



Analisis Kekuatan Sambungan Las Butt joint pada Struktur Logam Baja A36 Menggunakan Simulasi SolidWorks

Septiadi Lukmawan¹, Adri Fato²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nusantara

^{1,2}FTI Universitas Dian Nusantara
undira.ac.id

Abstract

This research evaluates the mechanical strength of butt joint welds on ASTM A36 steel by comparing outcomes from laboratory testing and numerical simulations using SolidWorks. Physical experiments consisted of tensile and bending tests, while the simulation utilized the Finite Element Method (FEM). The tensile test produced an ultimate tensile strength of 498.4 MPa and a yield strength of 361.4 MPa, whereas the simulation yielded 475 MPa and 250 MPa, respectively. The bending test results indicated that the welded specimens exhibited good ductility without visible surface flaws. Differences between simulation and experimental data were mainly due to the idealized material properties in the software compared to the variability found in real specimens. These findings suggest that SolidWorks-based FEM simulation can serve as an effective preliminary tool for predicting weld joint performance, but physical testing remains necessary to validate and ensure reliability.

Keywords: weld joint, ASTM A36, solidworks, tensile test, bending test, FEM

Abstrak

Penelitian ini mengkaji kekuatan mekanik sambungan las tipe butt joint pada baja ASTM A36 melalui perbandingan hasil uji laboratorium dan simulasi numerik dengan perangkat lunak SolidWorks. Pengujian fisik meliputi uji tarik dan uji tekuk, sedangkan simulasi dilakukan menggunakan pendekatan Metode Elemen Hingga (Finite Element Method/FEM). Hasil uji tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 498,4 MPa dan kekuatan luluh sebesar 361,4 MPa, sementara hasil simulasi menghasilkan 475 MPa dan 250 MPa. Uji tekuk memperlihatkan bahwa spesimen memiliki kelenturan yang baik tanpa cacat permukaan yang terlihat. Perbedaan nilai antara hasil fisik dan simulasi terutama disebabkan oleh penggunaan data material ideal pada simulasi, berbeda dengan kondisi aktual pada spesimen nyata. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa simulasi FEM berbasis SolidWorks dapat digunakan sebagai langkah awal untuk memprediksi performa sambungan las, namun pengujian fisik tetap diperlukan untuk verifikasi dan memastikan keandalannya.

Kata kunci: sambungan las, ASTM A36, solidworks, uji tarik, uji tekuk, FEM

1. Pendahuluan

Berikut ini adalah petunjuk penulisan paper dalam Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang memiliki peranan penting di berbagai sektor industri, seperti konstruksi, manufaktur, otomotif, dan industri maritim. Proses ini memungkinkan dua atau lebih komponen logam disatukan menjadi satu kesatuan struktur yang mampu menahan beban sesuai spesifikasi desain.

Menurut Arif dkk [1] Seiring perkembangan teknologi, metode simulasi numerik berbasis *Finite Element Method* (FEM) menjadi alternatif yang efektif untuk memprediksi perilaku sambungan las

tanpa harus melakukan seluruh pengujian secara fisik. Perangkat lunak seperti SolidWorks dapat digunakan untuk menganalisis distribusi tegangan, deformasi, dan titik konsentrasi beban secara virtual dengan akurasi yang baik. Metode pengujian secara konvensional, seperti uji tarik atau tekuk, sering kali memerlukan waktu, biaya, dan jumlah spesimen yang cukup besar. Dengan kemajuan teknologi, pendekatan berbasis simulasi komputer telah menjadi alternatif yang efektif untuk mengurangi keterbatasan tersebut. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan adalah SolidWorks. Pengelasan merupakan salah satu

