

ANALISIS *DEPOSIT WELD METAL* DENGAN PRODUK *FILLER METAL* BERBEDA DAN VARIASI KUAT ARUS TERHADAP KECENDERUNGAN *IMPERFECTION*, SIFAT MEKANIK, DAN KOMPOSISI KIMIA

Kevin Fahriarrizqi Pamungkas¹, Moh. Thoriq Wahyudi², Hendri Budi Kurniyanto³

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

Email: kevinfp62@gmail.com¹

Abstract – *Filler metal is an important consumable in the welding process. In welding at the company, there are filler metal products that do not include a filler metal factory certificate. The existence of an external certificate allows testing to be carried out to determine the value of the chemical composition and mechanical properties. This research aims to assess the effect of current strength on the imperfection tendencies, chemical composition, and mechanical properties of filler metal products. The filler metal used is E71T-1C. The tests include radiographic, chemical composition, tensile, and impact tests. The radiographic test results showed that product B with a current strength of 200A and product C with a current of 250A contained porosity defects and slag inclusions. The chemical composition test results showed that the highest carbon content in product B with a current strength of 200A was 0.093% and the highest manganese content in product B with a current strength of 250 A was 1.410%. The tensile test results obtained the highest tensile strength value for product B of 545.97 MPa. The highest impact test results were for product A with a current strength of 200 A of 135,333 J so it had the highest toughness value.*

Keyword: *Carbon, E71T-1C, Filler Metal, Imperfection, Manganese*

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia yang modern ini perkembangan teknologi sangat berkembang pesat khususnya dibidang industri. Sehingga mengakibatkan banyak komponen-komponen material dengan memiliki sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tujuan pengaplikasiannya. Banyak logam berbasis besi yang komposisinya dimodifikasi dan ada pula yang diberikan perlakuan permesinan seperti pengelasan.

Las busur Listrik atau umumnya disebut las listrik adalah termasuk suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Salah satunya merupakan las FCAW (*Flux Cored Arc Welding*). Las FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) adalah proses otomatis yang memanfaatkan elektroda wire roll untuk mencairkan logam. Selain itu, FCAW memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan teknik pengelasan umum karena teknik ini memiliki *control* yang lebih baik serta sifat tarik las baja rendah. [4].

Dalam proses fabrikasi konstruksi baja pasti tidak lepas dari perubahan gambar, kebutuhan material ataupun *consumable* dikarenakan ada beberapa faktor di lapangan dan keinginan client. Pada kebutuhan material, penggunaan suatu *consumable* sudah pasti diperhitungkan sebelumnya namun jika terjadi perubahan

kebutuhan yang cukup besar, konsumabel seperti *filler metal* harus menyediakan kebutuhan yang sesuai. *Supplier* yang menyediakan produk *filler metal* tidak selalu memiliki ketersediaan yang sesuai dengan yang dibutuhkan sehingga perusahaan perlu untuk mencari produk *filler metal* dengan manufaktur yang berbeda namun dengan klasifikasi yang sama.

Filler metal yang tersedia pada perusahaan XYZ memiliki klasifikasi yang sama, namun pada beberapa produk *filler metal* tidak dicantumkan *mill certificate filler metal*. Sehingga terdapat filler metal yang menggunakan *mill certificate* dari luar. Adanya *mill certificate filler metal* dari luar tersebut memungkinkan untuk dilakukan pengujian untuk mengetahui nilai kandungan komposisi kimia dan sifat mekanis yang sesuai dengan filler metal produk tersebut. Perbedaan produk manufaktur *filler metal* tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam sisi ekonomi dan kualitas dari hasil produk.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini peneliti melakukan “analisis *deposit weld metal* dengan produk *filler metal* berbeda dan variasi kuat arus terhadap kecenderungan *imperfection*, *mechanical properties* dan komposisi kimia” yang dibuktikan dengan pelaksanaan pengujian *radiography*, komposisi kimia, kuat tarik, dan pengujian impak.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan material baja karbon rendah SA 36 dengan dimensi 400x150x20 mm. Material tersebut dilas menggunakan proses FCAW dengan filler metal E71T-1C diameter 1,2 mm yang di variasikan menggunakan produk filler metal berbeda dan kuat arus. Variasi kuat arus yang digunakan adalah 200A, 250A, dan 300A. Jumlah total test coupon nantinya adalah 9 spesimen Berikut adalah marking stamp dari setiap test coupon.

