

**Analisis Pengaruh *Hardfacing* Baja Karbon Rendah ASTM A36
Terhadap Perubahan Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Variasi
Arus Pengelasan**

***Analysis of the Hardfacing Effect of ASTM A36 Low Carbon Steel on
Changes in Microstructure and Hardness by Welding Current Variations***

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Iqbal Fauzan Azis

NPM: 193030035



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Iqbal Fauzan Azis
Nomor Pokok Mahasiswa : 193030035
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 30 September 2024

Penulis,



Iqbal Fauzan Azis

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Iqbal Fauzan Azis

NPM : 193030035

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisis Pengaruh *Hardfacing* Baja Karbon Rendah ASTM A36 Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan dengan Variasi Arus Pengelasan”

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 24 September 2024

Yang menyatakan,



Iqbal Fauzan Azis

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Analisis Pengaruh *Hardfacing* Baja Karbon Rendah ASTM A36 Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan dengan Variasi Arus Pengelasan



Nama : Iqbal Fauzan Azis
NPM : 193030035

Pembimbing Utama

Ir. Bukti Tarigan, M.T.

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Endang Ahdi, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Analisis Pengaruh *Hardfacing* Baja Karbon Rendah ASTM A36 Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan dengan Variasi Arus Pengelasan



Nama : Iqbal Fauzan Azis
NPM : 193030035

Tanggal sidang skripsi: Sabtu, 28 September 2024

Ketua : Ir. Bukti Tarigan, M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

Anggota : Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

Anggota : Ir. Agus Sentana, M.T.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr Wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji serta syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan nikmat-Nya. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Pengaruh *Hardfacing* Baja Karbon Rendah ASTM A36 Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Harga Kekerasan dengan Variasi Arus Pengelasan.** Skripsi ini merupakan syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung.

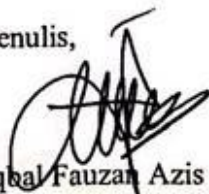
Penulis sadar terdapat kekurangan dan kesalahan selama penulisan laporan ini. Oleh karena itu, kritik dan saran diharapkan dari pembaca laporan ini di kemudian hari agar dapat di jadikan evaluasi dan pembelajaran.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini penulis juga menyampaikan terima kasih karena mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan ini. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena berkat Rahmat-Nya laporan skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua saya yang selalu mendukung dan memberikan semangat yang nyata dalam menyelesaikan laporan ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T., Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
4. Bapak Ir. Bukti Tarigan, M.T., Selaku Dosen Pembimbing Utama
5. Bapak Dr. Ir. Endang Ahdi, M.T., Selaku Dosen Pembimbing Pedamping
6. Kawan - kawan Teknik Mesin Angkatan 2019 yang selalu menemani dalam penyelesaian laporan ini.

