

**SIFAT FISIK PERMUKAAN MATERIAL BAJA KARBON GRADE A36
BUCKET KAPAL KERUK DENGAN METODE HARD SURFACING**

Nur Yanu Nugroho¹⁾, Adi Setiawan²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Hang Tuah,
Jl. Arif Rahman Hakim, No. 150, Surabaya

Abstrak: Kualitas permukaan material bucket kapal keruk setelah dilakukan proses perlakuan panas perlu dilakukan pengamatan secara fisik untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi pada material. Perubahan struktur mikro dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanik, keuletan dan kekerasan pada material setelah dilakukan proses perlakuan panas. Penelitian ini untuk mengkaji sifat fisik kekerasan material baja *grade A36* setelah mengalami berbagai perlakuan pengerasan permukaan dengan pengujian makro etsa dan mikro etsa. Pengerasan permukaan baja *grade A36* dilakukan dengan variasi metode *hard facing*, *buttering*, dan *buttering* berlapis. Hasil foto makro etsa menunjukkan nilai dilusi lapisan logam las paling tinggi pada metode *buttering* 28,7% sedangkan metode *hard facing* 27,7% dan *buttering* berlapis 20,3%. Pada hasil foto mikro etsa untuk pengelasan *overlay* menggunakan metode *buttering* tidak terlihat perbedaan butiran antara *weld metal* dengan HAZ sehingga terjadi homogenitas material yang baik. Dari hasil penelitian dengan pengujian makro etsa dan mikro etsa didapatkan bahwa dari ketiga metode pengerasan permukaan dapat direkomendasikan bahwa dengan metode *buttering* adalah yang paling tepat untuk proses pengerasan permukaan pada material *bucket* kapal keruk.

Kata kunci: baja *grade A36*, *buttering*, *buttering* berlapis, makro etsa, mikro etsa, pengelasan *hard facing*,

PENDAHULUAN

Kondisi perairan yang penuh bebatuan dan karang keras membuat *bucket* kapal keruk sering mengalami bengkok dan aus sehingga waktu kerja untuk penggerukan menjadi kurang maksimal. Timbulnya permasalahan seperti ini perlu ada penelitian dengan melakukan pengerasan permukaan logam pada *bucket* kapal keruk sehingga dapat memperpanjang *life time* peralatan *bucket*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas sifat mekanik logam *bucket* kapal keruk setelah mengalami perlakuan pengerasan permukaan melalui uji bending, uji kekerasan, foto makro etsa dan mikro etsa. Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk pengerasan permukaan menggunakan tiga macam variasi, yaitu: metode *hard facing* dengan menambah lapisan keras pada logam induk maksimal 3 *layer*, metode *buttering* dengan penambahan 2 lapisan keras dan 2 lapisan lunak pada logam induk sehingga menjadi 4 *layer*, dan metode *buttering* berlapis dengan *layer* 1 dan 3 lapisan lunak *layer* 2 dan 4 lapisan keras. Variasi metode pengerasan permukaan dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

