

ANALISA PENGARUH VARIASI KAMPUH TERHADAP PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST 37 MENGGUNAKAN PENGUJIAN ULTRASONIC TESTING (UT) DAN PENGUJIAN BENDING

Muhammad Charis Firman Fara Wangsa
Program Studi Teknik Mesin S-1 FTI- Institut Teknologi Nasional Malang
Email : muhammadcharisffw@gmail.com

ABSTRACT

Pengelasan merupakan proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Karena proses ini maka di daerah sekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi, dan tegangan-tegangan termal. Metode penelitian ini menggunakan dua pengujian yaitu pengujian kekuatan bending dan *ultrasonic testing*. Pengolahan data dilakukan menggunakan cara menulis hasil yang didapatkan dari eksperimen dimana hasil kuantitatif yang akan diolah dalam bentuk tabel dan grafik dan mendeskripsikan data yang telah diperoleh tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah di pahami. Hasil penelitian yang dilakukan pengujian *ultrasonic test* didapatkan hasil pengelasan terdapat 2 karateistik cacat las yaitu cacat crack dan cacat lack of fusion merupakan jenis cacat las yang banyak muncul pada pengujian *ultrasonic test* (UT) hal ini disebabkan karena penggabungan yang kurang sempurna antara logam lasan pada garis peleburan (*fusion line*). Dan untuk hasil pengujian pengujian kekuatan bending mendapatkan nilai tertinggi pada kampuh V dengan nilai rata-rata yang dihasilkan 238,028 Mpa. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan pengujian SEM-EDAX dapat diterapkan pada baja ST 37 hasil pengelasan agar mengetahui mekanisme patah yang lebih detail.

Kata kunci : SMAW, Variasi Kampuh, Baja ST 37, Pengujian NDT Ultrasonic Test (UT), dan Uji Bending.

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Karena proses ini maka di daerah sekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi, dan tegangan-tegangan termal (Zamrhoni 2011). Sebagai Teknik penyambungan logam pengelasan pada dasarnya merupakan ikatan metalurgi pada sambungan antar logam paduan yang dilaksanakan pada keadaan lumer atau cair maka teknik pengelasan mempunyai teknik keistimewaan dan keunggulan dibandingkan dengan sistem penyambungan logam yang lain seperti keeling (Okumura dan Wiryosumarto 1996).

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor yang mempengaruhi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda dan penggunaan jenis kampuh). Maka berdasarkan hal tersebut maka penulis akan melakukan penelitian tentang perbandingan kekuatan jenis sambungan pada kampuh pengelasan.

Kekuatan hasil sambungan las dipengaruhi oleh berbagai factor yang sangat beragam. Salah satunya karena perubahan struktur akibat dari proses pemanasan. Agar sambungan antara dua bagian logam memiliki mutu yang baik diperlukan suatu pengelasan yang tepat dan sambungan serta bentuk kampuh las yang sesuai dengan kegunaan dari hasil lasan tersebut. Parameter pada pengelasan SMAW meliputi kuat arus, tegangan listrik, polaritas listrik, dan sudut kampuh yang digunakan. Parameter inilah yang menjadikan dasar pemilihan yang tepat guna mendapatkan kualitas atau mutu sambungan yang baik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi kampuh terhadap uji *ultrasonic* dari hasil sambungan proses las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).

Untuk memastikan bahwa sambungan las bebas dari cacat, diperlukan pengujian non-destructive testing (NDT). Metode NDT ultrasonic adalah salah satu teknik yang sering digunakan untuk mendeteksi cacat pada sambungan las. Metode ini bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik pada sambungan las dan mengukur waktu pantulan gelombang dari permukaan las dan cacat di dalam las.

Namun, penggunaan metode NDT ultrasonic dalam pengelasan masih belum banyak dilakukan di Indonesia, terutama dalam sektor industri kecil dan menengah. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan keterampilan para ahli pengelasan, serta keterbatasan peralatan yang digunakan dalam proses NDT ultrasonic.

