

ANALISA PENGUJIAN *LIQUID PENETRANT* PADA VELG ALUMINIUM SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN LAS *TUNGSTEN INERT GAS* (TIG)

Mochammad Soliqudin
181020200010

Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti, S.Si., M.T.

**TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO
2025**

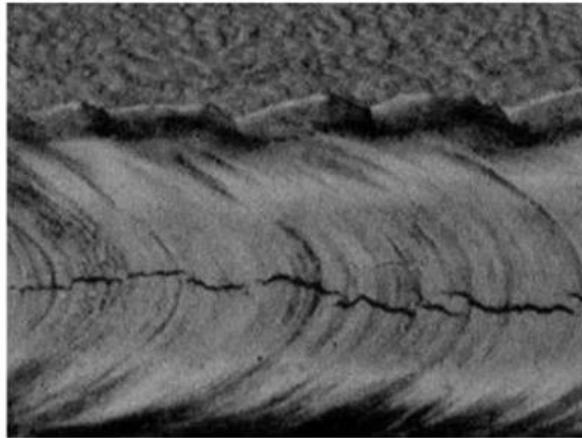
LATAR BELAKANG PENELITIAN

1. Pengembangan teknologi dibidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat di pisahkan, terutama pada pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam reparasi logam. Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaanya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, Industri Karoseri dll. Disamping untuk konstruksi las juga dapat untuk mengelas cacat logam pada hasil pengecoran logam, mempertebal yang aus. Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambah maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.



LATAR BELAKANG PENELITIAN

2. Kekuatan hasil pengelasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las TIG mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las



RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana proses pengelasan pada velg aluminium menggunakan las Tungsten Inert Gas (TIG) ?
2. Bagaimana hasil pengelasan pada velg aluminium menggunakan las Tungsten Inert Gas (TIG) dengan ampere 100,110 dan 120 ?
3. Bagaimana hasil pengujian NDT (Non Destructive Test) penetran liquid pada hasil las Tungsten Inert Gas (TIG) pada velg aluminium ?

BATASAN MASALAH

1. Jenis las yang digunakan adalah las listrik Tungsten Inert Gas (TIG).
2. Arus pengelasan yang digunakan 100, 110, 120 ampere.
3. Material yang digunakan adalah velg alumunium.
4. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian Liquid Penetrant.
5. Menggunakan elektroda alumunium ER 5356 diameter 1,6 mm

TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui proses pengelasan pada velg aluminium menggunakan las Tungsten Inert Gas (TIG).
2. Mengetahui hasil pengelasan pada velg aluminium menggunakan las Tungsten Inert Gas (TIG) dengan ampere 100,110 dan 120.
3. Mengetahui hasil pengujian NDT (Non Destructive Test) penetran liquid pada hasil las Tungsten Inert Gas (TIG) pada velg aluminium.

MANFAAT PENELITIAN

1. Sebagai literatur pada penelitian inspeksi pengelasan, khususnya bagi penulis.
2. Sebagai informasi bagi juru las untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG).
3. Sebagai informasi guna meningkatkan ilmu pengetahuan bagi peneliti dalam bidang inspeksi pengelasan.
4. Mengetahui dan membandingkan kekuatan velg tanpa las dengan velg yang dilas dengan pengujian Liquid Penetrant.

PENELITIAN TERDAHULU

1. penelitian diantaranya(H.K. Umam., 2024)dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Gerakan Pola Las Zigzag, Melingkar, U Terhadap Uji Liquid Penetran Pada Pengelasan 3G GMAW” . dalam penelitiannya itu meneliti tentang pengelasan GMAW dengan variasi gerakan pola pengelasan yaitu .zigzag, melingkar, U dengan tipe pengelasan 3G kemudian dilakukan pengujian liquid penetrant.
2. Penelitian yang dilakukan (A. Sari, 2024) dengan berjudul “Evaluasi Jenis Elektroda SMAW Terhadap Kekuatan Sambungan Pipa Baja ASTM A106 Grade B Menggunakan Metode Tensile Test, Dye Penetrant Test Dan Uji Struktur Mikro”. Penelitian ini adalah penelitian untuk mengevaluasi jenis elektroda pada pengelasan SMAW pada sambungan pipa baja ASTM A106 grade B dengan pengujian Tensile Test, Dye Penetrant Test Dan Uji Struktur Mikro.

PENELITIAN TERDAHULU

3. Penelitian yang dilakukan (C. S. Walitd, 2023) dengan judul “Analisis Cacat Sambungan Las SMAW Menggunakan Material Baja ST 42 Dengan Variasi Arus Pengelasan Dengan Metode NDT Radiography Dan Penetrant”. Penelitian ini yaitu penelitian untuk menemukan cacat pengelasan pada pengelasan dengan metode SMAW dengan material baja ST 42 dengan melakukan pengujian metode NDT yaitu radiography dan penetrant.

PENGERTIAN PENGELASAN

Pengelasan adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan sehingga keduanya menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa ditambah dengan bahan (filler metal) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya. Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan permanen dari benda atau logam yang telah dipanaskan



Las TIG (Tungsten Inset Gas)

Las gas tungsten (las TIG) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung agar tidak berkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung daribentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan dilas. Pada proses pengelasan TIG logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk dan peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk



VELG ALUMINIUM

Velg Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai sifat tahan korosi, mempunyai daya hantar listrik yang baik. Dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn maka akan menambah kekuatan mekaniknya. Berdasarkan unsur penambah tersebut maka Aluminum Association menggolongkan aluminium menjadi tujuh bagian, yaitu: 1. Al Murni, 2. Al-Cu, 3. Al-Mn, 4. Al-Si, 5. Al-Mg, 6. Al-Mg-Si dan 7. Al-Z.



