

**ANALISIS PENGARUH ARUS PENGLASAN GMAW  
TERHADAP STRUKTUR MAKRO, MIKRO DAN SIFAT MEKANIK  
PADA MATERIAL BAJA KARBON ASTM A36**

**Bajar Sulistiyo<sup>1</sup>, Helmy Purwanto<sup>2\*</sup>, Imam Syafa'at<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PT. Berkas Manunggal Jaya

Kawasan Industri Candi Kota Semarang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang  
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

\*Email:helmypurwanto@unwas.ac.id

**Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan terhadap struktur makro, mikro dan sifat mekanik pada baja karbon rendah ASTM A36. Bahan diberi perlakuan pengelasan dengan variasi arus 90 A, 110 A dan 130 A dengan menggunakan las GMAW. Spesimen dilakukan pengujian foto makro, mikro, kekerasan, dan uji tarik. Data dari hasil pengujian makro dan mikro menunjukkan bahwa arus 90 Ampere, arus 110 Ampere dan arus 130 Ampere sangat berpengaruh pada perubahan struktur makro dan mikro material uji. Arus pengelasan juga berpengaruh terhadap hasil pengelasan. Semakin besar arus pengelasan, kekerasan daerah las semakin tinggi. Kekerasan tertinggi dihasilkan pada daerah las dengan besar arus 130 Ampere, yaitu 82,7 HRB. Tegangan maksimum pengelasan tertinggi adalah 354,18 MPa pada arus 110 Ampere, dan nilai tegangan maksimum pengelasan terendah adalah 327,21 MPa pada arus 90 Ampere. Begitu pula dari nilai tegangan luluh pengelasan tertinggi adalah 298,44 MPa pada arus 110 Ampere, nilai tegangan luluh pengelasan terendah adalah 252,83 MPa pada arus 130 Ampere.*

*Kata kunci: Arus, GMAW, kekerasan, struktur makro dan mikro, tegangan.*

**PENDAHULUAN**

Pengelasan merupakan penyambungan dua logam atau paduan logam dengan memanaskan diatas batas cair atau di bawah batas cair logam disertai penetrasi maupun tidak, serta diberi logam pengisi ataupun tidak. Pengelasan GMAW merupakan salah satu teknik pengelasan yang sudah sering digunakan di industri manufaktur. Gas Metal Arc Welding (GMAW) adalah salah satu jenis proses pengelasan atau penyambungan bahan logam yang menggunakan sumber panas dari energi listrik yang diubah atau dikonversikan menjadi energi panas, pada proses ini menggunakan kawat las yang digulung dalam suatu roll yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas karbon dioksida sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer. Besarnya arus listrik pengelasan dan kecepatan volume alir gas adalah contoh dari parameter pengelasan las GMAW dan baja karbon rendah merupakan logam yang sering digunakan di industri maupun konstruksi. Di dalam pembuatan baja karbon rendah unsur kimianya

memiliki kandungan karbon di bawah 0.3% sehingga sifatnya cenderung ulet.

Pada penelitian (Muku, 2009), melaporkan tentang kekuatan sambungan las aluminium seri 1100 dengan variasi kuat arus listrik pada proses las *Inert gas* (MIG). Spesimen standart ASTM E 8 dengan variasi kuat arus 150 A, 165 A, 180 A, 190 A dan 210 A. Hasil menunjukkan bahwa kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 1100. Kekuatan sambungan las tertinggi diperoleh kuat arus 180 Ampere, dengan kekuatan sambungan sebesar 11900 kgf/mm<sup>3</sup>.

Pada penelitian (Mohruni & Kembaren, 2013), melaporkan tentang pengaruh kecepatan dan kuat arus terhadap kekerasan, tegangan tarik, struktur mikro baja karbon rendah dengan elektroda E6013 dan las SMAW. Material yang digunakan ASTM 37, hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa VHN rata-rata tertinggi terjadi pada pengelasan kuat arus 80 A dengan kecepatan pengelasan 0,35 cm/detik dan kuat arus 100 A dengan kecepatan 0,37 cm/detik. Sementara

pada uji tarik tegangan tertinggi di spesimen dengan kuat arus 80 A dan kecepatan 0,15 cm/detik. Dalam pengambilan gambar struktur mikro pada daerah HAZ (*heat affected zone*), dapat dilihat unsur *ferite* dan *perlite* tidak beraturan. Berdasarkan penelitian ini nilai kekerasan semakin tinggi jika besar kuat arus rendah dan kecepatan las semakin cepat.

