**Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Sifat Mekanis Sambungan *Butt-Joint* Las *TIG* Aluminium**

***(1)\*Wartono, (2)Aprianto***

***(1,2)****Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri*

*Institut Teknologi Nasional Yogyakarta*

*(1)e-mail:* *wartono@itny.ac.id*

*(2)e-mail:* *aprianto5495@gmail.com*

*Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, Telp (0274) 485390*

***Abstract***

*Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) or Tungsten Inert Gas (TIG) is a type of electric welding that uses tungsten as an unconsumed electrode. This electrode is used to produce an electric arc. The additional material in the form of a welding rod, which is melted by the arc, fills the seam of the parent material. To prevent oxidation, the noble gas argon is used. The amount of current used is 130 A, 140 A, and 150 A. The metal to be welded is aluminum measuring 300 mm x 100 mm x 4 mm, aluminum can be joined using filler metal ER5356. The test results of the chemical composition of the raw material show that it has an Al content of 99.35%. The vickers hardness test shows the highest weld hardness value of 130 A is 59,43 kg⁄mm2, the highest HAZ hardness of 140 A is 66 kg⁄mm2. The tensile test results show that welding with a current of 140 A has a higher tensile stress value is 98,64 MPa.*

*Keywords: Aluminum, TIG, current variation, mechanical properties.*

**Abstrak**

*Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* atau *Tungsten Inert Gas (TIG)* adalah jenis las listrik yang menggunakan bahan tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi. Elektroda ini digunakan untuk menghasilkan busur nyala listrik. Bahan penambah berupa batang las *(rod)*, yang dicairkan oleh busur nyala tersebut, mengisi kampuh bahan induk. Untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia argon. Besar arus yang digunakan 130 A, 140 A, dan 150 A. Logam yang akan dilas adalah aluminium yang berukuran 300 mm x 100 mm x 4 mm, aluminium disambung dengan menggunakan logam pengisi *filler* ER5356. Hasil uji komposisi kimia *raw material* menunjukkan mempunyai unsur kandungan kemurnian Al 99,35%. Uji kekerasan vickers menunjukkan nilai kekerasan las tertinggi 130 A adalah sebesar 59,43 kg⁄mm2, kekerasan *HAZ* tertinggi 140 A adalah sebesar 66 kg⁄mm2 . Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pengelasan dengan besar arus 140 A memiliki nilai tegangan tarik yang lebih tinggi yaitu 98,64 MPa.

Kata kunci : Aluminium, *TIG*, variasi arus, sifat mekanis.

# Pendahuluan

Aluminium dan paduannya merupakan logam yang banyak digunakan dibidang teknik karena mempunyai berbagai keunggulan antara lain ringan, mempunyai sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik, kekuatan tarik, kekuatan tarik relatif cukup, tahan korosi dan sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan dingin atau perlakuan panas, serta mempunyai sifat mampu las (*weldability*) yang bervariasi tergantung pada jenis paduannya. Pada paduan aluminium terdapat paduan yang dapat diperlaku-panaskan dan juga paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan.

Aluminium adalah logam yang saat ini banyak digunakan untuk bahan konstruksi, karena aluminium mempunyai kelebihan dari pada baja karbon rendah (*mild steel*), aluminium tersebut ditambah unsur paduan dapat meningkatkan sifat mekanik aluminium tersebut, Aluminium termasuk logam non ferro yang ringan dimana berat jenisnya 2,71 kg/m³ lebih kecil dari pada baja. Aluminium juga mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, karena mempunyai lapisan oksida yang melindunginya dari oksida lingkungan. Aluminium yang telah dipadukan dengan unsur sifat mekanik yang baik, sehingga logam alumunium paduan banyak digunakan untuk konstruksi (Wiryosumarto, dkk, 2004)

Pengelasan yang sempurna adalah apabila logam pengisi bercampur secara sempurna dengan logam induk. Gagalnya proses pencampuran ini disebabkan oleh adanya lapisan oksida yang menjadi pembatas atau penghalang sehingga mengakibatkan cacat yaitu penetrasi tak sempurna (*incomplete penetration*). Oleh karena itu dibutuhkan solusi untuk menghilangkan lapisan oksida ini yaitu dengan cara menggunakan proses pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)* atau *GTAW*. Las *TIG* merupakan jenis las listrik yang menggunakan bahan tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi. Elektroda ini digunakan hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik.

