



# Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Single V Terhadap Kekuatan Butt – Joint Dengan Las SMAW Pada Plat Baja A36

Jupri Yanda Zaira<sup>1,\*</sup>, Rahmat Azhari<sup>1</sup>, Amnur Akhyan<sup>c</sup>, Mustaza Ma'a<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin  
Jurusan Teknologi Industri  
Politeknik Caltex Riau  
Jl.Umban Sari No.13, Kec.  
Rumbai, Kota Pekanbaru, Riau  
28265

jupri@pcr.ac.id,  
rahmat20ms@mahasiswa.pcr.ac.id,  
akhyan@pcr.ac.id,  
mustaza@pcr.ac.id

## ABSTRAK

Pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) adalah suatu proses pengelasan busur listrik Manual, Pengelasan ini proses penyambungan dua atau lebih benda logam yang menggunakan energi panas untuk menggabung benda kerja dengan pengisian elektroda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut kampuh las sambungan single V butt joint posisi 1G plat berbahan baja A36. Pengelasan ini menggunakan elektroda E7016 diameter 3,2 mm. Sebelum benda kerja dilakukan penyambungan terlebih dahulu dilakukan raw material untuk mengetahui kekuatan tarik benda yang digunakan. Bakal benda kerja di buat dan dilakukan tack weld dengan variasi sudut kampuh (included angle) sebesar 60°, 65° dan 70°. Hasil benda kerja yang sudah dilas dilakukan Visual Test dan NDT Penetrant Test, dimana hasil benda kerja dipastikan bebas dari cacat las (Sesuai dengan standard TWI Acceptance Level). Hasil yang sudah bebas dari cacat las selanjutnya dilakukan pembentukan specimen uji dengan ukuran (uji tarik dan bending 200x20x10 mm, uji impact 55x10x10 mm sesuai standard ASTM E23). Dari specimen dilakukan pengujian tarik diperoleh hasil kekuatan tarik terbesar terjadi pada sudut kampuh 60° rata – rata sebesar 675,148 MPa, untuk pengujian bending diperoleh hasil kekuatan bending terbesar terjadi pada sudut kampuh 65° dengan rata – rata 8,86 kN, sedangkan untuk uji impact hasil terbesar terjadi pada sudut kampuh 70° rata – rata sebesar 2,24 J/mm<sup>2</sup>. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sudut kampuh pengelasan dapat mempengaruhi terhadap kekuatan mekanis sambungan.

**Kata kunci:** Baja A36, Las SMAW, Uji Tensile, Uji Bending, Uji Impact

## ABSTRACT

*Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is a manual arc welding process. This welding method joins two or more metal pieces using heat energy to fuse the workpieces with the electrode filler. This research aims to determine the effect of varying the bevel angle on a single V butt joint in the 1G position on A36 steel plates. The welding uses E7016 electrodes with a diameter of 3.2 mm. Before welding the workpieces, raw material testing is performed to determine the tensile strength of the materials used. The workpieces are prepared and tack welded with bevel angle variations (included angle) of 60°, 65°, and 70°. The welded workpieces undergo Visual Testing and NDT Penetrant Testing, ensuring they are free from welding defects (according to the TWI Acceptance Level standard). Workpieces that are defect-free are then formed into test specimens with dimensions (tensile and bending test specimens 200x20x10 mm, impact test specimens 55x10x10 mm according to ASTM E23 standard). Tensile testing of the specimens showed the highest tensile strength occurred at a bevel angle of 60°, with an average of 675.148 MPa. Bending tests showed the highest bending strength at a bevel angle of 65°, with an average of 8.86 kN, while impact tests showed the highest result at a bevel angle of 70°, with an average of 2.24 J/mm<sup>2</sup>. The study concludes that the bevel angle in welding can affect the mechanical strength of the joint.*

