

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengelasan

Pengelasan sudah di temukan sejak zaman prasejarah dengan metode penyambungan dua buah jenis logam. Pengelasan semakin berkembang setelah perang dunia ke II terjadi, dimana Amerika menerapkan pengelasan dengan menggunakan listrik. Pengelasan ini mempercepat produksi suatu benda. Semakin berkembangnya zaman mulai di temukan metode las terbaru mulai dari las busur, las resistance listrik, las gas, las termit dan lain – lain.

Dalam dunia industri penggunaan pengelasan sangat luas, mulai dari industri kesehatan, makanan, konstruksi darat, konstruksi laut dan udara. Dalam industri laut penggunaan pengelasan sangat luas, mulai dari kebutuhan untuk industri perkapalan sampai ke industri penunjang konstruksi bangunan laut.

Dalam pekerjaan pengelasan terdapat beberapa prosedur yang harus di jalani mulai dari keamanan pekerjaan sampai persyaratan pekerjaan pengelasan, hal ini di maksudkan agar pekerjaan tetap aman dan mendapatkan hasil pengelasan yang baik dan mumpuni. Untuk itu di perlukan ketrampilan dan pengetahuan dalam melakukan pengelasan agar di dapatkan pengelasan yang baik dan kekuatan sambungan yang mumpuni.

#### 2.1.1 Definisi Pengelasan

Untuk memahami tentang pengelasan, penulis mengkaji beberapa tinjauan pustaka dan dasar teori. Di tunjukkan sebagai berikut :

- Wiryosumarto (2000), pengelasan adalah metode penyambungan beberapa logam dengan menggunakan energi panas.
- Berdasarkan DIN ( *Deutsche Industrie Normen* ) las adalah sebuah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang di lakukan dalam keadaan lumer.

- Suratman (2001), mengelas yaitu salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas.
- *American Welding Society* (AWS) pengelasan adalah proses penyambungan yang menghasilkan gabungan dari material dengan cara memanaskan material pada suhu pengelasan dengan atau tanpa di tambahkan dengan tekanan dan dengan atau tanpa di tambahkan logam pengisi.

### 2.1.2 Klasifikasi Pengelasan

Dalam klasifikasi pengelasan yang di bedakan adalah cara kerja. Proses pengelasan dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu :

#### 1. Pengelasan Cair

Pengelasan ini dilakukan dengan cara memanaskan sambungan sampai mencair dengan sumber panas listrik atau api gas yang di bakar.

#### 2. Pematrian

Pengelasan dengan cara penyambungan yang di satukan dengan menggunakan paduan logam lain. Logam utama yang akan di patri tidak akan ikut mencair.

#### 3. Pengelasan Tekan

Pengelasan dengan cara logam di panaskan lalu di tekan hingga menjadi satu.

### 2.1.3 Parameter Pengelasan

Agar mendapatkan pengelasan yang baik terdapat beberapa parameter yang di perhatikan. Parameter yang di perhatikan adalah sebagai berikut :

#### 1. Tegangan Busur Las

Dalam pekerjaan pengelasan tinggi tegangan busur tergantung pada panjang busur yang di butuhkan. Busur listrik yang terlalu panjang tidak di sarankan, Karena stabilitasnya kurang. Sehingga hasil pengelasan tidak rata, selain itu tinggi tegangan tidak terlalu mempengaruhi kecepatan cairnya. Jadi tegangan yang terlalu tinggi akan membuang energi secara sia – sia . Panjang busur yang baik adalah sama dengan

garis tengah elektroda. Dan tegangan yang di perlukan untuk melakukan pengelasan dengan garis tengah 3 sampai 6 mm adalah 20 sampai 30 volt untuk posisi datar. Dan untuk posisi di atas kepala tegangan akan di kurangi 2 sampai 5 volt.

## 2. Besar Arus Pengelasan

Besar arus pada setiap pengelasan berbeda – beda, tergantung dari bahan dan ukuran material yang akan di las. Hal ini berkaitan dengan komponen struktur dari material. Pada logam paduan untuk menghindari terbakarnya unsur – unsur dalam logam maka akan di sarankan menggunakan arus yang kecil, hal ini juga mengantisipasi kejadian keretakan Karena panas berlebih.