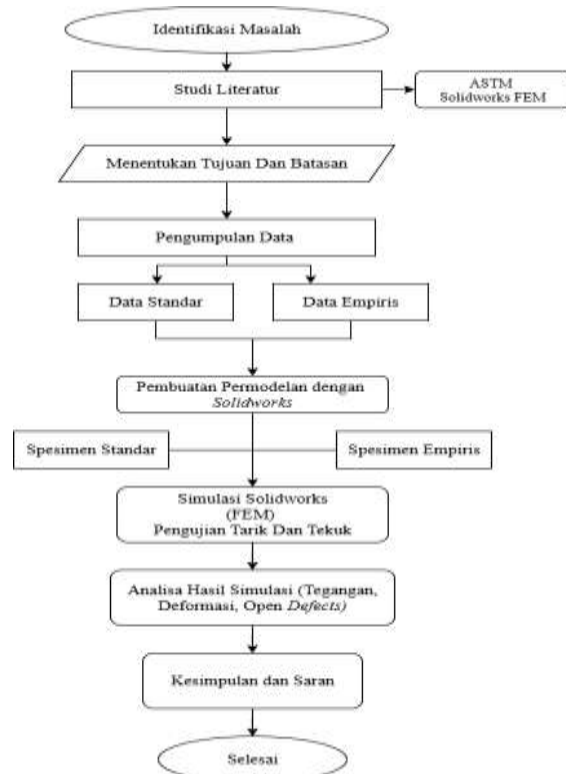
metode penyambungan logam yang banyak digunakan pada berbagai sektor industri, seperti konstruksi, manufaktur, otomotif, dan maritim. Proses ini memungkinkan dua atau lebih komponen logam digabungkan menjadi satu kesatuan struktur yang mampu menahan beban sesuai spesifikasi desain. Keandalan sambungan las sangat menentukan kinerja dan keselamatan struktur, sehingga evaluasi sifat mekanik menjadi bagian yang tidak dapat diabaikan [2].

Penelitian ini juga dilatarbelakangi oleh studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa parameter proses, jenis material, serta perlakuan pasca-las memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan. Dengan memanfaatkan pemodelan numerik, analisis dapat dilakukan terhadap berbagai kondisi tanpa memerlukan banyak material dan waktu pengujian. Hasilnya diharapkan dapat menjadi referensi bagi perancangan sambungan las yang efisien, aman, dan ekonomis, baik untuk kebutuhan penelitian maupun aplikasi industri, menganalisis efek *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) pada baja ASTM A36 dan menunjukkan adanya peningkatan kekuatan tarik setelah perlakuan panas [5]. Membuktikan bahwa variasi kuat arus memengaruhi kekuatan tarik dan kekerasan pada sambungan baja ASTM A36 [8]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan mekanik sambungan las butt joint pada baja ASTM A36 dengan membandingkan hasil uji tarik dan uji tekuk secara empiris di laboratorium dengan hasil simulasi FEM pada SolidWorks.

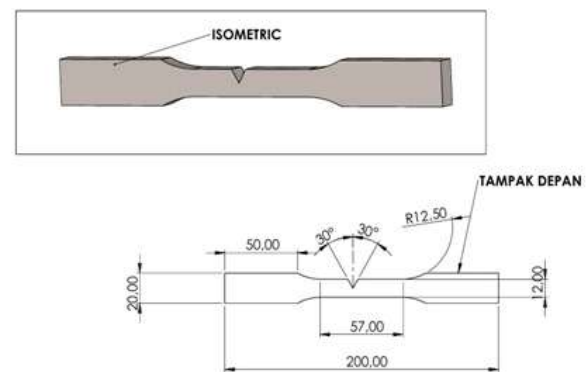
2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk kategori studi simulatif yang memanfaatkan pendekatan analisis numerik. Fokus utama adalah mengidentifikasi karakteristik kekuatan sambungan las tipe butt joint pada baja ASTM A36 melalui dua tahap: pengujian fisik di laboratorium dan simulasi berbasis perangkat lunak SolidWorks menggunakan *Finite Element Method* (FEM). Untuk tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.

Bahan Material utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah tipe ASTM A36. Untuk Spesimen uji Tarik Standard ASTM 36 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Diagram Alir penelitian