**Keywords:** A36 steel; SMAW Welding; Tensile Test; Bending Test; Impact Test

Corresponding Author:  
✉ Jupri Yanda Zaira  
Accepted on: 2024-12-24

## 1. PENDAHULUAN

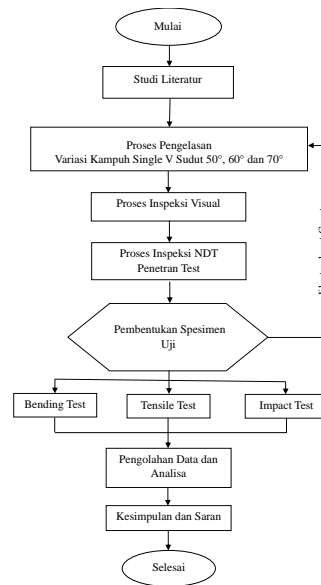
Berdasarkan definisi dari American Welding Society (AWS). Mendefinisikan pengelasan sebagai proses menyatukan dua atau lebih logam dengan menggunakan panas atau tekanan eksternal yang bertujuan menciptakan sambungan permanen yang kuat antara bahan yang dihubungkan, membentuk struktur yang lebih besar atau menyatukan komponen yang terpisah, proses pengelasan melibatkan terhadap melelehkan atau mengalirkan material yang akan disambung yang kemudian mendinginkan dan membentuk sambungan yang padat. Indonesia sebagai salah satu negara yang berkembang tidak lepas dari pembangunan disegala sektor, salah satunya adalah sektor konstruksi diharapkan menjadi negara yang pertumbuhan ekonomi dengan adanya pembangunan. Dikutip dari Artikel website [8] Kontribusi sektor konstruksi dalam perekonomian Indonesia berada pada urutan kelima yang dilihat dari persentase sektor konstruksi pada Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia sebesar 10,01 persen pada triwulan IV tahun 2022. Badan Pusat Statistik (BPS) memantau perkembangan konstruksi melalui Survei Perusahaan Konstruksi Triwulanan (SKTR) yang dilakukan terhadap perusahaan konstruksi skala menengah dan besar di Indonesia.

Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi secara umum adalah pengelasan dengan metode pengelasan menggunakan busur nyala logam terlindung yang biasa dikenal Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Metode pengelasan SMAW lebih banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, pengoperasiannya simpel, dapat menyambung dengan berbagai macam posisi pengelasan dan lebih efisien. [13]. Pada Hasil pengelasan (Shield Metal Arc Welding) SMAW terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya salah satunya pergerakan atau ayunan elektroda las juga dapat mempengaruhi karakteristik hasil lasan, pada sisi lain bentuk gerakan elektroda untuk pengelasan sering menjadi pilihan pribadi dari tukang las itu sendiri tanpa memperhatikan kekuatan lasnya. Untuk mengetahui bentuk gerakan elektroda yang menghasilkan sifat mekanik yang paling baik, perlu dilakukan penelitian dan pengujian. [7]. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengerjaan sambungan atau kekuatan konstruksi material dan peralatan, dan untuk meyakinkan bahwa hasil yang didapat mengacu pada standar dan spesifikasi yang dituju maka diadakanlah pengujian pada material tersebut. Pengujian dapat digolongkan sebagai berikut yaitu Non Destructive Test (NDT) atau pengujian tanpa merusak, Destructive Test (DT) pengujian dengan merusak [12].

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh [10]. Penelitian ini dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V pada Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Baja St 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impact”. Pada pengujian ini menggunakan kampuh double v-butt joint dengan variasi sudut. Kemudian dilakukan uji tarik dengan standar ASTM E8, uji tekuk dengan standar ASTM E19014, uji impak dengan standar ASTM E23 sebagai metode dalam penelitian. Melalui pengujian didapatkan nilai rata rata tegangan tarik paling besar yaitu 492.35 N/mm<sup>2</sup> pada sudut 60°. Tegangan tekuk didapatkan nilai rata rata paling besar 934.80 N/mm<sup>2</sup> pada sudut 50°. Kekuatan impak didapatkan nilai rata - rata paling besar yaitu 2.79 J/mm<sup>2</sup> untuk sudut 50°. Dari paparan atau uraian diatas penulis melihat sudut kampuh juga mempengaruhi nilai kekuatan single-v butt joint dengan jenis pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Disini pengujian akan melakukan pengujian dengan metode yang sesuai prosedur pengujian spesimen yang akan melalui proses inspeksi terdahulu agar terbebas dari cacat las atau yang mempengaruhi hasil uji nantinya yang bertujuan agar nilai yang didapat akurat dan dapat di bandingkan dengan hasil pengujian terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending dari setiap sudut kampuh single V, pengujian yang akan dilakukan untuk memverifikasi bahwa hasil pengelasan disetiap sudut kampuh single V memenuhi standart dan persyaratan yang ditetapkan.

## 2. METODE

Metodologi yang diterapkan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis pengaruh variasi posisi pengelasan terhadap kekuatan hasil las pada baja A36. Penelitian ini berbentuk eksperimen yang bertujuan mendeskripsikan perubahan kekuatan pada logam las dari tiga variasi sudut kampuh pengelasan, dengan tiga jenis pengujian (uji tarik, uji bending, dan uji impact). Setiap jenis pengujian menggunakan lima spesimen, sehingga total terdapat 45 data kekuatan yang diperoleh dari seluruh pengujian. Spesifikasi benda uji dan parameter yang digunakan adalah: (1) bahan yang digunakan adalah baja A36, (2) plat dengan dimensi 300mm x 200mm x 10mm, (3) elektroda yang digunakan adalah jenis E7016 dengan diameter 3,2 mm, (4) posisi pengelasan adalah 1G, (5) pengelasan dilakukan oleh juru las yang berpengalaman, (6) hasil pengelasan memiliki cacat minimal (telah melewati proses inspeksi) dan (7) pembentukan spesimen uji dilakukan menggunakan mesin milling cutter.