## 3. Kecepatan Pengelasan

Dalam hal kecepatan bergantung pada jenis elektroda, diameter elektroda, jenis sambungan dan ketelitian sambungan. Kecepatan las tidak di pengaruhi tegangan namun di pengaruhi dengan arus. Semakin besar arus maka kecepatan pengelasan bisa lebih cepat.

## 4. Polaritas Listrik

Dalam pekerjaan pengelasan busur listrik dengan elektroda terbungkus terdapat pilihan polaritas yaitu polaritas searah atau bolak balik. Untuk menentukan polaritas ini hal yang dapat di perhatikan adalah pembungkus elektroda dan kapasitas panas dari elektroda. Polaritas searah digunakan apabila elektroda mempunyai titik cair dan kapasitas panas yang besar. Elektroda akan dihubungkan dengan kutub negatif. Dan sebaliknya polaritas bolak balik digunakan untuk elektroda dengan kapasitas panas kecil. Untuk pengelasan sambungan pendek sebaiknya di pilih polaritas arus bolak balik, Karena pada pengelasan bisa terjadi ledakan pada akhir pengelasan.

## 5. Penetrasi Pengelasan

Kekuatan sambungan pengelasan bergantung pada penetrasi dari pengelasan tersebut. Besarnya penetrasi bergantung pada sifat fluks, polaritas, besar arus, kecepatan las, dan tegangan yang di gunakan. Secara teori semakin besar arus las maka semakin besar juga daya

tembusnya. Dan tegangan memberikan pengaruh sebaliknya semakin besar tegangan maka akan semakin panjang busur yang terjadi, panas yang terjadi semakin lebar namun penetrasi yang di hasilkan dangkal.

#### 6. Kondisi Pengelasan

Kondisi dalam pengelasan bergantung pada syarat tertentu seperti tebal pelat, diameter elektroda, bentuk sambungan, dan lain sebagainya. Untuk setiap kondisi ini sudah ada standart yang digunakan. Untuk setiap kondisi yang ada maka akan di lakukan standart yang berlaku.

### 2.2. Baja ASTM A36

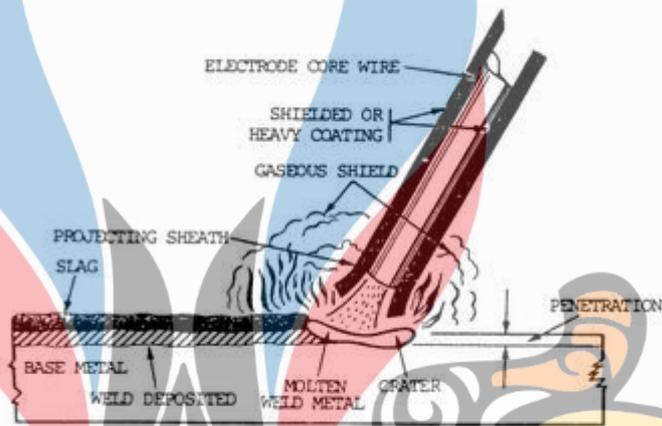
Ini adalah jenis baja struktural rekayasa karbon yang dapat dilas. Kandungan karbonnya biasanya kurang dari 0,25%, lebih tinggi dari titik leleh baja struktural karbon biasa  $\sigma_s$  atau kekuatan luluh  $\sigma_{0.2}$  (30 ~ 80kgf / mm<sup>2</sup>) dan rasio hasil  $\sigma_s / \sigma_b$  (0,65 ~ 0,95), lebih baik di machinability panas dan dingin, kemampuan las yang baik, kecenderungan dingin dan rapuh rendah, takik dan sensitivitas penuaan, serta ketahanan yang lebih baik terhadap atmosfer, air laut, dan lainnya korosi. Kandungan elemen paduannya yang rendah, umumnya di bawah 2,5%, digunakan setelah panas bergulir atau setelah perlakuan panas sederhana (keadaan tidak marah); Baja karbon ASTM A36 adalah banyak digunakan di jembatan, paku keling, struktur baut, dan elemen struktural lainnya termasuk rig pengeboran, sekop listrik, roda penggerak listrik, kendaraan anti ranjau darat, pertambangan kendaraan, excavator, loader.

