

ANALISA KEMAMPUAN PENGELASAN TERHADAP BEBAN IMPAK DAN TEKAN PADA BAJA C0.40-0.50%

Khairul Suhada, Muhammad Rafiq Yanhar

Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik UISU

HP: 085836484255

khairulsuhada80@gmail.com; rafiq@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Penelitian bertujuan mengetahui nilai kekuatan sambungan las pada besi mal Nako baja C40-50% dengan variasi kuat arus, mengetahui hasil pengelasan terbaik dengan memvariasikan kuat arusnya, mengetahui nilai kekerasan sambungan las. Adapun ruang lingkup penelitian adalah proses pengelasan dengan busur listrik elektroda terbungkus (SMAW) terhadap sambungan besi mal Nako baja C40-50% kuat arus (80, 100, 120) Ampere, tegangan 20 Volt dan kecepatan pengelasan 10 mm/s, jenis kawat las memakai E 6013, Ø 2,5 x 350 mm, jenis besi mal dengan sisi 10 mm, posisi pengelasan secara Flat (datar) dengan sudut kawat saat penelasan 70°, analisa kekuatan Impak untuk mengetahui kekuatan Impak sambungan las dan analisa kekerasan menggunakan Brinell Test. Dari seluruh kegiatan penelitian maka dapatlah disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut: Energi yang paling rendah diserap pada pengujian impact adalah 4,996 Joule pada pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere. Energi yang paling tinggi diserap pada pengujian impact adalah 11,52 Joule pada pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere. Nilai pukulan takik terendah pada pengujian impact adalah 0.0499 Joule/mm² yaitu pada kuat arus pengelasan 120 Ampere. Nilai pukulan takik tertinggi pada pengujian impact adalah 0.1152 Joule/mm² yaitu pada kuat arus pengelasan 80 Ampere. Semakin rendah kuat arus pengelasan maka sambungan pengelasan lebih bersifat ulet. Semakin tinggi kuat arus pengelasan maka sambungan pengelasan lebih bersifat getas. Nilai BHN terendah pada pengujian Brinell Test adalah pada kuat arus pengelasan 80 Ampere. Nilai BHN tertinggi pada pengujian Brinell Test adalah pada kuat arus pengelasan 120 Ampere. Semakin tinggi kuat arus pengelasan maka cairan elektroda yang membeku semakin keras. Kuat arus pengelasan mempengaruhi sifat mekanik sambungan pengelasan. Kuat arus 120 Ampere memiliki kemampuan meresap lebih dalam ke dalam spesimen daripada kuat arus 80 Ampere.

Kata Kunci : *Pengelasan Busur Listrik Elektroda Terbungkus (SMAW), Baja C40-50%, Kuat Arus, Pengujian Impak, Pengujian Brinell Test.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Arus dalam pengelasan memegang peranan penting, misalnya bila arus terlalu rendah, maka perpindahan butiran cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta perembesan yang kurang dalam. Sedangkan jika arus terlalu besar maka akan menghasilkan bentuk manik melebar, butiran percikan besar serta penguatan manik las tinggi. Penyalaan busur listrik mudah dilakukan tetapi setelah busur menyala mengakibatkan gas terperangkap didalam las dan menimbulkan pori-pori yang akan mengurangi kekuatan pengelasan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan antara lain: prosedur pengelasan, alat dan benda kerja. Sedangkan penentuan arus dan pemilihan kampuh termasuk prosedur pengelasan.

Kualitas kekuatan sambungan pengelasan sangat mutlak harus diketahui untuk jaminan keselamatan suatu proses teknik, baik di bidang transportasi maupun instrumen-instrumen peralatan teknik.

1.2. Perumusan Masalah

Proses pengelasan pada logam memberikan dampak terjadinya perubahan struktur mikro logam dari logam yang dilas diiringi dengan perubahan sifat mekanis logam akibat panas yang terjadi saat proses pengelasan. Variasi kuat arus akan membuktikan bahwa besarnya panas yang terjadi saat pengelasan akan menjawab fenomena perubahan sifat mekanis pada logam.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini penulis memberikan batasan masalah agar menghindari terjadinya pembahasan yang terlalu jauh atau menyimpang dari pokok pembahasan. Adapun batasan masalah yang diberikan adalah :

1. Proses pengelasan dengan busur listrik elektroda terbungkus (SMAW) terhadap sambungan besi mal Nako baja C40-50%.
2. Kuat arus (80, 100, 120) Ampere, tegangan 20 Volt dan kecepatan pengelasan 10 mm/s.
3. Jenis kawat las memakai E 6013, Ø 2,5 x 350 mm
4. Jenis besi mal yang digunakan dengan sisi 10 mm.
5. Posisi pengelasan secara Flat (datar) dengan sudut kawat saat penelasan 70°.

- Analisa kekuatan Impak untuk mengetahui kekuatan Impak sambungan las.
- Analisa kekerasan menggunakan Brinell Test.

1.4. Tujuan Umum Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai kekuatan impak dan tekan sambungan las pada besi mal Nako baja karbon sedang dengan variasi kuat arus.

1.5. Tujuan Khusus Penelitian

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui hasil pengelasan terbaik dengan memvariasikan kuat arusnya.
- Mengetahui nilai kekerasan sambungan las.

