

ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN SMAW DENGAN ELEKTRODA E7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA BAJA JIS G3113

Asman Latif, Agus Setiyo Umartono, Sutrisno
Program Strudi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Univeritas Gresik

ABSTRAK

Tugas Akhir ini adalah studi eksperimen dengan judul “Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Dengan Elektroda E 7018 Terhadap Kekuatan Tarik Baja JIS G3113”. Proses pengelasan SMAW sangat erat hubungannya dengan *deffect* yang mempengaruhi sifat.

Pada proses pengelasan kualitas hasilnya dipengaruhi oleh energi panas yang masuk (*Heat Input*) yang dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Maka untuk hasil yang optimal perlu memperhatikan sifat-sifat bahan dan *Heat Input*.

Pada penelitian ini dilakukan proses pengelasan pada material JIS G3113 tebal 9 mm dan 13 mm, dengan elektroda las E 7018 diameter 3.2 mm posisi 1G dengan variasi *Heat Input*. Variasi *Heat Input* dilakukan dengan cara merubah arus dari 90 A, 110 A, dan 130 A. Proses pengelasan ini berdasarkan standart ASME IX dan pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan foto struktur mikro.

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar perubahan *Heat Input* semakin besar pula nilai kekuatan tarik.

Kata Kunci : *Heat input* pengelasan kekuatan tarik

I. PENDAHULUAN

1.2. Latar Belakang

Pengembangan teknologi di bidang kontruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan, karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan kontruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun, karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasnya, agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Lingkup penggunaan teknik pengelasan

dalam kontruksi sangat luas meliputi perkapakalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan kontruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan (meliputi : pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiryosumarto, 2000).

Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan cair adalah suatu cara pengelasan dimana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas. Cara pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur (las busur listrik) dan gas. Jenis dari las busur listrik ada 4 yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO₂), las busur tanpa gas, las busur rendam. Jenis dari las busur elektroda terbungkus salah satunya adalah las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*).

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 negatif 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.

Pilihan ketika menggunakan DC polaritas negatif atau positif adalah terutama ditentukan elektroda yang digunakan. Beberapa elektroda SMAW

di desain untuk digunakan hanya DC- dan DC+. Elektroda E7018 dapat digunakan pada DC polaritas terbalik (DC+). Pengelasan ini menggunakan elektroda E7018 dengan diameter 3,2 mm, maka arus yang digunakan berkisar antara 115-165 Ampere. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda (Soetardjo, 1997).

Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik di antaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja paduan rendah biasa digunakan untuk plat-plat tipis dan konstruksi umum (Wiryosumarto, 2000).

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 las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 90 A,

110 A, dan 130 A. Pengambilan 90 A dimaksudkan sebagai pembanding dengan interval arus di atas.

Berdasarkan latar belakang di atas maka penelitian ini mengambil judul : “Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Dengan Elektroda E7018 Terhadap Kekuatan Tarik Pada Baja JIS G3113”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan alasan tersebut di atas, maka permasalahan yang timbul adalah : Bagaimana pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanis baja paduan rendah JIS G3113 dari hasil pengelasan SMAW.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah : Untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanis baja paduan rendah JIS G3113 dari hasil pengelasan SMAW.

1.4. Manfaat Penelitian

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

- a. Sebagai literatur pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya bidang pengelasan.
- b. Sebagai informasi bagi juru las untuk meningkatkan kualitas hasil pengelasan.
- c. Sebagai informasi penting guna meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian bahan, pengelasan dan bahan teknik.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini digunakan batasan masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan jenis JIS G3113 dengan ketebalan 9 mm, dan 13 mm.
2. Proses pengelasan yang digunakan las SMAW.
3. Tipe elektroda yang digunakan adalah tipe E7018.
4. Pengelasan menggunakan arus 90 A, 110 A, 130 A.
5. Bentuk sambungan kampuh V.
6. Pengujian tarik.

1.6. Sistematika Penelitian

Sistematika laporan proposal tugas akhir ini terbagi dalam tiga bab, yaitu :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan hasil penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori dari literatur yang berhubungan dan menunjang analisa permasalahan dalam penelitian ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penelitian, prosedur pelaksanaan, spesifikasi peralatan dan material uji.

BAB 4. PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data-data yang diperoleh selama penelitian, pembahasan dari data yang diperoleh sesuai dengan permasalahan yang ditetapkan pada penelitian.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian dan saran yang diharapkan dapat berguna bagi dunia pengelasan dan untuk penelitian selanjutnya.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Definisi Pengelasan

Menurut Hery Sonawan 2006 definisi pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Proses manufaktur yang telah dikenal antara lain proses-proses pengecoran (*metal casting*), pembentukan (*metal forming*), pemesinan (*machining*), dan metalurgi serbuk (*powder metallurgy*). Produk dengan bentuk-bentuk yang rumit dan berukuran besar dapat dibuat dengan teknik pengecoran. Produk-produk seperti pipa, plat dan lembaran. Baja-baja konstruksi dibuat dengan proses pembentukan. Produk-produk dengan dimensi yang ketat dan teliti dapat dibuat dengan pemesinan. Bagaimana dengan proses pengelasan?. Proses pengelasan yang pada prinsipnya adalah menyambungkan dua atau lebih komponen. Lebih tepat ditunjukkan untuk merakit (*assembly*) beberapa komponen menjadi suatu bentuk mesin. Komponen yang dirakit mungkin saja berasal dari produk hasil pengecoran, pembentukan atau pemesinan, baik dari logam yang sama maupun berbeda-beda.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Mengelas menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

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.

Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain : prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

2.2. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butiraannya menjadi besar. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip,1989). E7018 adalah suatu jenis elektroda yang mempunyai spesifikasi tertentu. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan E7018 menurut Soedjono, (1994) adalah :

E : Elektroda las listrik (E7018 diameter 3,2 mm)

70 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (70.000 Psi) atau sama dengan 483 MPa.

1 : Posisi pengelasan (angka 1 berarti dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan).

8 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hidrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan.

Angka nomor ketiga pada kode elektroda, yaitu angka yang menyatakan posisi pengelasan :

1 : Untuk pengelasan semua posisi

2 : Untuk pengelasan posisi Horizontal dan bawah tangan

3 : Untuk pengelasan pada posisi dibawah tangan

Angka terakhir pada simbol elektroda :

0 : Elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosasoda. Bentuk rigi-rigi cembung atau rata.