### 2.3. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Proses pengelasan (*welding*) merupakan salah satu proses penyambungan material (*material joining*). Adapun untuk definisi dari proses pengelasan yang mengacu pada AWS (*American Welding Society*), proses pengelasan adalah proses penyambungan antara metal atau non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan tertentu, dengan atau tanpa penekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. Meskipun dalam metode proses pengelasan tidak hanya berupa proses

penyambungan, tetapi juga bisa berupa proses pemotongan dan brazing. Proses pengelasan dibedakan menjadi beberapa jenis, dan SMAW merupakan salah satu proses pengelasan yang umum digunakan, utamanya pada pengelasan singkat dalam produksi, pemeliharaan dan perbaikan, dan untuk bidang konstruksi.

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda).



Gambar 2. 1 Proses Pencairan Logam

#### 2.4. Jenis Electroda Pengelasan

Elektroda adalah konduktor yang dilalui arus listrik dari satu media ke yang lain, biasanya dari sumber listrik ke perangkat atau bahan. Elektroda dapat mengambil beberapa bentuk yang berbeda, termasuk kawat, piring, atau tongkat, dan yang paling sering terbuat dari logam, seperti tembaga, perak, timah, atau seng, tetapi juga dapat dibuat dari bahan konduktor listrik nonlogam, seperti grafit. Elektroda yang digunakan dalam pengelasan, listrik, baterai, obat-obatan, dan industri untuk proses yang melibatkan elektrolisis. Berikut adalah macam-macam dari elektroda :

a) Elektroda Berselaput

Elektroda berselaput yang dipakai pada Ias busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat Inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat

inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida, mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda.

Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung  $\text{O}_2$  dan  $\text{N}$  akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

#### b) Klasifikasi Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut :

- E : menyatakan elektroda busur listrik
- XX (dua angka) : sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan  $\text{lb/in}^2$  lihat table.
- X (angka ketiga) : menyatakan posisi pengelasan.
- Angka 1 untuk pengelasan segala posisi. angka 2 untuk pengelasan posisi datar di bawah tangan
- X (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan lihat table.
- Contoh : E 6013 Artinya:
- Kekuatan tarik minimum dan deposit las adalah  $60.000 \text{ lb/in}^2$  atau  $42 \text{ kg/mm}^2$
- Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi

- Jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dan pengelasan dengan arus AC atau DC + atau DC –
- c) Elektroda Baja Lunak

• Dan bermacam-macam jenis elektroda baja lunak perbedaannya hanyalah pada jenis selaputnya. Sedangkan kawat intinya sama, berikut macam-macam elektroda baja lunak :

- E 6010 dan E 6011

Elektroda ini adalah jenis elektroda selaput selulosa yang dapat dipakai untuk pengelesan dengan penembusan yang dalam. Pengelasan dapat pada segala posisi dan terak yang tipis dapat dengan mudah dibersihkan.

- E 6012 dan E 6013

Kedua elektroda ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang. Keduanya dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis E 6013 sangat baik untuk posisi pengelesan tegak arah ke bawah.

- E 6020

Elektroda jenis ini dapat menghasilkan penembusan las sedang dan teraknya mudah dilepas dari lapisan las. Selaput elektroda terutama mengandung oksida besi dan mangan.

- Elektroda dengan Selaput Serbuk Besi Selaput

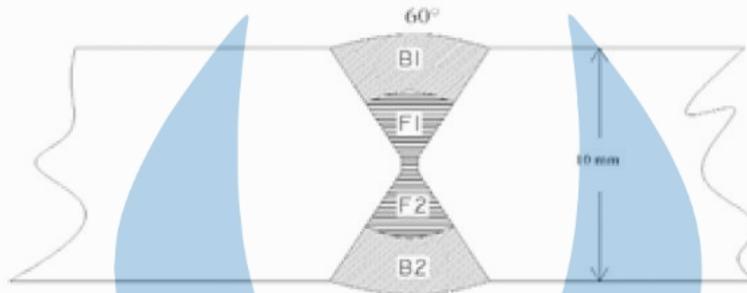
Elektroda jenis E 6027, E 6016, E 7014, E 7018, E 7024 dan E 7028 mengandung serbuk besi untuk meningkatkan efisiensi pengelasan. Umumnya selaput elektroda akan lebih tebal dengan bertambahnya persentase serbuk besi.

- Elektroda Hydrogen Rendah Selaput

Elektroda jenis ini mengandung hydrogen yang rendah (kurang dari 0,5 %), sehingga deposit las juga dapat bebas dari porositas. Jenis-jenis elektroda hydrogen rendah misalnya E 7015, E 7016 dan E 7018.