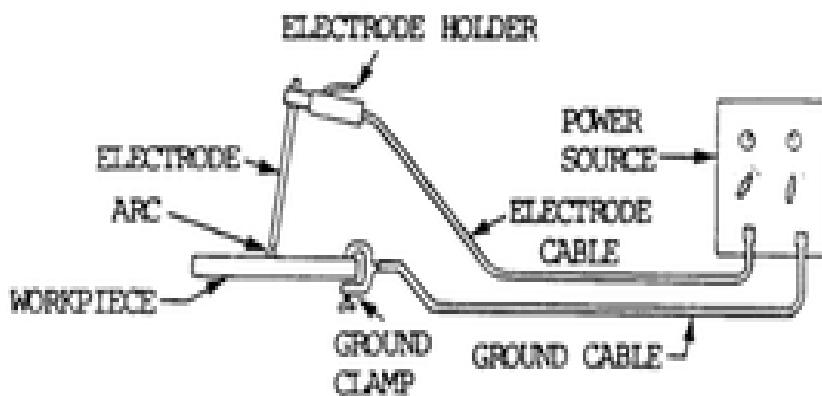
Metode pengerasan permukaan logam juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode induksi. Pemanasan induksi, yang selama ini telah digunakan dalam proses peleburan logam, merupakan sistem pemanasan yang sangat cepat dan efisien karena kerugian dari proses radiasi dapat dikurangi. Menurut Rifky Ismail, dkk., 2011, dalam penelitiannya bahwa pengerasan permukaan pada roda gigi menggunakan mesin pemanas induksi dilakukan dengan meletakkan roda gigi di dalam kumparan/ coil yang dialiri arus listrik sehingga timbul medan magnet yang menghasilkan panas. Pemanasan secara kontinyu pada roda gigi hingga temperaturnya mencapai fase transformasi dan disertai dengan proses pendinginan cepat dapat menghasilkan pengerasan pada permukaan pada roda gigi. Yusuf Umardhani, 2011 dalam penelitiannya bahwa nitridasi merupakan suatu metode pengerasan permukaan yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan sifat mekanik pada baja terhadap laju korosi dan keausan. Proses nitridasi setelah dietsa dalam

larutan garam HCL selama 60 menit, mampu meningkatkan nilai kekerasan baja ST 40 dari baja non perlakuan nitridasi (*raw material*) sebesar 150.03 HV menjadi 154.8 HV untuk proses nitridasi T:400°C, 153.8 HV untuk nitridasi T:450°C, dan 158.75 HV untuk nitridasi T: 500°C.



Gambar 1. Variasi Hard Facing, Buttering dan Buttering Berlapis

Baja ASTM *Grade A36* termasuk ke dalam baja karbon rendah dengan elemen paduan terdiri dari unsur karbon ($C = 0,25\text{--}029\%$), silikon ($Si = 0,28\%$), mangan ($Mn = 1,03\%$), posfor ($P = 0,04\%$), sulfur ($S = 0,05\%$), dan copper ($Cu = 0,20\%$). Sifat mekanik pada baja ASTM *Grade A36* adalah sebagai berikut: *yield strength* = 250 MPa, *tensile strength* = 400~550 MPa, *elongation* = 20% dan *Charpy V impact test* = 27 dan 20 (pada *energy 1* dan *energy 2*). Elektrode las untuk pelapisan keras menggunakan elektrode terbungkus jenis oksida titan atau titania kapur tipe AWS A5.1 E7018 dan DIN 8555 E6-UM 60 yang dapat mempertinggi ketahanan terhadap keausan. Karena sifatnya yang tidak sensitif terhadap retak dari jenis titania kapur, maka jenis elektrode ini lebih banyak digunakan untuk keperluan tersebut. Untuk mendapatkan unsur-unsur pengeras, ke dalam *flux* dari elektrode pelapisan keras banyak ditambah dengan senyawa-senyawa logam, dan tambahan ini menyebabkan diameter elektrode menjadi lebih besar.



