



Jurnal Teknologi Maritim Volume 9 No 1 Tahun 2026
31 Juli 2025 / 23 September 2025 / 27 Oktober 2025

Jurnal Teknologi Maritim

<http://jtm.ppns.ac.id>

Pengaruh Variasi Jenis Elektroda *Buffer Layer* Pada Proses *Hardfacing* Material ASTM A216 WCB untuk Valve Terhadap Uji Makro

Alvalo Toto Wibowo^{1*}, Mochammad Karim Al Amin², Mohammad Thoriq Wahyudi³,
Hendri Budi Kurniyanto⁴, Moh. Syaiful Amri⁵, Moch. Aria Firmansyah⁶, Rikky Leonard⁷

¹²³⁴⁶ Program Studi D4 Teknik Pengelasan, , Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya, 60111

⁵D2 Teknik Pengelasan dan Fabrikasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya, 60111

⁷D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Kampus ITS, Surabaya, 60111

Abstrak. Material ASTM A216 WCB adalah material *casting steel* yang digunakan pada *valve* dengan ketahanan pada temperatur tinggi. Salah satu masalah yang dihadapi adalah terjadi aus pada bagian *valve* tersebut. Proses *hardfacing* dilakukan dengan metode pengelasan GTAW menggunakan elektroda *buffer layer* ER308 dan ER309 serta elektroda *hardfacing* Stellite 12 untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus. Total empat spesimen diuji dengan kombinasi jumlah lapisan *buffer* dan *hardfacing* yang berbeda. Hasil uji visual menunjukkan tidak adanya cacat permukaan pada seluruh spesimen, menandakan kualitas pengelasan yang baik. Uji penetrasi menunjukkan adanya indikasi *non-relevant* pada spesimen 3 dengan ukuran 1,3 mm, namun masih dalam batas penerimaan menurut standar ASME Section IX. Uji makro menunjukkan fusi antar *layer* yang baik dan terbebas dari cacat seperti porositas atau retak, dan dengan kedalaman penetrasi paling baik pada spesimen 4 dengan variasi *buffer layer* ER309 dengan kedalaman penetrasi 1,5 mm. Secara keseluruhan, penggunaan *buffer layer* ER308 dan ER309 terbukti memberikan pengaruh terhadap kualitas pengelasan *hardfacing*, terutama dalam menghasilkan lapisan yang homogen dan bebas cacat. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemilihan material dan parameter pengelasan yang tepat untuk meningkatkan ketahanan aus komponen *valve* berbasis ASTM A216 WCB di lingkungan industri.

Katakunci: ASTM A216 WCB, *Buffer Layer*, *Hardfacing*, Pengelasan GTAW, Uji Penetrasi

Abstract. ASTM A216 WCB is a cast carbon steel material commonly used in valve components due to its good mechanical properties and resistance to high temperatures. One of the major issues encountered in its application is surface wear. To enhance surface hardness and wear resistance, a *hardfacing* process was conducted using the GTAW welding method. This involved the application of *buffer layers* using ER308 and ER309 filler metals,

Email Korespondensi: alvalototo@ppns.ac.id
doi: 10.35991/jtm.v9i1.76

followed by hardfacing layers of Stellite 12. A total of four specimens were prepared with varying combinations of buffer and hardfacing layer numbers. The visual inspection results indicated the absence of surface defects in all specimens, demonstrating good welding quality. Dye penetrant testing revealed a non-relevant indication on specimen 3 with a size of 1.3 mm, which remains within the acceptable limits as per ASME Section IX standards. Macroscopic examination showed sound fusion between layers, free from defects such as porosity or cracks. The deepest weld penetration was observed in specimen 4, which used the ER309 buffer layer, achieving a depth of 1.5 mm. Overall, the use of ER308 and ER309 buffer layers significantly influenced the quality of the hardfacing welds, contributing to the formation of homogeneous and defect-free layers. This study provides valuable insight into material selection and welding parameters to improve wear resistance in ASTM A216 WCB-based valve components within industrial environments.

Keywords: ASTM A216 WCB, Buffer layer, GTAW welding, Hardfacing, Penetrant testing

1. Pendahuluan

Perkembangan industri yang semakin pesat yang meningkatkan penggunaan pipa sebagai media untuk mengalirkan air, minyak, gas dan jenis fluida lainnya. Di dalam sistem perpipaan tersebut juga ada satu komponen yang disebut *valve*. *Valve* atau katup adalah komponen mekanis yang berfungsi untuk mengontrol aliran fluida (cairan atau gas) dalam sistem perpipaan. *Valve* dapat membuka, menutup, atau mengatur aliran fluida dalam berbagai tingkat, tergantung pada kebutuhan aplikasi. Katup memiliki peran penting dalam berbagai industri, termasuk industri minyak dan gas, industri kimia, pembangkit listrik, pengolahan air, dan banyak lagi. *Valve* memiliki bagian bagian penting yang salah satunya adalah *disk*.

