

ANALISIS VARIASI SHIELDING GAS DAN DAYA (POWER) PADA PENGELASAN LASER BEAM WELDING (LBW) JENIS FIBER LASER PADA MATERIAL SS400 TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

Wahyu Agus Pribadi^{1*}, Moh. Miftachul Munir², Hendri Budi Kurniyanto³

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya60111^{1*}

Email: wahyuap494@gmail.com¹

Abstract – This research evaluates the effectiveness of Laser Beam Welding (LBW) with a Fiber Laser on SS400 material, addressing defects commonly encountered with Gas Metal Arc Welding (GMAW) on thin plates. It examines the impact of power variations (60%, 65%, 70%) and protective gases (97.5% Argon and 100% CO₂) on welding performance. Testing included visual inspections, tensile strength, hardness, and metallography. Visual tests confirmed all variations met acceptance criteria. The highest tensile strength of 518.4 MPa was achieved with 100% CO₂ at 70% power, while the lowest was 513.85 MPa with CO₂ at 60% power. For Argon, the highest tensile strength was 485.25 MPa at 70% power, and the lowest was 402.25 MPa at 60% power. Macro testing revealed the best penetration of 1.9 mm with 100% CO₂ at 70% power and the lowest of 1.6 mm at 60% power. For Argon, the highest penetration was 1.7 mm at 70% power, and the lowest was 1.5 mm at 60% power. Microstructure analysis showed that the base metal was ferritic, with the weld metal containing both ferrite and pearlite phases, the latter being more dominant. Hardness tests indicated that CO₂ with 70% power had the highest hardness of 250.5 HVN, while Argon at 70% power had 243.33 HVN. CO₂ provided superior tensile strength and penetration, while Argon offered a better visual appearance.

Keyword: Hardness, Tensile strength, Laser Beam Welding, Microstructure

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini, terutama di bidang transportasi, sangat pesat. Transportasi, sebagai kebutuhan utama, termasuk kereta api yang banyak digunakan di Indonesia. Kereta api adalah serangkaian kendaraan yang ditarik oleh lokomotif untuk mengangkut penumpang atau barang.

PT. Inka Multi Solusi adalah perusahaan manufaktur kereta api yang menggunakan material SS400, baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,17%, untuk membuat underframe. Saat ini, PT. Inka Multi Solusi menggunakan Gas Metal Arc Welding (GMAW) untuk menyambung material SS400, tetapi sering mengalami cacat yang mengakibatkan waktu produksi yang lebih lama karena perlu perbaikan. mempengaruhi sifat mekanik sambungan.

Untuk mengurangi cacat dan meningkatkan efisiensi, PT. Inka berencana menggunakan Laser Beam Welding (LBW) dengan fiber laser. LBW adalah proses pengelasan yang memanfaatkan sinar laser untuk menyambung logam, menawarkan akurasi tinggi dan efektivitas dalam pengelasan material tipis.

Parameter penting dalam LBW termasuk shielding gas dan daya (power), yang mempengaruhi penetrasi pengelasan, konsentrasi sinar laser, dan radiasi.[3]

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi shielding gas dan daya pada LBW terhadap sifat mekanik dan struktur mikro material SS400. Variasi gas yang digunakan adalah Argon 97,5% dan CO₂ 100%, dengan daya 60%, 65%, dan 70%. Penelitian ini akan mengevaluasi perbedaan parameter dan penetrasi sambungan las untuk memahami efektivitas masing-masing parameter dalam proses LBW. [4]

2. METODOLOGI.

Penelitian ini menggunakan material *mildsteel* SS 400 dengan dimensi 250x150x3 mm. Material tersebut dilakukan pengelasan menggunakan *Laser Beam Welding* dengan menggunakan elektroda ER70S-6 serta variasi *Shielding Gas* Argon 97,5% dan CO₂ dan nilai parameter daya laser 60%, 65%, dan 70%. Selanjutnya material dilas, Sehingga jumlah total tes kupon nantinya adalah 6 spesimen pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi pengelasan

