

# Inspeksi Sambungan Rangka Mobil Listrik Tipe *Tubular Space Frame* Menggunakan Las GMAW dengan Cairan *Liquid Penetrant*

Unggul Satria Jati<sup>1\*</sup>, Dian Prabowo<sup>2</sup>, Hety Dwi Hastuti<sup>3</sup>, Leo Van Gunawan<sup>4</sup>

<sup>1, 2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

<sup>3</sup>Program Studi Akuntansi Lembaga Keuangan Syariah, Politeknik Negeri Cilacap

<sup>4</sup>Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Indramayu

<sup>1, 2, 3</sup>Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

<sup>4</sup>Jl. Lohbenr Lama No. 08, Legok, kec. Lohbener, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat 45252, Indonesia

E-mail: [unggulsatriajati@pnc.ac.id](mailto:unggulsatriajati@pnc.ac.id)<sup>1</sup>, [diansheva@yahoo.co.id](mailto:diansheva@yahoo.co.id)<sup>2</sup>, [hetydwi.hastuti@pnc.ac.id](mailto:hetydwi.hastuti@pnc.ac.id)<sup>3</sup>, [leovangunawan@polindra.ac.id](mailto:leovangunawan@polindra.ac.id)<sup>4</sup>

---

## Info Naskah:

Naskah masuk: 5 Desember 2023

Direvisi: 15 Januari 2024

Diterima: 17 Januari 2024

---

## Abstrak

Perkembangan teknologi yang semakin menuntut manusia harus semakin meningkatkan kompetensi dan inovasi. Proses pembuatan rangka pada mobil listrik merupakan salah satu inovasi untuk menghasilkan frame yang kuat. Rangka merupakan bagian utama dan penting di sebuah kendaraan, karena komponen dan penumpang akan menopang pada rangka tersebut. Penyambungan antar komponen rangka menggunakan las GMAW yaitu proses penyambungan logam material dengan cara proses pemanasan sampai mencapai titik lelehnya. Dalam mendapatkan rangka yang sesuai dengan kriteria maka perlu dilakukan proses pengujian, proses pengujian ini yaitu dengan pengujian NDT (*Non Destructive Test*) yaitu pengujian pada bagian fisik material dengan cara tidak merusak benda uji. Sedangkan tujuan penelitian ini adalah melakukan inspeksi pada frame mobil listrik sehingga menemukan diskontinuitas pada hasil pengelasan GMAW. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat 22 sampel yang dilakukan proses uji *liquid penetrant*, dari total sampel tersebut menurut ASME Section VIII Divisi 1 Mandatory Appendix 6 terdapat 14 spesimen yang dapat diterima sedang 8 perlu perbaikan pada proses sambungan. Setelah dilakukan proses reparasi atau perbaikan rangka atau frame dinyatakan layak untuk dapat digunakan.

---

## Keywords:

frame,

gmaw,

liquid penetrant test

---

## Abstract

Technological developments increasingly require humans to increase their competence and innovation. The process of making frames for electric cars is one of the innovations to produce a strong frame. The frame is the main and important part of a vehicle, because the components and passengers will support the frame. The connection between frame components uses GMAW welding, which is the process of joining metal materials by heating them until they reach their melting point. To obtain a frame that meets the criteria, it is necessary to carry out a testing process, this testing process is NDT testing (Non Destructive Test), namely testing the physical part of the material in a way that does not damage the test object. Meanwhile, the aim of this research is to inspect the electric car frame so as to find discontinuities in the GMAW welding results. The results of this research were that there were 22 samples that underwent the liquid penetrant test process, of the total samples according to ASME Section VIII Division 1 Mandatory Appendix 6 there were 14 specimens that were acceptable while 8 needed improvement in the connection process. After the repair or repair process has been carried out, the frame is declared fit for use.

---

\*Penulis korespondensi:

Unggul Satria Jati

E-mail: [unggulsatriajati@pnc.ac.id](mailto:unggulsatriajati@pnc.ac.id)

## 1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi khususnya di Indonesia mengalami perubahan di berbagai sektor khususnya bidang manufaktur. Di era Industri 4.0 telah memberikan dampak positif atau manfaat [1]. Perkembangan atau perubahan juga dimanfaatkan oleh industri otomotif. Industri otomotif melakukan terobosan-terobosan berbagai hal, mereka sudah tidak terlalu fokus pada perubahan interior atau eksterior saja namun sudah mulai beralih pada bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar pada perkembangan zaman dituntut untuk lebih ramah lingkungan untuk mengurangi polusi yang dihasilkan dari gas sisa pembakaran [2] [3]. peralihan dari bahan bakar ke kendaraan listrik juga dipandang mobil masa depan dimana kendaraan listrik merupakan suatu solusi untuk mengatasi polusi khususnya di Indonesia [4].

