

SIFAT FISIK DAN MEKANIK SAMBUNGAN LAS ALUMINIUM DENGAN VARIASI PROSES *CLEANING ACTION*

Wachid Riky Miftachul Ilmi¹⁾, Nur Yanu Nugroho²⁾

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

Abstrak: Aluminium mempunyai panas jenis dan daya hantar yang tinggi, mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 yang mempunyai titik cair yang tinggi sehingga mengakibatkan peleburan antara logam induk dan logam las menjadi terhalang. Karena itu dilakukan upaya yaitu perlakuan *cleaning action* sebelum pengelasan aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari proses *cleaning action* pada sambungan las aluminium, dengan membandingkan hasil pengujian tarik, tekuk, kekerasan dan struktur makro pada variasi *cleaning action* menggunakan alkohol, aseton dan gerinda. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium 5083, preparasi spesimen dilakukan sesuai standar AWS, dan pengolahan data hasil pengujian menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Hasil pengujian tarik dengan kekuatan tarik maksimal terdapat pada spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan aseton dengan nilai 243,31 Mpa. Pengujian tekuk yang tidak mengalami *open defect* dan *crack* adalah spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan alkohol dan spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan aseton. Uji kekerasan dengan nilai kekerasan terendah pada area base metal terdapat pada spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan alkohol dengan nilai 70,93 HVN, sedangkan untuk area HAZ dan *weld metal* terdapat pada spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan aseton dengan nilai 72,49 HVN dan 68,84 HVN. Hasil pengujian *Analisis of Variance* (ANOVA) bahwa setiap pengujian baik itu uji tarik dan uji kekerasan yang dihasilkan memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap hasil dari proses *cleaning action* sebelum pengelasan.

Kata kunci: Aluminium, Pengelasan, *Cleaning Action*, Sifat Fisik, Sifat Mekanik.

PENDAHULUAN

Sektor industri yang mulai dipertimbangkan saat ini ialah material, khususnya material aluminium. Hal ini dikarenakan aluminium merupakan salah satu logam yang memiliki sifat resistensi yang baik terhadap korosi, ini disebabkan karena terjadinya fenomena pasivasi. fenomena pasivasi adalah terbentuknya lapisan aluminium oksida ketika aluminium terpapar dengan udara bebas, lapisan oksida ini yang mencegah terjadinya oksidasi lebih lanjut (Amanto & Daryanto, 2006).

Namun, aluminium dan paduan aluminium juga mempunyai sifat yang kurang baik bila dibandingkan dengan baja, diantaranya adalah mempunyai panas jenis dan daya hantar yang tinggi, mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 yang mempunyai titik cair yang tinggi sehingga mengakibatkan peleburan antara logam induk dan logam las menjadi terhalang, sehingga bila mengalami proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantong hydrogen (Okumura dan Wiryosumarto, 1996).

Pengelasan pada Aluminium merupakan salah satu teknologi pengelasan yang membutuhkan proses tertentu karena dalam proses pengelasan aluminium tidak boleh bereaksi dengan oksigen. Pengelasan yang biasa dilakukan pada aluminium adalah GMAW dan GTAW dengan gas pelindung argon. Umumnya dalam proses pembangunan kapal aluminium pengelasan ini biasa digunakan untuk menyambung kontruksi pada kapal aluminium.

Kontruksi kapal yang telah beroperasi seringkali terjadi cacat pada daerah lanya. Cacat las pada suatu kontruksi apabila tidak segera dilakukan perbaikan dapat menimbulkan retak (*crack*) yang diperparah dengan penjalaran retak yang lebih meluas sehingga dapat menyebabkan patah dan getas. Agar pengelasan terawat dengan baik dan proses penyambungan aluminium menjadi lebih mudah dan memiliki kekuatan yang optimal dilakukan upaya diantaranya perlakuan *cleaning action* pada permukaan material aluminium sebelum material dilas.

