

**ANALISA ROOT WELDING PENGELASAN FCAW (FLUX-CORED ARC WELDING) DENGAN BACKING PLATE BERBASIS SEMEN DAN PASIR SILIKA TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN KEKUATAN TARIK**

**Wahyu Syaifudin**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: wahyu.20046@mhs.unesa.ac.id

**Novi Sukma Drastiawati**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

**Abstrak**

Manufaktur pada bidang perkapalan merupakan industri yang banyak menggunakan pengelasan karena mudah digunakan dan menghasilkan sambungan yang kuat. Pengelasan lambung kapal menggunakan metode SMAW, tapi las yang dihasilkan masih kurang dengan kebutuhan keuletan yang menyebabkan lambung kapal menjadi lebih rawan terhadap retak atau kebocoran pada lambung kapal. Pengelasan pada baja ASTM A36, dengan metode pengelasan FCAW (*Flux-Cord Arc Welding*) dengan variasi *backing plate* berbasis semen dan pasir silika, dilakukan uji tarik dan uji *bending*. Hasil dari penelitian ini terdapat pengaruh signifikan hasil variasi *backing plate* pengelasan baja ASTM A36. Pada pengujian tarik menunjukkan pada variasi (semen 30%-pasir 70%) memiliki nilai rata-rata uji tarik 408,43 MPa, variasi (semen 70%-pasir 30%) memiliki nilai rata-rata uji tarik 517,99 MPa, variasi (semen 100%-pasir 0%) memiliki nilai rata-rata uji tarik 487,38 MPa, variasi (semen 50%-pasir 50%) memiliki nilai rata-rata uji tarik tertinggi 576,48 MPa. Pada pengujian *bending* menunjukkan pada variasi (semen 30%-pasir 70%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* 1881,6 MPa, variasi (semen 70%-pasir 30%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* 2417,46 MPa, variasi (semen 100%-pasir 0%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* 2089,19 MPa, variasi (semen 50%-pasir 50%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* tertinggi 2621,88 MPa.

**Kata Kunci:** *Backing Plate*, Pengelasan FCAW, Baja ASTM A36, Kekuatan Tarik, Kekuatan *Bending*

**Abstract**

*Manufacturing in the shipping sector is an industry that uses a lot of welding because it is easy to use and produces strong joints. Welding the ship's hull uses the SMAW method, but the weld produced is still lacking the required ductility which causes the ship's hull to become more prone to cracks or leaks in the ship's hull. Welding on ASTM A36 steel, using the FCAW (Flux-Cord Arc Welding) welding method with a variety of cement and silica sand based backing plates, carried out tensile tests and bending tests. The results of this research show a significant influence on the results of ASTM A36 steel welding backing plate variations. The tensile test shows that the variation (30% cement-70% sand) has an average tensile test value of 408.43 MPa, the variation (70% cement-30% sand) has an average tensile test value of 517.99 MPa, the variation (100% cement-0 sand) has an average tensile test value of 487.38 MPa, the variation (50% cement-50% sand) has the highest average tensile test value of 576.48 MPa. The bending test shows that the variation (30% cement-70% sand) has an average bending test value of 1881.6 MPa, the variation (70% cement-30% sand) has an average bending test value of 2417.46 MPa, variation (100% cement-0% sand) has an average bending test value of 2089.19 MPa, the variation (50% cement-50% sand) has the highest average bending test value of 2621.88 MPa.*

**Keywords:** *Backing Plate, FCAW Welding, ASTM A36 Steel, Tensile Strength, Bending Strength.*

**PENDAHULUAN**

Pengelasan merupakan industri penting dimasa kini, terlebih dalam industri manufaktur. Pengelasan merupakan proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang disambung hingga temperatur las dilakukan secara, dengan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), hanya dengan tekanan (*pressure*), atau dengan tanpa menggunakan pengisi (*filler*) (Mauluvi et al., 2019). Konstruksi manufaktur pada bidang perkapalan merupakan salah satu industri yang banyak menggunakan pengelasan karena mudah digunakan dan menghasilkan sambungan yang kuat.

Dalam konstruksi kapal, baja sangat diperlukan karena merupakan bahan utama dari konstruksi kapal tersebut. Baja karbon rendah merupakan jenis baja yang sering digunakan untuk pembuatan konstruksi yang memerlukan sifat keuletan dan ketangguhan yang tinggi. Dengan kekerasan 95-145 Brinnel dan kekuatan tarik 320-550 MPa, baja karbon rendah sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kapal, jembatan, rangka dan struktur konstruksi bangunan dan juga mesin (Fajar Primasatya, 2009).