Lapisan oksida ini juga bersifat isolator dimana dapat menghambat mengalirnya arus dalam pengelasan. Jika lapisan oksida cukup tebal maka hal ini dapat menghambat timbulnya busur listrik atau sulit untuk membangkitkan busur listrik. Untuk dapat menjadikan hasil lasan yang baik maka perlu melihat kondisi pengelasan, yang meliputi metode pengelasan, macam-macam arus yang digunakan (*AC*, *DC* elektrode positif, *DC* elektrode negative), arus las, tegangan busur, kecepatan pengelasan, kondisi pemanasan awal, jumlah lajur, jumlah lapisan, suhu antar lajur pengelasan, dan perlakuan panas pasca pengelasan. Kondisi – kondisi pengelasan mengacu pada arus las, tegangan busur dan kecepatan las.

Agustinus Rumangun (2015), meneliti tentang studi pengaruh arus las *TIG* pada aluminium 5083 terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik. Pengelasan dilakukan dengan variasi besar arus 80 A, 90 A, 100 A, dan 110 A. Hasil uji foto mokro terdiri dari struktur senyawa intermetalik Al (Mg, Mn, Zn) yang lebih mendominan. Uji kekerasan *Vickers* menunjukkan nilai kekerasan *HAZ* tertinggi yaitu pada pengelasan dengan besar arus pengelasan 110 A adalah sebesar 74,2 kg/mm2. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pengelasan dengan arus 110 A memiliki tegangan tarik lebih tinggi yaitu 299,65 MPa. Untuk hasil pengujian terlihat dengan jelas bahwa spesimen dengan besar arus pengelasan yang bervariasi 80 A, 90 A, 100 A dan 110 A dengan posisi pengelasan bawah tangan memiliki tegangan tarik yang berbeda-beda, patahan yang terjadi adalah patahan getas. Dari hasil analisis pengelasan *TIG* dengan variasi besar arus pengelasan dapat disimpulkan bahwa spesimen dengan besar arus pengelasan 110 A terlihat pada spesimen kualitasnya bagus karena patah di luar daerah las artinya kekuatan lasnya bagus.

M. Utomo Manggala Putra (2016), meneliti tentang pengaruh besar arus pengelasan terhadap sifat fisis dan mekanis sambungan las *TIG* pada aluminium paduan. Pada umumnya daerah *HAZ* memiliki kekuatan dan kekerasan lebih rendah dibandingkan daerah *weld metal*. Dari hasil komposisi kimia menunjukkan bahwa pelat alumunium yang digunakan adalah alumunium seri 4xxx dengan unsur yang lebih dominan adalah Al-Si yang dimana aluminium 97,65% dan silikon 0,371%. Hasil uji foto mikro terdiri dari struktur Al dan AL-Si. Uji kekerasan *Vickers* menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada daerah las yaitu 65,9 kg/mm2 dan terendah pada daerah *HAZ* yaitu 57,2 kg/mm2. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pengelasan dengan besar arus 100 A memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi yaitu 162,55 kg/mm2, sedangkan kekuatan tarik terendah pada arus 110 A yaitu 83,14 kg/mm2. Dari hasil analisis pengelasan *TIG* dengan variasi besar arus pengelasan dapat ditarik kesimpulan bahwa daerah terjadinya patah didominasi pada sambungan *weld metal*, hal ini bisa terjadi karena disebabkan oleh perbedaan kecepatan pendinginan karena panas pengelasan, *filler* pengelasan yang tidak sesuai material las, atau ketebalan plat sehingga bisa mnyebabkan terjadinya porositas pada spesimen uji.

**II. Bahan dan Metode**

****

*Gambar 1. Diagram alir*

1. **Bahan Penelitian**

##  Bahan-bahan yang digunakan :

1. Plat aluminium berukuran 600 x 800 x 4 mm

2. Elektroda Pure Tungsten

3. Kawat las ER5356 diameter 2,4 mm

4. Bahan pendukung lain berupa :

a. Resin

b. Katalis

c. Waslap

d. Doble tip

e. Amplas tahan air ukuran : 180, 240, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 mesh.

f. Kain bludru.

