

PENGARUH *HEAT INPUT* PROSES PENGELASAN PADA PELAT BAJA ST37 TERHADAP KEKUATAN TARIK LAS SMAW DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA E7018

Moustahid¹, Hasrin Lubis², Mawardi²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata
Email : dekmusderedy8809@gmail.com

Abstrak

Heat input pada las sangat mempengaruhi struktur fase, ketangguhan, laju pendinginan serta distorsi. Komposisi kimia pada weld zone (WZ) dan level heat input secara langsung berakibat pada struktur mikro dan ketangguhan las. Heat input akan mempengaruhi laju pendinginan las, yang berakibat pada perubahan struktur mikro pada las. Heat input yang tinggi akan menyebabkan terjadinya distorsi yang besar baik distorsi sudut, distorsi lengkung, maupun buckling pada pelat tipis. Hal ini dikarenakan heat input yang besar akan menyebabkan regangan thermal yang tidak merata semakin besar sehingga regangan ini berakibat pada distorsi pada benda yang tidak ditahan pada ujungnya. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja paduan rendah sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter kekuatan (kekuatan tarik dan kekuatan luluh), parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya persentase perpanjangan dan persentase kontraksi atau reduksi penampang. Arus pengelasan 80 A akan menghasilkan heat input sebesar 32.664 J/mm dan memiliki kekuatan tarik sebesar 41.35 Kgf/mm², arus pengelasan 90 A akan menghasilkan heat input sebesar 80.983 J/mm dan memiliki kekuatan tarik sebesar 42.28 Kgf/mm², dan arus pengelasan 100 A akan menghasilkan heat input sebesar 112 J/mm dan memiliki kekuatan tarik sebesar 44.22 Kgf/mm². Pada raw material memiliki nilai pertambahan panjang terbesar yakni 24 mm. Dari data diatas terlihat bahwa semakin besar arus pengelasan maka akan menghasilkan patahan yang bersifat ulet.

Kata Kunci : Heat Input, SMAW, Ketangguhan Las, Kekuatan Tarik.

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Saat ini penyambungan logam dengan proses pengelasan semakin banyak digunakan, baik pada konstruksi bangunan, perpipaan, maupun pada konstruksi mesin. Ini disebabkan oleh banyaknya keuntungan yang diperoleh dari penyambungan dengan cara dilas. Luasnya penggunaan pengelasan karena biayanya murah, pelaksanaannya relatif lebih cepat, lebih ringan, kekuatannya tinggi, dan bentuk konstruksinya yang lebih variatif [1].

Heat input yang tinggi akan menyebabkan terjadinya distorsi yang besar baik distorsi sudut, distorsi lengkung, maupun buckling pada pelat tipis. Hal ini dikarenakan *heat input* yang besar akan menyebabkan regangan thermal yang tidak merata semakin besar sehingga regangan ini berakibat pada distorsi pada benda yang tidak ditahan pada ujungnya.

Heat input pada las sangat mempengaruhi struktur fase, ketangguhan, laju pendinginan serta distorsi. Komposisi kimia pada *weld zone* (WZ)

dan level *heat input* secara langsung berakibat pada struktur mikro dan ketangguhan las.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan khusus dari penulisan Skripsi ini adalah untuk mengetahui pengaruh *heat input* pengelasan terhadap kekuatan tarik las SMAW dengan elektroda E7018.

1.3 Batasan Masalah

1. Material yang digunakan adalah pelat baja ST37 yang dilakukan pengelasan dengan variasi arus 80, 90, dan 100 Ampere.
2. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah Uji Tarik.

2 Teori Dasar

2.1 Definisi Pengelasan

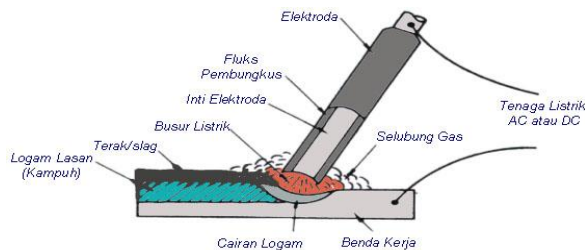
Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda, dan jenis kampuh yang digunakan [2].