Tabel 1 Spesimen Filler Metal Produk A

No.	Metode	Marking Specimen
1	Kuat Arus 200A	A1
2	Kuat Arus 250A	A2
3	Kuat Arus 300A	A3

Tabel 2 Spesimen Filler Metal Produk B

No.	Metode	Marking Specimen
1	Kuat Arus 200A	B1
2	Kuat Arus 250A	B2
3	Kuat Arus 300A	B3

Tabel 3 Spesimen Filler Metal Produk B

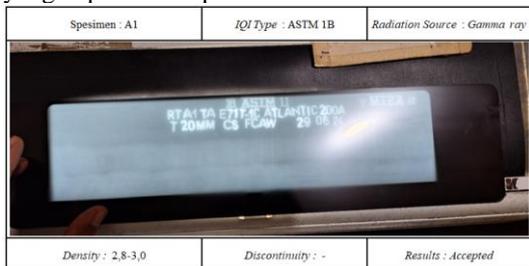
No.	Metode	Marking Specimen
1	Kuat Arus 200A	C1
2	Kuat Arus 250A	C2
3	Kuat Arus 300A	C3

Material disambung dengan tipe sambungan butt joint posisi 1G. Setelah proses pengelasan selesai dilakukan, test coupon akan dilakukan radiography test terlebih dahulu sebelum dipotong dan selanjutnya dijadikan spesimen untuk pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengujian tarik, dan pengujian impak.

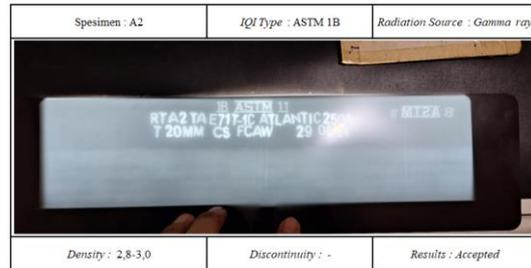
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Radiography

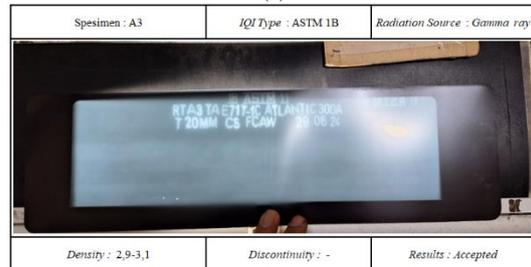
Beriku adalah hasil dari pengujian radiografi yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



(a)



(b)



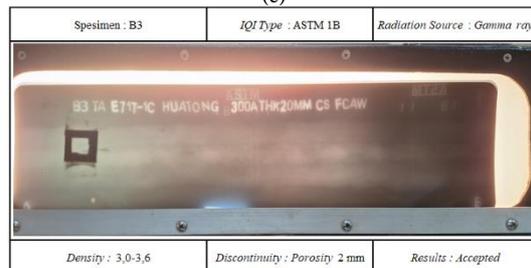
(c)



(d)



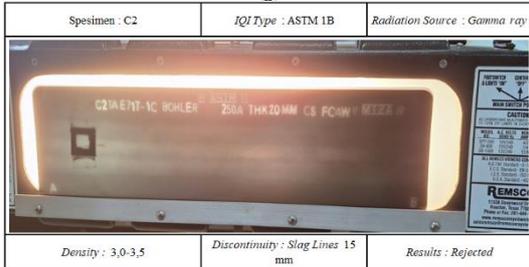
(e)



