



Analisis Kekuatan Hasil Pengelasan Argon pada Stainless Steel 321 Dengan Menggunakan Variasi Arus 50 A, 75 A dan 100 A

Strength Analysis of Argon Welding on Stainless Steel 321 With Applied Current Variations of 50 A, 75 A and 100 A

Arief Santoso^{1*}, Sya'ban Tri Hernawan²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: ltदारiefsnnn@gmail.com

Abstract—*Argon welding (Gas Tungsten Arc Welding/GTAW) is one of the commonly used methods for joining metals due to its ability to produce smooth, clean welds with good mechanical properties. This research aims to analyze the tensile strength of argon welding on stainless steel 321 using current variations of 50 A, 75 A, and 100 A. The welding process was carried out under controlled parameters, and the welded joints were tested through tensile testing as well as visual inspection of weld quality. The results indicate that the variation of welding current significantly affects the tensile strength of the material. At 50 A, the weld joints tended to be less optimal due to shallow penetration. At 75 A, the highest tensile strength was achieved, with relatively homogeneous joints and minimal defects. Meanwhile, at 100 A, a decrease in strength occurred, possibly due to porosity and excessive thermal distortion. It can be concluded that a current of 75 A is the most effective parameter for producing strong argon weld joints on stainless steel 321. This study is expected to serve as a reference in determining the optimal parameters for similar metal welding processes to improve the quality and durability of welds*

Keywords— *Argon Welding, Stainless Steel 321, Current Variation, Tensile Strength, Microstructure.*

Abstrak— *Pengelasan argon (Gas Tungsten Arc Welding/GTAW) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk penyambungan logam karena mampu menghasilkan kualitas las yang halus, bersih, dan memiliki sifat mekanis yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan hasil pengelasan argon pada material stainless steel 321 dengan menggunakan variasi arus 50 A, 75 A, dan 100 A. Proses pengelasan dilakukan dengan parameter yang terkontrol, kemudian hasil sambungan diuji menggunakan metode uji tarik serta pengamatan visual terhadap kualitas hasil las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik material. Pada arus 50 A, sambungan las cenderung kurang optimal karena penetrasi yang rendah. Pada arus 75 A, diperoleh kekuatan tarik yang paling tinggi dengan hasil sambungan yang relatif homogen dan minim cacat. Sementara itu, pada arus 100 A terjadi penurunan kekuatan akibat adanya kemungkinan porositas dan distorsi termal berlebih. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus 75 A merupakan parameter yang paling efektif dalam menghasilkan kekuatan sambungan pengelasan argon pada stainless steel 321. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam menentukan parameter optimal pada proses pengelasan logam sejenis untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan sambungan las.*

Kata Kunci— *Pengelasan Argon, Stainless Steel 321, Variasi Arus, Kekuatan Tarik, Struktur Mikro.*

*Arief Santoso

E-mail: ltदारiefsnnn@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Stainless Steel 321 merupakan baja tahan karat austenitik yang banyak digunakan pada aplikasi bersuhu tinggi, terutama pada industri penerbangan, sistem pipa panas, komponen mesin, dan lingkungan yang membutuhkan ketahanan oksidasi serta stabilitas struktural. Material ini dipadukan dengan unsur titanium yang berfungsi menstabilkan karbida selama pemanasan, sehingga mampu menahan korosi intergranular dan perubahan struktur pada temperatur tinggi. Dalam aplikasinya, proses penyambungan material melalui pengelasan menjadi tahap yang sangat penting untuk memastikan kualitas sambungan tetap memenuhi standar kekuatan dan keselamatan.

Salah satu metode pengelasan yang paling umum dan efektif digunakan pada material berbasis stainless steel adalah Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) atau Tungsten Inert Gas (TIG). Metode ini dipilih karena menghasilkan sambungan yang bersih, stabil, dan memiliki kualitas metalurgi yang baik. Namun demikian, kualitas sambungan pada proses GTAW sangat dipengaruhi oleh parameter panas masukan (heat input), terutama besarnya arus pengelasan. Variasi arus dapat menyebabkan perbedaan penetrasi, ukuran butir, perubahan fasa, serta karakteristik daerah HAZ (Heat Affected Zone), yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan tarik dan perilaku deformasi material.

