

Analisis Perbandingan Kombinasi Elektroda, *Preheat*, dan *Interpass* Pengelasan GMAW Dissimilar Baja Bisalloy 400 dengan SM490YA Terhadap Sifat Mekanis

M. Miftachul Munir¹, Imah Luluk Kusminah², Nadhifatul Kamilah³

^{1,2,3} D4 Teknik Pengelasan, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

Seminar Master, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

m.munir@ppns.ac.id, imahluluk@ppns.ac.id, nadhifatulkamilah@student.ppns.ac.id

Abstrak

Sebuah perusahaan konstruksi memproduksi *side dump trailer* yang digunakan untuk mengangkut batu bara. *Side dump trailer* ini, mengalami kegagalan di bagian *floor* berupa *crack* pada sambungan lasnya. Material yang digunakan pada sambungan las ini yaitu *dissimilar material* antara baja *Bissalloy 400* dengan *SM490YA*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan tersebut dan memperbaikinya dengan cara melakukan kombinasi elektroda, *preheat*, dan *interpass* terhadap sifat mekanis pada material baja *Bissalloy 400* dan *SM490YA*. Untuk mengetahui sifat mekanis dilakukan pengujian tarik dan tekuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua spesimen uji tarik memenuhi nilai minimum material dengan kekuatan tarik di atas 505 Mpa. Semakin tinggi suhu *preheat* dan *interpass*, semakin tinggi pula nilai uji tarik. Pada uji tekuk, hanya dua dari enam spesimen yang memenuhi *acceptance criteria*, sementara empat lainnya menunjukkan *open discontinuity* melebihi batas yang ditetapkan sepanjang 3 mm. Penggunaan *buffer* antara dua material berbeda terbukti efektif dalam mengurangi risiko retak dan deformasi. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemilihan parameter pengelasan yang tepat untuk meningkatkan kualitas sambungan pada material *dissimilar* dengan perbedaan *carbon equivalent* yang signifikan.

Kata kunci: *Bissalloy 400, Buffer Layer, GMAW, Interpass, Preheat*

Abstract

A construction company produces *side dump trailers* used to transport coal. This *side dump trailer* experienced a failure in the *floor* section in the form of a *crack* in the weld joint. The material used in this weld joint is a *dissimilar material* between *Bissalloy 400* and *SM490YA* steel. This study aims to analyze the failure and fix it by combining electrodes, *preheat*, and *interpass* on the mechanical properties of *Bissalloy 400* and *SM490YA* steel materials. To determine the mechanical properties, tensile and bending tests were carried out. The results showed that all tensile test specimens met the minimum material value with a tensile strength above 505 Mpa. The higher the *preheat* and *interpass* temperatures, the higher the tensile test value. In the bending test, only two of the six specimens met the *acceptance criteria*, while the other four showed *open discontinuity* exceeding the set limit of 3 mm. The use of a *buffer* between two different materials has proven effective in reducing the risk of cracking and deformation. This study emphasizes the importance of selecting the right welding parameters to improve the quality of joints in *dissimilar materials* with significant differences in *carbon equivalent*.

Keywords: *Bissalloy 400, Buffer Layer, GMAW, Interpass, Preheat*

^{1,2,3} Penulis korespondensi m.munir@ppns.ac.id

1. Pendahuluan

Problem case yang terjadi berupa *defect welding joint* yaitu *cold crack* pada bagian *floor side dump trailer* yang merupakan sambungan *disimilar* material antara baja Bisalloy 400 dengan SM490YA (KUSKO, 2007), yang dimana meneliti lebih jauh variasi *preheat* dan *interpass*, serta kombinasi elektroda yang digunakan pada pengelasan *disimilar* material serta membuat parameter pengelasan untuk mengatasi *problem case* yang terjadi. Selain itu, tidak adanya kualifikasi pengelasan dan *metode preparation* yang dijadikan acuan pengerjaan konstruksi *side dump trailer*.