2.1.1 Las Shield Metal Arc Welding

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah *Manual Metal Arc Welding (MMAW)* atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan [3]. Prinsip kerja las SMAW terlihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Prinsip Kerja Las SMAW

2.2 Spesifikasi Elektroda Terbungkus

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah.

Dalam pelaksanaan pengelasan memerlukan juru las yang sudah berpengalaman. Sifat mampu las *fluks* ini sangat baik maka biasa digunakan untuk konstruksi yang memerlukan tingkat pengaman.

2.3 Struktur Mikro Daerah Las

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi panas.

1. Daerah logam las. Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda. Karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair kemudian membeku, maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen, ketidakhomogennya struktur akan menimbulkan struktur ferit kasar dan bainit atas yang menurunkan ketangguhan logam las.
2. Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)*. Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)* adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las.
3. Daerah logam induk. Logam induk adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.

2.4 Material Pelat Baja ST37

Baja adalah logam campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Baja berbeda dengan besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Kandungan karbon berkisar antara 0.2 - 2.1% dari berat baja tergantung dari tingkatannya [4].

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja ST 37 adalah baja yang mempunyai kekuatan tarik maksimum 37 Kg/mm². Komposisi kimia baja ST37 terlihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Komposisi Kimia Baja ST37

Unsur Kimia	C	Si	Mn	S	P	Al	Cu
Persentase	0.12%	0.10%	0.50%	0.05%	0.04%	0.02%	0.10%

2.5 Definisi Masukan Panas (*Heat Input*)

Pencairan logam induk dan logam pengisi memerlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan dihasilkan dari bermacam-macam sumber tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan [5]. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energy pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\text{Heat Input (HI)} = \frac{\text{Tegangan Pengelasan (E)} \times \text{Arus Pengelasan (I)}}{\text{Kecepatan Pengelasan (v)}}$$

2.6 Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Proses *tensile test* atau pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok *raw materials* [6].

3. Metoda Penelitian

3.1 Tempat Penelitian

Persiapan spesimen dilakukan di Laboratorium *Welding Technology* dan Fabrikasi Logam Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pengujian kekuatan tarik dan ketangguhan dilakukan di Laboratorium Uji Material Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan selama melakukan penelitian ini terlihat seperti pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Alat penelitian

No	Nama Alat	Qty	Ket
1	Mesin las SMAW	1	Set
2	Gerinda tangan	1	Set
3	Alat ukur (jangka sorong)	1	Buah
4	<i>Automatic cutting torch</i>	1	Set
5	Perlengkapan keselamatan kerja las	1	Set
6	Kikir	1	Set
7	Kertas gosok	1	Buah
8	Palu	1	Buah

9	Sikat kawat	1	Buah
10	Mesin uji tarik	1	Set
11	Mesin uji ketangguhan	1	Set

Adapun bahan-bahan yang diperlukan dalam melaksanakan pengujian dan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pelat baja ST37 dengan ukuran lebar 100 mm, tebal 10 mm, dan panjang 300 mm.
2. Elektroda E7018 dengan diameter ϕ 3.2 mm.

3.3 Proses Pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan mesin las SMAW sesuai dengan polaritas DCEP (*Direct Current Electrode Positive*).
2. Mempersiapkan elektroda E7018 dengan diameter elektroda ϕ 3.2 mm terlihat seperti gambar 2 dibawah ini.