Arus pengelasan yang terlalu kecil dapat menghasilkan penetrasi yang kurang optimal sehingga menurunkan kekuatan sambungan. Sebaliknya, arus yang terlalu besar dapat meningkatkan panas masukan secara berlebihan, memicu pertumbuhan butir kasar, dan menurunkan keuletan material. Oleh karena itu, pemilihan arus yang tepat merupakan faktor kritis dalam memastikan bahwa sambungan las memiliki sifat mekanik yang sesuai dengan standar kinerja.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi arus 50 A, 75 A, dan 100 A pada proses pengelasan argon terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro Stainless Steel 321. Melalui pengujian tarik dan observasi struktur mikro, penelitian ini bertujuan untuk menentukan arus optimal yang menghasilkan sambungan dengan kualitas terbaik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam penerapan parameter pengelasan SS321 pada aplikasi industri, khususnya yang membutuhkan kekuatan sambungan tinggi dan stabilitas material pada suhu ekstrem.

II. LANDASAN TEORI

A. *Stainless steel 321.*

Stainless Steel 321 adalah salah satu jenis baja tahan karat austenitik yang sering digunakan dalam aplikasi industri yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi dan korosi. Berikut beberapa aplikasi utama *Stainless Steel 321* pada pesawat [6].

B. *Karakteristik*

Stainless Steel 321 memiliki beberapa karakteristik yang membuatnya sangat berguna dalam berbagai aplikasi industri, terutama yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi dan korosi. Berikut beberapa karakteristik utama *Stainless Steel 321*:

1. Ketahanan Terhadap Suhu Tinggi. *Stainless Steel 321* dapat menahan suhu hingga 870°C (1600°F), membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi.
2. Ketahanan Korosi. Tahan terhadap berbagai jenis korosi, termasuk korosi antar butir, yang sering terjadi pada suhu tinggi.
3. Komposisi Kimia. Mengandung elemen titanium, yang meningkatkan ketahanan terhadap korosi antar butir. Komposisi utama meliputi kromium (18%), nikel (9-12%), dan titanium (0.5%).

4. Kekuatan Mekanis yang Baik. Memiliki kekuatan mekanis yang baik pada suhu tinggi dan rendah, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi mekanis.
5. Formabilitas dan Kelas Formabilitas. Mudah dibentuk dan dilas, sehingga memudahkan proses manufaktur.
6. Non-Magnetik. *Stainless Steel 321* adalah non-magnetik dalam kondisi anil (*annealed*), tetapi bisa menjadi sedikit magnetik setelah pemrosesan dingin.

Karakteristik-karakteristik ini membuat *Stainless Steel 321* sangat berguna dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri penerbangan hingga pembuatan peralatan industri.

C. Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas dan menggunakan bahan tambah atau elektroda yang dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan [10].

Pengelasan terbagi menjadi beberapa jenis yaitu :

1. *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*. Merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas CO_2 sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer [4].
2. *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*. Sering juga disebut *Tungsten Inert Gas (TIG)* merupakan salah satu dari bentuk las busur listrik (*Arc Welding*) yang menggunakan inert gas sebagai pelindung dengan tungsten atau wolfram sebagai penghantar arus listrik untuk menghasilkan las. Daerah las dilindungi Gas pelindung yang biasa digunakan pada *GTAW* adalah gas mulia Argon (Ar) dan Helium (He), atau campuran keduanya. fungsi utama dari gas pelindung adalah melindungi logam las dari kontaminasi udara luar, disamping itu juga sebagai fluida pendingin elektrode tungsten [10].
3. *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*. Las *SMAW* yang berasal dari kata *Shield Metal Arc Welding* adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (kawat las). Panas tersebut ditimbulkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas). Panas yang timbul dari lonjakan ion listrik ini besarnya dapat mencapai $4000^{\circ}C$ sampai $4500^{\circ}C$. Las *SMAW* ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Skema pengelasan dan prinsip dasar pengelasan *SMAW* dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2

4. *Submerged Arc Welding (SAW)*. Pengelasan dengan menggunakan metode *SAW* atau las busur terendam adalah pengelasan dengan prinsip logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampang, fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan secara terus menerus sehingga pengelasan tersebut dapat dilakukan secara otomatis dan mudah dalam pengoperasiannya serta memiliki keandalan yang tinggi [2].
5. *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)*. Las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas argon sebagai pelindung busur. Las *FCAW* adalah proses otomatis yang memanfaatkan elektroda wire roll untuk mencairkan logam. Selain itu, *FCAW* memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan Teknik pengelasan umum karena Teknik ini memiliki control yang lebih baik serta sifat tarik las baja rendah [8].