Pada *problem case* yang diambil sebelumnya, proses pengelasan yang digunakan yaitu GMAW dengan *filler metal* ER70S-6. Karena kuat tarik *filler metal* tersebut lebih rendah dari *base metal* maka diganti dengan *filler metal* ER80S-G. Pemilihan *filler metal* ER80S-G dikarenakan kuat tarik *filler metal* tersebut lebih tinggi dari kuat tarik *base metal* (Suga, 1998). Kandungan *carbon equivalent* (CE) pada Baja Bisalloy 400 lebih tinggi dari 0,4% yaitu sebesar 0,499% sehingga diperlukan suatu *treatment* agar memiliki *weldability* yang baik (*WELDING HANDBOOK (Metals and Their Weldability).Pdf*, n.d.). Sedangkan kandungan *carbon equivalent* pada SM490YA jauh lebih rendah yaitu sebesar 0,37%. Perbedaan *carbon ekuivalen* yang signifikan penggunaan *buffer layer* sebagai lapisan pelindung yang ditempatkan di antara dua material yang berbeda. Perbedaan CE dapat menyebabkan perbedaan dalam sifat termal, seperti laju pendinginan dan pengembangan termal, yang pada akhirnya bisa menyebabkan tegangan sisa (Yurioka et al., 1983).

Buffer layer membantu menyerap dan mendistribusikan tegangan ini, sehingga mengurangi risiko retak atau deformasi. Selain itu, dengan *buffer layer* perbedaan dalam komposisi kimia antara dua material bisa dikurangi secara bertahap. Hal ini, membantu menciptakan sambungan las yang lebih homogen dan mengurangi kemungkinan masalah seperti *cracking* atau *incomplete fusion* (M. Suhadi, 2022). Dengan memahami *structure chemical composition*, maka dapat mengetahui pengaruh pemilihan kombinasi elektroda ER80S-G dan E309L serta perubahan kekerasan akibat *preheat* dan *interpass*. Sifat mekanik dan komposisi kimia SM490YA dan Bisalloy 400 dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 1 Sifat Mekanik SM490YA

Yield Point (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
413	543	27

Sumber : (Posco, 2021)

Tabel 2 Komposisi Kimia SM490YA

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0.1593	0.321	1.39	0.0098	0.0021

Sumber : (Posco, 2021)

Tabel 3 Sifat Mekanik Bisalloy 400

Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Charpy Impact (J)	Hardness (HB)
1070	1320	14	55	400

Sumber : (*Bissalloy 400.Pdf*, 2013)

Tabel 4 Komposisi Kimia Bisalloy 400

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Ni(%)	Cr(%)	Mo(%)	B(%)	CE(%)
0.1593	0.321	1.39	0.0098	0.0021	0,013	0,210	0,210	0,0010	0,49

Sumber : (*Bissalloy 400.Pdf*, 2013)

Proses pengelasan material tersebut menggunakan elektroda dengan kekuatan tarik diatas kekuatan tarik *base metal* untuk menghindari kegagalan dalam pengujian mekanis. Kawat las ER80S-G digunakan untuk pengelasan baja paduan rendah dan material serupa lainnya. ER80S-G digunakan dalam berbagai aplikasi industri yang memerlukan kekuatan tarik tinggi dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang keras (Si, 2023). Aplikasinya bisa berkisar dari fabrikasi umum dan konstruksi hingga penggunaan yang lebih spesifik di industri di mana kekuatan tinggi diperlukan. Sifat mekanik dan komposisi kimia elektroda ER80S-G bisa dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 5 Sifat Mekanik ER80S-G

Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Impact J (°C)
625	540	26	142 (0)

Sumber : (Si, 2023)

Tabel 6 Komposisi Kimia ER80S-G

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cu	Ni(%)
0.1	0.80	1.4	0.01	0.015	0.4	0.8

Sumber : (Si, 2023)

Penelitian dilakukan dengan membandingkan kombinasi elektroda, *preheat*, dan *interpass* sesuai dengan rekomendasi AWS D1.1 dan spesifikasi produk. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh kombinasi elektroda dan variasi *preheat* serta *interpass* terhadap sifat mekanis yang terjadi didasarkan pada variasi temperature. Metode yang digunakan mengikuti prosedur hasil kualifikasi las sesuai dengan AWS D1.1, *welding record*, dan *preliminary WPS*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan meliputi studi literatur dan studi lapangan, perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, persiapan alat dan spesimen, pengujian tarik dan bending, serta analisa data dan pembahasan, kesimpulan dan saran.