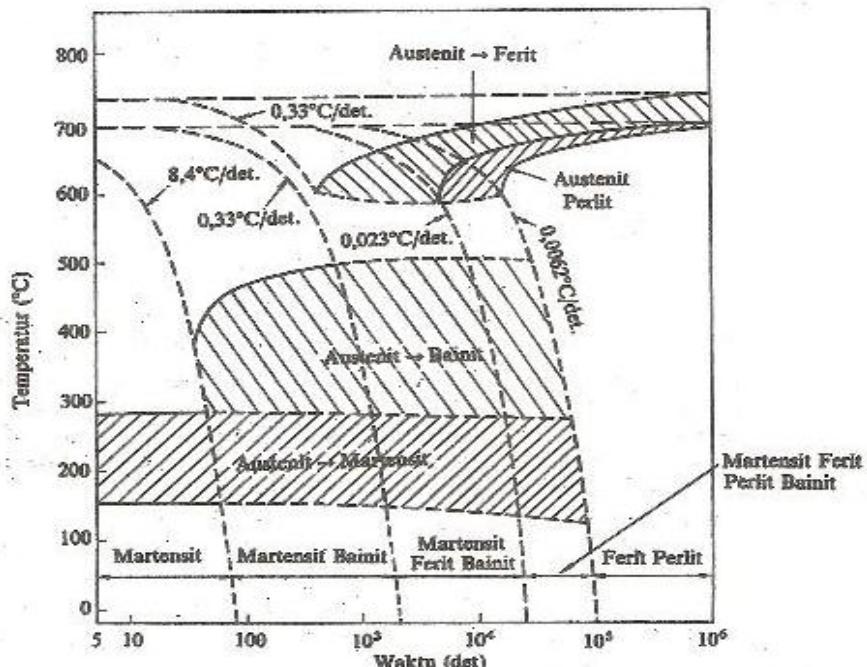
Gambar 2. Skema Wiring System Las SMAW

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Shielded_metal_arc_welding

Menurut Wiryo sumarto, 2000, pengelasan adalah proses penyambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Logam pengisi (*filler metal*) dengan temperatur lebur yang sama dengan titik lebur dari logam induk dapat atau tanpa digunakan dalam proses penyambungan tersebut. Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dalam logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinyu (Rochim dan Heri, 2004). Pengelasan dengan elektrode terbungkus adalah menggunakan kawat elektrode logam (*filler metal*) yang dibungkus *fluks*. Jenis pengelasan ini, busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektrode, karena panas dari busur ini maka logam induk dan

ujung elektrode tersebut mencair kemudian membeku bersama. Skema dari pengelasan *shielded metal arc welding* (SMAW) dapat dilihat pada Gambar 2.

Proses pengelasan listrik SMAW adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektrode. Panas ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda. Proses terjadinya pengelasan karena adanya kontak antara ujung elektrode dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek yang mengakibatkan terbentuknya busur listrik yaitu lompatan ion dan menimbulkan panas. Panas akan mencairkan elektrode dan material dasar sehingga cairan elektrode dan cairan material dasar akan menyatu membentuk logam lasan (*weld metal*). Struktur mikro pada logam lasan sangat tergantung dari kecepatan pendinginan dari suhu daerah *austenitik* sampai ke suhu kamar. Perubahan struktur ini dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk digambarkan dalam diagram *Continuous Cooling Transformation* (CCT) pada Gambar 3.