1 : Elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosa Potasium. Bentuk rigi-rigi cembung atau rata.

2 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari titania sodium. Bentuk rigi-rigi cekung

3 : Elektroda dengan penembusan dangkal. Bahan dari selaput titania (rutil). Bentuk rigi-rigi cekung.

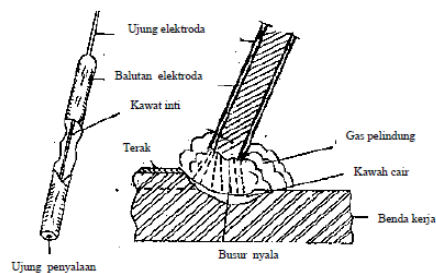
4 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput titania serbuk besi. Penembusan sedang dan cepat membeku.

5 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi.

6 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi.

7 : Elektroda dengan penembusan menengah. Bahan dari selaput oksida besi. Bentuk rigi-rigi datar dan cepat membeku.

8 : Elektroda dengan penembusan dangkal dan menengah. Bahan dari selaput serbuk besi hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung.



Gambar 2-2. Elektroda terbungkus (Arifin, 1997)

2.4. Besar Arus Listrik

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan. Daerah las mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi.

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila

arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

2.5. Baja Paduan Rendah

Baja paduan rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kerta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan.

Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas (Wirjosumarto, 2000).

- a. Baja tahan suhu rendah. Baja ini mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang rendah, karena itu dapat digunakan dalam kontruksi untuk suhu yang lebih rendah dari suhu biasa.
- b. Baja kuat. Baja ini dibagi dalam dua kelompok yaitu kekuatan tinggi dan kelompok ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena kadar karbonnya rendah. Kelompok ini sering digunakan dalam kontruksi las. Kelompok yang kedua mempunyai ketangguhan dan sifat mekanik yang sangat baik. Kekuatan tarik untuk baja kuat berkisar antara 50 sampai 100 kg/mm².

- c. Baja tahan panas adalah baja paduan yang tahan terhadap panas, asam dan mulur. Baja tahan panas yang terkenal adalah baja paduan jenis Cr-Mo yang tahan pada suhu 600^oC.

Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Perubahan struktur daerah las selama pengelasan, karena adanya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ menjadi keras. Kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah HAZ.

2.6. Baja SAPH400

Plat baja SAPH di definisikan sebagai baja lembaran canai panas untuk aplikasi struktural *automotive*. Jenis baja ini luar biasa dalam kekuatan, drawability dan mampu las yang digunakan untuk frame mobil, roda dan bagian-bagian lain. SAPH dalam Standar Industri Jepang (JIS) dikodekan dengan : JIS G3113. Komposisi kimia dan Mechanical Properties JIS G3113:

Chemical Composition :

Tabel 2-3. *Chemical Composition* JIS G3113.

Grade	Chemical Composition a (Heat Analysis %)					
	C	Si	Mn	P	S	Al
SAPH400	≤ 0,21	≤ 0,30	≤ 1,40	≤ 0,030	≤ 0,025	≤ 0,010

Mechanical Properties :

Tabel 2-4. *Mechanical Properties* JIS G3113.

Grade	Min Yield strength in different thickness	Min tensile strength in different thickness	Elongation in different thickness
SAPH400	≥ 255 N/mm ²	≥ 400 N/mm ²	≥ 31 %

2.7. 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. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$HI = \frac{E \times I}{v}$$

HI = Heat Input (kj / mm)

E = Tegangan Pengelasan (volt)

I = Arus Pengelasan (amp)

V = Kecepatan Pengelasan (mm / s)

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

Untuk memperoleh masukan panas yang sebenarnya dari suatu proses pengelasan, persamaan satu dikalikan

dengan efisiensi proses pengelasan (η) sehingga persamaannya menjadi:

$$HI = \eta \times \frac{E \times I}{v}$$

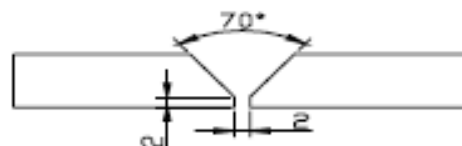
Efisiensi masing-masing proses pengelasan dapat dilihat dari tabel di bawah ini:

Tabel 2-5. Efisiensi proses pengelasan (Malau, 2003)

Proses pengelasan	Efisiensi (%)
SAW (<i>Submerged Arc Welding</i>)	95
GMAW (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)	90
FCAW (<i>Flux Cored Arc Welding</i>)	90
SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)	90
GTAW (<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>)	70

2.8. Kampuh V

Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6-15 mm. Sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan sambungan kampuh V tertutup. Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan 6-15 mm dengan sudut kampuh antara 60⁰-80⁰, jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm (Sonawan, 2004).



Gambar 2-3. Kampuh V (Sonawan, 2004)

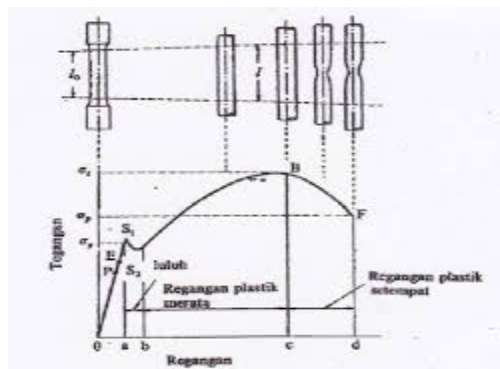
2.9. Pengujian Tarik

Proses 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. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.