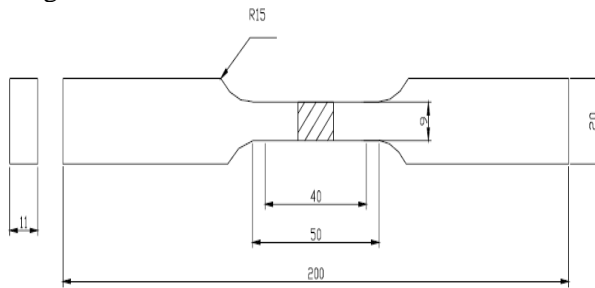
Gambar 2 Elektroda SMAW E7018

3. Mempersiapkan 2 buah pelat baja ST37 yang kedua sisi pelat telah dibevel 35°.
4. Buat *root face* selebar 3 mm dengan menggunakan gerinda tangan sama besar dan rata.
5. Hidupkan mesin las, kemudian elektroda dijepitkan pada *holder* elektroda dan massa pada mesin las dijepitkan pada meja las.
6. Atur *root gap* antara 2 pelat yang akan di las dengan ukuran 2 mm.
7. Ampere meter diatur pada angka 80 Ampere. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen pelat baja ST37 dimulai dari pengelasan *root pass*, *fill pass*, dan *cover pass*.
8. Ampere meter diatur pada angka 90 Ampere. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen pelat baja ST37 dimulai dari pengelasan *root pass*, *fill pass*, dan *cover pass*.
9. Ampere meter diatur pada angka 100 Ampere. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen pelat baja ST37 dimulai dari pengelasan *root pass*, *fill pass*, dan *cover pass*.

3.4 Pembuatan Spesimen Uji Tarik

Spesimen uji tarik mengacu pada standar JIS Z 2201 1981. Setelah proses pengelasan selesai maka dilanjutkan pembuatan spesimen sesuai JIS Z 2201 1981, yang nantinya akan diuji tarik. Spesimen uji tarik untuk satu variasi *heat input* berjumlah tiga spesimen, total keseluruhan spesimen uji tarik untuk tiga variasi *heat input* berjumlah Sembilan spesimen. Langkah-langkah pembuatan spesimen uji tarik sebagai berikut:

1. Meratakan alur hasil pengelasan dengan mesin frais.
2. Bahan dipotong-potong dengan ukuran panjang 200 mm dan lebar 22 mm.
3. Membuat gambar pada kertas yang agak tebal atau mal mengacu ukuran standar JIS Z 2201 1981.
4. Gambar atau mal ditempel pada bahan selanjutnya dilakukan pengefraisan sesuai dengan bentuk gambar dengan menggunakan pisau frais diameter 60 mm.
5. Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan permukaannya dengan kikir yang halus, selanjutnya benda diampelas sampai halus. Spesimen JIS Z 2201 1981 terlihat seperti gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Spesimen JIS Z 2201 1981

3.4.1 Pengujian Uji Tarik

Benda uji dijepit pada ragum uji tarik, setelah sebelumnya diketahui penampangnya, panjang awalnya dan ketebalannya. Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian tarik adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan kertas milimeter *block* dan letakkan kertas tersebut pada *plotter*.
2. Benda uji mulai mendapat beban tarik dengan menggunakan tenaga hidrolik diawali 0 kg hingga benda putus pada beban maksimum yang dapat ditahan benda tersebut.
3. Benda uji yang sudah putus lalu diukur berapa besar penampang dan panjang benda uji setelah putus.

4. Gaya atau beban yang maksimum ditandai dengan putusnya benda uji terdapat pada layar digital dan dicatat sebagai data.
5. Hal terakhir yaitu menghitung kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan, reduksi penampang dari data yang telah didapat dengan menggunakan persamaan yang ada. Mesin uji tarik terlihat seperti gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4 Mesin uji tarik

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja paduan rendah sebagai material uji dalam penelitian ini. Spesimen uji tarik terlihat seperti pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Spesimen uji tarik arus 80 A, 90 A, 100 A, dan spesimen tanpa pengelasan.