1.6. Manfaat Penelitian

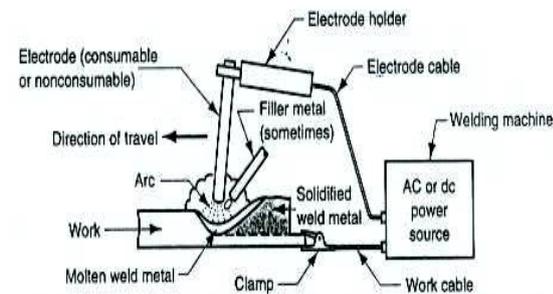
Manfaat dari penelitian ini adalah:

- Menambah pengetahuan bidang pengelasan, khususnya bagi penulis.
- Menemukan proses yang terbaik dalam pengelasan.
- Mendapatkan jaminan keselamatan dari penggunaan sambungan pengelasan.
- Menemukan kuat arus pengelasan yang terbaik untuk bahan baja karbon sedang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelasan Busur

Pengelasan Busur adalah pengelasan fusi dimana penyatuan logam dicapai dengan menggunakan panas dari busur listrik, tetapi pengertian umum pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom, secara umum ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Dasar dan Rangkaian Listrik Proses Pengelasan Busur

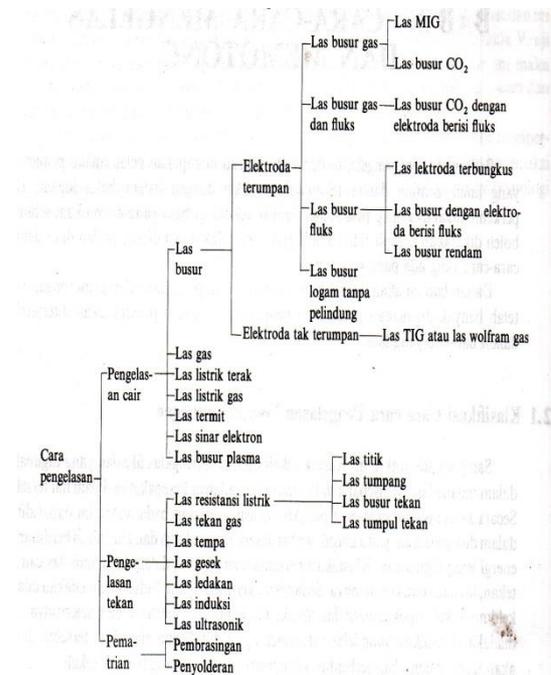
Cara pengelasan dengan busur listrik adalah Elektrode disentuhkan dengan benda kerja dan secara cepat dipisahkan dalam jarak yang pendek, kemudian panas yang dihasilkan menyebabkan gas pada celah mengalami ionisasi (disebut plasma), Plasma akan berfungsi sebagai penghantar listrik, sehingga pada

celah tersebut terjadi pelepasan muatan listrik secara kontinu yang menghasilkan busur listrik. Energi listrik dari busur dapat menghasilkan panas dengan suhu 10.000° F (5500° C) atau lebih, cukup panas untuk melebur logam. Produktivitas dalam pengelasan busur sering diukur sebagai waktu busur (arc time), yaitu :

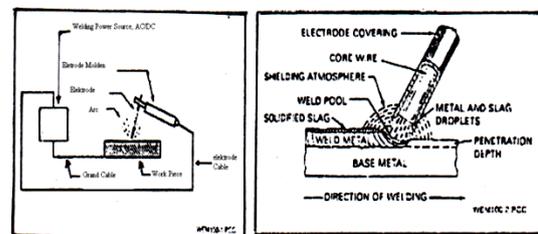
Waktu busur = waktu busur terbentuk : jam kerja

Untuk pengelasan manual, waktu busur biasanya sekitar 20 %. Waktu busur bertambah sekitar 50 % untuk pengelasan mesin, otomatis, dan robotik.

Tabel 1. Klasifikasi Cara Pengelasan



- SMW (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan cara pengelasan dengan menggunakan busur listrik untuk mencairkan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks dan logam induk pada daerah pengelasan.



Gambar 2. Pengelasan Dengan Cara SMAW (*Shield Metal Arc Welding*)

- SAW (*Submerged Arc Welding*) merupakan cara mengelas dengan kawat elektroda yang diumpangkan secara kontiniu bersamaan dengan fluks yang berbentuk butiran yang dalam proses pengelasan kawat elektrodanya ditutupi oleh fluks tersebut sehingga tidak menimbulkan percikan bunga api.

2.3.1 Prinsip Kerja SMAW

Prinsip kerja SMAW seperti terlihat pada Gambar 2. Busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Panas busur listrik akan mencairkan sebagian logam induk dan ujung elektroda dan kemudian membeku. Logam cair tersebut terlindungi dari oksidasi oleh gas atau terak yang berasal dari fluks yang terbakar dan mencair pada saat proses pengalasan. Logam cair pada ujung elektroda dipindahkan oleh arus busur listrik ke logam induk. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair dari ujung elektroda yang dipindahkan ke logam induk akan lebih halus (Gambar 2.a), sebaliknya bila arusnya rendah maka butirannya berbentuk besar (Gambar 2b).

2.3.2 Elektroda Las

Elektroda yang digunakan pada alas busur listrik ini adalah jenis elektroda yang terbungkus fluks (E 6013). Gambar 3 memperlihatkan contoh sebuah elektroda yang terdiri dari kawat yang terbungkus dengan fluks.