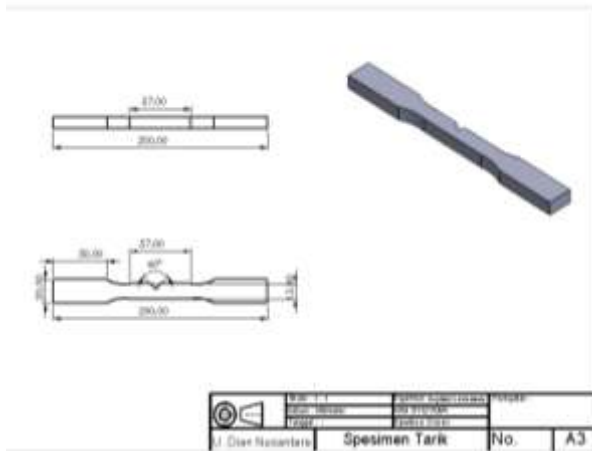
Gambar 2 Dimensi Benda uji Tarik

Gambar 3 merupakan Spesimen Benda uji Tarik secara Fisik dimana dimensi lebar 11,65 mm dan tebal 10,05 mm untuk pengujian Tarik di laboratorium



Gambar 3 Dimensi Benda uji Tarik Fisik

Selain itu juga Spesimen benda uji Tarik secara simulasi ASTM 36 memiliki dimensi lebar 12 mm dan ketebalan 10 mm sebagai pengujian simulasi solidworks pada Gambar 4.



Gambar 4 Dimensi Benda uji Tarik simulasi ASTM

Dari 2 Spesimen data fisik dan simulasi untuk dijadikan data pembanding yang dimana dengan spesifikasi Baja A36. Dimana untuk sebagai acuan Simulasi ASTM itu sebagai dasar acuan yang sudah ditentukan.

Tabel 1 merupakan Spesifikasi material baja A36

Tabel 1. Spesifikasi Baja A36	
Karakteristik	Spesifikasi
Standar	ASTM 36
Jensi Baja	Baja Karbon rendah
Tensile Strength (MPa)	400-500
Yield Strength (MPa)	250

Tabel 2 Komposisi Kimia pada Material Baja A36

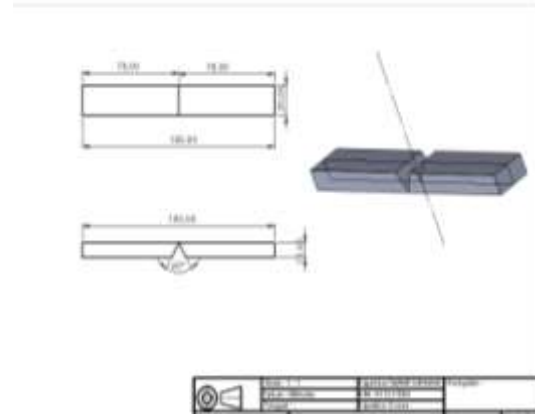
Tabel 2. Spesifikasi Baja A36	
Unsur	Kadar (% berat)
Karbon (C)	0,25 – 0,29
Mangan (Mn)	0,80 – 1,20
Fosfor (P)	≤ 0,040
Sulfur (S)	≤ 0,050
Silikon (Si)	0,15 – 0,40
Tembaga (Cu)	≥ 0,20

Gambar 5 menunjukkan spesimen uji tekuk fisik dengan dimensi ukuran sebesar 20 mm dan tebal spesimen sebesar 10 mm untuk pengujian di laboratorium.



Gambar 5. Spesimen uji tekuk fisik

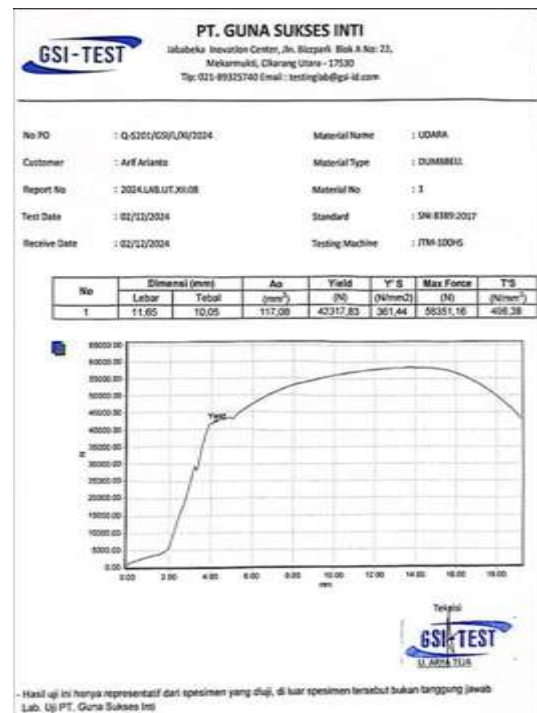
Gambar 6 menunjukkan spesimen uji tekuk simulasi ASTM dimana memiliki ukuran sebesar 38 mm dan tebal spesimen sebesar 10 mm