Gambar 2-4. Kurva tegangan-regangan (Wiriyosumarto, 2000)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami

benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

Dimana:

σ_u = Tegangan nominal (kg/mm²)

F_u = Beban maksimal (kg)

A_o = Luas penampang mula dari penampang batang (mm²)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% - \frac{L-L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana:

ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L_o = Panjang awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = \frac{\Delta A}{A_o} \times 100\% - \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\%$$

Dimana:

q = Reduksi penampang (%)

A_o = Luas penampang mula (mm²)

A_1 = Luas penampang akhir (mm²)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari tahun 2019. Adapun pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

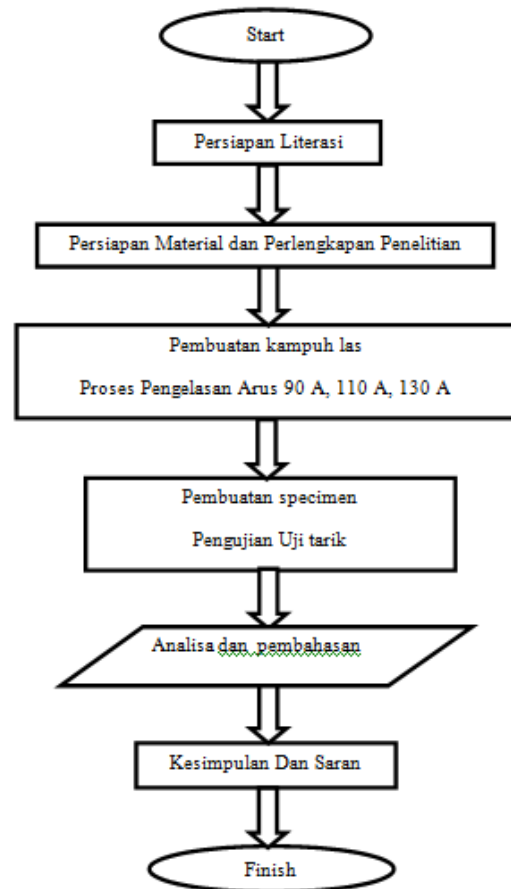
- Pembuatan kampuh dan Proses pengelasan dilakukan di ITS.
- Pembuatan bentuk specimen benda uji dilakukan di ITS.
- Pengujian tarik dilakukan di Gresik.

3.2. Sumber dan Data Penelitian

Sumber dan Jenis data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data dan literatur, dari perpustakaan maupun artikel tentang pengelasan.
- Material yang digunakan baja karbon JIS G3113 dengan tebal 9 mm dan 13 mm.
- Proses las yang digunakan las SMAW.
- Pengelasan menggunakan posisi 1G bawah tangan.
- Arus pengelasan yang digunakan adalah 90 A, 110 A, 130 A.
- Elektroda yang digunakan adalah tipe E7018 diameter 3,2 mm.
- Bentuk sambungan yang digunakan jenis kampuh V, lebar celah 2 mm, dan sudut kampuh 60°.
- Bentuk specimen benda uji mengacu standart AWS D1.1.
- Pengujian tarik.

3.3. Diagram Alir Penelitian



3.4. Persiapan Literasi

Persiapan awal untuk memulai penelitian ini adalah mencari literasi dan mempersiapkannya, mulai dari mencari di perpustakaan maupun di artikel-artikel yang ada hubungannya dengan pengelasan dan penelitian ini, sehingga nantinya akan mempermudah untuk melakukan penelitian karena informasi-informasi dari pengelasan itu sendiri sangat penting dalam hal keberhasilan penelitian ini.

3.5. Persiapan Material dan Perlengkapan Penelitian

Untuk langkah selanjutnya adalah mempersiapkan material atau bahan uji dan perlengkapan penelitian serta alat-

alat yang dibutuhkan dalam proses pengelasan.

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah material baja karbon JIS G3113 SAPH400 dipotong dengan mesin blander dengan ukuran panjang 300 mm, lebar 150 mm, tebal 9 mm dan 13 mm, sebanyak 3 buah untuk setiap ketebalan, dan juga Elektroda E7018 dengan diameter 3,2. Komposisi kimia dan *Mechanical Properties* JIS G3113:

Chemical Composition :

Tabel 3-1 *Chemical Composition* JIS G3113.

Grade	Chemical Composition a (Heat Analysis %)					
	C	Si	Mn	P	S	Al
SAPH400	≤ 0,21	≤ 0,30	≤ 1,40	≤ 0,030	≤ 0,025	≤ 0,010

Mechanical Properties :

Tabel 3-2 *Mechanical Properties* JIS G3113.

Grade	Min Yield strength in different thickness	Min tensile strength in different thickness	Elongation in different thickness
SAPH400	≥ 255 N/mm ²	≥ 400 N/mm ²	≥ 31 %

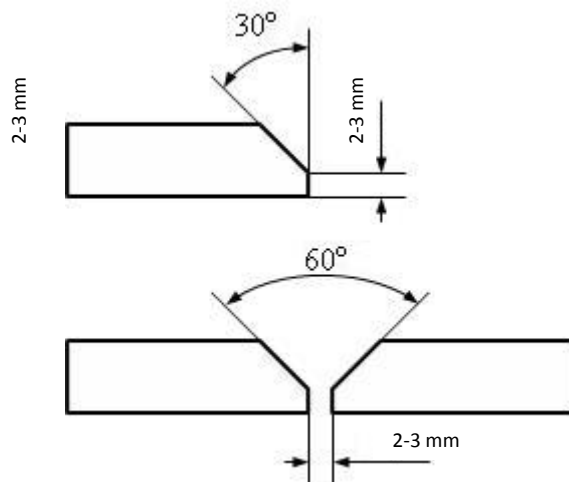
3.5.1 Instrumen penelitian

Instrumen alat yang digunakan dalam penelitian data adalah sebagai berikut:

- Pengukur sudut.
- Mesin portable straight line cutter beserta kelengkapannya.
- Mesin gerinda.
- Mesin las DC SMAW.
- Digital AC/DC clamp meter.
- Electrode oven baking.
- Scriber.
- Jangka Sorong.
- Penggaris.
- Stopwatch.
- Mesin skrap.
- Mesin uji tarik.

3.6. Pembuatan Kampuh V

Pembuatan kampuh V dengan menggunakan mesin scator. Bahan yang telah dipersiapkan kemudian diletakan di atas meja atau dudukan dan mensetting mesin scator dengan sudut 30° dari permukaan tepi bahan yang telah dipersiapkan tadi, setelah itu tepi bahan di potong dengan mesin scator dengan kemiringan sudut 30° lalu kemudian bahan yang telah usai di bentuk kampuh di gerinda dengan ketumpulan bahan 2 mm. Dan kemudian bahan di potong menjadi dua bagian dengan ukuran panjang 150 mm dan lebar 150 mm.



Gambar 3-1. Kampuh V.

