

PENGARUH VARIASI KUAT ARUS DAN POLARITAS TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN LAS PADA BAJA ASTM A36

Siswanto*, Asmadi**, Siti Zahara Nuryanti**, Yeny Pusvyta**

*Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

**Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

email: asmadi.lby@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ampere dan polaritas pengelasan terhadap kekuatan tarik dan kekerasan las SMAW dengan dengan elektroda E6013 diameter 3.2 mm. Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah yang mengandung kadar C = 0,25 %, Mn = 0,4% Si = 0,4 %, Cr = 0,16 %, Ni = 0,3 %, Mo = 0,17 %, V = 0,17 %. Arus yang dipakai sebesar 100 A, 120 A dan 140 A serta polaritas DCEP dan DCEN. dengan menggunakan las SMAW AC/DC. DCEP yaitu polaritas terbalik, pemegang elektroda dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif sedangkan DCEN yaitu polaritas searah, pemegang elektroda dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 60°. Spesimen dilakukan pengujian tarik dan kekerasan. Kekuatan tarik sambungan las tertinggi terjadi pada pengelasan arus 100 A polaritas DCEP yaitu sebesar 48,75 kgf/mm² dan terendah pada arus 140 A polaritas DCEN yaitu sebesar 43,11 kgf/mm². Tingkat kekerasan tertinggi di logam las terjadi pada pengelasan arus 100 A DCEN yaitu sebesar 264,1 HV, dan terendah terjadi pada pengelasan arus 140 A DCEP yaitu sebesar 226,2 HV, Sesuai hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan variasi arus dan polaritas pengelasan dapat terjadi perubahan nilai kekerasan dan kekuatannya

Kata kunci: Kuat Arus, polaritas, pengelasan SMAW, kekuatan tarik, kekerasan, Baja ASTM A36.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat, telah diciptakan suatu alat yang bisa menampung atau menyimpan suatu fluida bertekanan tinggi, baik berupa cairan, uap air, atau gas yaitu bejana tekan. Bejana tekan telah digunakan secara luas untuk berbagai aplikasi industri yang mencakup bahan kimia, farmasi, uap panas, minyak, bahan bakar dan lainnya dengan tingkat tekanan yang tinggi. Maka proses desain dan produksi suatu bejana tekan merupakan faktor utama dalam penggunaan bejana tekan, material bejana tekan itu sendiri terbuat dari berbagai macam jenis material diantaranya adalah berasal dari baja karbon rendah ASTM A36 yang dibentuk melalui proses *rolling* menjadi tabung penampungan dan menggunakan metode pengelasan untuk penyambungannya.

Di samping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk perbaikan misalnya untuk menutup bagian-bagian pada konstruksi pemesian yang retak atau patah, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus karena gesekan dan macam-macam perbaikan lainnya. Selain tujuan utama dari pengelasan ialah untuk perbaikan dan pembuatan konstruksi pemesian, dalam perancangan konstruksi pengelasan harus memperhatikan kesesuaian sifat mekanik yang diinginkan dari hasil pengelasan itu sendiri agar mampu menciptakan sambungan las yang baik dan memenuhi standarnya.

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen (DIN)*^[1] las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah banyak digunakan pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan hanya menekan dua logam

yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul-molekul dari logam yang disambungkan.

1.2. Rumusan Masalah

Adanya kegagalan pada sifat mekanik dan cacat pada pengelasan yang dilakukan terhadap material dan konstruksi pengelasan dikarenakan salah satunya akibat kesalahan pemilihan besaran *ampere* dan polaritas, maka dari itu peneliti melakukan penelitian pengaruh variasi *ampere* dan polaritas yang digunakan untuk pengelasan pada material bejana tekan yaitu baja karbon ASTM A36.