Bahan plat aluminium yang disediakan berukuran 600 mm x 800 mm x 4 mm, kemudian dipotong dan difrais hingga rata dan siku, dengan ukuran 300 x 100 x 4 mm sebanyak 16 buah. Setelah didapatkan ukuran yang diinginkan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kampuh V.



*Gambar 2. Pembuatan kampuh*

Sebelum dilakukan proses pengujian tarik, kekerasan dan struktur mikro terlebih dahulu spesimen dipersiapkan melalui tahap-tahap sebagai berikut:

1. Pemotongan dari lembaran hasil pengelasan dengan variasi besar arus kemudian dipotong lagi menjadi potongan-potongan kecil, sesuai dengan proses pengujian yang akan dilakukan.

 Pengujian struktur mikro dan pengujian kekerasan dengan ukuran (mm)



*Gambar 3. Spesimen uji mikro dan kekerasan*

Pengujian tarik dengan ukuran (mm)



*Gambar 4. Spesimen uji tarik*

2. Pengamplasan

Proses pengamplasan dilakukan untuk menghilangkan bagian yang kasar akibat dari pemotongan benda uji. Dalam proses pengamplasan amplas yang digunakan dimulai dari grid yang kasar sampai halus, dari nomor yang paling kecil sampai nomor yang paling besar. Pada penelitian ini amplas yang digunakan jenis amplas tahan air yang terdiri dari nomor amplas 180, 240, 400, 600, 800, 1000, 1500, dan 2000 mesh. Pengamplasan dilakukan dengan mesin kertas amplas diklem diatas mesin yang berputar kemudian benda uji digesekkan pada amplas yang diputar oleh mesin dengan tangan sampai didapatkan permukaan rata dan mengkilap. Selama proses pengamplasan juga dilakukan pendingin dengan menuangkan air terus menerus pada bidang gesekan untuk menghindari terjadinya panas pada permukaan benda uji dan untuk mendapatkan permukaan yang halus.

3. Memoles

Pemolesan dilakukan pada benda uji yang akan dilihat struktur mikronya dan pengujian kekerasan, karena syaratnya yang harus dipenuhi permukaan benda uji adalah rata dan bebas kotoran. Sebagai bahan pemoles digunakan autosol yang berfungsi sebagai pengkilatan permukaan yang kasar dan menghilangkan bekas pemakanan serta goresan akibat proses pengamplasan. Pemolesan dilakukan dengan memberikan autosol pada permukaan uji dengan menggosokkan pada kain yang halus hingga rata, pemolesan dilakukan hingga mendapatkan permukaan benda uji yang mengkilap. Setelah itu spesimen dietsa dengan larutan HNO3 kemudian dilakukan pencucian dengan aquades agar dapat diketahui struktur mikro dari aluminium tersebut.

**III. Hasil dan Pembahasan**

1. Pengujian komposisi kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen uji aluminium paduan, didapatkan hasil sebagai berikut :

# *Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia*

|  |  |
| --- | --- |
| UNSUR | SAMPEL UJI |
| Raw metal | I=130 A | I=140 A | I=150 A |
| Al | 99,35 | 89,67 | 95,63 | 95,18 |
| Si | <0,0500 | 2,192 | 1,014 | 1,039 |
| Fe | <0,0500 | 0,753 | 0,101 | 0,083 |
| Cu | 0,153 | 0,244 | 0,099 | 0,086 |
| Mn | 0,0310 | 0,165 | 0,138 | 0,138 |
| Mg | <0,0500 | 4,935 | 2,714 | 3,168 |
| Cr | 0,0654 | 0,143 | 0,036 | 0,039 |
| Ni | <0,0200 | 0,126 | <0,0050 | <0,0050 |
| Zn | 0,104 | 0,227 | 0,050 | 0,050 |
| Sn | <0,0500 | 0,220 | <0,0050 | <0,0050 |
| Ti | <0,0100 | 0,129 | 0,073 | 0,073 |
| Pb | <0,0300 | 0,230 | <0,0050 | <0,0050 |
| Be | 0,001 | - | - | - |
| Ca | 0,0035 | 0,048 | <0,0010 | <0,0010 |
| Sr | <0,005 | 0,040 | <0,0020 | <0,0020 |
| Li | - | 0,604 | <0,300 | <0,300 |
| Bi | - | 0,063 | <0,0060 | <0,0060 |
| Ag | - | 0,0083 | <0,0010 | <0,0010 |
| B | - | 0,054 | <0,0010 | <0,0010 |
| V | <0,0100 | 0,036 | 0,014 | 0,014 |

Uji komposisi ini dilakukan pada 2 posisi tembak yaitu pada *raw material* dan daerah las (*weld metal*), pengujian dilakukan untuk mengetahui berapa presentase unsur yang terkandung dalam plat aluminium paduan yang belum terpengaruh pengelasan (*raw material*) maupun yang telah terpengaruh oleh pengelasan sehingga dapat diketahui perbandingan kadar kandungan unsur kimia dari kedua benda uji tersebut.