Cleaning action sebelum pengelasan merupakan sebuah upaya pembersihan untuk menghilangkan lapisan oksida pada permukaan material aluminium yang akan dilas, selain itu *cleaning action* ini bertujuan untuk menghilangkan semua kotoran yang ada pada daerah sambungan yang akan dilas. Namun pada umumnya seringkali *cleaning action* ini dihiraukan oleh para pengelas (*welder*) khususnya pada pengelasan aluminium. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk membahas mengenai pengaruh penggunaan *cleaning action* terhadap hasil dari pada pengelasan aluminium.

METODE PENELITIAN

Studi Literatur dan Identifikasi Masalah

Dalam penelitian ini, yang pertama dilakukan yaitu identifikasi masalah-masalah yang sering di hadapi di industri. Kemudian permasalahan tersebut dianalisa dan diajukan menjadi sebuah judul karya tulis untuk dicari solusi dari masalah tersebut. Sebelum menginjak dan melakukan proses ke tahap yang lebih jauh, pengumpulan sumber-sumber referensi dan data yang dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan spesimen, pelaksanaan proses pengelasan, pengujian, dan penyelesaian laporan tugas akhir, laporan penelitian, beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek yang akan dibahas serta sumber-sumber lainnya.

Persiapan Alat dan Material

Dalam tahap ini menyiapkan peralatan-peralatan yang diperlukan yang akan mendukung dalam proses pembentukan dan analisa spesimen benda uji untuk mendapatkan ukuran dan bentuk spesimen yang sesuai serta alat yang akan digunakan dalam penelitian ini. Untuk material dan peralatan yang digunakan meliputi : pelat aluminium 5083 ukuran 400x300x6 mm, mesin las GMAW, *shielding gas*, mesin *cutting*, gerinda tangan, jangka sorong, mesin uji tarik, mesin uji tekuk dan mesin uji kekerasan.

***Cleaning Action* dan Pengelasan**

Dalam tahap ini material aluminium sebelum dilas di lakukan pengaplikasian proses *cleaning action*, proses ini dilakukan dengan 3 variasi diantaranya ialah : *cleaning action* dengan metode kimia (menggunakan alkohol), *cleaning action* dengan metode kimia organik (menggunakan aseton), *cleaning action* dengan metode mekanis (menggunakan gerinda). Dan pengelasan dilakukan dengan menggunakan proses pengelasan GMAW (MIG) bertempat di *welding center* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Pengujian dan Analisa

Seluruh pembuatan spesimen uji mengacu pada standar AWS (*american welding society*), untuk pengujian spesimen adapun pengujian nya antara lain : Uji tarik, uji tekuk, uji kekerasan dan uji makro etsa . dan analisa pengujian ANOVA ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan. Pengolahan data-data dalam pengujian ANOVA ini dilakukan dengan menggunakan *software* IBM SPSS *Statistics 25*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik adalah suatu pengukuran terhadap bahan untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta pertambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu material, di antara sifat-sifat mekanis yang dapat diketahui dari hasil pengujian tarik yaitu perhitungan : kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan mulur (*yield strength*), regangan (*elongation*), kegentingan (*reduction of area*), kekakuan (*modulus young*). Sebelum pengujian terlebih dahulu dilakukan juga pengukuran spesimen uji tarik yang nantinya akan diuji. Berikut tabel hasil ukuran spesimen uji tarik sebelum pengujian dilakukan