3.6.1. Proses Pengelasan Benda

Jenis *filler metal* yang digunakan dalam pengelasan ini adalah E7018 dengan diameter 3,2. Kandungan maksimal tipe logam las menurut spesifikasi AWS adalah sebagai berikut :

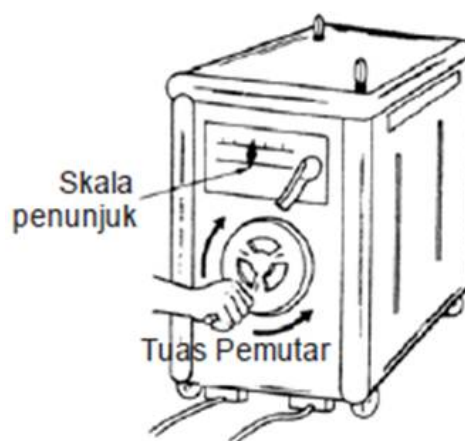
Tabel 3-3. Prosentase kandungan tipe logam las E7018 (*Nikko Steel Company*)

C	Mn	P	S	Si	Cr	V	Ni	Mo
0,15	1,6	0,035	0,035	0,75	0,20	0,08	0,30	0,3

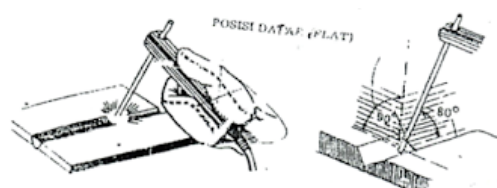
Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

1. Mempersiapkan mesin las SMAW DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik.
2. Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las.
3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan.
4. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 60° , dengan lebar celah 2 mm.
5. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat, dalam penelitian ini dipilih elektroda jenis E7018 dengan diameter elektroda 3,2 mm.
6. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian ampere meter di kalungkan ke kabel positif. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 90 A. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan arus 90 A, bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan.
7. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian ampere meter di kalungkan ke kabel positif. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 110 A. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan arus 110 A, bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan.
8. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian ampere meter di kalungkan ke kabel

positif. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 130 A. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan arus 130 A, bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan.



Gambar 3-2. Setting ampere dengan ampere meter.



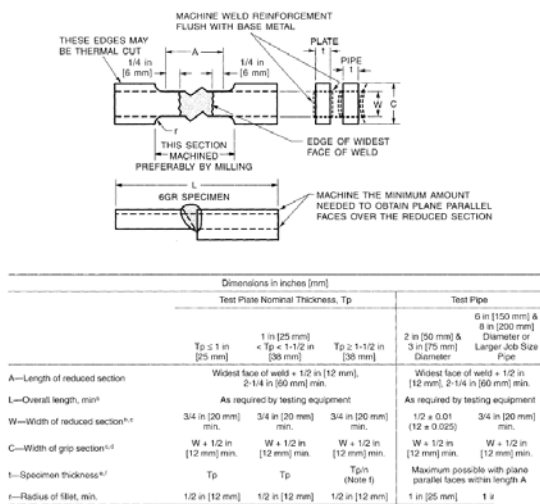
Gambar 3-3. Proses pengelasan flat bawah tangan.

3.7. Pembuatan Spesimen

Mengacu standar AWS D1.1 untuk pengujian kualitas kekuatan tarik bahan. Setelah proses pengelasan selesai maka dilanjutkan pembuatan specimen sesuai AWS D1.1, yang nantinya akan diuji tarik, langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Meratakan alur hasil pengelasan dengan mesin frais.
- b. Bahan dipotong-potong dengan ukuran panjang 200 mm dan lebar 18 mm.
- c. Membuat gambar pada kertas yang agak tebal atau mal mengacu sesuai dengan ukuran standar AWS D1.1.

- d. Gambar atau mal ditempel pada bahan selanjutnya dilakukan pengefraisan sesuai dengan bentuk gambar dengan menggunakan pisau frais diameter 60 mm.
- e. Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan permukaannya dengan kikir yang halus, selanjutnya benda diampelas sampai halus. Membuat specimen mengacu ukuran standart AWS D1.1, seperti pada gambar 3.7. sebanyak 2 spesimen tiap amper tertentu dan tiap ketebalan.



Gambar 3-4. Spesimen AWS D1.1

- f. Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan permukaannya dengan kikir dan skrap.

3.7.1. Pengujian Tarik

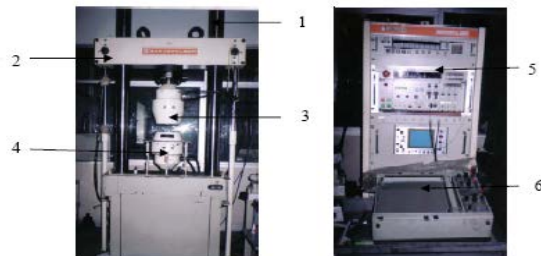
Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian tarik adalah sebagai berikut. Benda uji dijepit pada ragum uji tarik, setelah sebelumnya diketahui penampangnya, panjang awalnya dan ketebalannya. Langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Menyiapkan kertas milimeter *block* dan letakkan kertas tersebut pada *plotter*.
- b. Benda uji mulai mendapat beban tarik dengan menggunakan tenaga hidrolik

diawali 0 kg hingga benda putus pada beban maksimum yang dapat ditahan benda tersebut.

- c. Benda uji yang sudah putus lalu diukur berapa besar penampang dan panjang benda uji setelah putus.
- d. Gaya atau beban yang maksimum ditandai dengan putusnya benda uji terdapat pada layar digital dan dicatat sebagai data.
- e. Hasil diagram terdapat pada kertas milimeter *block* yang ada pada meja *plotter*.
- f. Hal terakhir yaitu menghitung kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan, reduksi penampang dari data yang telah didapat dengan menggunakan persamaan :

Kekuatan tarik maksimum merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpatahan. Nilai kekuatan tarik maksimum σ_{uts} ditentukan dari beban maksimum F_{maks} dibagi luas penampang awal A_0 .



Gambar 3-5. Mesin uji tarik *hydraulic servo pulser*.

Keterangan gambar :

1. Batang hidrolik
2. Dudukan ragum
3. Ragum atas
4. Ragum bawah
5. Pembacaan skala
6. Meja *plotter*

3.8. Analisa Dan Pembahasan

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dengan cara mengolah data yang sudah terkumpul. Data dari hasil pengujian dimasukkan kedalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa angka-angka. Analisa dan pembahasan ini dapat berpengaruh pada arus pengelasan, tegangan las, dan kecepatan pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan las SMAW, berupa perbandingan rata-rata antara data-data yang mengalami variasi arus pengelasan.