1.3. Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yaitu:

- 1) Untuk menentukan pada arus dan polaritas berapa material yang akan dilas akan menghasilkan sifat mekanik yang baik.
- 2) Untuk menganalisa perbedaan kekuatan tarik dan kekerasan dari variasi arus dan polaritas pengelasan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN)[1], las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah banyak jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan hanya menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom dari logam yang disambungkan. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi di mana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek. Secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian mesin yang dirancang[1].

2.2. Klasifikasi Pengelasan

Sampai saat ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara tersebut pada waktu ini dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan.

Di antara kedua cara klasifikasi tersebut, kelihatannya klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan, berdasarkan klasifikasi ini pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu:

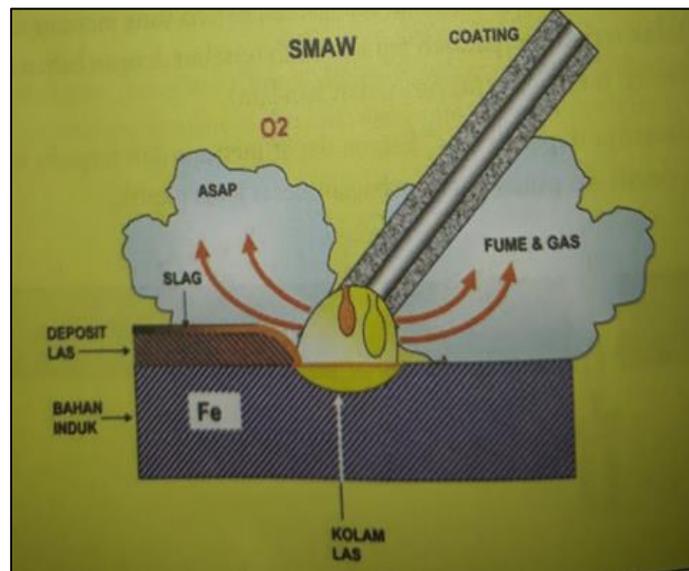
- 1) Pengelasan cair adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
- 2) Pengelasan tekan adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
- 3) Pematrian adalah cara pengelasan di mana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.

Dalam suatu pengelasan terdapat bermacam macam proses dan jenisnya, berikut macam-macam proses dan jenis pengelasan:

2.3. Las Busur Listrik SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Las busur SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah salah satu pengelasan yang menggunakan loncatan elektron (busur listrik) sebagai sumber panas untuk pencairan. Suhu busur dapat mencapai 3300°C , jauh diatas titik lebur baja, sehingga dapat mencairkan baja secara serta merta (*instant*).

SMAW dapat menggunakan arus bolak-balik (AC = *alternating current*) maupun arus searah (DC = *direct current*). Terdapat dua jenis polaritas untuk pengelasan SMAW yakni polaritas lurus yang lazim disebut DCEN (*direct current electrode negative*) dimana elektroda bermuatan negatif dan bahan induk bermuatan positif, serta polaritas terbalik yang lazim disebut DCEP (*direct current electrode positive*) dimana elektroda .bermuatan positif dan bahan induk bermuatan negatif [2].

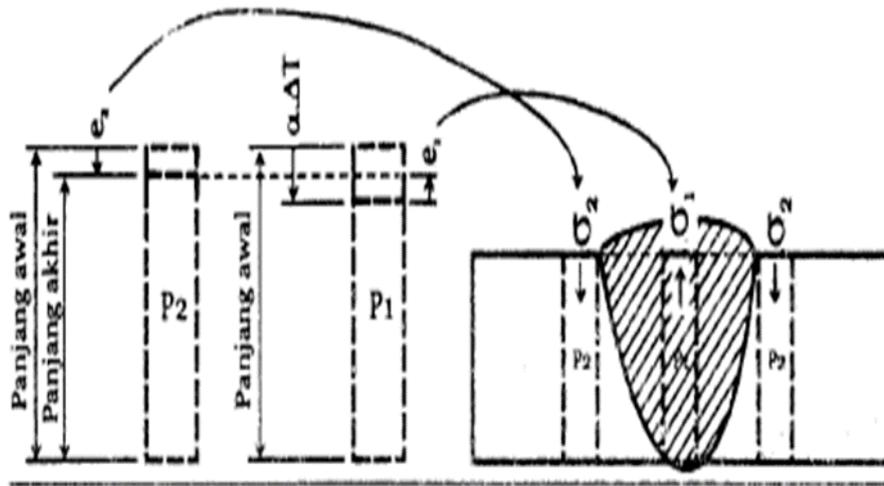


Gambar 2.1 Skema Proses Las SMAW[2].