Oleh karena itu, penelitian skripsi tentang pengelasan dengan metode NDT ultrasonic menjadi penting untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan dalam proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengevaluasi efektivitas metode NDT ultrasonic dalam mendeteksi cacat pada sambungan las, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi untuk meningkatkan kualitas pengelasan di industri Indonesia, terutama di sektor industri kecil dan menengah.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan SMAW

Pengelasan (welding) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan kontinyu (Siswanto,2011). Menurut (Tarkno, 2012) perbedaan menggunakan jenis-jenis elektroda akan mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (elongation). Pada penelitian (Syahrini, 2013) melakukan variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan bending. Pengelasan sebagai metode penyambungan telah banyak digunakan untuk konstruksi bangunan aluminium dan konstruksi mesin. Metode pengelasan disamping digunakan untuk penyambungan juga digunakan untuk reparasi atau perbaikan misalnya membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian konstruksi yang aus. Metode pengelasan kelihatannya sederhana, tetapi didalamnya banyak masalah yang harus diatasi dengan pemecahan yang memerlukan pengetahuan. Pengetahuan ini harus didampingi dengan praktek perancangan sambungan konstruksi bangunan dan konstruksi mesin dengan las yang direncanakan cara pengelasan, bahan las dan jenis las yang digunakan, serta cara pemeriksaanya, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang. Berdasarkan definisi dari DIN (Deutsche Industrie Normen) las adalah ikatan-ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut las adalah sambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan tanpa tekanan dan tanpa logam dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi dan mesin sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sistem perpipaan, otomotif, kereta api dan sebagainya. Sambungan las banyak digunakan dengan pertimbangan bahwa konstruksi ringan, murah dan pengerjaan cepat (Harsono dkk, 1991).

B. Material Baja

Baja ST 37 banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekaan terhadap retak las. Baja 37 adalah baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 37 kg/mm² sampai 45 kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami material mengalami patah. Kekuatantarik yield (σ_y) baja harganya dibawa kekuatan tarik maksimum, baja pada batas kemampuan

yield merupakan titik awal dimana sifat awalnya mulai berubah dari elastis menjadi plastis, perubahan sifat material baja tersebut pada kondisi tertentu sangat membahayakan fungsi konstruksi mesin. Kemungkinan terburuk konstruksi mesin akan mengalami kerusakan ringan sampai serius. Kepekaan retak yang rendah cocok terhadap proses las, dan dapat digunakan untuk pengelasan plat tipis maupun plat tebal. Kualitas daerah hasil pengelasan lebih baik dari logam induk. Baja ST 37 yang setara dengan AISI (The American Iron & Steel Institute) dengan komposisi 0,5% Carbon, 0,8 % Mangan, dan 0,3 % Silikon dengan kekerasan ± 170 HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm². Adalah salah satu baja yang dihasilkan untuk pembuatan berbagai komponen permesinan. Untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis pada baja ST 37 maka diperlukan proses perlakuan panas (annealing). Melalui perlakuan sifat-sifat yang kurang menguntungkan pada logam dapat diperbaiki, tujuan perlakuan panas (annealing) adalah untuk memberikan sifat yang diinginkan dan untuk mengetahui struktur bahan akibat perlakuan panas (annealing). Baja ST37 yang digunakan adalah dalam golongan low carbon steel dengan komposisi kimia C = 0,12 %, Si = 0,10%, Mn = 0,50 %, S = 0,05 %, P = 0,04 %, Al = 0,02 %, Cu = 0,10, dan yang sisanya Fe.

C. Uji Ultrasonic Test

Ultrasonic Testing mempunyai prinsip kerja yaitu dimana gelombang ultrasonic ini disorotkan ke permukaan bidang yang sedang di uji dengan garis lurus pada kecepatan konstan, kemudian gelombang tersebut dipantulkan lagi dari permukaan atau cacat benda uji tersebut. Yang diperoleh gelombang suara tersebut akan ditampilkan pada layar monitor berupa tampilan pulsa untuk mendeteksi tebal serta cacat atau tidaknya benda uji tersebut

Secara umum tampilan pulsa pada layar monitor terdiri dari 4 bagian yaitu :

