



**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS TERHADAP
KEKUATAN GESER ALUMINIUM 6061 PADA
PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)***

Skripsi

Ditulis sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Oleh

David Ibrahim

NIM.5201412002

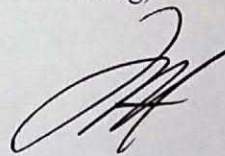
**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : David Ibrahim
Nim : 5201412002
Program studi : Pendidikan Teknik Mesin
Judul : “Pengaruh Variasi Arus Terhadap Kekuatan Geser Aluminium 6061 Pada Pengelasan *Tungsten Inert Gas (Tig)*”

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 21 Agustus 2019
Pembimbing,



Drs. Sunyoto M.Si
NIP. 196511051991021001

PENGESAHAN

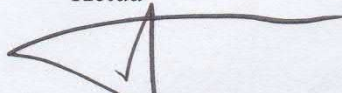
Skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Arus Terhadap Kekuatan Geser Alumunium 6061 pada Hasil Pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)*” telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang pada tanggal 22 Agustus 2019.

Oleh

Nama : David Ibrahim
Nim : 5201412002
Program studi : Pendidikan Teknik Mesin

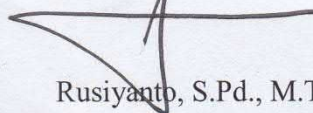
Panitia

Ketua




Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris



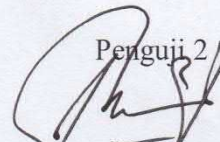
Rusiyanto, S.Pd., M.T
NIP. 197403211999031002

Penguji 1



Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.
NIP. 196601051990021002

Penguji 2



Drs. Masugino, M.Pd
NIP. 195207211980121001

Pembimbing



Drs. Sunyoto M.Si
NIP. 196511051991021001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM

NIP. 1196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : David Ibrahim

NIM : 5201412002

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, **22** Agustus 2019



David Ibrahim

5201412002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Barangsiapa bersabar maka ia akan beruntung.
- Barangsiapa bersungguh-sungguh maka ia akan berhasil.
- Perbanyaklah bersyukur sehingga membuatmu rasanya mengeluh.
- Karena sesungguhnya setelah kesulitan ada kemudahan, Sesungguhnya setelah kesulitan ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. (Q.S Al-Insyirah 5-7)

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya ini untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta H Slamet Riyadi dan alm. Hj Hanik Rosidah yang tak pernah lelah mendoakan dan merawatku.
2. Kakakku dan kedua adikku.
3. Teman-teman dan Maulidia Felasufah yang tak pernah berhenti memberi semangat.
4. Almamater kebanggaanku Program Studi Pendidikan Teknik Mesin UNNES.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGARUH VARIASI KUAT ARUS TERHADAP KEKUATAN GESER ALUMINIUM 6061 PADA HASIL PENGELASAN *TUNGSTEN INERT GAS (TIG)*”. terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan semua pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan limpaham rahmat dan nikmat sehat kepadaku.
2. Dr. Nur Qudus, M.T.,IPM. Ketua Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Rusiyanto S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Sunyoto, M.Si., dosen pembimbing yang selalu memberi semangat dan mengarahkan hingga selesainya skripsi ini.
5. Dr. Wirawan Sumbodo, M.T., dosen penguji I yang telah telah memberikan saran dan masukan.
6. Drs. Masugino, M. Pd., dosen penguji II yang telah memberikan saran dan arahan.
7. Bapak dan alm. Ibu tercinta yang telah yang pernah lelah mendoakan dan merawatku hingga sekarang.
8. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak telah membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Saran dan kritik dari pembaca diperlukan demi menambah wawasan penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dikemudianhari.

Semarang, Agustus 2019

Penulis

SARI

Ibrahim, David. 2019. Pengaruh Variasi kuat arus terhadap Kekuatan geser *Alumunium 6061* pada Las *Tig*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Sunyoto, S.Pd., M.T. dan Dr. Wirawan Sumbodo S.Pd., M.T.,

Kata Kunci: Las *TIG*, Kuat Arus, Kekuatan Geser, Alumunium 6061

Parameter yang menentukan tinggi rendahnya temperatur pada pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)* adalah besaran arus listrik. Besaran arus listrik yang dialirkan menjadikan perubahan struktur mikro logam yang berdampak pada hasil kekuatan mekanik suatu logam. Kuat arus merupakan parameter las yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap besar masuknya panas pada proses pengelasan. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan geser dengan parameter kuat arus sebesar 65A,115A,165 A pada sambungan las maka perlu dilakukan pengujian yang dalam hal ini dilakukan pada logam alumunium 6061 sedang proses pengelasannya menggunakan pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen pada pengelasan TIG terhadap kuat arus kekuatan geser alumunium 6061. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Alat yang digunakan untuk mengetahui kekuatan geser.

Berdasarkan hasil pengujian geser hasil las dengan variasi arus 65 A, 115 A, 165 A pada pengelasan TIG material alumunium 6061. Penggunaan kuat arus yang kecil meningkatkan terjadinya cacat pada hasil las sehingga menurunkan tegangan pada kekuatan geser. Besar tegangan geser tertinggi terletak pada variasi arus 165A dengan rata-rata tegangan kekuatan geser mencapai 106.59 N/mm². Sedangkan pada variasi kuat arus 65A kekuatan geser berada pada titik rendah tegangan karena hanya mampu memporel rata-rata sebesar 84.13 N/mm².