Pada penelitian (Amin, 2017), mempelajari pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las titik (*Spot Welding*) logam *dissimilar stainless steel* dan baja karbon rendah. Dengan variasi arus adalah 60 A, 70 A, 80 A, waktu pengelasan 4 detik. Material stainless steel tebal 1,2 mm dan baja karbon rendah tebal 0,9 mm. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kondisi terbaik terjadi pada arus listrik 70 A dengan kekuatan tarik sebesar 190,920 kN/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada pengamatan struktur mikro sambungan las titik logam *dissimilar* memiliki *fusion zone*, ini terjadi karena perbedaan konduktivitas thermal logam. Pada pengelasan ini variasi arus listrik 70 A menghasilkan daerah HAZ yang didominasi oleh struktur perlit dengan butiran yang lebih halus.

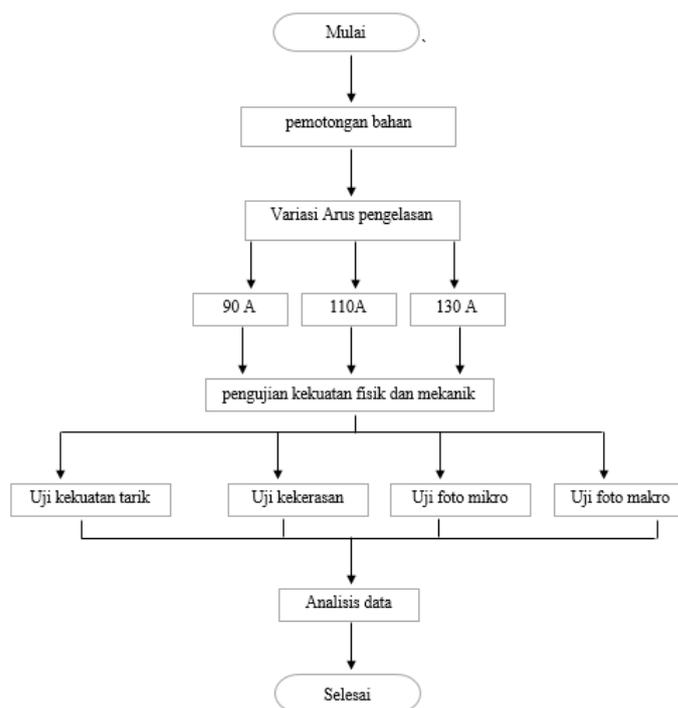
Pada penelitian (Susanto & Prasetio, 2017), mempelajari pengaruh variasi kecepatan elektroda las GMAW dan perlakuan panas terhadap sifat mekanik baja karbon SS400. Peneliti ini menggunakan satu variabel bebas dan dua variabel tetap. Variabel bebas yang digunakan adalah kecepatan 3, 5, dan 7 dalam (10mm/detik) dan temperatur 650°C, 750°C, dan 850°C dalam waktu 1 jam. Dan uji statistik menggunakan Anova. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa semakin besar temperatur perlakuannya maka nilai kekuatan tariknya semakin rendah. Dengan hasil kekuatan tarik sebesar 5,067 kN pada kecepatan 7 mm/detik. Sehingga temperatur dan kecepatan pengelasan menghasilkan kekuatan sambungan las dengan risiko kesalahan 5%. Dengan model polinomial orde 2, yang ditunjukkan dengan nilai R<sup>2</sup> 0,949.

Tujuan penelitian adalah mendapatkan suatu rumusan hasil dari suatu penelitian. Melalui proses mencari, menemukan, mengembangkan, memecahkan, menguji suatu pengetahuan, serta menguji kebenaran dari pengetahuan yang sudah ada. Dan tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui dan

menganalisis pengaruh arus pengelasan GMAW terhadap struktur makro, mikro, kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon ASTM A36. Sehingga menguatkan beberapa penelitian sebelumnya.