2.5. Kampuh

Butt Joint double V-Groove dengan sudut 60°



Gambar 2.2 Butt Joint double V-Groove dengan sudut 60° (AWS, 2015)

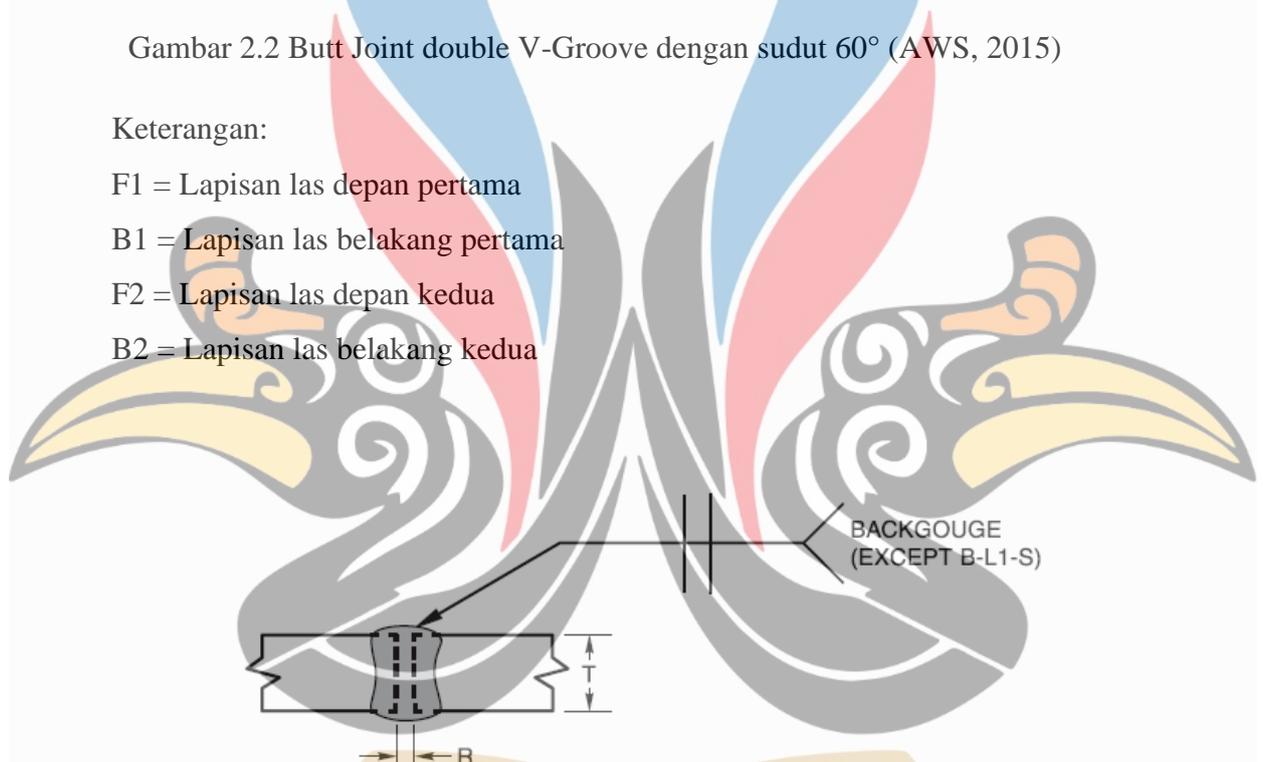
Keterangan:

F1 = Lapisan las depan pertama

B1 = Lapisan las belakang pertama

F2 = Lapisan las depan kedua

B2 = Lapisan las belakang kedua



Gambar 2. 3 Butt Joint Square-Groove (AWS, 2015)

Welding Process	Joint Designation	Groove Preparation				Permitted Welding Positions	Notes
		Base Metal Thickness	Root Opening	Tolerances			
		T		As Detailed (see 3.24.2)	As Fit-Up (see 5.4)		
SMAW GTAW	B-L1b	6 max.	$R = T/2$	$+T/4 \leq 2, -0$	$+2, -T/2 \leq 3$	All	d, k, o
FCAW	B-L1b-F	10 max.	$R = 0 \text{ to } 3$	$+2, -0$	$+2, -T/2 \leq 3$	All	d, k, o
GMAW	B-L1b-G	10 max.	$R = 0 \text{ to } 3$	$+2, -0$	$+2, -T/2 \leq 3$	All	a, d, k
SAW	B-L1-S	10 max.	$R = 0$	$\pm 0$	$+2, -0$	F	k
SAW	B-L1a-S	16 max.	$R = 0$	$\pm 0$	$+2, -0$	F	d, k