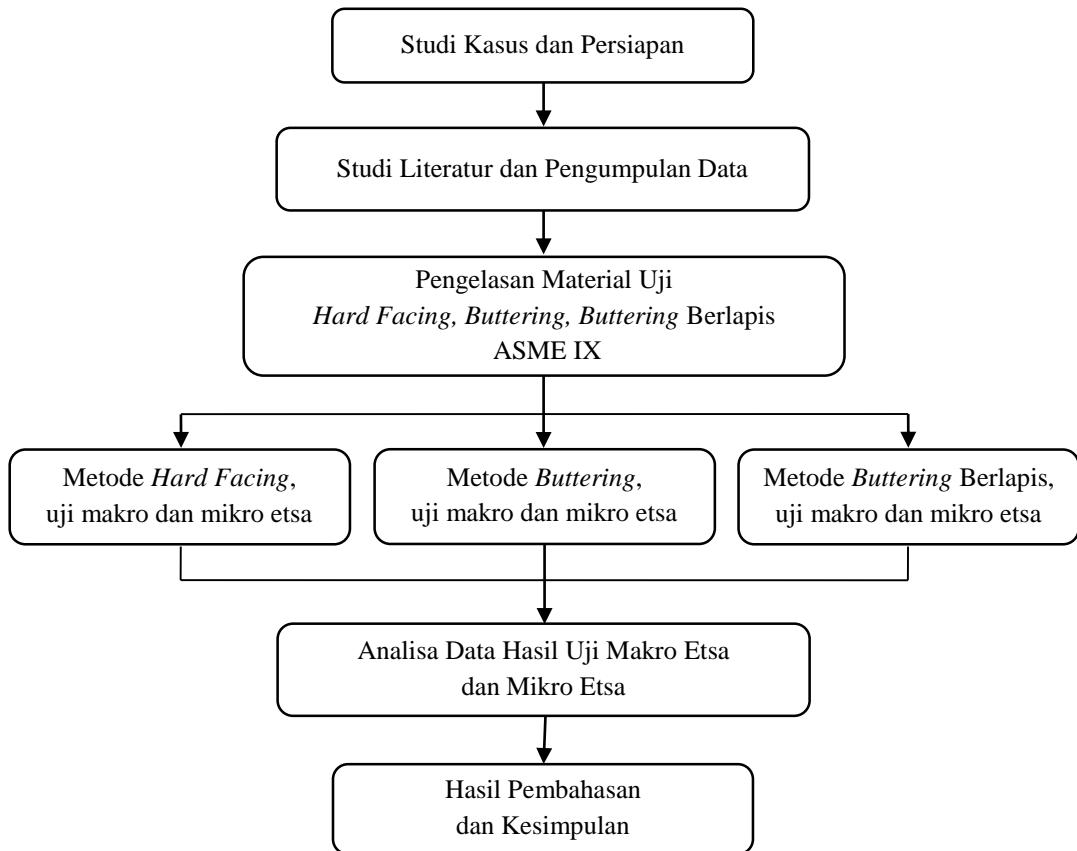
Gambar 3. Diagram CCT untuk Baja ASTM 4340

Diagram ini dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh struktur logam terhadap retak las, keuletan dan lain sebagainya, yang kemudian dapat dipakai untuk menentukan prosedur dan cara pengelasan. Karena itu dengan mengukur waktu pendinginan dari 800°C sampai 500°C dan menggabungkan dengan diagram CCT dari baja yang sama, maka struktur dan kekerasan baja pada daerah HAZ sudah dapat ditentukan. Diagram laju transformasi pendinginan dapat berubah karena berubahnya temperatur maksimum yang terjadi.

METODE PENELITIAN

Metode percobaan harus ditentukan untuk memberikan alur penelitian mulai dari tahap persiapan hingga pengambilan simpulan yang harus dilakukan. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian tentang perbandingan sifat fisik lapisan pengelasan dengan metode *hard facing*, *buttering*, *buttering* berlapis dapat ditunjukkan pada Gambar 4. Langkah-

langkah penelitian sangat penting, karena akan menentukan luaran penelitian yang akan dihasilkan.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Proses pengelasan spesimen menggunakan metode SMAW (*shielded metal arc welding*) adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektrode. Panas ditimbulkan oleh lompatan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektrode dan permukaan pelat yang akan dilas). Proses terjadinya pengelasan karena adanya kontak antara ujung elektrode dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek dan saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (*welder*) harus menarik elektrode sehingga terbentuk busur listrik yaitu lompatan ion yang menimbulkan panas. Prosedur pengelasan spesimen dengan SMAW sesuai WPS (*welding procedure specification*) adalah sebagai berikut:

- Mesin las diatur arus listrik (120 A) dan tegangan (22 V) sesuai diameter elektrode yang digunakan.
- Kawat las (elektrode) yang digunakan pada metode *hard facing*, *buttering* dan *buttering berlapis* adalah menggunakan elektrode tipe AWS A5.1 E7018 dan DIN 8555 E6-UM 60.
- Juru las (*welder*) dengan kecepatan pengelasan rata-rata 10 cm/menit harus memiliki sertifikat *welder* minimal posisi 3G (vertikal) untuk menghindari cacat las.