Gambar 6. Spesimen uji tekuk simulasi ASTM

3. Hasil dan Pembahasan

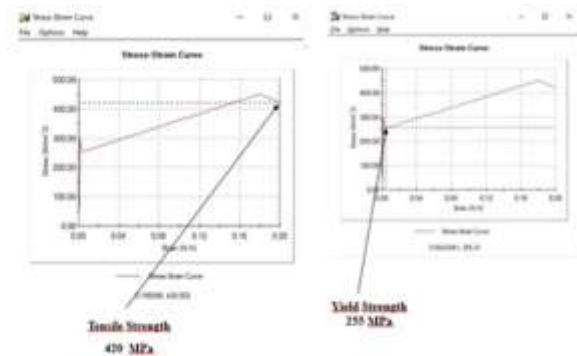
Pengujian dan analisis yang diperoleh baik melalui metode eksperimental (empiris) maupun simulasi numerik. Data yang ditampilkan meliputi hasil uji tarik, uji tekuk, serta perbandingan nilai kekuatan material dengan spesifikasi standar ASTM A36. Pengujian tarik dilakukan terhadap spesimen baja ASTM A36 hasil pengelasan butt joint dengan dimensi sesuai standar. Pengujian empiris dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (UTM), sedangkan analisis numerik dilakukan dengan SolidWorks Simulation. Hasil uji tarik empiris menunjukkan *yield strength* sebesar 361,44 MPa dan *ultimate tensile strength* sebesar 498,38 MPa. Sementara itu, simulasi menghasilkan nilai *yield strength* sebesar 255,00 MPa dan *tensile strength* sebesar 420,00 MPa. Gambar 7 menunjukkan hasil Grafik pengujian Tarik Fisik.



Gambar 7. Grafik Hasil pengujian Tarik fisik di laboratorium

Pengujian tarik secara langsung (*empiris*) pada spesimen baja ASTM A36 menghasilkan nilai *yield strength* sebesar 361,44 MPa dan *ultimate tensile strength* sebesar 498,38 MPa. Dimana ini merupakan hasil pengujian fisik di laboratorium sebagai data awal untuk pembandingan dengan data simulasi ASTM saat dilakukannya pengujian.

Gambar 8 menunjukkan hasil grafik pada pengujian Tarik pada simulasi FEM.



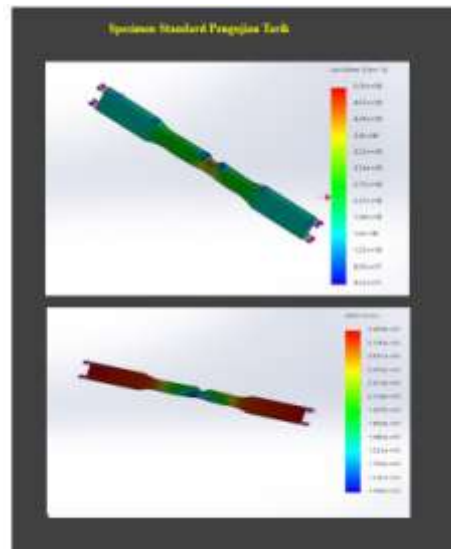
Gambar 8. Grafik Hasil pengujian Tarik simulasi ASTM

Analisis numerik menggunakan metode FEM pada spesimen baja ASTM A36, diperoleh nilai *yield strength* sebesar 255,00 MPa dan *tensile strength* maksimum sebesar 420,00 MPa. Nilai ini berada tepat pada kisaran standar yang ditetapkan oleh ASTM A36, yaitu 255 MPa untuk batas luluh dan 420 MPa untuk kekuatan tarik. Hasil pengujian Tarik Pada pengujian empiris, spesimen mengalami deformasi plastis signifikan sebelum akhirnya patah di area sambungan las. uji fisik menunjukkan bentuk patahan yang bersih di zona lemah, yang mengindikasikan distribusi tegangan tertinggi terjadi di area tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 9 dari pengujian Tarik fisik.