Pada bidang perkapalan baja karbon rendah merupakan bahan utama untuk pembuatan konstruksi kapal, seperti pada konstruksi lambung kapal. Pengelasan pada lambung

kapal banyak menggunakan metode SMAW karena murah dan praktis, tetapi untuk hasil yang dihasilkan masih kurang dengan kebutuhan keuletan pada lambung kapal. Baja struktur lambung adalah baja yang mempunyai nominal nilai luluh atas minimal (*yield point*) REH 235 N/mm<sup>2</sup> dan kekuatan tarik (*tensile strenght*) Rm 400 - 520 N/mm<sup>2</sup> (Mubarak, 2019). Hal ini menyebabkan lambung kapal yang sudah dikonstruksi menjadi lebih rawan terhadap retak atau kebocoran pada lambung kapal. Seperti yang terjadi pada kapal MT AASHI yang mengalami pecah lambung kapal. Tanker pembawa aspal (bitumen) mengalami pecah lambung kanan di perairan Kabupaten Nias Utara (Utomo & IduTimes.com, 2023).

FCAW merupakan salah satu jenis pengelasan yang sering digunakan pada bidang perkapalan terutama pada bagian lambung kapal. Las FCAW (*Flux-Cored Arc Welding*) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas CO<sub>2</sub> sebagai pelindung busur. Las FCAW 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 kontrol yang lebih baik serta sifat tarik las baja rendah (Dora, 2011). Pada pengelasan FCAW dibutuhkan material backing untuk tembusan pengelasan karena pengelasan FCAW memiliki logam cair yang sangat cair sehingga membutuhkan backing pada proses pekerjaannya.

*Backing* merupakan salah satu bahan bantu dalam pengelasan, *backing* merupakan benda padat yang dapat menahan panas, bersifat semi permanen. Penempatan dari *backing* keramik ditempatkan di sisi belakang pada sambungan plat yang akan dilakukan pengelasan. Selama pengelasan, *backing* bertujuan untuk mendukung logam cair agar lebih sempurna khususnya pada *root welding* sehingga tidak memerlukan pengelasan balik kebocoran atau kehilangan lelehan logam las dan juga penetrasi penuh dapat di cegah menggunakan *backing* (Fauzi, 2018). Menurut (Mubarak, 2019) semua konstruksi sisi, bottom, dan geladak mendapat bending, momen di arah vertikal, momen horizontal serta puntiran (torsi). *Root weld* merupakan tahap pengelasan yang membutuhkan *backing plate*. Untuk mengetahui pengaruh *backing plate* pada *root weld*, dilakukan pengujian yaitu *root bend*.

Sejauh ini bahan yang digunakan untuk *backing plate* adalah *backing* keramik, *backing* keramik terbuat dari tanah liat, *feldspar*, pasir, *clay*, kwarsa, dan kaolin (Santos et al., 2014), dengan proses pengolahan yang sangat panjang, sehingga menyebabkan harga dari *backing* keramik mahal. Bahan baku pembuatan *backing* keramik jika dibandingkan dengan beton sulit didapat karena terdiri dari bahan baku yang kompleks. Hal ini berbanding terbalik dengan bahan baku beton yang terdiri dari semen, pecahan batu, dan air, kemudian bahan tersebut disatukan, bahan ini mudah didapatkan sehingga relatif lebih murah. Mengingat akan mahalnya *backing* keramik untuk pengelasan maka akan dilakukan analisa bahan baru untuk pembuatan *backing* yang lebih murah dan juga tidak mengurangi kekuatannya. Bermanfaat untuk mengurangi

biaya produksi pengelasan, selain itu dapat digunakan sebagai pelatihan pengelasan.

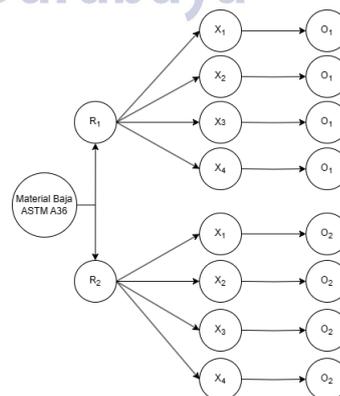
Bahan yang akan di analisa yakni penggunaan beton pada *backing plate*. Pemilihan bahan beton ini karena mempunyai kelebihan diantara lain memiliki kekuatan yang tinggi, mudah dibentuk sesuai dengan desain, mudah dalam proses pembuatan, perawatan yang tidak memerlukan biaya besar, tahan cuaca.

Penelitian ini membahas tentang pengaruh *backing plate* berbasis semen dan pasir silika pada pengelasan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) terhadap sifat mekanik (kekuatan *bending* dan kekuatan tarik). Proses pengelasan akan menggunakan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) dengan tambahan gas CO<sub>2</sub>, jenis sambungan *butt joint*, kampuh *V-Groove include angle 60°*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *backing plate* variasi campuran semen dan pasir silika dengan meninjau dari *destructive test* yang meliputi nilai *bending* dan tarik.

## METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ialah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat antara variabel bebas dan variabel terikat. Peneliti menggunakan metode eksperimen tentang pengaruh penggunaan *backing plate* berbasis semen dan pasir silika pada hasil pengelasan *root welding* FCAW. Kemudian hasil variasi tersebut digunakan untuk nilai kekuatan bending dan tarik pada material baja karbon rendah ASTM A36. Untuk segala perlengkapan dan peralatan sudah disesuaikan sedemikian rupa.

