelitian ini dilaksanakan dengan uraian prosedur sebagai berikut: lain:

1. Proses pemotongan material plat
2. Pembentukan bentuk kampuh las dengan model kampuh tipe V
3. Proses pengelasan yang direncanakan dengan :
 - a. metode 3 jenis elektroda yang digunakan berdasarkan diameter kawat las 2.0, 2.6 dan 3.2

- b. Pengelasan juga dengan memvareasikan arus listrik yang direncanakan dengan 3 variasi pengelasan yaitu : 90 A, 95 A dan 100 A
- c. Pengelasan menggunakan mesin las merk rhino 450 watt dengan kapasitas 1200 A

4. Setelah melakukan pengelasan spesimen, dilakukan pendinginan dengan media oli dengan SAE 20-40 W
5. Pengujian dilakukan dengan uji bending tekan yang direncanakan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Mesin, Universitas Sang bumi Ruwa Jurai dan pengujiannya di LAB ITERA (Intitut Teknologi Sumatera).
6. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah SS400 mengacu pada standarisasi *Japanese Industrial Standard* (JIS). Dimensi ukuran spesimen uji bending panjang 100 mm, lebar 20 mm, tebal 10 mm mengacu pada standarisasi ASTM E 290

Setelah melakukan tahapan-tahapan di atas, maka diperoleh data pengujian berikut:

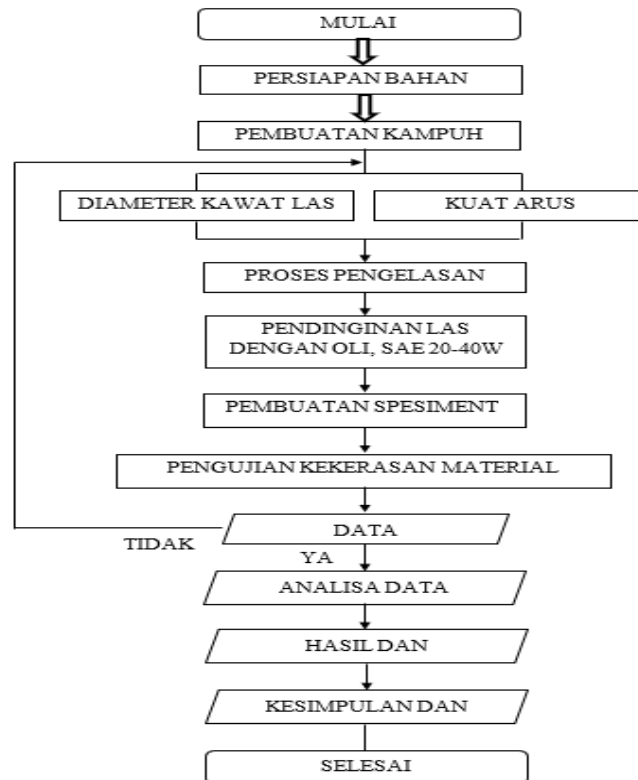
Tabel 2. Perencanaan Pembuatan Formasi Variasi Spesimen yang Akan Dibuat

| | pendinginan | arus listrik | | |
|-------|-------------|--------------|------|-------|
| | oli | 90 A | 95 A | 100 A |
| kawat | 2,0 | A | D | G |
| las | 2,50 | B | E | H |
| | 3,25 | C | F | I |

Metode pengujian kekerasan material yang digunakan adalah pengujian kekerasan material dengan mesin *Universal Testing Machine* dengan metode brinell dimana material ditempatkan pada mesin dan

ditekan dengan indentor penekan dengan luas penampang 120 mm dan jari jari penekan berdiameter 4 mm.

Berikut adalah bagan diagram alir rencana proses pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Bending* Material

Setelah menyelesaikan tahapan-tahapan dalam pembuatan specimen dari mulai persiapan meterial, pemotongan specimen sampai dengan pengelasan, material yang sudah dibersihkan dilakukan uji bending pada tiap tiap spesimet, dengan menggunakan mesin *Universal Testing Mechine* (UTM). Sebelum masuk ke dalam tahap pengujian bending, dilakukan penentuan kode sampel terlebih dahulu sebagai berikut:

$X.Y Z$

Dimana:

- X = urutan kode sampel (A s/d I)
- Y = diameter kawat las
- Z = arus yang digunakan saat

pengelasan

Pengujian bending dilakukan tiga tahapan pengujian dan satu kali pengujian pada tiap-tiap spesimen sehingga menghasilkan data pengujian sebagai berikut:

Pengujian Tahap 1

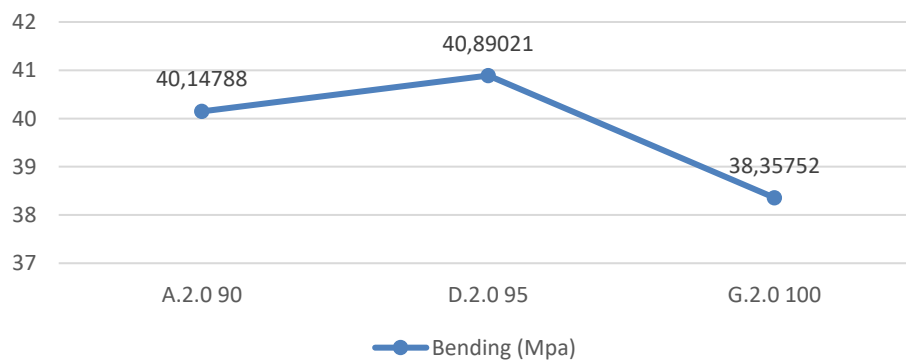
Pada pengujian ini Mengacu pada hasil yang diperoleh dari pengujian bending dengan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM). Maka dilakukan pengolahan data daan analisa guna mengetahui kekuatan sambungan las pada baja karbon rendah dengan sambungan V dan menggunakan kawat las 2,0mm dan dengan memvariasikan kuat arus maka diperoleh data pengujian dalam bentuk table sebagai berikut:

Tabel 3. Data Pengujian Tahap 1

| Nama Sample | Hasil Pengujian | | | | Ukuran Dimensi | | |
|-------------|-----------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------|---------|
| | Beban (N) | Tegangan (Mpa) | Regangan (%) | Bending (Mpa) | h (mm) | b (mm) | lv (mm) |
| A.2.0 90 | 21412.21 | 1605.915 | 5.217278 | 40.14788 | 10 | 20 | 100 |
| D.2.0 95 | 21808.11 | 1635.608 | 9.765778 | 40.89021 | 10 | 20 | 100 |
| G.2.0 100 | 20457.34 | 1534.301 | 5.842579 | 38.35752 | 10 | 20 | 100 |

Berdasarkan tabel 3, dengan 3 sampel yang dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM). maka sampel kedua lah yang memiliki hasil yang terbaik dengan

kode sampel D.2.0 95 dengan hasil beban 21808.11 N, Tegangan 1635.608 MPa, Regangan 9.765778% dan Nilai Bending sebesar 40.89021 MPa. Untuk lebih jelasnya perhatikan grafik di bawah ini.



Gambar 2. Hasil Uji Bending Tahap 1

Pengujian Tahap 2

Pada pengujian tahap dua ini masih sama proses pengujiannya yaitu menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM) dan menggunakan kumpuh

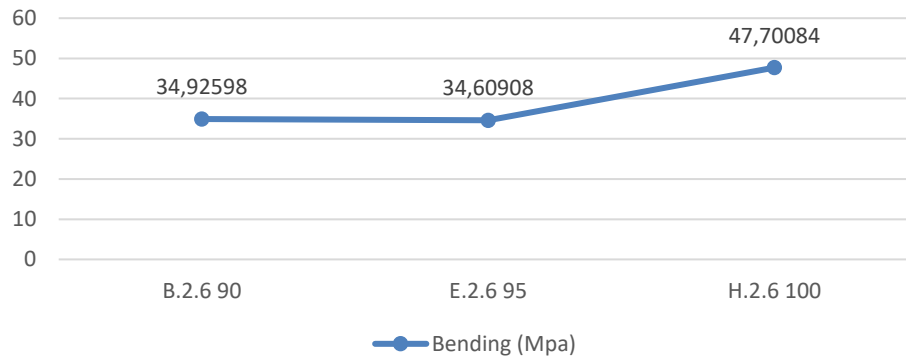
las jenis V, akan tetapi dalam pengujian ini menggunakan kawat las 2,6mm dan dengan memvariasikan kuat arus saat melakukan pengelasan. Maka diperoleh data dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Data Pengujian Tahap 2

| Nama Sample | Hasil Pengujian | | | | Ukuran Dimensi | | |
|-------------|-----------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------|---------|
| | Beban (N) | Tegangan (Mpa) | Regangan (%) | Bending (Mpa) | h (mm) | b (mm) | lv (mm) |
| B.2.6 90 | 18627.19 | 1397.039 | 5.48098 | 34.92598 | 10 | 20 | 100 |
| E.2.6 95 | 18458.17 | 1384.363 | 5.927774 | 34.60908 | 10 | 20 | 100 |
| H.2.6 100 | 25440.45 | 1908.034 | 6.738875 | 47.70084 | 10 | 20 | 100 |