Gambar 9. Hasil pengujian Tarik fisik di laboratorium

Pemodelan numerik dengan metode FEM pada SolidWorks Simulation, diperoleh sebaran tegangan von Mises yang terkonsentrasi di area pusat spesimen. Tegangan puncak yang dihasilkan mencapai sekitar $2,75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, mendekati batas luluh material, sedangkan simpangan tertinggi terukur sebesar 2,94 mm. Pola sebaran tegangan dan deformasi tersebut selaras dengan hasil pengujian eksperimental, di mana pusat spesimen menjadi lokasi utama terjadinya kegagalan. Pada Gambar 10 Pengujian Tarik simulasi ASTM.



Gambar 10. Hasil pengujian Tarik simulasi pada simulasi ASTM

Hasil pengujian tarik yang dilakukan bertujuan membandingkan karakteristik mekanik material berdasarkan data acuan ASTM A36 dengan dua tipe spesimen uji, yaitu spesimen berstandar dan spesimen hasil rancangan empiris. Berdasarkan data referensi, material ASTM A36 memiliki *yield strength* sekitar 255 MPa dan *tensile strength* sebesar 420 MPa. Nilai ini digunakan sebagai tolok ukur untuk menilai kinerja spesimen yang diuji. Pengujian tarik pada spesimen empiris dengan dimensi lebar 11,65 mm dan tebal 10,05 mm menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding standar. Nilai yang diperoleh adalah *yield strength* 361,44 MPa *tensile strength* 498,38 MPa. Kurva tegangan–regangan dari uji fisik memperlihatkan kemampuan material menahan beban tarik yang signifikan, ditandai dengan titik luluh yang lebih tinggi dan perpanjangan sebelum patah yang cukup besar. Hal ini mengindikasikan bahwa sifat daktil dan kekuatan material empiris melampaui nilai minimum yang ditetapkan oleh standar ASTM A36. Sementara itu, simulasi dilakukan pada material ASTM A36 bawaan library SolidWorks dengan dimensi spesimen 12,5 mm (lebar) dan 10 mm (tebal). Hasil simulasi menunjukkan *yield strength* 255 MPa *tensile strength* 420 MPa. Kurva hasil simulasi menampilkan respon material yang sesuai teori elastis–plastis, di mana deformasi plastis mulai terjadi pada tegangan sekitar 255 MPa dan patah pada kisaran 420 MPa, konsisten dengan spesifikasi ASTM A36. Perbedaan antara hasil uji fisik dan simulasi tidak dianggap sebagai kesalahan, melainkan wajar terjadi dalam praktik teknik. Beberapa faktor penyebabnya antara lain:

Perbedaan dimensi spesimen variasi kecil pada ukuran penampang memengaruhi perhitungan tegangan, karena nilai tegangan merupakan hasil pembagian gaya terhadap luas penampang.

Pengaruh kondisi pengujian faktor seperti kecepatan pembebanan, performa mesin uji, suhu, dan

kelembaban ruang pengujian pada uji fisik dapat memberikan hasil berbeda dibandingkan simulasi yang bersifat ideal.

Hasil pengujian empiris menunjukkan nilai *yield strength* sekitar 41,74% lebih tinggi dibandingkan hasil simulasi. Hal ini mengindikasikan bahwa material dari uji fisik memiliki ketahanan lebih lama sebelum mengalami deformasi plastis. Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh dimensi spesimen uji nyata yang tidak sepenuhnya identik dengan ukuran standar yang digunakan pada model simulasi.

Sementara itu, deviasi sebesar 18,66% pada *tensile strength* menunjukkan bahwa spesimen hasil pengujian langsung mampu menahan gaya tarik maksimum yang lebih besar dibandingkan prediksi simulasi. Beberapa faktor teknis dapat menjelaskan perbedaan ini, salah satunya adalah variasi ukuran dan tingkat presisi saat pengujian. Pada spesimen fisik, lebar terukur sebesar 11,65 mm dan ketebalan 10,05 mm, sedangkan pada simulasi digunakan dimensi lebar 12,5 mm dan ketebalan 10 mm. Meski selisihnya relatif kecil, perbedaan ini berpotensi memengaruhi distribusi tegangan serta hasil akhir pengujian kekuatan tarik.