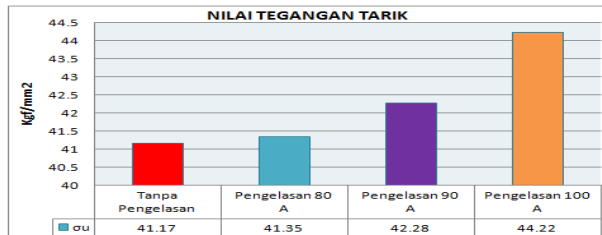
4.1.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Data-data hasil pengujian tarik pada kelompok tanpa pengelasan dan kelompok variasi arus pengelasan yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada. Data-data tersebut selanjutnya dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Nilai hasil uji tarik

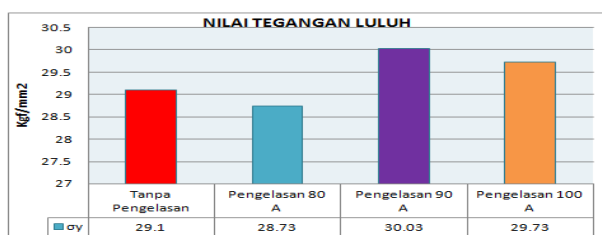
No	Arus Pengelasan (A)	Tegangan (V)	Masukan Panas (mm/detik)	σ_y (Kgf/mm ²)	σ_u (Kgf/mm ²)	ϵ (%)
1	Tanpa Pengelasan	-	-	29,10	41,17	18,44
2	80	20	32,664	28,73	41,35	13,27
3	90	25	80,983	30,03	42,28	15,01
4	100	28	112	29,73	44,22	14,50

Dari Tabel 3 di atas terlihat bahwa masukan panas terbesar terjadi pada arus pengelasan 100 A, yaitu sebesar 112 J/mm, sedangkan masukan panas terkecil terjadi pada arus pengelasan 80 A, yaitu sebesar 32,664 J/mm. Masukan panas yang besar akan menghasilkan aliran panas yang besar, begitu juga sebaliknya, pengelasan dengan masukan panas yang kecil akan menghasilkan aliran panas yang kecil. Data pada tabel 3 nilai hasil uji tarik selanjutnya dimasukkan kedalam diagram batang seperti terlihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6 Nilai tegangan tarik

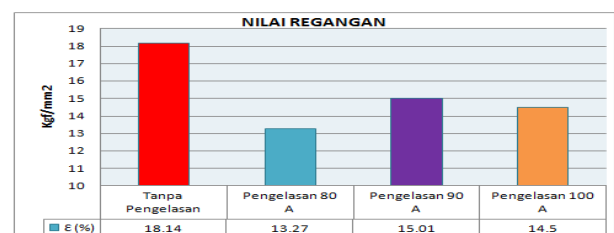
Nilai tegangan tarik untuk tanpa pengelasan adalah sebesar 41,17 Kgf/mm². Nilai tegangan tarik untuk specimen yang di las dengan arus 80 A adalah sebesar 41,35 Kgf/mm², terlihat bahwa terjadi peningkatan tegangan tarik sebesar 0,82 Kgf/mm² antara material tanpa pengelasan dengan specimen yang di las dengan arus 80 A. Selanjutnya nilai tegangan tarik untuk specimen yang di las dengan arus 90 A memiliki nilai sebesar 42,28 Kgf/mm², hal ini menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai tegangan tarik sebesar 1,11 Kgf/mm² dari material tanpa pengelasan dan 0,93 Kgf/mm² dari specimen yang dilakukan pengelasan dengan menggunakan arus pengelasan 90 A. Nilai tegangan tarik untuk specimen yang dilakukan pengelasan dengan menggunakan arus 100 A memiliki nilai sebesar 44,22 Kgf/mm². Nilai tegangan tarik tertinggi terjadi pada specimen yang dilakukan pengelasan dengan besar arus 100 A yakni 44,22 Kgf/mm² dan nilai tegangan tarik terendah terjadi pada material tanpa pengelasan yakni 41,17 Kgf/mm². Nilai tegangan luluh terlihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7 Nilai tegangan luluh