Bandung, 30 September 2024

Penulis,

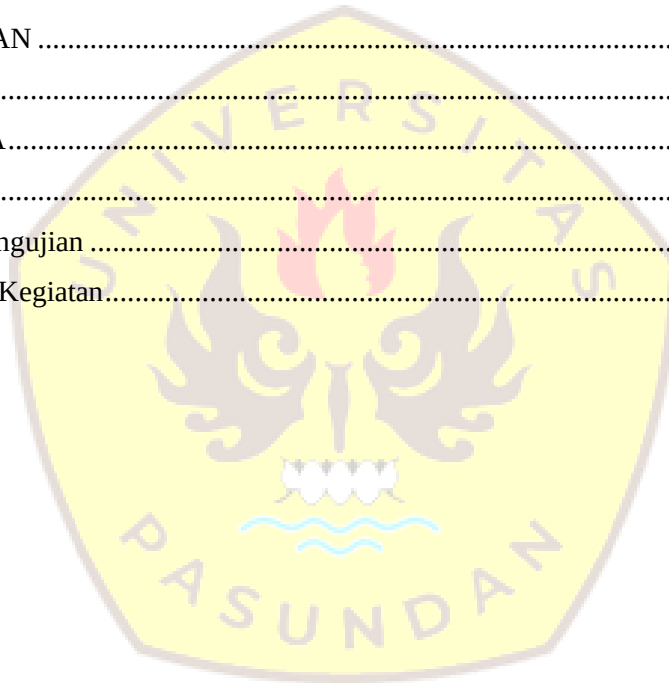


Iqbal Fauzan Azis

DAFTAR ISI

Surat Pernyataan.....	i
Surat Pernyataan Persetujuan Publikasi.....	ii
Lembar Pengesahan Pembimbing.....	iii
Lembar Pengesahan Penguji.....	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel.....	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang.....	1
2. Rumusan Masalah.....	2
3. Tujuan.....	2
4. Manfaat.....	3
5. Batasan Masalah.....	3
6. Sistematika Penulisan	3
BAB II STUDI LITERATUR.....	5
1. Penelitian Terdahulu	5
2. Baja Karbon Rendah ASTM A36.....	7
3. AWS 410	9
4. SMAW.....	9
5. <i>HardFacing</i>	10
6. Diagram Fasa Fe – Fe ₃ C	11
7. Diagram Pendinginan Lanjut (CCT).....	12
8. Hubungan Kekerasan dan Ketahanan Keausan	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
1. Tahapan Penelitian.....	15
2. Tempat Penelitian	17
3. Desain Eksperimen	18
4. Persiapan Pengujian.....	19
5. Peralatan dan Bahan yang digunakan	25
6. Metode Pengujian	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
1. Pengambilan Data Pengamatan Metalografi dan Kekerasan	27
2. Data Proses Pengelasan	28
3. Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan	29
A. Sampel 80 A	29
B. Sampel 100 A	31
C. Sampel 120 A	32
4. Hasil dan Pembahasan Metalografi	35
A. Struktur Makro	35
B. Struktur Mikro	39
BAB V KESIMPULAN	61
1. Kesimpulan	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	65
1. Data Hasil Pengujian	68
2. Dokumentasi Kegiatan	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Contoh rumah <i>bucket</i> eskavator yang mengalami keausan [2].	1
Gambar 2. Baja ASTM A36	8
Gambar 3. <i>Welding machine</i> SMAW [14].	10
Gambar 4. Skematis <i>hardfacing</i> [16].	11
Gambar 5. Diagram Fasa Fe - Fe ₃ C [18].	11
Gambar 6. Skematis Struktur Mikro Baja Karbon [19]	12
Gambar 7. Diagram Pendinginan Lanjut (CCT) [21].	13
Gambar 8. Diagram Tahapan Penelitian	15
Gambar 9. Lokasi penelitian FT UNPAS	17
Gambar 10. Lokasi B4T Bandung	17
Gambar 11. Proses Pemotongan Material Baja	20
Gambar 12. Spesimen Sebelum Pengelasan	20
Gambar 13. Proses Pengelasan	21
Gambar 14. Hasil Pengelasan dengan Arus 80 A	21
Gambar 15. Hasil Pengelasan dengan Arus 100 A	21
Gambar 16. Hasil Pengelasan dengan Arus 120 A	22
Gambar 17. Hasil Pemotongan untuk Sampel Uji	22
Gambar 18. Proses <i>Mounting</i>	23
Gambar 19. Proses <i>Grinding</i>	24
Gambar 20. Proses <i>Polishing</i>	24
Gambar 21. Larutan Etsa Baja	25
Gambar 22. Larutan Etsa Logam Las	25
Gambar 23. Titik Pengujian Kekerasan	27
Gambar 24. Grafik Uji Kekerasan Pada Sampel Arus 80 A.	29
Gambar 25. Grafik Uji Kekerasan Pada Sampel Arus 100 A.	31
Gambar 26. Grafik Uji Kekerasan Pada Sampel Arus 120 A.	33
Gambar 27. Grafik Rata-Rata Uji Kekerasan.	34
Gambar 28. Struktur Makro Arus 80 A.	36
Gambar 29. Struktur Makro Arus 100 A.	37
Gambar 30. Struktur Makro Arus 120 A.	38
Gambar 31. Struktur Mikro Sampel Arus 80 A.	39
Gambar 32. Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i> .	40
Gambar 33. Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i> .	40
Gambar 34. Struktur Mikro Daerah <i>Fusion line</i> .	41
Gambar 35. Struktur Mikro Daerah <i>Fusion Line</i> .	42