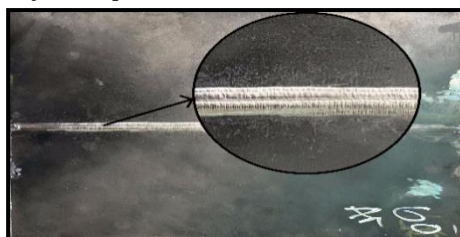
Variable	Travel Speed (mm/s)	Daya Laser (%/Watt)	Heat Input (mm/s)
V1	4,29	60	210,0
V2	4,30.	65	226,7
V3	4,00	70	262,8
Variabel	Travel Speed (mm/s)	Daya Laser (%/Watt)	Heat Input (mm/s)
B1	4,18	60	215,1
B2	3,87	65	252,2
B3	3,94	70	266,2

Proses Pengelasan dilakukan pada material SS400, menggunakan proses pengelasan *Laser Beam Welding* dengan *joint design V Groove* posisi 1G. Kemudian dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari uji visual, uji tarik, uji kekerasan, dan uji metallography.

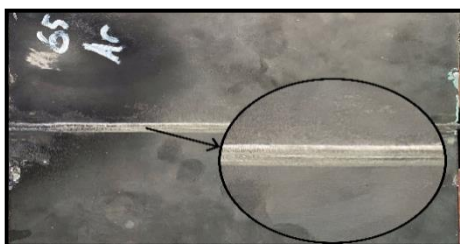
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Visual Test

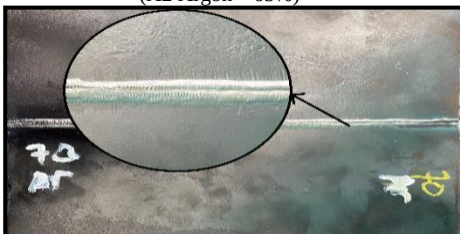
Pengujian visual dilakukan sesaat setelah dilakukannya proses pengelasan. Standar keberterimaan uji visual mengacu padastandar ISO 5817. Berikut adalah hasil pengujian *visual examination* dari *shielding gas* argon yang ditunjukkan pada Gambar 1



(A1 Argon-daya 60)



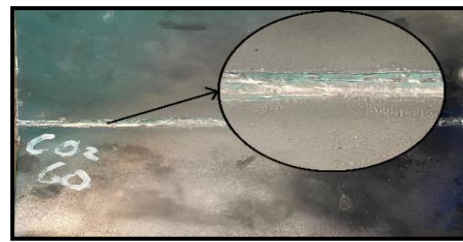
(A2 Argon – 65%)



(A3 Argon – 70%)

Gambar 1 Hasil Pengujian Visual Argon
 Selanjutnya adalah hasil pengujian *visual*

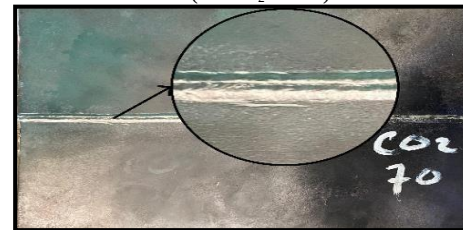
examination dari *shielding gas* CO₂ yang ditunjukkan pada Gambar 2



(B1 CO₂ - 60%)



(B2 CO₂ – 65%)



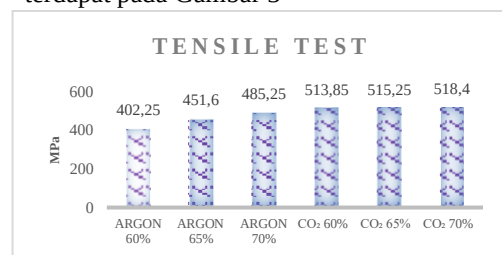
(B3 CO₂ – Daya 70%)

Gambar 2 Hasil Pengujian Visual CO₂

Dari hasil pengelasan *test coupon* semua variasi tersebut, dilakukan pengamatan secara visual untuk memastikan area pada lasan memenuhi *acceptance criteria* sesuai dengan *standart* ISO 5817.