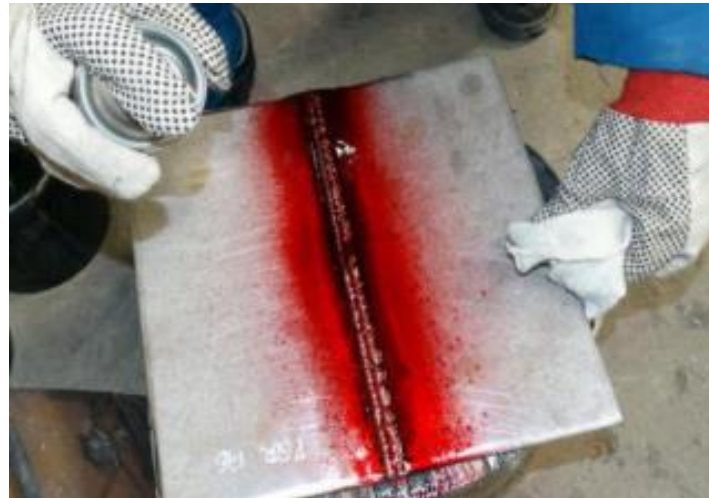
Non Destructive Tests (NDT)

Non Destructive Test (NDT) adalah tes fisik suatu material atau benda uji dengan metode tidak merusak benda uji untuk mengetahui cacat pada material tersebut. Tujuan dari pengujian NDT adalah untuk mendeteksi cacat dengan prosedur tertentu pada suatu benda oleh seorang operator, Hasil dari pengujian ini akan menentukan suatu part akan diganti atau tidak tergantung dari jumlah cacat yang ada yang merujuk pada suatu standar.



PENETRANT LIQUID TEST

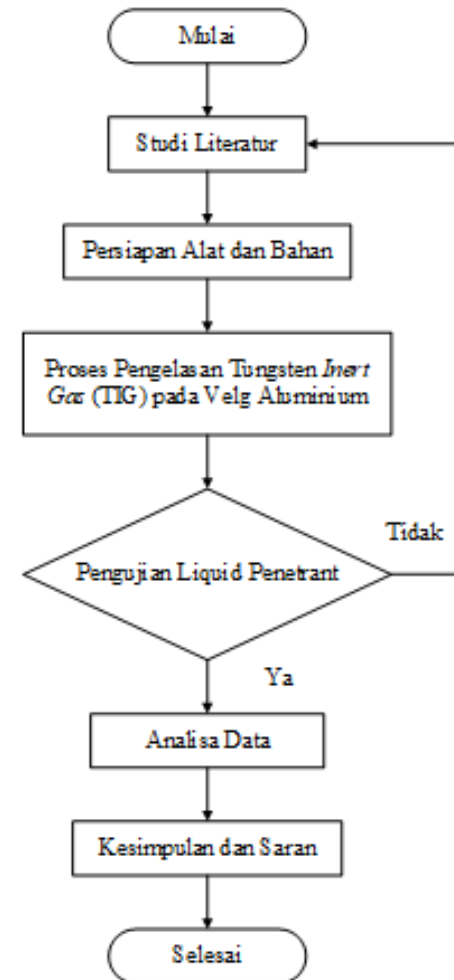
Uji liquid penetrant merupakan salah satu metode pengujian NDT yang tidak merusak benda kerja yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Uji penetrant mengetahui diskontinuitas pada halus pada permukaan seperti retak,berlubang ,dan kebocoran. Prinsipnya metode ini memanfaatkan daya kapilaritas. kapilaritas merupakan naik atau turunnya permukaan zat cair pada diskontinuitas . Diskontinuitas merupakan ketidak sempurnaan pada material akibat proses manufaktur, seperti retakan,lubang,kotoran dll.



METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

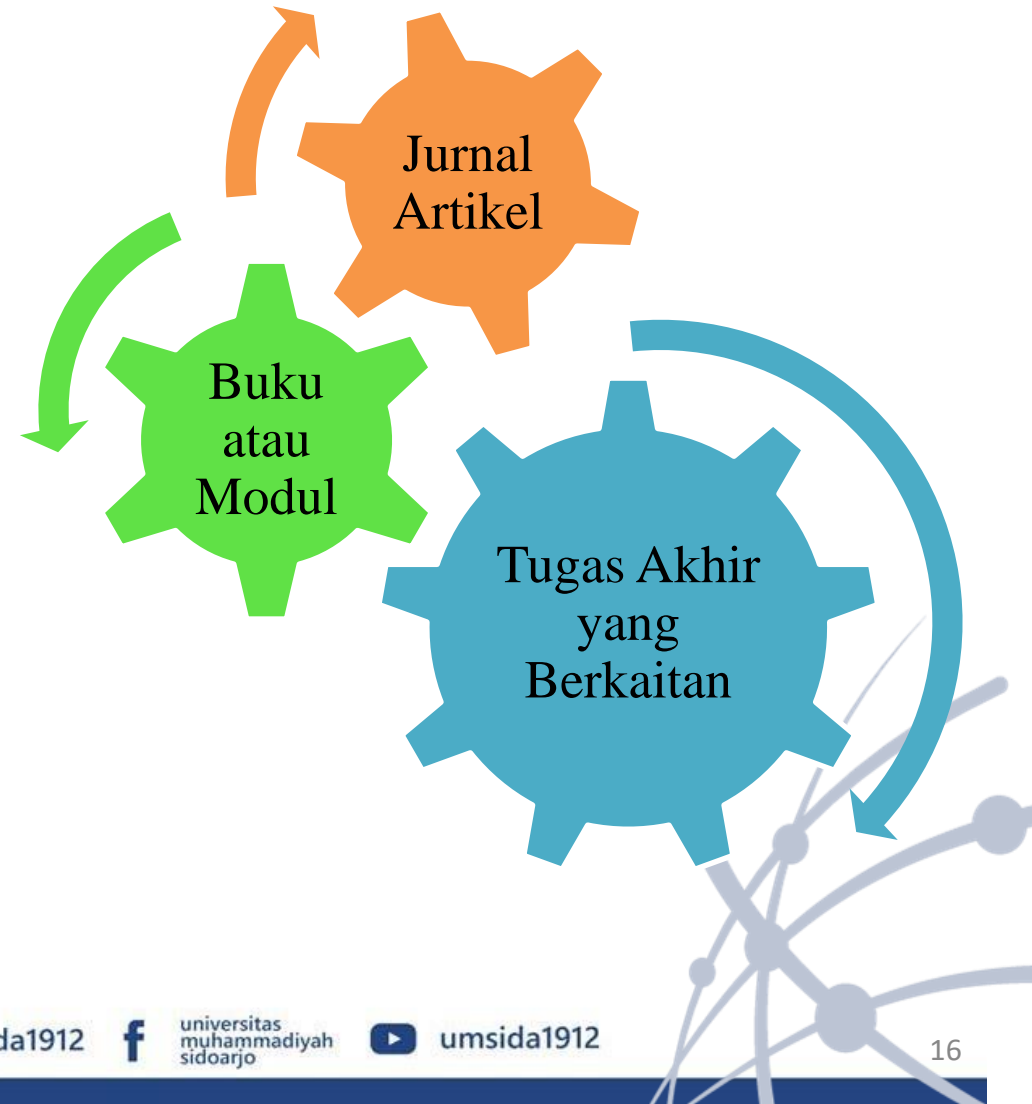
Diagram alir ini dibuat supaya penelitian ini dapat terlaksana sesuai dengan tahapan dan menghindari kekeliruan pada saat melakukan penelitian. Oleh karena itu dibuat sebuah diagram alur pada penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