2.4. Arus (*Ampere*) Pengelasan

Amper merupakan variable las yang sangat mempengaruhi pelaksanaan las karena variable ini mengendalikan laju deposi bahan las, kedalaman penetrasi, dan jumlah bahan induk yang tercairkan. Apabila arus terlalu tinggi pada suatu pengelasan las tertentu, penetrasi atau fusi akan terlalu dalam karena pengelasan cenderung menembus bahan induk. Arus yang terlalu tinggi juga menyebabkan pemborosan pada konsumsi elektroda akibat penguat las berlebihan (*excessive reinforcement*). Hal ini juga akan meningkatkan pengkerutan dan menyebabkan distorsi hebat, apabila amper terlalu rendah akan terjadi penetrasi tidak sempurna (*inadequate penetration*) atau fusi tidak sempurna (*incomplete fusion*).^[11]

Besar kecilnya *ampere* las terutama tergantung pada besarnya diameter elektroda dan tipe elektroda. Kadang kala juga terpengaruh oleh jenis bahan yang dilas dan oleh posisi atau arah pengelasan. Biasanya pabrik pembuat elektroda mencantumkan tabel variabel penggunaan arus las yang di sarankan pada bagian luar kemasan elektroda untuk memudahkan juru las dalam menentukan arus pengelasan yang baik dalam pengelasan secara umum.



Gambar 2.2 Tegangan Pada Hasil Pengelasan.^[9]

Luas daerah P1 dan P2 dianggap sama, sehingga $A_1 = A_2$. Untuk kondisi kesetimbangan, gaya-gaya yang terjadi pada logam induk (F_2) harus sama dengangaya-gaya yang terjadi pada logam las (F_1) tetapi berlawanan arah.

$$F_1 = - F_2 \sigma_1 \cdot A = - \sigma_2 \cdot A \dots \dots \dots (2.9)$$

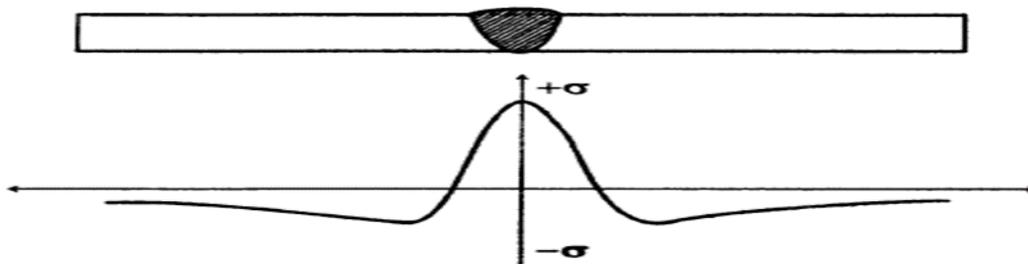
Gaya yang terjadi akibat penyusutan di logam induk ada dua buah karena daerah logam induk yang dianalisa berada dikiri dan kanan logam las, maka:

$$\sigma_1 \cdot A_1 = -2 \cdot \sigma_2 \cdot A_2 \dots \dots \dots (2.10)$$

Karena $A_1 = A_2$:

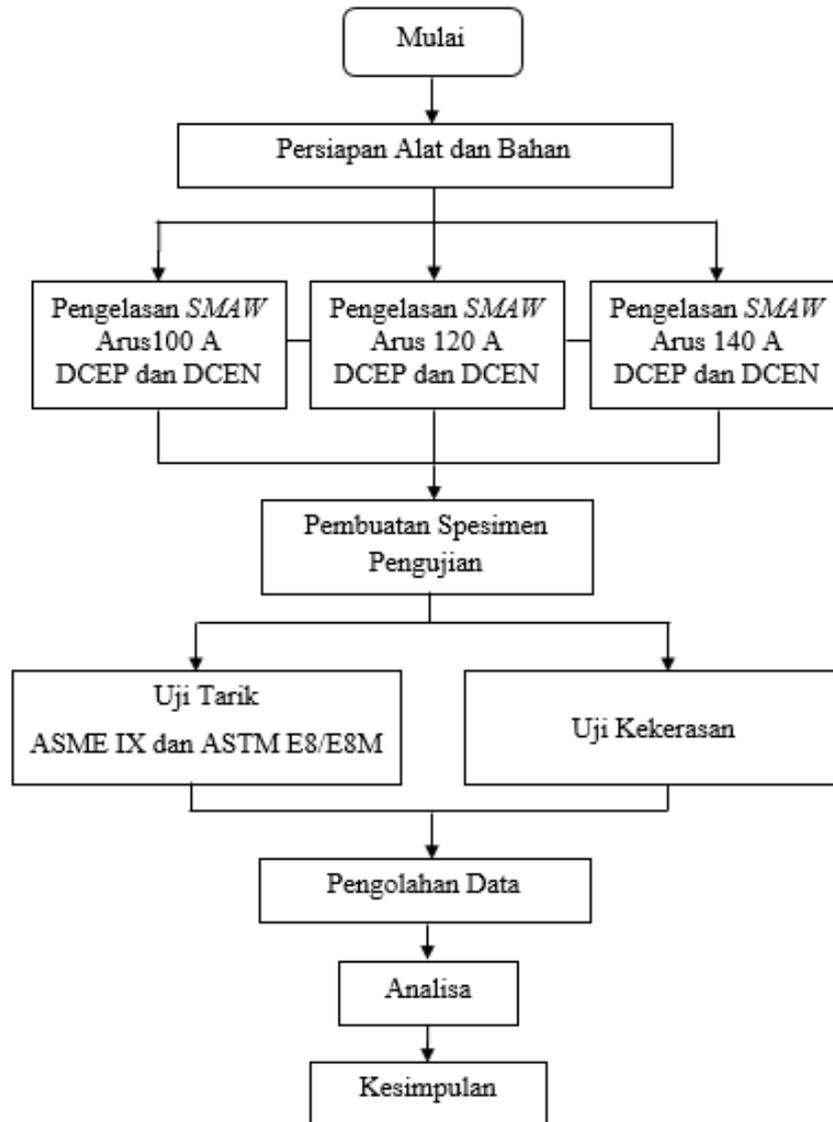
$$\sigma_1 = -2 \cdot \sigma_2 \dots \dots \dots (2.11)$$

Daerah logam las (σ_1) terjadi tegangan tarik (karena bernilai positif), sedangkan tegangan yang terjadi disebelah logam las dalam hal ini logam induk (σ_2) adalah tegangan tekan. Daerah yang semakin jauh dari logam las akan mengalami tegangan semakin kecil karena pengaruh beda temperatur yang makin kecil.



Gambar 2.3 Tegangan Pada Hasil Pengelasa

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

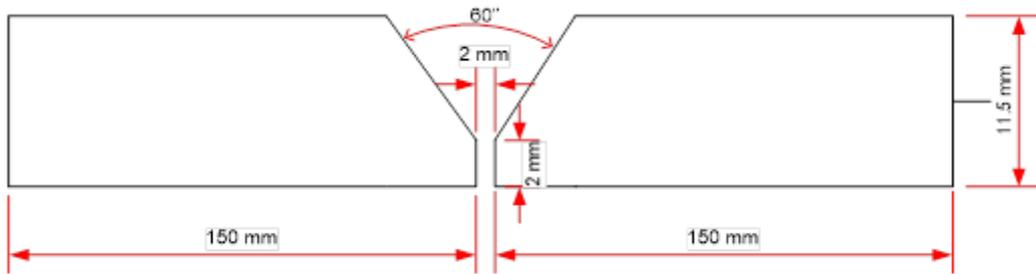
3.1. Bahan

Spesifikasi material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bahan yang digunakan adalah plat baja STM A36 dengan tebal 11.5 mm.
- 2) Elektroda yang digunakan adalah jenis AWS E 7016 diameter 2.8 mm