Disk adalah komponen yang digerakkan oleh stem untuk membuka atau menutup aliran fluida. *Disk* merupakan komponen yang mengalami gesekan dan kontak langsung dengan fluida, maupun dengan dinding *valve* dan meningkatkan kekerasan pada *disk* sangat penting karena untuk meningkatkan ketahanan aus. *Hardfacing overlay* merupakan pengerasan permukaan logam dengan cara mendepositkan permukaan logam dengan *filler metal* yang memiliki tingkat keausan dan nilai kekerasan yang tinggi (Jeong et al., 2021). Proses pelapisan permukaan seperti *hardfacing* dapat meningkatkan kinerja dan daya tahan bagian yang umumnya mengalami keausan, benturan, dan korosi yang ekstrem (Tandon et al., 2023)

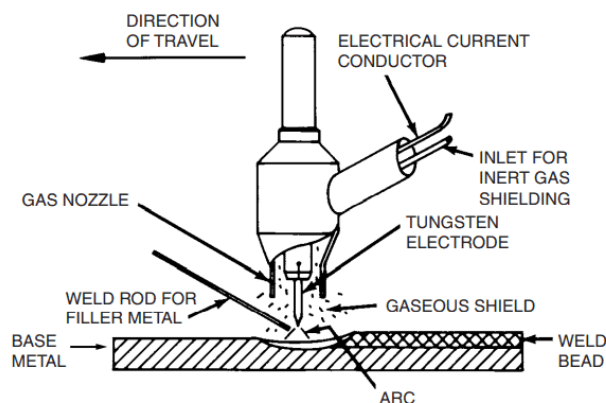
ASTM A216 WCB adalah material baja karbon yang digunakan untuk membuat coran pada katup, *fitting*, *flensa*, dan bagian lain yang mengandung tekanan dan digunakan pada aplikasi temperatur tinggi. WCB merupakan salah satu *grade* dalam standar ASTM A216, yang menonjol karena keseimbangan antara kekuatan mekanik, ketangguhan, dan kemudahan fabrikasinya (Guide, 2003) Material ini memiliki ketahanan aus yang sangat tinggi, namun ketika diaplikasikan di lapangan seringkali timbul permasalahan yang mengakibatkan umur pemakaian dari material berkurang dan biaya perawatan yang bertambah. Salah satu masalah yang sering timbul yaitu menurunnya nilai keausan. Maka dari itu perlu diadakan penelitian guna mencari cara untuk menanggulangi masalah tersebut. *Hardfacing overlay* merupakan pengerasan permukaan logam dengan cara mendepositkan permukaan logam dengan *filler metal* yang memiliki tingkat keausan dan nilai kekerasan yang tinggi (Jeong et al., 2021). Paduan homogen diendapkan ke permukaan bahan lunak (biasanya baja karbon rendah atau

sedang) dengan pengelasan, dengan tujuan meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus tanpa tanpa mengurangi keuletan dan ketangguhan secara signifikan (Singh, 2014). *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) merupakan salah satu teknik yang paling umum digunakan karena menghasilkan lapisan yang presisi dengan penetrasi panas yang terkontrol, sehingga meminimalkan cacat seperti porositas. Dimana jenis pengelasan ini dapat mengelas untuk semua posisi dengan visual *appearance* yang indah dibandingkan dengan jenis las lainnya dan halus, kuat, dengan percikan bunga api yang lebih sedikit (Kutelu et al., 2018). Namun, keberhasilan proses ini sangat bergantung pada parameter pengelasan, terutama kuat arus yang mempengaruhi kekerasan, struktur mikro dan sifat mekanik lapisan. Arus pengelasan, tegangan, dan kecepatan pengelasan mempengaruhi penetrasi las, kekerasan, dan struktur mikro (Jeong et al., 2021)

Buffer layer adalah lapisan las yang diaplikasikan antara logam dasar (*base metal*) dan lapisan *hardfacing* pada proses *hardfacing overlay* untuk memberikan transisi antara material logam dasar dan lapisan *hardfacing* agar sifat-sifat material di setiap lapisan dapat saling mendukung. Pemilihan *buffer layer* menggunakan elektroda *stainless steel* yang tepat dapat menghasilkan nilai kekerasan dan kedalaman penetrasi yang optimum (Mantika, 2018) Hasil dari *hardfacing overlay* menyebabkan adanya dua fasa yang sama sama keras, sehingga sangat rentan terjadi keretakan, oleh karena itu dalam proses *hardfacing overlay* perlu diberikan *buffer layer* (Walsh, 2018)