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

### 2.1 Pengujian Raw Material

Pada tahap ini penguji melakukan pengujian raw material guna untuk mengetahui bahan dasar yang akan di lakukan penelitian apakah telah memenuhi syarat terhadap spesifikasi kekuatan material tersebut. Proses pengujian sesuai dengan standart ASTM E8/E8M, Pengujian ini menggunakan plat baja bersertifikat ASTM A36 dengan luas penampang (12,8mm x 8mm) bentuk spesimen uji telah mengikuti standart tarik.

Adapun alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. Hacksaw Machine
2. Milling Machine
3. Universal Testing Machine
4. Jangka sorong
5. Spesimen uji tarik
6. Mistar baja
7. Spidol

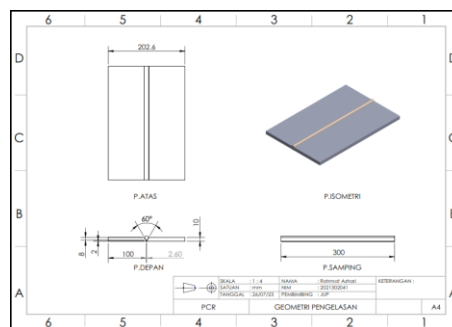
1) Persiapan Spesimen: Mempersiapkan spesimen yang akan diuji yang telah dibentuk sesuai standart yang telah ditentukan dimensi dan geometrinya. Menandai dengan jelas area identifikasi area ini memiliki panjang tertentu pada bagian tengah.

2) Pengaturan Alat Uji: Mempersiapkan dan mengecek mesin alat uji yang sesuai dengan spesifikasi sampel dan standar pengujian yang akan digunakan.

- 3) Pengukuran Dimensi Awal: Mengukur dan mencatat dimensi awal spesimen seperti panjang, lebar dan tebal.
- 4) Pemasangan Sampel: Memasang spesimen uji tarik pada cekaman atau grip pada mesin pastikan dipasang dengan kuat dan rapat.
- 5) Pengaturan Pengujian: Mengatur parameter pengujian seperti kecepatan pemuatan dan beban dengan kapasitas digunakan.
- 6) Pengujian: Memulai pengujian dengan menekan tombol penambahan beban pada sampel sehingga menambah gaya tarik dan mesin menyimpan data hasil uji material tersebut pada sistem.
- 7) Perekaman Data: Dalam pengujian yang sedang berlangsung catat data atau nilai yang keluar seperti beban dan perpanjangan bahan uji dan waktu data – data tersebut akan dibuat grafik regangan yang terjadi.
- 8) Pemutusan Sampel: Pengujian akan terus berlanjut hingga sampel mengalami kegagalan, seperti patah atau rekahan. Catat beban saat sampel mengalami kegagalan.
- 9) Analisis Data: Setelah pengujian selesai, analisis data yang telah tercatat untuk menghitung sifat-sifat mekanis material, seperti tegangan maksimum, regangan maksimum, modulus elastisitas, dll.
- 10) Pelaporan Hasil: Buat laporan hasil pengujian yang mencakup semua data yang diperoleh selama uji tarik, termasuk kurva tegangan-regangan dan sifat-sifat mekanis material. Setelah mendapatkan hasil data aktual dari pengujian tersebut akan di analisa kesesuaiannya dengan data teoritis dari spesifikasi Baja A36 pada tabel klasifikasi tegangan tarik yang telah tersedia.

## 2.2 Pengelasan

Dalam proses pengelasan berawal dari pembuatan bevel pada plat bakal las, Selanjutnya dilakukan pengelasan dengan menggunakan las SMAW butt – joint plat baja karbon rendah A36 ketebalan 10mm. Pengelasan dilakukan dengan 3 variasi sudut kampuh 60°, 65° dan 70°. Proses ini dilakukan pada workshop Mesin dan laboratorium las Politeknik Caltex Riau.



**Gambar 2 Desain Pengelasan**

Dalam perancangan spesimen pengelasan SMAW memiliki standar yang telah ditentukan berikut rancangan spesimen yang telah diperhitungkan menggunakan Single V Groove.

- a) Proses pengelasan : SMAW
- b) *Root gap* : 2,6 mm
- c) *Root face* : 2 mm
- d) Ketinggian kampuh (*t*) : 8 mm
- e) Panjang pengelasan (*L*) : 300 mm
- f) Elektroda : E7016
- g) Posisi Pengelasan : 1G
- h) Sudut Kampuh : 60°, 65° dan 70°

## 2.3 Inspeksi Visual

Ditahap Inspeksi visual (Visual Test) berguna untuk memeriksa hasil pengelasan apakah memenuhi syarat yang ditentukan sebelum melakukan pengujian Destruktif. Penelitian ini standart yang digunakan menggunakan standar ISO 17637, 2016.