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Kawat Las AWS E 7016

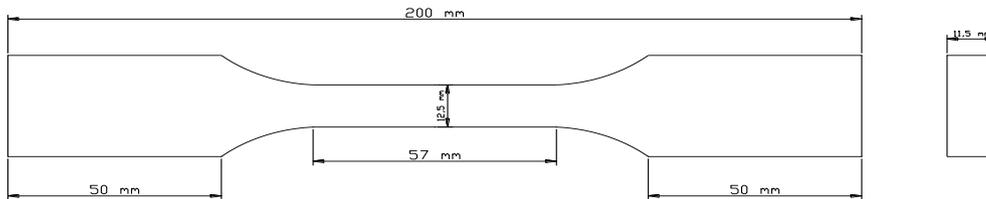
Komposisi Kimia	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)
Spesifikasi	≤ 0.12	0.3-0.6%	≤ 0.35	≤ 0.04	≤ 0.035



Gamba 3.2. Dimensi Ukuran Kampuh V Tunggal.

3.2. Pembuatan Spesimen Uji Tarik.

Adapun sebagai hasil pembandingan dalam pengujian tarik ini dilakukan pengujian dengan standar yang menggunakan ASTM E8/E8M yang sebenarnya dalam pembuatan spesimen hanya dilakukan seperti pengujian tarik pada logam-logam yang tanpa menerima perlakuan apapun.



Gambar 3.2 Dimensi Ukuran Spesimen Uji Tarik.

4. PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Masukan Panas (*Heat Input*)

Heat input untuk variasi arus 100 A dan polaritas DCEP:

$$HI \text{ (Heat Input)} = \frac{\eta \times V \times I}{W \text{ (Kec. Pengelasan)}}$$

Diketahui:

$$\eta = 85 \% (0,85)$$

$$V = 24 \text{ volt}$$

$$I = 100 \text{ ampere}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu pengelasan} &= 47,82 \text{ s} \\ \text{Panjang yang dilas} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Maka, } W &= \text{Panjang lasan} / \text{Waktu pengelasan} \\ &= 150 \text{ mm} / 47,82 \text{ s} \\ &= 3,14 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, kecepatan pengelasan} = 3,14 \text{ mm/s}$$

$$HI \text{ (Heat Input)} = \frac{0,85 \times 24 \times 100}{3,14} = 649,68 \text{ (j/mm)}$$

Dari perhitungan data diatas dapat kita ketahui masukan panas pada pengelasan variasi arus 100 A dan polaritas DCEP sebesar 649,68 j/mm. Dibawah ini dapat kita lihat tabel keseluruhan perhitungan data *heat input* untuk seluruh variasi

Tabel 4.1 Data Keseluruhan *Heat Input* Pengelasan

Variasi Ampere	Polaritas	η Efisiensi (%)	Tegangan (V)	Waktu Pengelasan (s)	Panjang Lasan (mm)	W (mm/s)	Heat Input (J/mm)
100A	DCEP	85	24	47,82	150	3,14	649,68
120A				31,77		4,72	518,64
140A				23,81		6,29	454,05
100A	DCEN			49,8		3,01	677,74
120A				35,52		4,22	580,09
140A				25,51		5,88	485,71