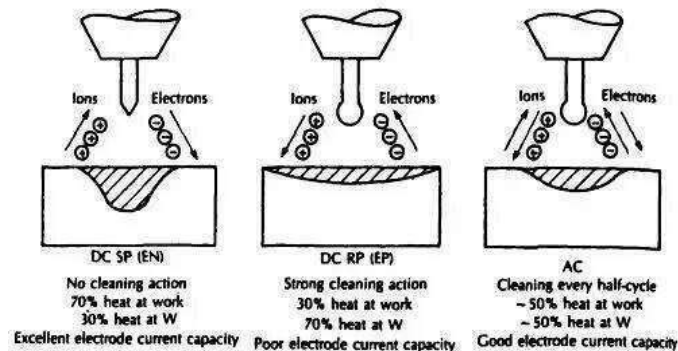
2. Tinjauan Pustaka

Gas tungsten arc welding (GTAW) adalah salah satu jenis dari pengelasan yang seperti namanya yaitu pengelasan dengan menggunakan *non-consumable* elektroda jenis *tungsten*. Pengelasan jenis ini menggunakan gas pelindung, tanpa penerapan tekanan, dan dapat digunakan dengan atau tanpa bahan tambahan yang berupa *filler metal*. Gas pelindung yang digunakan pada jenis pengelasan ini yaitu *helium*, *argon*, atau gabungan dari *helium* dan *argon* sehingga biasa disebut dengan TIG (*tungsten inert gas*), tujuan diberikannya gas pelindung ini yaitu agar tidak terjadi oksidasi akibat pengaruh dari udara di sekitar area pengelasan yang dapat menyebabkan terjadinya *porosity*. Proses pengelasan GTAW merupakan proses pengelasan yang memiliki kualitas visual yang bagus dan merupakan proses pengelasan yang presisi (Badheka et al., 2016) Berikut adalah ilustrasi dari proses Pengelasan GTAW yang ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Ilustrasi Pengelasan GTAW (Indonesia, 2023)

Sumber listrik GTAW dapat menggunakan generator AC maupun DC. Ciri khas generator jenis AC yaitu merupakan kombinasi antara *cleaning* dengan penetrasi medium dan mencegah elektroda *tungsten overheating*. Penggunaan arus DC dibedakan menjadi dua yaitu polaritas lurus (*Direct Current Straight Polarity*) dan polaritas balik (*Direct Current Reverse Polarity*). Gambar 2 berikut menunjukkan perbedaan penggunaan jenis arah aliran listrik yang digunakan dalam pengelasan.



Gambar 2 Tiga jenis arus listrik GTAW; (a) DCSP (b) DCRP (c) AC (Tapiola, 2017)

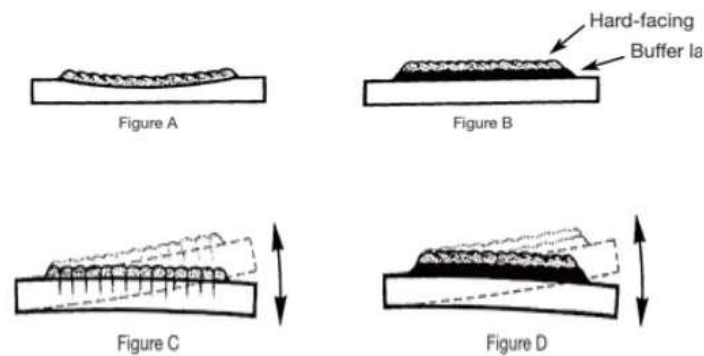
DCSP, dua pertiga konsentrasi panas pada benda kerja, sedangkan untuk DCRP, dua pertiga konsentrasi panas pada elektroda *tungsten*. Untuk AC, konsentrasi panas masing-masing setengah pada elektroda dan benda kerja. Konsentrasi panas ditimbulkan oleh adanya benturan elektron pada benda kerja dan elektroda *tungsten*. DCSP menghasilkan penetrasi yang lebih dalam dibandingkan dengan AC tetapi tidak mengalami *oxide cleaning*. DCRP mengalami *oxide cleaning*, tetapi penetrasi yang dihasilkan lebih dangkal daripada AC.

Hardfacing merupakan metode yang digunakan untuk memperbaiki maupun meningkatkan kualitas permukaan suatu komponen atau peralatan dengan cara mengendapkan lapisan paduan secara merata pada material dasar melalui berbagai proses pengelasan. Tujuannya adalah meningkatkan kekerasan serta ketahanan terhadap keausan. Pemilihan material untuk *hardfacing* biasanya mempertimbangkan aspek kekerasan, sifat mekanik, struktur mikro, dan ketahanan aus. Penerapan *hardfacing* dapat dilakukan baik pada komponen baru saat proses manufaktur maupun pada komponen yang mengalami keausan untuk mengembalikan fungsinya. Paduan untuk *hardfacing* umumnya dikelompokkan menjadi tiga kategori utama, yaitu *iron-based*, *cobalt-based*, dan *nickel-based alloys*. Penggunaannya sangat beragam, mulai dari peralatan penghancur batu hingga komponen yang memerlukan pengurangan gesekan logam ke logam seperti *valve control*. Khusus paduan berbasis kobalt dan nikel banyak digunakan pada aplikasi bersuhu tinggi serta lingkungan yang bersifat korosif. (Garbade & Dhokey, 2021)