2.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur dan studi lapangan meliputi pengumpulan serta pemahaman dari sumber referensi dan data yang akan dijadikan dasar untuk pelaksanaan penelitian dan menyelesaikan permasalahan yang ada. Referensi tersebut diambil dari *code*, *standard*, jurnal, modul, artikel, WPS, dan *mill certificate material*. Yang semua referensi tersebut berkaitan dengan topik yang diangkat pada penelitian ini antara lain *preheat*, *interpass*, *tensile*, *bending*, dan spesifikasi material yang digunakan. Studi lapangan dilakukan di workshop fabrikasi sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dan didapatkan identifikasi masalah mengenai kombinasi elektroda, *preheat*, dan *interpass* pada pengelasan *dissimilar* Bisalloy 400 dengan SM490YA.

2.2 Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan

Berdasarkan pemahaman dari studi literatur dan studi lapangan. Dengan permasalahan yang ada, maka dapat dirumuskan perumusan masalah dan manfaat dari penelitian ini bagi pihak-pihak terkait. Sehingga dapat dibuat dan diangkat menjadi judul dan objek penelitian.

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai penunjang pelaksanaan penelitian. Data yang dikumpulkan berupa data spesifik tentang material yang digunakan, *filler metal*, dan parameter pengelasan yang akan digunakan pada penelitian ini. Pengumpulan data juga berupa dasar teori yang didapatkan dari *code*, *standard*, jurnal, artikel, *handbook*, WPS, serta *mill certificate material* SM490YA dan Bisalloy 400 yang digunakan sebagai data pendukung pada penelitian ini. rekomendasi *preheat* dan *interpass temperature* yang dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7 Rekomendasi *Preheat* dan *Interpass Temperature*

<i>Bisalloy Abrasion Resistant Grades</i>	<i>Maximum Thickness in Joint (mm)</i>			
	<13	≥13<25	≥25<25	≥50
<i>Minimum Preheat</i>				
320	50	75	125	150
400	50	75	125	150
450	Nil***			
500	100	150	150	**
<i>Maximum Interpass (All Grades)</i>	150	175	200	220

Sumber : (*Bissalloy 400.Pdf*, 2013)

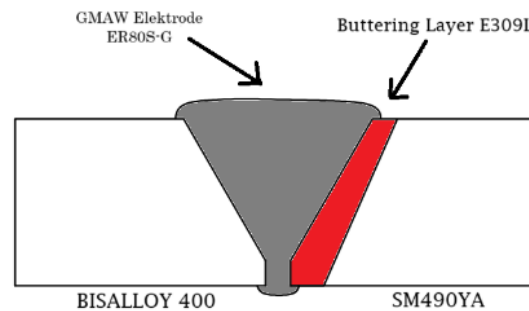
2.4 Persiapan Spesimen

Penelitian ini menggunakan material baja paduan (*alloy steel*) dengan spesifikasi SM490YA dan Bisalloy 400 dengan tipe sambungan *butt joint single V*. Proses pengelasan yang dilakukan adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) pada posisi IG dan menggunakan *filler metal* ER80S-G dan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) menggunakan filler metal E309L. Masing-masing variasi diberikan notasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8 Variasi Parameter Pengelasan

No.	Notasi	Filler Metal	Preheat	Interpass	Posisi
1.	80A	ER80S-G	30°C	250°C	1G
2.	80B		75°C	125°C	
3.	80C		75°C	250°C	
4.	BFA	ER80S-G + E309L	30°C	250°C	
5.	BFB		75°C	125°C	
6.	BFC		75°C	250°C	

Pengelasan spesimen menggunakan 2 layer sebagai *buffer layer*. Untuk mendepositkan *buffer layer* digunakan elektroda E309L. Untuk pengaplikasian *buffer layer* dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Aplikasi *Buttering*

Parameter pengelasan berdasarkan *preliminary* WPS dan Tabel 7. Pengelasan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan material yang akan dilakukan proses pengelasan.
2. *Fit-up* material yang sudah dipersiapkan.
3. Mempersiapkan *filler metal* yang akan digunakan, menggunakan *filler metal* ER80S-G dan E309L dengan diameter 1 mm dan 2,6 mm.
4. Mempersiapkan mesin las GMAW.
5. Dilakukan proses pengelasan.
6. Mengatur parameter pengelasan sesuai dengan *preliminary* WPS.
7. Memperhatikan parameter *preheat temperature* tetap terkondisikan dengan toleransi $\pm 30^\circ\text{C}$ dan $\pm 75^\circ\text{C}$.
8. Memperhatikan parameter *interpass temperature* tetap terkondisikan dengan toleransi $\pm 125^\circ\text{C}$ dan $\pm 250^\circ\text{C}$.