IV. HASILDAN PEMBAHASAN

4.1 Perubahan *Heat Input*

Untuk hasil perubahan *Heat Input* pada proses pengelasan SMAW adalah sebagai berikut :

$$HI = \frac{E \times I}{v}$$

HI = *Heat Input* (kJ/mm)

E = Tegangan pengelasan (volt)

I = Arus pengelasan (amp)

v = Kecepatan pengelasan (mm/s)

1. Hasil Perhitungan *Heat Input*

A. Variasi Arus 130, Bahan Uji 13 mm

Diketahui :

$$E = 46,5 \text{ volt}$$

$$I = 130,2 \text{ amp}$$

$$v = 1,07 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$HI = \frac{E \times I}{v} = \frac{46,5 \text{ V} \times 130,2 \text{ A}}{1,07 \text{ mm/s}} = \frac{6054,3 \text{ Watt}}{1,07 \text{ mm/s}} = \frac{6054,3 \text{ W} \cdot \frac{1}{3600}}{1,07 \text{ mm}}$$

$$HI = 1,571728971962617 \text{ Wh/mm} =$$

$$0,001571728971962617 \text{ kWh/mm}$$

$$HI = 5,65 \text{ kJ/mm}$$

B. Variasi Arus 110, Bahan Uji 13 mm

Diketahui :

$$E = 46,8 \text{ volt}$$

$$I = 111,3 \text{ amp}$$

$$v = 0,94 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$HI = \frac{E \times I}{v} = \frac{46,8 \text{ V} \times 111,3 \text{ A}}{0,94 \text{ mm/s}} = \frac{5208,84 \text{ Watt}}{0,94 \text{ mm/s}} = \frac{5208,84 \text{ W} \cdot \frac{1}{3600}}{0,94 \text{ mm}}$$

$$HI = 1,539255319148936 \text{ Wh/mm} =$$

$$0,001539255319148936 \text{ kWh/mm}$$

$$HI = 5,54 \text{ kJ/mm}$$

C. Variasi Arus 90, Bahan Uji 13 mm

Diketahui :

$$E = 49,5 \text{ volt}$$

$$I = 90,5 \text{ amp}$$

$$v = 0,53 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$HI = \frac{E \times I}{v} = \frac{49,5 \text{ V} \times 90,5 \text{ A}}{0,53 \text{ mm/s}} = \frac{4479,75 \text{ Watt}}{0,53 \text{ mm/s}} = \frac{4479,75 \text{ W} \cdot \frac{1}{3600}}{0,53 \text{ mm}}$$

$$HI = 2,347877358490566 \text{ Wh/mm} =$$

$$0,002347877358490566 \text{ kWh/mm}$$

$$HI = 8,45 \text{ kJ/mm}$$

D. Variasi Arus 130, Bahan Uji 9 mm

Diketahui :

$$E = 48,6 \text{ volt}$$

$$I = 130,2 \text{ amp}$$

$$v = 0,97 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$HI = \frac{E \times I}{v} = \frac{48,6 \text{ V} \times 130,2 \text{ A}}{0,97 \text{ mm/s}} = \frac{6327,72 \text{ Watt}}{0,97 \text{ mm/s}} = \frac{6327,72 \text{ W} \cdot \frac{1}{3600}}{0,97 \text{ mm}}$$

$$HI = 1,812061855670103 \text{ Wh/mm} = 0,001812061855670103 \text{ kWh/mm}$$

$$HI = 6,52 \text{ kJ/mm}$$

E. Variasi Arus 110, Bahan Uji 9 mm

Diketahui :

$$E = 48,5 \text{ volt}$$

$$I = 111,3 \text{ amp}$$

$$v = 0,85 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$HI = \frac{E \times I}{v} = \frac{48,5 \text{ V} \times 111,3 \text{ A}}{0,85 \text{ mm/s}} = \frac{5398,05 \text{ Watt}}{0,85 \text{ mm/s}} = \frac{5398,05 \text{ W} \cdot \frac{1}{3600}}{0,85 \text{ mm}}$$

$$HI = 1,76406862745098 \text{ Wh/mm} = 0,00176406862745098 \text{ kWh/mm}$$

$$HI = 6,35 \text{ kJ/mm}$$

F. Variasi Arus 90, Bahan Uji 9 mm

Diketahui :

$$E = 49,5 \text{ volt}$$

$$I = 90,5 \text{ amp}$$

$$v = 0,96 \text{ mm/s}$$

Penyelesaian :

$$HI = \frac{E \times I}{v} = \frac{49,5 \text{ V} \times 90,5 \text{ A}}{0,96 \text{ mm/s}} = \frac{4479,75 \text{ Watt}}{0,96 \text{ mm/s}} = \frac{4479,75 \text{ W} \cdot \frac{1}{3600}}{0,96 \text{ mm}}$$

$$HI = 1,296223958333333 \text{ Wh/mm} = 0,001296223958333333 \text{ kWh/mm}$$

$$HI = 4,66 \text{ kJ/mm}$$

4.2 Hasil Heat Input

Untuk hasil *Heat Input* dalam proses pengelasan SMAW yang menggunakan arus 90 A, 110 A, 130 A adalah sebagai berikut :

Tabel 4-1. Hasil *Heat Input* pengelasan arus 130 A (13 mm)

Variable	Pass	Welding Process	Filler Metal AWS Class	α	Polarity	Current Ampere (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/s)	Heat Input (kJ/mm)
130 A	Root	SMAW	E7018	3,2	DCEP	70.6	45.4	0.75	4.27
	Filler Pass	SMAW	E7018	3,2	DCEP	130.2	46.5	1.14	5.31
	Capping	SMAW	E7018	3,2	DCEP	130.2	46.5	1.07	5.65

Tabel 4-2. Hasil *Heat Input* pengelasan arus 130 A (9 mm)

Variable	Pass	Welding Process	Filler Metal AWS Class	α	Polarity	Current Ampere (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/s)	Heat Input (kJ/mm)
130 A	Root	SMAW	E7018	3,2	DCEP	69.2	46.5	0.69	4.66
	Filler Pass	SMAW	E7018	3,2	DCEP	130.2	48.6	1.20	5.12
	Capping	SMAW	E7018	3,2	DCEP	130.2	48.6	0.97	6.52