STUDI LITERATUR

Studi literatur menjelaskan tentang proses pengumpulan data serta mengenai pengembangan penelitian terkait prosedur pengelasan pada alumunium menggunakan las TIG dengan variasi elektroda yang sudah dilakukan sebelumnya. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber, seperti jurnal referensi, buku, karya tulis, tugas akhir yang berkaitan, serta jejaring internet dan observasi. Studi literatur juga dilakukan untuk mengetahui informasi penting guna meningkatkan pekerjaan dalam penyambungan logam dibidang kontruksi.



PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

1. Mesin Las Tungsten Inert Gas (TIG)

Las gas tungsten (las TIG) adalah proses pengelasan dimana busur nyala listrik ditimbulkan oleh elektroda tungsten (elektroda takterumpun) dengan benda kerja logam. Daerah pengelasan dilindungi oleh gas lindung (gas tidak aktif) agar tidak terkontaminasi dengan udara luar. Kawat las dapat ditambahkan atau tidak tergantung dari bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja yang akan dilas. Pada proses pengelasan TIG logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk dan peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk.



PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

2. Gerinda Tangan

Kegunaan dari gerinda tangan pada penelitian ini digunakan untuk memotong velg untuk membentuk spesimen.



PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

3. Penggaris Siku dan Spidol

Penggaris siku digunakan untuk meratakan sudut dari hasil potongan velg yang akan dilakukan pengelasan supaya tidak terjadi kemiringan. Kemudian spidol digunakan untuk membuat garis tipis pada velg yang sedang diukur supaya mudah untuk menandai.



PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

4. Elektroda ER 5356

Elektroda yang digunakan sebagai bahan untuk penyambungan pada velg alumunium pada pengelasan TIG (Tungsten inert Gas). Menggunakan elektroda jenis alumunium ER 5356 diameter 1,6 mm.



PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

5. Velg Aluinium

Velg alumunium merupakan velg berbahan logam yang mempunyai sifat ringan yang pemanfaatannya untuk modifikasi kendaraan. Selain ringan juga memiliki kelebihan lain seperti warna bisa variatif, warnanya lebih kuat dari pada cat, kalau bahannya besi rata-rata hanya krom dan hitam.



PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN

6. Liquid Penetrant

Cairan penetran adalah cairan encer yang dapat meresap ke dalam retakan terkecil. Cairan ini digunakan untuk mendeteksi cacat pada permukaan, seperti retakan, lipatan, dan porositas.



PROSES PENGELASAN VELG ALUMINIUM

Pada penelitian ini proses Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) dilakukan sebanyak 9 kali dengan perbedaan parameter kuat arus 100,110 dan 120 ampere. Menggunakan mesin las TIG merk RHINO HT 200 dan elektroda jenis aluminium ER 5356 diameter 1,6 mm. Berikut adalah langkah –langkah proses Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) :

1. Siapkan potongan velg yang akan dilakukan pengelasan sebanyak 9 pasang.



2. Siapkan mesin las, elektroda, meja untuk pengelasan dan plat aluminium yang akan digunakan.
3. Jig atau klem potongan velg aluminium yang telah disiapkan untuk mencegah terjadinya proses pemuaian pada velg saat dilakukan pengelasan.

PROSES PENGELASAN VELG ALUMINIUM

4. Atur Tekanan gas argon dengan ukuran 6 liter/menit.
5. Atur Parameter mesin las TIG sesuai dengan parameter yang telah ditentukan yaitu 100,110 dan 120 ampere.
6. Lakukan proses pengelasan pada plat aluminium sebanyak 9 kali.
7. Pada setiap hasil pengelasan lakukan pendinginan pada hasil pengelasan.
8. Kemudian lakukan pembersihan pada hasil pengelasan di area pengelasan dan memberikan nomer atau nama spesimen.
9. Apabila semua proses pengelasan sudah selesai lakukan pembersihan lingkungan sekitar pengelasan dan pembersihan pada alat dan bahan pengelasan.



