

**ANALISA PENGARUH ARUS PENGELASAN SMAW
PADA MATERIAL BAJA KARBON RENDAH
TERHADAP KEKUATAN MATERIAL HASIL SAMBUNGAN.**

Abdul Hamid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam,
Jl. Abuyatama no. 5, Batam Center, 29464, Indonesia

Abstrak - Pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan merupakan penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung dibuat meleleh dengan busur menyala atau panas yang didapatkan dari busur nyala listrik (gas pembakar). Dalam penelitian ini dilakukan pemakaian arus yang berbeda pada tiap spesimen, material yang digunakan S355JO, elektroda E7018-1 diameter 2,6mm posisi pengelasan mendaki(*vertical*), arus yang digunakan 70A, 75A, 80A. dalam pelaksanaan pengelasan menggunakan metode pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Weldin*). Kemudian diambil nilai dampak metode Charpy pada daerah logam las dan nilai kekerasan metode Vickers di daerah logam induk, HAZ, dan logam las. Dari hasil penelitian dampak metode Charpy, nilai arus pengelasan 80A lebih tinggi dari pada arus pengelasan 70A dan 75A. Sedangkan angka kekerasan arus pengelasan 70A mendapatkan kekerasan yang lebih tinggi dari arus pengelasan 75A dan 80A.

Kata kunci : *Interpolasi, SMAW, E7018-1, Vickers, Charpys*

Abstract - According DIN(*Deutsche Industries Norman*) welding is metallurgy composition on connection of metal or the metal unity likes in dirty condition or liquid condition, so welding is connection two metals become one metal that ways heating. Where two top of metal to connect with curve electric (burner gas). In this welding research usage a different stream on every specimen, this welding research using a material S355JO, electrodes E7018-1, diameter 2,6 mm with position vertical welding. Then, the welding usage a stream 70A, 75A and 80A. in this welding execution using SMAW method so it can get impact rate Charpy on the area of metal and it can get hardness rate of method Vickers on the original metal, HAZ and metal welding. From this research Charpy impact methods, the welding rate stream is higher 80A better than 70A and 75 A. whereas, hardness point of 70A is getting a higher hardness stream better than 75A and 80A.

Keywords : *Interpolasi, SMAW, E7018-1, Vickers, Charpys*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengelasan adalah suatu pekerjaan yang paling sering digunakan dalam dunia konstruksi dan industri sekarang ini. Pengelasan sering digunakan untuk perbaikan dan pemeliharaan dari semua alat-alat yang terbuat dari logam, baik sebagai proses penambalan retak-retak,

penyambungan sementara, maupun pemotongan bagian-bagian logam. Faktor yang mempengaruhi pengelasan adalah prosedur pengelasan yaitu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan sebuah konstruksi yang sesuai dengan rencana serta spesifikasi yang diinginkan dalam pelaksanaan tersebut.

Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi secara umum adalah pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan dengan busur nyala logam terlindung atau biasa disebut *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode SMAW banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien.

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negative dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif.

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 1997).

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 70A, 75A dan 80A. Pengambilan Amper dimaksudkan sebagai pembanding dengan interval arus diatas.

Batasan Masalah

Penulis membatasi masalah yang akan dibahas untuk mencapai hasil pembahasan yang maksimum. Adapun batasan masalah ini adalah menganalisa dan menlingkupkan tingkat penelitian, adapun antara lain:

1. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah S355JO
2. Perlakuan pengelasan menggunakan 70Amper, 75Amper dan 80Amper
3. Proses pengelasan menggunakan las SMAW DC+ Polaritas terbalik.
4. Pengujian yang dilakukan meliputi :pengujian ketangguhan dan pengujian kekerasan
5. Elektroda yang digunakan E7018-1 diameter 2.6mm.
6. Posisi pengelasan mendaki (*vertical*)
7. Voltage pengelasan yang digunakan 50-85 volt.