Berdasarkan tabel 4 di atas, dengan 3 sampel yang dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM). maka sampel ketiga lah yang memiliki hasil yang terbaik dengan

kode sampel H.2.6 100 dengan hasil beban 25440.45 N, Tegangan 1908.034 MPa, Regangan 6.738875% dan Nilai Bending sebesar 47.70084 MPa. Untuk lebih jelasnya perhatikan grafik di bawah ini.



Gambar 3. Hasil Uji Bending Tahap 2

Pengujian Tahap 3

Pada pengujian yang ke tiga ini menggunakan kawat las dengan diameter 3,2 mm dengan menggunakan kampuh las jenis V dan masih memfariasikan besaran kuat arus yang digunakan pada saat proses

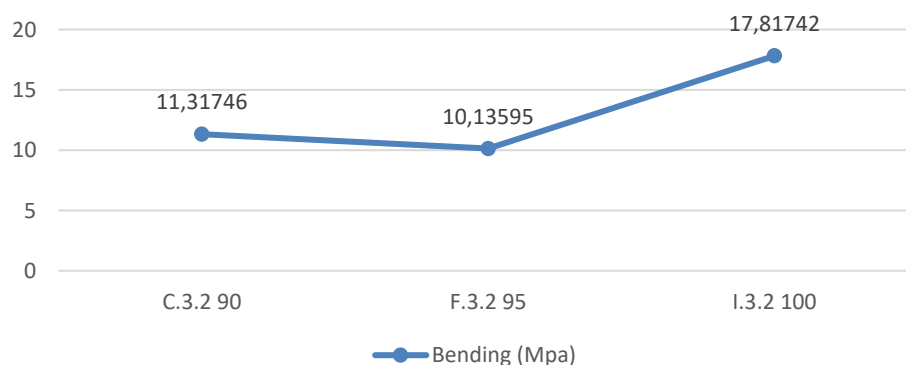
pengelasan, dalam pengujian ini masih menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM), sehingga diperoleh data pengujian dalam bentuk table sebagai berikut:

Tabel 5. Data Pengujian Tahap 3

| Nama Sample | Hasil Pengujian | | | | Ukuran Dimensi | | |
|-------------|-----------------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------|---------|
| | Beban (N) | Tegangan (Mpa) | Regangan (%) | Bending (Mpa) | h (mm) | b (mm) | lv (mm) |
| C.3.2 90 | 6035.98 | 452.6986816 | 0.442780423 | 11.31746 | 10 | 20 | 100 |
| F.3.2 95 | 5405.85 | 405.4383911 | 0.423877895 | 10.13595 | 10 | 20 | 100 |
| I.3.2 100 | 9502.63 | 712.6970947 | 0.559475219 | 17.81742 | 10 | 20 | 100 |

Berdasarkan tabel 5, dengan 3 sampel yang dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM). maka sampel yang ke tiga yang memiliki hasil yang terbaik dengan kode sampel I.3.2 100 dengan hasil beban

9502.63 N , Tegangan 712.6970947 MPa, Regangan 0.559475219% dan Nilai Bending sebesar 17.81742737 MPa. Untuk lebih jelasnya perhatikan grafik di bawah ini.