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode eksperimen yang dimana diawali dengan pembuatan *backing plate* kemudian pembuatan spesimen sesuai standar yaitu menuju tahap pengelasan FCAW dengan standar sesuai dengan WPS dan variasi *backing plate*. Kemudian spesimen yang sudah dilakukan pengelasan masuk ketahap pengujian yaitu pengujian bending dan pengujian tarik guna mendapatkan nilai kekuatan pada sambungan las pada spesimen. Desain yang digunakan ialah desain penelitian pre-eksperimental, desain penelitian pre-eksperimental baik dari satu atau variabel berbagai kelompok variabel terikat diamati untuk dapat mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari suatu aplikasi dari variabel bebas yang sebelumnya dianggap dapat atau menyebabkan perubahan.



Gambar 1. Desain Penelitian

Keterangan :

R<sub>1</sub> : Spesimen uji tarik

R<sub>2</sub> : Spesimen uji *bending*

X<sub>1</sub> : Variasi campuran *backing plate* (semen 30% - pasir 70%)

X<sub>2</sub> : Variasi campuran *backing plate* (semen 70% - pasir 30%)

X<sub>3</sub> : Variasi campuran *backing plate* (semen 50% - pasir 50%)

X<sub>4</sub> : Variasi campuran *backing plate* (semen 100% - pasir 0%)

O<sub>1</sub> : Pengujian tarik

O<sub>2</sub> : Pengujian *bending*

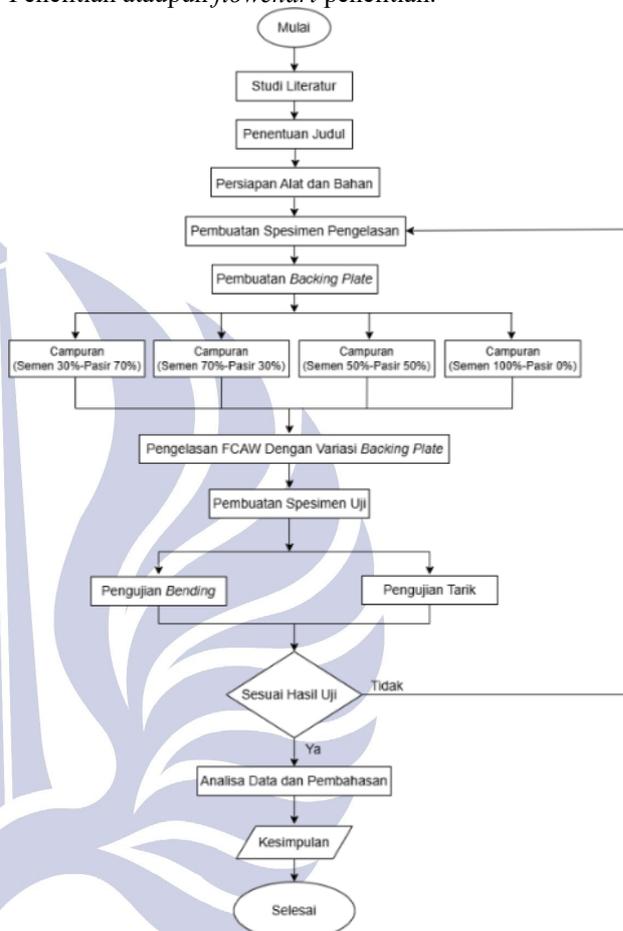
6. Arus pengelasan 100-150 A

7. Tegangan pengelasan 25 V

8. *Travel speed* pengelasan 4-5 mm/menit

### Rancangan Penelitian

Rencana kegiatan ini dibuat dalam bentuk *flowchart* penelitian dapat dilihat pada gambar Bagan Desain Penelitian ataupun *flowchart* penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### Waktu dan Tempat Penelitian

#### • Waktu Penelitian

Penelitian dengan judul Analisa *Root Welding* Pengelasan FCAW (*Flux-Cored Arc Welding*) Dengan *Backing Plate* Berbasis Semen dan Pasir Silika Terhadap Kekuatan *Bending* dan Kekuatan Tarik dilakukan pada tanggal 22 Juli – 24 Oktober 2024.

#### • Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan POLTERA

#### • Objek Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan baja karbon rendah ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm sebagai objeknya dilakukan pengelasan FCAW menggunakan *backing plate* berbasis semen dan pasir silika.

### Variabel Penelitian

#### • Variabel Bebas (*Independent*)

Variabel bebas (*independent*) adalah merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (*dependent*) (Prof. Dr. Sugiyono, 2013). Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan meliputi campuran pada bahan *backing plate* yang digunakan yaitu semen, pasir silika, dan air.

#### • Variabel Terikat (*Dependent*)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Prof. Dr. Sugiyono, 2013). Untuk variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengujiannya yaitu hasil pengujian *bending* dan hasil pengujian tarik.

#### • Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat untuk dikendalikan atau konstan tidak diubah agar pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak terpengaruh oleh faktor lainnya yang tidak diteliti. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material ASTM A36 tebal 10 mm
2. Jenis pengelasan FCAW
3. Posisi pengelasan 1G
4. Kampuh las *butt joint V-Groove* 60°
5. 1 welder 1 mesin

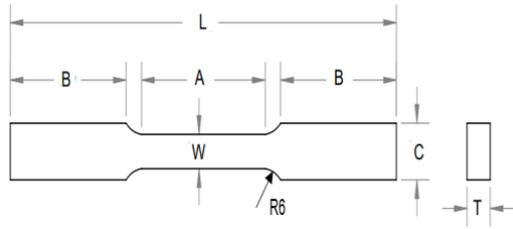
### Pengelasan dan Variasi Penelitian

Pada variasi penelitian, disini peneliti memvariasikan campuran bahan *backing plate* yaitu semen, dan pasir silika dengan persentase (semen 70%-pasir 30%), (semen 30%-pasir 70%), (semen 50%-pasir 50%), (semen 100%-pasir 0%).

### Pembuatan Spesimen

#### • Spesimen Uji Tarik

Pembentukan dibuat sesuai dengan standar yang direkomendasikan AWS D1.1/D1.1M: *Structural Welding code – Steel* yaitu ASTM E8/EM8 (*Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*).



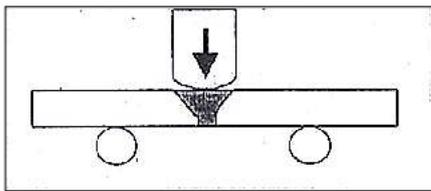
Gambar 3. Spesimen Uji Tarik

Keterangan:

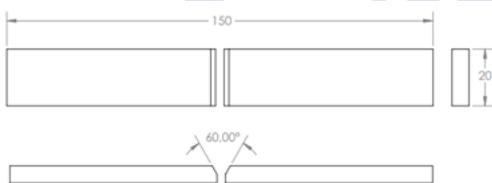
- A : Panjang bagian paralel tereduksi 57 mm
- B : Panjang bagian pegangan 50 mm
- C : Lebar bagian pegangan 20 mm
- L : Panjang keseluruhan 200 mm
- R : Radius fillet R 12,5
- T : Ketebalan 6 mm
- W: Lebar 12,5 mm

- Spesimen Uji Bending

Peneliti menggunakan metode *three point bending (Root Bend Transversal Bending)* bending pada sambungan las.



Gambar 4. Root Bend Transversal Bending



Gambar 5. Spesimen Uji Bending

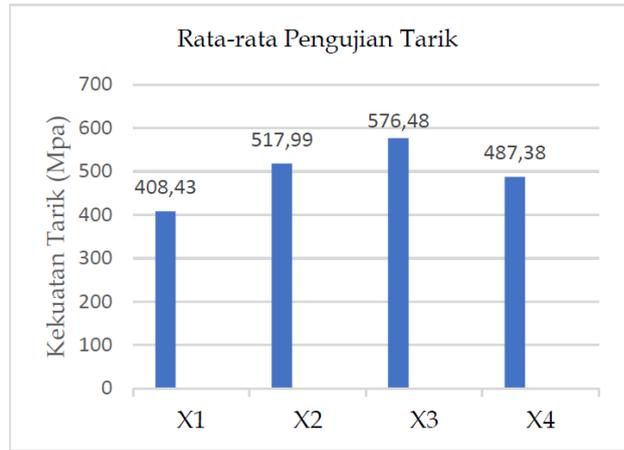
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

- Hasil Uji Tarik

Setelah melakukan pengujian tarik, didapatkan nilai beban tarik maksimum (N). Nilai ini digunakan untuk mengetahui nilai tegangan tarik maksimum yang dapat dihitung dengan Rumus sebagai berikut:  $\sigma = P/A_0$  dan hasilnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Uji Tarik

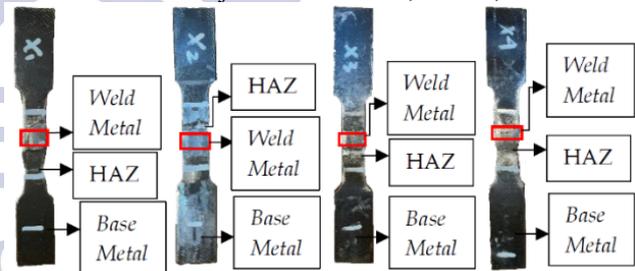
Spesimen	Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	Luas A <sub>0</sub> = bxd (mm <sup>2</sup> )	Beban Tarik Max (P) (Kg)	Kekuatan Tarik Max (s = P/A <sub>0</sub> ) (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata Tegangan Tarik Max (N/mm <sup>2</sup> )
X1 (semen 30% - pasir 70%)	1	12,5	10	5221,4	409,32	408,43
	2	12,5	10	5196,3	407,36	
	3	12,5	10	5212,7	408,62	
X2 (semen 70% - pasir 30%)	1	12,5	10	6258,3	519,62	517,99
	2	12,5	10	6184,3	515,42	
	3	12,5	10	6208,8	518,95	
X3 (semen 50% - pasir 50%)	1	12,5	10	7407,5	580,74	576,48
	2	12,5	10	7312,6	573,3	
	3	12,5	10	7339,5	575,41	
X4 (semen 100% - pasir 0%)	1	12,5	10	6627,9	490,62	487,38
	2	12,5	10	6574,2	484,82	
	3	12,5	10	6619,3	486,7	