Tabel 1. Hasil Ukuran Spesimen Uji Tarik Sebelum Pengujian

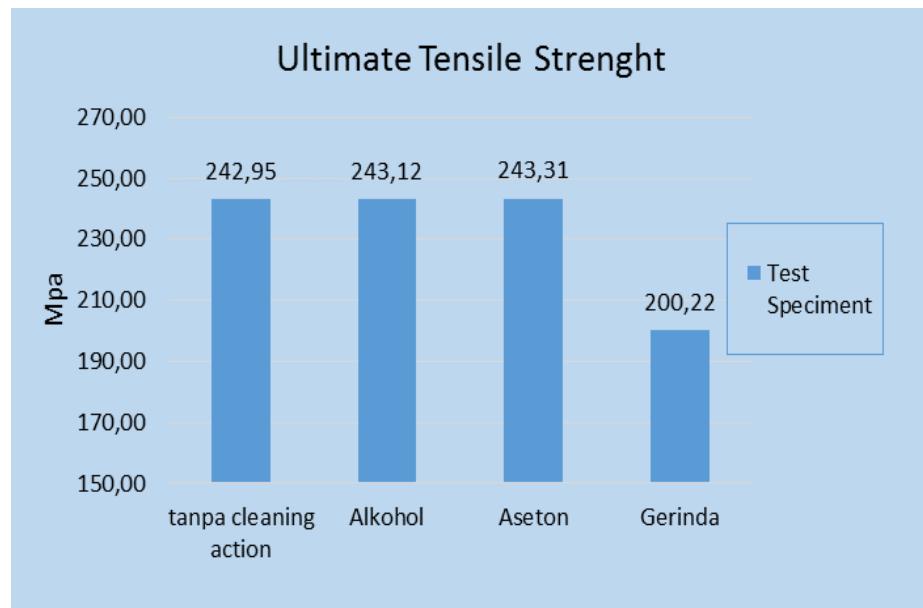
Cleaning Action	Code Material	Spesification sample		
		Width (mm)	Thick (mm)	A_0 (mm ²)
Tanpa Cleaning	A1	20,2	6	121,2
Action	A2	20,3	6	121,8
	A3	20,1	6	120,6
Alkohol	B1	20,2	6	121,2
	B2	19,8	6	118,8
	B3	19,8	6	118,8
Aceton	C1	20,1	6	120,6
	C2	20	6	120
	C3	20,2	6	121,2
Gerinda	D1	19,8	6	118,8
	D2	19,7	6	118,2
	D3	19,9	6	119,4

Setelah data didapat dari pengukuran spesimen maka selanjutnya bisa dilakukan pengujian tarik.



Gambar 1. Spesimen Setelah Uji Tarik Setelah Dilakukan Pengujian

Pada Gambar 1. diperlihatkan spesimen uji yang patah setelah dilakukan pengujian tarik. Semua spesimen uji patah pada daerah *weld metal*. Setelah dilakukan pengujian tarik, selanjutnya dilakukan perhitungan dari data hasil pengujian untuk mencari nilai kekuatan tarik (*ultimate tensile strenght*).



Gambar 2. Grafik Nilai Kekuatan Tarik

Pada Gambar 2. dapat diamati nilai kekuatan tarik tertinggi adalah variasi spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan aseton dengan nilai 243,31 Mpa. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah ada pada variasi spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan gerinda dengan nilai 200,2 Mpa, yang mana 15% lebih rendah dari nilai kekuatan tarik tertinggi. Sementara variasi *cleaning action* menggunakan alkohol dan spesimen tanpa perlakuan *cleaning action* memiliki selisih nilai kekuatan tarik tidak terlalu jauh hanya $\pm 0,2\%$ dari nilai kekuatan tarik tertinggi.

Pengujian Tekuk (*Bending Test*)

Pengujian tekuk (*bending test*) adalah salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Prinsip kerja uji tekuk ini dengan cara pembebanan terhadap suatu bahan pada suatu titik ditengah-tengah dari bahan yang ditahan diatas dua tumpuan. Dengan prinsip kerja ini maka uji tekuk mampu mengukur kekuatan material akibat pembebanan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah spesimen uji mengalami *crack* dan *open defect* atau tidak. Setelah melakukan pengujian terhadap semua spesimen uji maka didapatkan hasil sebagai seperti pada tabel 2. berikut.