3.2 Hasil Pengujian Tarik

Berikut adalah rata-rata nilai kuat tarik total tiap spesimen variasi pada penelitian ini terdapat pada Gambar 3



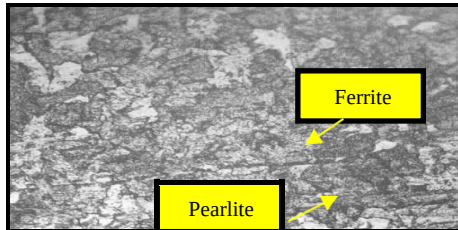
Gambar 3 Grafik Nilai Kuat Tarik

Berdasarkan hasil uji tarik, semua variasi menunjukkan peningkatan nilai kuat tarik. Peningkatan ini disebabkan oleh heat input yang lebih tinggi, yang meningkatkan nilai ultimate tensile strength karena daya laser yang lebih besar dan penggunaan *shielding gas* CO₂ nilai *tensile* lebih tinggi di bandingkan gas argon, untuk gas CO₂ patah pada daerah base metal sedangkan gas argon patah didaerah weld metal. Tetapi nilai *tensile* setiap variasi memenuhi syarat keberterimaan, nilai kuat

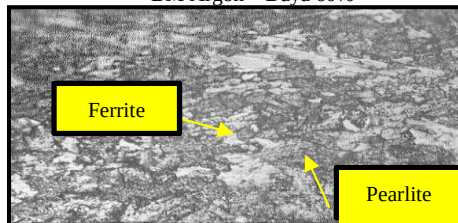
tarik melebihi nilai minimum sebesar 400 MPa sesuai dengan standard JISG3101. [2]

3.3 Hasil Pengujian Micro

Hasil pengamatan mikro pada daerah base metal dengan pembesaran 400x dapat dilihat pada Gambar 4



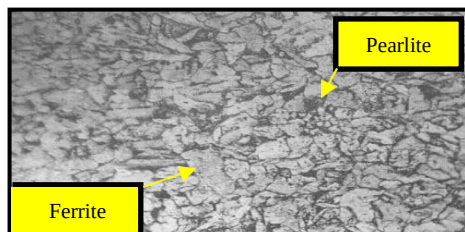
BM Argon – Daya 60%



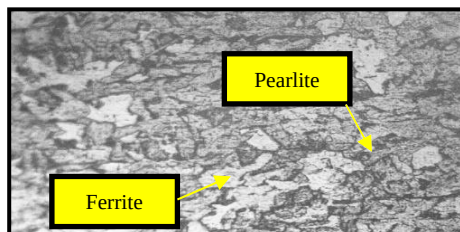
BM CO₂ – Daya 60%

Gambar 4 Struktur mikro base metal

Hasil pengamatan mikro pada daerah HAZ dengan perbesaran 400x dapat dilihat pada Gambar 5



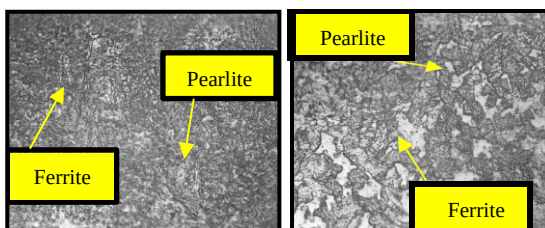
HAZ Argon – Daya 65%



HAZ CO₂ – Daya 65%

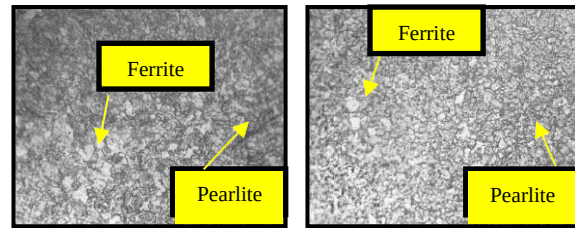
Gambar 5 Struktur mikro HAZ

Hasil pengamatan mikro pada daerah Weld Metal dengan perbesaran 400x dapat dilihat pada Gambar 6