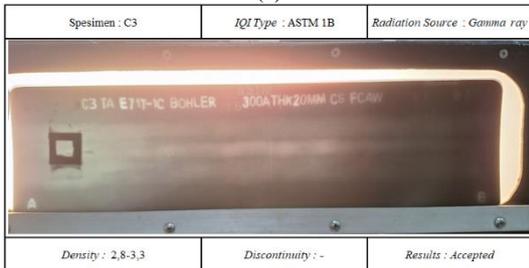
(f)



(g)



(h)



(i)

Gambar 1 Hasil Uji Radiografi

- (a) Spesimen Produk A 200A (b) Spesimen Produk A 250A
- (c) Spesimen Produk A 300A (d) Spesimen Produk B 200A
- (e) Spesimen Produk B 250A (f) Spesimen Produk B 300A
- (g) Spesimen Produk C 200A (h) Spesimen Produk C 250A
- (i) Spesimen Produk C 300A

Berdasarkan hasil radiografi diatas dapat disederhakan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil Radiografi Seluruh Spesimen

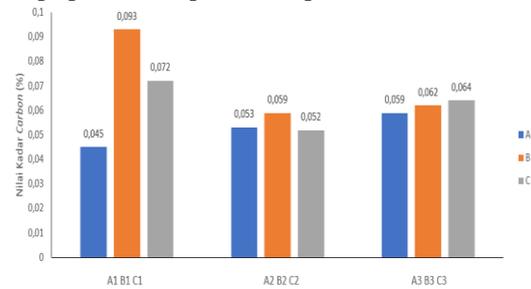
Product Manufacture	Kuat Arus	Specimen Stamp	Density	Discontinuity	Results
A	200 A	A1	2,8-3,0	Tidak ada	Accepted
	250 A	A2	2,8-3,0	Tidak ada	Accepted
	300 A	A3	2,9-3,1	Tidak ada	Accepted
B	200 A	B1	3,0-3,5	Slag Lines 40 mm, Incomplete Fusion 13 mm	Rejected
	250 A	B2	3,0-3,7	Tidak ada	Accepted
	300 A	B3	3,0-3,6	Porosity 2 mm	Accepted
C	200 A	C1	2,8-3,3	Tidak ada	Accepted
	250 A	C2	3,0-3,5	Slag Lines 15 mm	Rejected
	300 A	C3	2,8-3,3	Tidak ada	Accepted

Pada hasil pengujian radiografi yang dilakukan menunjukkan adanya indikasi cacat pada spesimen uji pada *filler metal* produk B dengan kuat arus 200 A dan *filler metal* produk C dengan kuat arus 250 A yang menunjukkan adanya cacat *porosity* dan *slag inclusion*. Sedangkan untuk *filler metal* produk A untuk semua variasi kuat arus tidak terdapat cacat yang terjadi. *Filler metal* produk A memiliki kadar

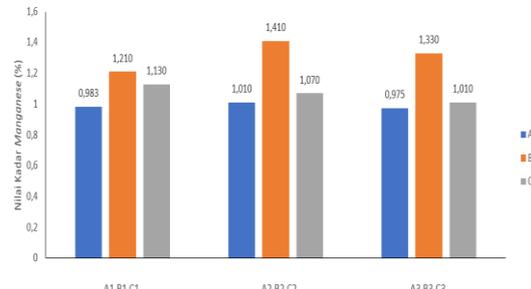
carbon rendah daripada *filler metal* produk B dan produk C sehingga pembentukan cacat *porosity* dan *slag inclusion* rendah.

3.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Berikut adalah grafik hasil uji komposisi kimia pada kandungan *carbon* dan *manganese* tiap spesimen dapat dilihat pada Gambar 2.