Peralatan yang digunakan dalam proses inspeksi visual mencakup:

- 1) Welding Gauge
- 2) Flexible tape.
- 3) Penggaris besi/plastik.
- 4) Vernier Caliper (ISO 3599).
- 5) Lux Meter.
- 6) Lup (ISO 3058).
- 7) Senter.

#### 2.4 Penetrant Test

PT adalah salah satu metode pengujian NDT yang pengujiannya tanpa menggunakan alat bantu elektronik ataupun semacamnya namun menggunakan media chemical penetrant dan developer.



**Gambar 3 Spesimen Uji Pentrant**

Ada tiga jenis cairan yang digunakan pada Penetrant test yaitu :

##### 1. *Cleaner:*

Cairan cleaner digunakan untuk membersihkan permukaan benda uji sebelum pengujian penetrant. Kegunaan utamanya adalah untuk menghilangkan kotoran, minyak, debu, dan kontaminan lain yang dapat mengganggu hasil pengujian. Permukaan yang bersih memungkinkan penetrant dan developer bekerja lebih efektif.

##### 2. *Penetrant:*

Cairan penetrant adalah zat berwarna cerah yang digunakan untuk mengidentifikasi retakan atau cacat permukaan pada benda uji. Cairan ini dibiarkan meresap ke dalam retakan yang mungkin ada dalam material. Setelah waktu tertentu, kelebihan penetrant dihapus dari permukaan, dan retakan yang ada akan menonjol dengan warna penetrant yang berbeda, memungkinkan inspektur untuk mengidentifikasinya

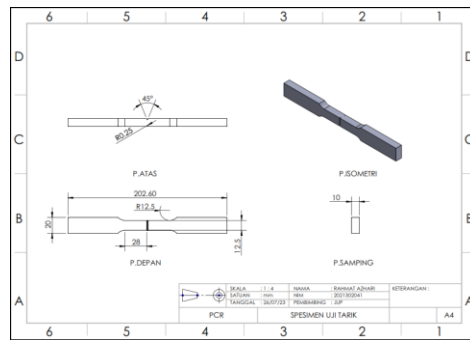
##### 3. *Developer:*

Cairan developer digunakan setelah proses penetrant. Cairan ini biasanya berbentuk serbuk putih atau cairan yang diaplikasikan ke permukaan benda uji setelah penetrant dihapus. Developer membantu menarik penetrant yang telah masuk ke dalam retakan ke permukaan, membuat retakan lebih terlihat. Hal ini mempermudah inspektur dalam mengidentifikasi dan mengevaluasi cacat atau retakan yang ada.

#### 2.5 Pengujian Destruktif

##### 1. Pengujian Tensile

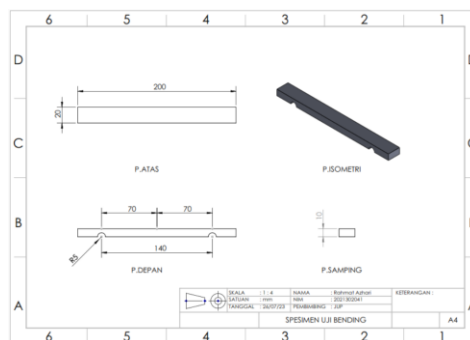
Pada pengujian tensile ini benda spesimen memiliki spesifikasi dimensi yang telah ditentukan disini peneliti telah membuat gambar spesimen yang menggunakan standar ASTM E8/E8M.



**Gambar 4.** Spesimen Uji Bending

## 2. Pengujian Bending

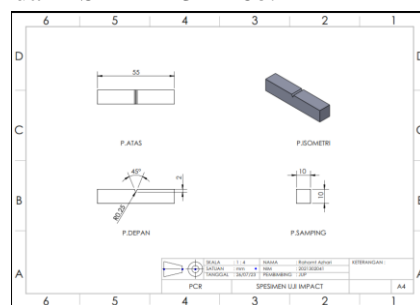
Pada pengujian Bending ini benda spesimen memiliki spesifikasi dimensi yang telah ditentukan disini peneliti telah membuat gambar spesimen yang menggunakan standar ASTM E290 - 22, 2022.



**Gambar 5.** Spesimen Uji Bending

## 3. Pengujian Impact

Pada pengujian impact ini benda spesimen memiliki spesifikasi dimensi yang telah ditentukan disini kami telah membuat gambar spesimen yang telah mengikuti standar ASTM E23 – 16b.



**Gambar 6.** Spesimen Uji Bending

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Non Destructive

Pada pengujian non destructive yang dilakukan adalah visual test dan penetrant test yang bertujuan sebagai mendeteksi suata cacat yang terdapat pada hasil sambungan pengelasan, adapun cacat las yang teridentifikasi sebagai beriku.