Gambar 3. Kawat Elektroda

2.3.3 Klasifikasi Elektroda

Menurut AWS (spesifikasi untuk SMAW) simbol untuk elektroda terbungkus beserta artinya dapat dilihat dalam tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2. Arti Dan Simbol Elektroda Terbungkus
AWS EXXXX-X

- AWS = American Welding Society
- EXXXX = E adalah sebuah elektroda sebagaimana untuk brazing dan TIG rod
- E60XX = 60 adalah kekuatan tarik kawat elektroda sebesar 60.000 Psi
- E601X = 1 adalah desain untuk segala jenis posisi pengelasan
- E602X = 2 adalah pengelasan terbaik untuk pelat dan posisi horizontal
- E60XXXX= digit terakhir adalah kode untuk jenis flux coating yang digunakan
- E60XXX0= 0 adalah Cellulose-Sodium atau Iron Oxide mineral
- E60XXX1 = 1 adalah Cellulose-Pottasium
- E60XXX2 = 2 adalah Titania-Sodium
- E60XXX3 = 3 adalah Titania_Pottasium
- E60XXX4 = 4 adalah Iron Powder-Titania
- E60XXX5 = 5 adalah Low hidrogen lime-Sodium

- E60XXX6= 6 adalah Low hidrogen lime-Pottasium
- E60XXX7= Iron Oxid plus Iron Powder
- E60XXX8= 8 adalah Low Hidrogen lime iron powder

Tabel 3. Spesifikasi Elektroda Terbungkus Dari Baja Lunak (JIS Z 3211-1978)

Klasifikasi JIS	Jenis Fluks	Posisi Pengelasan *	Jenis Listrik **	Sifat mekanik dari logam las			
				Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekuatan tumbuk (kg-m)
D4301	Ilmenit	F, V, OH, H	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥22	≥4,8(0°C)
D4303	Titania-kapur	F, V, OH, H	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥22	≥2,8(0°C)
D4311	Selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC (+)	≥43	≥35	≥22	≥2,8(0°C)
D4313	Oksida Tisan	F, V, OH, H	AC atau DC (-)	≥43	≥35	≥17	—
D4316	Hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC (+)	≥43	≥35	≥25	≥4,8(0°C)
D4324	Serbuk besi titania	F, H-S	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥17	—
D4326	Serbuk besi Hidrogen rendah	F, H-S	AC atau DC (+)	≥43	≥35	≥25	≥4,8(0°C)
D4327	Serbuk besi oksida	F, H-S	Untuk F, AC atau DC (±) Untuk H-S, AC atau DC (-)	≥43	≥35	≥25	≥2,8(0°C)
D4340	Khusus	Semua posisi	AC atau DC (±)	≥43	≥35	≥22	≥2,8(0°C)

Catatan: *Arti simbol: F = datar, V = vertikal, OH = atas kepala, H = horizontal, H-S = Las sudut horizontal.
**Arti simbol: (+) = polaritas balik, (-) = polaritas lurus, (±) = polaritas ganda

2.4 Parameter Pengelasan

Parameter pengelasan yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut :

- a. Besar arus las
Besar arus las yang diperlukan tergantung dari pada bahan, dimensi logam induk, posisi pengelasan, jenis elektroda dan besar diameter elektroda. Arus pengelasan memberi pengaruh pada penetrasi logam las, bentuk manik las dan lebar HAZ.
- b. Tegangan pengelasan
Tinggi tegangan busur tergantung pada panjang busur dan jenis elektroda. Selain itu tingginya tegangan tidak banyak mempengaruhi kecepatan pencairan logam las. Panjang busur yang dianggap baik kira-kira sama dengan garis tengah elektroda.
- c. Kecepatan pengelasan
Kecepatan pengelasan berbanding lurus dengan kuat arus pengelasan, oleh karena itu, kecepatan pengelasan yang tinggi memerlukan kuat arus yang tinggi. Kecepatan pengelasan mempengaruhi jumlah panas yang masuk pada daerah pada jumlah deposit logam cair yang terjadi.
Hubungan ketiga parameter diatas menghasilkan energi pengelasan yang dikenal dengan Head input (masukan panas). Masukan panas yang terjadi dari suatu proses pengelasan yang diterima logam las dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$Hinet = \frac{\eta \cdot V \cdot I}{D} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

H = Efisiensi pengelasan

V = Tegangan listrik (volt)

I = Arus pengelasan (Ampere)

D = Kecepatan pengelasan (cm/s)

2.5. Pengelasan Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Dikatakan baja bila kandungan kadar karbon 0,008 % sampai 0,2 % dan disebut besi cor kadar karbonnya antara 0,2 % sampai 1,7 % . Sifat baja karbon sangat tergantung pada besarnya kadar karbon pada baja tersebut. Atas dasar tersebut maka baja karbon dikelompokkan atas sebagai berikut (Literatur) :

- a. Baja karbon rendah, memiliki unsur C < 0,30 %
- b. Baja karbon sedang, memiliki unsur C antara (0,30 – 0,50) % C
- c. Baja karbon tinggi, memiliki unsur C antara (0,50 – 1,70) % C

Semakin tinggi unsur karbon dalam baja, maka kekuatan dan kekerasannya bertambah tinggi akan tetapi perpanjangannya menurun.