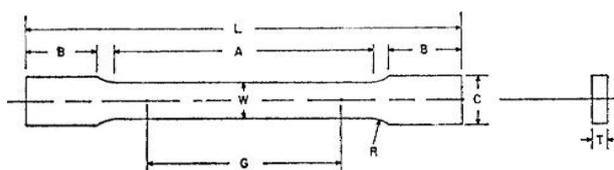
## METODOLOGI

Urutan proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1

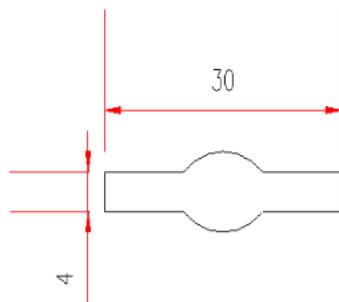


**Gambar 1 Diagram Alir Penelitian**

Penelitian ini menggunakan material baja ASTM A36 mesin Las GMAW dengan variasi pengaturan kuat arus 90A, 110A dan 130A. Setelah proses pengelasan selesai dilanjutkan proses pembuatan spesimen uji mikro, makro, kekerasan dan uji tarik di standarkan sesuai ASTM A370 seperti yang terlihat di Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2. Spesimen uji tarik (ASTM E8, 2010)**



Gambar 3. Spesimen uji makro, mikro dan kekerasan

**Pengujian**

- a. Pengujian struktur makro dan mikro
- b. Pengujian kekerasan
- c. Pengujian Tarik

**Analisis Data**

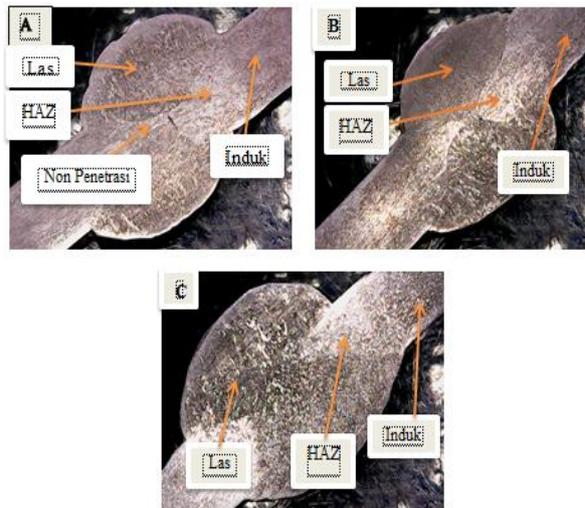
Mengolah data hasil dari proses pengujian spesimen ke dalam sebuah grafik dan susunan foto sehingga bisa dilakukan proses pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengujian Makro dan Mikro**

Pengujian makro merupakan pengujian yang sifatnya untuk mengetahui perubahan bentuk pada bahan uji spesimen secara visual yaitu berupa pengamatan-pengamatan yang secara langsung terlihat perbedaan dari bahan uji pengelasan GMAW dengan variasi 90 A, 110 A, 130 A dan bisa dilihat Gambar 4 .

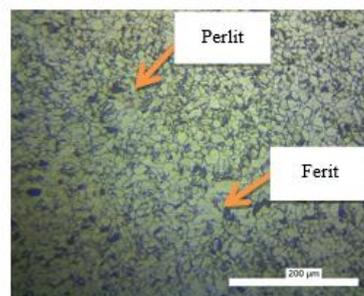
Dari Gambar 4 terlihat secara visual bagaimana pengaruh pengelasan GMAW variasi arus 90 A, 110 A, 130 A terhadap struktur makro baja karbon rendah ASTM A36. Gambar 4.A mewakili struktur makro pengelasan GMAW dengan arus 90 Ampere dimana terlihat peleburan las pada baja karbon rendah ASTM A36 dengan ukuran 4 mm tidak tertembus atau tidak ada penetrasi dari dua sisi. Sedangkan pada Gambar 4.B mewakili struktur makro pengelasan GMAW dengan arus 110 Ampere terlihat tembusan pengelasan dari dua sisi atau terjadi penetrasi namun ukurannya masih kecil.