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERSETUJUAN PEMBIMBING | ii |
| PENGESAHAN KELULUSAN | iii |
| PERNYATAAN | iv |
| MOTO DAN PERSEMBAHAN | v |
| PRAKATA | vi |
| SARI | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN | xii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 5 |
| C. Pembatasan Masalah | 6 |
| D. Rumusan Masalah | 6 |
| E. Tujuan Penelitian | 7 |
| F. Manfaat Penelitian..... | 7 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 9 |
| A. Kajian Pustaka..... | 9 |
| B. Landasan Teori..... | 13 |

| | |
|--|-----------|
| C. Kerangka Berpikir..... | 34 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 37 |
| A. Desain Penelitian..... | 37 |
| B. Variabel Penelitian..... | 37 |
| C. Bahan dan alat | 38 |
| D. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitain | 40 |
| E. Metode pengumpulan data | 40 |
| F. Prosedur Pelaksanaan Penelitian..... | 41 |
| G. Analisis Data | 44 |
| H. Diagram Alur Penelitian | 45 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 46 |
| A. Hasil | 46 |
| B. Pembahasan | 49 |
| BAB V PENUTUP..... | 50 |
| A. Simpulan | 50 |
| B. Saran | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
| LAMPIRAN | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Jenis-Jenis Pengelasan | 14 |
| Gambar 2.2 Proses Pengelasan <i>TIG</i> | 18 |
| Gambar 2.3 Skema Las <i>TIG</i> | 19 |
| Gambar 2.4 spesimen uji geser..... | 33 |
| Gambar 2.5 Kerangka Berpikir..... | 36 |
| Gambar 3.1 alat uji geser | 40 |
| Gambar 3.2 spesimen uji geser | 42 |
| Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian | 45 |
| Gambar 4.1 grafik kuat arus terhadap kekuatan geser..... | 48 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Penggunaan Las <i>TIG</i> untuk Beberapa Logam | 20 |
| Tabel 2.2 Besar Arus dalam Pengelasan dengan Elektroda Wolfram | 21 |
| Tabel 2.3 Besar Arus untuk Beberapa Diameter Logam Pengisi | 26 |
| Tabel 3.1 contoh tabel data kekuatan geser | 43 |
| Tabel 4.1 Kekuatan Uji Geser Hasil Pengelasan | 47 |
| Tabel 4.2 Dimensi Spesimen | 47 |
| Tabel 4.3 hasil tegangan geser | 48 |

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

| Simbol | Arti |
|--------------------|---------------------------------|
| Ar | Argon |
| He | Helium |
| A | Ampere |
| ° | Derajat |
| °C | Derajat Celcius |
| % | Persen |
| A _o | Luas Penampang |
| A _f | Luas Setelah Ditarik |
| L _o | Panjang Sebelum Ditarik |
| L | Panjang Batang Uji |
| P _u | Beban <i>Ultimate</i> |
| q | Reduksi Penampang |
| L _f | Panjang Setelah Diuji Tarik |
| Kg/mm ² | Kilogram Per Milimeter Kuadrat |
| µm | Micron Meter |
| Kg | Kilogram |
| σ | Tegangan |
| σ _g | Tegangan Geser |
| N | Newton |
| Singkatan | Arti |
| TIG | <i>Tungsten Inert Gas</i> |
| GTAW | <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> |
| AC | <i>Alternating Current</i> |
| DC | <i>Direct Current</i> |
| HAZ | <i>Heat Affected Zone</i> |
| Mm | Milimeters |
| Al-Mg-Si | Aluminium Magnesium Silikon |

| | |
|--------|--------------------------------------|
| AWS | <i>American Welding Society</i> |
| API | <i>American Petroleum Institute</i> |
| Al6061 | Aluminium 6061 |
| DIN | <i>Deutsche Industrie Normen</i> |
| TLBC | <i>Tensile Load Bearing Capacity</i> |
| WIG | <i>Wolfram Inert Gas</i> |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat adanya energi panas. Pada teknologi produksi dengan menggunakan bahan baku logam, pengelasan merupakan proses pengerjaan yang memegang peranan sangat penting pada sambungan – sambungan konstruksi mesin, banyak penggunaan teknik pengelasan karena dengan menggunakan teknik ini sambungan menjadi lebih ringan dan lebih sederhana dalam pembuatannya sehingga biaya produksi dapat lebih murah.

Dalam merancang suatu konstruksi permesinan atau bangunan yang menggunakan sambungan las banyak faktor yang harus diperhatikan seperti keahlian dalam mengelas, pengetahuan yang memadai tentang prosedur pengelasan, sifat-sifat bahan yang akan di las dan lain-lain. Prosedur pengelasan antara lain pemilihan parameter las seperti: tegangan busur las, besar arus las, penetrasi, kecepatan pengelasan dan beberapa kondisi standar pengelasan seperti: bentuk alur las, tebal pelat, jenis elektroda dan diameter inti elektroda, dimana parameter-parameter tersebut mempengaruhi sifat mekanik logam las (Wiryosumarto, 2000).

Oleh karena itu dibutuhkan pengelasan yang memiliki hasil kualitas yang baik untuk menunjang konstruksi yang kuat, aman dan tahan lama. Salah satu pengelasan yang banyak digunakan dalam dunia manufaktur adalah *Tungsten Inert Gas (TIG)* atau disebut juga *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)* adalah

proses pengelasan menggunakan panas dari busur listrik yang terbentuk antara elektroda tungsten yang tidak terumpan dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar, sehingga tidak menghasilkan terak (kotoran las) dan bebas dari terbentuknya percikan las (spatter). Elektroda menggunakan batang wolfram yang dapat menghasilkan busur listrik tanpa ikut 3 mencair, kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi (penembusan) pengelasan akan dapat dikendalikan dengan baik.

Parameter yang menentukan tinggi rendahnya temperatur pada pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)* adalah besaran arus listrik. Besaran arus listrik yang dialirkan menjadikan perubahan struktur mikro logam yang berdampak pada hasil kekuatan mekanik suatu logam. Kuat arus merupakan parameter las yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap besar masuknya panas pada proses pengelasan. Masukan panas yang terjadi adalah efek dari penggunaan arus pada saat proses pengelasan. Arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kawat inti elektroda las mengalami kelebihan panas selama proses pemanasan, dan bahan-bahan fluks akan memburuk, menyebabkan takikan dan tampilan rigi-rigi las yang buruk. Sebaliknya arus yang terlalu rendah cenderung menyebabkan penumpukan sehingga memungkinkan terjadinya cacat-cacat las, seperti kurang penembusan dan pemasukan terak. Sehingga merusak kekuatan mekanik pada material hasil dari pengelasan tersebut.