Dari jenis karbon diatas, yang memiliki sifat weldability yang baik adalah baja karbon sedang.

Tabel 4. Menunjukkan Klasifikasi Dan Sifat Mampu Las Baja Karbon.

Jenis dan kelas	Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg /mm ²)	Kekuatan tarik (kg /mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah						
- Baja lunak khusus	0,08	18-28	32-36	40-30	95-100	Pelat tipis
- Baja sangat lunak	0,08-12	20-29	36-42	40-30	80-120	Batang kawat
- Baja lunak	0,20-0,30	22-30	38-48	36-24	100-130	Konstruksi umum
- Baja setengah lunak	0,30-0,40	24-36	44-55	32-22	112-145	
Baja karbon sedang						
- Baja setengah keras	0,30-0,40	30-40	50-60	30-17	140-170	Alat-alat mesin
- Baja keras	0,40-0,50	34-46	58-70	26-14	160-200	
Baja karbon tinggi						
- Baja sangat keras	0,50-0,8	36-47	65-100	20-11	180-235	Pekakas Rel, blok silinder, blok rem

2.5.1. Retak Las

a. Retak Dingin

Retak dingin adalah retak yang terjadi di daerah las pada suhu dibawah suhu transformasi martensit (Ms) kira-kira 300°C. Pengaruh dari unsur paduan terhadap kepekaan retak dingin dari daerah HAZ biasanya dapat dilihat dari harga ekivalen karbon dari unsur-unsur yang dikandung (Cek) dan parameter

retak (Pcm) yang dirumuskan dalam persamaan berikut : Harga Cek menurut JIS dan WES

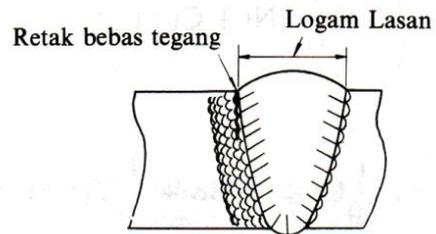
$$Cek = C + \frac{1}{6}Mn + \frac{1}{24}Si + \frac{1}{40}Ni + \frac{1}{5}Cr + \frac{1}{4}Mo + \frac{1}{14}V(\%) \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk mengetahui harga parameter retak pada peristiwa retakan di daerah hasil lasan baja karbon dan baja paduan dapat menggunakan persamaan :

$$Pem = C \frac{1}{30}Si + \frac{1}{20}Mn + \frac{1}{60}Ni + \frac{1}{20}Cr + \frac{1}{15}M0 + \frac{1}{10}V + 5B \dots\dots\dots(2.3)$$

b. Retak Panas

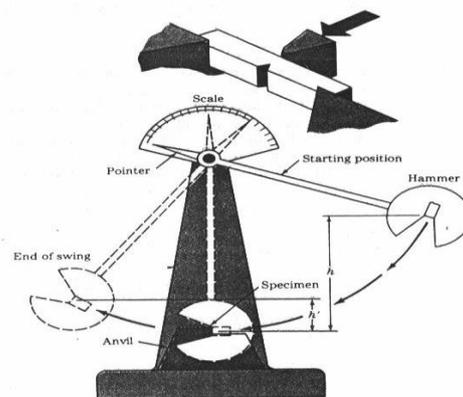
Retak panas umumnya terjadi pada suhu tinggi diatas 550°C ketika proses pembekuan berlangsung. Retak panas yang sering terjadi pada logam las karena pembekuan biasanya berbentuk retak kawah dan memanjang.



Gambar 4. Retak Panas

2.6. Pengujian Impak

Prinsip Dasar pengujian impak ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Gambar 3.1 di bawah ini memberikan ilustrasi suatu pengujian impak dengan metode Charpy.



Gambar 5. Ilustrasi Skematis Pengujian Impak Dengan Benda Uji Charpy

Harga impak (K) suatu bahan yang diuji dengan metode Charpy diberikan oleh :

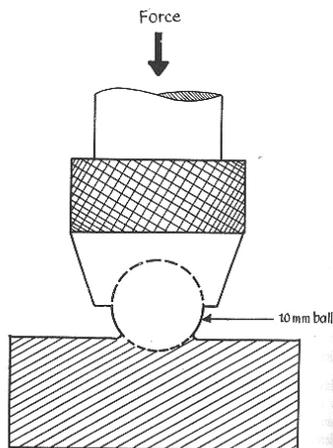
$$K = \frac{E}{A_o} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana **E** adalah energi yang diserap dalam satuan Joule dan **A₀** luas penampang di bawah takik dalam satuan mm². Secara umum benda uji impak dikelompokkan ke dalam dua golongan sampel standar yaitu : batang uji **Charpy** sebagaimana telah ditunjukkan pada Gambar 1, banyak digunakan di Amerika Serikat dan batang uji **Izod** yang lazim digunakan di Inggris dan Eropa. Benda uji Charpy memiliki luas penampang lintang bujur sangkar (10 x 10 mm) dan memiliki takik (*notch*) berbentuk V dengan sudut 45o, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impak dari ayunan bandul, sebagaimana telah ditunjukkan oleh Gambar 2.8. Benda uji Izod mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dengan takik V di dekat ujung yang dijepit.

