

ANALISIS VARIASI JUMLAH LAYER *HARDFACING* OVERLAY PADA MATERIAL A572 GR 50 DENGAN PENGELASAN FCAW TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN METALOGRAFI

Faisal Misbakhul Munir ^{1*}, Moh Syaiful Amri ^{2*}, Alvalo Toto Wibowo ^{3*}

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1*}

Email: faisalmunir@student.ppns.ac.id¹

Abstract – The bulldozer blade, consisting of the cutting edge and mold board, functions primarily to push and move materials. The cutting edge, however, often experiences significant wear due to friction, which can lead to increased repair costs. To address this issue, hardfacing overlay is applied to enhance wear resistance and reduce maintenance expenses. This study aims to improve the hardness, abrasion resistance, and impact resistance of bulldozer blades made from A572 Grade 50 material by applying a hardfacing overlay using the Flux-Cored Arc Welding (FCAW) method. This method is selected to tackle the problems of soft and rust-prone surfaces on the blade. Experiments were conducted with varying numbers of hardfacing layers to optimize the process parameters. Testing involved visual inspection, liquid penetrant testing, microstructure analysis, and hardness testing. The analysis revealed that the base metal contains ferrite and pearlite phases, while the buffer layer shows a combination of austenite and vermicular ferrite phases, with the vermicular ferrite widening in buffer layer 2. The hardfacing layer contains ferrite and austenite phases, with ferrite thickness increasing as the number of hardfacing layers rises. Hardness testing showed that the combination of 2 buffer layers and 3 hardfacing layers resulted in the highest hardness, reaching 655.20 kgf/mm².

Keyword: Hardfacing Overlay, A572 Gr 50, Hardness, Metallography

1. PENDAHULUAN

Blade bulldozer merupakan komponen vital dalam alat berat yang berfungsi untuk mendorong, mengangkat, dan memindahkan material seperti tanah, kerikil, dan batu. *Blade* ini terdiri dari dua bagian utama: *mold board* yang lebih lebar dan berfungsi sebagai pendorong, serta *cutting edge* yang lebih kecil dan berfungsi sebagai pemotong. Biasanya, *blade bulldozer* terbuat dari baja ASTM A572 Gr 50, yang dikenal karena kekuatannya, daya tahan, dan ketahanan korosinya. Meskipun demikian, material ini rentan terhadap keausan dan karat, yang dapat mengurangi umur pakai dan efektivitas kerjanya [4].

Cutting edge blade sering mengalami keausan yang signifikan akibat gesekan saat berinteraksi dengan material yang didorong, menyebabkan penurunan kinerja dan peningkatan biaya perawatan. Untuk mengatasi masalah ini, proses *hardfacing overlay* bisa menjadi solusi efektif. *Hardfacing* adalah teknik perbaikan permukaan logam dengan menerapkan material keras tambahan melalui pengelasan, untuk meningkatkan ketahanan aus dan memperpanjang umur komponen [3]. Salah satu metode pengelasan yang digunakan dalam *hardfacing* adalah FCAW (*flux core arc welding*), hasil pengelasan jenis ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis material, pemilihan *filler metal*, posisi pengelasan, komposisi gas, dan

teknik pengelasan [2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi jumlah *layer hardfacing* pada material ASTM A572 Gr 50 dengan menggunakan proses FCAW. Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian, metalografi, dan kekerasan untuk menilai efektivitas *hardfacing* dalam meningkatkan performa dan umur pakai bulldozer.