Pada penelitian ini menggunakan material aluminium 6061 untuk dijadikan bahan pengelasan *TIG*. Aluminium 6061 tergolong aluminium seri 6xxx

dengan elemen padu magnesium dan silikon, paduan jenis ini termasuk dalam jenis yang mempunyai sifat mampu potong dan daya tahan korosi yang cukup baik. Kelemahan aluminium dan paduannya ditinjau dari proses penyambungannya yaitu sulit dilakukan dengan pengelasan cair, hal ini disebabkan karena aluminium mempunyai lapisan aluminium oksida pada permukaannya, aluminium 6061 mempunyai lapisan oksida Al_2O_3 memiliki titik cair sekitar $2.050^{\circ}C$ yang lebih tinggi dari logam induknya aluminium hanya sekitar $660^{\circ}C$. Apabila paduan aluminium ini menerima panas selama operasi pengelasan maka mungkin saja terjadi logam induk telah mencair sementara lapisan oksidanya belum atau tidak mencair sama sekali. Masalah ini dapat mengakibatkan sulitnya terjadi pencampuran apabila dalam pengelasannya melibatkan logam pengisi (Sonawan dan Suratman, 2004: 131-132).

Pengelasan yang sempurna adalah apabila logam pengisi bercampur secara sempurna dengan logam induk. Gagalnya proses pencampuran ini dimotori oleh adanya lapisan oksida yang menjadi pembatas atau penghalang sehingga mengakibatkan cacat yaitu penetrasi tak sempurna (*incomplete penetration*). Lapisan oksida ini juga bersifat isolator dimana dapat menghambat mengalirnya arus dalam pengelasan. Jika lapisan oksida cukup tebal maka hal ini dapat menghambat insiasi busur listrik atau sulit untuk membangkitkan busur listrik. Untuk dapat menjadikan hasil las-lasan yang baik maka perlu melihat kondisi pengelasan, kondisi pengelasan meliputi metode pengelasan, macam-macam arus yang digunakan (AC, DC elektrode positif, DC elektrode negatif), 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 (Daryanto, 2012:188). Rentang arus las yang tepat ditentukan berdasarkan ketebalan logam induk, diameter elektroda las, macam-macam sambungan dan posisi pengelasan. Oleh karena itu, pengaturan kuat arus sangat penting sebelum memulai proses pengelasan. Arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kawat inti elektroda las mengalami kelebihan panas selama proses pengelasan menyebabkan takikan dan tampilan rigi-rigi las yang buruk. Sebaliknya arus las yang terlalu rendah cenderung menyebabkan penumpukan memungkinkan terjadinya cacat-cacat las seperti kurang penembusan dan pemasukan terak sehingga mengakibatkan menurunnya sifat fisis dan mekanis pada hasil lasan. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah hasil pengelasan tersebut telah memenuhi kriteria harus ada pengukuran atau pengujian hasil las.

Pengujian geser merupakan salah satu pengujian dalam menentukan seberapa jauh terpenuhinya standar spesifikasi dari karakteristik bahan yang digunakan untuk proses pengujian terhadap material, dimana material didesak melalui dua arah yang berbeda dengan besar gaya yang sama sampai terjadi proses deformasi (perubahan bentuk) atau *displacement* (proses pergeseran objek atau perubahan posisi titik awal dan posisi akhir dari sebuah objek) spesimen untuk mengetahui karakteristik maupun sifat mekanik dari suatu material.

Kahraman (2005) telah melakukan penelitian tentang penggunaan gas argon pada pengelasan spot welding pada material titanium. Dari hasil eksperimennya diperoleh bahwa adanya gas argon mampu meningkatkan

kekuatan geser dari sambungan las. Data lain diperoleh dari Hasil penelitian yang dilaksanakan oleh (Purwanto,2012) menunjukkan bahwa variasi arus dan waktu serta penambahan gas argon berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan geser hasil pengelasan. Kondisi yang paling optimal terdapat pada arus 5021 A dan waktu 4,5 detik dengan nilai kekuatan geser tertinggi sebesar 7,949 N/mm.

Berdasarkan uraian di atas, salah satu yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengelasan khususnya pada pengelasan *TIG* adalah kuat arus pengelasan. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan geser pada sambungan las maka perlu dilakukan pengujian yang dalam hal ini dilakukan pada logam aluminium 6061 sedang proses pengelasannya menggunakan pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)*.

B. Identifikasi Masalah

Bersumber dari latar belakang di atas terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik pada material hasil lasan antara lain:

1. Kuat arus merupakan parameter yang sangat penting pada pengelasan *tungsten inert gas* karena berpengaruh langsung terhadap besar masuknya panas pada proses pengelasan.
2. Parameter yang menentukan tinggi rendahnya temperatur pada pengelasan *TIG* adalah besaran arus listrik. Besaran arus listrik yang dialirkan menjadikan perubahan struktur mikro logam yang berdampak pada hasil kekuatan mekanik suatu logam.

3. Kekuatan mekanik perlu ditingkatkan untuk pemanfaatan dalam pembuatan konstruksi manufaktur.
4. Adanya gas argon pada pengelasan *TIG* mampu meningkatkan kekuatan geser dari sambungan las.
5. Aluminium dan paduannya ditinjau dari proses penyambungannya yaitu sulit dilakukan dengan pengelasan cair, hal ini disebabkan karena aluminium mempunyai lapisan aluminium oksida pada permukaannya.
6. Perlu adanya hasil pengelasan pada aluminium dengan kualitas yang baik untuk menunjang konstruksi yang kuat, aman dan tahan lama menyebabkan diperlukan penelitian tentang pengelasan *TIG* terhadap aluminium dengan didasari parameter kuat arus pada proses pengelasannya.

C. Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bahan material yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan aluminium 6061 dengan tebal 8mm, panjang 100mm, lebar 25mm.
- b. Pengujian material dalam penelitian ini menggunakan pengujian geser.
- c. Penyambungan logam yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pengelasan *tungsten inert gas (TIG)*
- d. Variasi kuat arus dalam penelitian ini 65 A, 115 A, 165 A

D. Rumusan Masalah

Permasalahan yang tentunya akan menjadi fokus utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi kuat arus terhadap kekuatan geser pada sambungan aluminium menggunakan las *TIG*.

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi kuat arus terhadap kekuatan geser pada sambungan aluminium menggunakan las *TIG*.

F. Manfaat Penelitian

1. Teoritis

- a. Setelah mengetahui nilai kekuatan geser pada sambungan aluminium akibat variasi kuat arus maka hal ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan kuat arus yang tepat untuk mendapatkan hasil sambungan dengan kekuatan geser sesuai dengan tuntutan.
- b. Menambah pengetahuan dan wawasan bagi peneliti dan pembaca tentang pengaruh variasi kuat arus terhadap kekuatan geser benda hasil lasan.
- c. Memberikan informasi pada institusi teknologi produksi pada perusahaan-perusahaan yang menggunakan proses penyambungan logam menggunakan material aluminium dengan las *Tungsten Inert Gas (TIG)*,

tentang kuat arus yang digunakan untuk mendapatkan hasil sambungan yang optimal.

- d. Memberikan gambaran pengaruh pemilihan kuat arus terhadap kekuatan geser benda hasil lasan sehingga dapat mempertimbangkan keuntungan dan kerugian serta dapat mempertimbangkan kebijakan apa yang harus diambil.

2. Praktis

- a. Sebagai acuan praktisi untuk menentukan variasi kuat arus yang digunakan untuk memperoleh kekuatan geser yang optimal pada hasil pengelasan aluminium 6061 menggunakan metode pengelasan Tungsten Inert Gas (*TIG*).

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dipakai sebagai acuan terkait dengan penelitian berjudul “Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Kekuatan Geser Alumunium 6061 Pada Pengelasan *Tungsen Inert Gas (TIG)*”. Dalam hal ini, ada beberapa studi yang dianggap relevan dan dijadikan acuan dalam kajian penelitian ini. Studi-studi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

Ardiyanto (2016) menyatakan dalam penelitiannya kekuatan tarik pada logam hasil lasan sangat dipengaruhi oleh masukan panas yang terjadi pada proses pengelasan, masukan panas akan mengakibatkan logam las berdifusi dengan baik atau tidak sehingga akan berpengaruh pada kekuatan tarik hasil lasan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro pada hasil sambungan aluminium menggunakan las *TIG* dan mengetahui nilai kekuatan tarik pada sambungan aluminium dengan variasi sudut kampuh V dan kuat arus. berdasarkan nilai tegangan tarik pada pengelasan *TIG* terhadap arus kuat material alumunium disimpulkan bahwa tegangan tarik meningkat dengan parameter yang diijinkan. Penggunaan sudut dan kuat arus yang disarankan untuk mendapatkan kekuatan tarik maksimal pada pengelasan Aluminium 6061 adalah 85° dengan kuat arus 160A.

Relevansi dari penelitian ini terletak pada metode pengelasan pada sambungan material dan material logam yang digunakannya pengelasan yang

digunakan menggunakan pengelasan tungsten inert gas dengan berbahan Alumunium 6061 dengan variasi kuat arus sebagai pengaruh yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan pada material. Perbedaan dari penelitian ini jika pada penelitian yang dilakukan oleh Ardiyanto (2012) pada pengujian materialnya menggunakan kekuatan tarik pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan kekuatan geser sebagai pengujian material hasil pengelasan *TIG*.

Handra (2014) juga telah melakukan penelitian yang lain dengan judul Pengaruh Waktu Tekan dan Hasil Gumpalan terhadap Kekuatan Geser pada Las Titik. Penelitian ini menggunakan plat baja dengan tebal 1,5 mm sebagai material uji, serta variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 10, 20 dan 30 detik. Adapun variasi arusnya adalah 70 A, 80 A dan 90 A. Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang dilakukan, arus dan waktu penekanan yang paling efektif adalah 70 A dan 30 detik. Hal tersebut dilihat dari besarnya tegangan geser yang diperoleh, yaitu sebesar 511,623 N/mm², dimana nilai ini adalah yang paling besar dibandingkan dengan variasi yang lain.

Relevansi dari penelitian ini terletak pada pengujian kekuatan geser serta kuat arus yang dijadikan parameter yang diujikan dalam penelitiannya. Perbedaan dari penelitian ini terletak dari metode pengelasan pada penelitian, penelitian yang dilakukan Handra (2014) menggunakan metode pengelasan las titik sedangkan untuk penelitian yang peneliti lakukan menggunakan metode pengelasan *TIG* kemudian dalam penentuan material pada penelitian ini menggunakan plat baja sedangkan penelitian yang peneliti lakukan menggunakan alumunium 6061 sebagai bahan material penelitian.

Penelitian dengan metode *TIG* welding telah dilakukan oleh Abbass dkk (2016) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter arus, waktu pengelasan dan tebal plat terhadap gaya geser maksimum dan diameter nugget. Bahan yang diteliti adalah baja AISI 304L dengan variasi ketebalan 0,6 mm, 0,8 mm, dan 1 mm, sedangkan variasi waktu yang digunakan yaitu 2 detik, 4 detik dan 6 detik. Variasi arus yang dipakai pada penelitian ini adalah 125, 150 dan 175 Ampere. Metode pengujian yang dipakai adalah metode taguchi dengan *array orthogonal L27* dan hasil menunjukkan bahwa gaya geser maksimal akan meningkat seiring meningkatnya arus dan waktu penekanan, kemudian akan turun lagi pada arus yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama. Nilai gaya geser terbesar yang diperoleh yaitu 14000 N pada variasi ketebalan 1 mm serta arus 175 A dan waktu penekanan 6 detik.