Dari seluruh pengujian *bending test* pada spesimen A B C dan D dapat disimpulkan hanya pada spesimen A dan D yang terdapat *open defect* berupa lubang kecil dan *crack* yang tidak terlalu besar serta banyak dan masih dapat ditolelir dalam hal ini diakibatkan karena pengisian *weld metal* pada kampuh tidak menempel dengan rata atau bisa disebut juga *lack of fusion*, sedangkan pada spesimen B dan C merupakan spesimen yang tidak ditemukan *open defect* serta *crack*, yang artinya spesimen B dan C lebih bagus dibanding dengan spesimen A dan D

Seminar Nasional Kelautan XIV

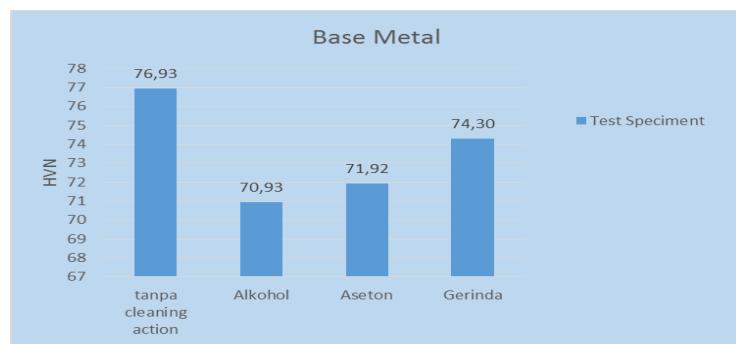
" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Tabel 2. Hasil pengujian tekuk

Spesimen	Keterangan	Hasil uji tekuk
Tanpa <i>cleaning action</i>	Terdapat <i>open defect</i> serta <i>crack</i> pada beberapa spesimen uji	
<i>Cleaning action</i> dengan alcohol	Tidak ada cacat	
<i>Cleaning action</i> dengan aseton	Tidak ada cacat	
<i>Cleaning action</i> dengan gerinda	Terdapat <i>crack</i> pada beberapa spesimen uji	

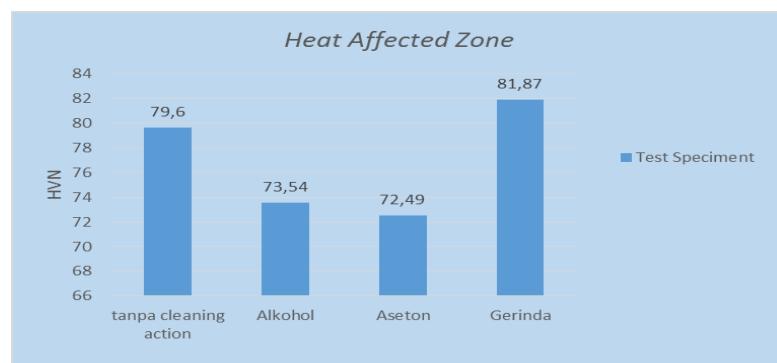
Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Pengujian kekerasan (*Vickers Hardness Test*) dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan dari material yang sudah dilakukan pengelasan, apakah variasi kampuh pengelasan dari masing-masing sambungan mempengaruhi kekerasan dari hasil pengelasan. Pada pengujian kekerasan, alat uji kekerasan menggunakan digital *Hardness Vickers*, titik penekanan pada spesimen terdiri dari area *Weld metal*, *Base metal*, dan *HAZ*. Metode pengujiannya yaitu setiap *zone* diambil tiga titik, guna untuk keakuratan dalam pengambilan data dalam penelitian.