Gambar 4. pengelasan GMAW

- (A) variasi arus 90 A
- (B) variasi arus 110 A
- (C) variasi arus 130 A.

Struktur makro pengelasan GMAW dengan arus 130 Ampere terlihat tembusan pengelasan dari dua sisi dan tembusan itu terlihat lebih besar daripada tembusan di arus 110 Ampere . Pengujian mikro merupakan pengujian yang sifatnya untuk mengetahui perubahan struktur bahan spesimen dari bahan uji pengelasan GMAW variasi 90 A, 110 A, 130A dengan menggunakan alat mikroskop.

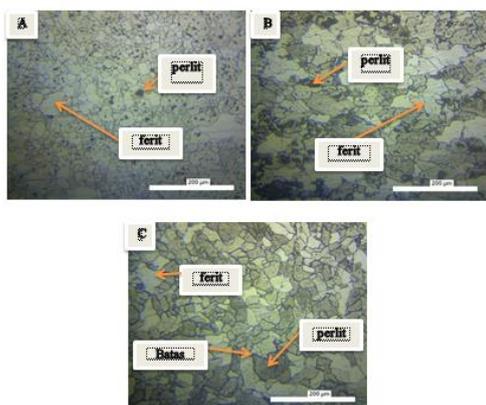


Gambar 5. Struktur mikro pembesaran 200 X dari spesimen daerah induk

Struktur mikro spesimen induk masih terdapat struktur *ferrite* yang mempunyai butiran berwarna putih terang dan perlit yang mempunyai butiran berwarna gelap. Butiran *ferrite* cenderung lebih halus dan perlit lebih kasar, dimana perlit cenderung keras karena mengandung karbon sedangkan *ferrite*

cenderung lunak karena tidak mengandung karbon, ini menunjukkan bahwa material tersebut bersifat lunak (Swallman & Bishop, 1999). Seperti struktur pada Gambar 5. Daerah HAZ merupakan daerah yang terkena *heat* input pada saat proses pengelasan, maka bisa dilihat strukturnya seperti pada Gambar 6.

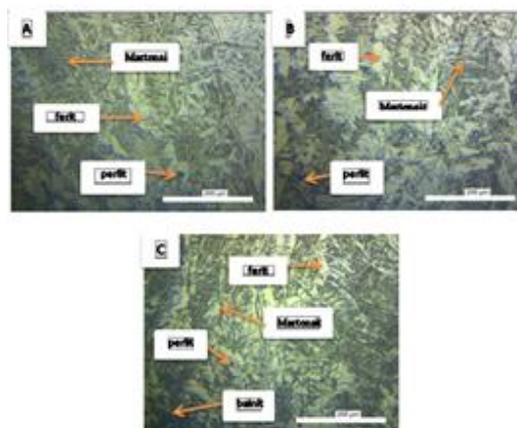
Ketiga Gambar 6. A, B dan C merupakan gambar yang menunjukkan bahwa adanya pengaruh arus las GMAW terhadap struktur mikro pada baja karbon rendah ASTM A36 di daerah HAZ. Daerah HAZ Gambar 6. A arus 90 Ampere struktur perlit terlihat masih ada dan ukurannya juga masih terlihat besar dibanding ukuran perlit pada Gambar 6. B arus 110 Ampere dan Gambar 6. C arus 130 Ampere, dari ketiga gambar tersebut mulai dari A, B ke C garis polanya atau garis retakan juga semakin terlihat lebih tebal.



**Gambar 6. Struktur mikro pembesaran 200X dari spesimen daerah HAZ**

- (A) arus 90 Ampere
- (B) arus 110 Ampere
- (C) arus 130 Ampere

Akibat *heat* input yang dihasilkan dari ketiga arus itu berbeda dan semakin meningkat pada setiap peningkatan arusnya. Sehingga daerah HAZ pada arus 90 Ampere itu lebih ulet dibanding daerah HAZ pada arus 110 Ampere dan daerah HAZ arus 130 Ampere. Karena garis-garis retakannya semakin menebal dikarenakan struktur perlit yang semakin berkurang dan struktur *ferrite* mulai membesar menyebabkan meningkatnya nilai getas spesimen uji, maka daerah HAZ pada arus 130 Ampere lebih getas dan lebih keras dari daerah lainnya.