Perbandingan nilai *yield strength* dan *tensile strength* hasil pengujian empiris dan simulasi FEM terhadap acuan standar ASTM A36. Pada *yield strength*, hasil uji fisik menunjukkan nilai sebesar 361,44 MPa, atau lebih tinggi sekitar 41,74% dibandingkan hasil simulasi yang berada di 255 MPa. Nilai ini juga melampaui batas minimum *yield strength* ASTM A36 sebesar 255 MPa, yang mengindikasikan material dari pengujian fisik memiliki ketahanan deformasi plastis lebih besar. pada *tensile strength*, pengujian empiris memperoleh nilai 498,38 MPa, sedangkan simulasi menunjukkan 420 MPa. Perbedaan ini menghasilkan deviasi sekitar 18,66%, dengan hasil empiris kembali berada di atas nilai acuan ASTM A36 sebesar 420 MPa. Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian fisik mampu menahan beban tarik yang lebih besar dibandingkan prediksi simulasi. Dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. . Grafik Perbandingan Hasil Pengujian Tarik fisik dengan Simulasi ASTM

Tabel 3 menunjukkan perbandingan data empiris fisik dengan data simulasi standard Solidworks ASTM.

Keterangan	Standard A36	Empiris
Yield Strength(MPa)	255	361,4
Tensile Strength(MPa)	420	498,4

Berdasarkan hasil pengujian tekuk secara langsung, spesimen memperlihatkan sifat lentur yang baik dengan distribusi deformasi yang merata, tanpa indikasi retakan maupun kerusakan struktural yang signifikan. Permukaan hasil tekukan terlihat halus, menandakan karakteristik daktilitas material yang tinggi. Temuan ini mengindikasikan kemampuan material dalam menahan beban lentur pada rentang elastoplastis, di mana kondisi lingkungan, ketidak sempurnaan pada struktur mikro, serta proses fabrikasi turut mempengaruhi perilakunya. Pada sisi lain, simulasi pengujian tekuk menggunakan SolidWorks menghasilkan model deformasi yang simetris, presisi, dan tertata rapi. Variasi warna kontur dari merah hingga biru menunjukkan distribusi tegangan serta deformasi di seluruh spesimen. Simulasi ini menggunakan data sifat mekanik dari basis material standar ASTM A36. Hasil analisis virtual maupun pengamatan fisik menunjukkan tidak ditemukannya cacat terbuka (*open defect*) baik pada permukaan luar maupun bagian dalam lengkungan. Permukaan spesimen tetap utuh tanpa tanda robekan, patahan, atau degradasi struktural, yang semakin menegaskan sifat daktil material dan kemampuannya menahan gaya lentur tanpa melampaui batas regangan kritis.

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengkaji perilaku mekanik sambungan butt joint pada baja ASTM A36 melalui kombinasi pengujian empiris di laboratorium dan analisis numerik berbasis Finite Element Method (FEM) menggunakan SolidWorks Simulation. Hasil pengujian tarik secara fisik menunjukkan nilai *yield strength* sebesar 361,44 MPa dan *tensile strength* maksimum 498,38 MPa, yang keduanya melampaui spesifikasi minimum ASTM A36. Sementara itu, simulasi menghasilkan *yield strength* sebesar 255,00 MPa dan *tensile strength* sebesar 420,00 MPa, yang berada pada kisaran nilai acuan standar. Perbedaan antara hasil empiris dan simulasi ditunjukkan dengan deviasi 41,74% pada *yield strength* dan 18,66% pada *tensile strength*, yang kemungkinan dipengaruhi oleh variasi dimensi spesimen, perbedaan asumsi material, serta faktor manufaktur.

Pengujian tekuk fisik memperlihatkan deformasi merata tanpa retakan atau kerusakan struktural, yang mengindikasikan sifat daktilitas tinggi pada material. Hasil simulasi tekuk menampilkan pola deformasi yang presisi dan simetris, dengan distribusi tegangan

yang sejalan dengan pengamatan fisik. Tidak ditemukan cacat terbuka baik pada permukaan luar maupun bagian dalam, sehingga dapat disimpulkan bahwa material mampu menahan gaya lentur tanpa melewati batas regangan kritis.