Tabel 4-3. Hasil *Heat Input* pengelasan arus 110 A (13 mm)

Variable	Pass	Welding Process	Filler Metal AWS Class	α	Polarity	Current Ampere (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/s)	Heat Input (kJ/mm)
110 A	Root	SMAW	E7018	3,2	DCEP	68.3	46.1	0.60	5.24
	Filler Pass	SMAW	E7018	3,2	DCEP	111.3	46.8	1.08	4.82
	Capping	SMAW	E7018	3,2	DCEP	111.3	46.8	0.94	5.54

Tabel 4-4. Hasil *Heat Input* pengelasan arus 110 A (9 mm)

Variable	Pass	Welding Process	Filler Metal AWS Class	α	Polarity	Current Ampere (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/s)	Heat Input (kJ/mm)
110 A	Root	SMAW	E7018	3,2	DCEP	71.2	49.1	0.55	6.35
	Filler Pass	SMAW	E7018	3,2	DCEP	111.3	48.5	1.07	5.04
	Capping	SMAW	E7018	3,2	DCEP	111.3	48.5	0.85	6.35

Tabel 4-5. Hasil *Heat Input* pengelasan arus 90 A (13 mm)

Variable	Pass	Welding Process	Filler Metal AWS Class	α	Polarity	Current Ampere (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/s)	Heat Input (kJ/mm)
90 A	Root	SMAW	E7018	3,2	DCEP	71.9	48.4	0.63	5.52
	Filler Pass	SMAW	E7018	3,2	DCEP	90.5	49.5	0.87	5.14
	Capping	SMAW	E7018	3,2	DCEP	90.5	49.5	0.53	8.45

Tabel 4-6. Hasil *Heat Input* pengelasan arus 90 A (9 mm)

4.3 Hasil Uji Tarik

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. Pengujian dengan menggunakan mesin *servopulser* pada skala beban 10 ton dan suhu kamar. Spesimen pengujian terdiri dari pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik baja paduan rendah JIS G3113 sebagai material uji dalam penelitian ini yang menggunakan proses pengelasan SMAW yang memakai elektroda E 7018 dengan variasi arus 90 A, 110 A, 130 A.

(a) (b)
Gambar 4.1. Bahan uji sebelum di uji tarik.
(a) Ketebalan bahan 9 mm dan (b) Ketebalan bahan 13 mm

(a) (b)
Gambar 4.2. Bahan uji arus 90 A setelah diuji tarik.
(a) Heat Input 4.66 kJ/mm dan (b) Heat Input 8.45 kJ/mm



(a) (b)
Gambar 4.3. Bahan uji arus 110 A setelah diuji tarik.
(a) Heat Input 6.35 kJ/mm dan (b) Heat Input 5.54 kJ/mm



(a) (b)
Gambar 4.4. Bahan uji arus 130 A setelah diuji tarik.
(a) Heat Input 6.52 kJ/mm dan (b) Heat Input 5.65 kJ/mm

4.4 Perhitungan Kekuatan Tarik Maksimal

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

Dimana: σ_u = Tegangan *ultimate* (kgf/mm²)

F_u = Beban maksimal (kgf)

A_o = Luas penampang mula dari penampang batang (mm²)

1. Perhitungan kekuatan tarik Heat Input 5.65 kJ/mm (130A-13mm)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

a. A1 diketahui :

$F_u = 12332$ kgf

$W = 19.95$ mm

$T = 13.10$ mm

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (19,95 \times 13,10) = 261,35 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{12332 \text{ kgf}}{261.35 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 47.184 \text{ kgf/mm}^2$$

- b. A2 diketahui :
Fu = 12338 kgf
W = 20.05 mm
T = 13.25 mm

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20,05 \times 13,25) = 265.66 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{12338 \text{ kgf}}{265.66 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 46.442 \text{ kgf/mm}^2$$

Rata – rata

$$= \frac{(47.184 + 46.442) \text{ kgf/mm}^2}{2}$$

$$= 46.813 \text{ kgf/mm}^2$$

2. Perhitungan kekuatan tarik Heat Input 5.54 kJ/mm (110A-13mm)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

- a. B1 diketahui :

$$F_u = 13173 \text{ kgf}$$

$$W = 20.15 \text{ mm}$$

$$T = 13.37 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20,15 \times 13,37) = 269.41 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{13173 \text{ kgf}}{269.41 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 48.895 \text{ kgf/mm}^2$$

- b. B2 diketahui :

$$F_u = 13173 \text{ kgf}$$

$$W = 20.07 \text{ mm}$$

$$T = 13.19 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20,07 \times 13,19) = 264.72 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{13173 \text{ kgf}}{264.72 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 49.761 \text{ kgf/mm}^2$$

Rata – rata

$$= \frac{(48.895 + 49.761) \text{ kgf/mm}^2}{2}$$

$$= 49.328 \text{ kgf/mm}^2$$

3. Perhitungan kekuatan tarik Heat Input 8.45 kJ/mm (90A-13mm)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

- a. C1 diketahui :

$$F_u = 9570 \text{ kgf}$$

$$W = 20.05 \text{ mm}$$

$$T = 13.17 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20,05 \times 13,17) = 264.06 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{9570 \text{ kgf}}{264.06 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 36.244 \text{ kgf/mm}^2$$

- b. C2 diketahui :

$$F_u = 8992 \text{ kgf}$$

$$W = 20.09 \text{ mm}$$

$$T = 13.53 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20,09 \times 13,53) = 271.82 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{8992 \text{ kgf}}{271.82 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 33.081 \text{ kgf/mm}^2$$

Rata – rata

$$= \frac{(36.244 + 33.081) \text{ kgf/mm}^2}{2}$$

$$= 34.6625 \text{ kgf/mm}^2$$

4. Perhitungan kekuatan tarik Heat Input 6.52 kJ/mm (130A-9mm)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

- a. F1 diketahui :

$$F_u = 8641 \text{ kgf}$$

$$W = 20.03 \text{ mm}$$

$$T = 9.38 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20.03 \times 9.38) = 187.88 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{8641 \text{ kgf}}{187.88 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 45.990 \text{ kgf/mm}^2$$

b. F2 diketahui :

$$F_u = 8533 \text{ kgf}$$

$$W = 20.03 \text{ mm}$$

$$T = 9.16 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20.03 \times 9.38) = 183.47 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{8533 \text{ kgf}}{183.47 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 46.507 \text{ kgf/mm}^2$$