1) Cacat las yang didapat pada hasil pengelasan dengan variabel single v butt-joint dengan sudut kampuh 60° yang teridentifikasi yaitu lack of root atau disebut kekurangan pada fusi akar sepanjang 4 mm pada satu sisi.

2) Cacat las yang didapat pada hasil butt joint single v sudut 65° yang teridentifikasi yaitu lack of penetration pada capping sepanjang 6mm selain itu pada satu lokasi lack of root penetration atau kekurangan fusi akar berukuran 4 mm.

3) Pada hasil pengelasan sudut kampuh 70° cacat yang teridentifikasi yaitu Excess Weld Metal atau kelebihan tinggi penetration 2 mm dan Porosity 3 titik berdekatan diameter 1 mm pada Capping sepanjang 6 mm dan juga Mechanical damage akibat proses penggrindaan sepanjang 166 mm dan 245 mm yang tidak terlalu dalam.

#### 3.2 Hasil Pengujian Tensile

Pengujian tarik dilakukan pada workshop mechanical Politeknik Caltex Riau menggunakan universal testing machine, pengujian ini menggunakan standart uji tarik ASTM E8/E8M.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Tensile

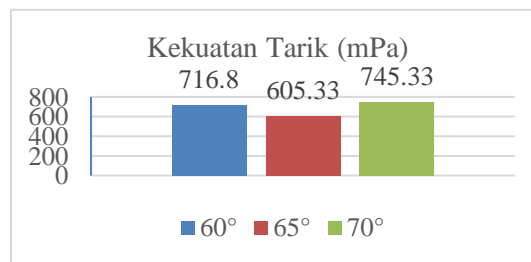
Sudut Kampuh	Spesimen	T0 (mm)	P0 (mm)	L0 (mm)	T1 (mm)	P1 (mm)	L1 (mm)	F Max (kN)
60°	1	200	6	12,5	211	5,2	10,7	54,98
	2	200	6	12,5	210	5,7	10,7	55,70
	3	200	6	12,5	211	5,2	10,2	52,84
	4	200	6	12,5	218	5,8	10	51,32
	5	200	6	12,5	210	5,8	10,5	51,24
Rata - Rata								<b>53,21</b>
65°	1	200	6	12,5	214	5	10,4	53,80
	2	200	6	12,5	213	5,6	10,3	49,84
	3	200	6	12,5	214	5,2	10,7	54,82
	4	200	6	12,5	211	5,7	10,7	51,98
	5	200	6	12,5	213	5,5	10,5	50,86
Rata - Rata								<b>52,26</b>
70°	1	200	6	12,5	210	6	11	41,88
	2	200	6	12,5	212	5,8	11	52,38
	3	200	6	12,5	220	6	9	58,84
	4	200	6	12,5	216	5,5	10	52,18
	5	200	6	12,5	211	6	9	50,04
Rata - Rata								<b>51,06</b>

#### 1) Perbandingan antar Variabel

*Tabel 2 Analisa Data Uji Tensile*

Variabel Sudut Kampuh	Spesimen	sT (Tegangan Tarik) (mPa)	e (Regangan) (mm)	E (Elastisitas) (N/mm)
	1	733.07	0.055	13328.545

60°	2	742.67	0.050	14853.400
	3	532.53	0.055	9682.364
	4	684.27	0.090	7603.000
	5	683.2	0.050	13664.000
	<b>Rata - Rata</b>	<b>675.148</b>	<b>0.060</b>	<b>11826.262</b>
65°	1	717.33	0.070	10247.571
	2	535.73	0.065	8242.000
	3	620.53	0.070	8864.714
	4	580.27	0.055	10550.364
	5	570.4	0.065	8775.385
<b>Rata - Rata</b>	<b>604.852</b>	<b>0.065</b>	<b>9336.007</b>	
70°	1	558.4	0.050	11168.000
	2	698.4	0.060	11640.000
	3	600.8	0.100	6008.000
	4	695.73	0.080	8696.625
	5	545.87	0.055	9924.909
<b>Rata - Rata</b>	<b>619.84</b>	<b>0.069</b>	<b>9487.507</b>	