1. Initial Pulse, merupakan signal pulsa yang pasti akan muncul pada saat awal tampilan pengukuran yang terbaca dilayar monitor.
2. Defect Pulse, merupakan signal pulsa yang akan muncul sebagai indikasi adanya cacat pada material yang uji.
3. Backwall Pulse, signal pulsa yang menyatakan ketebalan bahan yang akan uji.
4. Noise Pulse, kumpulan pulsa-pulsa noise yang muncul pada bahan yang akan uji Gelombang Ultrasonik adalah gelombang mekanik seperti suara, yang frekuensinya lebih besar dari 20 kHz. Gelombang ini mempunyai besaran-besaran fisik seperti pada suara yakni panjang gelombang (λ), kecepatan rambat (v), waktu getar (T), amplitudo (A), frekuensi (f), fasa (Φ) dan sebagainya. Formula yang berlaku bagi gelombang suara berlaku pula bagi gelombang ultrasonik, misal:

$$\lambda = v/f \qquad s = v.t$$

$$\frac{\text{Sine I}}{\text{Sine R}} = \frac{\text{Vel in Material 1}}{\text{Vel in Material 2}}$$

Hukum seperti hamburan, difraksi, dispersi, dan hukum gelombang lainnya

berlaku pula bagi gelombang ultrasonik. Tetapi dalam bahasan selanjutnya diutamakan perhitungan tentang jarak, panjang gelombang, pantulan dan pembiasan.

Dalam perambatannya pada bahan yang sama, kecepatan, dan frekuensi dianggap tetap. Dalam perambatan pada berbagai bahan, frekuensi gelombang selalu dianggap tetap, sedangkan kecepatan rambat tergantung pada jenis bahan dan mode gelombang. Frekuensi yang sering digunakan untuk uji tanpa rusak umumnya antara 250 kHz-15MHz. Sedangkan pada pemeriksaan las digunakan frekuensi 2MHz-6MHz.

D. Uji Bending

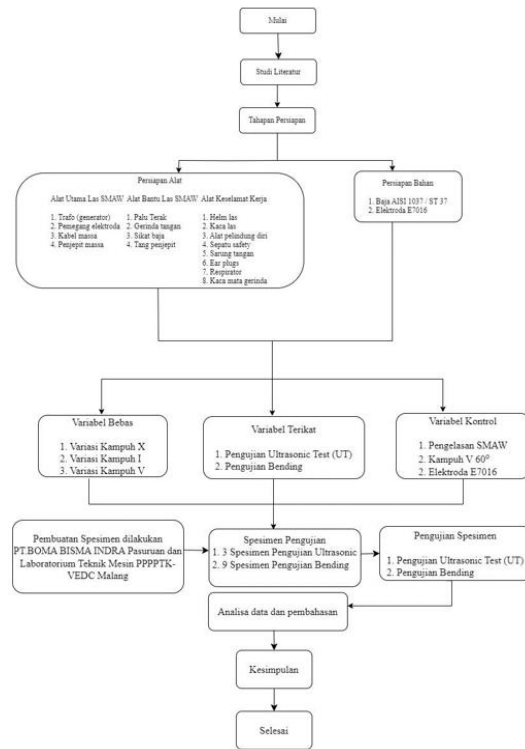
Uji bending adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan lengkung, atau bending, suatu bahan atau material. Alat ini biasanya terdiri dari beberapa bagian utama, seperti rangka, alat tekan, titik bending, dan alat ukur. Untuk mencegah kerusakan pada rangka selama pengujian bending, rangka harus memiliki kekuatan yang lebih besar dari alat tekan untuk menahan gaya balik yang terjadi. Saat melakukan pengujian, alat tekan memberikan gaya tekan pada benda uji. Alat tekan harus memiliki kekuatan yang lebih besar dari benda uji. Bending point menahan benda uji dan meneruskan gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Hasil pengujian dipengaruhi oleh panjang tumpuan point bending. Alat ukur digunakan untuk mengukur kekuatan tekan pada benda uji.

E. Metode Eksperimental

Eksperimen adalah metode penelitian ilmiah yang paling tepat dan teliti untuk melihat bagaimana satu variabel mempengaruhi variabel lain. Studi ini dapat menunjukkan hubungan antar variabel dan sebab-akibat. Dalam penelitian korelasional atau yang lain, peneliti hanya melihat kondisi saat ini dan mengukur apa yang terjadi pada variabel yang menjadi fokus penelitian. Dalam eksperimen, peneliti mengubah kondisi sehingga dapat diyakini bahwa perubahan kondisi mempengaruhi variabel yang menjadi fokus penelitian.