Data pada gambar 7 diatas menunjukkan nilai tegangan luluh material tanpa pengelasan sebesar 29,1 Kgf/mm². Nilai tegangan luluh untuk specimen yang dilakukan pengelasan dengan arus 80 A adalah sebesar 28,73 Kgf/mm², hal ini menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai tegangan luluh sebesar 0,37 Kgf/mm² antara material tanpa pengelasan dengan specimen yang dilas arus 80 A. selanjutnya nilai tegangan luluh untuk specimen yang dilakukan pengelasan dengan besar arus 90 A memiliki nilai sebesar 30,03 Kgf/mm², terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai tegangan luluh sebesar 0,93 Kgf/mm² antara material tanpa pengelasan dengan specimen yang dilakukan pengelasan dengan besar arus 90 A dan 1,3 Kgf/mm² antara specimen yang dilakukan pengelasan dengan besar arus 80 A dan 90 A.

Data pada gambar 8 dibawah ini menunjukkan nilai perpanjangan untuk material tanpa pengelasan adalah sebesar 18,14 %. Nilai perpanjangan untuk specimen pengelasan arus 80 A adalah sebesar 13,27 %, ini menunjukkan terjadinya penurunan nilai perpanjangan sebesar 4,87 % antara material tanpa pengelasan dengan spesimen pengelasan arus 80 A. Selanjutnya nilai perpanjangan untuk specimen yang dilakukan pengelasan dengan besar arus 90 A memiliki nilai perpanjangan sebesar 15,01 %, ini terlihat terjadi peningkatan nilai regangan sebesar 1,74 % antara specimen yang dilakukan pengelasan dengan besar arus 80 A dan 90 A. Nilai regangan pada spesimen pengelasan 100 A sebesar 14,5 %. Grafik nilai regangan terlihat seperti gambar 8 dibawah ini.



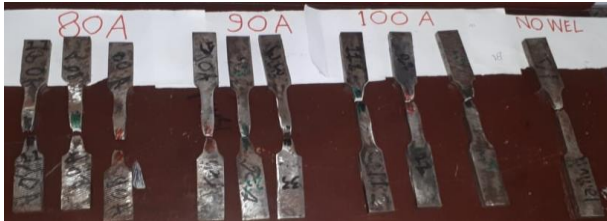
Gambar 8 Nilai regangan

4.2 Hasil Patahan Uji Tarik

Hasil patahan hasil uji tarik specimen arus pengelasan 80, 90, dan 100 A memperlihatkan bahwa patahan yang terjadi pada specimen tersebut adalah patahan ulet. Patah ulet merupakan patah yang diakibatkan oleh beban statis yang diberikan pada material, jika beban dihilangkan maka penjaralan retak akan berhenti. Ciri-ciri patah ulet adalah ada reduksi luas penampang patahan akibat

tegangan uniaksial, dan terjadinya pengecilan pada daerah patahan.

Selama proses pengelasan, siklus thermal terjadi pada daerah logam las dan HAZ diantaranya yaitu pemanasan hingga mencapai suhu tertentu. Hal tersebut mempengaruhi sifat mekanik logam las dan HAZ, sehingga logam las akan mengalami transformasi fasa. Hasil uji tarik terlihat pada gambar 9 dibawah ini.

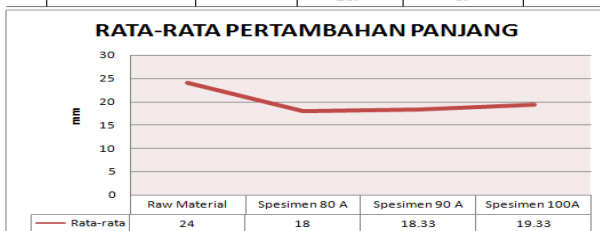


Gambar 9 Hasil uji tarik spesimen arus 80, 90, dan 100 A

Siklus *thermal* yakni pencairan kemudian pembekuan. Kondisi ini menyebabkan perubahan dari logam yang bersangkutan, sedangkan perubahan ukuran butir yang terbentuk pada struktur material mengakibatkan nilai kekuatan tarik akan berbeda. Pertambahan panjang terlihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Pertambahan panjang setelah putus