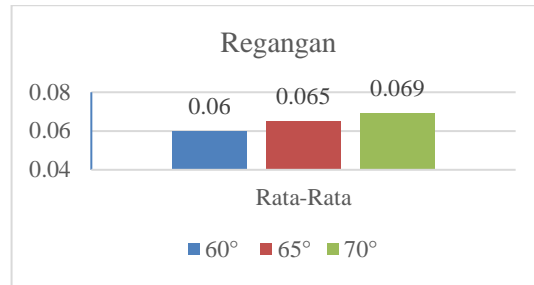


**Gambar 7.** Grafik Kekuatan Tarik

Grafik yang ditampilkan membandingkan kekuatan tarik (Mpa) pada sudut-sudut 60°, 65°, dan 70°. Data ini memperbandingkan nilai teoritis dengan data kekuatan tarik aktual yang diukur pada sudut-sudut tersebut. Pada sudut 60°, kekuatan tarik yang diukur adalah 716,8 Mpa, melebihi nilai teoritis sebesar 650 Mpa. Hal ini menunjukkan peningkatan sebesar 66,8 Mpa atau sekitar 10,3% dari nilai yang diharapkan. Sementara pada sudut 65°, kekuatan tarik yang diukur adalah 605,33 Mpa, lebih rendah dari nilai teoritis 650 Mpa. Penurunan sebesar 44,67 Mpa atau sekitar 6,9% menunjukkan performa material yang lebih rendah pada sudut ini. Sedangkan pada sudut 70°, kekuatan tarik yang diukur adalah 745,33 Mpa, melebihi nilai teoritis 650 Mpa. Peningkatan sebesar 95,33 Mpa atau sekitar 14,7% menunjukkan performa material yang lebih tinggi dari yang diharapkan. Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa kekuatan tarik aktual pada sudut 60° dan 70° lebih tinggi dari nilai teoritis, sementara pada sudut 65°, nilai aktual lebih rendah. Hal ini menunjukkan variasi performa material tergantung pada sudut, namun secara umum menunjukkan kualitas dan keandalan menguntungkan bagi aplikasi yang memerlukan kekuatan tarik lebih tinggi dari standar yang diharapkan pada sudut-sudut tersebut

2) Perbandingan Regangan antar variabel

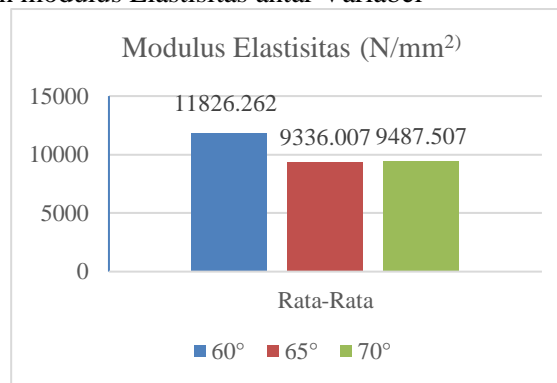




**Gambar 7.** Grafik Regangan Rata - Rata

Regangan pada sudut 60° adalah 0,06, pada sudut 65° adalah 0,065, dan pada sudut 70° adalah 0,069. Ketika dibandingkan, selisih nilai regangan antara sudut 60° dan 65° adalah 0,005, dengan perbedaan persentase sekitar 8,33%. Selisih nilai regangan antara sudut 60° dan 70° adalah 0,009, menunjukkan bahwa regangan pada sudut 60° lebih kecil dibandingkan dengan sudut 70°, dengan perbedaan persentase sekitar 15%. Selain itu, selisih nilai regangan antara sudut 65° dan 70° adalah 0,004, menunjukkan bahwa regangan pada sudut 65° lebih kecil dibandingkan dengan sudut 70°, dengan perbedaan persentase sekitar 6,15%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa regangan pada sudut 60° sedikit lebih kecil dibandingkan dengan sudut 65°, namun lebih kecil lagi dibandingkan dengan sudut 70°. Meskipun perbedaan nilai regangan ini tampak kecil secara absolut, perbedaan persentasenya cukup signifikan terutama antara sudut 60° dan 70°. Ini menunjukkan bahwa material memiliki regangan yang lebih besar pada sudut 70°, sedangkan sudut 60° memiliki regangan yang paling kecil di antara ketiga sudut tersebut

### 3) Perbandingan modulus Elastisitas antar Variabel



**Gambar 8.** Grafik Modulus Elastisitas

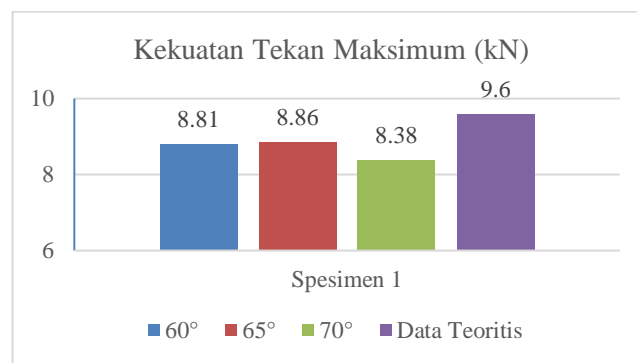
Berdasarkan data hasil pengujian yang disajikan, nilai modulus elastisitas pada sudut 60° adalah 11826,262 N/mm<sup>2</sup>. Ini menunjukkan bahwa material pada sudut 60° memiliki kekakuan yang cukup tinggi, yang berarti mampu menahan deformasi signifikan ketika diberikan tegangan. Pada sudut 65°, nilai modulus elastisitas adalah 9336,007 N/mm<sup>2</sup>. Ini menunjukkan bahwa material pada sudut 65° memiliki kekakuan yang lebih rendah dibandingkan sudut 60°, sehingga akan mengalami deformasi yang lebih besar di bawah tegangan. Pada sudut 70°, nilai modulus elastisitas adalah 9487,507 N/mm<sup>2</sup>. Ini menunjukkan bahwa material pada sudut 70° memiliki kekakuan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan sudut 65°, tetapi tetap lebih rendah dibandingkan sudut 60°. Ini berarti material pada sudut 70° akan mengalami deformasi yang lebih sedikit dibandingkan sudut 65°, tetapi lebih besar dibandingkan sudut 60°. Secara keseluruhan, material pada sudut 60° memiliki kekakuan tertinggi di antara ketiga sudut, sehingga akan