Gambar 36. Struktur Mikro Daerah <i>HAZ</i>	43
Gambar 37. Struktur Mikro Daerah <i>Base Metal</i>	45
Gambar 38. Struktur Mikro Sampel Arus 100 A.	46
Gambar 39. Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i>	47
Gambar 40. Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i>	47
Gambar 41. Struktur Mikro Daerah <i>Fusion Line</i>	49
Gambar 42. Struktur Mikro Daerah <i>Fusion Line</i>	49
Gambar 43. Stuktur Mikro Daerah <i>HAZ</i>	51
Gambar 44. Struktur Mikro Daerah Base Metal.	53
Gambar 45. Struktur Mikro Sampel Arus 120 A.	54
Gambar 46. Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i>	55
Gambar 47. Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i>	55
Gambar 48. Struktur Mikro Daerah <i>Fusion Line</i>	56
Gambar 49. Struktur Mikro Daerah <i>Fusion Line</i>	57
Gambar 50. Struktur Mikro Daerah <i>HAZ</i>	58
Gambar 51. Struktur Mikro Daerah Base Metal.	60
Gambar 52. Proses Pemotongan Sampel Las.....	74
Gambar 53. Sampel Sebelum Las.....	74
Gambar 54. Proses Pengelasan	75

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Baja Karbon Rendah ASTM A36 [11].....	8
Tabel 2. Sifat Mekanis Baja Karbon Rendah ASTM A36 [11].....	8
Tabel 3. Komposisi Kimia E410 [12]	9
Tabel 4. Sifat Mekanis E410 [12].....	9
Tabel 5. Desain Eksperimen Pengujian	18
Tabel 6. Peralatan dan Bahan yang digunakan	25
Tabel 7. <i>Jobsheet</i> Pengelasan	28
Tabel 8. Data Hasil Pengujian Kekerasan Sampel Arus 80A.....	29
Tabel 9. Data Hasil Uji Kekerasan Sampel Arus 100 A.	31
Tabel 10. Data Hasil Uji Kekerasan Pada Sampel Arus 120 A.	32
Tabel 11. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Base Metal</i> Sampel Arus 80 A.....	68
Tabel 12. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Base Metal</i> Sampel Arus 100 A.....	68
Tabel 13. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Base Metal</i> Sampel Arus 120 A.....	69
Tabel 14. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Fusion Line</i> Sampel Arus 80 A.....	69
Tabel 15. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Fusion Line</i> Sampel Arus 100 A.....	70
Tabel 16. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Fusion Line</i> Sampel Arus 120 A.....	70
Tabel 17. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>HAZ</i> Sampel Arus 80 A.	71
Tabel 18. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>HAZ</i> Sampel Arus 100 A.	71
Tabel 19. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>HAZ</i> Sampel Arus 120 A.	72
Tabel 20. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Weld Metal</i> Sampel Arus 80 A.	72
Tabel 21. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Weld Metal</i> Sampel Arus 100 A.	73
Tabel 22. Data Pengujian Kekerasan Daerah <i>Weld Metal</i> Sampel Arus 120 A.	73

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh proses *hardfacing* pada baja karbon rendah ASTM A36 terhadap perubahan struktur mikro dan kekerasan dengan variasi arus pengelasan (80 A, 100 A dan 120 A). Tujuan utama penelitian ini adalah meningkatkan kekerasan permukaan baja untuk memperbaiki ketahanan aus, khususnya pada komponen seperti rumah *bucket* eskavator. Pengujian kekerasan dilakukan pada 4 daerah, yaitu *weld metal*, *fusion line*, *HAZ*, dan *base metal*. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan arus pengelasan berbanding lurus dengan peningkatan kekerasan. Pada arus 120 A, kekerasan mencapai 1118.61 HV yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan arus 100 A dan 80 A. Struktur mikro yang terbentuk terdiri dari martensitik, ferit, bainit, dan karbida dimana distribusi dan ukuran butir dari setiap fasa mempengaruhi sifat mekanik material. Kesimpulan utama penelitian ini adalah bahwa teknik *hardfacing* mampu meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus baja ASTM A36 secara signifikan, terutama di daerah *weld metal* sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan daya tahan tinggi terhadap gesekan.

Kata Kunci: *hardfacing*, keausan, kekerasan, baja karbon rendah ASTM-A36.



ABSTRACT

This study analyzes the effect of the hardfacing process on ASTM A36 low carbon steel in terms of changes in microstructure and hardness with variations in welding current (80A, 100A, and 120A). The main objective is to enhance the surface hardness of the steel to improve wear resistance, particularly for components such as excavator bucket housings. Hardness testing was conducted on several areas, including weld metal, fusion line, heat-affected zone (HAZ), and base metal. The results show that increasing welding current correlates with increased hardness. At a 120A current, the hardness reached 1118.61 HV, the highest value compared to the 100A and 80A currents. The microstructures formed consist of martensite, ferrite, bainite, and carbides, with grain size and distribution affecting the material's mechanical properties. The key conclusion of this study is that the hardfacing technique significantly improves the hardness and wear resistance of ASTM A36 steel, especially in the weld metal area, making it suitable for applications requiring high durability against abrasion.