2. METODOLOGI

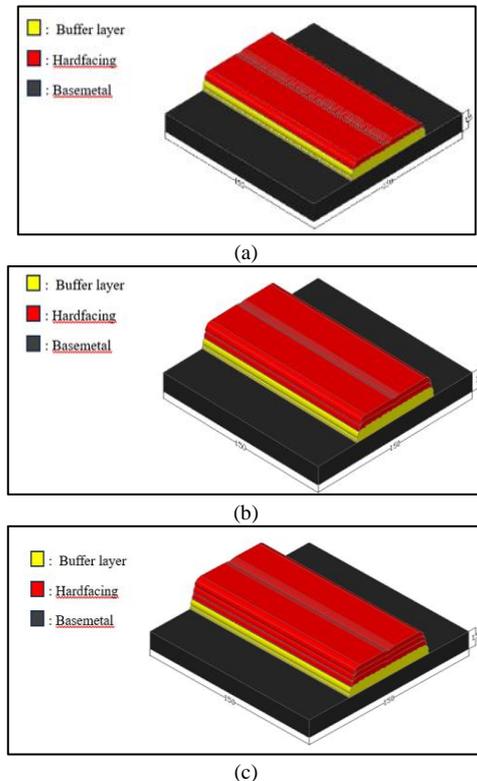
Dalam penelitian ini, proses pengelasan dilakukan dengan 3, 4, dan 5 *layer*, dimana 2 *layer* pertama berfungsi sebagai *buffer layer* dan *layer* tambahan 1, 2, dan 3 sebagai *hardfacing layer*. Pengelasan dilakukan dalam posisi down-hand dengan menggunakan metode FCAW. Elektroda E-308 LT 1-1 digunakan untuk *buffer layer*, sedangkan elektroda HCC-O digunakan untuk *hardfacing layer*, dan arus yang digunakan dalam proses pengelasan adalah 130 A. Tabel 1. berikut ini menunjukkan komposisi kimia elektroda HCC-O

Tabel 1. Komposisi Kimia Elektroda HCC-O

NO	NAME	C (%)	Cr (%)	Mn (%)	Si (%)
1	HCC-O	6.572	31.454	0.624	0.886

Penelitian ini menggunakan material ASTM A572 Gr 50 dengan ukuran 150 x 150 x 15 mm.

Dimana akan dilakukan pengelasan dengan lebar 75 mm dan panjang 150 mm. Hal ini sesuai dengan ketentuan ASME IX yang menyatakan bahwa lebar minimum untuk pengelasan *overlay* adalah 38 mm dan panjang minimum adalah 150 mm. Selanjutnya, susunan *layer* untuk spesimen dengan 3, 4, dan 5 *layer* akan dijelaskan pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Susunan *Layer*
 (a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2, (c)Spesimen 3

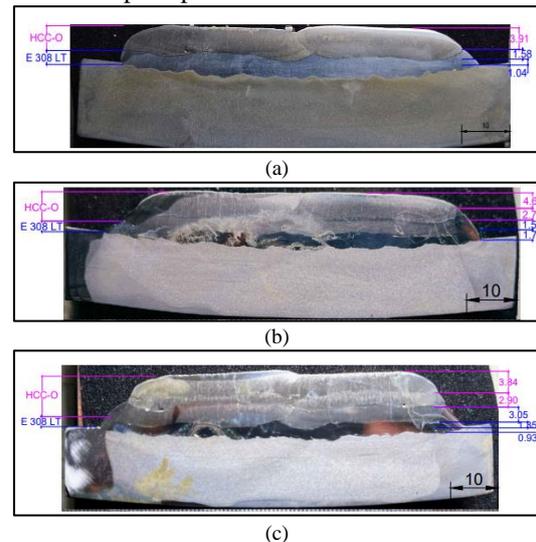
Pada hal ini, spesimen 1 adalah variasi 2 *bufferl layer* dan 1 *hardfacing layer*, spesimen 2 adalah variasi 2 *buffer layer* dan 2 *hardfacing layer*, dan spesimen 3 adalah variasi 2 *bufferl layer* dan 3 *hardfacing layer*. Setelah proses pengelasan selesai dilakukan, kemudian dilakukan pemotongan pada tes kupon dan selanjutnya dijadikan spesimen-spesimen untuk pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian metalografi dan pengujian kekerasan *vickers*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Metalografi

Pengujian makro dilakukan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai kondisi deposit tiap-tiap *layer* yang diterapkan selama proses *hardfacing*. Setelah spesimen dipersiapkan dengan diberikan cairan etsa untuk memperjelas struktur permukaannya, Langkah selanjutnya adalah melakukan foto makro pada hasil lasan. Proses pemotretan ini di fokuskan pada area *weld overlay* untuk menangkap detail-detail penting mengenai struktur lapisan

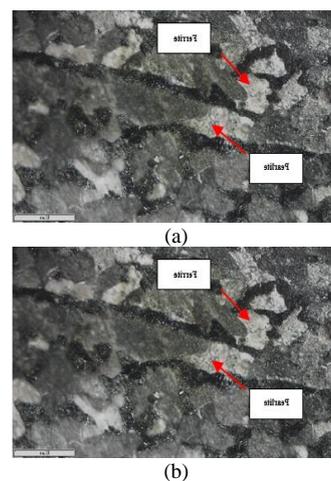
hardfacing. Gambar 2. sampai Gambar 4. berikut akan menunjukkan hasil pengujian makro yang dilakukan pada penelitian ini.