PENGUJIAN LIQUID PENETRANT

Pengujian liquid penetrant dilakukan dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Penetrant Test adalah jenis pengujian tidak merusak atau non destructive test (NDT) yang bertujuan untuk memeriksa permukaan material terdapat cacat las atau tidak. Dalam pengujian ini didasarkan dari prinsip kapilaritas, yaitu masuk maupun keluarnya cairan penetrant ke dalam diskontinuitas dan dari kontinuitas ke permukaan. Uji Liquid Penetrant ini dapat digunakan untuk mengetahui pada permukaan yang retak, berlubang atau kebocoran. Berikut langkah-langkah pengujian liquid penettant :

1. Persiapan Permukaan Pengelasan

Permukaan benda uji harus bersih dari berbagai jenis pengotor seperti minyak, karat dan pengotor lainnya dengan lebar dari daerah uji minimal 25 mm. Anda dapat membersihkannya dengan sikat baja, hal ini bertujuan agar tidak mengganggu proses aplikasi penetran dan saat mengamati hasil pengujian.

2. Pre Cleaning

Setelah pembersihan dengan sikat baja, maka selanjutnya adalah pembersihan menggunakan cleaner. Semprotkan langsung cleaner/remover ke permukaan benda uji, setelah itu bersihkan dengan menggunakan kain yang bersih. Biarkan sekitar 1 menit supaya cairan cleaner yang berada di diskontinuitas menguap dan bersih.

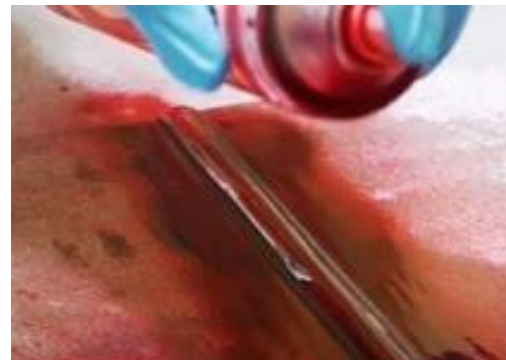
PENGUJIAN LIQUID PENETRANT

3. Pengaplikasian Liquid Penetrant

Saat aplikasi cairan penetran material harus dalam temperature 20-50 derajat celcius. Pengaplikasiannya dapat disemprotkan atau dioleskan dengan kuas secara merata. Setelah itu biarkan cairan masuk, untuk waktunya minimal 5 menit (dwell time).

4. Pembersihan Sisa Liquid Penetrant dipermukaan

Bersihkan cairan penetran yang ada di permukaan dengan kain bersih dan kering, lakukan beberapa kali dan searah. Setelah itu bersihkan lagi menggunakan kain yang dilembabkan dengan cleaner, namun jangan terlalu lembab karena dapat membersihkan cairan yang berada di dalam diskontinuitas. Jangan pernah membersihkan cairan penetran dengan menyemprot permukaan secara langsung dengan cleaner. Setelah bersih tunggu minimal selama 1 menit dan maksimalnya selama 10 menit sebelum aplikasi cairan developer.



PENGUJIAN LIQUID PENETRANT

5. Aplikasi Cairan Developer

Semprotkan developer pada permukaan spesimen uji setelah selesai dibersihkan. Jarak penyemprotan 15-20 cm terhadap permukaan benda. Namun sebelum disemprotkan pastikan Anda sudah mengocoknya agar mixing atau pencampuran developer sempurna. Pengamatan dan Inspeksi Indikasi. Setelah aplikasi developer selesai langkah selanjutnya adalah pengamatan indikasi yang muncul. Saat mengamati tunggu waktunya minimal 10 menit dan maksimal 30 menit setelah aplikasi developer. Untuk proses ini harus dengan pencahayaan yang intensitasnya minimal 100 fc (1000 Lux), Anda dapat mengukurnya menggunakan lux meter dan pastikan hasilnya dicatat. Ukur dan Catat Indikasi yang keluar baik indikasi relevan yang memanjang maupun melingkar. Setelah pengamatan selesai sesuaikan hasilnya dengan syarat keberterimaan pengujian penetran sesuai dengan standar atau code yang digunakan.

6. Pembersihan Setelah Pengujian

Lakukan pembersihan developer dan penetran setelah proses pengujian selesai. Anda dapat menggunakan sikat baja, setelah itu semprot dengan remover agar benar benar bersih spesimen Anda.

PENGUJIAN LIQUID PENETRANT

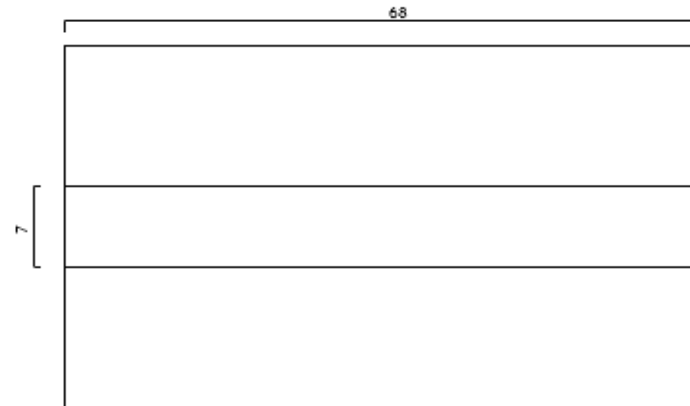


Hasil Pengujian Liquid Penetrant Hasil Las *Tungsten Inert Gas* (TIG) pada Velg Aluminium

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

Pengujian liquid penetrant yang telah dilakukan sesuai dengan langkah-langkah pengujian maka mendapatkan hasil pengujian liquid penetrant. Berikut merupakan hasil pengujian liquid penetrant :