Rumusan Masalah

Dari pemaparan latar belakang diatas, adapun beberapa rumusan masalah yang akan diangkat, berikut rumusan masalah :

1. Apakah ada pengaruh arus pengelasan terhadap tenaga patah baja karbon rendah S355JO hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7018-1?
2. Apakah ada pengaruh arus pengelasan terhadap kekerasan baja karbon rendah S355JO hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7018-1 ?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh arus pengelasan terhadap kualitas tenaga patah baja karbon rendah S355JO hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7018-1 perubahan kekuatan pada uji impak setelah diberikan panas yang berbeda.
2. Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh arus pengelasan terhadap kualitas kekerasan baja karbon rendah S355JO hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7018-1 perubahan kekuatan pada uji kekerasan setelah diberikan panas yang berbeda.

Manfaat Penelitian

Sebagai peran nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya teknik pengelasan, maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian ini, diantaranya :

1. Dengan penelitian dapat menjadi sebuah informasi bagian akademisi dan praktisi dalam meningkatkan kualitas pengelasan.
2. Dengan penelitian ini peneliti mendapatkan banyak pengalaman tentang pentingnya suatu prosedur pengelasan untuk keberhasilan sebuah konstruksi.
3. Sebagai informasi penting guna meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian bahan, pengelasan dan bahan teknik.

METODE PENELITIAN.

Dimensi Benda Uji

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah plat baja karbon rendah S355JO.
2. Ketebalan material plat 20 mm.
3. Elektroda yang digunakan adalah jenis E7018-1 dengan diameter 2.6 mm.
4. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi mendaki (*vertical*)
5. Arus pengelasan yang digunakan adalah 70A, 75A, dan 80A.
6. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 3mm tinggi akar 2 mm dengan sudut kampuh 60°
7. Bentuk spesimen benda uji mengacu pada ASTM A370-12 2012 untuk pengujian ketangguhan.

Metode dan sampel penelitian.

1. Proses pemotongan material plat.
2. Pengelasan.
3. Pembuatan bentuk spesimen benda uji.
4. Pengujian ketangguhan dan kekerasan dilakukan di PT hitest Batam Agustus – September 2014.

Populasi sampel dalam penelitian ini adalah semua hasil dari proses pengelasan material baja rendah S355JO proses las SMAW dengan menggunakan elektroda E 7018-1.

Sampel dalam penelitian ini adalah hasil dari proses pengelasan material baja rendah S355JO dengan proses las SMAW dengan menggunakan elektroda E 7018-1. Jumlah sampel dalam penelitian terdiri dari 3 kelompok yaitu material pengelasan yang diberi arus 70A, 75A, 80A.

Pelaksanaan Penelitian.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Plat dari jenis baja karbon rendah S355JO.
2. Elektroda las yang digunakan E 7018-1 dengan diameter 2.6mm.
3. Kampuh yang digunakan adalah kampuh V terbuka dengan jarak antar plat 3mm, tinggi ujung kampuh 2mm dan sudut kampuh 60°

2.3.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Mesin las AC/DC.
2. Sikat kawat.
3. Mesin skrap.
4. Mesin frais.
5. Peralatan pengelasan.
6. Penggaris.
7. Mesin amplas.
8. Kikir.
9. *Bevel protector* (alat ukur sudut)
10. Mesin uji ketangguhan
11. Mesin uji kekerasan

Proses pelaksanaan pemotongan dan penyetelan

Langkah-langkah yang dilakukan adalah :

1. Membuat ukuran pada bidang material baja, dengan ukuran lebar 150 mm, panjang 150mm dengan ketebalan material 20 mm.
2. Dilanjutkan dengan pemotongan sesuai bidang ukuran tersebut.
3. Setelah itu dilakukan pemotongan sudut kampuh sebesar 30° setiap 1 sisi material.



Gambar 1. Proses pemotongan sudut kampuh

4. Selanjutnya dilakukan penyetelan lebar celah 3 mm diantara sudut kampuh.



Gambar 2. Material hasil penyetelan kampuh

Proses pelaksanaan pengelasan Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah

1. Mempersiapkan mesin las SMAW AC/DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik.
2. Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.
3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendaki (*vertical*).
4. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 60° dengan lebar celah 3mm.
5. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus pada jarum nol. Kemudian penjepit negatif (-) dari mesin las di tempatkan pada material dasar kabel positif dipasangkan dengan elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 70A, 75A, 80A. selanjutnya mulai dilakukan pengelasan spesimen.