4.2. Laju Pendinginan

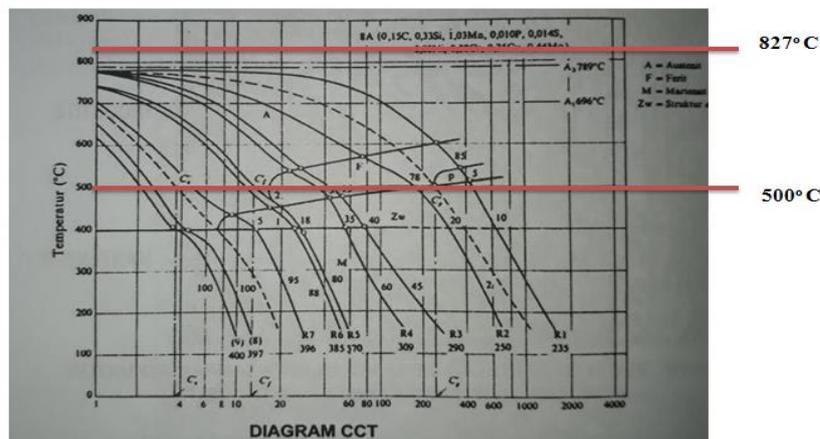
A. Hasil Laju Pendinginan

Daerah hasil pengelasan mengalami pemanasan berbeda dan selama proses pendinginan laju pendinginan masing-masing titik juga berbeda . struktur *mikro* dimasing - masing daerah memiliki karakteristik berbeda tergantung pada laju pendinginan yang di alaminya .

Tabel. 4.2. Data Keseluruhan Laju Pendinginan Terhadap Waktu.

No	Variasi Ampere dan Polaritas	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	t (s)
1	100 A DCEP	827	500	9.29
2	120 A DCEP	984	500	12.9
3	140 A DCEP	1032	500	17
4	100 A DCEN	808	500	8.79
5	120 A DCEN	884	500	11.59
6	140 A DCEN	973	500	14.87

Data laju pendinginan yang ada di tabel atas pada variasi elektroda E7015 sebesar 827 °C sampai suhu 500 °c Waktu pendinginanya 9.29 s. Maka kita bisa membaca laju pendinginan di diagram CCT.