Relevansi dari penelitian ini terletak pada metode pengelasan *TIG* yang dilakukan dalam melakukan penyambungan logam serta uji mekanik yang diujikan dalam pengujian hasil pengelasan yaitu kekutan geser dengan parameter kuat arus sebagai pengaruh yang dijadikan penelitian ini. Perbedaan dari penelitian ini terletak pada logam material yang dijadikan penelitian pada ini pada penelitian yang dilakukan Abbass dkk menggunakan bahan baja AISI 304L sedangkan bahan material yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan logam aluminium 6061 sebagai bahan material yang digunakan dalam penelitian.

Selain itu Faozi (2015), meneliti tentang pengaruh variasi parameter arus listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las spot *TIG* material tak sejenis baja SS400 dan paduan aluminium AA5083 dengan tebal

masing-masing 1,2 mm dan 2,5 mm. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 70A, 80A, 90A, 100A, dan variasi waktu penekanannya 6 detik, 7 detik, 8 detik. Setelah dilakukan pengujian hasil lasan, didapat nilai Tensile Load Bearing Capacity (TLBC) rata-rata tertinggi sebesar 869,19 N yaitu pada pengelasan dengan parameter arus 100 A, dan waktu penekanan 8 detik. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada arus 70 A dan waktu pengelasan 6 detik yaitu sebesar $\pm 241,30$ HV pada daerah weld metal baja SS400. Sedangkan struktur mikro menunjukkan pembesaran ukuran butir pada daerah HAZ baja SS400 dan aluminium AA5083 seiring dengan meningkatnya arus dan waktu pengelasan.

Relevansi pada penelitian ini terletak pada metode pengelasan yang digunakan yaitu pengelasan *TIG*. Sedangkan perbedaan dari penelitian ini terletak pada logam yang disambungkan pada penelitian yg dilakukan faozi (2015) menggunakan logam tak sejenis antara baja ss400 dan aluminium AA5083.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan penelitian tentang sambungan pengelasan dengan metode spot *TIG* welding diperoleh berbagai macam parameter pengujian logam yang menentukan keberhasilan dari pengelasan metode pengelasan tersebut seperti: kuat arus, sudut kampuh dan penekanan waktunya. Berdasarkan penggunaan material yang digunakan dalam penelitian sebelumnya masih jarang dilakukan penggunaan aluminium 6061 dengan pengujian kekuatan geser sebagai bahan material yang digunakan dalam penelitian. Oleh karena, itu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi kuat arus pada pengelasan *TIG* terhadap kekuatan geser aluminium 6061, sebagai penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini.

B. Landasan Teori

1. Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto dan Okumura, 2000: 1). Energi panas yang digunakan untuk mencairkan logam pada proses pengelasan dapat berasal dari pembakaran gas, sinar elektron, gesekan, gelombang ultrasonik, tahanan listrik, atau busur listrik.

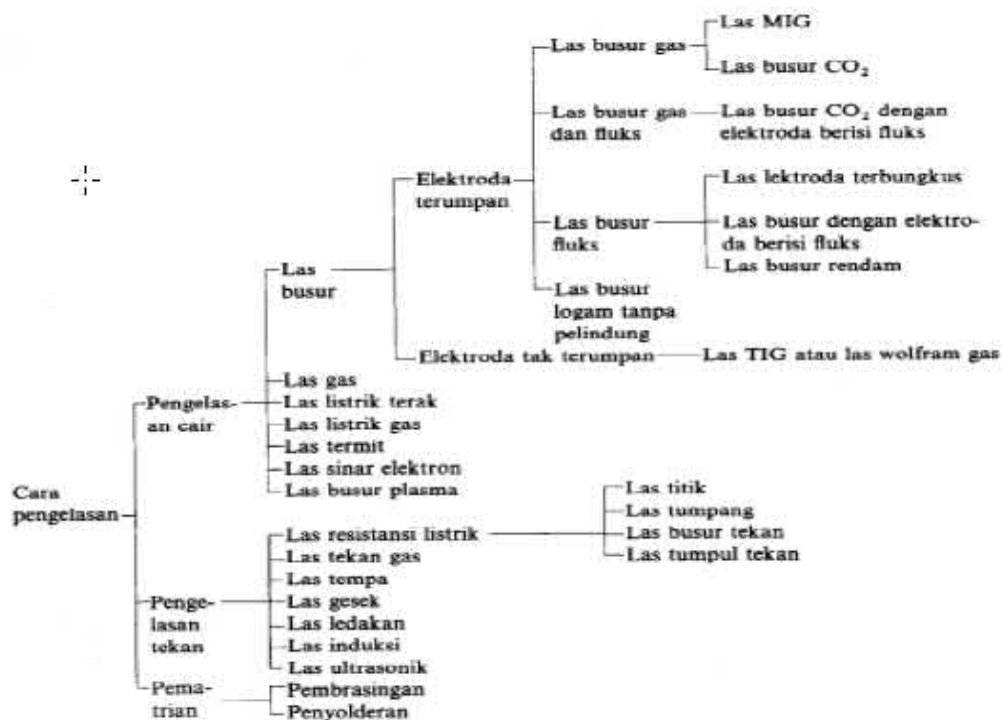
Sedangkan, Sonawan dan Suratman (2004:1) menyatakan bahwa “pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan menghasilkan sambungan yang kontinyu”. Proses pengelasan yang pada prinsipnya adalah menyambungkan dua komponen atau lebih yang lebih tepatnya ditujukan untuk merakit (*assembly*) beberapa komponen menjadi satu.

Berdasarkan beberapa teori tersebut 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.

2. Jenis- jenis Pengelasan

Sampai pada waktu ini banyak sekali cara-cara 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.