Gambar 3. Penyetelan mesin las 70 A



Gambar 4. Penyetelan mesin las 75 A.



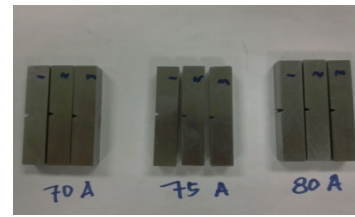
Gambar 5. Penyetelan mesin las 80 A.

Proses pembuatan spesimen uji

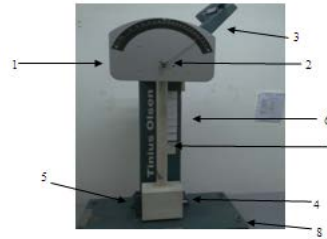
Spesimen uji ketangguhan

Setelah proses pengelasan selesai maka dilanjutkan pembuatan spesimen sesuai standar *ASTM A370-12 2012*, yang nantinya akan diuji ketangguhan, langkah-langkah sebagai berikut.

- Meratakan alur pengelasan dengan mesin frais.
- Bahan dipotong dengan lebar 60mm x 11mm x 11mm setelah itu difrais untuk mendapatkan sesuai dengan standar *ASTM A370-12 2012*.
- Setelah proses selesai kemudian benda kerja dirapikan dengan kikir dan dihaluskan dengan menggunakan amplas.
- Setelah diampelas untuk mendapatkan permukaan yang lebih halus maka diberi *autosol*.
- Benda yang telah diberi *autosol* dimasukkan kedalam cairan *etsa* dan kemudian dibilas dengan alcohol dan air sehingga kita dapat melihat daerah logam hasil dari pengelasan tersebut.
- Setelah didapat daerah logam hasil pengelasan tersebut maka diberi tekikan sesuai dengan standar *ASTM A370-12 2012* yaitu dengan ukuran 55mm x 10mm x 10mm.



Gambar 6. Spesimen Uji impak.



Gambar 7. Alat pengujian ketangguhan

Keterangan

- Landasan busur derajat.
- Jarum penunjuk sudut.
- Lengan ayun
- Tuas perangkat.
- Landasan alat uji
- Beban (pendulum).
- Tempat benda uji dipasang

Spesimen Uji Kekerasan.

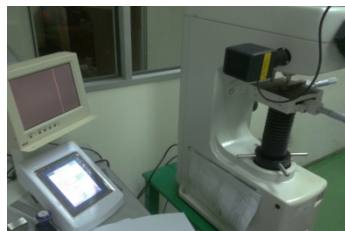
Setelah proses pengelasan selesai maka dilanjutkan pembuatan spesimen sesuai standar *ASTM A370-12 2012*, yang nantinya akan diuji ketangguhan, langkah-langkah sebagai berikut :

- Bahan dipotong dengan lebar 100mm x 20mm x 10mm setelah itu difrais untuk mendapatkan sesuai dengan standar *ASTM A370-12 2012*.
- Meratakan alur pengelasan dengan mesin frais
- Setelah proses selesai kemudian benda kerja dirapikan dengan kikir dan dihaluskan dengan menggunakan amplas.
- Setelah diampelas untuk mendapatkan permukaan yang lebih halus maka diberi *autosol*.
- Benda yang telah diberi *autosol* dimasukkan kedalam cairan *etsa*

dan kemudian dibilas dengan alcohol dan air sehingga kita dapat melihat daerah logam hasil dari pengelasan tersebut.



Gambar 8. Spesimen Uji Kekerasan



Gambar 9. Mesin pengujian kekerasan Vickers.

Analisis data

Analisis data yang digunakan dalam Penelitian ini adalah mengolah data yang di dapatkan dari hasil pengujian. Kemudian diolah dalam persamaan statistika yaitu mencari rata-rata (*mean*) sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata (mean)} = \frac{\sum x_i}{N}$$

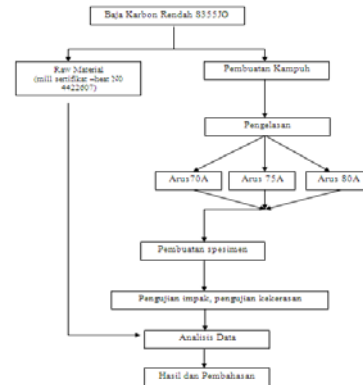
Dimana :

n = nilai

N = jumlah data tiap variable

Data yang diperoleh merupakan data yang bersifat kuantitatif berarti data berupa angka-angka yang selanjutnya disajikan dengan diagram