Buffer layer adalah lapisan penyangga perantara antara *base metal* dengan material *hardfacing*. Hasil dari *hardfacing overlay* menyebabkan adanya dua fasa yang sama-sama keras, sehingga sangat rentan terjadi keretakan. Oleh karena itu dalam proses *hardfacing overlay* perlu diberikan *buffer layer*. Tujuan dari diberikannya *buffer layer* adalah memastikan pengikatan dengan *base metal* yang baik, menghindari *hydrogen induced underbead cracking* dengan *preheat* yang merata, memperkecil akibat dari tegangan, membatasi efek dilusi, menghindari *spalling* di *hard-layer* berikutnya, mencegah

Pengaruh Variasi Jenis Elektroda *Buffer Layer* Pada Proses *Hardfacing* Material ASTM A216 WCB untuk *Valve* Terhadap Uji Makro

kemungkinan retak *hardfacing layer* menjalar ke *base metal*. Ilustrasi *buffer layer* ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Hasil *Hardfacing* dengan *Buffer layer* dan tanpa *Buffer layer* (Tapiola, 2017)

ASTM A216 WCB adalah baja karbon cor (*cast carbon steel*) yang diproduksi sesuai dengan standar ASTM A216. Material ini dirancang untuk digunakan pada aplikasi tekanan tinggi dan sedang pada temperatur operasi hingga 425°C. WCB merupakan salah satu *grade* dalam standar ASTM A216, yang menonjol karena keseimbangan antara kekuatan mekanik, ketangguhan, dan kemudahan fabrikasinya. *Chemical composition* dari material ASTM A216 WCB dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 *Chemical Composition*

ASTM A216 WCB	%
C	0,3
Mn	1,0
Si	0,6
S	0,035
P	0,035
Cr	0,5
Ni	0,5
Mo	0,2
Cu	0,3
V	0,003

Sumber : (IX, 2023)

Filler metal merupakan material tambahan yang digunakan dalam proses pengelasan dengan tujuan untuk mengisi celah atau kampuh pada sambungan las. Material ini biasanya diaplikasikan ketika ukuran kampuh cukup lebar dan dibutuhkan kekuatan sambungan yang sebanding dengan material induk (*base metal*). Dalam kasus tertentu, apabila pengelasan antara dua material berbeda tetap harus dilakukan, maka digunakanlah bahan perantara (*intermediate material*) yang memiliki kompatibilitas dengan kedua logam tersebut. Hal ini menjadi salah satu kajian penting dalam pengelasan logam yang berbeda (*dissimilar welding*), karena diperlukan pemahaman mendalam terkait sifat metalurgi dari masing-masing material. Untuk memastikan kesesuaian, biasanya juga dipertimbangkan komposisi kimia (*chemical composition*) dari *filler metal* yang digunakan, sehingga dapat dicapai sambungan las yang optimal baik dari segi kekuatan maupun ketahanannya.

Tabel 2 *Chemical composition ER 308*

ER308	%
-------	---

C	0,04-0,08
Mn	1-2,5
Si	0,30-0,65
S	0,03
P	0,03
Cr	19,5-22
Ni	9-11
Mo	0,50
Cu	0,75

Sumber : (Lincoln, 2023)

Tabel 3 Chemical composition ER 309

ER308	%
C	0,12
Mn	1-2,5
Si	0,30-0,65
S	0,03
P	0,03
Cr	23-25
Ni	12-14
Mo	0,75
Cu	0,75

Sumber : (Materials, n.d.)

Pengujian penetrasi dapat digunakan untuk mendeteksi diskontinuitas halus pada permukaan seperti *crack*, *porosity* atau diskontinuitas lainnya. Uji *penetrant* merupakan salah satu metode pengujian jenis NDT (*Non-Destructive Test*) yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Pengujian *penetrant* dilakukan setelah proses pengelasan dan uji visual selesai, untuk mempermudah mendeteksi adanya cacat. Cacat atau diskontinuitas yang dapat dideteksi dengan pengujian ini adalah cacat atau diskontinuitas yang bersifat terbuka. Pada prinsipnya metoda pengujian dengan *liquid penetrant* memanfaatkan daya kapilaritas. Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair pada *discontinuity*. Pengujian cairan penetrasi merupakan pengujian tanpa merusak untuk menemukan diskontinuitas permukaan berdasarkan prinsip kapilaritas (M.M. Munir et al., 2019)

Makrografi adalah bagian dari metalografi yang digunakan untuk mempelajari struktur logam dan paduannya dengan pengamatan visual langsung atau dengan bantuan pembesaran. Tujuannya adalah mengamati dan mengidentifikasi cacat seperti retakan, porositas, pengerutan, dan alur deformasi pada makrostruktur logam untuk memahami penyebab kegagalan komponen

3. Metode

Tahapan penelitian ini diawali dengan persiapan material, proses pengelasan, pemotongan spesimen dan pengujian. Spesifikasi material yang dibutuhkan yaitu material untuk pengelasan dengan ukuran 150 x 150 x 10 mm dengan *bandsaw* sebanyak 4 lembar sesuai dengan Gambar 4 di bawah ini.