mengalami deformasi paling sedikit di bawah tegangan. Material pada sudut  $65^\circ$  memiliki kekakuan terendah, yang berarti akan mengalami deformasi paling besar. Sementara itu, material pada sudut  $70^\circ$  menunjukkan kekakuan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan sudut  $65^\circ$ , namun tetap lebih rendah dibandingkan sudut  $60^\circ$ . Ini menunjukkan variasi dalam kekakuan material tergantung pada sudutnya, yang dapat mempengaruhi stabilitas struktural dan kekuatan material dalam aplikasi tertentu.

### 3.3 Hasil Pengujian Bending

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Bending

Variabel Sudut Kampuh	Spesimen	Beban Maksimum (kN)	Kekuatan Bending (mPa)
$60^\circ$	1	9,1	45,5
	2	9	45
	3	8,82	44,1
	4	8,76	43,8
	5	8,4	42
<b>Rata-Rata</b>		<b>8,81</b>	<b>44,08</b>
$65^\circ$	1	8,84	44,2
	2	8,7	43,5
	3	8,9	44,5
	4	8,82	44,1
	5	9,06	45,3
<b>Rata-Rata</b>		<b>8,86</b>	<b>44,32</b>
$70^\circ$	1	8,46	42,3
	2	8,38	41,9
	3	8,4	42
	4	8,64	43,2
	5	8,02	40,1
<b>Rata-Rata</b>		<b>8,38</b>	<b>41,9</b>



**Gambar 9.** Grafik Tekan Maksimum

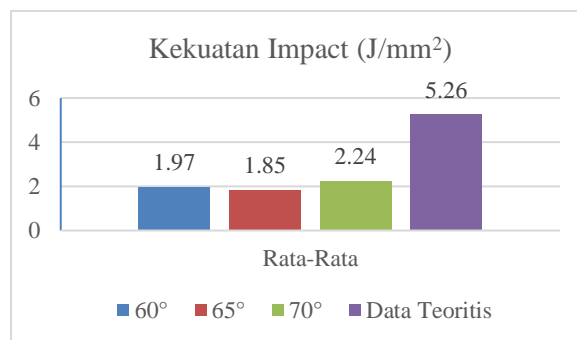
Berdasarkan data hasil perhitungan teoritis sebelumnya, menunjukkan bahwa beban maksimum bending yang diharapkan adalah sebesar 9,6 kN. Grafik yang ditampilkan menunjukkan data beban tekan maksimum (kN) dari tiga jenis elektroda berdasarkan pengujian bending: untuk sudut  $60^\circ$  dengan nilai 8,81 kN, sudut  $65^\circ$  dengan nilai 8,86 kN, dan sudut  $70^\circ$  dengan nilai 8,38 kN. Ketiga nilai ini dibandingkan dengan data teoritis sebesar 9,6 kN. Dari perbandingan ini, untuk sudut  $60^\circ$  memiliki selisih 0,79 kN, menunjukkan performa yang 8,2% lebih rendah dari nilai teoritis. Sudut  $65^\circ$  memiliki selisih 0,74 kN, dengan performa 7,7% lebih rendah dari nilai

teoritis. Sudut 70° menunjukkan selisih 1,22 kN, dengan performa 12,7% lebih rendah dari nilai teoritis. Dalam perbandingan antar sudut, sudut 65° unggul dengan nilai beban tekan tertinggi, 0,05 kN lebih tinggi dari sudut 60° dan 0,48 kN lebih tinggi dari sudut 70°. Sudut 60° sendiri 0,43 kN lebih tinggi dari sudut 70°.