2.5 Proses Pengujian Tarik dan Tekuk

Selanjutnya dilakukan proses pengujian merusak / DT untuk mengetahui data *mechanical properties* pada hasil pengelasan (M.M. Munir, ST. et al., 2019). Sebelum dilakukan pengujian DT, *cutting plan* harus ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan sebelum material dipotong untuk membagi setiap ukuran spesimen uji yang sesuai pada *standard* yang digunakan. Kemudian dilakukan proses pengujian struktur mikro untuk mengetahui struktur mikro yang muncul pada spesimen uji setelah proses pengelasan. Jumlah spesimen yang digunakan yaitu; 2 spesimen *tensile*, 4 spesimen *side bend*, 1 spesimen *hardness*, dan makro mikro masing-masing 1 spesimen (American Welding Society, 2020).

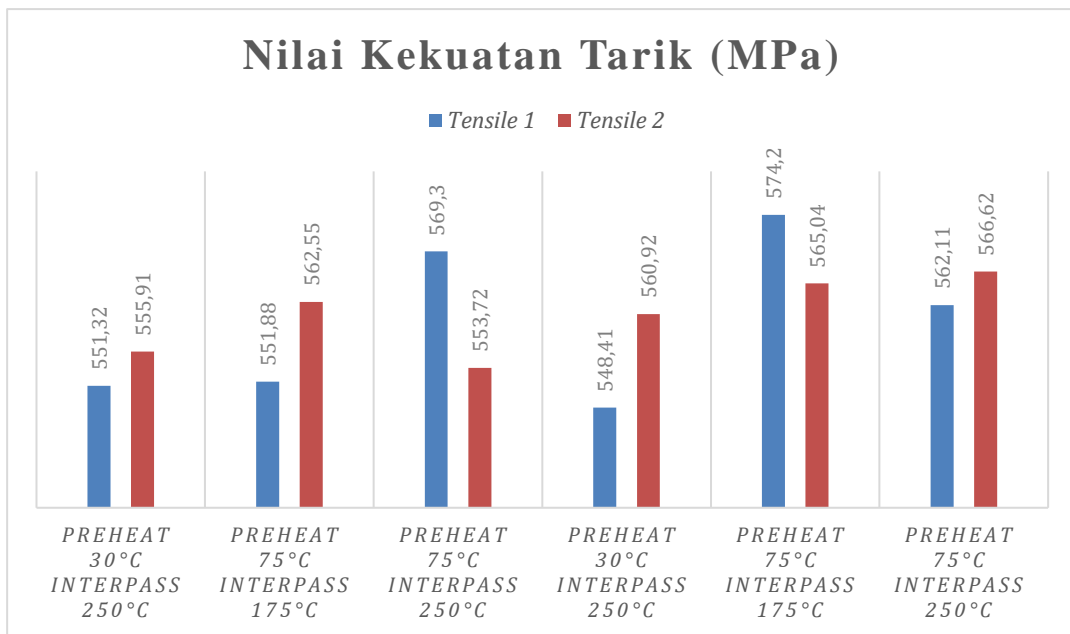
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik material. Pada pengujian ini spesimen tarik adalah sebanyak 2 spesimen pada setiap variasi. Nilai hasil pengujian tarik semua spesimen terdapat pada Tabel 9 dan perbandingan nilai dari tiap spesimen disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 2 berikut.

Tabel 9 Nilai Hasil Pengujian Tarik

Spesimen		Yield Strength (MPa)	Max. Strength (MPa)
80A	T1	403,90	551,32
	T2	409,80	555,91
80B	T1	361,88	551,88
	T2	360,37	562,55
80C	T1	305,79	569,30
	T2	299,15	553,72
BFA	T1	299,73	548,41
	T2	303,59	560,92
BFB	T1	309,26	574,20
	T2	301,35	565,04
BFC	T1	301,28	562,11
	T2	300,89	566,62



Gambar 2 Grafik Perbandingan Nilai Uji Tarik

Hasil pengujian tarik dari semua spesimen variasi mengalami patah pada daerah *base metal* dengan hasil kekuatan tarik maksimum pada semua spesimen variasi berada diatas kekuatan tarik minimum material yaitu sebesar 505 MPa yang mana merupakan kekuatan tarik minimum *base metal*. Sehingga dapat disimpulkan kekuatan tarik dari semua variasi memenuhi *acceptance criteria* (Pratikno et al., 2021).