 Tabel 1, menunjukkan bahwa *raw material* mengandung unsur utama : Al sebesar 99,35%, Cu sebesar 0,153%, Zn sebesar 0,104%, Cr sebesar 0,0654%. Semula diduga bahwa *raw material* adalah paduan aluminium seri 7xxx, tetapi setelah dicari kecocokan ternyata aluminium yang digunakan adalah seri 1xxx karena pada seri 7xxx Zinc (1% - 8,2%), sementara aluminium yang digunakan dibawah 1%.

 Sedangkan pada daerah las (*weld metal*) terdapat kandungan unsur Mg, Si, Fe, Li. Pada setiap arus yang digunakan memiliki nilai yang berbeda seperti pada Tabel 1 akan tetapi tetap unsur tersebutlah yang paling unggul. Pada daerah las kandungan Mg terlihat lebih besar dari pada *raw material* dikarenakan pada daerah las ada penambahan *filler* ER 5356 dimana kandungan *filler* tersebut mempunyai unsur Mg 4,5% - 5,5%.

2. Pengujian kekerasan *vickers*.

 Menurut Schonmetz, A., dkk. (1977), pengujian kekerasan mikro vickers, harga ditunjukkan oleh penetrator yang terbuat dari piramida intan, sudut antara dua bidang sisi piramida 136º. Identor ditekankan ke permukaan bagian yang akan diukur dengan beban 200 gr. Besarnya diagonal bekas injakan diukur dengan mikroskop dan nilai kekerasan Vickers dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

VHN = 1,854 x F/D2 (kg⁄mm2)

Dimana : F = Benda yang diterapkan (kg)

 D = Panjang diagonal rata-rata (mm)

 D = (d1+d2)/2

 d1 = Panjang diagonal satu

 d2 = Panjang diagonal dua

 Pengujian kekerasan untuk mengetahui distribusi kekerasan didaerah logam induk, logam HAZ dan logam las dari hasil proses las TIG dilakukan dengan metode pengujian *Vickers*. Angka kekerasan *Vickers* (angka kekerasan piramida intan) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan bekas penekanan. Pada prakteknya, bekas penekanan diukur dengan mikroskop pada panjang diagonalnya, gambar diagram 6, 7, dan 8.



*Gambar 5. Titik Uji kekerasan*

****

****

*Gambar 9. Spesimen uji kekerasan*

*Gambar 6. Diagram kekerasan vickers daerah las (weld metal)*



*Gambar 7. Diagram kekerasan vickers daerah HAZ*

****

*Gambar 8. Diagram kekerasan vickers daerah logam induk*

Dari hasil pengujian terlihat harga kekerasan pada setiap titik mengalami kenaikan. Proses pengelasan aluminium menyebabkan daerah yang menerima panas lebih besar melampaui suhu kritis dari aluminium yaitu pada *HAZ* dan *weld metal*. Oleh karena itu nilai kekerasan pada *HAZ* cenderung naik. Selain itu naiknya kekerasan dipengaruhi adanya unsur Mg, pada daerah *weld metal* harga distribusi kekerasan paling tinggi, hal ini dipengaruhi oleh banyaknya kandungan Al(Mg,Si) akibat penggunaan *filler* ER 5356. Jadi dapat dikatakan bahwa pada daerah *weld metal* nilai distribusi kekerasan lebih meningkat dari daerah *HAZ*, walaupun nilai ditribusi kekerasan daerah *HAZ* cenderung naik kemudian mengalami penurunan. Untuk keseluruhan arus yang baik dari hasil data arus 130 A, 140 A, 150 A adalah 130 A karena memiliki harga kekerasan tertinggi pada *weld metal* yaitu sebesar 59,43 kg/mm2 dibandingkan pada daerah HAZ dan logam induk.