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Uji Tarik

Pada grafik pengujian diatas didapatkan hasil nilai rata-rata yang didapatkan beserta hasil uji tarik dari setiap variasi X1, X2, X3, dan X4. Pada pengujian uji tarik variasi X1 mendapatkan nilai kekuatan tertinggi sebesar 409,32 Mpa dengan nilai rata-rata uji tarik sebesar 408,43 Mpa. Pada pengujian uji tarik variasi X2 mendapatkan nilai kekuatan tertinggi sebesar 490,62 Mpa dengan nilai rata-rata uji tarik sebesar 487,38 Mpa. Pada pengujian uji tarik variasi X3 mendapatkan nilai kekuatan tertinggi sebesar 580,748 Mpa dengan nilai rata-rata uji tarik sebesar 576,48 Mpa. Pada pengujian uji tarik variasi X4 mendapatkan nilai kekuatan tertinggi sebesar 519,62 Mpa dengan nilai rata-rata uji tarik sebesar 517,99 Mpa. Dari hasil data dan diagram diatas dapat ditemukan bahwa semakin seimbang campuran bahan *backing plate* maka nilai kekuatan tarik yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Hasil pengelasan yang baik dilihat dari nilai kekuatan tarik yang besar, karena jika nilai kekuatan tarik semakin besar maka bahan akan semakin ulet.

Berikut hasil uji tarik variasi X1, X2 X3, dan X4:



Gambar 7. Area Hasil Uji Tarik Variasi X1, X2, X3, dan X4

Uji tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji tarik sampai putus, yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban tarik (*Ultimate Tensile Strength*) dan perubahan Panjang ( $\Delta L$ ) terhadap panjang spesimen awal (L<sub>0</sub>).

Diketahui hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 1 memiliki rata-rata kekuatan tarik yang berbeda-beda. Dari data hasil penelitian variasi bahan *backing plate* pengelasan FCAW (*Flux-Cored Arc Welding*) pada material baja ASTM A36 menggunakan variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) mendapatkan rata-rata pengujian tarik

sebesar 408,43 Mpa, variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) mendapatkan nilai rata-rata pengujian tarik sebesar 517,99 Mpa, variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) mendapatkan nilai rata-rata pengujian tarik sebesar 576,48, dan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%) mendapatkan nilai rata-rata pengujian tarik sebesar 487,38 Mpa. Dapat diketahui dari keempat variasi bahan campuran *backing plate* tersebut nilai tertinggi pengujian tarik dengan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%). Serta pada tabel 4.7 menunjukkan ada pengaruh yang signifikan untuk variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) dengan variasi X2 (semen 70% - pasir 30%), variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) dengan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%), variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) dengan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%), variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) dengan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) , variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) dengan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%), dan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) dengan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%) terhadap kekuatan tarik pada material baja ASTM A36. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data menggunakan pengujian T-test menggunakan *software* SPSS yang dijelaskan pada analisa hasil penelitian kekuatan tarik. Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini diketahui bahwa nilai kekuatan tarik yang didapatkan cenderung naik. Semakin seimbang campuran bahan untuk *backing plate* semakin besar pula nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan *backing* dapat menahan lelehan logam cair dan membentuk *weld metal* lebih bagus dan kuat. Nilai kekuatan tarik variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) mempunyai nilai yang paling rendah dikarenakan *backing plate nya* terdapat lebih banyak pasir silika dibanding semen.

Menurut (AWS D1.1, Section 5.10) root weld atau fillet mungkin harus menggunakan *backing* oleh copper, flux, glass tape, ceramic, iron powder, atau bahan yang mirip untuk mencegah lelehan las. Campuran semen refractories dan pasir silika merupakan bahan yang tepat untuk menahan lelehan las, karena mengandung Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina) yang adalah oksida tahan api dengan biaya rendah, kekerasan superior, dan ketahanan tinggi terhadap oksidasi dan ketahanan pada temperatur tinggi (Advances in Ceramic-Matrix Composites, 2014), dan SiO<sub>2</sub> (silika) yang adalah keramik tahan terhadap temperatur tinggi yang banyak digunakan dalam industri baja dan gelas (Smallman. R. E & Bishop. R. J, 2000).

Menurut (Bakri et al., 2023) pasir silika mengandung SiO<sub>2</sub> sebesar 88,94%, KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> sebesar 8,45% dan CaCO<sub>3</sub> sebesar 2,61%. Menurut (bentengapi.org, 2018) komposisi kimia pasir refractories mengandung Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 95%, dan SiO<sub>2</sub> sebesar 5%. SiO<sub>2</sub> yang tinggi yang menyebabkan pengerasan semen lambat sehingga panas/kalor yang dilepas rendah. Jadi semakin tinggi kandungan silika dalam semen suhu reaksi semakin rendah. Karena suhu dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan (strenght) dan kekakuan (stiffness) dari elemen-elemen atau sistem struktur (Darmawan & Angraini, 2008). Pengelasan dengan *backing plate* variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) cenderung menghasilkan pengelasan yang lebih kuat karena antara campuran bahan *backing plate* seimbang yang membuat *backing plate*

mempunyai kekuatan yang lebih baik dalam menahan lelehan las lebih baik.