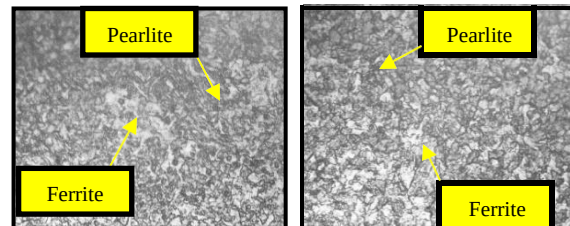
Argon – Daya 60%

CO₂ – Daya 65%



Argon – Daya 65%

CO₂ – Daya 65%



Argon – Daya 70%

CO₂ – Daya 70%

Gambar 6 Struktur mikro Weld Metal

Bagian base metal tidak mendapat perlakuan langsung dari proses pengelasan, melainkan lewat rambatan panas yang diterima saat proses pengelasan di daerah sambungan kedua material yang membentuk struktur mikro, Fasa yang terbentuk pada baja SS400 yang terpengaruh panas hasil pengelasan adalah *ferrite* dan *pearlite* dengan persentase *ferrite* lebih mendominasi.

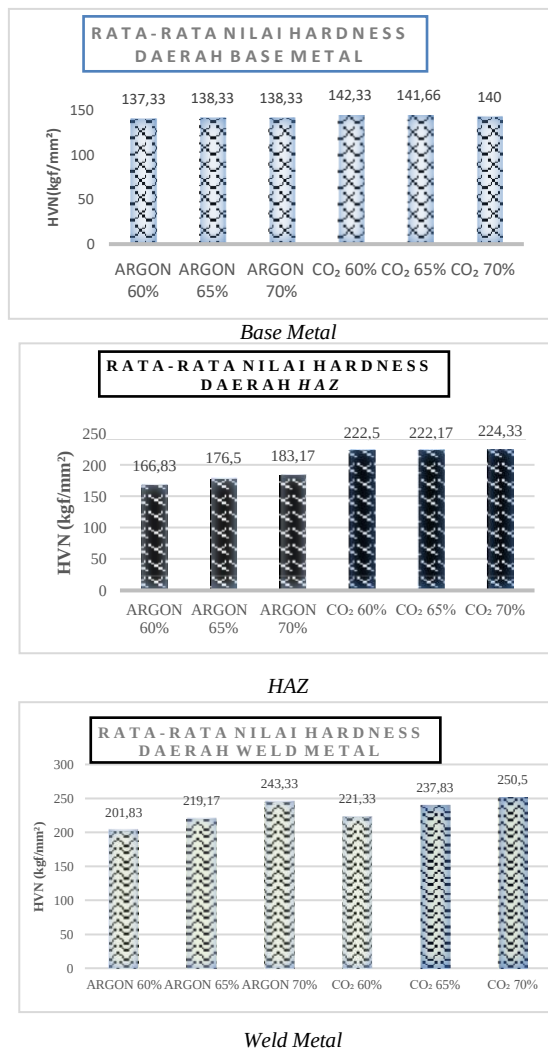
Daerah HAZ adalah daerah yang terkena campuran panas dari area *weld metal* dengan *base metal* sehingga struktur pada daerah HAZ di dominasi dengan fasa *pearlite*, namun pada variasi *shielding gas* argon lebih di dominasi fasa yang (berwarna hitam) fasa *pearlite* dan struktur fasanya lebih padat, sedangkan variasi *shielding gas* CO₂ cenderung lebih terang (berwarna putih) dan di dominasi fasa *ferrite* dan fasa *pearlite*, kepadatan struktur tidak terlalu rapat, bentuk fasa *ferrite* dan fasa *pearlite* pada daerah HAZ memiliki bentuk yang berbeda jika di dibandingkan dengan bentuk fasa pada daerah *base metal*. Hal tersebut disebabkan karena pada daerah pengelasan HAZ mengalami siklus termal saat proses pengelasan. Semakin besar masukan panas yang terdistribusi terhadap material, hal tersebut menyebabkan luasan daerah *Heat affected Zone* akan meningkatkan dan juga merubah struktur mikro pada material. Sehingga panas yang di terima di daerah HAZ akan di serap langsung oleh logam induk yang di sebut proses pendinginan cepat, pendinginan tersebut terjadi reaksi *eutektoid* dimana *austenite* tidak ada yang bertransformasi *allotropik* menjadi *ferrite* terlebih dahulu dan langsung berubah menjadi *pearlite*. [1]

