

Welding Joint Analysis on Three-Wheeled Transport Ambulance Frame

Auliana Diah Wilujeng^{1*}, Misbakhul Fatah², Ferly Isnomo Abdi³, Achmad Hikam Ulul Sufi⁴

^{1,2} Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Politeknik Negeri Madura
Jalan Raya Camplong Km. 4, Taddan, Kec. Camplong, Kab. Sampang, 69281

³ Jurusan Teknologi Rekayasa Otomotif Universitas Negeri Surabaya
Jalan Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231

⁴ Prodi Teknik Mesin Alat Berat, Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri, Politeknik Negeri Madura

Jalan Raya Camplong Km. 4, Taddan, Kec. Camplong, Kab. Sampang, 69281

*Corresponding author: auliana_dw@poltera.ac.id

Abstract

Three-wheels ambulance transport is crucial for the mandangin island community, sampang subdistrict, sampang regency. The construction of a three-wheel ambulance utilizes the frame of a typical three-wheeled vehicle. However, according to technical guidelines for ambulance vehicles, the required length exceeds that of the standard three-wheel vehicle. Therefore, the frame of the three-wheel vehicle is extended using additional materials to increase the vehicle's length. The frame extension method employed is welding. Two welding path variations are used: straight and zig-zag. Testing was conducted using SolidWorks simulation and validated through bending tests. The simulation results indicated a stress value of 248 MPa for both variations. Meanwhile, the validation tests produced stress values of 66.99 MPa for the straight weld path and 69.42 MPa for the zig-zag weld path. This demonstrates a significant difference in stress between the simulation and validation results, attributed to residual stresses and distortion changes after welding. Additionally, the variation in welding paths (which may affect weld length) did not yield significant differences in outcomes.

Keywords: frame, welding, weld path, three-wheels ambulance transport.

Abstrak

Ambulans transport roda tiga sangat dibutuhkan bagi masyarakat Pulau Mandangin, Kecamatan Sampang, Kab. Sampang. Pembuatan ambulans tersebut menggunakan kendaraan roda tiga yang ditambah panjangnya, untuk memenuhi spesifikasi teknis kendaraan ambulans roda tiga. Proses penyambungan dilakukan menggunakan metode pengelasan. Untuk mendapatkan kekuatan rangka yang kokoh, sambungan las menjadi hal penting untuk diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini menunjukkan pengaruh variasi jalur las terhadap kekuatan sambungan material. Terdapat dua variasi jalur las, yaitu lurus dan zig-zag. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi Solidworks dan divalidasi dengan pengujian bending. Dari pengujian simulasi didapatkan tegangan kedua variasi sebesar 248 MPa. Sedangkan pengujian validasi menghasilkan tegangan 66,99 MPa untuk jalur las lurus dan 69,42 MPa untuk jalur las zig-zag. Hal ini menunjukkan ada perbedaan tegangan yang signifikan antara simulasi dan validasi. Hal ini disebabkan oleh tegangan sisa dan perubahan distorsi setelah pengelasan. Selain itu, variasi jalur pengelasan (yang dapat mempengaruhi panjang las) tidak memberikan hasil yang signifikan.

Kata kunci: rangka, pengelasan, jalur las, ambulans transport tiga roda.

1. Pendahuluan

Ambulans transport merupakan ambulans yang tidak dilengkapi dengan peralatan untuk bantuan hidup/*life support*, dengan kru yang sedikit memiliki kualifikasi. Kendaraan ini hanya digunakan untuk mengantar pasien dari satu tempat ke tempat yang lain untuk mendapatkan

pengobatan [1]. Kendaraan yang digunakan dapat berupa van, mobil standar, kendaraan roda dua, kuda atau sesuai daerah masing-masing. Politeknik Negeri Madura pada tahun 2023 bekerja sama dengan Dinas Kesehatan Kabupaten Sampang untuk membantu masyarakat di Pulau Mandangin, Kecamatan Sampang, dengan kendaraan

ambulans transport tiga roda. Hal ini dikarenakan sempitnya ruas jalan di Pulau Mandangin sehingga mobil tidak dapat melintas. Sehingga untuk menunjang layanan kesehatan, dibuatlah kendaraan ambulans transport roda tiga tersebut.