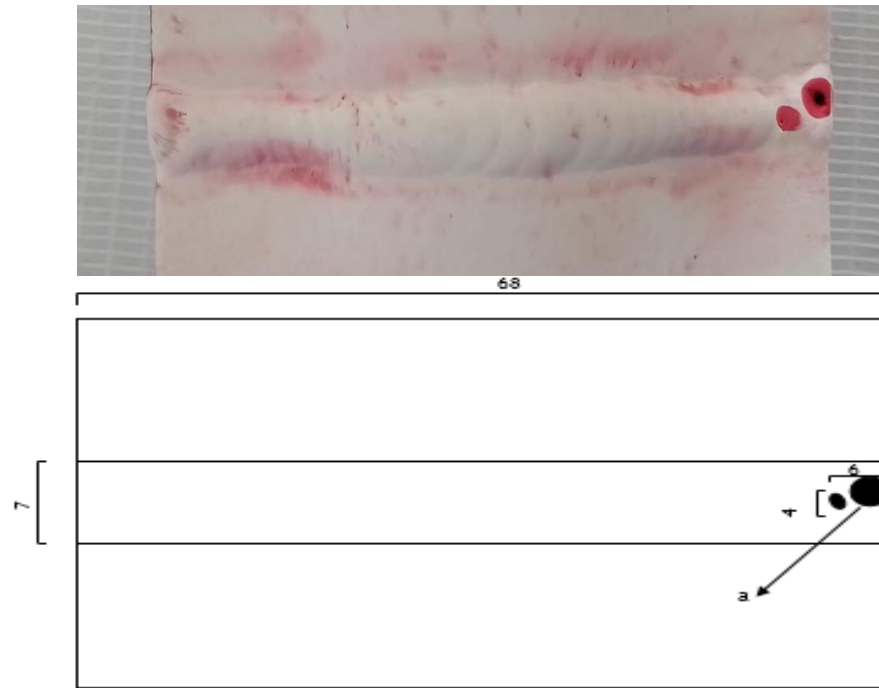
1. Spesimen 1 Ampere 100



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 1 Ampere 100 tidak ditemukan indikasi pada cacat pengelasan.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

2. Spesimen 2 Ampere 100



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 2 Ampere 100 ditemukan 2 cacat pengelasan rounded, cacat rounded pertama dengan length 6 mm dan width. Kemudian ada juga gabungan antara 2 cacat rounded dengan jarak kurang dari 1 mm.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

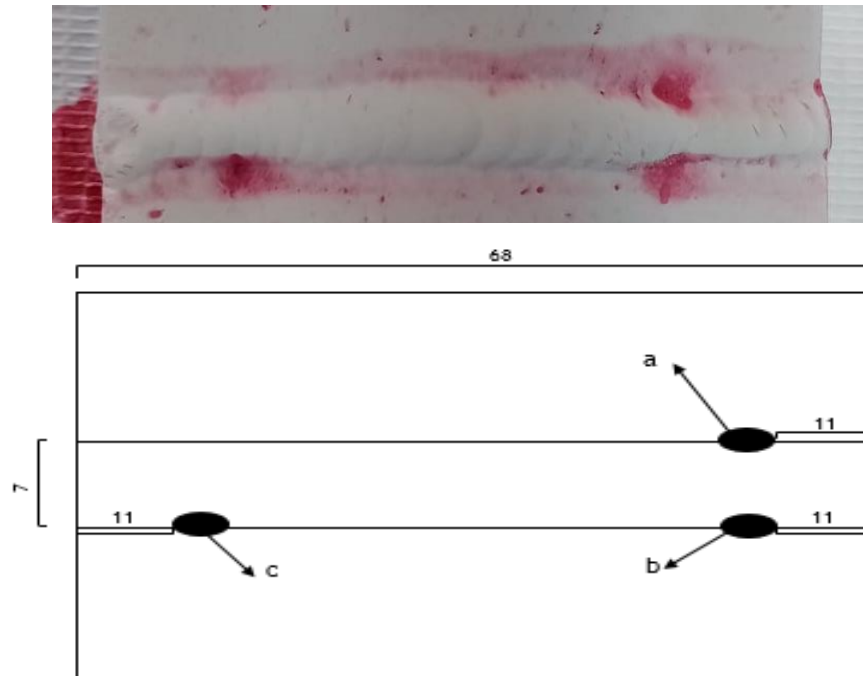
3. Spesimen 3 Ampere 100



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 1 Ampere 100 tidak ditemukan indikasi pada cacat pengelasan.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