Keywords: *hardfacing, wear, hardness, low-carbon steel ASTM-A36.*



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Permintaan industri untuk pemilihan material yang mempunyai sifat kekerasan yang tinggi dan sifat ketahanan aus dengan meningkatkan properti dari komponen manufaktur yang banyak digunakan dalam industri – industri yang ada sedangkan kondisi di lapangan untuk penggunaan material yang memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang baik di dalam industri sangat mahal dan keterbatasan dari pasar itu sendiri. Di banyak aplikasi, spesifik dari properti masih banyak menggunakan bahan - bahan material yang masih ada keterbatasannya yaitu salah satunya adalah mudah mengalami cepat aus terjadi akibat gesekan dengan permukaan yang kasar contohnya pada rumah *bucket* eskavator [1].



Gambar 1. Contoh rumah *bucket* eskavator yang mengalami keausan [2].

Adanya gesekan akan menyebabkan kerusakan berupa hilangnya material dari permukaan benda yang disebut keausan. Berbagai faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan gerak, besarnya beban, profil permukaan serta kekerasan (*hardness*) dari material [3]. Namun, permasalahan tersebut bisa di atasi oleh teknik *hardfacing*. *Hardfacing* memiliki fungsi untuk meningkatkan nilai kekerasan pada material dengan cara dilakukan pengelasan pada permukaan material yang mengalami keausan pada material baja karbon rendah yang bertujuan untuk melapisi bagian permukaan material agar bisa menambah sifat dan propertis dari material tersebut sehingga material yang sudah dilakukan teknik *hardfacing* bisa menjadi lebih baik daripada sifat material sebelumnya [4].

Baja karbon rendah ASTM A36 merupakan material yang masih banyak digunakan di industri konstruksi, perkapalan, otomotif. Baja karbon ini memiliki komposisi kimia yang mana paduan karbon sebesar 0,26%,Silikon 0,09% Mangan 0,53%, Fosfor 0,01%, Sulfur 0,04% Nikel 0,03% Kromium 0,03% [5].

Hardfacing adalah sebuah cara untuk memperpanjang atau meningkatkan masa pakai komponen teknik baik dengan membangun kembali atau dengan membuat material sehingga menghasilkan bagian permukaan material baja karbon yang memiliki kekerasan tinggi dan ketahanan korosi yang baik. *Hardfacing* berfokus terutama pada ketahanan aus, abrasi, erosi dan benturan [6].

2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- Bagaimana cara meningkatkan kekerasan pada baja ASTM A36.
- Bagaimana untuk mengetahui perubahan struktur mikro dan kekerasan dari baja ASTM A36 hasil *hardfacing*.
- Apakah dengan *hardfacing* dapat meningkatkan kekerasan pada rumah *bucket* eskavator.

3. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui peningkatan sifat mekanik berupa kekerasan melalui teknik *hardfacing*.
- Untuk menentukan perubahan struktur mikro dan kekerasan dari material ASTM A36.
- Untuk mengetahui hubungan kekerasan dan keausan dengan teknik *hardfacing* pada rumah *bucket* eskavator.

4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- Menambah informasi yang berkaitan penerapan teknik *hardfacing*.
- Dapat dijadikan sebagai acuan dalam penerapan teknik *hardfacing* pada baja ASTM A36.

- Dengan teknik *hardfacing* berfungsi untuk meningkatkan kekerasan di baja ASTM A36 dan mengurangi keausan.

5. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- Material yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan standar ASTM A36.
- Mesin las yang digunakan adalah SMAW.
- *filler metal* yang digunakan adalah E410.
- Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 80 A, 100 A, 120 A.
- Hasil dari *hardfacing* adalah perubahan struktur mikro dan peningkatan kekerasan.

6. Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan skripsi ini disajikan melalui beberapa bab yang diatur secara terstruktur.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian, cakupan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini memaparkan berbagai teori sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang akan dijadikan referensi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan metode-metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi proses pengujian material yang meliputi hasil *hardfacing*, guna mengetahui hasil dari pengujian metalografi dan pengujian kekerasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil proses pengujian metalografi dan pengujian kekerasan material hasil *hardfacing*, serta memberikan saran yang berguna untuk penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi buku atau jurnal yang digunakan untuk mendukung laporan skripsi ini, terutama terkait analisis hasil *hardfacing* pada material baja karbon rendah dengan standar ASTM A36.

