

Analisis Kuat Arus Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Material A53 Gr B Dengan Proses Gas Tungsten Arc Welding

Tarmizi^{1*}, Yudha Bakti Nugraha², Irfan¹

¹Balai Besar Logam dan Mesin-Kemenperin
Jl. Sangkuriang No.12 Bandung, Indonesia 40135

²Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Gatot Subroto, Bandung, Indonesia 40285

Abstrak

Pengelasan dengan parameter proses yang tepat akan menghasilkan sambungan dengan sifat mekanik yang optimal. Kuat arus adalah parameter proses yang sangat penting dalam pengelasan. Proses Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) pada baja karbon A53 Gr B menggunakan variasi kuat arus menjadi pilihan utama untuk mendapatkan kualitas sambungan las yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang optimum seperti kuat tarik, tekuk, nilai kekerasan dan struktur mikro dengan memvariasikan kuat arus. Metode percobaan menggunakan proses GTAW dengan memberikan variasi arus pada pengelasan baja A 53 Gr B dengan bentuk sambungan single V dan posisi pengelasan 5G. Kecepatan aliran gas pelindung Argon 15 liter per menit dengan filler rod ER 70 S-6. Variasi arus yang diberikan 70, 90 dan 110A dengan tegangan 11-13 V polaritas DCEN. Hasil pengujian sesuai ASME section IX menunjukkan bahwa spesimen kuat arus 90A memberikan hasil optimum dengan kuat tarik 480 MPa dan nilai kekerasan 190 HV. Sedangkan spesimen dengan arus pengelasan 70A terdapat cacat incomplete penetration pada daerah lasan. Penggunaan arus pengelasan 90A pada penelitian ini memberikan hasil las dengan sifat mekanik dan struktur mikro yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan kuat arus 70 dan 110A.

Kata kunci: GTAW; A53 Gr B; arus pengelasan; incomplete penetration; sifat mekanik; struktur mikro

Abstract

[Title: Analysis of Current on Mechanical Properties and Microstructure of A53 Gr B Material with Gas Tungsten Arc Welding Process] The welding use correct process parameters will produce joint with optimum in mechanical properties. The current is a very important process parameter in welding. Gas Tungsten Arc Welding process carbon steel A53 Gr B uses current variations can be an option to get the best quality joints. The purpose of this research is to get optimum mechanical properties and microstructure by varying the current. The experimental method uses GTAW process by varying current in welding A 53 Gr B using a single V butt joint and a 5G welding position, the Argon protective gas flow rate of 15 liters per minute with filler rod ER 70 S-6. This process also uses 11-13 Volt voltage with DCEN polarity and current 70, 90, and 110A. Based on ASME Section IX, the test results show that the specimen with a current of 90A gives optimum results with a tensile strength of 480 MPa and a hardness value of 190 HV, whereas specimens with welding current of 70A bring incomplete penetration defects in the weld area. The use of welding current 90A in this research provides welding results with better mechanical properties and microstructure compared to the use of currents of 70 and 110A.

Keywords: GTAW; A53 Gr B; current; incomplete penetration; mechanical properties; microstructure

^{*)} Penulis Korespondensi.

E-mail: tarmizi@kemenperin.go.id

1. Pendahuluan

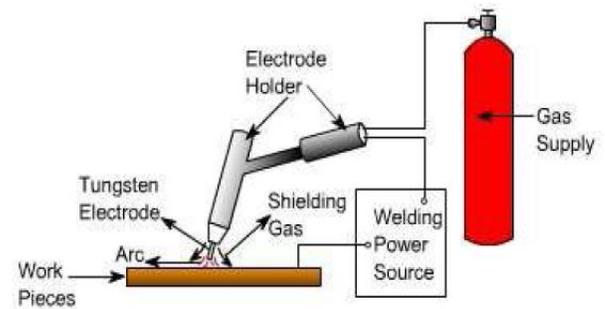
Perkembangan industri minyak dan gas bumi yang semakin pesat tidak lepas dari kemajuan teknologi dalam pemilihan material dan metode penyambungannya. Pemilihan material dan metode pengelasan pipa saluran minyak dan gas bumi harus mengacu pada standar yang ada. Hal ini disebabkan pemilihan material dan metode pengelasan pada pipa yang akan digunakan pada suhu tinggi dan korosi tinggi harus benar benar memenuhi standar (Rupajati, Fernando & Suastiyanti, 2018).

Industri maritim termasuk salah satu industri yang pada era modern ini sudah semakin maju, baik pada bidang eksplorasi sumber daya alam di lepas pantai maupun pada bidang transportasi laut. Pada bidang eksplorasi lepas pantai contohnya, untuk melakukan eksploitasi sumber daya alam di lepas pantai dibutuhkan struktur sebagai sarana untuk melakukan kegiatan eksploitasi. Struktur lepas pantai hampir semuanya menggunakan material dari logam. Penggunaan logam sebagai material struktur lepas pantai erat kaitannya dengan proses penyambungan antar material logam pada struktur tersebut. Pengelasan merupakan proses penyambungan logam yang sudah lazim digunakan pada pengerjaan struktur lepas pantai (Palgunadhi, 2017).