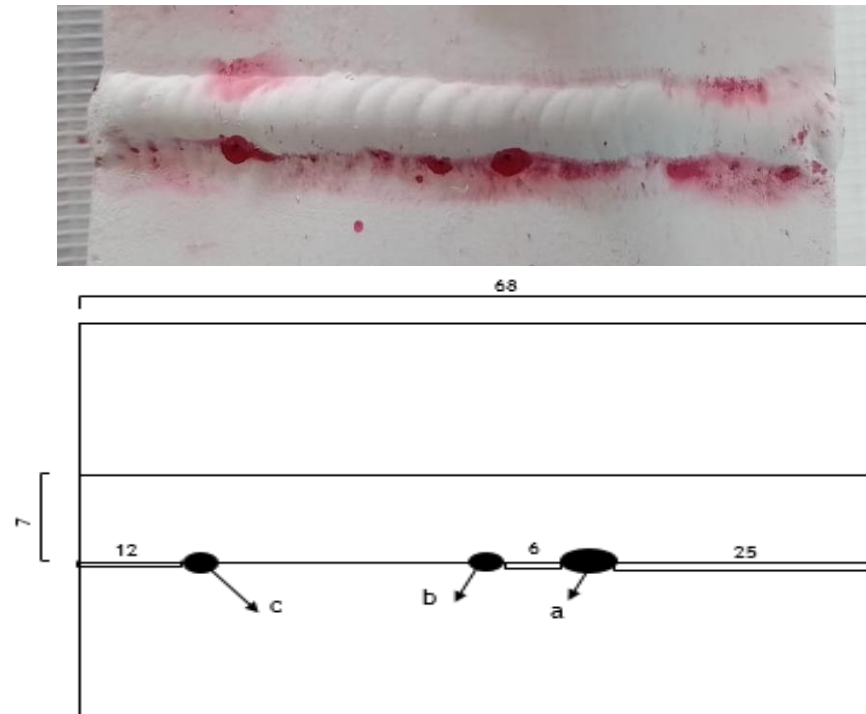
4. Spesimen 4 Ampere 110



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 4 Ampere 110 ditemukan 3 cacat pengelasan rounded. pada ketiga cacat pengelasan rounded tersebut masing-masing memiliki diameter 5 mm.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

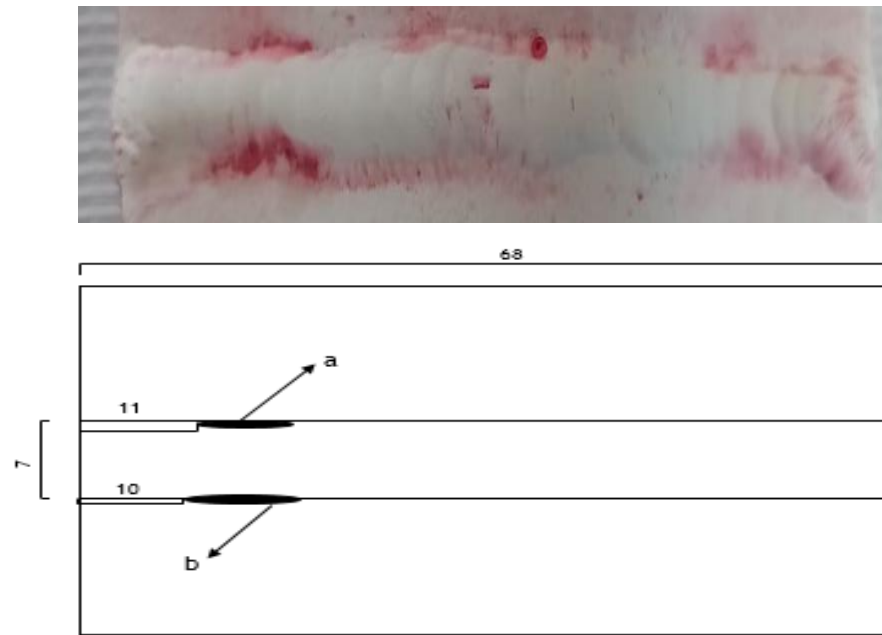
5. Spesimen 5 Ampere 110



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 5 Ampere 110 ditemukan 3 cacat pengelasan rounded. Pada cacat pengelasan rounded yang pertama dengan length 5 mm dan width 2 mm, kemudian pada cacat rounded kedua dan ketiga memiliki diameter 4 mm.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

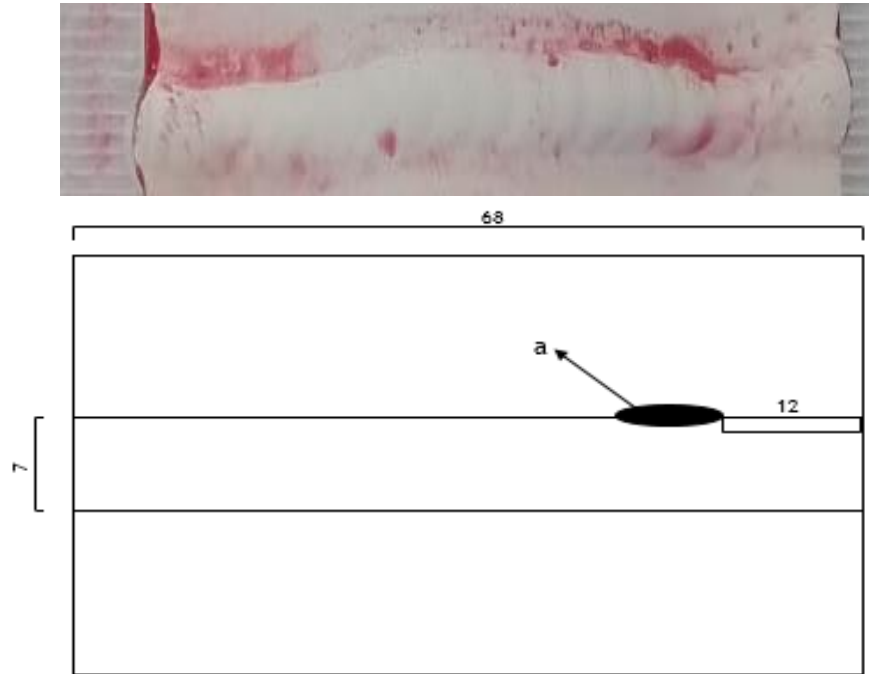
6. Spesimen 6 Ampere 110



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 6 Ampere 110 ditemukan 2 cacat pengelasan linear. Pada cacat pengelasan linear yang pertama dengan length 7 mm dan width 2 mm, kemudian pada cacat linear kedua dengan length 10 mm dan width 2 mm.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