Klasifikasi pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri. Sedangkan, klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Diantara kedua cara klasifikasi tersebut di atas, kelihatannya klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan, karena itu pengklasifikasian yang diterangkan berdasarkan pada cara kerja dapat dilihat pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Pengelasan

Berdasarkan klasifikasi cara kerja pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu:

1. Pengelasan cair (*welding*) adalah proses penyambungan sebuah logam dimana untuk menyambungkan logam pertama-tama dipanasi sampai logam tersebut mencair, mencairnya logam tersebut diakibatkan dari panas yang berasal dari busur listrik. Jenis – jenis pengelasan cair yaitu sebagai berikut :

a. *Oxyacetyline Welding*

b. *Electric Arc Welding*

c. *Shield Gas Arc Welding:*

○ *TIG (Tungsten Inert Gas)*

○ *MIG (Metal Inert Gas)*

○ *MAG (Metal Aktive Gas)*

○ *Submerged Welding*

d. *Resistance Welding:*

○ *Spot welding*

○ *Seam Welding*

○ *Upset Welding*

○ *Flash Welding*

○ *Electro Slag Welding*

2. Pengelasan tekan (*grazing*) adalah proses penyambungan sebuah logam dimana logam tersebut pertama-tama dipanaskan lalu setelah logam tersebut mencari

kemudian diberikan tekanan hingga kedua logam tersebut menyatu. Adapun pengelasan tekan itu dibagi menjadi :

- a. Pengelasan tempa merupakan proses pengelasan yang diawali dengan proses pemanasan pada logam yang diteruskan dengan penempaan sehingga terjadi penyambungan logam.
- b. Pengelasan tahanan. Proses ini meliputi :
 - 1) Las proyeksi merupakan proses pengelasan yang hasil pengelasannya sangat dipengaruhi oleh distribusi arus dan tekanan yang tepat. Prosesnya yaitu plat yang disambung dijepit dengan elektroda dari paduan tembaga kemudian dialiri arus yang besar.
 - 2) Las titik prosesnya hampir sama dengan las proyeksi yaitu pelat yang akan disambung dijepit dahulu dengan elektroda dari paduan tembaga, kemudian dialiri arus yang besar dan waktunya dapat diatur sesuai dengan ketebalan plat yang akan dilas.
 - 3) Las kampuh merupakan proses pengelasan yang menghasilkan sambungan las yang kontinyu pada dua lembar logam yang tertumpuh. Ada tiga jenis las kampuh, yaitu las kampuh sudut, las kampuh tumpang sederhana dan las kampuh penyelesaian.
3. Pematrian (*soldering*) adalah proses penyambungan sebuah logam dimana logam pada sambungannya diberi logam yang mempunyai titik cair yang lebih rendah dari logam yang akan disambung, sehingga logam induk yang akan disambung tidak mencair. Pengelasan fusion dapat dibedakan menjadi :

- a. Pengelasan Laser adalah Pengelasan laser merupakan pengelasan yang lambat dan hanya diterapkan pada lasan yang kecil, khususnya dalam industri elektronika.
- b. Pengelasan listrik berkas elektron yaitu Pengelasan jenis ini digunakan untuk pengelasan pada logam biasa, logam tahan api, logam yang mudah teroksidasi dan beberapa jenis paduan super yang tak mungkin dilas.
- c. Pengelasan *thermit* merupakan satu-satunya pengelasan yang menggunakan reaksi kimia eksotermis sebagai sumber panas. *Thermit* merupakan campuran serbuk Al dan Oksida besi dengan perbandingan 1 : 3.

Pada penelitian ini menggunakan pengelasan cair dengan jenis las *TIG* (*Tungsten Inert Gas*) untuk digunakan sebagai metode pengelasan penyambungan logam sejenis.

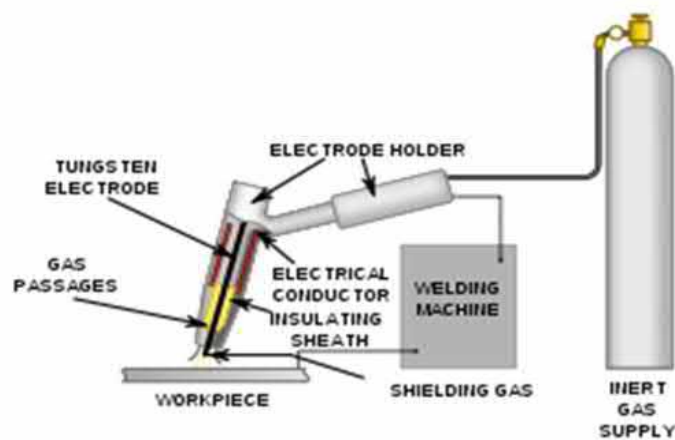
3. Tungsten Inert Gas Welding (TIG)

Fokus utama pada penelitian ini adalah pengelasan menggunakan las *TIG* (*Tungsten Inert Gas*), dalam bahasan ini penulis akan memaparkan tentang pengelasan *TIG*. Las *TIG* (*Tungsten Inert Gas Welding*) adalah nama dalam bahasa Inggris untuk *Wolfram Inert Gas* (*WIG schweissen*) dalam bahasa Jerman atau dalam bahasa Indonesia disebut sebagai las busur gas elektroda tungsten. Jenis las ini adalah salah satu metode yang termasuk paling penting dalam pengerjaan baja paduan tinggi (*high-alloy*) dan logam bukan besi (*non-ferrous*) seperti aluminium,

tembaga, titanium, Molibdenum dan paduan dari padanya (Dadang, 2013: 4-5).

Menurut Wiryosumarno dan Okumara (2000: 17), penggunaan las *TIG* mempunyai dua keuntungan yaitu pertama kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi ke dalam logam pengisi dapat diatur semauanya. Keuntungan yang kedua adalah kualitas yang lebih baik dari daerah las. Oleh karena itu, maka *TIG* biasa digunakan untuk mengelas baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja tahan panas dan untuk mengelas logam-logam bukan baja.