Diagram Alir Penelitian

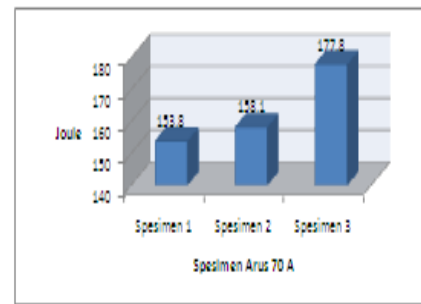


HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

3.1.1. Hasil Uji Impak Metode Charpy

A. Spesimen Arus 70 Ampere



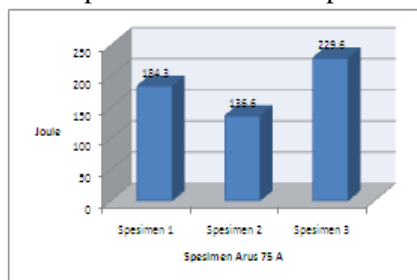
Gambar 10. Diagram tenaga patah Arus 70 Amper

Nilai rata-rata tenaga patah dari Spesimen Arus 70 Amper sebesar 163.22 Joule. Nilai patah pada spesimen 1 didapat angka 153.8 joule, dan pada Spesimen 2 didapatkan angka 158.1 Joule serta pada spesimen 3 angka yang cukup tinggi dibandingkan dari Spesimen 1 dan Spesimen 2 sebesar 177.8 Joule



Gambar 11. Spesimen hasil tes impact Arus 70 amper

B. Spesimen Arus 75 ampere.



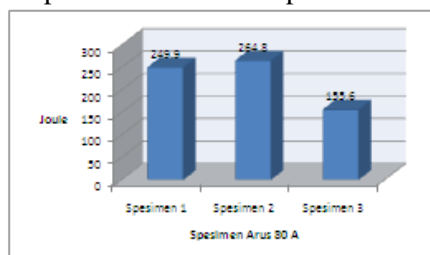
Gambar 12. Diagram Tenaga patah Arus 75 Amper.

Nilai tenaga patah dari Spesimen Arus 75 amper sebesar 183.50 Joule. Nilai patah pada spesimen 1 didapat angka 184.3 joule, dan pada Spesimen 2 didapatkan angka rendah sebesar 136.6 Joule serta pada spesimen 3 angka yang cukup tinggi dibandingkan dari Spesimen 1 dan Spesimen 2 sebesar 229.6 Joule.



Gambar 13. Spesimen hasil tes dampak Arus 75 Amper

C. Spesimen Arus 80 ampere.



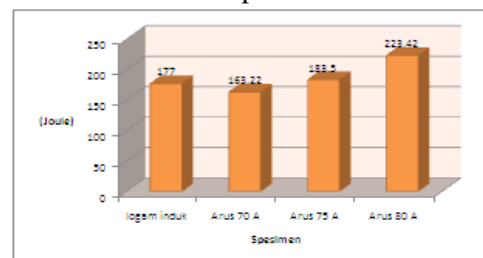
Gambar 14. Diagram Tenaga patah Arus 80 Amper

Nilai tenaga patah dari Spesimen Arus 80 amper sebesar 223.42 joule. Nilai patah pada spesimen 1 didapat angka 249.9 joule, dan pada Spesimen 2 didapatkan angka 264.8 Joule serta pada spesimen 3 angka yang cukup rendah dibandingkan

dari Spesimen 1 dan Spesimen 2 sebesar 155.6 Joule



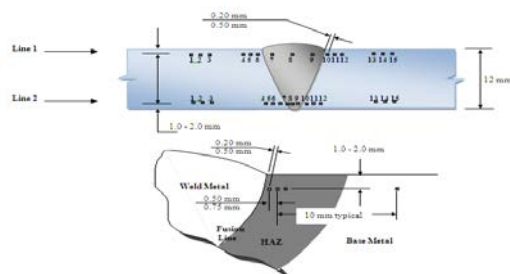
Gambar 15. Hasil pengujian tes dampak arus 80 Amper.