Saat ini berbagai macam proses pengelasan tersedia di lapangan sehingga pengelasan banyak digunakan sebagai proses fabrikasi dan manufaktur untuk menggabungkan material dalam berbagai komposisi, bentuk dan ukuran. Pengelasan fusi adalah proses penyambungan yang banyak digunakan dalam konstruksi, pembangunan kapal, jembatan baja, bejana tekan, dll. Pengelasan merupakan proses penyambungan yang penting karena efisiensi sambungan yang tinggi, penyetulan yang sederhana, fleksibilitas dan biaya fabrikasi yang rendah. Pengelasan adalah proses yang efisien, dapat diandalkan dan ekonomis (Armentani, Esposito & Sepe, 2007; Palgunadhi, 2017; Sumardiyanoto & Susilowati, 2019; Talabi *dkk.*, 2014).

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) atau *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah suatu proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan (*non consumable*) dengan atau tanpa logam pengisi dan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar yang bisa dikerjakan secara manual maupun otomatis seperti ditunjukkan Gambar 1. Pada proses GTAW peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk (Kutelu *dkk.*, 2018; Pamungkas, 2016).

Beberapa penelitian mengenai pengelasan baja karbon telah dilakukan seperti yang dilakukan oleh Miftin, Mohammed, & Nassar (2020) secara umum menyebutkan bahwa peningkatan arus listrik menyebabkan peningkatan masukan panas secara keseluruhan dan ketika masukan panas naik kemungkinan terjadinya tegangan sisa juga naik. Penelitian lain yang



Gambar 1. Skema proses GTAW (Sarolkar & Kolhe, 2017)

diungkapkan oleh Tewari, Gupta & Prakash (2010) terkait pengaruh parameter pengelasan baja karbon rendah adalah peningkatan kecepatan pengelasan dengan tegangan dan arus konstan akan meningkatkan penetrasi hingga tercapai kecepatan optimum dimana penetrasi akan maksimal. Peningkatan kecepatan pengelasan melebihi kecepatan optimum akan mengakibatkan penurunan penetrasi. Selain itu peningkatan tegangan dan arus pada pengelasan baja karbon rendah menyebabkan peningkatan nilai kekerasan dan penurunan kekuatan luluh, kekuatan tarik dan ketangguhan impak, seperti yang diungkapkan (Talabi *dkk.*, 2014).

Penelitian Olawale *dkk.* (2012) pada baja karbon rendah juga menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekerasan dan kuat tarik ketika terjadi kenaikan arus pengelasan sedangkan kekuatan impak mengalami penurunan. Sedangkan penelitian Choubey & Jatti (2014) menunjukkan bahwa pada baja tahan karat kekuatan tarik akan berkurang dengan meningkatnya masukan panas. Nilai kekerasan akan meningkat seiring naiknya masukan panas pada daerah lasan dan turun di daerah (HAZ). Ukuran dendrit lebih kecil dan jarak antar dendrit lebih rapat ketika sambungan di las dengan masukan panas yang rendah dan sebaliknya, serta tidak ada pengaruh signifikan gas pelindung terhadap kekuatan mekanik.

Penelitian oleh Bodude & Momohjimoh (2015) menunjukkan bahwa kekuatan dan kekerasan sambungan las baja karbon rendah meningkat dengan penurunan masukan panas menggunakan variasi voltase dan arus pengelasan. Penelitian Kant *dkk.* (2018) menggunakan *mild steel* menjelaskan arus pengelasan menjadi parameter yang berpengaruh pada lebar manik las dan sifat mekanik logam las selain kecepatan pengelasan. Kisaran kecepatan pengelasan yang rendah cocok untuk mencapai kekuatan tarik maksimum. Pengaruh laju aliran gas pelindung sangat kecil sedangkan sudut kampuh las tidak terlalu signifikan. Nilai kekerasan lebih tinggi pada daerah lasan dan HAZ dibandingkan logam induk.

Penelitian Kirono & Sanjaya (2013) menjelaskan sambungan baja karbon SA 516 hasil pengelasan GTAW lebih kuat dan lebih keras serta struktur mikronya lebih

kasar dibandingkan hasil pengelasan SMAW. Hasil penelitian Suherman *dkk.*(2019) pada baja SA 106 Gr. B menunjukkan nilai kekuatan tarik pada daerah las (*weld metal*) lebih rendah dibanding dengan logam induk sedangkan nilai kekerasan menunjukkan perbedaan antara daerah *weld metal*, HAZ dan daerah logam induk dengan nilai kekerasannya lebih tinggi di daerah *weld metal*. Ketangguhan pada daerah *weld metal* cenderung lebih rendah bila dibanding dengan logam induk. Berdasarkan hasil penelitian proses GTAW pada pipa baja karbon ASTM A 106 yang dilakukan oleh Syahrani, Mustafa & Oktavianus (2017), kenaikan arus pengelasan menurunkan sifat mekanik hasil sambungan seperti kuat tarik energi impak dan nilai kekerasan. Sedangkan Suryana *dkk.* (2019) menyatakan kenaikan masukan panas menyebabkan pembentukan fasa *acicular ferrite* menjadi lebih dominan dan ukuran butir menjadi lebih besar pada daerah HAZ. Hal lain yang diungkapkan pada penelitian Wibowo, Ilman & Iswanto (2016) adalah penurunan *heat input* akan memperkecil terjadinya distorsi arah longitudinal maupun distorsi arah transversal. Secara umum perbedaan arus pengelasan memberikan pengaruh terhadap kekuatan mekanik hasil las seperti yang di sampaikan pada penelitian Ilmi (2018). Penelitian Nasir *dkk.* (2017) pada baja karbon terungkap bahwa baik baja karbon rendah maupun tinggi akan menghasilkan struktur mikro yang lebih kasar dengan meningkatnya masukan panas. Namun demikian jumlah perlit pada baja karbon rendah terus menurun seiring dengan peningkatan masukan panas, berbeda dengan jumlah perlit yang terus meningkat dengan bertambahnya masukan panas pada baja karbon tinggi.