Pengaruh Variasi Jenis Elektroda *Buffer Layer* Pada Proses *Hardfacing* Material ASTM A216 WCB untuk *Valve* Terhadap Uji Makro



Gambar 4 Spesimen Pengelasan



Gambar 5 Proses Pengelasan



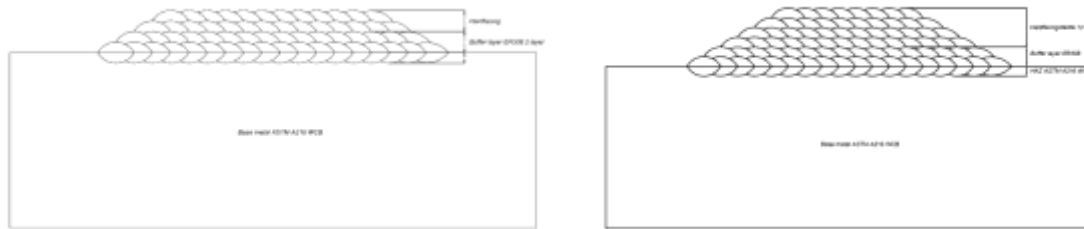
Gambar 6 Persiapan Spesimen Uji



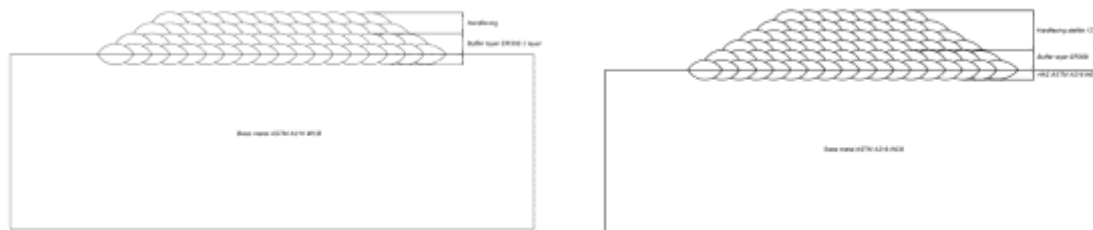
Gambar 7 Pengujian

Pengelasan dilakukan dengan proses dengan arus 135-140 A dan voltase 12-14 V, posisi *down hand* pada 4 spesimen dengan rincian 2 spesimen menggunakan *buffer layer* ER308 dan 2 spesimen menggunakan *buffer layer* ER309 sedangkan untuk mendepositkan *layer hardfacing* menggunakan elektroda Stellite 12. Ilustrasi terdapat pada Gambar 8 dan Gambar 9 berikut ini.

Pengaruh Variasi Jenis Elektroda *Buffer Layer* Pada Proses *Hardfacing* Material ASTM A216 WCB untuk *Valve* Terhadap Uji Makro