Daerah *weld metal* mengandung fasa *ferrite* dan fasa *pearlite*, di daerah *weld metal* lebih mendominasi fasa *pearlite* dari pada fasa yang lainnya dan bentuk fasa *pearlite* yang padat di

setiap variasi, semakin besar daya (*power*) maka semakin padat bentuk struktur mikro dan semakin banyak fasa *pearlite*, hal tersebut disebabkan oleh besarnya distribusi panas dan waktu pendinginan yang relative lebih cepat, dan semakin besar distribusi panas maka jumlah *ferrite* akan mulai mengalami penurunan dan mulai peningkatan fasa *pearlite*. Laju pendinginan dapat dipengaruhi oleh media pendingin dan ketebalan material yang digunakan, Pada penelitian ini untuk media pendinginan adalah udara dan ketebalan material yang digunakan adalah plat 3 mm. Ketebalan material yang tergolong tipis mendukung pendinginan cepat terjadi ketika material selesai dilakukan pengelasan.

3.4 Hasil Pengujian Hardness

Berikut adalah hasil pengujian *hardness* dituliskan dalam bentuk grafik dengan setiap grafiknya menunjukan pada daerah *Base Metal*, *HAZ*, *Weld Metal*



Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terletak di daerah weld metal, dengan urutan dari terendah ke tertinggi berdasarkan variasi shielding gas dan daya laser

adalah sebagai berikut: variasi Ar 97,5% - daya 60% sebesar 201,83 kgf/mm², Ar 97,5% - daya 65% sebesar 219,17 kgf/mm², dan Ar 97,5% - daya 70% sebesar 243,33 kgf/mm². Untuk variasi CO₂, daya 60% menghasilkan 221,33 kgf/mm², daya 65% sebesar 237,83 kgf/mm², dan daya 70% sebesar 250,50 kgf/mm². Nilai kekerasan yang tinggi di daerah weld metal disebabkan oleh masukan panas yang terus-menerus selama proses pengelasan. [5]

Selanjutnya, daerah HAZ (*Heat-Affected Zone*) memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan weld metal, dengan urutan dari terendah ke tertinggi sebagai berikut: variasi Ar 97,5% - daya 60% sebesar 166,67 kgf/mm², Ar 97,5% - daya 65% sebesar 176,50 kgf/mm², dan Ar 97,5% - daya 70% sebesar 183,17 kgf/mm². Untuk variasi CO₂, daya 60% menghasilkan 222,50 kgf/mm², daya 65% sebesar 222,17 kgf/mm², dan daya 70% sebesar 224,33 kgf/mm². Daerah HAZ masih terkena masukan panas dan memiliki fase campuran dari weld metal dan base metal.