3.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Tekuk

Uji tekuk dilakukan dengan tujuan untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Pada pengujian ini spesimen tarik adalah sebanyak 4 spesimen berupa *side bend* pada setiap variasi. Setelah menekuk, permukaan spesimen yang berbentuk cembung harus diperiksa dari kemungkinan adanya retak atau cacat permukaan yang lain. Apabila spesimen mengalami patah (*fracture*) setelah ditekuk, maka spesimen dinyatakan gagal uji (*rejected*). Namun jika tidak patah maka kriteria keberterimaan seperti jumlah retak, dimensi retak atau cacat permukaan lain yang terlihat pada permukaan harus disesuaikan dengan standar yang diacu.

3.2.1 Pengujian tekuk pada spesimen variasi 80A

Hasil pengamatan dan pemeriksaan hasil pengujian tekuk dan spesimen yang mengalami *open discontinuity* untuk proses pengelasan GMAW variasi spesimen 80A yakni *preheat* 30°C dan *interpass* 250°C, ditemukan indikasi yang terdapat ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan Tabel 4.8 di bawah ini.



Gambar 3 Hasil Pengamatan Uji Tekuk 80A

Tabel 10 Hasil Pengujian Tekuk 80A

Specimen Stamp	Result		Remark
	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	
B1	Open Discontinuity	2,65	Accepted
B2	-	-	Accepted
B3	-	-	Accepted
B4	-	-	Accepted

Hasil pengujian tekuk dari variasi 80A memenuhi *acceptance criteria*. Untuk spesimen 80A terdapat *open discontinuity* sepanjang 2,65 mm yang terdapat pada *specimen stamp* B1. *Open discontinuity* tidak melebihi batas *code* yang telah ditetapkan yaitu 3 mm.

3.2.2 Pengujian tekuk pada spesimen variasi 80B

Hasil pengamatan dan pemeriksaan hasil pengujian tekuk dan spesimen yang mengalami *open discontinuity* untuk proses pengelasan GMAW variasi spesimen 80B yakni *preheat* 75°C dan *interpass* 175°C, ditemukan indikasi yang terdapat ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan Tabel 4.9 di bawah ini.



Gambar 4 Hasil Pengamatan Uji Tekuk 80B

Tabel 11 Hasil Pengujian Tekuk 80B

Specimen Stamp	Result		Remark
	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	
B1	Open Discontinuity	3,35	Reject
B2	Open Discontinuity	0,6	Accepted
B3	Open Discontinuity	3,5	Reject
B4	Open Discontinuity	1,8	Accepted

Hasil pengujian tekuk dari variasi 80B tidak memenuhi *acceptance criteria*. Seluruh *specimen stamp* 80B terdapat *open discontinuity*. Pada *specimen stamp* B1 terdapat *open discontinuity* sebesar 3,35 mm dan 3,5 pada *specimen stamp* B4 yang melebihi dari batas *code* yang telah ditetapkan yaitu 3 mm.

3.2.3 Pengujian tekuk pada spesimen variasi 80C

Hasil pengamatan dan pemeriksaan hasil pengujian tekuk dan spesimen yang mengalami *open discontinuity* untuk proses pengelasan GMAW variasi spesimen 80C yakni *preheat* 75°C dan *interpass* 250°C, ditemukan indikasi yang terdapat ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan Tabel 4.10 di bawah ini.



Gambar 5 Hasil Pengamatan Uji Tekuk 80C

Tabel 12 Hasil Pengujian Tekuk 80C

Specimen Stamp	Result		Remark
	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	
B1	Open Discontinuity	1,3	Accepted
B2	Open Discontinuity	6,75	Reject
B3	Open Discontinuity	0,9	Accepted
B4	Open Discontinuity	2,9	Accepted

Hasil pengujian tekuk dari variasi 80C tidak memenuhi *acceptance criteria*. Seluruh *specimen stamp* 80C terdapat *open discontinuity*. Pada *specimen stamp* B2 terdapat *open discontinuity* sebesar 6,75 mm yang melebihi dari batas *code* yang telah ditetapkan yaitu 3 mm.