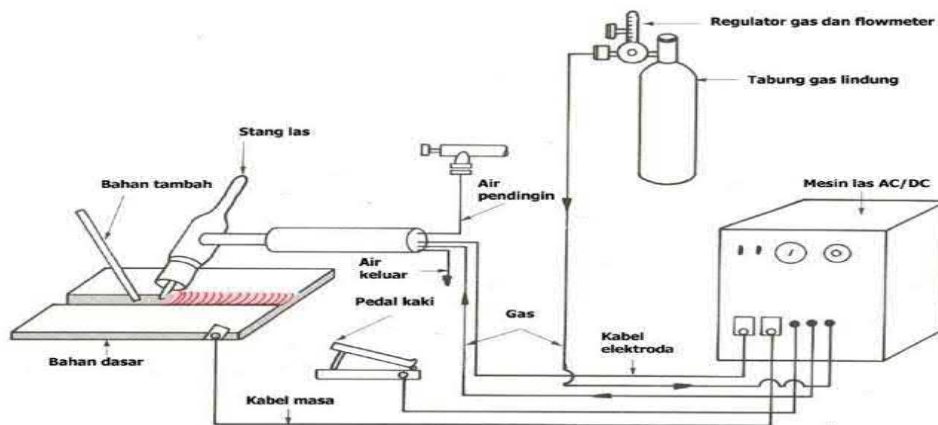
Pengelasan *TIG* merupakan cara pengelasan dimana busur las menyala diantara elektroda tungsten dan benda kerja, sementara itu aliran gas pelindung menyelubungi busur las dan daerah lasan untuk meindungi dari pengauh udara sekitar. Berbeda dengan elektroda pada proses busur metal manual, tungsten tidak akan meleleh menjadi logam pengisi, yang kemudian digolongkan dalam elektroda *non-consumable*. Penggunaan las *TIG* ini dapat dilakukan secara manual dan secara otomatis yaitu dengan melakukan pengumpanan logam pengisi secara otomatis.



Gambar 2.2 Proses Pengelasan *TIG*

Terdapat 4 (empat) komponen dasar atau komponen utama dari las GTAW, yaitu :

1. Obor (*torch*)
2. Elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*)
3. Sumber arus las
4. Gas pelindung



Gambar 2.3 Skema Las *TIG* (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004)

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan menggunakan las *TIG*:

1. Sumber Arus dan Kuat Arus

Pemilihan dalam penggunaan jenis arus baik AC maupun DC ditentukan dari jenis material yang akan dilas. Pada logam yang memiliki permukaan oksida tahan api seperti aluminium serta paduannya, paduan magnesium, dan aluminium perunggu digunakan arus AC sementara arus DC digunakan pada baja paduan, stainless steel, tembaga dan paduannya, nikel dan paduannya, titanium, zirconium dan perak (Davies, 1993:147). Untuk beberapa jenis logam. Berdasarkan dari teori tersebut maka penelitian ini akan menggunakan arus AC. Penggunaan

arus AC ini disesuaikan dengan penggunaan *base metal* yang akan dipakai dalam penelitian ini, yaitu paduan aluminium 6061. Jenis arus AC yang digunakan adalah arus AC *high frequency*.

Tabel 2.1 Penggunaan Las *TIG* untuk Beberapa Logam

| Logam | Listrik Ac Frekuensi Tinggi | Listrik DC polaritas lurus | Listrik DC polaritas balik |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Baja | Terbatas | Sesuai | - |
| Baja tahan karat | Terbatas | Sesuai | - |
| Besi cor | Terbatas | Sesuai | - |
| Aluminium dan paduannya | Sesuai | - | Plat tipis |
| Magnesium dan paduannya | Sesuai | - | Plat tipis |
| Tembaga dan paduannya | Terbatas | Sesuai | - |
| Aluminium brons | Sesuai | Terbatas | - |

(Sumber: Wiryosumarto,2000:19)

Arus pengelasan las listrik adalah besarnya aliran atau arus listrik yang keluar dari mesin las. Besar kecilnya arus pengelasan dapat diatur dengan amperemeter. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang digunakan dalam pengelasan, jenis logam, bentuk sambungan dan ketebalan benda kerja juga mempengaruhi dalam penentuan arus yang akan digunakan.

Penggunaan arus yang terlalu kecil akan mengakibatkan penembusan atau penetrasi las yang rendah, sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan terbentuknya manik las yang terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan. Penentuan amper juga dipengaruhi oleh diameter elektroda, berikut besr arus dalam elektroda *wolfram*.

Tabel 2.2 Besar Arus dalam Pengelasan dengan Elektroda Wolfram

| Diameter elektroda (mm) | Arus pengelasan (A) | |
|----------------------------|---------------------|---------------|
| | Wolframpure | Wolramthorium |
| 1,0 | 10-60 | 15-80 |
| 1,6 | 40-110 | 60-150 |
| 2,4 | 80-160 | 140-250 |
| 3,2 | 140-210 | 225-325 |
| 4,0 | 170-275 | 300-425 |
| 5,0 | 250-350 | 400-500 |
| 6,4 | 300-450 | - |

(Sumber: Wiryosumarto dan Okumara, 1981: 120)

2. Kecepatan Pengelasan (*travel speed*)

Kecepatan pengelasan (*travel speed*) berhubungan terbalik terhadap ukuran *weld bead*. Bila kecepatan pengelasan meningkat maka ukuran *weld bead* berkurang sehingga *heat input* juga berkurang. Kecepatan pengelasan yang rendah akan menyebabkan pencairan yang banyak dan pembentukan manik datar yang dapat menimbulkan terjadinya lipatan manik. Sedangkan kecepatan yang tinggi akan menurunkan lebar manik dan menyebabkan terjadinya bentuk manik yang cekung dan takik.