Gambar 8 Susunan Layer Variasi 1 *Buffer layer* ER308

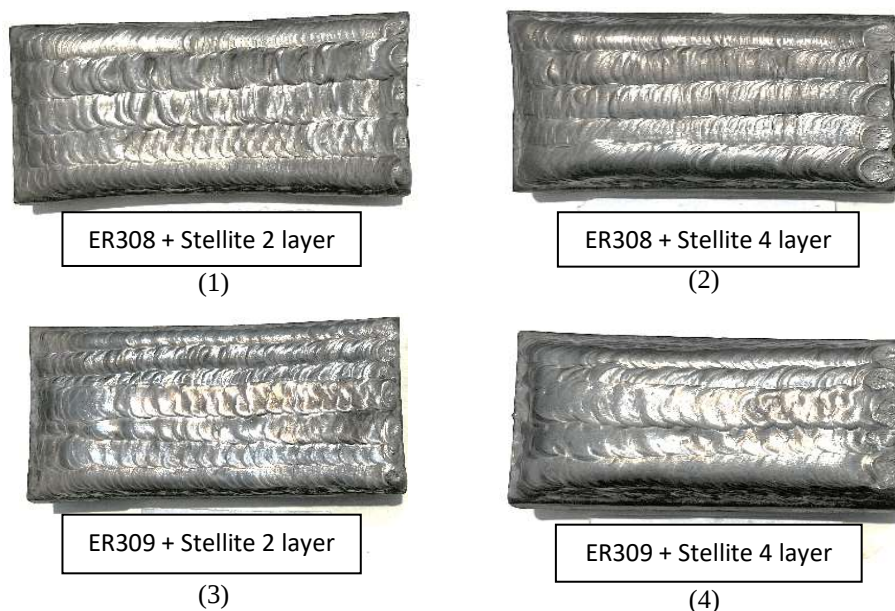


Gambar 9 Susunan Layer Variasi 1 *Buffer layer* ER309

Persiapan spesimen untuk pengujian meliputi pemotongan material sesuai dengan dimensi kebutuhannya. Setelah dilakukan pemotongan spesimen dilakukan spesimen dipoles untuk persiapan pengujian. Pemolesan dilakukan hingga permukaan menjadi halus dan rata sehingga menghasilkan hasil uji yang maksimal. Kemudian dilakukan proses etsa untuk membuat spesimen terkorosi dan muncul daerah pengelasan yang akan diamati. Penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui pengaruh dari proses *hardfacing* terhadap material, pengujian tersebut meliputi pengujian visual, pengujian penetrasi dan pengujian struktur makro.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian visual dilakukan secara langsung dan dapat diamati oleh mata manusia dengan bantuan beberapa alat seperti *welding gauge*, senter, dan kaca pembesar dengan tujuan untuk mengidentifikasi adanya cacat terbuka dari hasil pengelasan yang mengacu pada standar kriteria. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10 Hasil Pengujian Visual

Berdasarkan Gambar 10 tidak terdapat cacat pada *hardfacing layer*. Hasil lasan yang terbentuk memiliki struktur permukaan yang rapi dan halus. Parameter yang digunakan pada pengelasan ini tidak menimbulkan *crack* pada material. Pengelasan pada *hardfacing layer* dilakukan dengan 5 dan 6 pass untuk setiap variasinya. Pada spesimen 1, 2, 4 menggunakan 5 pass dan pada spesimen 3 menggunakan 6 pass dengan lebar total dari permukaan *hardfacing*nya yaitu 50 mm, dimana lebar tersebut telah memenuhi persyaratan yang diatur pada ASME Sec. IX yaitu lebar minimal 38 mm.

Setelah pengamatan visual dilakukan, tahap berikutnya adalah uji *liquid penetrant*. Pengujian ini dirancang untuk mendeteksi adanya diskontinuitas pada permukaan material, seperti retak, berlubang, atau kebocoran. Agar cairan penetran dapat masuk dan mengungkap diskontinuitas, diskontinuitas tersebut harus mencapai permukaan. Sisa-sisa penetran yang terjebak dalam diskontinuitas akan terlihat setelah aplikasi developer, yang berfungsi untuk menonjolkan area-area tersebut. Hasil pengujian penetran bisa dilihat pada Gambar 11 berikut.



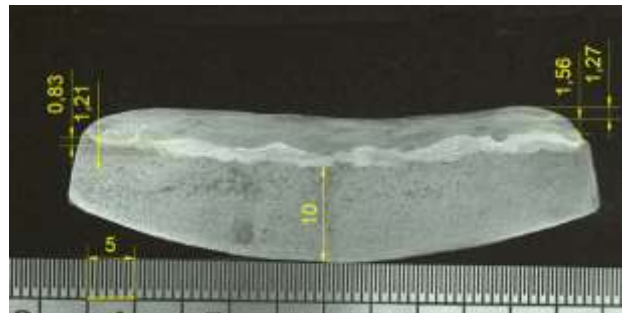
Gambar 11 Hasil Uji Penetran

Pada Gambar 11 keempat hasil pengelasan *hardfacing*, ditemukan adanya indikasi non relevan pada spesimen 3 yang diakibatkan karena kurang maksimalnya pembersihan. Tetapi berdasarkan persyaratan yang telah disebutkan di atas dan setelah dilakukan pengukuran dimensi indikasi bulat yang muncul, hasil uji *liquid penetrant* ini masih dapat diterima. Indikasi non relevan yang teridentifikasi ini tidak mempengaruhi kualitas dan kekuatan hasil lasan secara signifikan. Evaluasi lebih lanjut menunjukkan bahwa daerah tersebut tetap memenuhi standar spesifikasi teknis yang diperlukan. Dengan demikian, meskipun ada beberapa kekurangan dalam pembersihan, hasil akhir dari *hardfacing overlay* tetap dapat dianggap sesuai dengan persyaratan operasional yang berlaku.

Pengujian makro dilakukan untuk mengamati secara visual struktur dan karakteristik makroskopik hasil pengelasan *hardfacing* pada material ASTM A216 WCB menggunakan