3.2.4 Pengujian tekuk pada spesimen variasi BFA

Hasil pengamatan dan pemeriksaan hasil pengujian tekuk dan spesimen yang mengalami *open discontinuity* untuk proses pengelasan GMAW + SMAW variasi spesimen BFA yakni *preheat* 30°C dan

interpass 250°C, ditemukan indikasi yang terdapat ditunjukkan pada Gambar 4.11 dan Tabel 4.11 di bawah ini.



Gambar 6 Hasil Pengamatan Uji Tekuk BFA

Tabel 13 Hasil Pengujian Tekuk BFA

Specimen Stamp	Result		Remark
	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	
B1	Open Discontinuity	6,75	Reject
B2	Open Discontinuity	8,15	Reject
B3	Open Discontinuity	19,55	Reject
B4	Open Discontinuity	11,75	Reject

Hasil pengujian tekuk dari variasi BFA tidak memenuhi *acceptance criteria*. Seluruh *specimen stamp* BFA terdapat *open discontinuity*. Pada *specimen stamp* B1 terdapat *open discontinuity* sebesar 6,75 mm, *specimen stamp* B2 terdapat *open discontinuity* sebesar 8,15 mm, *specimen stamp* B3 terdapat *open discontinuity* sebesar 19,55 mm, dan *specimen stamp* B4 terdapat *open discontinuity* sebesar 11,75 mm yang melebihi dari batas *code* yang telah ditetapkan yaitu 3 mm.

3.2.5 Pengujian tekuk pada spesimen variasi BFB

Hasil pengamatan dan pemeriksaan hasil pengujian tekuk dan spesimen yang mengalami *open discontinuity* untuk proses pengelasan GMAW + SMAW variasi spesimen BFB yakni *preheat* 75°C dan *interpass* 175°C, ditemukan indikasi yang terdapat ditunjukkan pada Gambar 4.12 dan Tabel 4.12 di bawah ini.



Gambar 7 Hasil Pengamatan Uji Tekuk BFB

Tabel 14 Hasil Pengujian Tekuk BFB

Specimen Stamp	Result		Remark
	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	
B1	Open Discontinuity	15,8	Reject
B2	Open Discontinuity	5,25	Reject
B3	Open Discontinuity	12,9	Reject
B4	Open Discontinuity	13	Reject

Hasil pengujian tekuk dari variasi BFB tidak memenuhi *acceptance criteria*. Seluruh *specimen stamp* BFA terdapat *open discontinuity*. Pada *specimen stamp* B1 terdapat *open discontinuity* sebesar 15,8 mm, *specimen stamp* B2 terdapat *open discontinuity* sebesar 5,25 mm, *specimen stamp* B3 terdapat *open discontinuity* sebesar 12,9 mm, dan *specimen stamp* B4 terdapat *open discontinuity* sebesar 13 mm yang melebihi dari batas *code* yang telah ditetapkan yaitu 3 mm.

3.2.6 Pengujian tekuk pada spesimen variasi BFC

Hasil pengamatan dan pemeriksaan hasil pengujian tekuk dan spesimen yang mengalami *open discontinuity* untuk proses pengelasan GMAW + SMAW variasi spesimen BFC yakni *preheat* 75°C dan *interpass* 250°C, ditemukan indikasi yang terdapat ditunjukkan pada Gambar 4.13 dan Tabel 4.13 di bawah ini.



Gambar 8 Hasil Pengamatan Uji Tekuk BFC

Tabel 15 Hasil Pengujian Tekuk BFC

Specimen Stamp	Result		Remark
	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	
B1	-	-	Accepted
B2	Open Discontinuity	2,55	Accepted
B3	-	-	Accepted
B4	-	-	Accepted

Hasil pengujian tekuk dari variasi BFC memenuhi *acceptance criteria*. Untuk spesimen BFC terdapat *open discontinuity* sepanjang 2,55 mm yang terdapat pada *specimen stamp* B2. *Open discontinuity* tidak melebihi batas *code* yang telah ditetapkan yaitu 3 mm.