Selanjutnya dapat dilihat hasil uji tarik dengan variasi X1 (semen 30% - pasir 70%), X2 (semen 70% - pasir 30%) , X3 (semen 50% - pasir 50%) , dan X4 (semen 100% - pasir 0%) menunjukkan patahan rata-rata terjadi pada HAZ (Heat Affected Zone). HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan sehingga daerah ini menjadi daerah paling kritis dari sambungan las karena meningkatkan tegangan sisa (Reinaldy, 2020). Sehingga daerah HAZ (Heat Affected Zone) memiliki kekuatan material yang rendah akibat efek proses pengerjaan las dan mengakibatkan rata-rata pengujian tarik mengalami putus pada daerah HAZ (Heat Affected Zone).

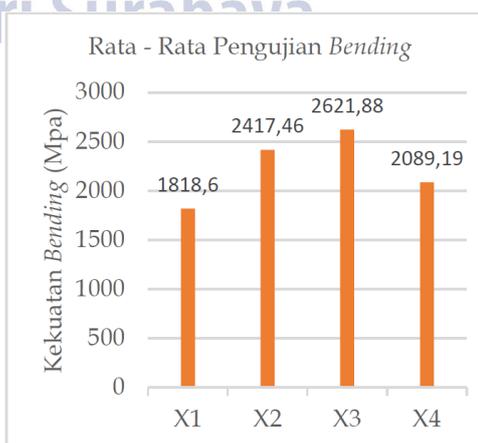
Selain itu penelitian (Awwaludin, 2023) yang berjudul “Analisa *Root Welding* FCAW Untuk Penggunaan *Backing Plate* Berbasis Semen dan Pasir Silika”. Dari hasil pengujian didapatkan komposisi yang hampir sempurna sesuai dengan pengujian pengelasan ,yaitu spesimen B3 dengan dengan campuran semen refractories 50% dan pasir 50% dan tambahan air 165 ml.

• **Hasil Uji Bending**

Setelah dilakukan pengujian bending, adapun data yang diperoleh dari hasil pengujian bending adalah nilai beban bending maksimum. Nilai ini digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan *bending* maksimum dengan rumus  $\sigma_b = \frac{3PL}{2.b.d^2}$  dan hasilnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Uji Kekuatan *Bending*

Spesimen	Lebar (b) (mm)	Tebal (d) (mm)	Panjang (L) (mm)	Beban Lengkung Max (P) (Kg)	Tegangan Bending Max (s = 3PL/2b.d <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata Tegangan Tarik Max (N/mm <sup>2</sup> )
X1 (semen 30% - pasir 70%)	1	20	10	150	1654,9	1814,6
	2	20	10	150	1657,8	1827,72
	3	20	10	150	1644,9	1813,5
X2 (semen 70% - pasir 30%)	1	20	10	150	2194,2	2419,91
	2	20	10	150	2188,4	2412,72
	3	20	10	150	2194,8	2419,76
X3 (semen 50% - pasir 50%)	1	20	10	150	2380,3	2624,28
	2	20	10	150	2371,4	2614,46
	3	20	10	150	2382,7	2626,92
X4 (semen 100% - pasir 0%)	1	20	10	150	1895,9	2090,22
	2	20	10	150	1889	2082,62
	3	20	10	150	1900	2094,75



Gambar 8. Grafik Rata-Rata Hasil Pengujian *Bending*

Pada grafik pengujian diatas didapatkan hasil nilai rata-rata yang didapatkan beserta hasil uji bending dari setiap variasi X1, X2, X3, dan X4. Pada pengujian uji bending variasi X1 mendapatkan nilai kekuatan Bending tertinggi sebesar 1827,72 Mpa dengan nilai rata-rata uji bending sebesar 1818,6 Mpa. Pada pengujian uji Bending variasi X2 mendapatkan nilai kekuatan bending tertinggi sebesar 2419,91 Mpa dengan nilai rata-rata uji Bending sebesar 2417,46 Mpa. Pada pengujian uji bending variasi X3 mendapatkan nilai kekuatan Bending tertinggi sebesar 2626,92 Mpa dengan nilai rata-rata uji Bending sebesar 2621,88 Mpa. Pada pengujian uji bending variasi X4 mendapatkan nilai kekuatan Bending tertinggi sebesar 2094,75 Mpa dengan nilai rata-rata uji Bending sebesar 2089,19 Mpa.

Berikut hasil uji *bending* variasi X1, X2 X3, dan X4:



**Gambar 9.** Hasil Pengujian *Bending* Variasi X1, X2, X3, dan X4

Uji bending bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya bending. Penelitian ini menggunakan jenis pengujian bending Three Point Bending (Root Bend Transversal Bending) yaitu pengujian bending yang menggunakan 2 tumpuan benda uji dan 1 penekan yang digunakan untuk mengukur nilai kekuatan bending maksimal yang bisa didapatkan.