Gambar 4. Hasil Uji Bending Tahap 3

Pengujian Tahap Lanjutan

Dari tahapan-tahapan pengujian di

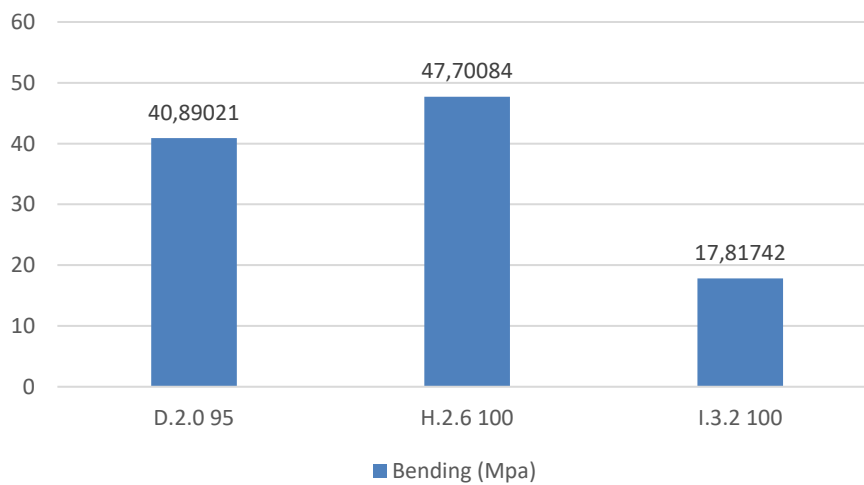
atas, maka dapat dibuat rangkuman nilai terbaik dari hasil pengujian diatas untuk

mengetahui sampel yang terbaik dalam data sebagai berikut:
proses pengujian diatas maka di peroleh

Tabel 6. Rekapitulasi Data tertinggi Tiap Tahapan Pengujian

| Nama Sample | Hasil Pengujian | | | Ukuran Dimensi | | | |
|-------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------|--------|---------------------|
| | Beban (N) | Tegangan (Mpa) | Regangan (%) | Bending (Mpa) | h (mm) | b (mm) | I _v (mm) |
| D.2.0 95 | 21808.11 | 1635.608 | 9.765778 | 40.89021 | 10 | 20 | 100 |
| H.2.6 100 | 25440.45 | 1908.034 | 6.738875 | 47.70084 | 10 | 20 | 100 |
| I.3.2 100 | 9502.63 | 712.697 | 0.559475 | 17.81742 | 10 | 20 | 100 |

Berdasarkan tabel 6, kode sampel H.2.6 100 memiliki nilai uji bending yang paling tinggi dibanding sampel sampel yang lain. Untuk lebih jelasnya perhatikan grafik di bawah ini.



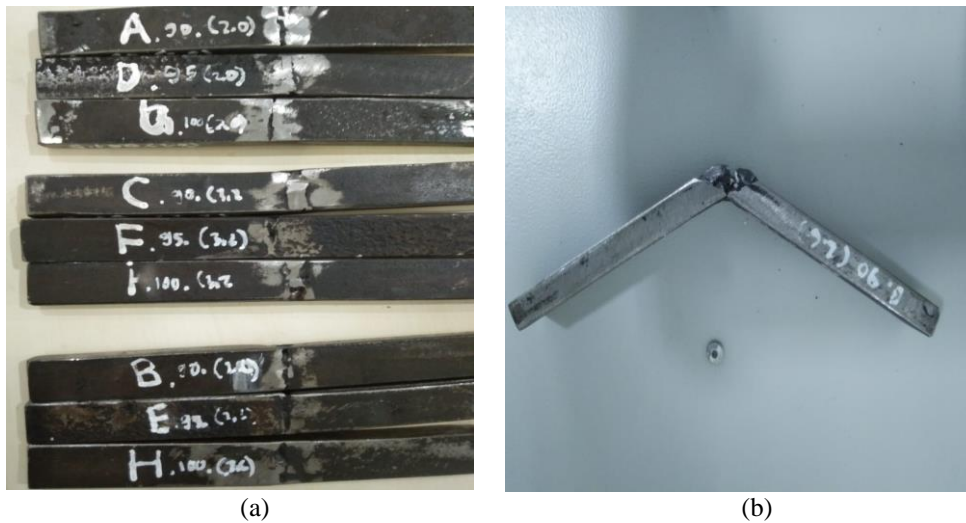
Gambar 4. Hasil Uji Bending Tertinggi Tiap Tahapan Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dengan material sama dan bentuk kampuh las yang sama namun dengan menggunakan diameter kawat las dan arus yang berbeda dalam pengelasan maka didapat hasil uji bending yang berbeda, penggunaan kawat las 2.6 dan arus pengelasan 100 Ampere adalah nilai terbaik yang didapat dalam pengujian tersebut. Hal ini disebabkan karena penggunaan kawat las dan ampere pengelasan yang sesuai dengan jenis material yang kita las maka akan

mendapatkan nilai yang maksimal.

Perubahan Bentuk Material Setelah Pengujian

Material yang sudah diuji memiliki bentuk yang berbeda dengan material yang belum diuji, hal ini disebabkan karena adanya gaya tekan yang diberikan oleh mesin UTM terhadap material benda uji. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini, perubahan wujud material sebelum diuji dan setelah diuji.