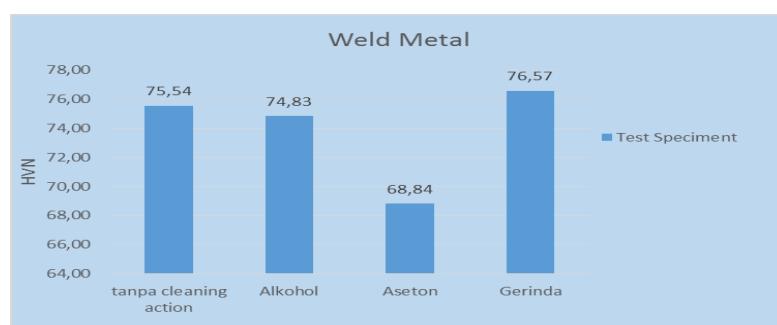
Gambar 3. Grafik Nilai Kekerasan Pada *Base Metal*

Pada Gambar 3. Nilai kekerasan tertinggi pada area *base metal* ada pada spesimen A dengan nilai rata-rata 76,93 HV. sedangkan Pada spesimen B memiliki memiliki nilai kekerasan terendah pada area *base metal* yaitu 8 % dari nilai kekerasan tertinggi, Untuk spesimen C memiliki perbedaan cukup jauh yaitu selisih 7% dari nilai kekerasan tertinggi, dan untuk spesimen D mempunyai nilai yang tidak terlalu jauh yaitu selisih 3% dari nilai kekerasan tertinggi pada area *base metal*. Grafik nilai kekerasan pada daerah *base metal*.



Gambar 4. Grafik Nilai Kekerasan Pada Area HAZ

Pada Gambar 4. Nilai kekerasan tertinggi pada area *HAZ* ada pada spesimen D dengan nilai rata-rata 81,87 HV. Pada spesimen A memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh yaitu selisih 3 % dari nilai kekerasan tertinggi. Untuk spesimen B memiliki nilai kekerasan yang lumayan jauh yaitu selisih 10% dari nilai kekerasan tertinggi. Sementara pada spesimen C memiliki nilai kekerasan terendah pada *HAZ* yaitu selisih 13% dari nilai kekerasan tertinggi pada area *HAZ*.



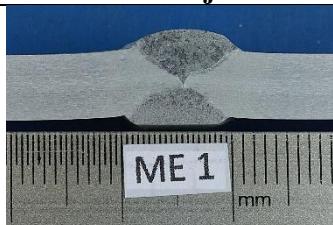
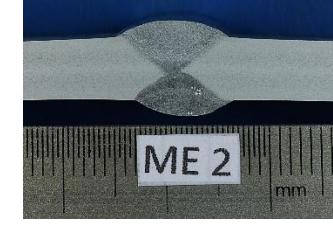
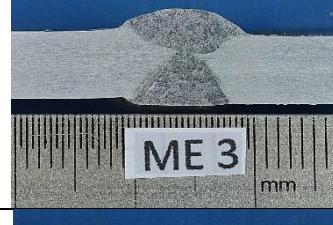
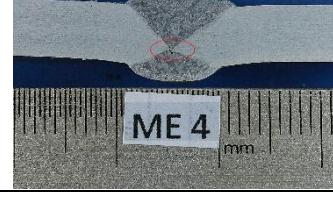
Gambar 5. Grafik Nilai Kekerasan Pada Area *Weld Metal*

Nilai kekerasan tertinggi pada area *weld metal* ada pada spesimen D dengan nilai rata-rata 76,47 HV. Pada spesimen A memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh yaitu 1 % dari nilai kekerasan tertinggi. Pada spesimen B juga memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh yaitu 2 % dari nilai kekerasan tertinggi. Untuk spesimen C memiliki nilai kekerasan terendah pada area *weld metal* yaitu selisih 8% dari nilai kekerasan tertinggi pada area *weld metal*.

Hasil Uji Struktur Makro

Pengujian makro adalah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalitan pengujian makro berkisar antara 0,5 sampai 50 kali. Pada uji makro ini setiap sampel hasil pengelasan menurut variasi di ambil satu.