Proses pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode *hard facing*, *buttering* dan *buttering berlapis* terhadap pengerasan permukaan material baja *grade A36* berdasarkan sifat fisik yang dihasilkan dari pengujian makro etsa dan mikro etsa. Pengujian makro etsa adalah cara untuk mengetahui batas daerah *weld metal*, *HAZ* dan *base metal* setelah material mengalami perlakuan panas. Prinsip kerjanya sama dengan *metallography test*. Pada makro etsa, setelah benda uji dietsa selanjutnya disemprotkan *cleaner* dan dilakukan foto makro.

Hasil pengerasan permukaan dengan pengelasan SMAW menggunakan metode *hard facing*, *buttering*, *buttering* berlapis dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengerasan Permukaan dengan 1) *Hard Facing*, 2) *Buttering* dan 3) *Buttering* Berlapis

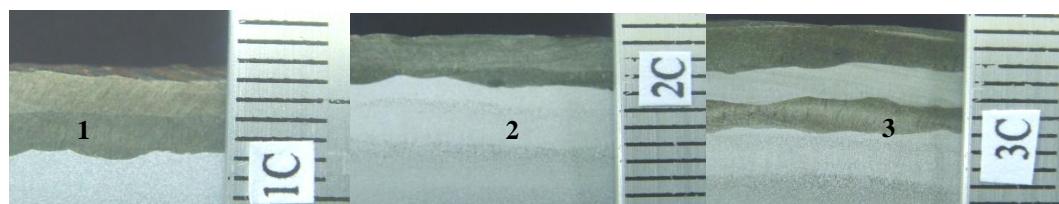
Pada pengujian mikro etsa (*metallography*) setelah benda dietsa selanjutnya diamati dengan mikroskop. Proses etsa dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen yang telah dipoles ke dalam cawan kimia berisi larutan nital 2% yaitu campuran HNO_3 sebanyak 2 ml dengan alkohol 98 ml selama beberapa detik kemudian dicuci dengan air bersih dan dikeringkan dengan *dryer*. Proses penghalusan spesimen untuk makro etsa menggunakan *grid* 320, 400, 600 dan 1000, sedangkan pada mikro etsa *grid* 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 2000. Peralatan yang digunakan untuk pemolesan dan pengambilan gambar struktur mikro (*micro etsa*) pada spesimen yang mengalami proses laku panas pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peralatan Poles dan Foto *Micro Etsa*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian makro etsa dan mikro etsa selanjutnya dibuat analisa data yang telah didapatkan untuk dilihat pengaruh perlakuan pengerasan permukaan terhadap sifat fisik material baja *grade A36*. Pada pengujian makro etsa setiap metode pengelasan diambil satu spesimen untuk mengetahui kondisi hasil pengelasan dan ketebalan pada tiap *layer weld metal*, sehingga didapatkan 3 hasil foto makro etsa. Pengujian makro etsa bertujuan untuk mengetahui adanya *discontinuity* pada material sehingga dapat diketahui dilusinya.



Gambar 7. Foto Makro Etsa Pada Metode 1) *Hard Facing*, 2) *Buttering* dan 3) *Buttering* Berlapis