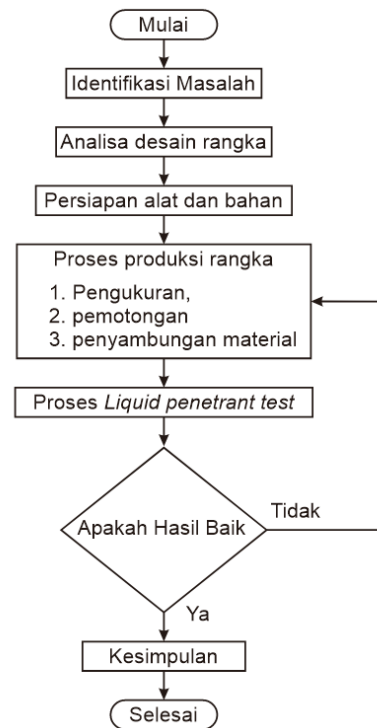
Kendaraan mobil listrik adalah suatu kendaraan yang digerakan oleh motor listrik dimana energi listriknya tersimpan di dalam baterai [5]. Sistem penyimpanan pada mobil listrik adalah salah satu sokusi dari masalah yang ada yaitu ketidaksambungan distribusi sistem tenaga [6]. Beban dalam kendaraan mobil listrik salah satunya adalah rangka, dimana ciri kekuatan rangka yang baik adalah konstruksi dapat menahan beban yang diterima [7] [8] [9]. Teknologi pengelasan adalah suatu metode penyambungan baja atau material dengan material yang lain [10]. Kekuatan sambungan pada pengelasan dianggap penting karena menyangkut resiko besar jika terjadi *fracture* pada daerah pengelasan [11] Pengelasan adalah suatu penyambungan atau penyatuan secara permanen dua buah logam sejenis maupun tidak sejenis, kelebihan dari proses penyambungan permanen atau pengelasan adalah kekuatan yang mendekati bahkan bisa melebihi dari kekuatan material logam intinya [12].

Penggunaan material dalam kehidupan masyarakat sudah sangat banyak baik logam maupun non logam, untuk mendapatkan material yang baik itu harus ada pengujian terlebih dahulu, sebagai kontrol kualitas sebuah material . pengujian ada dua yaitu (pengujian merusak) DT dan (pengujian tidak merusak) NDT. Seperti penelitian dilakukan oleh Irwansyah mengemukakan bahwa suatu keharusan dalam melakukan pengujian material menggunakan NDT agar terlihat jenis-jenis kecacatannya [13]. Hary Soebagyo [14] melakukan penelitian pada sambungan kereta api ringan material aluminum dengan metode NDT, didapat hasil bahwa terdapat kecacatan pada struktur sambungan las tersebut maka pengujian NDT penting untuk dilakukan pada setiap melakukan proses sambungan.

Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan penelitian ini adalah melakukan inspeksi pada frame mobil listrik sehingga menemukan diskontinuitas pada hasil pengelasan GMAW dengan metode *liquid penetrant test*

## 2. Metode

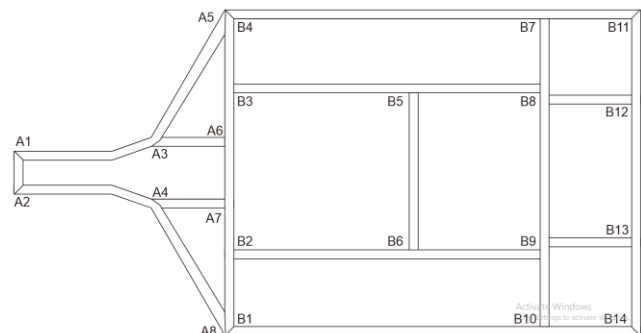
Proses pengujian pada sambungan rangka yaitu dengan pengujian tidak merusak atau *non destructive*, sedangkan material yang digunakan pada penelitian ini menggunakan material baja ST36 dan proses penyambungan menggunakan mesin las GMAW. Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian

## 2.1 Desain Rangka

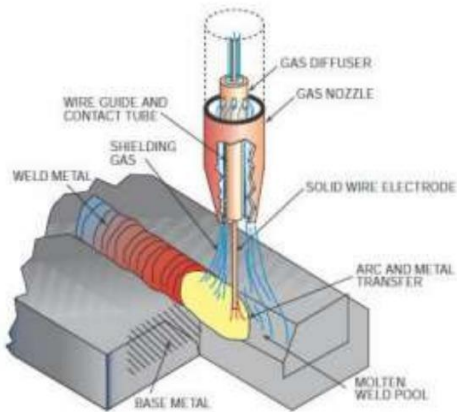
Berikut desain rangka kendaraan mobil listrik yang digunakan pada pengujian *liquid penetrant*. seperti terlihat Gambar 2.



Gambar 2. Desain rangka mobil listrik

## 2.2 Las GMAW

Las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) adalah proses penyambungan logam material dengan cara proses pemanasan sampai mencapai titik lelehnya [15]. Ada dua macam gas pelindung pada las GMAW yaitu aktif dan *inert* gas. Pengelasan tersebut menggunakan kawat las yang mengalir dengan kecepatan konstan atau disebut dengan "*wire feeder*" [16].



Gambar 3. Pengelasan GMAW

### 2.3 Non Destructive Test (NDT)

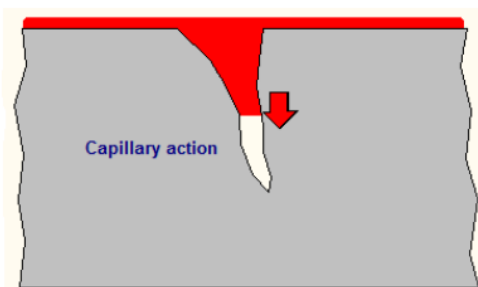
Non Destructive Test (NDT) adalah pengujian pada bagian fisik material dengan cara tidak merusak benda uji [17]. Tujuan dari pengujian NDT yaitu mendeteksi cacat-cacat yang terjadi pada sambungan pengelasan. Hasil dari pengujian tersebut adalah sambungan akan aman atau tidak, jika tidak aman atau banyak terjadi kecacatan maka perlu penyambungan ulang [18].

Tahapan-tahapan melakukan uji non destructive test menggunakan liquid penetrant test :

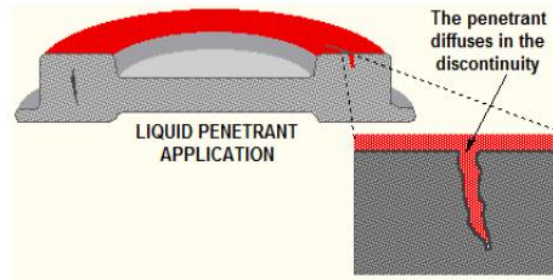
- a. Membersihkan permukaan material uji dari debu, terak sehingga tidak ada kotoran yang menempel pada benda uji
- b. Setelah permukaan bersih, kemudian semprotkan liquid penetrant sampai rata dan tunggu sampai 15 menit (*dwell time*). Tujuannya agar cairan penetrant bisa masuk ke celah sambungan.



Gambar 4. Penetrant liquid

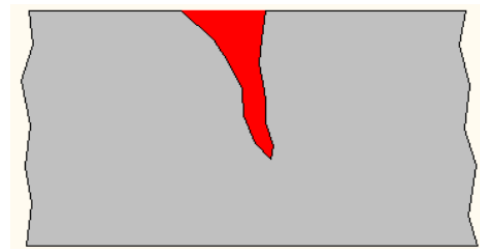


Gambar 5. Proses kapilaritas penetrant



Gambar 6. Liquid penetrant pada cacat

- c. Kemudian lap atau bersihkan lapisan tersebut dengan cairan *cleaner*



Gambar 7. Penetrant pada permukaan cacat

- d. Setelah kering semprotkan cairan developer penetrant. Fungsi cairan ini adalah untuk memunculkan kembali cairan penetrant naik keatas permukaan. Sehingga kecacatan pada sambungan bisa terlihat [18].

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian yang sudah dilakukan terdapat 22 spesimen atau sambungan yang dilakukan pengujian menggunakan liquid penetrant test.