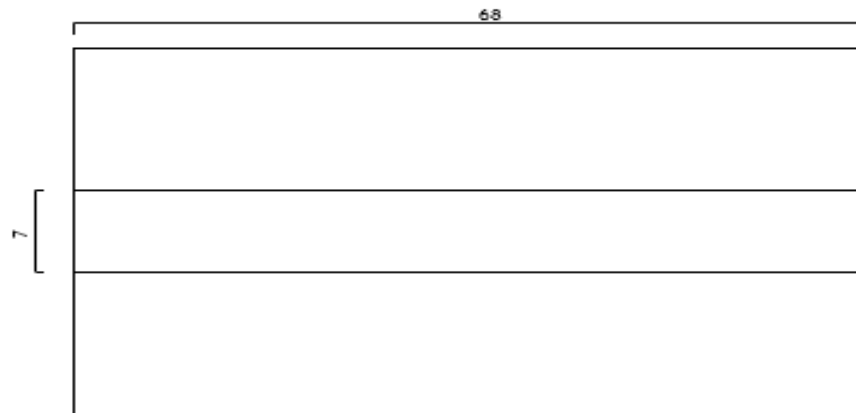
7. Spesimen 7 Ampere 120



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 7 Ampere 120 ditemukan cacat pengelasan linear dengan length 13 mm dan width 3 mm.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

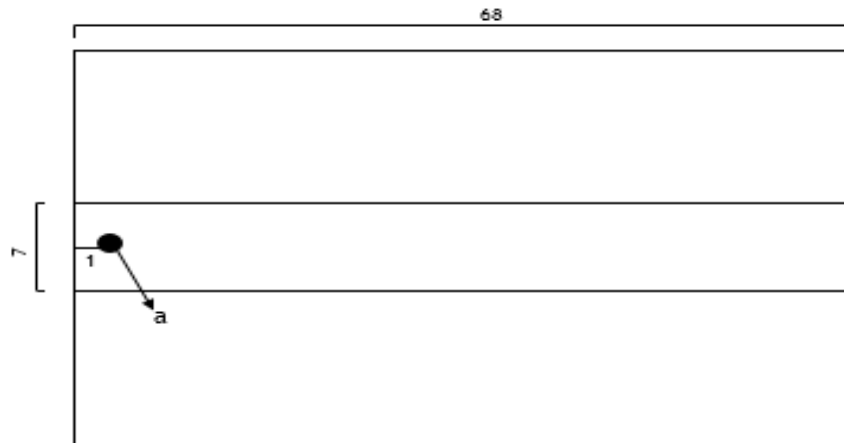
8. Spesimen 8 Ampere 120



Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 8 Ampere 120 tidak ditemukan indikasi pada cacat pengelasan.

HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM










9. Spesimen 9 Ampere 120




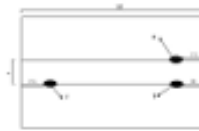


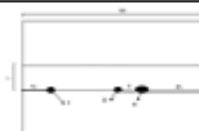


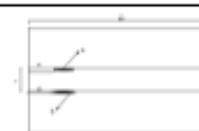

Hasil Pengujian Liquid Penetrant Spesimen 9 Ampere 120 ditemukan cacat pengelasan rounded dengan diameter 3 mm.

ANALISA DATA HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

Metode analisa data ini digunakan untuk memudahkan pemahaman pada data dan visualisasi yang lebih baik dan mudah dimengerti dari hasil pengujian liquid penetrant pada pengelasan Tungsten Inert Gas pada velg aluinium dengan arus 100, 110, 120 ampere.

No. Spc	100 Ampere	No. Spc	110 Ampere	No. Spc	120 Ampere
1.		4.		7.	
2.		5.		8.	
3.		6.		9.	

Hasil Pengujian Liquid Penetrant

No. Spc	100 Ampere	No. Spc	110 A mpere	No. Spc	120 Ampere
1.		4.		7.	
2.		5.		8.	
3.		6.		9.	

Hasil Analisa Pengujian Liquid Penetrant

ANALISA DATA HASIL PENGUJIAN LIQUID PENETRANT PADA HASIL LAS VELG ALUMINIUM

Pada specimen 1 – 3 hasil dari uji penetran dengan metode liquid penetran test dengan menggunakan kuat arus 100A. Pada tabel diatas ini bukti dari kecacatan hasil pengelasan dengan adanya cacat rounded pada spesimen 2 dan pada spesimen 1 dan 2 tidak terdapat adanya cacat pengelasan. Pada specimen 4 - 6 merupakan hasil uji liquid penetran pengelasan dengan kuat arus 110A dari uji penetran tersebut terlihat pada spesimen 4 dan 5 sama-sama terdapat 3 cacat rounded, kemudian pada spesimen 6 terdapat 2 cacat linear. Sedangkan pada specimen 7 - 9 merupakan hasil uji liquid penetran pengelasan dengan kuat arus 120A dari uji penetran tersebut terlihat pada spesimen 7 hanya terdapat 1 cacat linear, pada spesimen 8 tidak ada cacat pengelasan dan pada spesimen 9 terdapat 1 cacat rounded.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Analisa Pengujian Liquid Penetrant Pada Velg Aluminium Sepeda Motor Menggunakan Las Tungsten Inert Gas (TIG) ” dengan pengujian liquid penetrant pada hasil pengelasannya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisa dari proses uji penetran yang sudah dilakukan, terdapat pengaruh dari variasi kuat arus 100A, 110A, dan 120A pada velg sepeda motor dalam pengelasan yaitu menggunakan ampere yang rendah mendapatkan hasil pengelasan yang baik dengan sedikitnya cacat pengelasan dan jika pengelasan dengan ampere yang terlalu tinggi mendapatkan hasil pengelasan yang buruk dengan terdapat banyak cacat pengelasan.
2. Penggunaan uji penetran pada pengelasan ini bisa menentukan kuat arus yang sesuai yaitu di angka 100 A dengan las Tungsten Inert Gas (TIG) pada velg aluminium.
3. Uji penetran ini sangat mudah untuk mengetahui bahwa hasil pengelasan kita terdapat kecacatan atau tidak ada kecacatan pada pengelasan dan sangat berpengaruh terhadap pencegahan dini apabila terjadi korosi, retakan, lubang dan masalah lainnya.