Spesifikasi panjang kendaraan roda tiga tidak sesuai dengan kebutuhan spesifikasi ambulans transport. Kendaraan ambulans transport membutuhkan panjang lebih dari kendaraan roda tiga pada umumnya. Sehingga diperlukan modifikasi rangka kendaraan roda tiga. Modifikasi yang dilakukan adalah penyambungan batang rangka. Penyambungan ini diletakkan diantara driver dan bak kendaraan roda tiga. Karena modifikasi inilah kekuatan sambungan pada rangka menjadi hal yang penting untuk dianalisis. Modifikasi harus dibuat dengan kuat untuk menahan semua beban kendaraan, diantaranya penumpang, mesin, sistem kemudi, peralatan medis dan peralatan kenyamanan. Dalam perencanaan pembuatan desain rangka, banyak hal yang harus diperhatikan, termasuk pemilihan jenis rangka, profil, material, safety factor, dan proses pengerjaan dan perakitan [2] [3].

Terdapat beberapa metode sambungan, salah satunya adalah metode las. Metode sambungan las memiliki kekuatan material lebih baik daripada sambungan mur-baut dan paku keling [4] [5] [6]. Beban yang diterima nantinya adalah beban bending karena letak sambungan rangkanya berada diantara dua pusat massa yaitu massa depan dan massa belakang.

Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini membahas pengaruh jalur las terhadap kekuatan material menahan beban. Beban dikhususkan hanya beban bending.

a. Rangka

Rangka berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin, dan penumpang. Rangka terdiri dari beberapa batang yang dihubungkan pada ujungnya untuk membentuk kerangka yang kokoh. Chassis biasanya terdiri dari kerangka baja yang menahan badan dan engine dari mobil. Material tersebut harus mampu menopang

beban kendaraan. Chassis juga berfungsi untuk menjaga agar kendaraan tetap rigid, kaku dan tidak mengalami bending. Selain itu rangka juga berfungsi memastikan lebih sedikit suara (noise), getaran, dan kekerasan di seluruh kendaraan [7].

b. Metode Sambungan

Konstruksi besi, seperti jembatan dan struktur rangka, terdiri dari bagian-bagian batang besi yang harus dirakit di lokasi pekerjaan untuk menjadi satu kesatuan. Dalam perakitan struktur besi tidak dapat dilakukan dengan sembarang cara. Sambungan paku keling, baut, dan las adalah tiga jenis sambungan yang biasanya digunakan dalam sistem sambungan besi [8].

c. Pengujian Tekuk (*bending test*)

Uji bending adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan lengkung (*bending*) suatu bahan atau material. Alat ini biasanya terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu rangka, alat tekan, point bending, dan instrumen ukur. Agar rangka tidak rusak selama uji bending, rangka harus memiliki kekuatan yang lebih besar dari alat tekan untuk menahan gaya balik yang terjadi. Selama pengujian, alat tekan harus memiliki kekuatan lebih besar dari benda uji untuk memberikan gaya tekan pada benda uji. Point bending berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan meneruskan gaya tekan yang dihasilkan oleh alat tekan. Panjang tumpuan point bending mempengaruhi hasil pengujian [9].