Rata – rata

$$= \frac{(45.990 + 46.507) \text{ kgf/mm}^2}{2}$$

$$= 46.2485 \text{ kgf/mm}^2$$

5. Perhitungan kekuatan tarik Heat Input 6.35 kJ/mm (110A-9mm)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

a. E1 diketahui :

$$F_u = 8661 \text{ kgf}$$

$$W = 20.06 \text{ mm}$$

$$T = 9.09 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20.06 \times 9.09) = 182.35 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{8661 \text{ kgf}}{182.35 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 47.494 \text{ kgf/mm}^2$$

b. E2 diketahui :

$$F_u = 8658 \text{ kgf}$$

$$W = 20.08 \text{ mm}$$

$$T = 9.14 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20.08 \times 9.14) = 183.53 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{8658 \text{ kgf}}{183.53 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 47.176 \text{ kgf/mm}^2$$

Rata – rata

$$= \frac{(47.494 + 47.176) \text{ kgf/mm}^2}{2}$$

$$= 47.335 \text{ kgf/mm}^2$$

6. Perhitungan kekuatan tarik Heat Input 4.66 kJ/mm (90A-9mm)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

a. D1 diketahui :

$$F_u = 7361 \text{ kgf}$$

$$W = 20.03 \text{ mm}$$

$$T = 9.02 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20.03 \times 9.02) = 180.67 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{7361 \text{ kgf}}{180.67 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 40.744 \text{ kgf/mm}^2$$

b. D2 diketahui :

$$F_u = 7651 \text{ kgf}$$

$$W = 20.17 \text{ mm}$$

$$T = 8.96 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$A_o = (W \times T) = (20.17 \times 8.96) = 180.72 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

$$\sigma_u = \frac{7651 \text{ kgf}}{180.72 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 42.336 \text{ kgf/mm}^2$$

Rata – rata

$$= \frac{(40.744 + 42.336) \text{ kgf/mm}^2}{2}$$

$$= 41.54 \text{ kgf/mm}^2$$

4.5 Perhitungan Perpanjangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

1. Perhitungan perpanjangan Heat

Input 5.65 kJ/mm (130A-13mm)

a. A1 diketahui :

L = 56.14 mm

L_0 = 41.91 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(56.14 - 41.91) \text{ mm}}{41.91 \text{ mm}} \times 100\% = 33.95 \%$$

b. A2 diketahui :

L = 57.84 mm

L_0 = 43.58 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(57.84 - 43.58) \text{ mm}}{43.58 \text{ mm}} \times 100\% = 32.74 \%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(33.95 + 32.74) \%}{2} = 33.34 \%$$

2. Perhitungan perpanjangan Heat

Input 5.54 kJ/mm (110A-13mm)

a. B1 diketahui :

L = 54.18 mm

L_0 = 40.78 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(54.18 - 40.78) \text{ mm}}{40.78 \text{ mm}} \times 100\% = 32.85 \%$$

b. B2 diketahui :

L = 52.98 mm

L_0 = 39.15 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(52.98 - 39.15) \text{ mm}}{39.15 \text{ mm}} \times 100\% = 35.32 \%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(32.85 + 35.32) \%}{2} = 34.08 \%$$

3. Perhitungan perpanjangan Heat

Input 8.45 kJ/mm (90A-13mm)

a. C1 diketahui :

L = 44.45 mm

L_0 = 39.28 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(44.45 - 39.28) \text{ mm}}{39.28 \text{ mm}} \times 100\% = 13.16 \%$$

b. C2 diketahui :

L = 42.68 mm

L_0 = 40.99 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(42.68 - 40.99) \text{ mm}}{40.99 \text{ mm}} \times 100\% = 4.12 \%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(13.16 + 4.12) \%}{2} = 8.64 \%$$

4. Perhitungan perpanjangan Heat

Input 6.52 kJ/mm (130A-9mm)

a. F1 diketahui :

L = 46.57 mm

L_0 = 37.24 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(46.57 - 37.24) \text{ mm}}{37.24 \text{ mm}} \times 100\% = 25.05 \%$$

b. F2 diketahui :

L = 49.23 mm

L_0 = 38.55 mm

Penyelesaian :

$$\varepsilon = \frac{(49.23 - 38.55) \text{ mm}}{38.55 \text{ mm}} \times 100\% = 27.70 \%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{(25.05 + 27.70) \%}{2} = 26.37 \%$$

5. Perhitungan perpanjangan Heat Input 6.35 kJ/mm (110A-9mm)

- a. E1 diketahui :
 - L = 47.80 mm
 - Lo = 37.72 mm

Penyelesaian :

$$\epsilon = \frac{(47.80 - 37.72) \text{ mm}}{37.72 \text{ mm}} \times 100\% = 26.72 \%$$

- b. E2 diketahui :
 - L = 49.11 mm
 - Lo = 39.29 mm

Penyelesaian :

$$\epsilon = \frac{(49.11 - 39.29) \text{ mm}}{39.29 \text{ mm}} \times 100\% = 24.99 \%$$

Rata – rata = $\frac{(26.72 + 24.99) \%}{2} = 25.85 \%$

6. Perhitungan perpanjangan Heat Input 4.66 kJ/mm (90A-9mm)

- a. D1 diketahui :
 - L = 36.92 mm
 - Lo = 32.12 mm

Penyelesaian :

$$\epsilon = \frac{(36.92 - 32.12) \text{ mm}}{32.12 \text{ mm}} \times 100\% = 14.94 \%$$

- b. D2 diketahui :
 - L = 38.03 mm
 - Lo = 33.25 mm

Penyelesaian :

$$\epsilon = \frac{(38.03 - 33.25) \text{ mm}}{33.25 \text{ mm}} \times 100\% = 14.37 \%$$

Rata – rata = $\frac{(14.94 + 14.37) \%}{2} = 14.65 \%$

4.7 Hasil Uji Kekuatan Tarik

Data-data hasil pengujian tarik pada kelompok variasi arus pengelasan yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada. Data-data

tersebut selanjutnya dapat dilihat dari Tabel 4.7.

Tabel 4-7. Hasil Pengujian Tarik Untuk Kualitas Kekuatan Tarik Baja Paduan Rendah.