Gambar 5. Sampel material (a) sebelum diuji dan (b) sesudah diuji

Berdasarkan gambar 5, dapat diartikan bahwa benda yang memiliki lengkungan lebih besar memiliki gaya tekan maksimum*. Benda tersebut adalah sampel H.2.6 100 dimana penembusan atau pembakaran material yang dihasilkan dari percikan bunga api pada elektroda penggunaan kawat las 2.6 dan arus pengelasan 100 ampere adalah nilai terbaik yang didapat dalam pengujian dibandingkan dengan sampel yang lainnya.

KESIMPULAN

Setelah semua tahapan dan proses penelitian dilakukan, diperoleh data bahwa 1) pada tahap 1, hasil uji bending terbesar yang didapat yaitu dengan kawat las 2.0 arus pengelasan 95 A dan pendinginan oli sebesar 40.89020874 MPa; 2) pada tahap 2, hasil uji bending terbesar yang didapat yaitu pada kawat las 2.6 dengan arus pengelasan 100 A dan pendinginan oli sebesar 47.70084229 MPa; 3) pada tahap 3, hasil uji bending terbesar didapat pada diameter kawat las 3.2 dengan arus pengelasan 100 A dan pendinginan oli sebesar 17.81742737 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kawat las dengan diameter 2.6mm dan arus pengelasan sebesar 100 A dengan

pendinginan oli yang paling baik dibandingkan dengan variasi yang lain, karena memiliki nilai uji bending yang paling tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Dayera, A. T. A. Salim, and M. H. Cahyono, "Karakteristik Sambungan Pengelasan SMAW 3G Plate Variasi Arus Listrik Material ST36," *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [2] A. Bakhori, "Perbaikan Metode Pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil di Kota Medan," *Bul. Utama Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–20, 2017.
- [3] S. Samhuddin, A. Aminur, A. I. Imran, and S. Ali, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Kekuatan Bending Akar Las dan Kekerasan Pada Pengelasan SMAW," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 7, no. 2, pp. 78–83, 2022, doi: 10.33772/jfe.v7i2.23323.
- [4] A. Azwinur, S. A. Jalil, and A. Husna, "Pengaruh variasi arus

- pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW,” *J. Polimesin*, vol. 15, no. 2, pp. 36–41, 2017.
- [5] M. Huda, S. M. B. Respati, and H. Purwanto, “Pengelasan plat kapal dengan variasi jenis elektroda dan media pendingin,” *Maj. Ilm. Momentum*, vol. 14, no. 2, 2018.
- [6] A. J. Laksana and T. Srisantyorini, “Analisis Risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada Operator Pengelasan (Welding) Bagian Manufaktur di PT X Tahun 2019,” *AN-Nur J. Kaji. dan Pengemb. Kesehat. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 64–73, 2020.
- [7] R. Wahyudi, N. Nurdin, and S. Saifuddin, “Analisa pengaruh jenis elektroda pada pengelasan SMAW penyambungan baja karbon rendah dengan baja karbon sedang terhadap tensile strenght,” *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 43–47, 2019.
- [8] A. Asmaun, A. Arodi, and D. Devi, “Analisa Pengaruh Variasi Arus Listrik Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekerasan Dan Bending Pada Baja Karbon Rendah,” *Tek. J. Tek.*, vol. 7, no. 2, pp. 243–254, 2020.
- [9] O. D. Nata, M. Hidayat, and S. A. Rohman, “Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Material SS400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik,” *Hexagon*, vol. 2, no. 1, pp. 12–15, 2021.
- [10] C. Johan, M. Pineng, and M. Pakiding, “Analisis Kekuatan Bending Hasil Pengelasan SMAW Pada Baja ST 42 Menggunakan Pendingin Oli SAE 20W-50 Dengan Memvariasi Kuat Arus,” *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, pp. 390–394, 2023.
- [11] A. Syahrani, N. Naharuddin, and M. Nur, “Analisis kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro pada pengelasan smaw stainless steel 312 dengan variasi arus listrik,” *J. Mek.*, vol. 9, no. 1, 2018.
- [12] D. Setiawan and I. Imran, “Analisa Cacat Las pada Pengelasan Smaw Butt Joint dengan Variasi Arus,” *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 53–62, 2019.
- [13] G. D. Maylano, U. Budiarto, and A. W. B. Santosa, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V Pada Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Baja St 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impact,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 10, no. 1, pp. 17–23, 2022.
- [14] H. Anggigi and U. Budiarto, “Analisa Pengaruh Temperatur Normalizing pada Sambungan LAS SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Mikrografi Baja Karbon Rendah,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [15] B. Widodo and A. E. Purkuncoro, “Penggunaan Elektrode E 7016 Pada Baja AISI 1050 Terhadap Sifat Mekanik Dengan Variasi Posisi Pengelasan SMAW,” *J. Flywheel*, vol. 8, no. 1, pp. 36–44, 2017.
- [16] A. Muhammad, D. H. T. Prasetyo, and D. Wahyudi, “Pengaruh Kuat Arus Listrik Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik Baja ST-37,” *J-Proteksion J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 49–55, 2022.
- [17] F. M. A. Antaqiya, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, “Analisa Pengaruh Variasi Proses Preheating Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap

- Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [18] M. Dikwan, S. Jokosisworo, and A. F. Zakki, “Pengaruh Normalizing Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, Dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja A36 pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan Variasi 2 Waktu Pemanasan,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [19] W. T. Bhirawa, “Proses Pengelasan Menggunakan Electric Welding Machine,” *J. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 1, 2021.
- [20] A. Azwinur, A. S. Ismy, R. Nanda, and F. Ferdiansyah, “Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050,” *J. Weld. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [21] H. Helianto, E. Epriyandi, and H. Rahmadi, “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekerasan Logam Induk Dan Logam Las,” *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 138–147, 2020.
- [22] Y. Winardi, F. Fadelan, M. Munaji, and W. N. Krisdiantoro, “Pengaruh elektroda pengelasan pada Baja AISI 1045 dan SS 202 terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 2, pp. 86–93, 2020.
- [23] I. Saefuloh, A. Pramono, R. Bonke, and Y. Rukmayadi, “Studi mechanical properties dan struktur mikro hasil variasi temperatur dan waktu aging pada alumunium matrix composite (AMC) hasil proses stir casting dengan kandungan matrix Berlebih,” *J. Mesin Nusant.*, vol. 1, no. 2, pp. 60–68, 2018.
- [24] T. Tarmizi, R. F. A. Wahid, and I. Irfan, “Pengaruh Kecepatan Pengelasan terhadap Sifat Mekanis Sambungan Alumunium Paduan 5052 pada Proses Friction Stir Welding [Effect of Welding Speed to Mechanical Properties on Friction Stir Welding of Aluminum 5052-H32],” *Metalurgi*, vol. 34, no. 1, pp. 9–18, 2019.
- [25] L. Tarigan, A. Sebayang, P. Tarigan, and P. Bangun, “Analisa Gaya Tarik Terhadap Pelat Baja AISI 1045 pada Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) dengan Variasi Arus 80 A, 100 A, 120 A dan 140 A,” *J. Ilm. Core IT Community Res. Inf. Technol.*, vol. 9, no. 6, 2021.
- [26] A. Hariyanto and M. Mangando, “Pengaruh Kekerasan Terhadap Variasi Heat Input Sambungan Las Tak Sejenis Pada Baja Karbon A36 Dan Baja Tahan Karat (Aisi 304),” in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 2018, vol. 3, no. 1.
- [27] A. Rahmatika, E. Sutarto, and A. C. Arifin, “Pengujian merusak pada kualifikasi prosedur las plat baja karbon SA-36 dengan proses pengelasan SMAW berdasarkan standar ASME section IX,” *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [28] M. F. Noya and A. Hadi, “Studi Eksperimental Pengaruh Posisi Pengelasan Terhadap Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah,” *ALE Proceeding*, vol. 2, pp. 72–77, 2019.
- [29] A. Ridwan, I. Irzal, W. Waskito, and R. Mulyadi, “Pengaruh Jenis Media Pendingin Air Garam, Air Sumur, Oli Terhadap Hardness Pada Hasil Pengelasan Baja S45c Menggunakan Las SMAW,” *J. Vokasi Mek.*, vol. 3, no. 2, pp. 34–40, 2021.
- [30] R. F. Meditama, L. C. Permadi, and F. K. Asshidiqi, “Variasi Besar Arus Listrik dan Ketebalan Pelat pada Pengelasan SMAW Terhadap Distorsi Angular Sambungan T Baja

ST37,” *Metrotech (Journal Mech. Electr. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 70–75, 2022.