Diketahui hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 2 memiliki rata-rata kekuatan bending yang berbeda-beda. Dari data hasil penelitian variasi bahan backing plate pengelasan FCAW (Flux-Cored Arc Welding) pada material baja ASTM A36 menggunakan variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) mendapatkan rata-rata pengujian bending sebesar 1818,6 Mpa, variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) mendapatkan nilai rata-rata pengujian bending sebesar 2417,46 Mpa, variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) mendapatkan nilai rata-rata pengujian bending sebesar 2621,88, dan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%) mendapatkan nilai rata-rata pengujian bending sebesar 2089,19 Mpa. Dapat diketahui dari keempat variasi bahan campuran backing plate tersebut nilai tertinggi pengujian bending dengan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%). Serta pada tabel 4.8 menunjukkan ada pengaruh yang signifikan untuk variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) dengan variasi X2 (semen 70% - pasir 30%), variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) dengan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%), variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) dengan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%), variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) dengan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%), variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) dengan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%), dan variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) dengan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%)

terhadap kekuatan bending pada material baja ASTM A36. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil data menggunakan pengujian T-test menggunakan software SPSS yang dijelaskan pada analisa hasil penelitian kekuatan tarik.

Berdasarkan hasil pengujian pada penelitian ini diketahui bahwa nilai kekuatan bending yang didapatkan cenderung naik. Semakin seimbang campuran bahan untuk backing plate semakin besar pula nilai kekuatan bending yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan backing dapat menahan lelehan logam cair dan membentuk weld metal lebih bagus dan kuat.

Nilai kekuatan bending variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) mempunyai nilai yang paling rendah dikarenakan backing plate nya terdapat lebih banyak pasir silika dibanding semen.

Menurut (AWS D1.1, Section 5.10) root weld atau fillet mungkin harus menggunakan backing oleh copper, flux, glass tape, ceramic, iron powder, atau bahan yang mirip untuk mencegah lelehan las. Campuran semen refractories dan pasir silika merupakan bahan yang tepat untuk menahan lelehan las, karena mengandung Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina) yang adalah oksida tahan api dengan biaya rendah, kekerasan superior, dan ketahanan tinggi terhadap oksidasi dan ketahanan pada temperatur tinggi (Advances in Ceramic-Matrix Composites, 2014), dan SiO<sub>2</sub> (silika) yang adalah keramik tahan terhadap temperatur tinggi yang banyak digunakan dalam industri baja dan gelas (Smallman. R. E & Bishop. R. J, 2000).

Menurut (Bakri et al., 2023) pasir silika mengandung SiO<sub>2</sub> sebesar 88,94%, KAISi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> sebesar 8,45% dan CaCO<sub>3</sub> sebesar 2,61%. Menurut (bentengapi.org, 2018) komposisi kimia pasir refractories mengandung Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 95%, dan SiO<sub>2</sub> sebesar 5%. SiO<sub>2</sub> yang tinggi yang menyebabkan pengerasan semen lambat sehingga panas/kalor yang dilepas rendah. Jadi semakin tinggi kandungan silika dalam semen suhu reaksi semakin rendah. Karena suhu dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan (strenght) dan kekakuan (stiffness) dari elemen-elemen atau sistem struktur (Darmawan & Anggraini, 2008).

Pengelasan dengan backing plate variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) cenderung menghasilkan pengelasan yang lebih kuat karena antara campuran bahan backing plate seimbang yang membuat backing plate mempunyai kekuatan yang lebih baik dalam menahan lelehan las lebih baik.

Selanjutnya dapat dilihat hasil uji bending dengan variasi X1 (semen 30% - pasir 70%), X2 (semen 70% - pasir 30%), X3 (semen 50% - pasir 50%), dan X4 (semen 100% - pasir 0%) menunjukkan tidak ada retak atau cacat pada hasil pengujian bending.