Penelitian yang menggunakan material baja tahan karat 304 oleh Kumar & Shahi (2011) ditemukan bahwa kekuatan tarik dan keuletan maksimum dimiliki oleh sambungan las yang dibuat menggunakan masukan panas rendah, dan tingkat pengakasaran butir meningkat dengan meningkatnya masukan panas. Sedangkan ukuran butir di HAZ dekat dengan batas fusi relatif lebih kasar pada masukan panas tinggi dan lebih halus pada masukan panas rendah. Terkait kajian cacat pada pengelasan pipa, menurut Warman (2017) munculnya *clustered porosity* sambungan las berpotensi terjadinya gagal disebabkan oleh faktor selubung elektroda, lapisan galvanis, kelembaban, faktor lingkungan dan belerang. Sedangkan *incompleted penetration* berpotensi terjadi crack, karat serta erosi internal disebabkan karena faktor elektroda, kampuh dan root. Sedangkan pemilihan elektroda yang tepat juga berpengaruh ada atau tidaknya cacat pada hasil lasan, seperti yang diungkapkan pada penelitian Sugiarto & Awali (2012) menunjukkan bahwa pengelasan kombinasi elektroda E7016 dengan *filler rod* tipe ER70S-2 maupun ER70S-4 tidak ditemukan cacat pada baja ASTM A 106 grade B. Untuk mendapatkan kualitas dan kekuatan sambungan yang baik pada proses GTAW ada

beberapa parameter proses pengelasan yang harus disesuaikan dengan material yang disambung, desain dan jenis sambungan yang digunakan, diantaranya adalah arus pengelasan, tegangan pengelasan, kecepatan pengelasan, masukan panas dan gas pelindung (Kutelu *dkk.*, 2018).

Kegiatan penelitian ini difokuskan pada pengaruh masukan panas terhadap sifat mekanik sambungan hasil proses GTAW dengan variasi arus pengelasan pada material ASTM A53 Grade B. Penelitian ini bertujuan melakukan proses GTAW untuk mendapatkan arus pengelasan yang tepat pada material ASTM A53 Grade B dan pengaruhnya terhadap sifat mekanik hasil lasan serta analisis struktur mikro.

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, jika kadar karbon naik maka kekuatan dan kekerasan juga akan bertambah tinggi. Karena itu, baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya (Wirjosumarto & Okumura, 2000). Baja ASTM A53 adalah baja dengan standarisasi Amerika yaitu ASTM (*American Standard Testing and Material*). Baja ASTM A53 adalah jenis baja karbon rendah dengan kandungan karbon tidak lebih dari 0,3% dan merupakan jenis material baja yang banyak digunakan untuk aplikasi pipa serta baik digunakan sebagai pipa untuk distribusi uap, air, dan gas. Baja ASTM A53 merupakan pipa *welded* yang sering digunakan pada penyaluran gas cair (*Liquid Natural Gas – LNG*) yang sesuai untuk penggunaan lepas pantai. Pipa ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi sehingga banyak juga dijumpai pada industri kimia khususnya pada penyaluran gas-gas hasil reaksi kimia. Selain itu pipa ini juga harus memiliki ketahanan terhadap perambatan retak, pembebanan dan sifat mampu las yang baik (Arsyad & Suhardi, 2011; Palgunadhi, 2017; Vera, Vinciguerra & Bagnara, 2015).

2. Bahan dan Metode

Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Material yang disambung adalah baja karbon rendah ASTM A53 Grade B diameter 152 mm dan panjang 150 mm serta tebal 7,11 mm menggunakan proses GTAW. Proses GTAW ini menggunakan elektroda tungsten EWTh-2 dengan komposisi 97,3 % tungsten, 2% thorium oksida (Andewi, 2016; Dadang, 2013; Firdaus, 2019) dan gas pelindung selama proses adalah Argon 99,9% yang mengalir pada laju 15 L/menit. Parameter lain pada proses GTAW ini adalah desain sambungan menggunakan *butt joint* tipe *single V* dan sudut kampuh 60° dengan *root opening* 3,2 mm dan *root face* 2 mm. Posisi pengelasan yang digunakan dalam proses GTAW ini adalah 5G. Dan voltase pengelasan antara 11-13 V dengan arus pengelasan menggunakan polaritas DCEN bervariasi pada 70A, 90A dan 110A. Kecepatan pengelasan selama

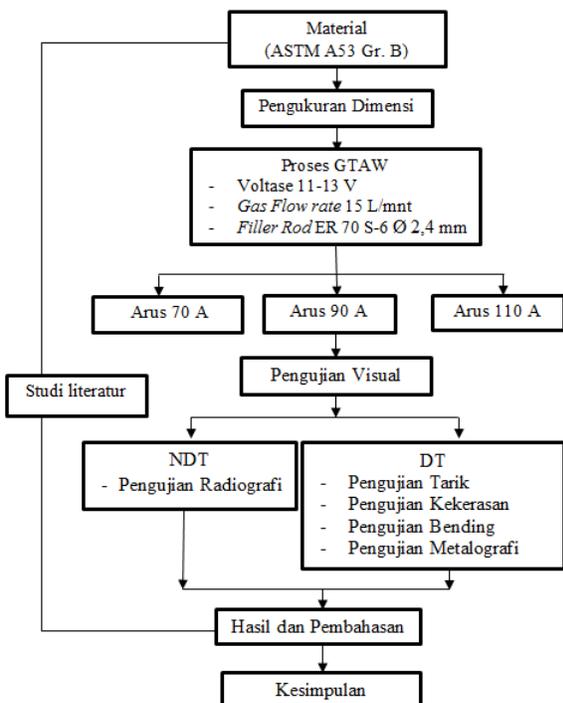
proses berkisar 30 sampai 70 mm/menit yang dilakukan secara manual oleh welder tersertifikasi.