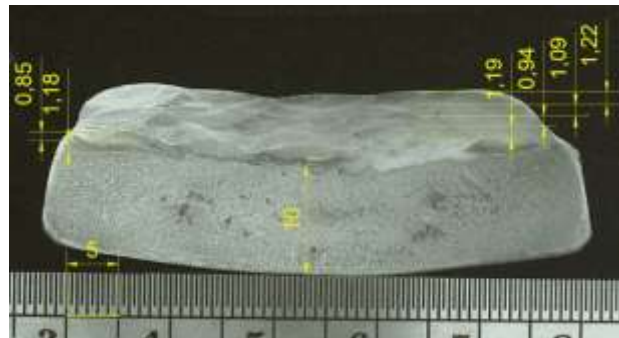
Pengaruh Variasi Jenis Elektroda *Buffer Layer* Pada Proses *Hardfacing* Material ASTM A216 WCB untuk *Valve* Terhadap Uji Makro

buffer layer ER308 dan ER309. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kualitas fusi antar lapisan las, ketebalan lapisan hasil *hardfacing*, serta kemungkinan adanya cacat makro seperti porositas, retak, atau *incomplete fusion*. Hasil pengujian makro dari pengelasan yang telah dilakukan pada spesimen 1 ditunjukkan Gambar 12 berikut ini



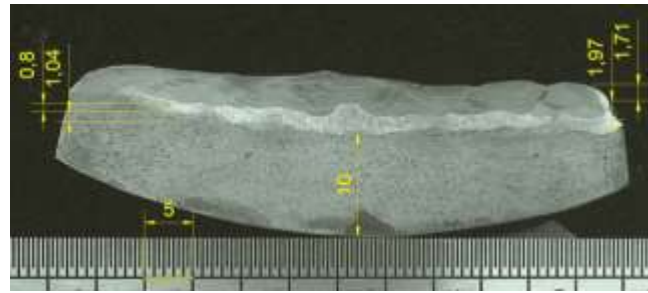
Gambar 12 Hasil Uji Makro Spesimen 1

Pada Gambar 12 di atas ditunjukkan hasil pengujian makro pada spesimen 1. Pada spesimen 1 ini menggunakan variasi *buffer layer* ER308 sebanyak 2 *layer* dan *hardfacing layer* sejumlah 2 *layer*. Pada hasil pengukuran uji makro ini pada *Buffer layer* memiliki ketinggian berturut-turut 1,21 mm dan 0,83 mm. Sedangkan pada *hardfacing layer*nya memiliki ketinggian berturut-turut 1,56 mm dan 1,27 mm. Pengamatan menunjukkan bahwa pada spesimen ini tidak ditemukan adanya cacat, yang mana hal ini mengindikasikan kualitas deposit yang baik. Selanjutnya hasil pengujian makro pada spesimen 2 ditunjukkan pada Gambar 13 berikut ini.



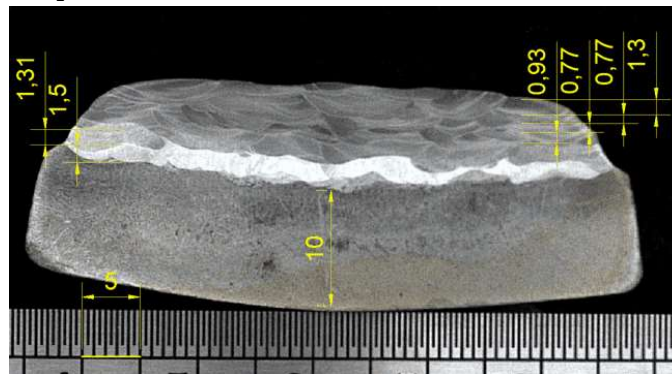
Gambar 13 Hasil Uji Makro Spesimen 2

Gambar 13 di atas menunjukkan hasil pengujian makro pada spesimen 2 dengan variasi *buffer layer* ER308 sejumlah 2 *layer* dan *hardfacing layer* sejumlah 4 *layer*. Pada Gambar 13 tersebut ditunjukkan bahwa tinggi *buffer layer* 1 dan *buffer layer* 2 berturut-turut 1,18 mm dan 0,85 mm. Sedangkan *hardfacing layer* berjumlah 4 *layer* dengan ketinggian berturut-turut 1,19 mm, 0,94 mm, 1,09 mm, 1,22 mm. Pada spesimen 2 ini juga tidak ditemukan cacat, yang mana dapat dikatakan kualitas deposit las yang baik juga. Untuk hasil pengujian makro spesimen 3 dapat dilihat pada Gambar 14 berikut ini.



Gambar 14 Hasil Uji Makro Spesimen 3

Gambar 14 di atas merupakan hasil pengujian makro spesimen 3 dengan variasi *buffer layer* ER309 sejumlah 2 *layer* dan *hardfacing layer* sejumlah 4 *layer*. Pada Gambar 14 menunjukkan hasil ketinggian *buffer layer* 1 dan 2 berturut-turut 1,04 mm dan 0,80 mm. Sedangkan pada *hardfacing layer* ketinggian nya berturut-turut 1,97 mm dan 1,71 mm. Pengamatan menunjukkan bahwa pada spesimen ini tidak ditemukan adanya cacat, yang mana hal ini mengindikasikan kualitas deposit yang baik. Sedangkan untuk pengujian makro spesimen 4 ditunjukkan pada Gambar 15 berikut ini.