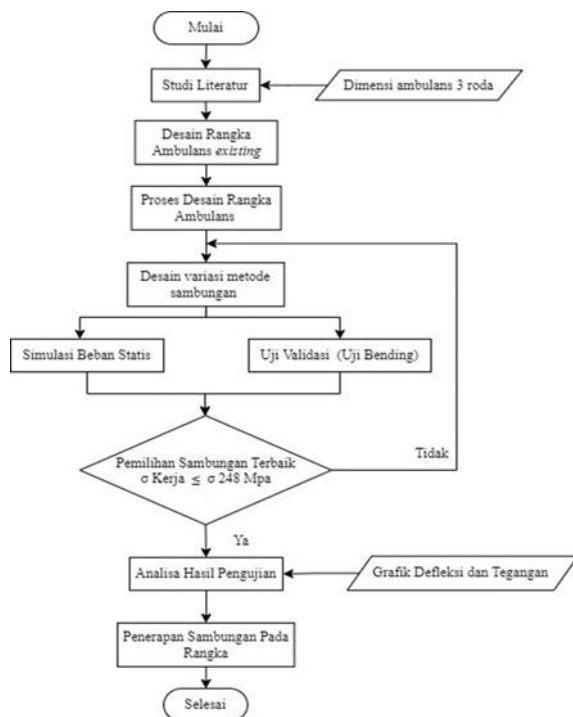
d. Pengujian Penetrant (*penetrant test*)

Metode *Liquid Penetrant Test* adalah salah satu teknik NDT yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk mendeteksi cacat pada permukaan terbuka dari komponen solid, baik yang terbuat dari logam maupun non-logam, seperti keramik dan plastik fiber. Melalui metode ini, cacat pada material akan terlihat jelas. Caranya adalah dengan mengaplikasikan cairan berwarna terang pada permukaan yang diuji. Cairan tersebut harus memiliki daya penetrasi yang baik dan viskositas yang rendah agar dapat masuk ke dalam cacat di permukaan material. Setelah itu, cairan

penetrant yang tersisa di permukaan material dihapus. Cacat akan tampak jelas jika terdapat kontras warna yang cukup antara penetrant dan latar belakang. Setelah inspeksi selesai, sisa penetrant dibersihkan dengan menggunakan developer.

Kelemahan dari metode ini antara lain adalah hanya bisa diterapkan pada permukaan terbuka. Metode ini tidak dapat diterapkan pada komponen dengan permukaan kasar, berpelapis, atau berpori [10].

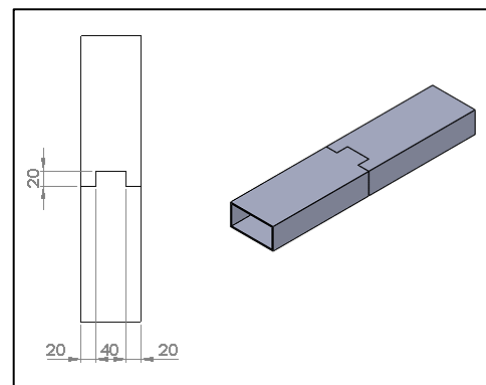
2. Metode Penelitian



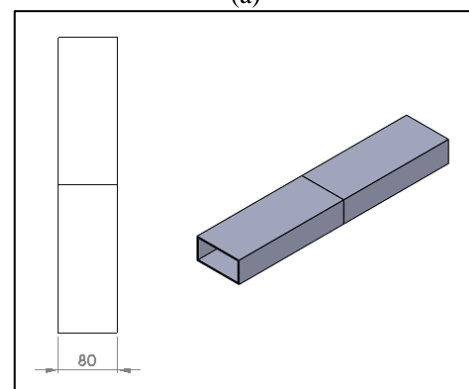
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan memvalidasi hasil pengujian simulasi dengan pengujian laboratorium. Adapun pengujian yang dilaksanakan adalah pengujian tekuk (*bending*). Sebelum sampel diuji tekuk, sampel akan diuji penetrant untuk memastikan hasil pengelasan baik dan tidak ada cacat pengelasan. Penelitian ini menggunakan variasi jalur pengelasan. Variasi jalur las yang digunakan ada dua macam, yaitu tipe lurus dan tipe zig-zag. Variasi jalur las ini

dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3. Material yang digunakan adalah *hollow rectangular carbon steel* 40 x 80 x 2 mm.