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

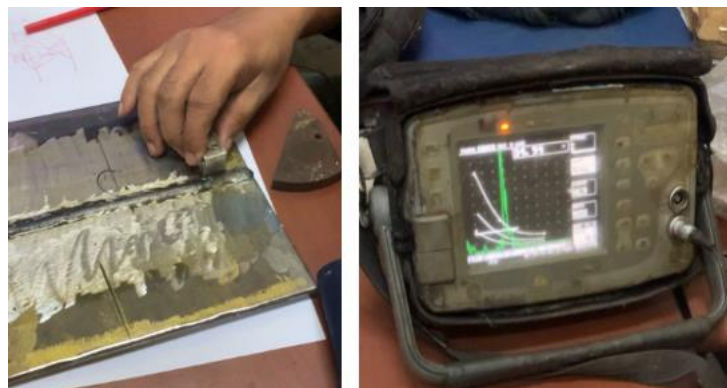
B. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari bulan Mei 2023 – Juni 2023. Pembuatan spesimen pengujian Ultrasonic Test dilaksanakan di PT. Boma Bisma Indra Pasuruan dan untuk pembuatan spesimen pengujian bending dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin PPPPTK-VEDC Malang. Pengujian Ultrasonic Test dilaksanakan di PT. Boma Bisma Indra Paasuruan dan Pengujian Bending dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Logam Program Studi Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang.

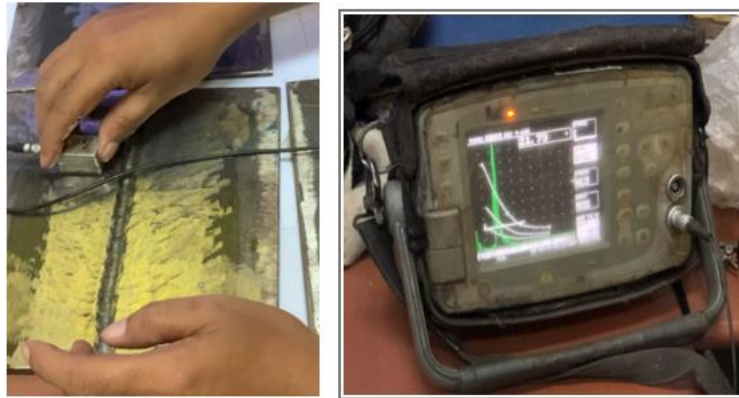
HASIL DAN PENELITIAN

A. Data Hasil Pengujian Ultrasonic Test

1. Hasil Pengujian Ultrasonic Test



Gambar 2. Proses Uji Ultrasonic Kampuh X



Gambar 3. Proses Uji Ultrasonic Kampuh I



Gambar 4. Proses Uji Ultrasonic Kampuh V

2. Data Pengujian Ultrasonic test pada lasan

Table 1. Data Hasil Waktu Pengujian Ultrasonic Test

No	Spesimen	Panjang lasan	Titik kerusakan	Kedalaman kerusakan	Type	Panjang Cacat
1	Kampuh X	200 mm	7-25 mm	2 mm	Planner	8 mm
2	Kampuh I	200 mm	4-20 mm	3 mm	Planner	5 mm
3	Kampuh v	200 mm	3-15 mm	2 mm	Planner	3 mm

B. Data Hasil Pengujian Kekuatan Bending

1. Data hasil perhitungan pengujian bending Three Points Bending

Table 2. Data Pengujian Three Points Bending Dengan Kampuh X

No	Variasi kampuh	Teg Max (kgf)	P (N)	L (mm)	b (mm)	t (mm)	Hasil (Mpa)
1	Kampuh X	2,708	265,573	40	20	6	221,310
2		2,6	254,982	40	20	6	212,464
3		2,708	265,573	40	20	6	221,310
Rata - rata							218,361

Table 3. Data Pengujian Three Points Bending Dengan Kampuh I

No	Variasi Arus	Teg Max (kgf)	P (N)	L (mm)	b (mm)	t (mm)	Hasil (Mpa)
1	Kampuh I	2,708	265,573	40	20	6	221,310
2		2,75	269,692	40	20	6	224,743
3		2,75	269,692	40	20	6	224,743
Rata - rata							223,598