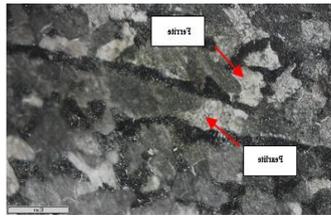
Gambar 2. Hasil Uji Makro
 (a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2, (c)Spesimen 3

Dari ketiga gambar tersebut diketahui bahwa pengelasan ini memiliki fusi yang sempurna antara *base metal* dengan *buffer layer*, dan *buffer layer* dengan *hardfacing layer*. Selain itu ketiga spesimen tersebut menunjukkan hasil pengelasan yang baik dan bebas dari cacat dan retak.

Pengambilan gambar struktur mikro pada material dilakukan pada bagian *base metal*, *buffer layer*, dan *hardfacing layer* untuk masing-masing variasi dengan perbesaran 500x. Struktur mikro yang diamati memberikan informasi mengenai sifat mekanik dan proses transformasi yang dilalui pada saat pengelasan berlangsung hingga logam las membeku. Pada Gambar 3. berikut akan ditunjukkan hasil pengujian mikro pada *base metal*.



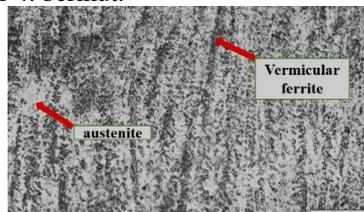
(b)



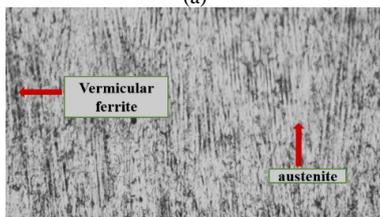
Gambar 3 Hasil Pengujian Mikro Pada Base Metal
(a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2, (c) Spesimen 3

Pada Gambar 3, tampak struktur mikro dengan perbesaran 500x dari spesimen 1, spesimen 2, dan spesimen 3, menunjukkan fasa ferrite yang terang dan pearlite yang gelap. Berdasarkan diagram Fe3C, baja A572 Grade 50, dengan kandungan karbon 0.14% dan suhu pemanasan di bawah 723°C (A1), membentuk fasa ferrite dan pearlite pada suhu ruangan. Ferrite, yang tampak terang, merupakan besi murni dengan karbon rendah, sedangkan pearlite, yang gelap, adalah struktur lamellar dari ferrite dan cementite. Penilaian ini sesuai dengan teori dan diagram fasa Fe3C yang menunjukkan ferrite dan pearlite sebagai fasa yang tepat untuk material ini.

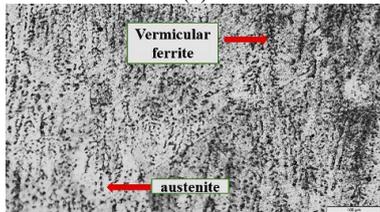
Pada proses pengelasan *hardfacing* ini, elektroda *buffer layer* yang digunakan adalah elektroda E308LT 1-1. Gambar dari struktur mikro di daerah ini dapat dilihat dari Gambar 4. dan Gambar 5., untuk stuktur mikro pada *buffer layer* 1 di tiap-tiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 4. berikut.