**Gambar 7. Struktur mikro daerah pengelasan pembesaran 200 X**

- (A) arus 90 Ampere
- (B) arus 110 Ampere
- (C) arus 130 Ampere

Daerah las merupakan daerah yang terkena proses pengelasan dan mengalami perubahan struktur yang signifikan. Untuk mengetahui bentuk struktur mikro pada daerah pengelasan bisa dilihat di Gambar 7.

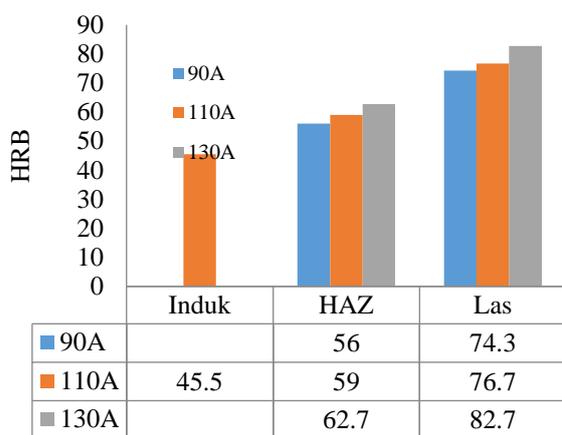
Dari Gambar 7 terlihat struktur mikro arus 90 Ampere menunjukkan bahwa struktur yang dominan yaitu martensit dan *ferrite* namun masih terlihat struktur perlit, sedangkan pada Gambar 7.B arus 110 Ampere struktur perlit mulai memudar membentuk struktur bainit atas atau *upper* bainit namun masih didominasi struktur martensit dan *ferrite*. Berbeda dengan struktur dari Gambar 7.A dan Gambar 7.B arus 130 Ampere ini cenderung lebih dominan struktur martensit dan struktur *ferrite* masih ada namun mulai diisi dengan struktur bainit bawah atau *under* bainit.

Kecepatan pendinginan dari titik cair sampai ke temperatur ruangan berlangsung secara cepat sehingga berpengaruh pada kekuatan sambungan las, karena akan menentukan fasa akhir yang terbentuk (Sonawan & Suratman, 2006). Perbedaan A, B, C dari Gambar 7 merupakan perbedaan struktur dari arus 90 Ampere memiliki struktur martensit lebih halus dibanding arus 110 Ampere dan arus 130 Ampere sedangkan arus 130 Ampere terlihat struktur martensit lebih kasar, sehingga menunjukkan bahwa struktur

material di daerah las ini lebih keras daripada arus 90 Ampere dan arus 110 Ampere.

**Hasil Uji Kekerasan**

Uji kekerasan pada spesimen menggunakan metode Rockwell dan pengujiannya meliputi tiga proses dalam setiap daerah uji dan arus yang dipakai dalam pengelasan sehingga bisa didapatkan hasil rata-rata pada ujiannya seperti yang terlihat pada Gambar 8.



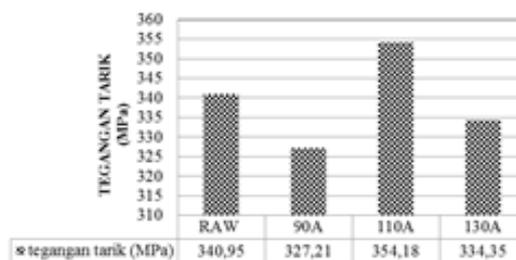
**Gambar 8. hasil uji kekerasan spesimen induk, HAZ dan las**