Table 4. Data Pengujian Three Points Bending Dengan Kampuh V

No	Variasi Arus	Teg Max (kgf)	P (N)	L (mm)	b (mm)	t (mm)	Hasil (Mpa)
1	Kampuh V	2,91	285,383	40	20	6	237,819
2		2,95	289,306	40	20	6	241,088
3		2,87	281,951	40	20	6	234,959
Rata - rata							238,028

Perhitungan yang dipakai menggunakan rumus sebagai berikut:

perhitungan alas penampang (A) $A = l \times t$

Perhitungan Tekanan (p) $p = \frac{F}{A}$

perhitungan Hasil (Mpa) $\sigma_f = \frac{3pl}{2bd^2}$

C. Pembahasan Hasil Pengujian

1. Pembahasan Data Hasil Pengujian Ultrasonic

(1) Test Piece Kampuh X

Dari data pengujian *Ultrasonic Test* yang dilaksanakan di PT. BOMA BISMA INDRA, PASURUAN didapatkan hasil uji sebanyak 3 *test piece* dengan spesifikasi material AISI 1037/ST 37 dengan prosedur QP-22200-005-2 Rev : 0 dengan Applicable CODE : ASME V menurut data yang dikumpulkan dari pengujian dengan metode pengujian Ultrasonic Testing menggunakan Sonatest pada baja AIAI 1037/ST 37 Berdasarkan (Tabel 4.1) Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *ultrasonic test* didapat beberapa cacat didalam hasil pengelasan yang dibaca melalui gelombang *amplitudo (Grafic planner)* Adapun kemungkinan cacat yang terdapat pada material yang dilakukan *uji ultrasonic* adalah cracks dan yaitu cacat berupa retakan didalam hasil lasan dan lack of fusion yaitu cacat yang berupa tidak menyatunya hasil lasan dengan material. Adapun hal yang menyebabkan terjadinya crack dan lack of fusion adalah tegangan yang tidak stabil saat material mengalami penyusutan, kecepatan las yang terlalu lambat atau bisa juga terlalu cepat, pada hasil pengujian ultrasonic test didapat rata-rata Panjang cacat didalam hasil lasan sebesar 8 mm dengan kedalaman 2 mm.

(2) Test Piece Kampuh I

Dari data pengujian *Ultrasonic Test* yang dilaksanakan di PT. BOMA BISMA INDRA, PASURUAN didapatkan hasil uji sebanyak 3 *test piece* dengan spesifikasi material AISI 1037/ST 37 dengan prosedur QP-22200-005-2 Rev : 0 dengan Applicable CODE : ASME V menurut data yang dikumpulkan dari pengujian dengan metode pengujian Ultrasonic Testing menggunakan Sonatest pada baja AIAI 1037/ST 37 Berdasarkan (Tabel 4.1) Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *ultrasonic test* didapat beberapa cacat didalam hasil pengelasan yang dibaca melalui gelombang *amplitudo (Grafic planner)* Adapun kemungkinan cact yang terdapat pada material yang dilakukan *uji ultrasonic* adalah cracks dan yaitu cacat berupa retakan didalam hasil lasan dan lack of fusion yaitu cacat yang berupa tidak menyatunya hasil lasan dengan material. Adapun hal yang menyebabkan terjadinya crack dan lack of fusion adalah tegangan yang tidak stabil saat material mengalami penyusutan, kecepatan las yang terlalu lambat atau bisa juga terlalu cepat, pada hasil pengujian ultrasonic test didapat rata-rata Panjang cacat didalam hasil lasan sebesar 5 mm dengan kedalaman 3 mm.