(a)



(b)

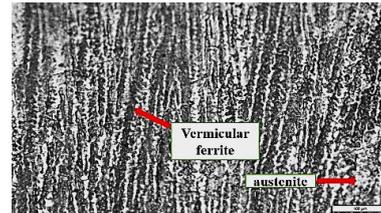


(c)

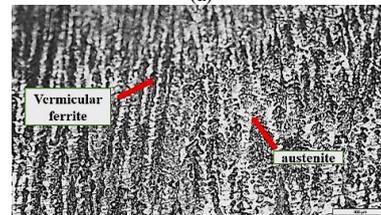
Gambar 4. Hasil Pengujian Mikro Pada Buffer Layer 1
(a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2, (c) Spesimen 3

Pada *buffer layer* 1, struktur mikro menunjukkan austenit dan *vermicular ferrite*. Penggunaan elektroda *austenitic stainless steel* E308 LT 1-1 mempengaruhi komposisi kimia dan

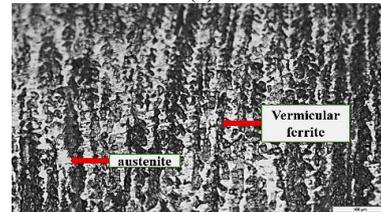
struktur mikro selama pendinginan. *Vermicular ferrite*, yang tampak sebagai dendrit gelap, terbentuk sebagai fasa utama karena kandungan kromium tinggi, menghasilkan struktur yang menyerupai cacing. Pendinginan yang lambat memungkinkan pembentukan struktur *dendritic*, dengan austenit yang lebih lunak di luar dendrit dan *vermicular ferrite* yang lebih keras di bagian dalam. Akhirnya, struktur mikro pada *layer* ini adalah kombinasi dari austenit dan *vermicular ferrite*. Sedangkan untuk struktur mikro pada *buffer layer* 2 dapat dilihat pada Gambar 5. berikut.



(a)



(b)



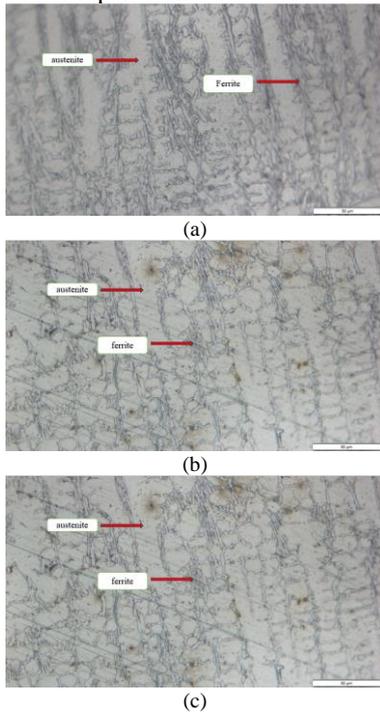
(c)

Gambar 5. Hasil Pengujian Mikro Pada Buffer Layer 2
(a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2, (c) Spesimen 3

Hasil pengujian mikro pada *buffer layer* 2 menunjukkan struktur mikro serupa dengan *buffer layer* 1, yaitu austenit dan *vermicular ferrite*. Kedua *layer* menggunakan elektroda *austenitic stainless steel* E308 LT yang sama, sehingga komposisi kimia konsisten. Namun, perbedaan ukuran *vermicular ferrite* terjadi karena variasi energi panas yang diterima. *Buffer layer* 2, dengan energi panas lebih banyak, menunjukkan *vermicular ferrite* yang lebih besar dan melebar, sedangkan *buffer layer* 1, dengan energi panas lebih sedikit, memiliki *vermicular ferrite* yang lebih kecil dan ramping. Penelitian [1] mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah *layer* dan masukan panas dapat meningkatkan pembentukan ferrite dan kekerasan material.

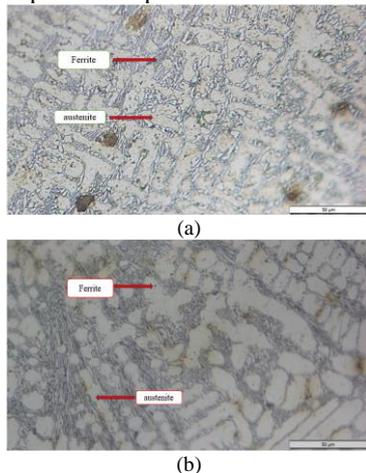
Pada proses pengelasan *hardfacing* ini elektroda yang digunakan adalah elektroda HCC-O dengan variasi jumlah *layer hardfacing*, yaitu 1 *layer*, 2 *layer*, dan 3 *layer*. Struktur mikro dari

masing-masing *layer* spesimen dapat dilihat pada Gambar 6. Sampai Gambar 8. berikut.