## 2.6. Pengujian Tarik

Salah satu hal yang bisa menyebabkan kegagalan pada elemen sebuah instruksi mesin adalah beban yang bekerja pada elemen mesin besarnya melebihi kekuatan material. Kekuatan merupakan sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kekuatan pada material dibagi menjadi dua bagian yaitu kekuatan tarik dan kekuatan mulur. Kekuatan material bias diperoleh dari sebuah pengujian yang dikenal dengan nama uji tarik. Dari pengujian itu selain diperoleh spesimen kerja yang putus karena proses penarikan, juga dihasilkan sebuah kurva uji tarik. Kurva ini merupakan gambaran dari proses pembebanan pada spesimen kerja mulai dari awal penarikan hingga spesimen kerja itu putus. Yang di jelaskan pada gambar 2.5 sebagai berikut.

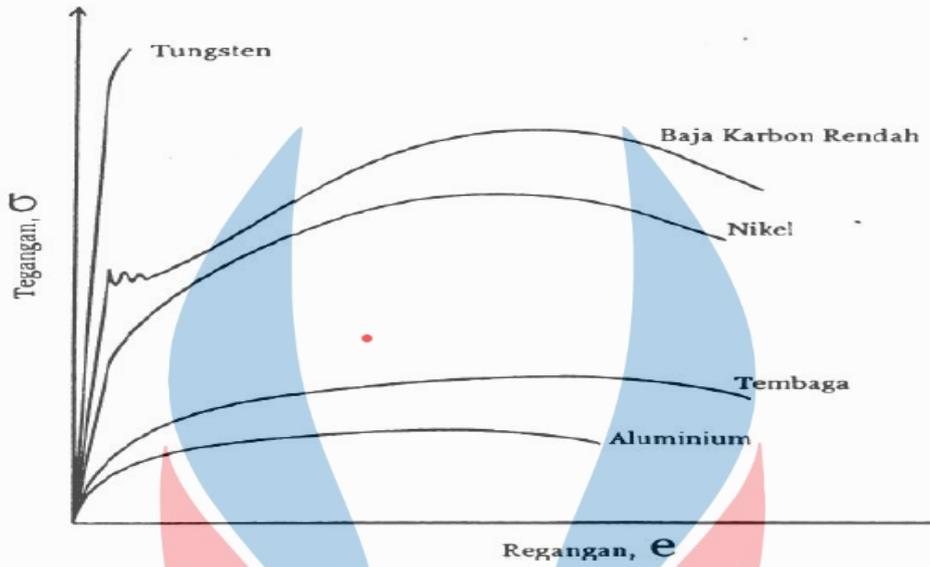


Gambar 2. 4 Komponen utama mesin uji tarik

## 2.7. Kurva Uji Tarik Tegangan-Regangan

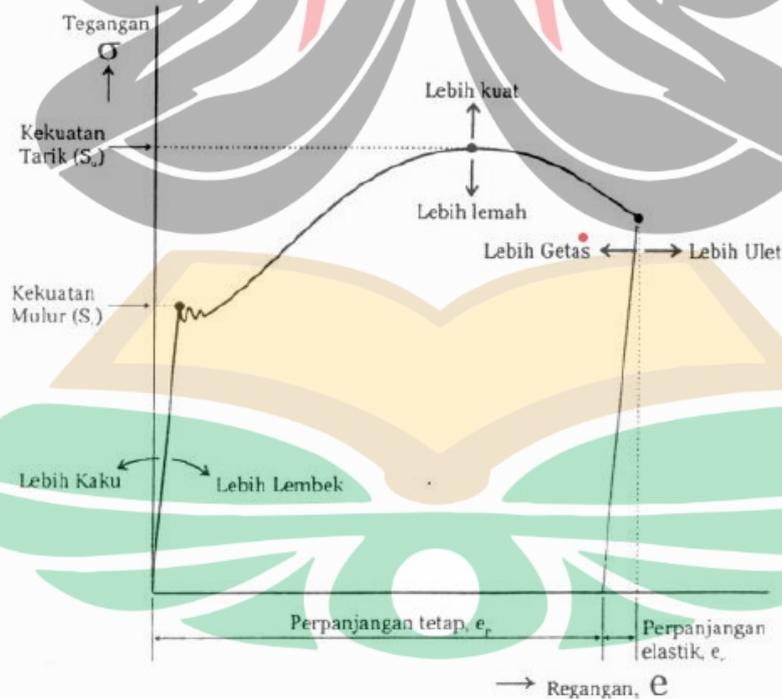
Setiap logam yang diuji tarik akan memperlihatkan perilaku yang berbeda dalam arti mempunyai empat besaran/parameter yang berbeda. Perbedaan perilaku itu ditunjukkan dalam Gambar 2.6