Setelah proses pengelasan selanjutnya dilakukan pengujian dan *acceptance criteria*-nya mengacu pada American Society Of Mechanical Engineers IX (ASME IX) Standard (2013). Pengujian visual dan dilanjutkan pengujian radiografi untuk mendeteksi kemungkinan adanya cacat menggunakan sinar gamma ray dengan metode *double wall*. Selanjutnya dilakukan pengujian tarik untuk melihat kekuatan tarik hasil lasan dan pengujian kekerasan untuk melihat kekerasan dan distribusinya pada daerah lasan dan sekitarnya. Pengukuran kekerasan dilakukan pada 2 titik di setiap area dengan jarak antar titik 0,02 mm menggunakan metode mikro Vicker dengan beban 200 gf. Pengujian bending dilakukan untuk melihat kekuatan dan kelenturan hasil lasan ketika diberi beban. Pengujian ini menggunakan 2 metode yaitu bending pada bagian *root* dan bending pada bagian *face* atau *cap*. Pengujian metalografi menggunakan etsa HNO₃ (Asam Nitrat) 2% dan C₂H₅OH (Ethanol) 98% (De Andrés *dkk.*, 2001) dengan perbesaran 200x untuk melihat struktur mikro hasil sambungan las.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Pengujian Visual

Hasil uji visual pada Gambar 3 menunjukkan bahwa spesimen dengan arus pengelasan 70A tidak



Gambar 2. Diagram alir penelitian GTAW baja ASTM A53 Gr. B

tersambung dengan baik dan terlihat adanya cacat *Incomplete Penetration* yang disebabkan oleh arus pengelasan yang rendah dan kecepatan pengelasan yang tinggi sehingga tidak cukup untuk mencairkan dan menyatukan kedua logam dengan sempurna (Sahlan, 2015). Cacat *Incomplete Penetration* yang muncul tidak diperbolehkan pada pengelasan GTAW sehingga secara visual tidak diterima sesuai standar (ASME IX, 2013). Pada spesimen dengan arus pengelasan 90A dan 110A secara visual menyatu dan tersambung dengan baik serta tidak ada cacat pada hasil lasan sehingga bisa diterima sesuai standar (ASME IX, 2013).

3.2. Analisis Pengujian Radiografi

Setelah dilakukan pengujian visual, pipa A53 Gr B hasil sambungan proses GTAW dilakukan dengan pengujian radiografi menggunakan sinar gamma ray dan hasilnya ditunjukkan Gambar 4. Hasil radiografi menunjukkan spesimen dengan arus pengelasan 70A terdapat cacat *Incomplete Penetration* hampir sepanjang hasil lasan dan dinyatakan harus di las kembali atau *repair*. spesimen dengan arus pengelasan 90A dan 110A tidak ada cacat pada hasil lasan tersebut dan dinyatakan lolos uji radiografi sesuai standar (ASME IX, 2013) dan dilanjutkan dengan uji mekanik.

3.3. Analisis Pengujian Tarik

Hasil uji tarik sambungan pipa A53 Gr B menggunakan variasi arus untuk proses GTAW ditunjukkan oleh Gambar 5. Hasil lasan menunjukkan kekuatan sambungan semua spesimen yang dilas dengan variasi heat input yang berbeda terlihat bagus karena semua patahan spesimen uji terjadi di daerah logam induk dengan bentuk patah ulet. Hal ini bisa terjadi karena material A53 Gr B mempunyai kandungan karbon yang rendah.

Gambar 6 menunjukkan kekuatan tarik logam las menggunakan arus 90 A sebesar 480 MPa pada bagian atas dan 474 MPa pada bagian bawah, lebih tinggi dari



Gambar 3. Hasil proses GTAW secara visual



Gambar 4. Hasil Uji Radiografi Proses GTAW

kedua spesimen lainnya dengan variasi arus yang berbeda. Sedangkan kekuatan tarik logam induk sebesar 415 MPa, lebih rendah dari kekuatan tarik logam las. Hal ini menunjukkan bahwa pengelasan pipa baja A53 Gr B dengan proses GTAW berlangsung dengan baik karena proses penyambungan menggunakan kawat las ER 70 S-6 dengan kuat tarik minimum sebesar 490 MPa. Untuk sambungan konstruksi kekuatan tarik lasan harus lebih tinggi dari logam induk. Selain itu selama proses pengelasan logam mengalami *strain hardening*.

Adanya cacat seperti *Incomplete Penetration* pada sambungan las menyebabkan kuat tarik menjadi lebih rendah dan ditunjukkan oleh spesimen dengan arus pengelasan 70A, sesuai dengan pendapat (Dundu, 2014; Sumardiyanto & Susilowati, 2019; Warman, 2017). Tapi kuat tarik spesimen masih lebih tinggi dari kuat tarik logam induk karena luas aktual daerah logam las lebih besar dari luas penampang logam induk. Sedangkan yang dipehitungkan dalam uji tarik adalah luas penampang logam induk sehingga dengan cacat sebesar itu masih lebih besar luas penampang logam las dibandingkan logam induk.