D. Uji Tarik.

Tujuan utama dilakukan pengujian tarik adalah untuk mengetahui berapa nilai kekuatan sambungan logam hasil pengelasan yang sudah dilakukan. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials*. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusannya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

E. Uji Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan susunan internal butir (*grain*) dan fase-fase logam yang membentuk suatu material logam, yang tidak dapat diamati dengan mata telanjang karena berukuran mikroskopis (1–100 μm). Untuk mengamati struktur mikro digunakan berbagai alat seperti *optical microscope*, *scanning electron microscope (SEM)*, *transmission electron microscope (TEM)*, atau *field emission microscope*. Struktur mikro memiliki peran penting dalam menentukan sifat mekanik, fisik, dan kimia suatu material, seperti kekuatan tarik, keuletan, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi (Callister & Rethwisch, 2022).

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Pada bab III akan dibahas mengenai metodologi penelitian. Metodologi penelitian meliputi variabel penelitian, diagram alir, bahan, peralatan, dan prosedur penelitian. Percobaan ini dilakukan untuk dapat mengetahui kekuatan tarik dan struktur mikro dari SS321. Proses pengerjaan baja tersebut meliputi pengelasan dengan *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* yang kemudian akan dilakukan pengujian tarik dan struktur mikro. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik dan struktur mikro yang berada di Laboratorium Material Teknik Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara dan Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto.

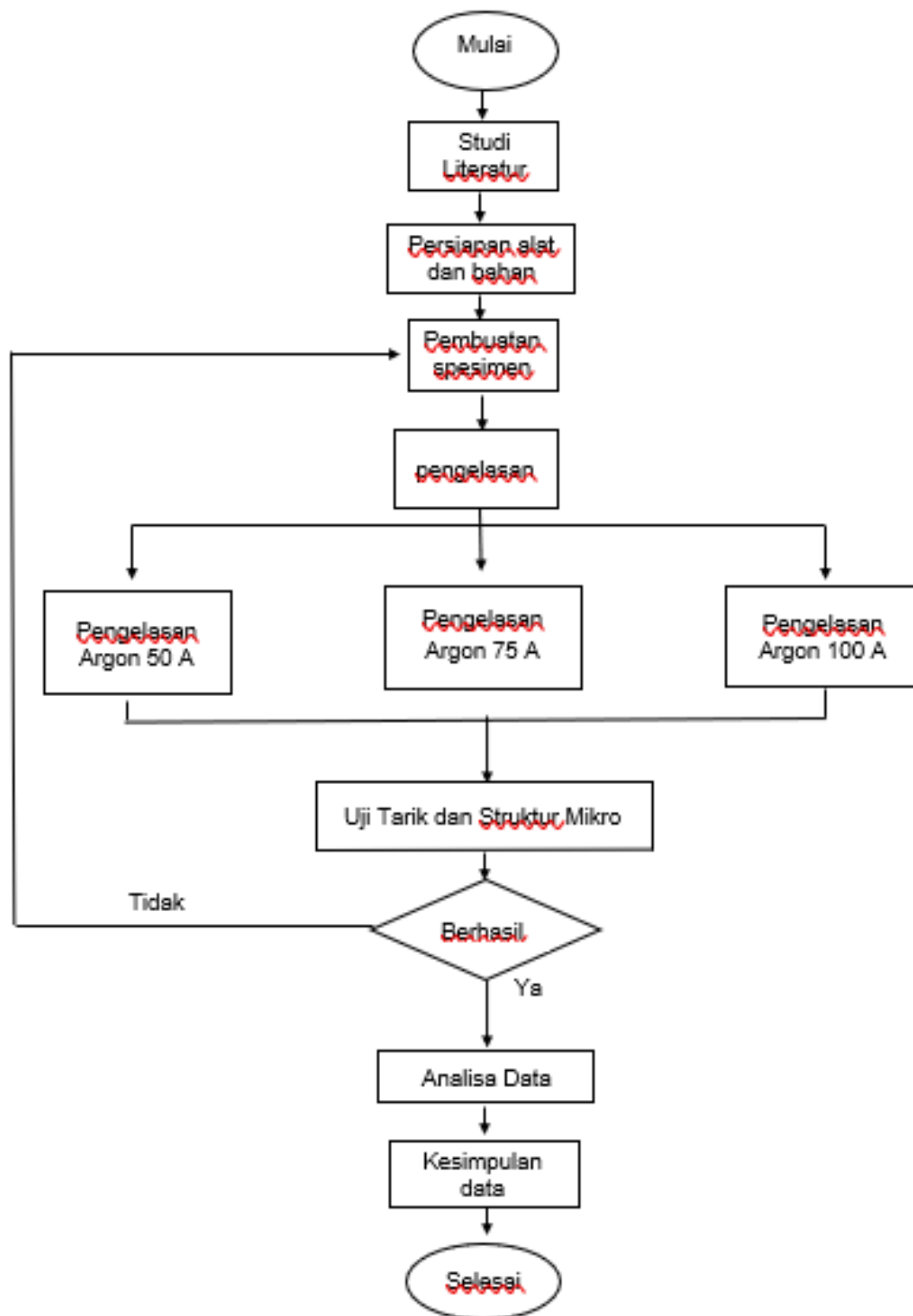
1. Pada tahap awal adalah mencari materi yang berhubungan dengan tugas akhir dengan judul dan materi yang telah ditentukan yaitu mencari informasi mengenai *GTAW*, Uji tarik *Stainless Steel 321*.
2. Penyiapan bahan. Pada tahap ini adalah menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian yaitu *Stainless Steel 321* berbentuk plat yang akan di potong sesuai dengan ukuran standar spesimen uji tarik ASTM E8. Berikut gambar bahan yang digunakan tersaji pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Stainless Steel 321