Gambar 6. Hasil Pengujian Mikro Pada *Hardfacing Layer 1*
 (a) Spesimen 1, (b) Spesimen 2, (c) Spesimen 3

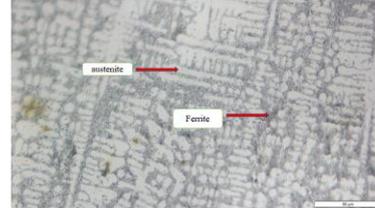
Hasil pengujian struktur mikro pada *hardfacing layer 1* menunjukkan fasa *austenite* dan *ferrite*. Fasa *ferrite* berwarna gelap dan berbentuk *vermicular*, sementara *austenite* berwarna terang. *Carbide kromium* tampak sebagai partikel kecil gelap yang tersebar dalam fasa *austenite*. Spesimen 1 menunjukkan fasa *ferrite* dan *carbide kromium* yang lebih tebal dan rapat dibandingkan dengan spesimen lainnya, yang meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus material. Hasil pengujian mikro pada *hardfacing layer 2* dapat dilihat pada Gambar 7. berikut.



Gambar 7. Hasil Pengujian Mikro Pada *Hardfacing Layer 2*
 (a) Spesimen 2, (b) Spesimen 3

Pada *hardfacing layer 2*, terbentuk struktur *ferrite* yang lebih tebal dari pada *hardfacing layer 1*. Pada spesimen 3 struktur *ferrite* terlihat lebih

tebal dan memiliki rongga yang lebih rapat daripada spesimen 2. Hal ini berhubungan dengan nilai kekerasan pada spesimen, dimana *hardfacing layer 2* spesimen 3 memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Hasil pengujian mikro pada *hardfacing layer 3* dapat dilihat pada Gambar 8. berikut.

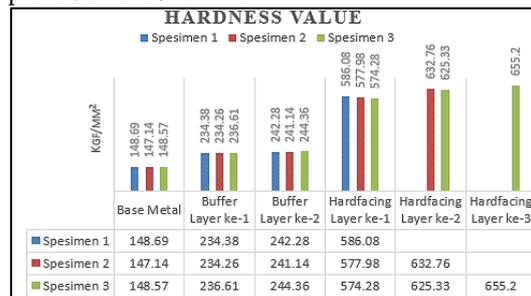


Gambar 8. Struktur Mikro *Hardfacing Layer 3*

Gambar 8. menunjukkan bahwa struktur *ferrite* pada *hardfacing layer 3* tidak mengalami penambahan ketebalan. Namun, jarak antar *ferritenya* lebih rapat. Hal ini mempengaruhi nilai kekerasan yang tinggi pada *hardfacing layer 3*.

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada masing-masing bagian *base metal*, *buffer layer*, dan *hardfacing layer*. Pada pengujian ini dilakukan pengujian *hardness Vickers*. Dimana pengujian dilakukan pada potongan melintang dari spesimen uji dengan jarak indentasi 1 mm. Pembebanan yang akan digunakan adalah 10 kgf dengan *dwell time* selama 10 detik. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 3 titik pada masing-masing daerah. Berikut merupakan hasil pengujian kekerasan pada masing-masing spesimen yang ditunjukkan pada Gambar 9. berikut.



Gambar 9. Grafik Uji Kekerasan

Berdasarkan Gambar 9. diatas dapat dilihat bahwa material A 572 Gr 50 yang digunakan sebagai *base metal* memiliki nilai kekerasan mencapai 148.69 kgf/mm² pada spesimen 1. Dimana hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai kekerasan pada spesimen 2 dan spesimen 3 yang memiliki nilai kekerasan 147.14 kgf/mm² dan 148.57 kgf/mm².

Pada daerah *buffer layer 1*, hasil uji kekerasan menunjukkan nilai kekerasan spesimen 1, spesimen 2 yang relatif sama. Yang mana nilai kekerasan *buffer layer*nya secara berturut-turut adalah 234.38 kgf/mm² dan 234.26 kgf/mm².

Sedangkan, *buffer layer* 1 pada spesimen 3 terdapat kenaikan sebesar 236.16 kgf/mm².