Tabel 1. Hasil Liquid Penetrant Test

No	Nama Bagian	No Joint	Hasil	Ket.
1	Base Frame A	A1	√	Baik
2	Base Frame A	A2	√	Baik
3	Base Frame A	A3	√	Baik
4	Base Frame A	A4	√	Baik
5	Base Frame A	A5	√	Baik
6	Base Frame A	A6	√	Baik
7	Base Frame A	A7		Repair
8	Base Frame A	A8	√	Baik
9	Base Frame B	B1	√	Baik
10	Base Frame B	B2	√	Baik
11	Base Frame B	B3	√	Baik
12	Base Frame B	B4		Repair
13	Base Frame B	B5		Repair
14	Base Frame B	B6	√	Baik
15	Base Frame B	B7		Repair
16	Base Frame B	B8	√	Baik
17	Base Frame B	B9		Repair
18	Base Frame B	B10	√	Baik
19	Base Frame B	B11		Repair
20	Base Frame B	B12		Repair
21	Base Frame B	B13		Repair
22	Base Frame B	B14	√	Baik

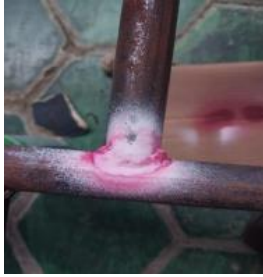



Sesuai dengan ASME [19] bahwa standar kriteria penerimaan hasil uji *liquid penetrant test*, bahwa hasil dari proses pengelasan harus memenuhi kriteria bebas dari indikasi *linier*, Indikasi *rounded* lebih dari 5 mm dan terdapat empat atau lebih indikasi dengan jarak 1,5 mm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari uji *specimen* dengan menggunakan *liquid penetrant* terdapat beberapa kondisi seperti terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil dapat diterima

No	Spesimen	Keterangan
1		Tidak terdapat retakan dan lubang pada sambungan, aplikasi penetrant dan developer telah sesuai (kategori baik)
2		Tidak terdapat retakan dan lubang pada sambungan, aplikasi penetrant dan developer telah sesuai (kategori baik)
3		Tidak terdapat retakan dan lubang pada sambungan, namun pembersihan penetrant sisa kurang menyeluruh (kategori baik)
4		Pembersihan penetrant sisa kurang bersih, diskontinuitas terdapat lubang berdiameter <1,5mm (kategori baik)

Tabel 3. Hasil tidak dapat diterima

No	Spesimen	Keterangan
1		Pembersihan penetrant sisa kurang bersih, terdapat diskontinuitas pada bagian kedua ujung sambungan (kategori repair)
2		Perbandingan pada saat pengaplikasian penetrant dan developer telah sesuai sehingga terlihat kontras, diskontinuitas berupa garis dengan panjang lebih dari 1,5mm (kategori repair)
3		Terdapat 3 diskontinuitas berupa garis/linier dengan panjang lebih dari 1,5mm sehingga perlu di repair (kategori repair)
4		Pembersihan penetrant sisa kurang bersih dan menyeluruh sehingga masih terlihat, terdapat diskontinuitas berupa linier dan round pada sambungan yang masing-masing berukuran 8mm dan round selebar 6mm (kategori repair)

Pada tabel 2 dan 3 adalah kondisi pada saat dilakukan inspeksi pada material uji *base frame*. Hasil pengujian mendapatkan hasil bahwa terdapat 14 spesimen dapat diterima atau dalam kondisi baik. Namun ada 8 spesimen yang harus dilakukan proses reparasi pengelasan.

Sesuai dengan standar ASME Section VIII Divisi 1 Mandatory Appendix 6 bahwa hasil pengelasan harus terbebas dari indikasi linier, rounded indikasi lebih besar 5 mm. Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil penyambungan tidak terdapat kecacatan atau dalam kondisi baik. Sedangkan pada tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat kecacatan sehingga harus diperbaiki. Seperti ditunjukkan pada gambar nomor 3.