3. Pengujian tarik

Aluminium paduan setelah dilakukan proses pengelasan TIG mempunyai ukuran panjang 300 mm x 200 mm x 4 mm. Selanjutnya dibuat spesimen uji tarik sesuai besar arus pengelasan, masing-masing sebanyak 3 buah. Hasil uji tarik seperti ditunjukkan pada tabel 3 dan 4 hasil pengujian ditunjukan pada gambar 10 dan gambar 11.

*Tabel 3. Hasil uji tarik tegangan pada arus 130 A, 140 A, 150 A*



*Tabel 4. Hasil uji tarik regangan pada arus 130 A, 140 A, 150 A*



*Gambar 10. Diagram Tegangan Tarik*

*Gambar 11. Diagram Regangan*



****

*Gambar 12. Spesimen uji tarik 130 A setelah putus*

****

*Gambar 13. Spesimen uji tarik 140 A setelah putus*

*Gambar 14. Spesimen uji tarik 150 A setelah putus*

Kekuatan tarik suatu material dapat dipengaruhi oleh banyak hal, selain karena komposisi kimia dan proses pembuatannya, kekuatan tarik juga dapat dipengaruhi oleh perlakuan-perlakuan tertentu yang dapat menyebabkan perubahan nilai kekuatan tarik tersebut. Pada penelitian ini perlakuan tersebut dimaksudkan pada pengaruh banyaknya proses *repair welding* pada pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG). Seperti diketahui bahwa proses pemanasan dan pendinginan dapat menyebabkan adanya tengangan sisa dalam suatu bahan material, dan tegangan sisa itu sendiri dapat menurunkan sifat mekanik dari suatu material terutama kekuatan tarik dan kekerasannya. Pada spesimen dengan besar arus yang bervariasi terlihat dari pengujian tarik bahwa, pengujian tarik dengan besar arus 130 A,140 A dan 150 A memiliki kekuatan tarik yang berbeda.

Dari hasil pengujian tarik dapat terlihat bahwa spesimen mengalami patah pada daerah *HAZ,* hal ini disebabkan karena daerah *HAZ* adalah daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah ini. Namun jika kita melihat dari hasil perhitungannya, dapat terlihat jelas perbedaannya pada setiap arus, dimana arus 150 A hasilnya sedikit lebih tinggi bila dibandingkan yang lain. Jadi dikatakan semakin besar arus pengelasannya semakin meningkat nilai kekuatan tariknya.

**IV. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil uji komposisi kimia pada raw material menunjukkan bahwa plat aluminium yang digunakan merupakan aluminium seri 1xxx dengan kemurnian Al (99,35%). Namun pada saat pengujian komposisi kimia pada *weld metal* terjadi perubahan unsur yaitu pada arus 130 A, unsur Al (89,67%), Mg (4,935%), Si (2,192%), dan Fe (0,753%), penyebab perubahan tersebut dikarenakan pada daerah las ada pengaruh penggunaan *filler* ER 5356 dimana kandungan *filler* tersebut mempunyai unsur Mg 4,5% - 5,5%.
2. Hasil uji kekerasan *Vickers* menunjukkan bahwa nilai kekerasan pengelasan pada arus 130 A yaitu sebesar 59,43 kg⁄mm2, memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan pengelasan pada arus 140 A dan 150 A.
3. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pengelasan dengan besar arus 140 A hasil kekuatan tariknya yaitu sebesar 98,64 MPa, mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengelasan pada arus 130 A dan 150 A

**Ucapan Terima Kasih**

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, terutama laboratorium material teknik ITNY dan laboratorium material Teknik Mesin D3 UGM Yogyakarta.

**Daftar Pustaka**

Agustinus, R. , (2015), *Studi Pengaruh Arus Las TIG pada Aluminium 5083 Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Kekuatan Tari*k. Teknik Mesin ITNY, Yogyakarta.

M. Utomo, M. P, (2016) *Pengaruh Besar Arus Pengelasan Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las TIG pada Aluminium Paduan*. Teknik Mesin ITNY, Yogyakarta.

Schonmetz, A., Gruber, K. 1977. *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*, Bandung: PT. Angkasa, Bandung.

Wiryosumarto, H. dan Okumura,. T. 2004, “*Teknologi Pengelasan Logam”* Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.