Gambar 16. Diagram Tenaga Patah

Dari gambar 4-7 menunjukkan nilai tenaga patah untuk kelompok *raws material*, kelompok arus pengelasan 70 Amper, kelompok arus pengelasan 75 Amper dan kelompok Pengelasan 80 Amper. Nilai patah kelompok arus pengelasan 70 Amper mengalami penurunan sebesar 7.44% dari kelompok *raw material*. Kelompok arus pengelasan 75 Amper mengalami kenaikan sebesar 3.54 % dari kelompok *raws material*. Pada tenaga patah Arus pengelasan 80 Amper mengalami kenaikan sebesar 20.77 % dari tenaga patah *raws material*.

Hasil Uji Kekerasan.



Gambar di atas menunjukkan bahwa titik pengujian kekerasan terdiri dari logam induk, Haz dan logam las. Dimana dalam pengujian ini penentuan titik kekerasan dibedakan dalam dua garis, garis 1 berada di posisi atas pengelasan dan posisi ke 2 berada pada bagian bawah pengelasan

Gambar 17. Posisi titik pengujian kekerasan

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Titik	Daerah	Spesimen					
		Arus 70 A		Arus 75 A		Arus 80A	
		Line 1	Line 2	Line 1	Line 2	Line 1	Line 2
1	Base Metal	155	169	171	175	155	163
2		154	168	170	166	158	173
3		158	162	163	165	162	167
13		159	182	161	160	167	158
14		161	226	161	161	167	165
15		161	266	157	166	164	178
Rata-rata		158	195,5	163,8	165,5	162,1	167,3
Rata-rata line 1 + line 2		176.75		164.65		164.7	
4	HAZ	191	193	217	176	220	182
5		198	192	226	174	225	197
6		199	197	233	173	222	195
10		192	186	208	196	208	178
11		192	184	196	187	208	182
12		186	179	193	183	191	184
Rata-rata		193	188,5	212,1	181,5	212,3	186,3
Rata-rata line 1 + line 2		190.75		196.8		199.3	
7	Weld Metal	235	171	186	182	201	175
8		221	170	183	180	177	174
9		203	167	189	184	194	166
Rata-rata		219,6	169,3	186	182	190,6	171,6
Rata-rata line 1 + line 2		194.45		184		181.1	

Pembahasan

Hasil pengujian impak metode *charpy* arus pengelasan 70 Amper mengalami penurunan harga impak dari nilai rata-rata sebesar -7,44%

dari logam induk, sedangkan arus pengelasan 75 amper nilai kekerasan mengalami kenaikan sebesar 3,54% logam las dan nilai kekerasan pada arus pengelasan 80 amper mengalami angka yang sangat tinggi dibandingkan dengan logam induk sebesar 20,77%. Berarti nilai impak metode *charpy* yang didapatkan dari

variabel amper telah memenuhi syarat standar dari minimum EN 10025:1990+A1:1993 sebesar 27 Joule.

Dilihat dari tabel 4-5 hasil kekerasan *Vickers*, penulis mencoba mengkonversi hasil tersebut kedalam *tensile strength* dengan melakukan persamaan interpolasi sebagai berikut :

X ¹	Y ¹
Z..?	W
X ²	Y ²

Jadi

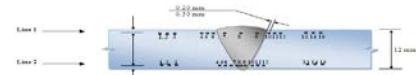
$$Z = Y + (Y^1 - Y^2) \times \frac{(W - X^2)}{(X^1 - X^2)} \quad (3-1)$$

Tabel 2. Konversi *Vickers* ke *Tensile strength*

Applies for plain carbon and low-alloy steels and cast steel and to a limited extent for high-alloy and/or work hardened steel.