2.7. Pengujian Kekerasan Brinell

Pengukuran nilai kekerasan HB suatu material diberikan oleh rumus:

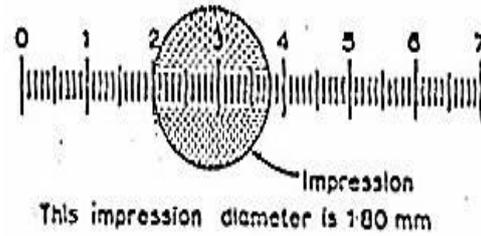
$$BHN = \frac{P}{\pi \cdot \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots(2.5)$$



Gambar 6. Skematis Prinsip Indentasi Dengan Metode Brinell

Prosedur standar pengujian mensyaratkan bola baja dengan diameter 10 mm dan beban 3000 kg untuk pengujian logam-logam ferrous, atau 500 kg untuk logam-logam non-ferrous. Untuk logam-logam ferrous, waktu indentasi biasanya sekitar 10 detik sementara untuk logam-logam non-ferrous sekitar 30 detik. Walaupun demikian pengaturan beban dan waktu indentasi untuk setiap material dapat pula ditentukan oleh karakteristik alat penguji. Nilai kekerasan suatu material yang dinotasikan dengan 'HB' tanpa tambahan angka di belakangnya menyatakan kondisi pengujian standar dengan indenter bola baja 10 mm, beban 3000 kg selama waktu 1—15 detik. Untuk kondisi yang lain, nilai kekerasan HB diikuti angka-angka yang menyatakan kondisi pengujian. Contoh: 75 HB 10/500/30

menyatakan nilai kekerasan Brinell sebesar 75 dihasilkan oleh suatu pengujian dengan indenter 10 mm, pembebanan 500 kg selama 30 detik.



Gambar 7. Contoh pengukuran dengan Mikroskop Ukur

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini penulis melakukan penelitian sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 5. Kegiatan dan Instansi Pendukung Penelitian

No.	Kegiatan	Instansi Pendukung	Keterangan
1.	Pembentukan Benda Uji	Laboratorium Proses Produksi UISU	Benda uji adalah besi Nako ukuran 10 mm
2.	Pengelasan	Laboratorium Pengujian Proses Produksi Growth Center Medan	Pengelasan dikerjakan oleh Instructure Welding
3.	Pengujian Kekuatan Impak	Laboratorium Pengujian Material UISU	
4.	Pengujian Hard Brinell	Laboratorium Pengujian Material UISU	

3.2. Bahan dan Peralatan

3.2.1. Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah besi Nako, baja karbon sedang yang ada di jual di pasaran. Berukuran sisi 10 mm dan panjang 55 mm. Komposisi kimia bahan penelitian adalah sebagai berikut:

- C : 0.43-0.50 %
- Mn : 0.60-0.90 %
- P : 0.040 %
- S : 0.050 %

Mekanikal Propertis Bahan Penelitian :

- Tensile Strength : 60-80 Kg/mm²
- Hardness : 170-220 BHN
- Hardening Temp : 820⁰-850⁰ C

3.2.2. Peralatan dan Proses Penelitian

Adapun peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin Las yang digunakan SV 403, jenis arus AC Arc Welder, digunakan untuk mengelas bahan yang akan diuji.



Gambar 8. Mesin las SMAW

2. Mesin Uji Impak



Gambar 9. Mesin Uji Impak

4. Mesin Uji Kekerasan Brinell



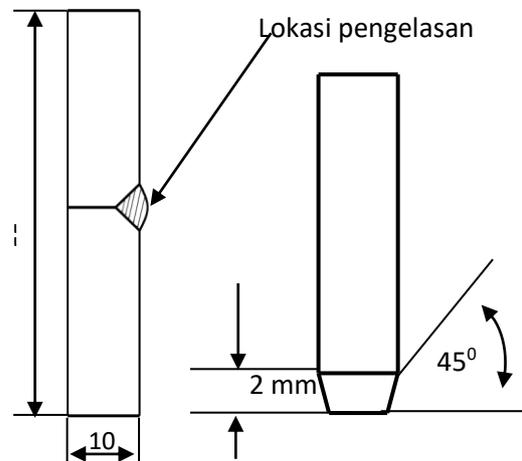
Gambar 10. Mesin Uji Kekerasan Brinell

3.3. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan data kekerasan sambungan las maka penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, adapun langkah-langkah dalam mengerjakan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.

3.3.1. Perencanaan Spesimen Uji Impak

Bentuk dan ukuran spesimen uji Impak menurut ASTM E23 dengan proses pengelasan adalah seperti gambar berikut :



Gambar 11. Spesimen Uji Impak Dengan Pengelasan

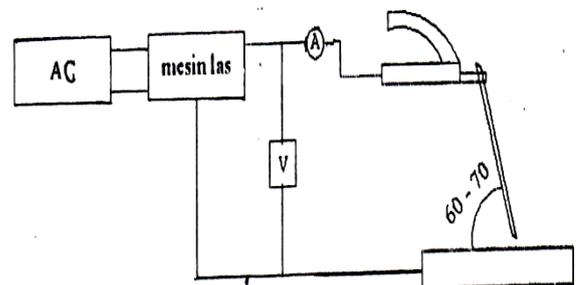
Setelah spesimen diukur dimensinya maka dilakukan pemotongan dengan mesin potong Gerinda.