Secara keseluruhan, kombinasi pengujian fisik dan simulasi FEM menunjukkan bahwa metode pemodelan numerik mampu merepresentasikan perilaku mekanik baja ASTM A36 dengan akurasi yang baik, meskipun faktor koreksi tetap diperlukan untuk menyesuaikan hasil simulasi dengan kondisi aktual. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam perencanaan dan evaluasi sambungan las struktural, dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan kondisi operasional di lapangan.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan variasi dimensi dan geometri spesimen guna mengevaluasi pengaruh bentuk terhadap perilaku mekanik sambungan las. Penggunaan metode simulasi numerik dapat ditingkatkan dengan memasukkan data sifat material hasil pengujian aktual, sehingga model FEM lebih merepresentasikan kondisi lapangan. Selain itu, pengujian tambahan seperti uji kelelahan (*fatigue test*) atau uji impak dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai ketahanan material terhadap berbagai jenis pembebanan. Pengaruh parameter proses pengelasan, seperti arus, tegangan, dan kecepatan, juga perlu dianalisis untuk mendapatkan kualitas sambungan yang optimal.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, fasilitas, dan saya sangat berterima kasih kepada pembimbing saya Bapak Adri Fato yang selama ini telah membantu saya dalam menyusun naskah. Selama proses penelitian, khususnya kepada pihak laboratorium dan pembimbing yang telah membantu terlaksananya kegiatan ini hingga selesai

Daftar Rujukan

- [1] Arif, J., Prayitno, P., Al Hafidh, H., 2023. Analisis statik pada aluminium 5052 dengan variasi sudut menggunakan

SolidWorks. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, 10 (1), pp.38–50.

- [2] Arifin, J., Purwanto, H., Syafa, I., 2017. Pengaruh jenis elektroda terhadap sifat mekanik hasil pengelasan SMAW baja ASTM A36. *Majalah Ilmiah Momentum*, 13(1), pp.27-31
- [3] Bintarto, R., Widodo, T.D., Raharjo, R., Ma, M.S., Dewi, F.G.U., Pratama, G.D., 2020. Analisis struktur mikro dan kekuatan bending sambungan las TIG dengan perbedaan kuat arus listrik pada logam tak sejenis aluminium paduan 5052–baja galvanis dengan filler Al-Si 4043. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11 (1), pp.125–131.
- [4] Fazadima, A., Pratikno, H., Fazadima, H.I., 2022. Analisis pengaruh variasi heat input terhadap sifat mekanik dan laju korosi pada pengelasan SMAW sambungan pelat baja A36 dengan baja structural steel 400 (SS400). *JURNAL TEKNIK ITS*, 11(3), pp.38-43.
- [5] Gita, I.W.E.M.K., Darmadi, D.B., 2024. Pengaruh perlakuan PWHT pada baja ASTM A36 terhadap kekuatan tarik. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 10 (1), pp.331–337.
- [6] Junaidi, A.K., Isra, A., Pertiwi, E., 2025. Sifat mekanik sambungan las butt joint pada plat ASTM A36 menggunakan las GTAW. *SAINSTEK*, 13 (1), pp.29–33.
- [7] Ma'arif, S., 2020. Distribusi tegangan pada sambungan las dissimilar antara ASTM A36 steel dan AISI 304 dengan SolidWorks. In: *SERINA UNTAR 2020, Akselerasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat untuk Pemberdayaan Masyarakat Indonesia*. Jakarta, 2 Desember 2020.
- [8] Nugroho, A., 2018. Pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan las plate carbon steel ASTM 36. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3 (2), pp.134–142.
- [9] Suwasono, B., Farizal, M., Nugroho, N.Y., Hardianto, D., 2023. Identifikasi kekuatan butt joint dan lap joint pada pengelasan konstruksi kapal. *Rekayasa*, 16 (2), pp.243–249.
- [10] Weldri, F., 2022. *Analisis kekuatan sambungan las pada rangka mesin perontok padi multiguna*. Strata 1. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.