Gambar 8 ini menjelaskan tentang perbedaan kekerasan pada bahan material uji dari baja karbon rendah ASTM A36 akibat pengaruh dari pengelasan GMAW dengan perbedaan arus 90A, 110A dan 130A. Dimana nilai kekerasan daerah induk atau daerah asli dari ASTM A36 mempunyai nilai kekerasan 45 HRB, nilai kekerasan ini cenderung meningkat akibat pengaruh dari panas pengelasan dan pengaruh arus, pada daerah HAZ nilai kekerasan meningkat dari pengaruh las arus 90A dengan nilai kekerasan rata-rata 56 HRB dan semakin meningkat dimana arus 110A mempunyai nilai kekerasan 59 HRB dan arus 130A mempunyai nilai kekerasan rata-rata 62,7 HRB. Hal ini juga dibuktikan dari daerah pengelasan dimana dalam Gambar grafik 8 nilai kekerasan meningkat dibanding daerah induk dan HAZ, nilai kekerasan dari perbedaan arus juga meningkat dimana nilai kekerasan rata-rata pada daerah pengelasan arus 90A yaitu 74,3 HRB, arus 110A sebesar 76,7 HRB dan arus 130A mempunyai nilai kekerasan 82,7 HRB, ini membuktikan bahwa

meningkatnya arus mempunyai pengaruh pada naiknya nilai kekerasan.

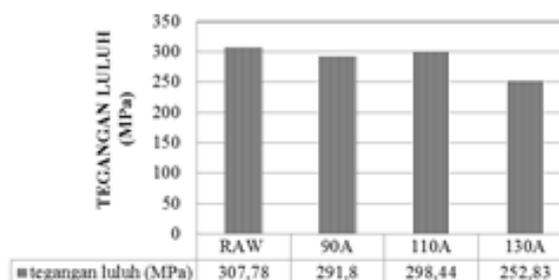
**Hasil Uji Kekuatan Tarik**

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari material spesimen uji. Setelah melakukan pengujian uji tarik didapatkan hasil nilai rata-rata uji tarik spesimen uji tertera. Adapun perbandingan nilai rata-rata tegangan tarik dapat dilihat dari grafik tegangan tarik pada gambar IV.6.



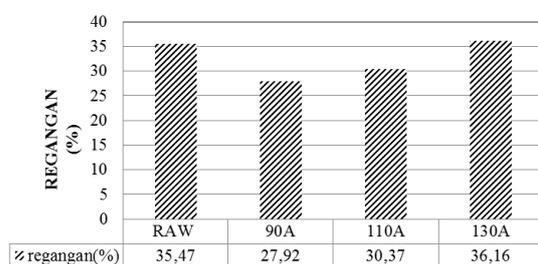
**Gambar 9. Grafik hasil tegangan tarik**

Dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9 hasil tegangan tarik spesimen uji menunjukkan bahwa ada perbedaan dari 3 variasi arus. Pada material RAW menunjukkan bahwa nilai minimum tegangan tarik sebesar 340,95 MPa dan pada hasil uji tarik spesimen las tegangan tarik terendah ditunjukkan pada pengelasan dengan variasi arus 90A dengan hasil 327,21 MPa, sedangkan tegangan tarik tertinggi dihasilkan pada variasi arus 110A dengan hasil 354,18 MPa. Dalam tegangan tarik ini peningkatan tegangan tarik yang berpengaruh pada peningkatan arus terjadi dari tegangan tarik RAW material 340,95 Mpa ke arus 90A dengan 327,21 Mpa, lalu ke arus 110A dengan hasil 354,18 MPa namun terjadi penurunan tegangan tarik pada arus 130A dengan hasil 334,35 MPa.



**Gambar 10. Grafik hasil tegangan luluh**

Tegangan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi plastis yang ditetapkan. Hasil dari tegangan luluh pada uji spesimen ini dapat dilihat di Gambar 10. Berbeda dengan hasil yang terjadi pada tegangan tarik, pada spesimen uji dimana tegangan luluh yang terdapat pada RAW material menunjukkan bahwa tegangan luluh minimum menunjukkan hasil 307,78 MPa sedangkan pada spesimen uji menunjukkan bahwa tegangan luluh terendah ada pada variasi arus 130A dengan hasil 252,83 MPa sedangkan tegangan luluh tertinggi ada pada variasi arus 110A dengan hasil 298,44 MPa semakin meningkatnya arus justru tegangan luluh semakin merendah tapi masih diatas tegangan luluh material induk seperti terlihat pada Gambar 10. Dengan hasil ini menunjukkan bahwa material terputus pada daerah antara HAZ dan induk. Regangan adalah bagian dari deformasi, yang dideskripsikan sebagai perubahan relatif dari partikel-partikel di dalam benda yang bukan merupakan benda kaku. Persentase regangan yang terjadi bisa dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11. Grafik hasil regangan**