(a)



(b)

Gambar 2 Grafik Hasil Komposisi Kimia

- (a) Grafik Hasil Kadar *Carbon* Setiap Spesimen
- (b) Grafik Hasil Kadar *Manganese* Setiap Spesimen

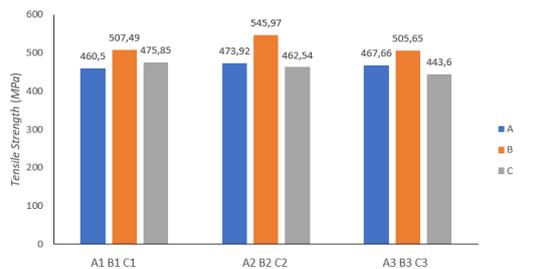
Pada grafik diatas dapat dilihat kandungan C (*carbon*) dan Mn (*Manganese*) yang terdapat pada masing-masing spesimen. Kadar *carbon* dan *manganese* berpengaruh dalam hasil nilai kuat tarik dan nilai impak pada penelitian ini. Untuk kadar *carbon* tertinggi didapatkan pada spesimen produk B dengan kuat arus 200 A yaitu sebesar 0,093% dan kadar *carbon* terendah yaitu pada spesimen produk A dengan kuat arus 200 A yaitu sebesar 0,045%. Untuk kadar *manganese* tertinggi didapatkan pada spesimen produk B dengan kuat arus 250 A yaitu sebesar 1,41% dan kadar *manganese* terendah yaitu spesimen produk A dengan kuat arus 300 A sebesar 0,975%.

3.3 Hasil Pengujian Tarik

Pada penelitian ini spesimen uji tarik yang digunakan adalah *all weld metal*. Hasil dari pengujian tarik dari tiap spesimen dapat dilihat pada Tabel 5 dan grafik nilai kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 5 Hasil Pengujian Tarik

Manufacture Product	Variasi Arus (A)	Specimen Stamp	Yield Strength (MPa)	Max. Strength (MPa)	Elongation (%)
A	200	A1	405,23	460,50	25,64
	250	A2	430,73	473,92	30,19
	300	A3	401,45	467,66	38,02
B	200	B1	422,07	507,49	35,68
	250	B2	472,93	545,97	29,17
	300	B3	444,39	505,65	32,32
C	200	C1	402,75	475,85	34,78
	250	C2	410,39	462,54	34,40
	300	C3	394,82	443,60	34,88

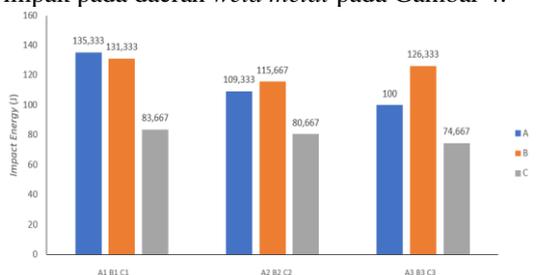


Gambar 3 Grafik Nilai Kuat Tarik pada Setiap Spesimen

Pada hasil pengujian tarik didapatkan nilai *tensile strength* tertinggi pada spesimen filler metal produk B dengan kuat arus 250 A yaitu sebesar 545,97 MPa. Sedangkan untuk nilai *tensile strength* terendah didapatkan pada spesimen filler metal produk C dengan kuat arus 300 A yaitu sebesar 443,60 MPa. Kuat arus yang lebih rendah menyebabkan *cooling rate* yang lebih cepat sehingga menyebabkan ukuran butir lebih kecil dan berpengaruh terhadap kenaikan nilai kuat tarik. Untuk elongasi yang tertinggi didapatkan pada produk manufaktur A dengan kuat arus 300 A sebesar 38,02%. Untuk nilai elongasi terendah didapatkan pada produk manufaktur A dengan kuat arus 200 A sebesar 25,64%. *Cooling rate* yang cepat berpengaruh terhadap berkurangnya nilai elongasi. [3].

3.4 Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak pada penelitian ini dilakukan pada daerah *weld metal* dengan *notch* 45° pada suhu -20° C. Berikut adalah grafik hasil pengujian impak pada daerah *weld metal* pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Pengujian Impak pada Daerah *Weld Metal*

Pada hasil pengujian impak didapatkan nilai tertinggi pada spesimen filler metal produk A dengan kuat arus 200 A yaitu 135,333 J sehingga mendapatkan nilai ketangguhan paling tinggi.