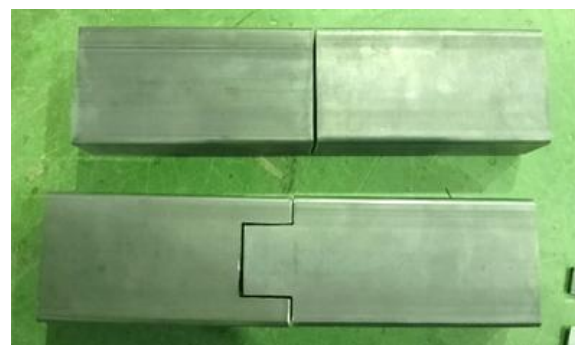


(a)



(b)

Gambar 2. Variasi jalur pengelasan (a) jalur zig-zag dan (b) jalur lurus



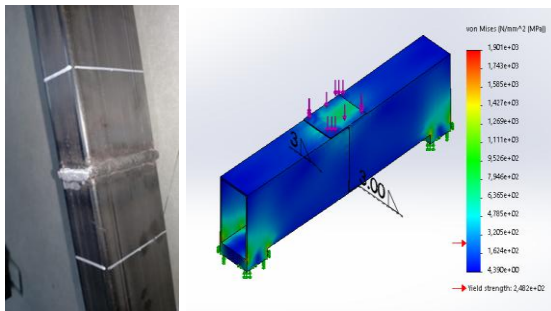
Gambar 3. Spesimen sebelum dilas

Setelah dilakukan pengelasan, sampel material selanjutnya diuji kualitas sambungan lasnya menggunakan penetrant test. Setelah itu, dilakukan pengujian bending untuk mengetahui kekuatan tekuk dari sambungan tersebut. Tegangan tekuk (*bending stress*) dari *raw material hollow rectangular carbon steel* adalah sebesar 248 MPa. Maka harapannya setelah dilakukan

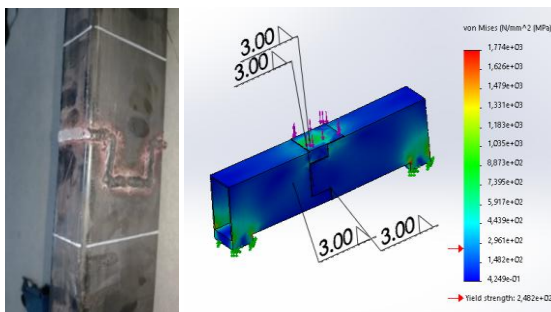
sambungan las, kekuatan tekuknya tetap mendekati *raw material*. Hal ini dikarenakan adanya tegangan sisa maupun perubahan distorsi hasil pengelasan yang menyebabkan adanya penurunan tegangan tekuk [11].

3. Hasil dan Pembahasan

Simulasi kekuatan bending dilakukan menggunakan software SolidWorks. Simulasi dibuat mirip sedemikian rupa dengan proses pengujian bending yang ada di laboratorium, yaitu menggunakan metode *three points*. Gambar 4 menunjukkan model nyata dan model simulasi dari variasi jalur las lurus. Sedangkan gambar 5 menunjukkan model nyata dan model simulasi dari variasi jalur las zig-zag.



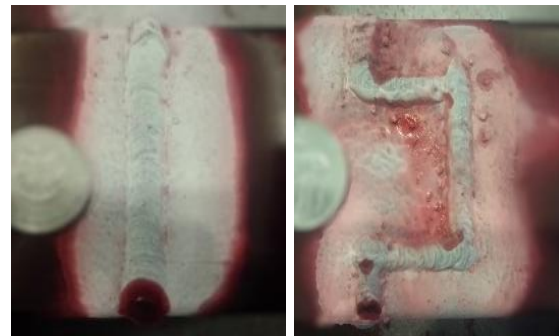
Gambar 4. Model nyata (kiri) dan model simulasi (kanan) variasi jalur las lurus



Gambar 5. Model nyata (kiri) dan model simulasi (kanan) variasi jalur las zig-zag

Dari gambar 4 dan gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai tegangan luluh dari kedua variasi tersebut adalah sama, yaitu sebesar 248 MPa. Namun, defleksi yang dihasilkan berbeda. Pada variasi pertama (jalur las lurus) defleksi yang dihasilkan sebesar 2,38 mm sedangkan variasi kedua (jalur las zig-zag) sebesar 2,48 mm.