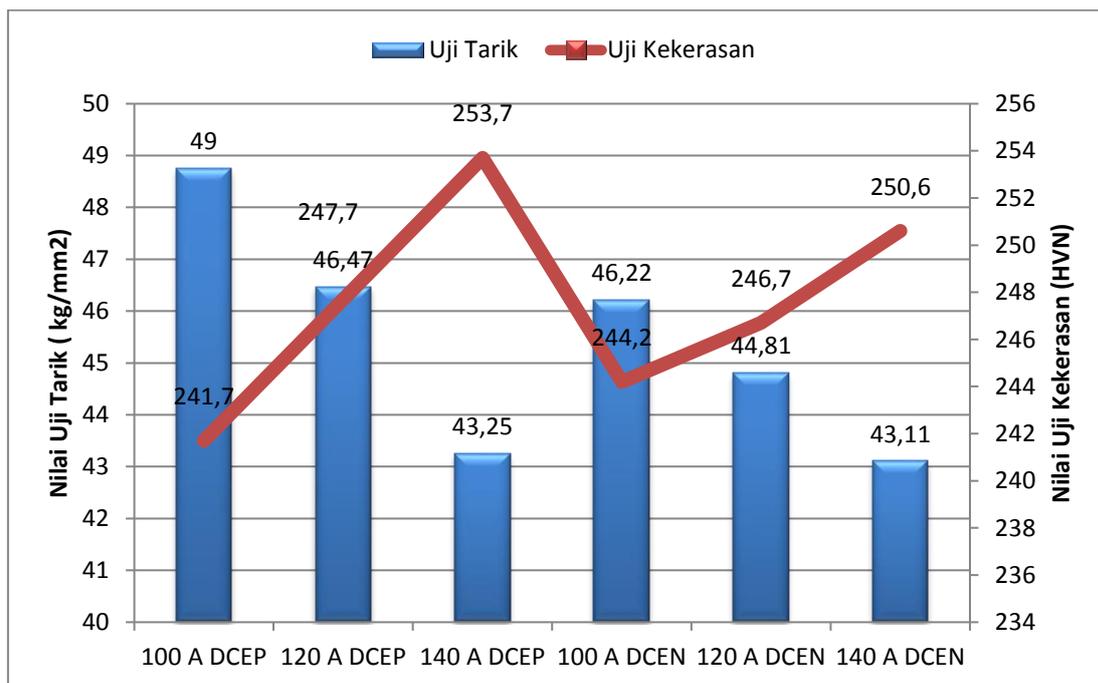


Gambar 4.1. Diagram Laju Pendinginan.

Diagram CCT merupakan diagram temperatur vs waktu yang bermanfaat untuk memprediksi struktur mikro dan harga kekerasan dibawah laju pendinginan tertentu pada gambar diagram diatas dimulai dari 0 detik dan temperatur 827°C sampai 9,29 detik dan suhu 500° C struktur baja masih pada fasa austenit. Struktur baja yang berubah terjadi pada pengelasan dengan arus 140 A untuk polaritas DCEP karena waktu pendinginan menuju suhu 500° C berlangsung selama 14,7 detik dimana fasa ini sudah memasuki tranformasi *ferrit start*.

B. Hasil dan Pembahasan Pengujian Tarik.

Hasil akhir rata-rata yang diperoleh dapat dilihat dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini yang menggunakan standar pengujian ASME IX. Pengelasan dengan variasi arus 100 A dan polaritas DCEP memiliki kekuatan tarik maksimal sebesar 48,75 kg/mm². Semua bahan yang dilas mengalami *deformasi* sebelum patah, ini menunjukkan bahwa laju pendinginan yang cepat dengan arus yang rendah menghasilkan pembentukan struktur yang cepat. Grafik diatas diperoleh nilai yang cenderung menurun ketika arus pengelasan yang dipakai semakin tinggi, akan tetapi didalam metode pengujian ini tidak dilakukannya uji NDT memungkinkan pada pengelasan dengan arus yang tinggi menyebabkan cacat pengelasan seperti *undercut dan crack*.



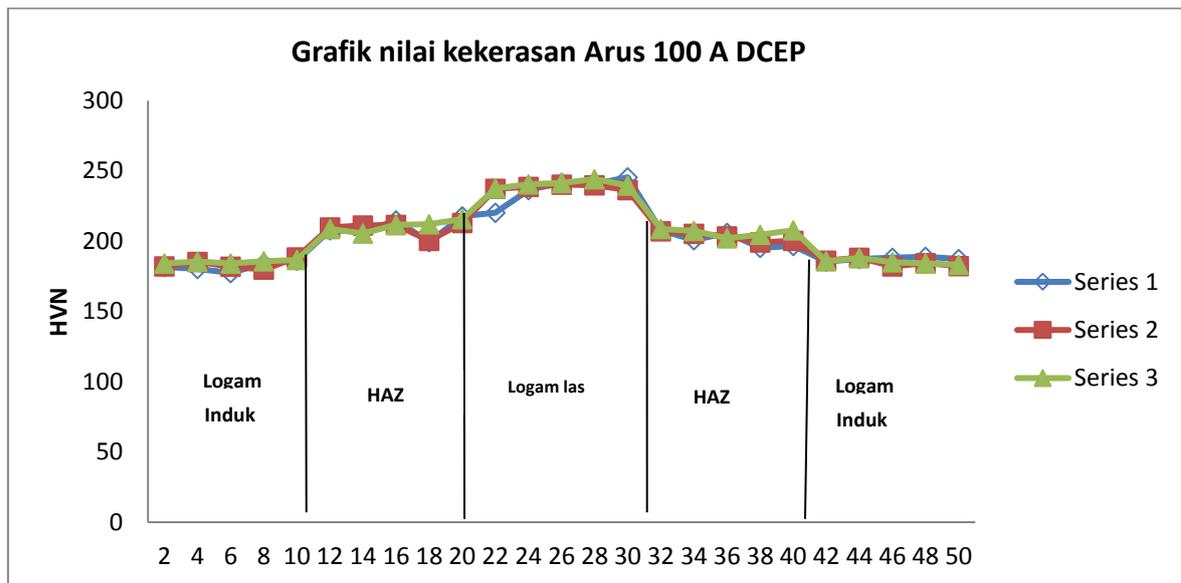
Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Uji Tarik dan Kekerasan Logam Las.