LAMPIRAN



BAB V KESIMPULAN

1. Kesimpulan

- Pada daerah *weld metal* mempunyai struktur mikro martensitik dan terdapat karbida yang mempunyai kekerasan rata - rata pada setiap arus 80 A sebesar 611.17 HV, 100 A sebesar 952.37 HV dan 120 A sebesar 1118.61 HV.
- Pada daerah *fusion line* memiliki struktur mikro martensitik, widmanstaten dan bainit yang mempunyai kekerasan rata – rata pada setiap arus 80 A sebesar 610.79 HV, 100 A sebesar 790.71 HV dan 120 A sebesar 1093.02 HV.
- Pada daerah *HAZ* memiliki struktur mikro bainit, widmanstaten, ferit dan perlit yang mempunyai kekerasan rata – rata pada setiap arus 80 A sebesar 529.42 HV, 100 A sebesar 564.53 HV dan 120 A sebesar 755.48 HV.
- Pada daerah *base metal* memiliki struktur mikro ferit dan perlit yang mempunyai kekerasan rata – rata pada setiap arus 80 A sebesar 310.21 HV, 100 A 310.89 HV dan 120 A sebesar 312.84 HV.
- Pada penelitian ini bisa meningkatkan ketahanan aus pada rumah *bucket* escavator dengan mengkonversi kekerasan pada setiap arus pengelasan *hardfacing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Daniel, “*hardfacing*,” vol. 45, no. 5, pp. 4112–4116, 2021, Accessed: Agustus 09, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.662>
- [2] Raha, P “*Effect of Spike Parameter Quadratic Fit on Wear in Excavator Bucket*,” Accessed: Agustus 09, 2024.” [Online]. Available: <https://www.dreamstime.com/stock-photo-excavator-bucket-excavator-bucket-detail-ready-to-dig-image98831644>
- [3] M. Hasry and Y. Kaelani, “Studi Eksperimental Keausan Permukaan Material Akibat Adanya Multi - *Directional Contact Friction*,” J. Tek. POMITS, vol. 3, no. 1, pp. 108–113, 2014. Available: <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/MOMENTUM/article/view/1756>
- [4] A. L. Ferry, B. Basori, “Perlakuan Panas Lapisan Has. Multilapis *Hardfacing* Dengan Elektroda AWS A5.13 EFe2/A5.1 E7018,” vol. 24, no. 2, pp. 192–198, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unas.ac.id/giga/article/view/1238>
- [5] I. S. Jaenal Arifin, P. Helmy, “Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil. Pengelasan SMAW Baja ASTM A36,” vol. 13, no. 1, pp. 27–31, 2017, [Online]. Available: <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/MOMENTUM/article/view/1756>
- [6] A. L. Ferry Budhi Susetyo” Perlakuan Panas Lapisan Las Multilapis *Hardfacing* Dengan Elektroda AWS A5.13 EFe2/A5.1 E7018”, vol. 24, no. 2, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unas.ac.id/giga/article/view/1238>
- [7] S. Desmon, “Pengamatan Struktur Mikro Pada Baja JIS SS400,” J. TEK. MESIN, vol. 10, no. 1, p. 27, 2021. Available: <http://journal.unas.ac.id/giga/article/view/1132>
- [8] F. Budhi Susetyo, H. Hadi Sutrisno, and R. Ayu Suryadewi, “Studi Lapisan Hasil *Hardfacing* Dengan Variasi Arus Dan Elektroda AWS A5.13 EFe2/A5.1 E7018,” J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Inov., vol. 3, no. 2, pp. 97–104, 2021, doi: 10.35814/asiimetrik.v3i2.1944.
- [9] Z. Ry, “Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400,” vol. 17, no. 6, pp. 19–25, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/jpl.v17i1.870>
- [10] B. Tarigan, “Karakterisasi Material *Bucket Teeth* Pada *Excavator* Untuk Peningkatan Kualitas Dan Pembuatan,” Infomatek, vol. 18, no. 2, p. 99, 2017, doi: 10.23969/infomatek.v18i2.497.
- [11] ASTM A36/A36M-05, “*Standard Specification for Carbon Structural Steel*,” ASTM International Standards, vol. 14, pp. 1-4, 2005, doi: 10.1520/A0036.