SARAN

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini antara lain :

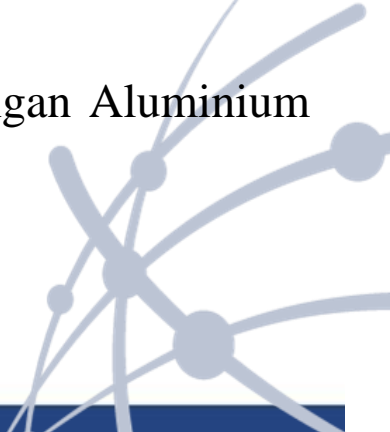
1. Dalam proses pengelasan TIG harus lebih ditingkatkan lagi, untuk meningkatkan kualitas dari pengelasan itu sendiri terutama faktor hasil pengelasan itu sendiri.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan memberikan inovasi serta modifikasi lebih baik dan terbaharukan. Hal ini bertujuan agar penelitian tidak berhenti dan terus berlanjut pada penelitian lain kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. K. Umam, J. Suwignyo, and F. Z. Bahtiar, "Pengaruh Gerakan Pola Las Zigzag, Melingkar, U Terhadap Uji Liquid Penetran Pada Pengelasan 3G GMAW," Prosiding Seminar Nasional & Internasional EDUSTEM, 2024.
- [2] A.Sari, "Skripsi evaluasi jenis elektroda SMAW terhadap kekuatan sambungan pipa baja ASTM A106 Grade B menggunakan metode tensile test, dye penetrant test dan uji struktur mikro," Skripsi, 2024.
- [3] C. S. Walitd, Analisis cacat sambungan las SMAW menggunakan material baja ST 42 dengan variasi arus pengelasan dengan metode NDT radiography dan penetrant, Diss., Institut Teknologi Nasional (ITN), 2023.
- [4] Y. Arisandi, Studi analisis uji cacat las dengan metode liquid penetrant test menggunakan kuas dan spray di PT Bangkit Bangun Bersama, Diss., Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, 2022.
- [5] R. T. Arrohman, "Analisa Kuat Arus Pada Pengelasan GMAW Sambungan Aluminium 6063 dengan Kampuh V Tunggal Terhadap Kekuatan Tarik Kekerasan Struktur Mikro dan Unsur Bahan," M.S. thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2022.
- [6] Y. Qohar, "Analisa Variasi Jenis Kampuh pada Pengelasan GMAW dengan Tipe Sambungan Butt Joint Aluminium 6063 Terhadap Kekuatan Tarik Kekerasan dan Struktur Mikro," M.S. thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [6] Y. Qohar, "Analisa Variasi Jenis Kampuh pada Pengelasan GMAW dengan Tipe Sambungan Butt Joint Alumunium 6063 Terhadap Kekuatan Tarik Kekerasan dan Struktur Mikro," M.S. thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2023.
- [7] S. Sulistyono and I. H. Shafly Kh., "Pengaruh Voltase dan Stick Out terhadap Cacat Permukaan Las MIG Butt Joint Aluminium 6063," Jurnal Rekayasa Mesin, vol. 19, no. 2, pp. 293-398, 2024.
- [8] R. W. Lubis et al., "Analisis Pengaruh Variasi Logam Pengisi (Filler) Pada Proses Pengelasan GTAW Paduan Aluminium Terhadap Uji Kekerasan Dan Struktur Mikro," Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, vol. 5, no. 2, pp. 42-51, 2024.
- [9] M. S. Pranata, A. W. B. Santosa, and M. Iqbal, "Perbandingan Kekuatan Tarik dan Kekuatan Kekerasan Las GMAW dan GTAW Terhadap Material Aluminium 6061 Dengan Variasi Arus Pengelasan," Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 9, no. 1, pp. 59-69, 2020.
- [10] D. S. Pamuji *et al.*, "Efek Parameter Pengelasan terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Aluminium AA6061 dengan Proses Friction Stir Welding," hal. 424–435.



DAFTAR PUSTAKA

- [11] A. Putra Pratama, "Pengaruh Variasi Waktu Tahan Pwht Hasil Pengelasan GMAW Al 6061-T6 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro," M.S. thesis, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2021.
- [12] Subkhan, M. F., & Mulyadi, M. Confirmation Experiment of Friction Stir Welding Process on Aluminum Alloy Aa-6061-T6561 on Tensile Strength and Weld Penetration: Eksperimen Konfirmasi Proses Friction Stir Welding pada Material Alumunium Alloy Aa-6061-T6561 Terhadap Kekuatan Tarik dan Penetrasi Las.
- [13] Setiawan, A. (2016). Penelitian Stainless Steel 304 Terhadap Pengaruh Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Untuk Variasi Arus 50 A, 100 A dan 160 A Dengan Uji Komposisi Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Uji Impact (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [14] Z. N. Jofalo And P. H. Tjahjanti, "Analisa Laju Penembusan Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Coating Aluminium Analysis Of Corrosion Breakdown Rate In Low Carbon Steel With Aluminum Coating," Vol. 1, No. 1, 2021.
- [15] T. Cahyono And P. H. Tjahjanti, "Analisa Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Pada Material Titanium (Ti-6al-4v)," No. 2, Pp. 1–13, 2024.
- [16] P. H. Tjahjanti, R. Firdaus, And A. N. Irfian, "Corrosion Protection Of Low Carbon Steel By Coating Of Graphene Oxide Nanoparticles And Galvanization Process," Vol. 12, No. 1, Pp. 20–27, 2022, Doi: 10.22052/Jns.2022.01.003.