3.4. Analisis Pengujian Bending

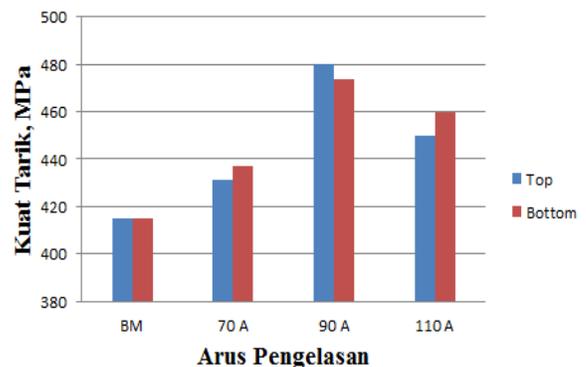
Selanjutnya pengujian bending pada material A53 Gr B hasil proses GTAW dengan spesimen sesuai standar ASME IX dan hasilnya ditunjukkan oleh Gambar 7. Hasil uji bending pada spesimen dengan arus pengelasan 70 A terlihat ada retakan pada bagian *root* sepanjang 10 mm. Hal ini terjadi karena adanya cacat *incomplete penetration* yang terjadi akibat masukan panas ketika proses pengelasan yang cukup besar (Warman, 2017). Sedangkan spesimen dengan arus pengelasan 90 dan 110 A tidak terjadi retakan baik pada bagian *face* maupun *root*. Menurut kriteria yang ditentukan oleh ASME IX diskontinuitas yang dibolehkan tidak lebih dari 3,2 mm sehingga spesimen dengan arus pengelasan 70 A tidak dapat diterima sesuai standar tersebut.

3.5. Analisis Pengujian Kekerasan

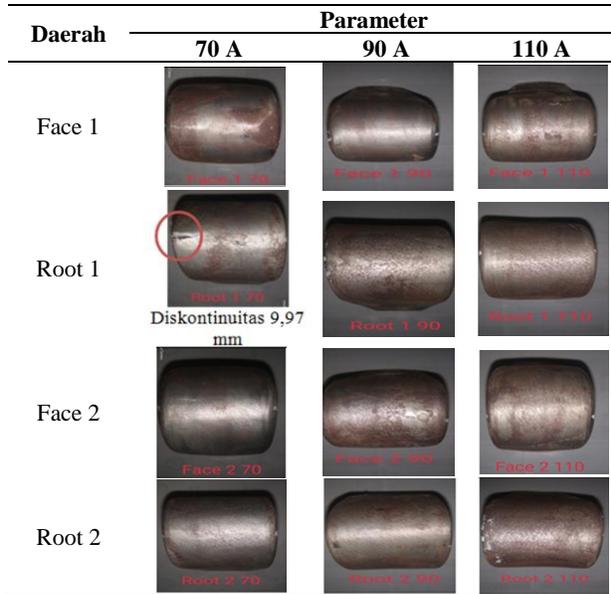
Pengujian yang dilakukan selanjutnya adalah pengujian kekerasan dengan menggunakan *micro hardness test (micro vikers)* dengan hasil ditunjukkan Gambar 8. Nilai kekerasan pada daerah lasan dan sekitarnya lebih tinggi dari pada nilai kekerasan pada



Gambar 5. Patahan spesimen uji tarik



Gambar 6. Hasil uji tarik

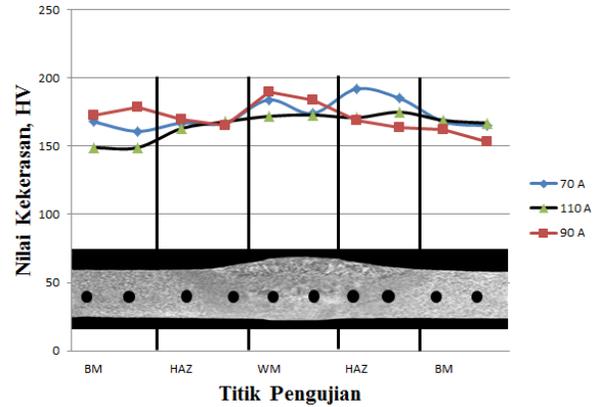


Gambar 7. Hasil uji bending

daerah *base metal*. Nilai kekerasan tertinggi pada daerah las/ *weld metal* adalah 190 HV menggunakan variasi arus 90A, lebih tinggi dari kedua sambungan spesimen menggunakan arus 70 A dan 110A. Nilai kekerasan yang terbesar terdapat pada material dengan penggunaan arus 70A yaitu sebesar 192 HV dan berada di daerah HAZ. Hal ini bisa saja terjadi karena pengujian kekerasan dilakukan pada skala mikro sehingga ketika titik pengujian berada pada fasa perlit maka nilai kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan area yang lain. Adanya efek *hardening* akibat masukan panas menyebabkan distribusi kekerasan juga berbeda pada sekitar daerah las. Secara keseluruhan daerah *weld metal* memiliki nilai kekerasan yang tinggi dibanding area lainnya karena banyaknya batas butir dan fasa perlit yang terbentuk ketika proses pengelasan berlangsung (Syahrani dkk., 2017).