Terdapat diskontinuitas berupa garis/linier dengan panjang lebih dari 1,5mm sehingga perlu di repair (kategori repair).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka mendapatkan kesimpulan yang bisa diambil, sebagai berikut: Proses pengelasan harus sesuai dengan WPS (*Welding Procedure Specification*). Proses melakukan pengujian *liquid penetrant test* harus menggunakan standar yang sesuai yaitu ASME Section VIII Divisi 1 *Mandatory Appendix 6*. Hasil proses pengujian sebanyak 22 spesimen terdapat beberapa spesimen yang dapat diterima dan 8 spesimen tidak dapat diterima maka harus dilakukan proses reparasi atau perbaikan pada sambungan. Rangka mobil listrik dinyatakan layak untuk digunakan.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian Inspeksi sambungan pada rangka mobil listrik menggunakan cairan *liquid penetrant*. Serta semua contributor dalam penulisan artikel ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] N. Purba, M. Yahya, and Nurbaiti, "Revolusi Industri 4.0 : Peran Teknologi Dalam Eksistensi Penguasaan Bisnis Dan Implementasinya," *J. Perilaku Dan Strateg. Bisnis*, vol. 9, no. 2, pp. 91–98, 2021.
- [2] L. Parinduri, Y. Yusmartato, and T. Parinduri, "Kontribusi Konversi Mobil Konvensional ke Mobil Listrik Dalam Penanggulangan Pemanasan Global," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 116–120, 2018.
- [3] Arun Kumar Maurya, "Design and Fabrication of a Prototype Electric Vehicle," *AKGEC Int. J. Technol.*, vol. 12, no. 1, 2023, doi: 10.11648/j.ie.a20230701.11.
- [4] A. Guizani, M. Hammadi, J. Y. Choley, T. Soriano, M. S. Abbes, and M. Haddar, "Electric vehicle design, modelling and optimization," *Mech. Ind.*, vol. 17, no. 4, 2016, doi: 10.1051/meca/2015095.
- [5] M. Adriana, A. A. B.P, and M. Masrianor, "Rancang Bangun Rangka (Chasis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang," *J. Elem.*, vol. 4, no. 2, p. 129, 2017, doi: 10.34128/je.v4i2.64.
- [6] S. Sepdian Sepdian, "Metode Metode Kontrol Pada Mobil Listrik," *J. Surya Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 8–12, 2020, doi: 10.37859/jst.v6i1.1789.
- [7] F. Y. A. Wahyudi Noorsakti, "Studi Eksperimen Rancang Bangun Rangka Jenis Ladder Frame pada Kendaraan Sport," *J. Electr. Electron. Control. Automot. Eng.*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: doi.org/10.32486/jeecae.v1i1.15.
- [8] C. Evangelos Tsirogiannis, "Design and Modelling Methodologies of an Efficient and Lightweight Carbon-fiber Reinforced Epoxy Monocoque Chassis, Suitable for an Electric Car," *Mater. Sci. Eng. with Adv. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 5–12, 2017, doi: 10.24218/msear.2017.21.
- [9] H. Asbanu *et al.*, "Analisis Kelayakan Struktur Rangka Mesin Pengupas Kulit Ari Biji Jagung Berbasis Komputer," vol. XII, no. 1, pp. 49–59, 2022.
- [10] E. P. Chandra Dwi setia, "Analisa Cacat Pengelasan Smaw Pada Posisi 2G Pada Baja Material A36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan," *J. Sumberd. Bumi Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, pp. 257–263, 2022.
- [11] M. Azwinur, "Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 19–25, 2019.
- [12] A. K. Unggul Satria Jati, Dian Prabowo, "Pengaruh Proses Normalizing Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las pada Logam Tidak Sejenis," *Artik. Ilm. Apl. Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 69–74, 2021.
- [13] Irwansyah, "Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak," *Lensa*, vol. 2, no. 48, pp. 7–14, 2019.
- [14] Hary Soebagyo, Gilang Cempaka Kusuma, and Hernadi, "Pemeriksaan Sambungan Las Aluminium Pada Struktur Kereta Api Ringan Dengan Metode Non-Destructive Test," *J. ASIMETRIK J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 1, no. 1, pp. 58–64, 2019, doi: 10.35814/asiimetrik.v1i1.223.
- [15] T. O. Harsono Wiryasumarto, *Teknologi Pengelasan Logam*, Delapan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2000.
- [16] Ausaid, *Dasar Las MIG/MAG (GMAW)*. Batam: Batam Institutional Development Project, 2001.
- [17] Louis Cartz, *Nondestructive Testing*. ASM International, 1995.
- [18] Prasojo Budi, *Buku Petunjuk Praktek Uji Bahan*. Surabaya: Jurusan Teknik Permesinan Kapal, 2002.
- [19] ASME, *ASME Section VIII, Division 1 Mandatory Appendix 6*. New York, 2019.