Daerah base metal memiliki nilai kekerasan paling rendah dibandingkan dengan weld metal dan HAZ. Urutannya dari terendah ke tertinggi adalah: variasi Ar 97,5% - daya 60% sebesar 137,33 kgf/mm², Ar 97,5% - daya 65% dan 70% masing-masing 138,33 kgf/mm², serta variasi CO₂ - daya 60% sebesar 142,33 kgf/mm², daya 65% sebesar 141,67 kgf/mm², dan daya 70% sebesar 140,00 kgf/mm². Base metal memiliki nilai kekerasan rendah karena tidak terpengaruh oleh masukan panas yang signifikan selama proses pengelasan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penyajian data dan analisis hasil pengujian dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. **Hasil pengujian tarik:** Spesimen dengan variasi shielding gas Ar 97,5% - daya 70% menunjukkan nilai tarik tertinggi sebesar 485,25 MPa, sedangkan variasi Ar 97,5% - daya 60% memiliki nilai terendah sebesar 402,25 MPa. Untuk shielding gas CO₂ 100%, daya 70% menghasilkan nilai tertinggi sebesar 518,4 MPa, sedangkan daya 60% menghasilkan nilai terendah sebesar 513,85 MPa.
2. **Hasil pengujian kekerasan:** Nilai kekerasan tertinggi ditemukan pada wilayah weld metal. Spesimen dengan variasi Ar 97,5% - daya 70% memiliki nilai kekerasan sebesar 296,17 kgf/mm², sedangkan variasi Ar 97,5% - daya 60% adalah 284,50 kgf/mm². Untuk gas CO₂ 100%, variasi daya 70% menunjukkan nilai kekerasan 205,50 kgf/mm², sementara daya 60% adalah 199,00 kgf/mm².

3. **Hasil Pengujian Makro:** Kedalaman penetrasi bervariasi tergantung pada parameter yang digunakan. Variasi Ar 97,5% - daya 70% menghasilkan penetrasi terdalam sebesar 1,7 mm, sedangkan daya 60% adalah 1,5 mm. CO₂ 100% - daya 70% memberikan penetrasi terdalam 1,9 mm, dan daya 60% sebesar 1,6 mm. CO₂ menghasilkan penetrasi lebih dalam dibandingkan Ar karena busur yang lebih intens dan panas yang lebih terfokus, meskipun hasil lasnya lebih kasar. Ar memberikan penetrasi yang kurang dalam tetapi dengan hasil las yang lebih halus.

Hasil pengujian mikro: Pada pembesaran 400x, fasa pada daerah weld metal terdiri dari ferrite dan pearlite, dengan dominasi pearlite akibat distribusi panas yang tinggi dan pendinginan cepat. Semakin besar daya, fasa menjadi lebih padat, dengan argon menghasilkan fasa lebih padat dibandingkan CO₂. Di daerah HAZ dan base metal, fasa dominan adalah ferrite dan pearlite, dengan HAZ menunjukkan fasa yang lebih padat daripada base metal

304 material', pp. 38–45.

- [6] Stavridis, J., Papacharalampopoulos, A. and Stavropoulos, P. (2018) 'Quality

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam melakukan pengerjaan tugas akhir ini, seperti dosen pembimbing, pembimbing OJT, PT. Inka Multi Solusi, dan terkhusus juga untuk Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6. PUSTAKA

- [1] Awali, J. *et al.* (2021) 'Analisis Variasi Arus Pengelasan Kombinasi SMAW-FCAW dengan Kampuh Double V-Groove terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Dissimilar Material JIS G3101-SS400 dan ASTM A36', *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(2), pp. 421–432. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.02.19>. 'AWS A5.18 2021.pdf' (no date).
- [2] 'INTERNATIONAL STANDARD' (2022), 2022.
- [3] Lamidi, S. *et al.* (2022) 'We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists', (September). Available at: <https://doi.org/10.5772/intechopen.102456>.
- [4] Lubay, A. (2017) 'Variasi Waktu Tahan Pada Proses Austempering Berpengaruh Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Tinggi', *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 1(1), p. 112. Available at: <https://doi.org/10.35449/teknika.v1i1.8>.
- [5] Rizki, M.N., Putra, R. and Mawardi, I. (no date) 'Influence of shielding gas flow on the TIG welding process using stainless steel