Untuk nilai impak terendah didapatkan pada filler metal produk C sebesar 74,667 J sehingga mendapatkan nilai ketangguhan paling rendah. Pengaruh dari elongasi dari uji tarik merupakan salah satu penyebab dari rendahnya nilai ketangguhan pada spesimen dengan produk manufaktur C. Kadar *manganese* yang cukup rendah berpengaruh terhadap nilai ketangguhan pada spesimen produk manufaktur C. [8].

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Pengaruh kuat arus dan produk filler metal berbeda terhadap kecenderungan *imperfection* didapat dari hasil pengujian radiografi yang telah dilakukan. Dari hasil radiografi tersebut, Pada spesimen filler metal produk B dengan kuat arus 200 A dan filler metal produk C dengan kuat arus 250 A dinyatakan *reject*. Pada kedua spesimen tersebut menunjukkan *imperfection* yang terjadi berupa *porosity* dan *slag inclusion*.
2. Pengaruh kuat arus pengelasan dan produk filler metal berbeda terhadap perubahan kandungan komposisi kimia di dapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Kadar *carbon* tertinggi didapatkan pada filler metal produk B dengan kuat arus 200 A sebesar 0,093% dan *carbon* terendah didapatkan pada filler metal produk A dengan kuat arus 300 A sebesar 0,045%. Untuk kadar *manganese* tertinggi didapatkan pada filler metal produk B dengan kuat arus 250 A sebesar 1,41% dan *manganese* terendah didapatkan pada filler metal produk A dengan kuat arus 300 A sebesar 0,975%.
3. Pengaruh kuat arus pengelasan dan produk filler metal berbeda terhadap nilai kuat tarik di dapat dari hasil pengujian tarik dengan nilai *ultimate strength* paling tinggi yaitu pada variasi kuat arus 250 A dengan produk manufaktur filler metal B sebesar 545,97 MPa. Untuk nilai *ultimate strength* paling rendah yaitu pada variasi kuat arus 300 A dengan produk manufaktur filler metal C sebesar 443,6 MPa.
4. Pengaruh kuat arus pengelasan dan produk filler metal berbeda terhadap nilai impak di dapat dari hasil uji impak dengan nilai rata-rata pada setiap spesimen uji dengan nilai impak tertinggi pada variasi kuat arus 200 A dengan produk filler metal A sebesar 135,3 J sehingga memiliki nilai ketangguhan paling tinggi. Untuk nilai rata-rata nilai impak terendah pada variasi kuat arus 300 A dengan produk filler metal C sebesar 74,7 J sehingga memiliki nilai ketangguhan paling rendah

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam melakukan pengerjakan tugas akhir ini, seperti dosen pembimbing, pembimbing OJT, PT. Swadaya Graha, Teman-teman teknik pengelasan angkatan 2020, dan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

7. PUSTAKA

- [1] AWS D1.1 (2020). *Structural Welding Steel Code*. Florida. AMERICAN WELDING SOCIETY.
- [2] AWS D1.8 (2009). *Structural Welding Code Seismic Supplement*. Florida. AMERICAN WELDING SOCIETY.
- [3] Chen, J., Feng, G., Zheng, Y., Lin, P., Wang, L., & Li, Y. (2024). *Effect of Cooling Rate on Microstructure Evolution and Mechanical Properties of SCM435 Steel*. *Metals*, 14(2), 140.
- [4] Hadi, E. S. (2009). *Analisa Pengelasan Mild Steel (ST. 42) dengan Proses SMAW, FCAW dan SAW Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Nilai Ekonomis*. Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan, 6(2), 107-117.
- [5] Kou, S. (2003). *Welding metallurgy*. New Jersey, USA, 431(446), 223-225
- [6] O'Brien, A., & Guzman, C. (2011). *Welding handbook*. Volume 4, Materials and applications. Part 1.
- [7] Utama, I., Santosa, P. I., & Pranatal, E. (2020). PENGARUH VARIASI ARUS LAS PADA PENGELASAN FCAW DARI MATERIAL BAJA KAPAL ASTM SS 400. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 2(1), 121-130.
- [8] Svensson, L. E., & Greftoft, B. (1990). *Microstructure and impact toughness of C-Mn weld metals*. *Welding Journal*, 69(12), 454.