3.3.2. Proses Pengikiran

Benda kerja yang telah di potong di kikir sampai rata permukaannya sebelum di Las.

3.3.3. Proses Pengelasan

Pengelasan dilakukan oleh Pengelas yang telah memiliki setifikat *Welding Instructure* dan set-up alat pengelasan dapat dilihat pada gambar berikut :



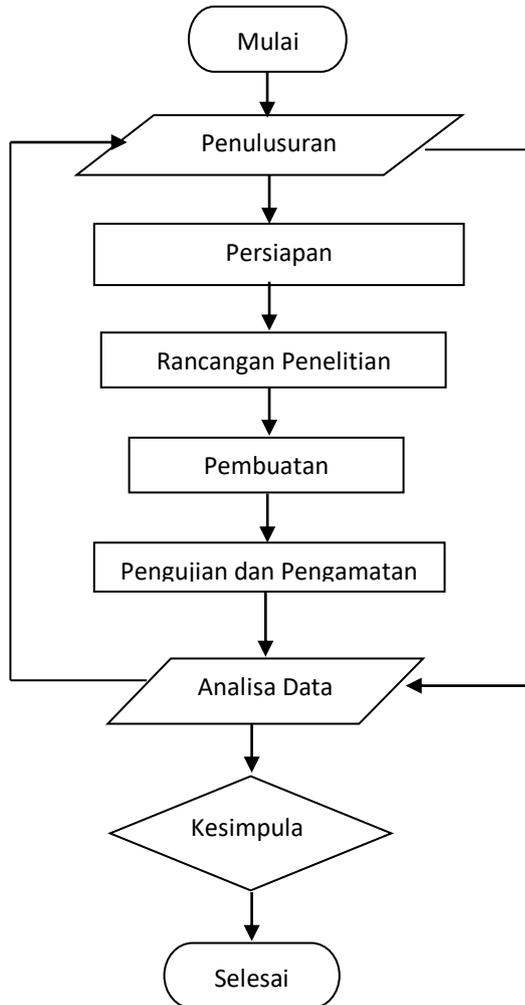
Gambar 12. Set-up Alat Pengelasan

Tabel 6. Parameter Proses Pengujian Las

Spesimen	Kuat Arus (Amp)	Tegangan (Volt)	Kecepatan Pengelasan (mm/det)
I	80	20	10
II	100	20	10
III	120	20	10

Bahan Spesimen : Besi Nako BajaC 40-50%
 Panjang Sisi : 10 mm
 Jenis Mesin Las : Listrik AC
 Jenis Elektroda : E 6013/Ø 2,5 x 350 mm
 Posisi Pengelasan: Datar
 Arah Pengelasan : Mundur
 Sudut torch terhadap sumbu Las : 70°

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Impak

4.1.1. Data Pengujian Impak Untuk Pengelasan Dengan Kuat Arus 80 Ampere



Gambar 14. Spesimen Pengelasan Dengan Kuat Arus 80 Ampere Yang Telah Diuji Impak

Data pengujianimpak untuk pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere Penulis buat dalam bentuk tabel seperti Tabel 7.

Tabel 7. Data Pengujian Impak Untuk Pengelasan Dengan Kuat Arus 80 Ampere

Jenis Spesimen	Sudut A (°)	Sudut B (°)
Spesimen I	147	140
Spesimen II	147	140
Spesimen III	147	140,5

Dari Tabel 7 didapatlah sudut rata-rata setelah pukulan yaitu sebagai berikut :

$$\text{Sudut rata-rata} = \frac{140 + 140 + 140,5}{3} = 140,167$$

Pada penelitian ini Penulis mengambil nilai sudut rata-rata sebagai data untuk mendapatkan nilai energi yang diserap pukulan impact, maka nilai energi yang diserap pukulan pada sambungan pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= P \cdot D (\cos B - \cos A) \\ &= 251,3 \times 0,6495 (\cos 140,167^\circ - \cos 147^\circ) \\ &= 251,3 \times 0,6495 (-0,76 + 0,83) \\ &= 163,2 \times 0,07 \\ &= 11,42 \text{ Nm} = 11,52 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Maka nilai pukulan takiknya adalah :

$$K = \frac{E}{A_o}$$

Dimana :
 K = nilai pukulan takik (J/mm²)
 E = 11,52 (Joule)
 A_o = 100 (mm²)

$$K = \frac{11,52}{100} = 0,1152 \text{ Joule/mm}^2$$

4.1.2. Data pengujianimpak untuk pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere



Gambar 15. Spesimen Pengelasan Dengan Kuat Arus 100 Ampere Yang Telah Diuji Impak

Data pengujian impact untuk pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere Penulis buat dalam bentuk tabel seperti Tabel 8.