Persentase regangan pada material uji mengalami perbedaan dari grafik tegangan tarik dan grafik tegangan luluh dimana pada sertifikat material menunjukkan bahwa material induk mempunyai persentase regangan dengan hasil 35,47%, sedangkan pada grafik spesimen uji yang terlihat pada Gambar 11 setelah terjadi pengelasan menunjukkan hasil persentase regangan terendah terdapat pada spesimen uji dengan variasi arus 90A dengan hasil 27,92%, sedangkan nilai tertinggi persentase regangan terdapat pada spesimen uji dengan variasi arus 130A dengan hasil 36,16%. Ini menunjukkan adanya peningkatan persentase regangan dimana arus 90A menghasilkan persentase

yang lebih rendah dibanding arus 110A dan 130A. Meningkatnya arus ternyata benar membuat getas spesimen.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan pada baja karbon rendah ASTM A36 disertai dengan proses pengelasan GMAW arus 90 A, 110 A dan 130 A, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Pengelasan GMAW dengan arus 90A, 110A dan 130A memiliki pengaruh struktur makro dan mikro pada spesimen baja karbon rendah ASTM A36 dimana terlihat pada struktur makro pengelasan dengan arus 130 A terjadi tembusan secara utuh pada daerah pengelasan sedangkan struktur mikro yang terlihat baik terjadi di arus 130 A karena daerah HAZ dan pengelasan memiliki struktur sesuai dengan diagram fasa baja karbon rendah.

Pengelasan GMAW dengan variasi arus 90A, 110A dan 130A memiliki pengaruh nilai kekerasan pada spesimen baja karbon rendah ASTM A36 dimana nilai itu terlihat pada daerah HAZ dan daerah pengelasan, di daerah HAZ memiliki nilai rata-rata di arus 90A sebesar 56 HRB, arus 110A sebesar 59 HRB dan arus 130A sebesar 62,7 HRB, begitu juga pada daerah pengelasan dimana arus 90A memiliki nilai kekerasan rata-rata 74,3 HRB, arus 110A 76,7 HRB dan arus 130A 82,7 HRB ini membuktikan bahwa meningkatnya arus berpengaruh juga dengan tingkat kekerasan pada baja karbon rendah ASTM A36.

Pengelasan GMAW dengan variasi arus 90A, 110A dan 130A memiliki pengaruh dengan kekuatan tarik pada spesimen baja karbon rendah ASTM A36 dimana nilai tegangan tarik terendah dimiliki oleh arus 90A dengan nilai sebesar 327,21 MPa dan nilai tegangan tarik tertinggi dimiliki arus 110A dengan nilai 354,18Mpa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A. (2017). Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las Titik (Spot welding) logam Dissimiliar Stainless Steel dan Baja Karbon Rendah. *Politeknik Kotabaru. Kotabaru. Kalimantan Selatan.*
- ASTM E8. (2010). ASTM E8/E8M standard

- test methods for tension testing of metallic materials 1. *Annual Book of ASTM Standards 4, C*, 1–27.  
<https://doi.org/10.1520/E0008>
- Mohrni, A., & Kembaren, B. (2013). Pengaruh Variasi Kecepatan dan Kuat Arus Terhadap Kekerasan, Tegangan Tarik, Struktur Mikro Baja Karbon Rendah dengan Elektroda E6013. *Universitas Sriwijaya, Indralaya, Palembang*.
- Muku, K. (2009). Kekuatan Sambungan Las Aluminium 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG). *Universitas Udayana, Badung, Bali*.
- Sonawan, H., & Suratman, R. (2006). Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam. *Cetakan Kedua*.
- Susanto, R., & Prasetyo, P. (2017). Pengaruh Variasi Kecepatan Elektroda Las GMAW dan Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon SS400. *Politeknik Kediri, Kediri*.
- Swallman, R., & Bishop, R. (1999). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Erlangga.