3.6. Analisis Pengujian Metalografi

Dari hasil foto mikro dengan perbesaran 200x seperti yang ditunjukkan Gambar 9 dapat dilihat fasa pada spesimen yang terdiri dari ferit dan perlit. Ferit berwarna terang dan cenderung ulet sedangkan perlit berwarna gelap dan cenderung keras (Anggraeni, Pratikno & Hadiwidodo, 2017). Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan mikroskop optik perbesaran 200 kali untuk semua spesimen terlihat perubahan ukuran maupun jumlah ferit dan perlit pada semua area *basemetal*, HAZ dan pada *weld metal*. Semakin tinggi masukan panas yang diberikan pada proses pengelasan akan mengakibatkan penurunan persentase jumlah ferit dan ukuran struktur

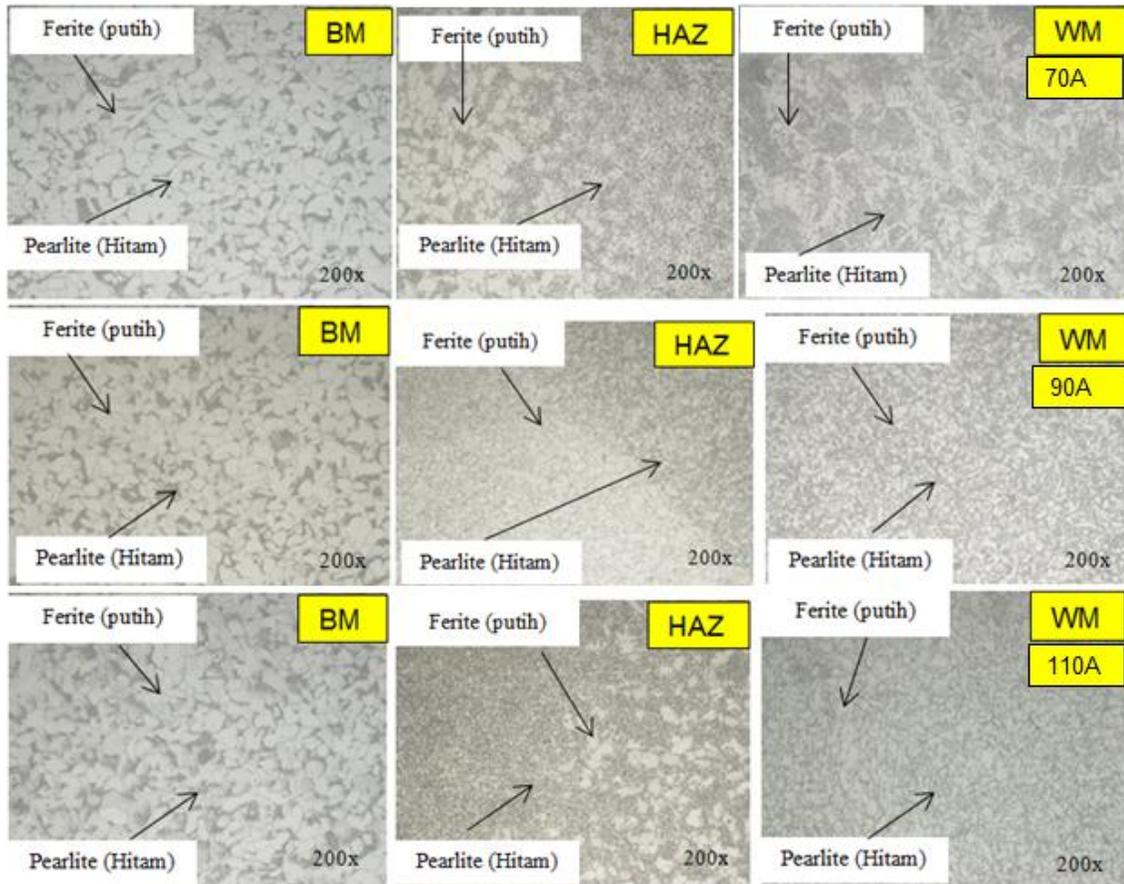


Gambar 8. Distribusi nilai kekerasan hasil las

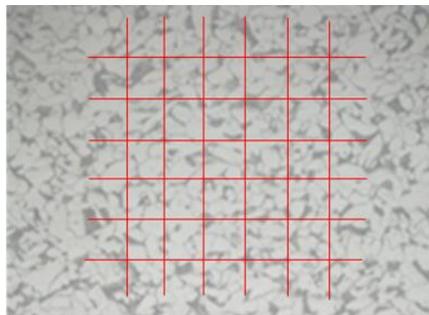
mikro akan cenderung seragam (Triyoga, 2015). Untuk spesimen dengan arus pengelasan 70A penurunan jumlah ferit menjadi yang terbesar dari 71% pada *basemetal* menjadi 51% pada *weld metal* dan akibatnya terjadi peningkatan jumlah fasa perlit daerah lasan seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Fenomena ini terjadi karena masukan panas yang berbeda akan mempengaruhi laju pendinginan sehingga berpengaruh pada sebaran perlit dan nilai kekerasan pada spesimen uji. Jumlah perlit yang tinggi akan meningkatkan nilai kekerasan. Sedangkan untuk spesimen uji dengan arus pengelasan 90 dan 110A peningkatan jumlah perlit tidak setinggi spesimen dengan arus pengelasan 70A, sebesar 2-5% saja.