Gambar 2. 5 Kurva Empat besaran/parameter

yang berbeda Kurva uji tarik dapat diperoleh beberapa sifat mekanik material. Beberapa sifat mekanik material yang dimaksud yaitu Dari kekuatan tarik, keuletan, dan elastisitas. Contoh kurva hasil uji Tarik dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2. 6 Kurva Regangan Tegangan Baja

2.8. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan, ditunjukkan pada tabel 2.1:

Tabel 2.1. Daftar Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Mathews Yose Pratama <sup>1</sup> , Untung Budiarto <sup>1</sup> , Sarjito Jokosisworo <sup>1</sup> , 2019	<p>Metode: <i>Tensile test</i> dan <i>Bending test</i></p> <p>Hasil:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kekuatan rata-rata tegangan tarik maksimum tertinggi yang dihasilkan dari sambungan las FCAW (<i>Flux-Cored Arc Welding</i>) adalah kampuh V posisi 2G yaitu 411,66 MPa dengan kampuh V posisi 1G adalah 410 MPa, kampuh U posisi 1G adalah 377 MPa, kampuh U posisi 2G adalah 400,66 MPa, dan Raw material yaitu 391 MPa.</li> <li>2) Rata-rata regangan tarik tertinggi dari sambungan las FCAW (<i>Flux-Cored Arc Welding</i>) adalah Raw material yaitu 47% dengan kampuh V posisi pengelasan 1G adalah 41,67%, kampuh V posisi pengelasan 2G 42,66%, kampuh U posisi pengelasan 1G 39,33%, dan kampuh U posisi pengelasan 2G 37,67%.</li> <li>3) Rata-rata modulus elastisitas tertinggi dari sambungan las FCAW (<i>Flux-Cored Arc Welding</i>) adalah kampuh U posisi 2G yaitu 7,92 GPa dengan kampuh V posisi pengelasan 1G sebesar 6,79 GPa, kampuh V posisi pengelasan 2G sebesar 6,83 GPa, kampuh U posisi pengelasan 1G sebesar 6,45 GPa, dan Raw material sebesar 6,06 GPa.</li> </ol>
2	Luthfi Isna Saputra <sup>1</sup> , Untung Budiarto <sup>1</sup> , Sarjito Jokosisworo <sup>1</sup> , 2019	<p>Metode: <i>Tensile test</i>, <i>Bending test</i>, <i>micrografi test</i></p> <p>Hasil:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kekuatan rata-rata tegangan tarik RAW material yaitu 391,02 MPa, kampuh X posisi yaitu 403,26 MPa, kampuh U posisi 1G yaitu 402,19 MPa, kampuh X posisi 2G adalah 403,75 MPa, dan kampuh U posisi 2 G adalah 401,55 MPa.</li> </ol>

- 2) Rata-rata regangan tarik RAW material yaitu 47,71%, kampuh X posisi 1G adalah 44,93%, kampuh U posisi 1G adalah 45,29%, kampuh X posisi 2G sebesar 42,71%, dan kampuh U posisi 2G adalah 45,15%.

Rata-rata modulus elastisitas RAW material adalah 6,16 GPa. Yang tertinggi untuk variasi yaitu kampuh X posisi 2G sebesar 7,23 GPa, kampuh X posisi 1G sebesar 6,71 GPa, kampuh U posisi 2G sebesar 6,68 GPa, terakhir kampuh U posisi 1G yaitu 6,42 GPa.

---