Jika dibandingkan dengan *buffer layer* 1, *buffer layer* 2 menunjukkan nilai kekerasan yang cenderung lebih tinggi. Hal ini terjadi karena *buffer layer* 2 mendapatkan masukan panas secara langsung ketika dilakukan pengelasan *hardfacing*. Hal ini juga dibuktikan dengan adanya perbedaan pada struktur mikro *buffer layer* 1 dan *buffer layer* 2, dimana pada *buffer layer* 1 struktur *vermicular ferrite* terlihat lebih ramping dan kecil. Sedangkan, pada *buffer layer* 2 struktur *vermicular ferrite* yang terbentuk lebih besar dan melebar yang menyebabkan nilai kekerasan *buffer layer* 2 lebih besar dari pada *buffer layer* 1. Nilai kekerasan dari masing-masing spesimen tersebut berturut-turut adalah 242.28 kgf/mm², 241.14 kgf/mm², dan 244.36 kgf/mm².

Pada spesimen 1, 2, dan 3 masing-masing layer 3, layer 4, dan layer 5 mengalami peningkatan kekerasan seiring bertambahnya layer *hardfacing*. Gambar 4.10 menampilkan bahwa jumlah lapisan sebanyak 5 layer *hardfacing* memberikan kekerasan lapisan teratas yang tertinggi dengan nilai kekerasan sebesar 655.20 kgf/mm². Pada daerah *hardfacing* layer 3 yang menggunakan elektroda HCC-O nilai kekerasan mengalami penurunan dari spek elektroda, hal ini terjadi diakibatkan akibat suhu interpass yang kurang diperhatikan. [5]

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa variasi jumlah layer *hardfacing* mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik material A572 Gr 50. Fasa *ferrite* dan *pearlite* ditemukan pada *base metal*, sementara *buffer layer* mengandung fasa *austenite* dan *vermicular ferrite*, dengan *vermicular ferrite* yang lebih lebar pada *buffer layer* 2. Pada *hardfacing layer*, terbentuk fasa *ferrite* dan *austenite*, di mana penebalan *ferrite* meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah *hardfacing layer*, dan *ferrite* menjadi semakin rapat. Variasi jumlah layer juga berpengaruh terhadap kekerasan; spesimen 3 dengan 2 *buffer layer* dan 3 *hardfacing layer* mencapai kekerasan permukaan tertinggi sebesar 655,20 kgf/mm², lebih tinggi dibandingkan spesimen 1 (632,76 kgf/mm²) dan spesimen 2 (586,08 kgf/mm²). Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian komposisi kimia elektroda HCC-O dan mempertimbangkan penggunaan *preheat* sebagai pengganti *buffer layer* dalam proses *hardfacing overlay* pada material A572 Gr 50.

5. SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka untuk hasil penelitian yang lebih maksimal dapat

dilakukan pengujian komposisi kimia pada elektroda HCC-O. Selain itu, dapat dilakukan *preheat* untuk mengganti *buffer layer* pada proses *hardfacing overlay* pada material A 572 Gr 50.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam melakukan pengerjaan penelitian ini, seperti kedua orang tua, dosen pembimbing, teman-teman *welding engineering* 2020, dan terkhusus juga untuk Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

7. PUSTAKA

- [1] Ardian Bagas A. (2020). Pengaruh Jumlah Variasi Layer pada Sambungan Las SMAW Dengan Elektroda NSN 308, Material SUS 304 Terhadap Nilai Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro.
- [2] ASME (2023). Sec IX Welding Brazing and Fusing Qualification. New York.
- [3] Darmo S. et al (2022) The Effect of Hard Facing Process on the Hardness and Microstructure of Bucket Tooth for Different Manganese Content
- [4] Srisuwan N. et al (2019) Hardfacing Welded ASTM A572-Based, High-Strength, Low-Alloy Steel: Welding, Characterization, and Surface Properties Related to the Wear Resistance
- [5] Triwanapong, S. (2019). Interpass Temperature Affecting Abrasive Wear Resistance of SMAW Hard-Faced Weld Metal on JIS-S50C Carbon Steel. Materials Science Forum ISSN: 1662-9752, Vol. 950, page. 60-64