Tabel 8.. Data Pengujian Impact Untuk Pengelasan Dengan Kuat Arus 100 Ampere

Jenis Spesimen	Sudut A (°)	Sudut B (°)
Spesimen I	147	141
Spesimen II	147	142
Spesimen III	147	141

Dari Tabel 8 didapatkan sudut setelah rata-rata setelah pukulan yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Sudut rata-rata} &= \frac{141+142+141}{3} \\ &= 141.333 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini Penulis mengambil nilai sudut rata-rata sebagai data untuk mendapatkan nilai energi yang diserap pukulan impact, maka nilai energi yang diserap pukulan pada sambungan pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= P \cdot D (\cos B - \cos A) \\ &= 251,3 \times 0,6495 (\cos 141.333^0 - \cos 147^0) \\ &= 251,3 \times 0,6495 (-0,78 +0,83) \\ &= 163,2 \times 0,05 \\ &= 8,16 \text{ Nm} = 8,26 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Maka nilai pukulan takiknya adalah :

$$K = \frac{E}{A_o}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} K &= \text{nilai pukulan takik (J/mm}^2\text{)} \\ E &= 8,26 \text{ (Joule)} \\ A_o &= 100 \text{ (mm}^2\text{)} \\ K &= \frac{8,26}{100} \\ &= 0.0826 \text{ Joule/mm}^2 \end{aligned}$$

4.1.3. Data Pengujian Impact Untuk Pengelasan Dengan Kuat Arus 120 Ampere



Gambar 16. Spesimen Pengelasan Dengan Kuat Arus 120 Ampere Yang Telah Diuji Impact

Data pengujian impact untuk pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere Penulis buat dalam bentuk tabel seperti Tabel 9.

Tabel 9. Data Pengujian Impact Untuk Pengelasan Dengan Kuat Arus 120 Ampere

Jenis Spesimen	Sudut A (°)	Sudut B (°)
Spesimen I	147	144
Spesimen II	147	143
Spesimen III	147	143

Dari tabel 9 didapatkan sudut setelah rata-rata setelah pukulan yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Sudut rata-rata} &= \frac{144 + 143 + 143}{3} \\ &= 143.333 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini Penulis mengambil nilai sudut rata-rata sebagai data untuk mendapatkan nilai energi yang diserap pukulan impact, maka nilai energi yang diserap pukulan pada sambungan pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E &= P \cdot D (\cos B - \cos A) \\ &= 251,3 \times 0,6495 (\cos 143,333^0 - \cos 147^0) \\ &= 251,3 \times 0,6495 (-0,8 +0,83) \\ &= 163,2 \times 0,03 \\ &= 4,896 \text{ Nm} = 4,996 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Maka nilai pukulan takiknya adalah :

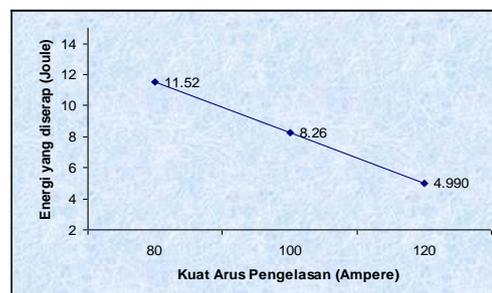
$$K = \frac{E}{A_o}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} K &= \text{nilai pukulan takik (J/mm}^2\text{)} \\ E &= 4,996 \text{ (Joule)} \\ A_o &= 100 \text{ (mm}^2\text{)} \\ K &= \frac{4,996}{100} \\ &= 0.0499 \text{ Joule/mm}^2 \end{aligned}$$

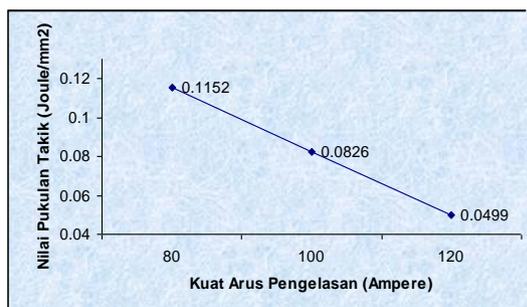
Tabel 10. Hasil Pengujian Impact

Jenis Spesimen	Kuat Arus (Amper)	Cos B Rata-rata (°)	Energi yang diserap (Joule)	Nilai Pukulan Takik (Joule/mm ²)
Spesimen I	80	140.167	11,52	0.1152
Spesimen II	100	141.333	8,26	0.0826
Spesimen III	120	143.333	4,996	0.0499



Gambar 17. Grafik Kuat Arus Versus Energi Yang Diserap

Dari Gambar 17 garfik menunjukkan bahwa energi yang paling tinggi diserap adalah pada pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere ini menunjukkan bahwa pengelasannya beersifat ule, sedangkan energi yang paling rendah diserap adalah pada pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere ini menunjukkan bahwa hasil pengelasan bersifat getas.



Gambar 18. Grafik Kuat Arus Versus Nilai Pukulan Takik

Dari Gambar 18 menunjukkan apabila kuat arus semakin ditingkatkan maka sambungan semakin bersifat getas, karena kuat arus yang tinggi lebih sempurna dalam mencairkan baja elektroda.