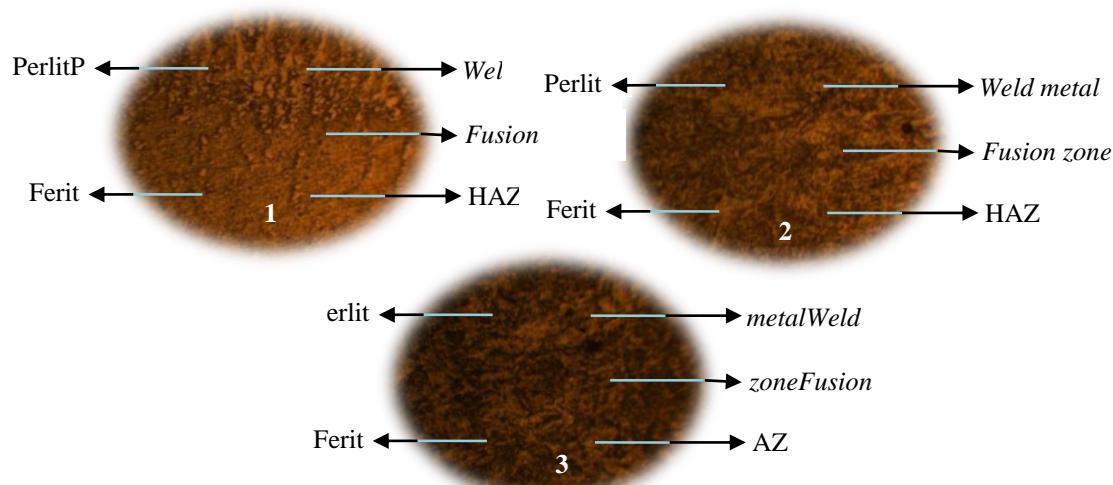
Pada Gambar 7. menunjukkan bahwa dari foto pengujian makro etsa dapat diketahui batas-batas daerah *weld metal*, HAZ dan *base metal* setelah material mengalami perlakuan panas dan dapat diukur ketebalan tiap-tiap lapisan *weld metal*. Dari hasil pengukuran ketebalan tiap-tiap lapisan untuk metode pengerasan permukaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian makro etsa dengan tiga metode pengerasan permukaan

Metode	Spesimen	Tebal Rata-rata Daerah Las (mm)				Dilusi (%)	H_{input} (J/mm)
		Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4		
<i>Hard facing</i>	1 (A,B,C)	1,73	2,25	-	-	27,7%	1.096,20
<i>Buttering</i>	2 (A,B,C)	1,48	2,08	2,22	1,63	28,7%	1.090,15
<i>Buttering berlapis</i>	3 (A,B,C)	2,27	1,27	1,95	1,97	20,3%	1.108,46

Dari hasil pengujian makro etsa didapatkan data tebal rata-rata pada tiap-tiap spesimen, harga dilusi dan *heat input* (H_{input}). Spesimen dengan metode *hard facing* persentase dilusi sebesar 27,7% dan lebar HAZ 1 mm dengan dipengaruhi *heat input* 1.096,2 J/mm. Pada spesimen *buttering* persentase dilusi sebesar 28,7% dan lebar HAZ 1 mm dengan dipengaruhi *heat input* 1.090,15 J/mm. Pada spesimen *buttering berlapis* persentase dilusi sebesar 20,26% dan lebar HAZ 1 mm dengan dipengaruhi *heat input* 1.108,46 J/mm. Harga dilusi dan *heat input* dari masing-masing metode pengerasan material menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan, hal ini berarti tidak mempengaruhi sifat material.

Dari hasil pengujian struktur mikro (*micro etsa*) yang dilakukan dapat diketahui pengaruh terbentuknya fasa yang terjadi pada proses pemanasan dan pendinginan sehingga terjadi pertumbuhan butir-butir struktur kristal akibat perlakuan tersebut yang berimbas pada peningkatan sifat kekerasan pada logam las.



Gambar 8. Foto Mikro Etsa Pada Metode 1) *Hard Facing*, 2) *Buttering* dan 3) *Buttering Berlapis*

Pada Gambar 8. menunjukkan foto mikro etsa dari metode *hard facing*, *buttering* dan *buttering berlapis*. Pengujian mikro etsa, setiap metode pengelasan diambil satu spesimen untuk mengetahui kondisi metalurgi pada logam las, sehingga didapatkan 3 foto mikro etsa. Foto struktur mikro difokuskan pada sisi *base metal* yang dilapisi *weld metal* (*fusion zone*) pada setiap variasi pengelasan. Karakterisasi hasil pengelasan *overlay* menggunakan uji metalografi dengan pengamatan melalui mikroskop optik yang menggunakan pembesaran 400 kali. Metode *hard facing* pada lapisan *weld metal* terlihat butiran-butiran tampak lebih kasar dan pada daerah HAZ mempunyai butiran lebih halus dan mempunyai kerapatan yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan

bahwa terdapat kandungan perlit cukup banyak pada permukaan logam las dan kandungan ferit lebih banyak terdapat pada logam induknya. Kondisi ini akibat pendinginan berlangsung lebih cepat yang dapat menyebabkan terbentuknya struktur mikro yang bersifat sangat keras dan getas. Hal ini dapat mengakibatkan keuletan material di daerah permukaan las menjadi berkurang sehingga material menjadi getas dan mudah patah. Faktor penyebabnya adalah elektrode yang dipakai mempunyai kekerasan yang cukup tinggi dan material dasarnya lebih lunak sehingga terlihat jelas perbedaan butiran pada *weld metal* dan daerah HAZ.

KESIMPULAN

Pada hasil foto makro etsa didapatkan persentase dilusi pada metode *hard surfacing* 27,7% dan metode *buttering* 28,7% sedangkan metode *buttering* 20,3% dapat disimpulkan bahwa metode *buttering* dan metode *hard surfacing* mempunyai nilai dilusi paling tinggi sedangkan metode *buttering* berlapis mempunyai nilai dilusi paling rendah. Pada hasil foto mikro etsa untuk pengelasan *overlay* menggunakan metode *buttering* tidak terlihat perbedaan butiran antara *weld metal* dengan HAZ sehingga terjadi homogenitas material yang baik. Daerah *fusion zone* tidak terlihat jelas dikarenakan antara *weld metal* dan *base metal* mempunyai tingkat keuletan yang hampir sama, sehingga HAZ dan *weld metal* dapat menyatu dengan keuletan cukup baik. Secara umum dari hasil pengujian foto makro etsa dan foto mikro etsa dapat direkomendasikan bahwa metode *buttering* yang paling tepat untuk pengerasan permukaan pada peralatan *bucket*. Hal ini didasari dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa metode *buttering* memiliki sifat keuletan, kekerasan, homogenitas material logam lebih baik dibandingkan dengan metode yang lain. Sifat-sifat mekanik tersebut sangat dibutuhkan pada peralatan *bucket* kapal keruk, karena harus mampu menahan beban bending dan tidak mudah patah ketika dioperasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander W.O., dkk. 1990. *Dasar Metalurgi untuk Rekayasaan*. Jakarta: PT. Gramedia.

AWS A5.1. 1991. *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*. Miami: American Welding Society Inc.

ASME IX. 2010. *Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators*.

ASTM E 350. 1995. *Test Methods for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot Iron, and Wrought Iron*. United State: Annual Book of ASTM International Standards.

Cary, Howard B. 1989. *Modern Welding Technology*. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall.

Hendroprasetyo A.P, Wing dan Soeweify. 2003. *Modul Ajar Inspeksi Las*. Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Nugroho, N.Y. 2005. *Studi Pengaruh Cacat Las Undercut Terhadap Kuat Tarik Material Baja Kekuatan Tinggi (High Strength Low Alloy Steel) Grade AH 32 dengan Percobaan dan Pendekatan Metode Elemen Hingga (Finite Element Method)*. Thesis tidak dipublikasikan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Rifky Ismail, dkk. 2011. *Pemanfaatan Mesin Pemanas Induksi untuk Pengerasan Permukaan Roda Gigi Produk UKM*. Semarang: Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Terapan (SEMANTIK) Universitas Dian Nuswantoro. Vol. 1 No. 1. ISSN: 9792602550.

Seminar Nasional Kelautan XIV

“ Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia”

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Sonawan, Hery. 2003. *Las Listrik SMAW dan Pemeriksaan Hasil Pengelasan*. Bandung: ALFABETA.

Sonawan, H dan Suratman, R. 2004. *Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: ALFABETA.

Wiryosumarto, H dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Yusuf Umardhani. 2011. *Pengerasan Permukaan Baja Karbon ST 40 dengan Metode Nitridasi dalam Larutan Garam*. Semarang: ROTASI (Jurnal Teknik Mesin Universitas Diponegoro).