Tensile Strength (N/mm ²)	Brinell Hardness (HB)	Vickers Hardness (HV)	Rockwell Hardness (HRC)	Rockwell Hardness (HRF)
235	95	90		
320	95	100	56.2	
350	105	110	62.3	
385	114	120	66.7	
415	124	130	71.2	
450	133	140	75.0	
485	143	150	79.7	
510	152	160	83.7	
545	162	170	85.0	
575	171	180	87.1	
610	181	190	89.5	
640	190	200	91.5	
675	199	210	93.5	
705	209	220	95.0	
740	219	230	96.7	
770	228	240	98.1	
800	238	250	99.5	
820	242	255		23.1
850	252	265		24.8
880	261	275		26.4
900	266	280		27.1
930	276	290		28.5
950	280	295		29.2
995	295	310		31.0
1030	304	320		32.2
1060	314	330		33.2
1095	323	340		34.4
1125	333	350		35.5
1155	342	360		36.6
1190	352	370		37.7
1220	361	380		38.8
1255	371	390		39.8
1290	380	400		40.8
1320	390	410		41.8
1350	399	420		42.7
1385	409	430		43.6
1420	418	440		44.5
1455	428	450		45.3
1485	437	460		46.1
1485	437	460		46.1
1520	447	470		46.9
1555	456	480		47.7
1595	466	490		48.4
1630	475	500		49.1
1665	485	510		49.8
1700	494	520		50.5
1740	504	530		51.1
1775	513	540		51.7
1810	523	550		52.3
1845	532	560		53.0
1880	542	570		53.6
1920	551	580		54.1
1955	561	590		54.7
1995	570	600		55.2
2030	580	610		55.7
2070	589	620		56.3
2105	599	630		56.8
2145	608	640		57.3
2180	618	650		57.8

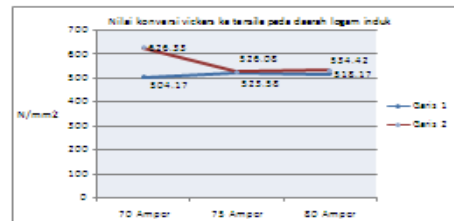
Dari persamaan interpolasi tersebut dimasukkan data tabel konversi dibawah ini dihitung dengan angka kekerasan yang di dapatkan pada pengujian.



Tabel 4-8. Tabel Konversi Setelah Interpolasi

Tik	Daerah	Spesimen												
		Arus 70 Amper						Arus 80 Amper						
		Lap. 1		Lap. 2		Lap. 1		Lap. 2		Lap. 1		Lap. 2		
1	Logam Induk	155	495	109	541.5	171	548	175	565	155	495	163	520.1	
2		154	492	168	538	170	545	166	531	158	504	173	554	
3		158	504	162	517	163	523.5	165	527.5	162	517	167	534.5	
13		159	507	182	582	161	515.5	160	510	167	534.5	158	504	
14		161	513.5	236	726	161	513.5	161	513	167	534.5	165	527.5	
15	161	513.5	266	883.5	157	501	160	510	164	524	178	566		
	Rata-rata	159	504.6667	185.5	626.3333	162.8	522.8333	165.5	526.0833	162.1	516.1667	167.3	534.0167	
	Rata-rata Line 1 + Line 2 (Joule)	116.75												
	Rata-rata Line 1 + Line 2 (N/mm ²)	505.54												
4	HAZ	101	419	103	419	217	606	176	543	230	705	182	587	
5		198	634	192	616	226	726	174	557	225	724.5	197	631	
6		199	637	197	631	233	749	173	554	222	711	195	625	
10		192	616	184	596	208	608	196	628	208	608	178	589	
11		192	616	184	596	196	628	187	599.5	208	608	182	582	
12		186	596	179	572	193	619	183	585.5	191	613	184	589	
		Rata-rata	192	618.6667	188.5	613.8333	212.1	621	181.5	581.6667	212.3	621.25	186.3	597.1667
		Rata-rata Line 1 + Line 2 (Joule)	192.75											
		Rata-rata Line 1 + Line 2 (N/mm ²)	611.25											
7		Logam Las	235	755	171	548	186	596	182	587	201	643.5	175	560
8			221	708.5	170	545	183	585.5	180	578	177	566	174	557
9			203	690.5	167	531	189	606.5	184	599	194	622	166	531
	Rata-rata		219.6	704.6667	169.3	541.3333	186	596	182	587	190.6	610.5	171.6	549.3333
	Rata-rata Line 1 + Line 2 (Joule)		196.45											
	Rata-rata Line 1 + Line 2 (N/mm ²)	589.5												
	Total rata-rata (N/mm ²)	599.8333333												
		582.4722222												
		581.8055556												