Testing Item	Spesimen			
	Thickness	Arus 90A	Arus 110A	Arus 130A
Tensile Strength (kgf/mm ²)	9 mm	40.744	47.494	45.990
		42.336	41.176	46.507
	Rata-rata	41.54	47.335	46.249
	13 mm	36.244	48.895	47.184
33.081		49.761	46.442	
Rata-rata	34.663	49.328	46.813	
Elongation %	9 mm	14.94	26.72	25.05
		14.37	24.99	27.70
	Rata-rata	14.65	25.85	26.37
	13 mm	13.16	32.85	33.95
		4.12	35.32	32.74
	Rata-rata	8.64	34.08	33.34

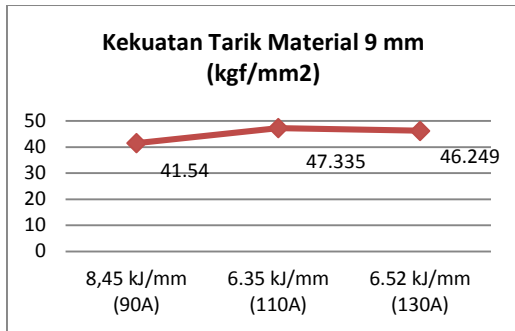
4.8 Pembahasan

Dari data hasil penelitian diketahui ada perbedaan Heat Input, struktur mikro dan kekuatan tarik dari kelompok yang dikenai proses pengelasan dengan tiga variasi arus, yaitu sebesar 90 amper, 110 amper dan 130 amper. Data- data tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel 4-8.

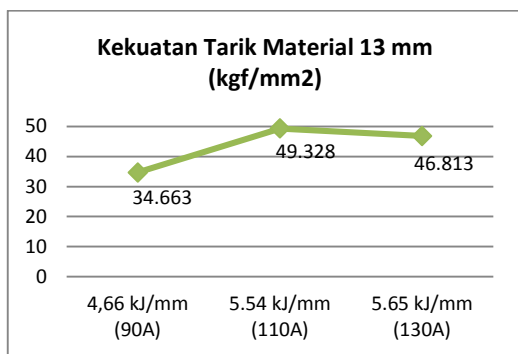
Tabel 4-8 Data hasil penelitian.

Variasi Arus	Thickness	Heat Input	Tensile Strenght
90 A	9 mm	8.45 kJ/mm	41.54 kgf/mm ²
	13 mm	4.66 kJ/mm	34.663 kgf/mm ²
110 A	9 mm	6.35 kJ/mm	47.335 kgf/mm ²
	13 mm	5.54 kJ/mm	49.328 kgf/mm ²
130 A	9 mm	6.52 kJ/mm	46.249 kgf/mm ²
	13 mm	5.65 kJ/mm	46.813 kgf/mm ²

Data dari Tabel 4-8 hasil pengujian tarik selanjutnya dimasukkan ke dalam diagram batang seperti di bawah ini :



Gambar 4-11 Diagram Kekuatan Tarik 9 mm.



Gambar 4-12 Diagram Kekuatan Tarik 13 mm.

Data dari hasil eksperimen menunjukkan nilai *Heat Input* pada kelompok 90 amper bahan uji ketebalan 9 mm adalah 8,45 kJ/mm dan nilai uji tariknya 41,54 kgf/mm², sedangkan untuk ketebalan 13 mm nilai *Heat Input* sebesar 4,66 kJ/mm, nilai uji tariknya 34,663 kgf/mm². Untuk nilai *Heat Input* pada kelompok 110 amper bahan uji ketebalan 9 mm adalah 6,35 kJ/mm dan nilai uji tariknya 47,335 kgf/mm², sedangkan untuk ketebalan 13 mm nilai *Heat Input* sebesar 5,54 kJ/mm, nilai uji tariknya 49,328 kgf/mm². Untuk nilai *Heat Input* pada kelompok 130 amper bahan uji ketebalan 9 mm adalah 6,52 kJ/mm dan nilai uji tariknya 446,249 kgf/mm², sedangkan untuk ketebalan 13 mm nilai *Heat Input* sebesar 5,65 kJ/mm, nilai uji tariknya 46,813 kgf/mm².

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian pengaruh variasi arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik pada baja karbon paduan rendah material JIS G3113, maka dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada ketebalan bahan 9 mm hasil optimal untuk pengelasan SMAW dengan Elektroda E7018 adalah pada settingan 110 amper, dan hasil *Heat Input*nya 6,35 kJ/mm, sedangkan nilai hasil uji tariknya sebesar 47,335 kgf/mm².
2. Pada ketebalan bahan 13 mm hasil optimal untuk pengelasan SMAW dengan Elektroda E7018 adalah pada settingan 110 amper, dan hasil *Heat Input*nya 5,54 kJ/mm, sedangkan nilai hasil uji tariknya sebesar 49,328 kgf/mm².

5.2 Saran

Jika proses pengelasan SMAW menggunakan Elektroda E7018 pada material 9 mm dan 13 mm, sebaiknya menggunakan settingan arus pada 110 ampere.

DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society, 2010, *Structural Welding Code-Steel*, 22nd edition, American Welding Society, Miami.
- ASME IX, 2013, *Qualification standart for welding, brazing, and fusing procedures*, Two park avenue, New York.
- ASME, 2013, *Asme boiler & pressure vessel code*, Two park avenue, New York.
- Daryanto, 2011, *Teknik mengelas logam*, Satu nusa, Bandung.
- Funderburk, S., R., 1999, *A look at heat input*, welding engineering.
- Japanese Standards Association, 2002, *Japanese Industrial Standard*, Japanese Standards Association, Japan.
- Nikko Steel, 2013, *Manufacturers of a diverse range of advanced welding consumable*,
- Smith, D., 1984, *Welding skills and technology*, McGraw-Hill, New York.
- Sonawan, H., Suratman, R., 2006, *Pengantar untuk memahami pengelasan logam*, Alfabeta, Bandung.
- Suherman, W, 1987, *Pengetahuan bahan*, Teknik mesin its, Surabaya.
- Suratman, M., 2007, *Teknik mengelas Asetilin Brazing dan Las busur listrik*, Pustaka grafika, Bandung
- Wirjosumarto, H., 2000, *Teknologi pengelasan logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.