No	Spesimen	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Pertambahan Panjang (mm)	Rata-rata (mm)
1	Tanpa Pengelasan	200	224	24	24
2	Spesimen 80 A	200	217	17	18
			218	18	
			219	19	
3	Spesimen 90 A	200	219	19	18.33
			218	18	
			218	18	
4	Spesimen 100 A	200	220	20	19.33
			219	19	
			219	19	



Gambar 10 Diagram rata-rata pertambahan panjang

Dari gambar 10 diatas terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai pertambahan panjang seiring dengan besarnya arus pengelasan. Nilai pertambahan panjang terbesar pada spesimen yang dilakukan pengelasan terjadi pada arus pengelasan 100 A yakni sebesar 19.33 mm, kemudian diikuti spesimen yang dilakukan pengelasan dengan arus 90 A yakni sebesar 18.33 mm dan spesimen pengelasan 80 A yakni sebesar 18 mm. Dari data diatas terlihat bahwa semakin besar arus pengelasan maka akan menghasilkan patahan yang bersifat ulet.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian tentang Pengaruh *Heat Input* Proses Pengelasan pada Pelat Baja ST37 terhadap Kekuatan Tarik dengan Elektroda E7018, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Arus pengelasan 80 A akan menghasilkan *heat input* sebesar 32.664 J/mm dan memiliki kekuatan tarik sebesar 41.35 Kgf/mm², arus pengelasan 90 A akan menghasilkan *heat input* sebesar 80.983 J/mm dan memiliki kekuatan tarik sebesar 42.28 Kgf/mm², dan arus pengelasan 100 A akan menghasilkan *heat input* sebesar 112 J/mm.
2. *Heat Input* proses pengelasan akan mempengaruhi sifat mekanik pada pelat baja ST37. *Heat Input* yang besar akan menghasilkan kekuatan tarik yang baik. Parameter *heat input* yang baik adalah arus 100 A, tegangan 28 V yang dapat menghasilkan kekuatan tarik sebesar 44,22 Kgf/mm².
3. Semua spesimen pada saat dilakukan pengujian tidak putus pada daerah lasan, ini menandakan bahwa sambungan las dengan elektroda E7018 yang digunakan dan parameter pengelasan yang diberikan menghasilkan kekuatan sambungan yang baik.

6. Saran

Adapun beberapa saran yang dapat penulis berikan adalah perlu ditambahkan inspeksi pada hasil pengelasan untuk mengetahui hasil las sudah sesuai dengan spesifikasi, karena cacat las yang terjadi akibat kesalahan pada proses pengelasan akan mempengaruhi data dari proses pengujian.

7. Daftar Pustaka

- [1] Hamdani. (2019). *Pengaruh Masukan Panas Proses Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Baja AISI 1045 : Suatu Kajian Eksperimental dan Analisa Numerik*. Jurnal Polimesin Vol. 17 No. 1 (2019).
- [2] Ichsan, T. A. (2018). *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Laju Korosi dan Kekerasan pada Pelat Baja ST37*. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [3] Putut, D. (2013). *Teknik Las SMAW 2..* Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

- [4] Santoso, J. (2006). *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018*. Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung.
- [5] Mizhar, S., & Pandiangan, I. H. (2014). *Pengaruh Masukan Panas Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) dari Pipa Baja Diameter 2,5 Inchi*. Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa, 2(14), 16–22.
- [6] A Jannifar. (2019). *Welding Current Effect of Welded Joints of Base Metal ST37 on Characteristics : Corrosion Rate and Hardness*. IOP Conference Series Earth Environmental Science. 268 012167.