(3) Test Piece Kampuh V

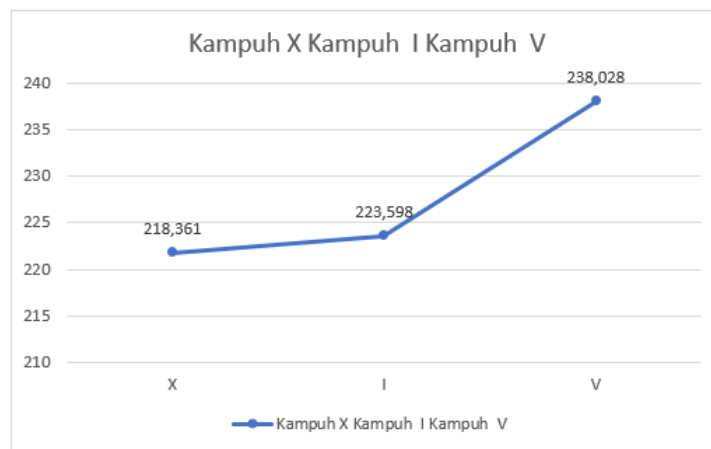
Dari data pengujian *Ultrasonic Test* yang dilaksanakan di PT. BOMA BISMA INDRA, PASURUAN didapatkan hasil uji sebanyak 3 *test piece* dengan spesifikasi material AISI 1037/ST 37 dengan prosedur QP-22200-005-2 Rev : 0 dengan Applicable CODE : ASME V menurut data yang dikumpulkan dari pengujian dengan metode pengujian Ultrasonic Testing menggunakan Sonatest pada baja AIAI 1037/ST 37 Berdasarkan (Tabel 4.1) Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *ultrasonic test* didapat beberapa cacat didalam hasil pengelasan yang dibaca melalui gelombang *amplitudo (Grafic planner)* Adapun kemungkinan cact yang terdapat pada material yang dilakukan *uji ultrasonic* adalah cracks dan yaitu cacat berupa retakan didalam hasil lasan dan lack of fusion yaitu cacat yang berupa tidak menyatunya hasil lasan dengan material. Adapun hal yang menyebabkan terjadinya crack dan lack of fusion adalah tegangan yang tidak stabil saat material mengalami penyusutan, kecepatan las yang terlalu lambat atau bisa juga terlalu cepat, pada hasil pengujian ultrasonic test didapat rata-rata Panjang cacat didalam hasil lasan sebesar 3 mm dengan kedalaman cacat 2 mm.

2. Pembahasan Data Hasil Uji Bending

1. Sampel uji dengan kampuh X didapatkan hasil perhitungan untuk sampel pertama sebesar 221,310 Mpa, sampel kedua sebesar 212,464 Mpa, dan pada sampel ketiga sebesar 221,310 Mpa. Setelah itu, nilai rata-rata diperoleh sebesar 218,361 Mpa.
2. Sampel uji dengan kampuh I didapatkan hasil perhitungan untuk sampel pertama sebesar 221,310 Mpa, sampel kedua sebesar 224,743 Mpa, dan pada sampel ketiga sebesar 224,743 Mpa. Setelah itu, nilai rata-rata diperoleh sebesar 223,598 Mpa.
3. Sampel uji dengan kampuh V didapatkan hasil perhitungan untuk sampel pertama sebesar 237,819 Mpa, sampel kedua sebesar 241,306 Mpa, dan pada sampel ketiga sebesar 234,959 Mpa. Setelah itu, nilai rata-rata diperoleh sebesar 238,028 Mpa.

D. Pembahasan Hasil Analisa Data

1. Pembahasan Hasil Analisa Data Uji Bending



Gambar 5. Hubungan Variasi Kampuh Terhadap nilai Kekuatan Bending

Berdasarkan Grafik di atas diketahui bahwa setiap variasi sudut kampuh memiliki nilai rata-rata yang cukup berbeda. Nilai rata-rata pada variasi sudut kampuh X dapat diketahui bahwa nilai rata-ratanya mencapai 218,361 MPa dengan nilai rata-rata paling rendah sedangkan pada kampuh I mengalami peningkatan dengan memiliki nilai rata-rata sebesar 223,596 MPa Pada kampuh V diketahui bahwa nilai rata-rata yang didapatkan sebesar 238,028 Mpa dengan nilai rata-rata paling tinggi. Dari analisis di atas maka bisa diketahui bahwa Kampuh memiliki pengaruh yang besar terhadap proses pengelasan. Pada pengelasan dengan variasi kampuh dapat diketahui bahwa nilai terbesar yang didapatkan yaitu pada variasi kampuh V.

KESIMPULAN

1. Cacat pada hasil pengelasan dengan sudut kampuh V lebih sedikit terjadinya dari pada hasil pengelasan dengan menggunakan sudut kampuh I dan kampuh X yang dilakukan dengan menggunakan metode *ultrasonic test*.
2. Nilai tertinggi dari hasil pengujian kekuatan bending yang terdapat pada kampuh V dengan nilai rata-rata 238,028 Mpa dan nilai terendah terdapat pada kampuh X dengan nilai rata-rata 218,361 Mpa.