4. Kesimpulan

Proses penyambungan logam ASTM A53 Grade B diameter 6 inch dan panjang 150 mm serta tebal 7,11 mm menggunakan proses GTAW dengan parameter tegangan 11-13 volt, kecepatan aliran gas pelindung Argon 15 liter per menit menggunakan *filler rod* ER 70 S-6 berdiameter 2,4 mm dan elektroda tungsten dengan sambungan tipe *single V butt joint*, sudut kampuh 30° serta arus pengelasan menggunakan polaritas DCEN bervariasi pada 70A, 90A dan 110A telah berhasil dilakukan dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan arus 90 A memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kedua variasi arus lainnya dengan kuat tarik 480 MPa dan kekerasan logam las 190 HV. Hasil uji bending menunjukkan tidak adanya retak pada spesimen dan adanya peningkatan jumlah perlit pada logam las. Penggunaan kuat arus yang tepat pada proses GTAW akan memberikan hasil las dengan sifat mekanik dan struktur mikro yang baik



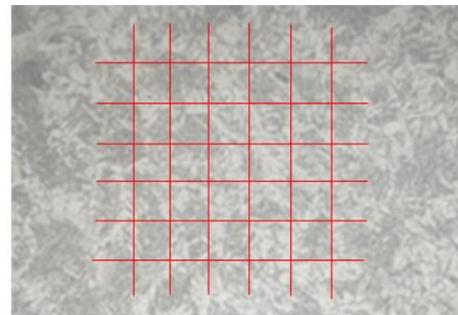
Gambar 9. Hasil uji struktur mikro



Persentase Fasa Ferrite (α) = 75,51%

Keterangan :

- Spesimen dan Heat input : Base Metal Sampel 70 A
- Metode = point count
- Pembesaran = 100x



Persentase Fasa Ferrite (α) = 51,02%

Keterangan :

- Spesimen dan Heat input : Weld Metal Sampel 70 A
- Metode = point count
- Pembesaran = 100x

Gambar 10. Hasil penghitungan fasa ferit

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ing Ir. Supono Adi Dwiwanto, Staff Seksi Pemesinan dan Pengelasan

BBLM yang menyediakan waktu dan fasilitas untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- American Society Of Mechanical Engineers IX (ASME IX) Standard. (2013). *Welding, Brazing and Fusing Qualifications* (2013th ed.). New York: The American Society of Mechanical Engineers. https://doi.org/10.1115/1.861981_ch25
- Andewi, L. (2016). *Pengaruh Variasi Arus Pada Hasil Pengelasan Tig (Tungsten Inert Gas) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Alumunium 6061*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Anggraeni, S. D., Pratikno, H., Hadiwidodo, Y. S. (2017). Studi Perbandingan Proses Pengelasan Smaw Pada Lingkungan Darat dan Bawah Air Terhadap Ketahanan Uji Bending Weld Joint Material A36. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18096>
- Armentani, E., Esposito, R., Sepe, R. (2007). The influence of thermal properties and preheating on residual stresses in welding. *International Journal of Computational Materials Science and Surface Engineering*, 1(2), 146–162. <https://doi.org/10.1504/IJCMSSE.2007.014870>
- Arsyad, H., Suhardi. (2011). Studi Degradasi Material Pipa Jenis Baja Astm a53 Akibat Kombinasi Tegangan Dan Media Korosif Air Laut in-Situ Dengan Metode Pengujian C-Ring. In *Prosiding 2011 Hasil Penelitian Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin* (Vol. 5, pp. 978–979).
- Bodude, M. A., Momohjimoh, I. (2015). Studies on Effects of Welding Parameters on the Mechanical Properties of Welded Low-Carbon Steel. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 03(03), 142–153. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2015.33017>
- Choubey, A., Jatti, V. S. (2014). Influence of Heat Input on Mechanical Properties and Microstructure of Austenitic 202 grade Stainless Steel Weldments. *WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics*, 9(1), 222–228. Retrieved from <http://www.sitpune.edu.in>
- Dadang. (2013). *Teknik Las GTAW*. (Tarkina & Sukaini, Eds.) (1th ed.). Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan.
- Dundu, M. (2014). Effect of defects on the strength of welds. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 12(4), 410–422. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2012-0008>
- Firdaus, S. A. (2019). *Analisis Penggunaan Filler Metal Er Nicrmo-3 Sebagai Pengganti Filler Metal Er309l Dan Er316l Dan Perbedaan Arus Pada Proses Pengelasan Overlay Gtaw Sa 106 Gr. B Terhadap Ferrite Content, Komposisi Kimia, Sifat Mekanik, Dan Struktur Mikro*. Tugas Akhir. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Surabaya.
- De Andrés, C.G., Bartolomé, M. J., Capdevila, C., San Martín, D., Caballero, F. G., & López, V. (2001). Metallographic techniques for the determination of the austenite grain size in medium-carbon microalloyed steels. *Materials Characterization*, 46(5), 389–398. [https://doi.org/10.1016/S1044-5803\(01\)00142-5](https://doi.org/10.1016/S1044-5803(01)00142-5)
- Ilmi, B. (2018). Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Kekuatan Sambungan Pipa ASTM A335 Grade P11. *TEKNIKA*, 5(2), 88–95.
- Kant, R., Pandey, S., Singh, R., Tanwar, P. (2018). Influence of Process Parameters on Weld Bead Geometry and Mechanical Properties in GTAW. *Proceedings of ICFTMM 2018*, 111–117.
- Kirono, S., Sanjaya, A. (2013). Pengaruh Hasil Pengelasan Gtaw Dan Smaw Pada Pelat Baja Sa 516 Dengan Kampuh V Tunggal Terhadap Kekuatan Tarik, Kekeraan Dan Struktur Mikro. *SINTEK*, 7(1), 49–58.
- Kumar, S., Shahi, A. S. (2011). Effect of heat input on the microstructure and mechanical properties of gas tungsten arc welded AISI 304 stainless steel joints. *Materials and Design*, 32(6), 3617–3623. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.02.017>
- Kutelu, B. J., Seidu, S. O., Eghabor, G. I., Ibitoye, A. I. (2018). *Review of GTAW Welding Parameters*, 541–554. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2018.65039>
- Miftin, S. S., Mohammed, H. M., Nassar, A. A. (2020). Measurement and Prediction of Residual Stresses in Low Carbon Steel Pipes Welded Shielded Metal Arc Welding. *Basrah Journal of Engineering Science*, 20(2), 60–65. <https://doi.org/10.33971/bjes.20.2.7>
- Nasir, N. S. M., Abdul, M. K. A. R., Ahmad, M. I., Mamat, S. (2017). Influence of heat input on carbon steel microstructure. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(8), 2689–2697.
- Olawale, J. O., Ibitoye, S. A., Oluwasegun, K. M., Shittu, M. D., Ofoezie, R. C. (2012). Correlation between Process Variables in Shielded Metal-Arc Welding (SMAW) Process and Post Weld Heat Treatment (PWHT) on Some Mechanical Properties of Low Carbon Steel Welds. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 11(09), 891–895. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2012.119084>
- Palgunadhi, H. (2017). *Analisis Pengaruh Suhu Preheating Pada Pengelasan Baja Karbon Sedang (ASTM A53) Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi Weld Joint Pada Lingkungan Laut*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Pamungkas, G. (2016). *Pengaruh Variasi Kuat Arus*