- [12] M. Y. Zhang, C. Wang, and X. Q. Liu, "Experimental Study On The Mechanical Properties Of Dissimilar Metal Welds Of Aluminum And Steel," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 793, p. 139946, 2020. doi: 10.1016/j.msea.2020.139946.
- [13] H. K. Rahman and S. Sunyoto, "Pengaruh Arus SMAW Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Baja Konstruksi IWF JIS G3101 SS400," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 35–45, 2021, doi: 10.21831/dinamika.v6i1.37070.
- [14] A. Suhendar, "SMAW." Accessed: Agustus. 09, 2024 [Online]. Available: <https://homecare24.id/bagian-bagian-mesin-las-smaw/>
- [15] D. Tandon, H. Li, Z. Pan, D. Yu, and W. Pang, "A Review on Hardfacing, Process Variables, Challenges, and Future Works," *Metals (Basel)*, vol. 13, no. 9, 2023, doi: 10.3390/met13091512.
- [16] D. Tandon, "hardfacing." Accessed: Agustus. 09, 2024 [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-a-hardfacing-deposition-process-using-gas-metal-arc-welding-and_fig1_373387482/actions#reference
- [17] S. Ahmad dan Zayadi, "Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja S45C Pasca Quenching pada 950°C dan Tempering 500°C," *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, vol. 7, no. 1, pp. 33-37, doi: 10.35894/jtk.v7i1.53.
- [18] G. Pandang, "Diagram Fasa FE3C." Accessed: Agustus. 09, 2024 [Online]. Available: <https://garispandang.blogspot.com/2011/03/pada-proses-pembuatannya-komposisi.html>
- [19] A. Volokitin and I. Volokitina, "Role of Carbon Content on Microstructure Evolution and Impact Toughness in High-Strength Steel," *Metals*, vol. 13, no. 9, p. doi: 10.3390/met13091180.
- [20] I. Alenezi, "Effects of Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructure of ASTM A36 Steel," *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 10, no. 1, pp. 5320-5324, Feb. 2020, doi: 10.48084/etasr.3326.
- [21] "Diagram CCT," *My Diagram*, . Accessed: Agustus. 09, 2024 [Online]. Available: <https://mydiagram.Online/welding-cct-diagram/>
- [22] E. K. Ningsih, "Studi Eksperimen dan Analisa Keausan *Journal Bearing Dry Contact* Pada Rotary Valve Mesin Pembuat Pasta," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 58–64, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15207.
- [23] C. Henry dan Y. Muhammad, "Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekerasan Material

Pada Proses *Milling* Dengan Variasi Kecepatan *Feeding*,” J. Tek. Mesin, vol. 8, no. 2, pp. 10–16, 2019, doi: 10.24912/jtm.v8i2.1341.

- [24] H. Setiawan, “Pengujian Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro Produk Cor Propeler Kuningan,” J. SIMETRIS, vol. 3, no. 1, pp. 71–79, 2013, doi: 10.24176/simet.v3i1.90
- [25] A. Fazadima, H. Pratikno, and H. Ikhwan, “Analisis Pengaruh Variasi *Heat Input* terhadap Uji Impact, Uji Metalografi, dan Laju Korosi pada Pengelasan SMAW Sambungan Pelat Baja A36 dengan Baja *Structural Steel* 400 (SS400),” J. Tek. ITS, vol. 11, no. 3, pp. 38–43, 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i3.88068.
- [26] G. Li, Y. Chen, C. Zhang, dan L. Wang, “*Thermo-Metallurgically Coupled Numerical Simulation And Validation Of Multi-Layer Gas Metal Arc Welding Of High Strength Pearlitic Rails*,” *Welding in the World*, vol. 65, no. 3, pp. 423-435, 2021, doi: 10.1007/s40194-021-01056-0.
- [27] S. Zhao, N. Min, and W. Li, “*Formation of Widmanstätten Ferrite and Grain Boundary Ferrite in a Hypereutectoid Pearlitic Steel*,” *Metals*, vol. 12, no. 3, p. 493, 2022, doi: 10.3390/met12030493.
- [28] D. A. Porter, K. E. Easterling, and K. E. Easterling, “*Phase Transformations in Metals and Alloys (Revised Reprint)*,” *Phase Transform. Met. Alloy. (Revised Repr.)*, no. 4, p. 356, 2009, doi: 10.1201/9781439883570.
- [29] A. Grajcar and A. Kozłowska, “*Modeling of Phase Diagrams and Continuous Cooling Transformation Diagrams of Medium Manganese Steels*,” *Symmetry*, vol. 15, no. 2, pp. 381, Feb. 2023. doi: 10.3390/sym15020381.