Selain itu penelitian (Awwaludin, 2023) yang berjudul "Analisa Root Welding FCAW Untuk Penggunaan Backing Plate Berbasis Semen dan Pasir Silika". Dari hasil pengujian didapatkan komposisi yang hampir sempurna sesuai dengan pengujian pengelasan ,yaitu spesimen B3 dengan dengan campuran semen refractories 50% dan pasir 50% dan tambahan air 165 ml.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan analisis data pengujian tarik dan *bending* pada material baja ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh variasi campuran bahan *backing plate* terhadap nilai kekuatan tarik pada baja ASTM A36, pada variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) memiliki nilai rata-rata uji tarik 408,43 N/mm<sup>2</sup>, variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) memiliki nilai rata-rata uji tarik 517,99 N/mm<sup>2</sup>, variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) memiliki nilai rata-rata uji tarik 576,48 N/mm<sup>2</sup>, dan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%) memiliki nilai rata-rata uji tarik 487,38 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa semakin seimbang campuran bahan *backing plate* yang digunakan terdapat pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik material. Variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) memberikan kekuatan tarik terbaik dibandingkan dengan variasi (semen 30% - pasir 70%), X2 (semen 70% - pasir 30%), dan X4 (semen 100% - pasir 0%).
- Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh variasi campuran bahan *backing plate* terhadap nilai kekuatan *bending* pada baja ASTM A36, pada variasi X1 (semen 30% - pasir 70%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* 1818,6 N/mm<sup>2</sup>, variasi X2 (semen 70% - pasir 30%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* 2417,46 N/mm<sup>2</sup>, variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* 2621,88 N/mm<sup>2</sup>, dan variasi X4 (semen 100% - pasir 0%) memiliki nilai rata-rata uji *bending* 2089,19 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa semakin seimbang campuran bahan *backing plate* yang digunakan terdapat pengaruh signifikan terhadap kekuatan *bending* material. Variasi X3 (semen 50% - pasir 50%) memberikan kekuatan *bending* terbaik dibandingkan dengan variasi (semen 30% - pasir 70%), X2 (semen 70% - pasir 30%), dan X4 (semen 100% - pasir 0%).

### Saran

Pada penelitian analisa *root welding* pengelasan FCAW (*Flux-Core Arc Welding*) dengan *backing plate* berbasis semen dan pasir silika terhadap kekuatan *bending* dan tarik saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

- Pada pengelasan lambung kapal disarankan menggunakan *backing plate* berbasis semen dan pasir silika dengan campuran (semen 50% - pasir 50%) agar menghasilkan sambungan las yang lebih kuat.
- Pada penelitian selanjutnya disarankan memvariasikan arus, variasi elektroda dan kampuh las sehingga dapat memperoleh hasil yang lebih maksimal untuk meningkatkan sifat mekanik dari material baja ASTM A36.
- Sebelum melanjutkan uji mekanik disarankan melakukan uji NDT (*Non Destructive Test*) pada hasil las.

- Jika ada *crack*/retak pada hasil las disarankan melakukan perbaikan las.
- Pada penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian kekerasan dan uji impact.

## DAFTAR PUSTAKA

- Advances in Ceramic-Matrix Composites*. (2014). <https://www.researchgate.net/publication/280627353>.
- ASTM E8. (n.d.). *Designation: E8/E8M – 13a Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials I*. [https://doi.org/10.1520/E0008\\_E0008M-13A](https://doi.org/10.1520/E0008_E0008M-13A).
- AWS D1.1.
- Awwaludin, M. I. (2023). Analisa *Root Welding* FCAW Untuk Penggunaan *Backing Plat* Berbasis Semen dan Pasir Silika.
- Bakri, S., Agung Abdullah, M., Idris Juradi, M., & Ratmi Nurhawaisyah, S. (2023). Studi Pemisahan SiO<sub>2</sub> Pada Pasir Silika Menggunakan Shaking Table. *Jurnal Inovasi Pertambangan Dan Lingkungan*, 3(2), 85–91. <https://doi.org/10.15408/jipl.v3i2.34225>.
- Bentengapi.com. (2019, April 4). *Semen Tahan Api*.
- Darmawan, A., & Anggraini, D. (2008). Pengaruh Substitusi Semen oleh Silika Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan dan Suhu Reaksi Semen Portland. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 11(1), 15–19. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/ksa>.
- Dora, R. S. P. (2011). Analisa Kekuatan Material SS400 Dengan Pengaruh *Preheat* dan PWHT.
- Fajar Primasatya, A. (2009). Pengukuran Besarnya Distorsi Angular dan Tegangan Sisa Pada Baja JIS G3101-SS 400 dengan Menggunakan Proses Pengelasan FCAW.
- Fauzi, M. H. (2018). Analisa Pengaruh *Root Gap* Pada Pengelasan Material Baja AH36 Dengan *Backing Ceramic*.
- Mauluvi, F., Antaqiya, A., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Proses *Preheating* Pada Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Mubarak, A. A. (2019). Kekuatan Batas Lambung Kapal Dalam Menahan Momen Lentur Vertikal. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 22(1), 56–61. <https://doi.org/10.25042/jpe.052018.10>
- Prof. Dr. Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*.
- Santos, T. F. A., Torres, E. A., Hermengildo, T. F. C., & Ramirez, A. J. (2014). *Development of Ceramic Backing for Friction Stir Welding and Processing*. *Soldagem e Inspecao*, 19(2), 104–113. <https://doi.org/10.1519/0104-9224/SI1902.02>

Smallman. R. E, & Bishop. R. J. (2000). *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material*.

Utomo, P., & IdnTimes.com. (2023, February 22). Kapal Tanker Pecah Lambung, 1.900 Ton Aspal Cemari Laut Nias Utara.  
<https://Sumut.Idntimes.Com/News/Sumut/Prayugo-Utomo-1/Kapal-Tanker-Pecah-Lambung-1900-Ton-Aspal-Cemari-Laut-Nias-Utara>.



**UNESA**

**Universitas Negeri Surabaya**