Gambar 15 Hasil Uji Makro Spesimen 4

Pada Gambar 15 diatas ditunjukkan hasil pengujian makro pada spesimen 4 dengan variasi *buffer layer* ER309 sejumlah 2 *layer* dan *hardfacing layer* sejumlah 4 *layer*. Pada *buffer layer* 1 dan *buffer layer* 2 dihasilkan ketinggian berturut-turut 1,5 mm dan 1,31 mm sedangkan pada *hardfacing layer*nya didapatkan hasil ketinggian *layer* berturut-turut 0,93 mm, 0,77 mm, 0,77 mm, dan 1,3 mm. Pada spesimen ini juga tidak ditemukan cacat, yang mana dapat dikatakan kualitas deposit las yang baik juga.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa variasi *buffer layer* pada proses *hardfacing* memberikan hasil yang baik terhadap kedalaman penetrasi dan fusi dari setiap spesimen. Pada hasil pengujian visual tampak tidak adanya cacat permukaan apapun, dan terlihat hasil pengelasan yang rata dan halus serta tidak adanya *crack*. Pada hasil pengujian penetrasi dari semua spesimen ditemukan adanya indikasi cacat pada spesimen 3, yang disebabkan karena kurangnya pembersihan ketika proses pengelasan, namun adanya indikasi tersebut masih masuk dalam syarat keberterimaan dari uji penetrasi. Sehingga, pada uji penetrasi ini masih bisa dikatakan *accepted*. Pada uji makro terlihat semua spesimen

memiliki hasil dilusi dan kedalaman penetrasi yang sangat baik dan tidak ditemukan adanya cacat pada area *base metal* maupun *weld metal*.

6. Ucapan terima kasih

Tim penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada P3M Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya atas dukungan Dana Hibah Penelitian DIPA 2025 yang diberikan kepada tim penulis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

7. Daftar Pustaka

- Badheka, V. J., Basu, R., Omale, J., & Szpunar, J. (2016). Microstructural Aspects of TIG and A-TIG Welding Process of Dissimilar Steel Grades and Correlation to Mechanical Behavior. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 69(9), 1765–1773. <https://doi.org/10.1007/s12666-016-0836-5>
- Garbade, R. R., & Dhokey, N. B. (2021). Overview on Hardfacing Processes, Materials and Applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1017(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1017/1/012033>
- Guide, V. section. (2003). *Valve section Guide*.
- Indonesia, A. M. (2023). *Drawing GTAW process*.
- IX, A. S. (2023). Section IX. *The Secret Doctrine*, 91–97. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511978371.011>
- Jeong, Y. eun, Shin, G. Y., & Shim, D. S. (2021). Effect of P21 buffer layer on interfacial bonding characteristics of high-carbon tool steel hardfaced through directed energy deposition. *Journal of Manufacturing Processes*, 68(PA), 1596–1614. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.07.002>
- Kutelu, B. J., Seidu, S. O., Eghabor, G. I., & Ibitoye, A. I. (2018). Review of GTAW Welding Parameters. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 06(05), 541–554. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2018.65039>
- Lincoln. (2023). *Lincoln ® er308/308l*.
- Mantika, fitriyani aditiya. (2018). pengaruh heat input pada pengelasan dissimilar metal ss304h dan t22 dengan proses gtaw terhadap distribusi kekerasan dan kandungan delta ferrite. *Nucleic Acids Research*, 6(1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.gde.2016.09.008><http://dx.doi.org/10.1007/s00412-015-0543-8><http://dx.doi.org/10.1038/nature08473><http://dx.doi.org/10.1016/j.jmb.2009.01.007><http://dx.doi.org/10.1016/j.jmb.2012.10.008><http://dx.doi.org/10.1038/s4159>
- Materials, A. (n.d.). *ER309 filler*.
- M.M. Munir, Wahyudi, M. T., Kurniyanto, H. B., & Anggara, D. (2019). *MODUL PRAKTIK PRAKTIK DT NDT* (Vol. 01).
- Singh, H. (2014). Studies the Effect of Iron Based Hardfacing Electrodes on Stainless Steel Properties Using Shielded Metal Arc Welding Process. In *International Journal of Research in Advent Technology* (Vol. 2, Issue 4).

Pengaruh Variasi Jenis Elektroda *Buffer Layer* Pada Proses *Hardfacing* Material ASTM A216 WCB untuk *Valve* Terhadap Uji Makro

Tandon, D., Li, H., Pan, Z., Yu, D., & Pang, W. (2023). A Review on Hardfacing, Process Variables, Challenges, and Future Works. In *Metals* (Vol. 13, Issue 9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/met13091512>

Tapiola, J. (2017). *Cold Metal Transfer cladding of wear and corrosion resistant coatings in engine applications COLD METAL TRANSFER CLADDING OF WEAR AND CORRO-*. February. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15573.52963>

Walsh, E. (2018). Repair and maintenance. *A Guide to Landlord and Tenant Law*, 66–92. <https://doi.org/10.1201/9781315528250-7>