3.4 Hasil Pengujian Impact

**Tabel 4.** Kekuatan Impact

Variabel Sudut Kampuh	Spesimen	Kekuatan Impact (J/mm <sup>2</sup> )
60°	1	1.4
	2	2.08
	3	2.5
	4	1.96
	5	1.9
<b>Rata-Rata</b>		<b>1.97</b>
65°	1	2.62
	2	1.7
	3	1.73
	4	1.1
	5	2.12
<b>Rata-Rata</b>		<b>1.85</b>
70°	1	2.68
	2	1.9
	3	2.9
	4	1.98
	5	1.76
<b>Rata - Rata</b>		<b>2.24</b>



**Gambar 10.** Grafik Kekuatan Impact

Data tersebut menggambarkan kekuatan impact dari tiga sudut kampuh yang berbeda: 60°, 65°, dan 70°. Kekuatan impact pada sudut kampuh 60° adalah 1,97 J/mm<sup>2</sup>, pada sudut kampuh 65° adalah 1,85 J/mm<sup>2</sup>, dan pada sudut kampuh 70° adalah 2,24 J/mm<sup>2</sup>. Sementara itu, data teoritis menunjukkan kekuatan impact sebesar 5,26 J/mm<sup>2</sup>. Dari data tersebut, terlihat bahwa kekuatan impact pada sudut kampuh 60° lebih tinggi dari pada sudut kampuh 65°, tetapi lebih rendah dari pada sudut kampuh 70°. Perbedaan antara data eksperimen dan teoritis menunjukkan bahwa sudut kampuh 60° memiliki selisih sebesar -0,16 J/mm<sup>2</sup>, sudut kampuh 65° memiliki selisih sebesar -0,28 J/mm<sup>2</sup>, dan sudut kampuh 70° memiliki selisih sebesar 0,11 J/mm<sup>2</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa sudut kampuh 60°, 65° dan 70° berada di bawah nilai teoritis.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pada pengujian raw material, Beban maksimum rata-rata sebesar 48,23 kN dan kuat tarik sebesar 385.824 mPa ditentukan dari lima pengujian yang dilakukan pada baja karbon rendah A37 dengan luas penampang 125 mm<sup>2</sup>.
- 2) Pemeriksaan atau inspeksi cacat las, Pada proses pemeriksaan sambungan las SMAW pada Sudut kampuh 60°, 65° dan 70° ditemukan jenis cacat las yang sama, antara lain porositas, kelebihan logam las, penetrasi, kurangnya penetrasi root, dan kurangnya penetrasi root. Ketidaksejajaran. Dalam pemeriksaan cacat las penetrant tidak ditemukan cacat las yang diizinkan pada standart TWI.
- 3) Pada uji tensile, Dari ketiga sudut kampuh yang diuji, Sudut kampuh 60° mempunyai nilai kuat tarik tertinggi sebesar 675,148 mPa, beban puncak tertinggi sebesar 53,21 kN, elongasi tertinggi sebesar 0.060 mm, dan modulus elastisitas tertinggi sebesar 11826,262 N/mm. Penulis menyimpulkan bahwa sudut kampuh 60° mempunyai nilai kuat tarik paling tinggi.
- 4) Pada uji bending, Di antara tiga variabel pengelasan yang diuji, Sudut kampuh 65° mempunyai nilai kuat lentur tertinggi sebesar 44,32 mPa, dan beban maksimum sebesar 8,86 kN. Dapat disimpulkan bahwa sudut kampuh 65° mempunyai nilai kuat lentur paling tinggi.
- 5) Pada uji impact, diantara ketiga sudut kampuh yang diuji, Sudut kampuh 70° mempunyai nilai kekuatan impak sambungan yang paling tinggi yaitu sebesar 2,24 J/mm<sup>2</sup>, sehingga dapat disimpulkan bahwa sudut kampuh 70° mempunyai nilai kekuatan impact sambungan yang paling tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Welding Society (AWS) A3.0. (2010).
- [2] ASTM A 36/A 36M-19. (2019). *Standart Specification for Carbon Structural Steel*.
- [3] ASTM E23 - 16b. (2016). *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*.
- [4] ASTM E290 - 22 . (2022). *Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility*. West Conshohocken: ASTM International.
- [5] ASTM E290 - 22. (2022). *Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility*. West Conshohocken: 100 Barr Harbor Drive.
- [6] ASTM E8/E8M. (2013). *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*.
- [7] Duniawan, A. (2015). Pengaruh Gerak Elektroda Dan Posisi Pengelasan Terhadap Uji Kekerasan Dari Hasil Las Baja Ssc 41.
- [8] Indonesia, BPS - Statistics. (2023, Mei 18). Retrieved from indikator-konstruksi-triwulanan-iv-2022.html.
- [9] ISO 17637. (2016). *Non-destructive testing of welds — Visual testing of fusion-welded joints*. Switzerland: ISO.

- [10] Malyano, G. D. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V Pada Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Baja St 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impact. 1.
- [11] Meryanalinda. (2021). Analisis Variasi Sudut Kampuh V Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Baja ASTM A36. 1.
- [12] Widharto, S. (2013). *Welding Inspector*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [13] Wiryosumarto, H., & Okumura, T. (2020). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.