Pengujian kekuatan menggunakan metode simulasi ini membutuhkan validasi dengan pengujian lainnya. Adapun pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bending test*. Agar hasil pengujian *bending test* ini valid terhadap kekuatan sambungan lasnya, maka hasil pengelasan ini perlu divalidasi menggunakan *penetrant test*. Gambar 6 menunjukkan spesimen hasil pengujian penetrant.



Gambar 6. Hasil penetrant test variasi jalur las lurus (kiri) dan jalur las zig-zag (kanan)

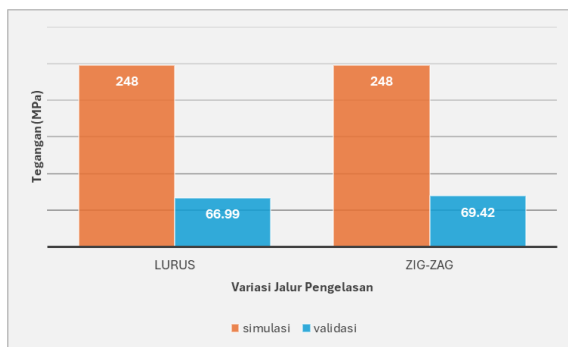
Hasil pengujian penetrant pada gambar 6 kiri menunjukkan terdapat cacat berbentuk *rounded* di satu lokasi dengan ukuran maksimal 10 mm. Hasil rekomendasi adalah *Accepted* karena masih di bawah ambang batas aman. Sedangkan hasil pengujian penetrant pada gambar 4 kanan menunjukkan adanya cacat *rounded* juga pada satu lokasi dengan ukuran maksimal 4 mm. Hasil rekomendasinya adalah *Accepted* karena masih di bawah ambang batas aman.



Gambar 7. Pelaksanaan pengujian bending
Berdasarkan hasil pengujian penetrant yang aman, maka pengujian

dilanjutkan dengan pengujian tekuk untuk mengetahui batas material menerima beban bending. Gambar 7 menunjukkan pelaksanaan pengujian bending.

Gambar 8 menunjukkan grafik hasil pengujian bending. Dari grafik tersebut terlihat bahwa tegangan lentur dari kedua variasi tidak jauh berbeda dan ada di bawah tegangan lentur *raw material* (248 MPa). Tegangan lentur variasi jalur las lurus lebih rendah (66,99 MPa) daripada tegangan lentur variasi jalur las zig-zag (69,42 MPa). Hal ini dipengaruhi karena jalur las zig-zag memiliki panjang lasan yang lebih panjang daripada variasi jalur lurus. Semakin panjang las-lasan, semakin besar tegangan sisa tarik akibat las, maka akan semakin meningkatkan kemungkinan kegagalan. Namun, tegangan sisa tekan dapat memberikan efek perlindungan [6] [12] [13]. Karena pengujian dalam penelitian ini menggunakan metode uji tekuk (*bending test*) maka variasi zig-zag lebih tinggi nilai tegangannya daripada variasi lurus. Sehingga hal ini sudah sesuai dengan teori yang ada.



Gambar 8. Perbandingan tegangan bending antara simulasi dan validasi pada semua variasi

Perbedaan nilai tegangan dari kedua variasi tidak kontras. Sehingga dapat dikatakan bahwa variasi jalur las ini tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kekuatan materialnya. Selain itu, hasil pengujian sambungan las sangat jauh di bawah nilai tegangan *raw material*-nya. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah proses

pengelasan yang menyisakan tegangan sisa dan perubahan distorsi [14] [15] [16].