- Pengelasan Tungsten Inert Gas (Tig) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Medium*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Rupajati, P., Fernando, H., Suastiyanti, D. (2018). Perbandingan Karakteristik Sifat Mekanis Pengelasan Astm A790 Dan Astm A106 Gr . B Hasil Proses Pengelasan Gtaw. In *Prosiding Seminar Nasional Pakar* (137–142). Retrieved from <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/pakar/article/view/2619>
- Sahlan (2015). Analisis Cacat Las Incomplete Fusion Dan Retak Memanjang Pada Waterwall Tube Boiler PLTU Paiton Unit 1. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 18(1), 10–20.
- Sarolkar, A. D., Kolhe, K. P. (2017). A review of (GTAW) Gas Tungsten Arc Welding and its Parameters for Joining Aluminum Alloy. *IJSART*, 3(8).
- Sugiarto, Awali, J. (2012). Analisis Cacat Las Hasil Kombinasi Filler Rod dan Elektroda Pada Sambungan Pipa Menggunakan Pengelasan Kombinasi GTAW dan SMAW. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI)*, 1378–1384.
- Suherman, Ambarita, R. M., Simangunsong, R. K., Simanjuntak, P. J. (2019). Pengaruh Jenis Elektroda E6013 Pada Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Baja SA 106 Grade B. In *Prosiding Seminar Nasional Era Industri (SNEI) 4.0*.
- Sumardiyanto, D., Susilowati, S. E. (2019). Effect of Welding Parameters on Mechanical Properties of Low Carbon Steel API 5L Shielded Metal Arc Welds. *American Journal of Materials Science* 2019, 9(1), 15–21. <https://doi.org/10.5923/j.materials.20190901.03>
- Suryana, Pramono, A., Muda, I., Setiawan, A. (2019). The Influence of Heat Input to Mechanical Properties and Microstructures of API 5L-X65 Steel Using Submerged Arc Welding Process. *MATEC Web of Conferences*, 269, 01009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926901009>
- Syahrani Awal, Mustafa, Oktavianus. (2017). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Gtaw Terhadap Sifat Mekanis Pada Pipa Baja Karbon ASTM A 106. *Jurnal Mekanikal*, 8(1), 721–729.
- Talabi, S. I., Owolabi, O. B., Adebisi, J. A., Yahaya, T. (2014). Effect of welding variables on mechanical properties of low carbon steel welded joint. *Advances in Production Engineering And Management*, 9(4), 181–186. <https://doi.org/10.14743/apem2014.4.186>
- Tewari, S. P., Gupta, A., Prakash, J. (2010). Effect of Welding Parameters on the Weldability of ASTM 517 Gr.F Steels. *Indian Welding Journal*, 34(4), 19. <https://doi.org/10.22486/iwj.v34i4.178546>
- Triyoga, D. (2015). *Analisa Pengaruh Pengelasan Multiple Analisa Pengaruh Pengelasan Multiple Repair Baja Karbon Rendah Terhadap Repair Baja Karbon Rendah Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik, Struktur Mikro Dan Tegangan Sisa*. Master Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vera, R., Vinciguerra, F., Bagnara, M. (2015). Comparative study of the behavior of API 5L-X65 grade steel and ASTM A53-B grade steel against corrosion in seawater. *International Journal of Electrochemical Science*, 10(8), 6187–6198.
- Warman, S. P. P. (2017). Analisis Faktor Penyebab Cacat Pengelasan Pada Pipa (Study Kasus Pada Pipa Distribusi PDAM Kabupaten Kutai Barat). *Mekanikal*, 8(2), 730–736.
- Wibowo, H., Ilman, M. N., Iswanto, P. I. (2016). Analisa Heat Input Pengelasan terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(1), 5–12. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2016.007.01.2>
- Wiryosumarto, H., & Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan* (Ed. 8). Jakarta: PT Pradnya Paramita.