SARAN

1. Menambahkan pengujian SEM-EDAX dapat diterapkan pada baja ST 37 hasil pengelasan agar mengetahui mekanisme patah yang lebih detail.
2. Pada penelitian selanjutnya sangat diharapkan untuk dapat mengembangkan metode penelitian dengan variasi yang berbeda agar tercipta penelitian yang baru.
3. Agar proses penelitian dapat berjalan dengan lancar dan tidak ada hambatan, maka Langkah awal survei jenis logam yang akan digunakan, tempat pengelasan, tempat proses pembentukanspesimen dan tempat dilakukanya pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asiri, M. H. (2021). Analisis Kekuatan Tarik dan Bending Dari Beberapa Jenis Kampuh V, X, I pada Pengelasan SMAW terhadap Baja Karbon Medium. *Journal of Technology Process*, 1(2), 22-32.

- [2] Amzamsyah, R., Kosjoko, K., & Umar, M. L. (2021). Pengaruh Variasi Kampuh dan Kuat Arus Pengelasan SMAW terhadap Kekuatan Bending pada Baja ASTM A36. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 5(2), 20-24.
- [3] Carsoni, C., & Ma'mun, H. (2021). PENGARUH VARIASI SUDUT KAMPUH DAN KUAT ARUS TERHADAP KEKUATAN DAN KEKERASAN ST 60 PADA PENGELASAN SMAW. *Device*, 11(1), 52-57.
- [4] Endramawan, T., & Sifa, A. (2017). Aplikasi Standar Aws Untuk Menentukan Acceptance Criteria Pada Pengelasan Smaw Menggunakan Nondestructive Test-Ultrasonic Test. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(2).
- [5] Hakim, Arif R., and Imran Imran. "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh terhadap Hasil Pengelasan SMAW pada Stainless Steel 304 Menggunakan Pengujian Ultrasonic dan Kekuatan Tarik." *Jurnal Polimesin*, vol. 18, no. 1, 27 Feb. 2020, pp. 30-38, doi:10.30811/jpl.v18i1.1057.
- [6] SUNDARI, W., & Harlin, H. (2022). *PENGARUH VARIASI JENIS KAMPUH DAN MEDIA PENDINGIN SAMBUNGAN PENGELASAN SMAW PADA BAJA ST 37 TERHADAP KEKUATAN UJI BENDING* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- [7] Suprijanto, D. (2013). Pengaruh bentuk kampuh terhadap kekuatan bending las sudut Smaw posisi mendatar pada baja karbon rendah. *ReTII*.
- [8] Sahal. (2019, April 20). *Penjelasan Patah Ulet , Patah Getas, Patag Lelah*. Sahal.my.id; Blogger. <https://www.sahal.my.id/2019/04/penjelasan-patah-uletpatah-getas-patah.html>
- [9] Sukarno , Asiri, M. H., & Mardin. (2022). Analisis Kekuatan Tarik dan Bending Dari Beberapa Jenis Kampuh V,X,I Pada Pengelasan SMAW terhadap Baja Karbon Medium. *Journal Of Technology Process*, II, 22-32
- [10] Suprijanto, D. (2013). Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Bending Las Sudut Smaw Posisi Mendatar Pada Baja Karbon Rendah. *Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi*, 91-96.
- [11] Sugiyono, 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta
- [12] Sandy, Y. A. P. (2019). *DETEKSI CACAT LAS MATERIAL BAJA SS400 MENGGUNAKAN NON DESTRUCTIVE TEST DENGAN METODE PENETRANT TESTING (PT) DAN ULTRASONIC TESTING (UT)* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- [13] Wibowo, T. N., Setiawan, K., & Sutrimo, W. (2018). Analisis Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Dan Foto Makro Pada Material Besi Cor Kelabu. *Intuisi Teknologi Dan Seni*, 10(2), 27-34
- [14] Yusup, (2020) *Posisi Pengelasan Berdasarkan ASME dan ISO - SLV.. SLV.* <https://slv.co.id/posisi-pengelasan/>.