4. Kesimpulan

Sambungan las merupakan metode sambungan permanen. Pengelasan dapat mengubah kekuatan tarik suatu material. Pengelasan yang tidak baik dapat meninggalkan tegangan sisa tarik yang dapat menurunkan tegangan tarik material. Namun di sisi lain, pengelasan juga meninggalkan tegangan tekan yang mampu melindungi material lebih baik dari sebelumnya. Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa memperpanjang alur las tidak memberikan dampak signifikan terhadap kekuatan material dalam menahan beban bending. Perlu kajian lebih lanjut terhadap metode sambungan lainnya agar mendapatkan metode sambungan terbaik dalam menahan beban bending.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Madura atas pembiayaan penelitian ini dan penggunaan sarana serta prasarana sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Referensi

- [1] K. K. R. D. J. B. U. Kesehatan, Pedoman Teknis Ambulans, 2014.
- [2] M. K. A. I. A. & S. T. A. Fitriyanto, "Perancangan Kerangka Chassis Mobil Minimalis Roda Tiga. In Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application," 2017.
- [3] A. I. E. Simanjuntak dan N. Sinaga, "Perancangan Jig And Fixture pengelasan Untuk Mencegah Distorsi Pada Saat Pengelasan Rangka Depan Maung 4x4," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 4, pp. 483-490, 2021.

- [4] R. Triswandi, P. A. Rahmadana dan D. Supriyatna, "Studi Literatur : Analisis Kekuatan Sambungan Las Dan Sambungan Keling," *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, vol. 4, no. 7, 2024.
- [5] D. S. Arifwan dan R. Panjaitan, "Analisis Sambungan Portal Baja antara Balok dan Kolom dengan Menggunakan Sambungan Las dan Baut (Studi Literatur)," Universitas Sumatera Utara, 2007.
- [6] M. Saripuddin, H. Abbas, H. Parung dan W. H. Piarah, "Analisis Pengaruh Sambungan Kombinasi Las dan Baut terhadap Kekuatan Material," dalam *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIII (SNTTM XIII)*, Depok, 2014.
- [7] A. A. S. F. A. S. & Y. S. P. Alamin, *Rancang Bangun Chassis Prototipe Mobil Listrik (Doctoral dissertation, Universitas Nusantara PGRI Kediri)*, 2023.
- [8] T. Bim, *SAMBUNGAN BAJA*, 2021.
- [9] A. Sasmito, "Disain Kekuatan Sambungan Hoop Pillar Dan Floor Bearer Pada Struktur Rangka Bus Menggunakan Solidworks.," 2018.
- [10] Irwansyah, *Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik*, 2019.
- [11] B. I. Fatkurokhim, "Analisa Pengaruh Tegangan Sisa dan Perubahan Distorsi Pada Pengelasan Struktur Pressure Vessels PT. Petrokimia Gresik dengan Variasi Welding Sequence dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga," ITS, Surabaya, 2017.
- [12] A. Rokhman dan A. Supriatna, "Pengaruh Variasi Panjang Sambungan Las Terhadap Kapasitas Kuat Tarik Baja Tulangan," *Jurnal Konstruksia*, vol. 5, no. 1, pp. 77-83, 2013.
- [13] Irwansyah, "Analisa Pengaruh Tegangan Sisa Pengelasan Terhadap Kekuatan Pelat," 2017.
- [14] M. Ghafouri, A. Ahola, J. Ahn dan T. Björk, "Welding-induced stresses and distortion in high-strength steel T-joints: Numerical and experimental study," *Journal of Constructional Steel Research*, 2022.
- [15] F. Samadi, J. Mourya, G. Wheatley, M. N. Khan, R. M. Nejad, R. Branco dan W. Macek, "An investigation on residual stress and fatigue life assessment of T-shape welded joints," *Engineering Failure Analysis*, vol. 141, 2022.
- [16] A. Manai, "Residual Stresses Distribution Posterior to Welding and Cutting Processes," dalam *Engineering Principles Welding and Residual Stresses*, London, IntechOpen, 2022.