Tabel 3. Hasil Uji Struktur Makro

Spesimen	Hasil Foto Uji Makro	Keterangan
Tanpa <i>cleaning action</i>		Terjadi <i>Incomplete Penetration</i>
<i>Cleaning action</i> dengan alcohol		Tidak ada cacat
<i>Cleaning action</i> dengan aseton		Tidak ada cacat
<i>Cleaning action</i> dengan gerinda		Terdapat lack of fusion pada area weld metal

Dari semua hasil makro etsa dapat dianalisa secara visual bahwa lebar HAZ untuk semua spesimen mempunyai lebar yang hampir sama dan tidak ada perbedaan yang signifikan, namun dapat pada hasil makro etsa spesimen A atau spesimen tanpa pelakuan *cleaning action* terjadi penetrasi logam las yang tidak penuh atau biasa disebut *incomplete penetration*, dalam hal ini dikarenakan lapisan oksida aluminium tidak dibersihkan sehingga mengakibatkan peleburan antara logam induk dan logam las menjadi terhalang, dan dapat dilihat pada spesimen D *cleaning action* dengan gerinda terjadi cacat yaitu *lack of fusion* dikarena pengisian *weld metal* pada

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

kampuh tidak menempel dengan rata. Sedangkan untuk spesimen B dan C tidak ditemukan cacat pada hasil pengujian makro etsa.

Teknik Analisa Data

Pengolahan data yang diolah adalah hasil *ultimate tensile strength* dan nilai kekerasan didaerah *base metal*, *HAZ (Heat Affected Zone)*, dan *weld metal* menggunakan teknik analisa data *analysis of varian*. Analisa data ANOVA diperlukan untuk dapat melihat nilai perbedaan masing-masing variasi *cleaning action* sebelum pengelasan pada setiap spesimen. Berikut ini adalah tabel pengamatan dengan proses analisa data *single factor (one way anova)* dengan menggunakan software IBM SPSS Statistics v25. Asumsi :

- Bila $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang berarti variasi *cleaning action* pada pengelasan Aluminium 5083 tidak signifikan mempengaruhi kekuatan tarik material.
- Bila $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti variasi *cleaning action* pada pengelasan aluminium 5083 signifikan mempengaruhi kekuatan tarik material.

Tabel 4. Data Anova *One-way Ultimate Tensile Strength*

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4142,841	3	1380,947	2,737	0,113
Within Groups	4037,058	8	504,632		
Total	8179,899	11			

Dari Tabel 4. dapat diketahui F_{hitung} pada masing-masing hasil perhitungan mendapatkan nilai sebesar 2,737 diketahui $F_{\text{tabel}} = 4,07$ dengan df pembilang 3 dan df penyebut 8 dari peluang $0,95 \{1 - \alpha\}$, dimana $\alpha = 0,05$. dalam hal ini $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang berarti variasi *cleaning action* pada pengelasan Aluminium 5083 tidak signifikan mempengaruhi kekuatan tarik material.

Tabel 5. Data Anova *One-way Hardness Base Metal*

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	64,498	3	21,499	1,623	0,259
Within Groups	105,961	8	13,245		
Total	170,459	11			

Dari Tabel 5. dapat diketahui F_{hitung} pada masing-masing hasil perhitungan mendapatkan nilai sebesar 1,623 diketahui $F_{\text{tabel}} = 4,07$ dengan df pembilang 3 dan df penyebut 8 dari peluang $0,95 \{1 - \alpha\}$, dimana $\alpha = 0,05$. dalam hal ini $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang berarti variasi *cleaning action* pada pengelasan Aluminium 5083 tidak signifikan mempengaruhi nilai kekerasan material pada area *base metal*.

Tabel 6. Data Anova *One-way Hardness HAZ (Heat Affected Zone)*

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	187,957	3	62,652	2,908	0,101
Within Groups	172,346	8	21,543		
Total	360,304	11			

Dari Tabel 6. dapat diketahui F_{hitung} pada masing-masing hasil perhitungan mendapatkan nilai sebesar 2,908 diketahui $F_{tabel} = 4,07$ dengan df pembilang 3 dan df penyebut 8 dari peluang $0,95 \{1 - \alpha\}$, dimana $\alpha = 0,05$. Dalam hal ini $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang berarti variasi *cleaning action* pada pengelasan Aluminium 5083 tidak signifikan mempengaruhi nilai kekerasan material pada area *HAZ*.