3. Membagi spesimen sebanyak 9 buah untuk penelitian :
 - a. Menguji Tarik *Stainless steel 321* yang akan di las dengan variasi arus 50 ampere (3 spesimen).
 - b. Menguji Tarik *Stainless steel 321* yang akan di las dengan variasi arus 75 ampere (3 spesimen).
 - c. Menguji Tarik *Stainless steel 321* yang akan di las dengan variasi arus 100 ampere (3 spesimen).
4. Lakukan pengelasan menggunakan teknik *GTAW*
5. Selanjutnya bahan uji dilaksanakan pengujian tarik
6. Data yang diperoleh kemudian dianalisa dan dibandingkan kualitas antara variasi arus yang terbaik berdasarkan hasil penelitian yang berbeda-beda.

Diagram alir penyusun penelitian ini digambarkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Diagram Alir

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Berikut ini merupakan proses dari pengujian spesimen dengan uji tarik dan uji kekerasan. Setelah diasumsikan dengan berbagai parameter dan perumusan masalah yang sudah ditentukan maka diperoleh data-data pengujian. Analisis ini berfokus hasil nilai uji tarik dan uji kekerasan spesimen. Data hasil pengujian disajikan dalam Tabel dibawah ini:

TABEL I
DATA HASIL PERHITUNGAN UJI TARIK

Spesimen	Tegangan (MPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (Mpa)
LAS 50 A1	647,1295	0,246231156	2628,138
LAS 50 A2	567,8968	0,105527638	5381,498
LAS 50 A3	637,6156	0,200502513	3180,088
Rata-rata	617,5473	0,184087	3729,908
LAS 75 A1	426,9736	0,135175879	3158,652
LAS 75 A2	644,4508	0,24120603	2671,786
LAS 75 A3	634,6232	0,190954774	3323,421
Rata-rata	568,6825	0,189112	3051,286
LAS 100 A1	571,5208	0,113065327	5054,784
LAS 100 A2	646,6516	0,230150754	2809,687
LAS 100 A3	587,4081	0,123115578	4771,192
Rata-rata	601,8602	0,155444	4211,888

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan dan data pada tabel sebelumnya, dapat diketahui bahwa proses pengelasan *Stainless Steel 321* dengan variasi arus 50 A, 75 A, dan 100 A memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas material hasil las. Ketiga parameter ini mencerminkan sifat mekanik utama dari sambungan las, yaitu kekuatan, keuletan, dan kekakuan material.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen dengan arus pengelasan 50 A memiliki nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 647,1295 N/mm² dan regangan terbesar sebesar 0,2462. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada arus rendah, energi panas yang dihasilkan selama proses pengelasan relatif lebih kecil, sehingga laju pendinginan berlangsung lebih lambat dan menghasilkan struktur mikro yang lebih halus dan homogen. Struktur tersebut berperan penting dalam meningkatkan kekuatan tarik serta kemampuan deformasi material sebelum patah. Dengan demikian, sambungan hasil pengelasan pada arus 50 A memiliki keseimbangan yang baik antara kekuatan dan keuletan.