Hasil pengujian tekuk dari 6 spesimen variasi terdapat 2 keberhasilan yang memenuhi *acceptance criteria* yaitu spesimen 80A dan BFC. Untuk spesimen 80A terdapat *open discontinuity* sepanjang 2,65 mm dan 2,55 untuk spesimen BFC. Terdapat 4 kegagalan yang dimana terdapat *open*

discontinuity yang melebihi batas *code* yang telah ditetapkan yaitu spesimen 80B, 80C, BFA, dan BFB. Sehingga dapat disimpulkan dari 6 spesimen variasi tersebut hanya 2 spesimen yang memenuhi *acceptance criteria*.

4 Kesimpulan

Dari hasil penyajian data dan analisis hasil pengujian dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Analisis perbandingan kombinasi elektroda, *preheat*, dan *interpass* terhadap uji tarik adalah semua spesimen variasi mengalami patah pada daerah *base metal* dengan hasil nilai tarik pada semua spesimen variasi berada diatas nilai minimum material dengan *acceptance criteria* sebesar 505 Mpa. Nilai *Yield Strength* tertinggi sebesar 409,80 MPa dan nilai *Maximum Strength* tertinggi sebesar 574,20 MPa. Semakin tinggi suhu *preheat* dan *interpass* yang digunakan maka nilai uji tariknya akan semakin tinggi. Penggunaan elektroda yang memenuhi batas minimum kuat tarik *base metal* juga berpengaruh terhadap kuat tarik.
2. Analisis perbandingan kombinasi elektroda, *preheat*, dan *interpass* terhadap uji tekuk didapatkan bahwa dari 6 variasi specimen yang diuji, terdapat 2 spesimen yang memenuhi *acceptance criteria* yaitu spesimen variasi 80A dan BFC. Selain itu, terdapat 4 spesimen yang tidak memenuhi *acceptance criteria*, yaitu spesimen 80B, 80C, BFA, dan BFB dimana terjadi *open discontinuity* yang melebihi batas *code* yang telah ditetapkan sepanjang 3 mm.

Daftar Pustaka

- American Welding Society. (2020). *Structural Welding Code- Steel ANSI/AWS D1.1-2020*. https://www.academia.edu/42330911/AWS_D1.1_Ed.2020
- Bissaloy 400*.(pp. 1–3). (2013). Bisalloy Steels.
- Kusk, J. N. D. A. C. S. (2007), Dupont type II band formation. *Welding Journal*, 51–54.
- M. Suhadi. (2022). *Analisis Kombinasi Elektroda Pada Buttering Layer E309L Sambungan SA-240 Type 304 Dengan SA-516 Grade 70 Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro.pdf*.
- M.M. Munir, ST., M., M. Thoriq Wahyudi, ST., M., Hendri Budi Kurniyanto, S.ST., M., & Dika Anggara, S.ST., M. (2019). *Modul Praktik DT NDT* (Issue April). <http://eprints.stikes-aisyiyah.ac.id/773/1/28>. Modul Praktik Komunitas.pdf
- Posco, K. (2021). *Mill Test Certificate Sertifikat Pengujian Pabrik Mill Test Certificate Sertifikat Pengujian Pabrik*.
- Pratikno, H., Baredwan, A. H., & Dhanista, W. L. (2021). Effect of Preheating Process and V Groove Type on the Tensile and Metallography Test of ASTM A53 with A36 Weld Joint Using FCAW Method. *International Journal of Offshore and Coastal Engineeing*, 6(2), 40. <https://doi.org/10.12962/j25800914.v6i2.14769>
- Si, C. (2023). Product Data Sheet Product Data Sheet DEPMPO. In *Radiation Curing*.
- Suga, T. (1998). Welding Consumables. *Yosetsu Gakkai Shi/Journal of the Japan Welding Society*, 67(8), 630–647. <https://doi.org/10.2207/qjjws1943.67.630>
- Welding Handbook*,(2011), *Material and Their Weldability volume 4*, AWS
- Yurioka, N., Suzuki, H., Ohshita, S., & Saito, S. (1983). Determination of Necessary Preheating Temperature in Steel Welding. *Welding Journal (Miami, Fla)*, 62(6).