Metode pengujian dengan standar ASME IX yang mengharuskan *welder* memiliki kualifikasi 4G untuk pengelasan plat dan 6G untuk pengelasan pipa menurut standar ASME IX adalah faktor *essensial*.

Maka dari hasil grafik diatas dapat kita analisa bahwa semakin besar Arus yang digunakan pada pengelasan plat ASTM A36, maka semakin kecil kuat tarik yang dihasilkan dikarenakan pengaruh *ampere* yang tinggi menghasilkan kecepatan pengelasan dan panas yang tinggi mengakibatkan laju pendinginan yang lambat serta tidak dilakukannya pengujian NDT kemungkinan cacat yang terjadi pada arus yang tinggi menyebabkan kekuatannya menurun.

C. Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan yang didapat variasi *ampere* dan polaritas pengelasan yang telah di hitung pada bab 4 dan lampiran hasil uji kekerasan dapat kita lihat dalam bentuk grafik yang memperlihatkan batas haz dan logam induk, pengujian ini dilakukan sepanjang area benda kerja untuk mengetahui batas batas metalurgi las seperti HAZ, logam las dan logam indu seperti dibawah ini.



Gambar 4.3. Grafik nilai kekerasan Arus 100 A DCEP

Berdasarkan grafik diatas pengujian kekerasan yang dilakukan pada bahan uji dengan pengelasan menggunakan arus 100 A 120 A dan 140 A kedua polaritas akan tampak jelas batas panjang area logam las, HAZ dengan batas logam induk. Pada daerah HAZ luas batas HAZ terlihat lebih luas jika arus yang dipakai semakin tinggi dan batas kekerasan pada logam las akan semakin kecil dikarenakan suhu pengelasannya yang tinggi, nilai kekerasan HAZ meningkat dibandingkan dari logam induk dikarenakan terpengaruh oleh besarnya panas yang masuk akibat waktu pengelasan yang lambat pada logam induk yang dihasilkan sewaktu pengelasan, sehingga menyebabkan berubahnya butir-butir kristal yang berkembang menjadi besar atau kasar. Daerah batas HAZ dan logam induk inilah yang biasanya akan menjadi titik terlemah jika dilakukan pengujian tarik.

5. KESIMPULAN

- 1) Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi pengelasan arus 100 A polaritas DCEP sebesar 48,75 kgf/mm² dan akan menurun kekuatannya dengan bertambahnya arus. Untuk sifat kekerasan yang tinggi terdapat pada variasi arus 140 A polaritas DCEN sebesar 253,7 HVN.
- 2) Polaritas DCEN cenderung menghasilkan kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan polaritas DCEP akan tetapi menghasilkan kekerasan yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh penetrasi saat pengelasan yang dangkal sehingga kemungkinan terjadinya cacat pengelasan sangat tinggi pada saat menggunakan *ampere* rendah dengan polaritas DCEN.

DAFTAR PUSTAKA

H. Wiryosumarto, *Teknologi Pengelasan Logam*, 3rd ed. jakarta: Pradnya Paramita, 2000.

H. Sonawan, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, 3rd ed. Bandung: Alfabeta, 2003.

Sunari, *Teknik Pengelasan Logam*, 1st ed. jakarta: Ganeca Exact, 2007.

S. Widharto, *Welding Inspection*, 1st ed. jakarta: Mitra Wacana Media, 2013.