4.2. Pengujian Brinell



Gambar 19. Spesimen Yang Telah Diuji Dengan Brinell Test

Tabel 11. Diameter hasil penekanan pada pengujian Brinell

Specimen	Arus Pengelasan (Ampere)	Diameter Penekanan (mm)
I	80	5,1
II	100	5,0
III	120	4,9

Dari Tabel 11 maka didapatkan nilai BHN dari tiap-tiap pengelasan sebagai berikut :

1. Untuk pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere dengan diameter penekanan 5,1 mm maka nilai BHNnya adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{BHN} &= \frac{P}{\pi \cdot \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\
 &= \frac{3000}{\pi \cdot \frac{10}{2} (10 - \sqrt{10^2 - 5,1^2})} \\
 &= \frac{3000}{15,7(10 - \sqrt{100 - 26,01})} \\
 &= 136,4
 \end{aligned}$$

2. Untuk pengelasan dengan kuat arus 100 Ampere dengan diameter penekanan 5,0 mm maka nilai BHNnya adalah :

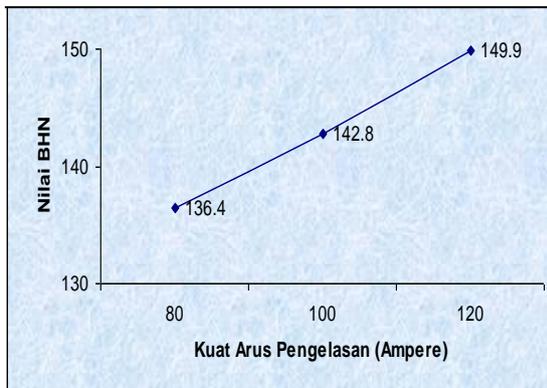
$$\begin{aligned}
 \text{BHN} &= \frac{P}{\pi \cdot \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\
 &= \frac{3000}{\pi \cdot \frac{10}{2} (10 - \sqrt{10^2 - 5,0^2})} \\
 &= \frac{3000}{15,7(10 - \sqrt{100 - 25})} \\
 &= 142,8
 \end{aligned}$$

3. Untuk pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere dengan diameter penekanan 4,9 mm maka nilai BHNnya adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{BHN} &= \frac{P}{\pi \cdot \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \\
 &= \frac{3000}{\pi \cdot \frac{10}{2} (10 - \sqrt{10^2 - 4,9^2})} \\
 &= \frac{3000}{15,7(10 - \sqrt{100 - 24,01})} \\
 &= 149,9
 \end{aligned}$$

Tabel 12. Hasil Pengujian Brinell Test

Specimen	Arus Pengelasan (Ampere)	Diameter Penekanan (mm)	Nilai BHN
I	80	5,1	136,4
II	100	5,0	142,8
III	120	4,9	149,9



Gambar 20. Grafik Kuat Arus Versus Nilai BHN

Dari Gambar 20 menunjukkan bahwa nilai BHN terendah adalah pada pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere dan paling tinggi pada pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere, ini disebabkan pengaruh kuat arus, semakin tinggi kuat arus maka cairan dari elektroda yang membeku semakin keras.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari seluruh kegiatan penelitian maka dapatlah disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi yang paling rendah diserap pada pengujian *impack* adalah 4,996 Joule pada pengelasan dengan kuat arus 120 Ampere.
2. Energi yang paling tinggi diserap pada pengujian *impack* adalah 11,52 Joule pada pengelasan dengan kuat arus 80 Ampere.
3. Nilai pukulan takik terendah pada pengujian *impack* adalah 0.0499 Joule/mm² yaitu pada kuat arus pengelasan 120 Ampere.
4. Nilai pukulan takik tertinggi pada pengujian *impack* adalah 0.1152 Joule/mm² yaitu pada kuat arus pengelasan 80 Ampere.
5. Semakin rendah kuat arus pengelasan maka sambungan pengelasan lebih bersifat ulet.
6. Semakin tinggi kuat arus pengelasan maka sambungan pengelasan lebih bersifat getas.

7. Nilai BHN terendah pada pengujian Brinell Test adalah pada kuat arus pengelasan 80 Ampere.
8. Nilai BHN tertinggi pada pengujian Brinell Test adalah pada kuat arus pengelasan 120 Ampere.
9. Semakin tinggi kuat arus pengelasan maka cairan elektroda yang membeku semakin keras.
10. Kuat arus pengelasan mempengaruhi sifat mekanik sambungan pengelasan.
11. Kuat arus 120 Ampere memiliki kemampuan meresap lebih dalam ke dalam spesimen daripada kuat arus 80 Ampere.

5.2. Saran

1. Jenis elektroda dapat digantikan dengan jenis yang lain untuk mengetahui sifat-sifat sambungan pengelasan yang lebih luas.
2. Jenis spesimen dapat digantikan dengan jenis yang lain untuk mengetahui sifat-sifat sambungan pengelasan yang lebih luas.
3. Ketika melakukan pengujian pengelasan dan *impack* sebaiknya memperhatikan keselamatan kerja yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Amstead, B, H, Ostwald, P, F, Begemen, M.L, 1992. *Teknologi Mekanik*, Cetakan ke Tiga, Erlangga, Jakarta.
- [2]. Grachino, W, Weeks, W, Johson, G, S, 1997, *Welding Teknologi*, 2nd Edition, American Technical Socirty, Chicago.
- [3]. N K Sriabivasan D, 1985, *Welding Teknologi*, 1st Edition, Khana Teac Publictions, Delhi.
- [4]. Newby, J, R, Dkk, 1987, *Metal Hand Book Ninth Edition Volume 8 Mechanical Testing*, American Society For Metals, Metal Parks, OHIO, 44073.
- [5]. Mudjujana, 2006, *Failure Analisis III Engineering Alication*, Yogyakarta.
- [6]. Sonawan H, Suratman R, 2004, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, Cetakan Pertama, CV Alvabeta, Bandung.