Sebaliknya, pada pengelasan dengan arus 100 A, meskipun nilai modulus elastisitas mencapai 5054,784 N/mm², yang menunjukkan sifat material menjadi lebih kaku, nilai regangan dan tegangan tariknya relatif menurun dibandingkan arus 50 A. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya panas las yang menyebabkan pertumbuhan butir (*grain growth*) di daerah logam las dan daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone / HAZ*). Butiran yang membesar mengakibatkan penurunan kekuatan tarik dan keuletan material, walaupun kekakuannya meningkat. Dengan kata lain, sambungan las pada arus tinggi cenderung lebih keras tetapi juga lebih getas.

Sementara itu, spesimen yang dilas menggunakan arus 75 A menunjukkan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas yang berada di antara kedua variasi lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa arus menengah memberikan hasil yang paling seimbang, karena

proses pelelehan dan pendinginan logam las terjadi secara stabil tanpa menghasilkan cacat termal yang signifikan. Kondisi ini menjadikan sambungan hasil las pada arus 75 A memiliki sifat mekanik yang cukup baik serta struktur mikro yang relatif seragam.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa variasi arus las berpengaruh langsung terhadap perilaku mekanik material *Stainless Steel 321*. Arus yang terlalu rendah menghasilkan lasan dengan kekuatan tarik tinggi namun potensi penetrasi kurang optimal, sedangkan arus yang terlalu tinggi menimbulkan pertumbuhan butir besar dan penurunan keuletan. Oleh karena itu, pemilihan arus las yang tepat sangat penting untuk mencapai kombinasi optimal antara kekuatan, keuletan, dan kekakuan pada sambungan logam hasil pengelasan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis uji tarik dan pengamatan struktur mikro pada material *stainless steel 321* yang dilas menggunakan variasi arus 50 A, 75 A, dan 100 A, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil uji tarik dari berbagai variasi arus menunjukkan *Stainless Steel 321* tetap memiliki kekuatan yang baik setelah mengalami pengelasan, namun dengan arus 75 A menghasilkan nilai regangan, tegangan, dan modulus elastisitas yang paling optimal.
- b. Pengamatan struktur mikro setelah pengelasan memperlihatkan adanya perubahan fasa pada *Stainless Steel 321*. Teridentifikasi terbentuknya fasa *ferrite* dan *pearlite* akibat pengaruh panas selama proses pengelasan. Perubahan mikrostruktur ini berpengaruh terhadap sifat mekanik spesimen, terutama dalam meningkatkan kekuatan sambungan.

VI. REFERENSI

- [1] *American Welding Society*. (2020). AWS D17.1/D17.1M: Spesifikasi untuk Pengelasan Fusi pada Aplikasi Dirgantara. Publikasi AWS.
- [2] Bhattacharya, D. (2019). *Prinsip-Proses Manufaktur Logam*. CRC Press
- [3] Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2022). Ilmu dan Rekayasa Material: Sebuah Pengantar (Edisi ke-10). Wiley
- [4] Davis, J. R. (Ed.). (2018). Baja Tahan Karat (*Stainless Steels*). ASM International.
- [5] Johnson, L., & Lee, K. (2020). Pengaruh variasi arus terhadap kekuatan dan struktur mikro hasil pengelasan TIG pada baja tahan karat. *Jurnal Rekayasa Material*, 15(2), 45–53.
- [6] Kou, Sindo. (2003). *Metalurgi Pengelasan (Welding Metallurgy)* (Edisi ke-2). Diterjemahkan oleh John Wiley & Sons, Amerika Serikat.
- [7] Miller, D. (2019). Prinsip dan Aplikasi Pengelasan (Edisi ke-8). Cengage Learning.
- [8] Prayogo, R. D. (2018). Analisis Pengaruh Variasi Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro pada Baja SS400 dengan Metode GTAW. Universitas Negeri Malang.
- [9] PT Dirgantara Indonesia. (2023). Gambaran Umum Pesawat N219. Diakses dari <https://www.indonesian-aerospace.com>
- [10] Smith, R., & Brown, J. (2021). Pengantar Metalurgi Pengelasan. McGraw-Hill Education.