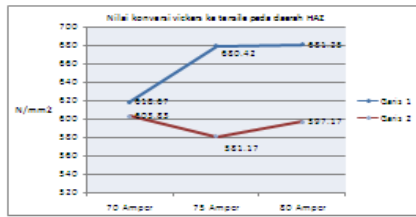
Hasil Konversi Pada Daerah Logam Induk



Gambar 18. Grafik Konversi Hasil Kekerasan ke Uji Tarik pada Daerah Logam Induk

hasil konversi kekerasan *vickers* ke *tensile strength* setelah masukkan ke persamaan interpolasi didapatkan bahwa pada arus pengelasan 70 Amper pada garis 1 sebesar 504,17 N/mm² sedangkan pada garis 2 nilai uji tarik sebesar 626,33 N/mm², dan pada arus pengelasan 75 Amper cenderung mendapatkan nilai yang tidak jauh berbeda dimana pada garis 1 didapatkan sebesar 523,58 N/mm², garis 2 sebesar 526,08 N/mm². Begitu juga dengan Arus pengelasan 80 Amper hasil uji tarik garis 1 tidak jauh berbeda dengan garis 2, dimana garis 1 sebesar 518,16 N/mm² dan garis 2 sebesar 534,41 N/mm².

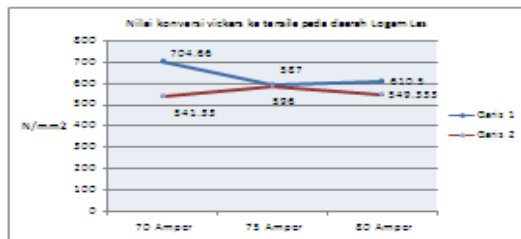
Hasil Konversi Pada Daerah HAZ



Gambar 19. Grafik Konversi Nilai Kekerasan ke Uji Tarik pada daerah HAZ

Gambar 4-16. Hasil konversi *vickers* ke *tensile strength* pada daerah HAZ. Pada arus pengelasan 70 Amper nilai *tensile strength* garis 1 sebesar 618,67 N/mm², garis 2 sebesar 603,83 N/mm². Sedangkan pada arus pengelasan 75 Amper terjadi perubahan yang tinggi, dimana garis 1 nilai *tensile strength* sebesar 680,42 N/mm², garis 2 sebesar 581,17 N/mm². Begitu juga dengan arus pengelasan 80 Amper mendapatkan angka perubahan yang tinggi, pada garis 1 nilai *tensile strength* sebesar 681,25 N/mm², dan pada garis 2 sebesar 597,17 N/mm².

Hasil Konversi Pada Daerah Logam Las

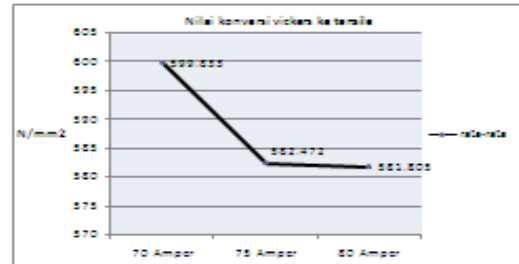


Gambar 20 Grafik Konversi Nilai Kekerasan ke Uji Tarik pada Daerah Logam Las

Gambar 4-17. Hasil konversi kekerasan *vickers* ke *tensile strength* pada daerah logam las. Pada arus pengelasan 70 Amper terjadi perbedaan nilai *tensile strength* yang cukup jauh, nilai *tensile strength* garis 1 sebesar 704,66 N/mm² dan *tensile strength* pada garis 2 sebesar 541,33 N/mm². Sedangkan pada arus pengelasan 75 Amper tidak terjadi perbedaan *tensile strength* yang tinggi,

dimana *tensile strength* garis 1 sebesar 596 N/mm², garis 2 sebesar 587 N/mm². Pengujian arus pengelasan 80 Amper nilai garis *tensile strength* garis 1 sebesar 610,5 N/mm², sedangkan pada garis 2 lebih rendah sebesar 549,33 N/mm².