Tabel 7. Data Anova *One-way Hardness Weld Metal*

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	108,805	3	36,268	2,579	0,126
Within Groups	112,494	8	14,062		
Total	221,299	11			

Dari Tabel 7. dapat diketahui F_{hitung} pada masing-masing hasil perhitungan mendapatkan nilai sebesar 2,579 diketahui $F_{tabel} = 4,07$ dengan df pembilang 3 dan df penyebut 8 dari peluang $0,95 \{1 - \alpha\}$, dimana $\alpha = 0,05$. Dalam hal ini $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, yang berarti variasi *cleaning action* pada pengelasan Aluminium 5083 tidak signifikan mempengaruhi nilai kekerasan material pada area *weld metal*.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilanjutkan dengan dilakukannya analisa sehingga diperoleh nilai dari perbandingan variasi proses *cleaning action* sambungan las aluminium 5083 yang telah dilaksanakan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik maksimal terdapat pada variasi sambungan las dengan proses *cleaning action* menggunakan aseton dengan rata-rata nilai sebesar 243,31 Mpa.
2. Sambungan las yang tidak mengalami *crack* dan tidak terdapat *open defect* terdapat pada variasi sambungan las dengan proses *cleaning action* menggunakan alkohol dan variasi sambungan las dengan proses *cleaning action* menggunakan aseton
3. Spesimen dengan nilai kekerasan terendah pada area base metal terdapat pada spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan alkohol dengan nilai 70,93 HVN. Sedangkan untuk area *HAZ* dan *weld metal* terdapat pada spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan aseton dengan nilai 72,49 HVN pada area *HAZ* dan 68,84 HVN pada area *weld metal*
4. Secara visual bahwa lebar *HAZ* semua spesimen mempunyai lebar yang hampir sama dan tidak ada perbedaan secara signifikan. Hanya spesimen A atau spesimen tanpa pelakuan *cleaning action* terjadi penetrasi logam las yang tidak penuh atau biasa disebut *incomplete penetration*, dalam hal ini dikarenakan lapisan oksida aluminium tidak dibersihkan sehingga mengakibatkan peleburan antara logam induk dan logam las menjadi terhalang, serta spesimen dengan perlakuan *cleaning action* menggunakan gerinda terjadi cacat yaitu *lack of fusion* dikarenakan pengisian *weld metal* pada kampuh tidak menempel dengan rata.
5. Variasi *cleaning action* pada sambungan las aluminium memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap nilai kekuatan tarik material serta nilai kekerasan material

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. Dan Daryanto, 2006. *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
 Ambriz, R.R. dan Mayagoitia, V. 2011. *Welding of Aluminium Alloys*, Meksiko: Intituto Politécnico Nacional CIITEC-IPN.

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

- American Society of Mechanical Engineers. 2015. *ASME sec. II MATERIALS Part B Nonferrous Material Specifications*. Two Park Avenue, New York, NY 10016-5990: The American Society of Mechanical Engineers. 2015. *ASME section II part C*. New York: ASME international.
- American Welding Society. 2001. *Welding Handboook Ninth Edition Volume 1*, Miami: American Welding Society.
- American Welding Society. 2014. *Structural Welding Code – Aluminium Sixth edition*, Miami: American Welding Society.
- .Davis, J.R. 2001. "Aluminum and Aluminum Alloys." In *Alloying: Understanding the Basics*, 352-416. ASM International.
- Nafi', Anas Fathinun. 2018, *Sifat Fisik dan Mekanik Multiple Repair Welding Pada Pengelasan Aluminium 5083*. Surabaya:Universitas Hang Tuah.
- Okumura dan Wiryosumarto, 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Prandy Paramita.
- Steel, R and Torrie, J 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik* (Terjemahan : Bambang Sumantri). Jakarta: PT. Gramedia.