Nilai Rata-rata Hasil Konversi



Gambar 21 Grafik Nilai Rata-rata Hasil Konversi *Vickers* ke *Tensile strength*

Rata-rata dari hasil konversi *vickers* ke *tensile strength* dimasukkan pada tabel 4-18. Pengujian arus pengelasan 70 amper nilai rata-rata *tensile strength* cukup tinggi dibandingkan dengan arus pengelasan variasi lainnya, dimana didapatkan sebesar 599,833 N/mm², sedangkan pada pengelasan arus 75 Amper sebesar 582,472 N/mm² dan arus pengelasan 80 amper sebesar 581,805. Dari hasil tersebut nilai variasi amper yang diberikan pada proses pengelasan telah memenuhi standar EN 10025:1990+A1:1993 sebesar 490-630 N/mm² untuk ketebalan material ≥ 3 mm dan ≤ 100 mm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Nilai kekuatan dampak kelompok arus pengelasan 80 amper paling tinggi dibandingkan dengan kelompok variasi 70 Amper dan 75 Amper serta logam induk (*mill Sertifikat-HN4422607*). Nilainya mengalami kenaikan 46,42 joule dari logam induk
2. Nilai kekerasan setelah di konversikan ke *tensile strength* melalui persamaan interpolasi

didapatkan arus pengelasan 70 amper lebih tinggi sebesar 17,36 N/mm² dibandingkan arus pengelasan 75 Amper dan 80 Amper.

3. Mengacu pada standar EN 10025:1990+A1:1993 material S355JO kekuatan impak minimal 27 Joule dan nilai *tensile strength* sebesar 490-630 N/mm², di lihat dari pengujian yang telah dilaksanakan arus pengelasan 75 Amper dan 80 Amper bisa dipakai untuk pengerjaan pengelasan pada proses produksi dan berdasarkan penelitian ini di anjurkan memakai arus 77,5 A ± 2,5 A.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan setelah melakukan pengelasan seperti pengujian uji tarik (*tensile strength*) untuk mengetahui kekuatan tarik, serta pengujian mikro untuk mengetahui perubahan struktur butir akibat variasi amper yang berbeda.
2. Sebaiknya sebelum melakukan pengelasan elektroda dipanaskan atau ditempatkan di dalam *dryer* untuk menghilangkan difrogen yang ada didalam fluks, karena hydrogen akan menyebabkan hasil pengelasan kurang berkualitas.
3. Perlu dilakukan menambahkan variasi amper yang bertujuan untuk mengetahui nilai terendah dan tertinggi dari uji impak dan kekererasan

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, S. , 1997, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta

ASTM A370-12a, 2012. Standard Test Methods And Definitions for Mechanical Testing of Steel Product.

Heru Saputro, 2011, Pengaruh Pemberian Panas Awal dengan Pengelasan SMAW(*Shielded Metal Arc Welding*) Terhadap Ketangguhan Impak Baja Keylos 50, *Tugas Akhir Teknik Mesin*, Universitas sebesas Maret. Surakarta.

Santoso Joko, 2006, Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW Dengan Elektroda E7018, *Tugas Akhir Teknik Mesin*, Universitas Negeri Semarang. Semarang

Suradi, 2006, Analisa sifat Mekanis Pada Pengelasan SMAW dengan Material Baja Tahan Karat SA 240 Type 304, *Tugas Akhir Teknik Mesin*, Universitas Batam. Batam

Surdia Tata & Saito Shiroku. 2000. Pengetahuan Bahan Teknik. Pradnya Paramita:Jakarta

Swirdharto, 1996, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita:Jakarta

The European Standart EN 10025 : 1990, with the incorporation of its amendment A1 :1993 has the status of a British standard

Vlack Lawrence H. van. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Alih bahasa oleh ir. Sriati Djaprie, M.E.,M.Met. Erlangga,:Jakarta.

Wiryosumarto, Harsono dan Okumura Toshie , 2004. *Teknologi pengelasan logam*, PT. Pradya Paramita, Jakarta

Wibowo Farid Wahyu, 2013, Pengaruh Holding Time Annealing Pada Sambungan SMAW Terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS45, *Tugas Akhir Teknik Mesin*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.