Heat input ini berbanding lurus dengan arus dan tegangan yang digunakan serta berbanding terbalik dengan kecepatan pengelasan. Bila menggunakan *heat input* yang rendah, mengharuskan kecepatan pengelasan yang relatif pelan, maka energi panas banyak menyebar kebagian logam, sehingga semakin banyak daerah yang dipanasi, berarti lebih banyak daerah yang mengalami perubahan struktur kristal. Sebaliknya dengan *heat input* yang tinggi, aluminium mencair dengan cepat, sehingga kecepatan pengelasan lebih besar, yang berarti daerah yang dipengaruhi panas las sempit. Semakin besar masukan panas makin besar pula

perubahan bentuk atau distorsi yang terjadi. Apabila *heat input* dari suatu pengelasan terlalu tinggi maka daerah *HAZ* akan menjadi lebar sehingga mudah terjadi cacat seperti *undercut*. Akan tetapi apabila *heat input* terlalu kecil maka juga akan menimbulkan cacat las seperti *inclusion* (Yoedhawan, 2014).

3. Gas Pelindung

Udara sekitar pengelasan mengandung banyak unsur oksigen dan juga nitrogen, pada temperatur yang tinggi gas tersebut akan bereaksi pada kebanyakan jenis logam yang menyebabkan teroksidasinya logam sehingga menghasilkan sambungan las yang buruk. Proses pengelasan *TIG* membutuhkan gas yang dapat melindungi selama pengelasan, untuk itu dibutuhkan gas yang tidak menimbulkan reaksi terhadap logam dan temperatur tinggi. Sifat netral tersebut hanya dimiliki oleh gas mulia yaitu argon dan helium, yang kemudian gas tersebut sering disebut *inert gas*. Berikut macam-macam gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan *TIG*.

a. Argon (Ar)

Gas pelindung yang paling sering digunakan atau paling umum adalah argon, gas argon dikenal karena kemurniannya pada temperatur tinggi. Argon baik murni ataupun mengandung sedikit unsur lain (karbon dioksida, oksigen, hidrogen dan helium) banyak digunakan pada baja karbon dan juga stainless steel, aluminium, dan sebagainya (Dadang, 2013: 59). Argon dengan kemurnian (99,99%) sering digunakan dalam pengelasan pada logam aluminium dan paduannya, sementara itu pada titanium dibutuhkan kemurnian yang sangat ekstrim. Argon dengan campuran 5% hidrogen mampu meningkatkan kecepatan

pengelasan atau penetrasi pada proses pengelasan. Berdasarkan literatur tersebut maka dalam penelitian ini *inert gas* yang digunakan adalah gas argon (Ar).

b. Helium (He)

Helium dapat digunakan pada aluminium dan paduannya serta pada tembaga, namun helium lebih mahal daripada argon. Campuran 30% helium dan 70% argon sekarang digunakan, dan mampu meningkatkan kecepatan pengelasan. Mekanisme pengelasan aluminium dengan arus DC dengan helium mampu memperdalam penetrasi dan kecepatannya (Davies, 1993: 148).

c. Elektroda

Elektroda tungsten terdiri dari elektroda tungsten murni dan elektroda tungsten paduan. Elektroda tungsten murni sangat baik untuk digunakan pada arus AC. Sementara tungsten paduan ada yang hanya dapat digunakan pada arus DC dan ada juga yang dapat digunakan pada arus DC maupun AC. Berikut karakteristik elektroda tungsten berdasarkan unsur paduannya.

1. Thoriated Tungsten Electrodes

Thoriated merupakan elektroda yang umum digunakan di Amerika dan beberapa negara lain. Elektroda ini bekerja dengan baik pada arus yang tinggi, utamanya digunakan dalam proses pengelasan arus DC untuk baja karbon, paduan nikel, *stainless steel* dan titanium.

2. Zirconiated Tungsten Electrodes

Elektroda jenis ini mempunyai unjuk kerja yang baik dalam pengelasan AC. Elektroda jenis ini mempunyai kestabilan busur yang lebih baik daripada pure tungsten, terutama pada pengelasan AC dengan beban arus yang tinggi.

Zirconiated tungsten umumnya digunakan pada pengelasan AC dengan material Aluminium dan magnesium.

3. *Lanthanated Tungsten Electrodes*

Lanthanated tungsten merupakan bahan non radioactive dengan unjuk kerja pengelasan yang baik. Konduktivitas listriknya hampir sama dengan 2% *thoriated tungsten*. Tungsten ini utamanya digunakan pada pengelasan DC akan tetapi juga menunjukkan hasil yang bagus pada hasil pengelasan AC.

4. *Ceriated Tungsten Electrodes*

Ceriated tungsten merupakan bahan non radioactive yang dikenal secara khusus digunakan pada pengelasan DC dengan amper rendah. Elektroda jenis ini populer digunakan pada pengelasan pipa, komponen yang sangat kecil dan siklus pengelasan yang pendek. Melihat karakteristik dari elektroda baik itu elektroda tungsten murni (*pure tungsten electrodes*) maupun paduan dalam teori di atas, maka dalam penelitian penulis akan menggunakan *pure tungsten electrodes*. Hal ini sesuai dengan teori bahwa penggunaan elektroda tersebut sangat baik digunakan dalam pengelasan arus ac dengan frekuensi tinggi pada material aluminium.

e. **Filler Rod (Bahan tambah las GTAW)**

Pada proses pengelasan *GTAW* atau *TIG* elektroda merupakan bahan tak habis pakai (*non consumable*) sehingga memerlukan bahan tambah untuk mengisi kampuh logam lasan, bahan ini yang sering disebut dengan (*filler rod*). *Filler rod* yang digunakan pada proses pengelasan memiliki komposisi yang lebih unggul dari *base metal* yang akan dilas, hal ini bertujuan untuk mengatasi terjadinya

transformasi struktur yang akan mempengaruhi sifat mekanik logam. *Filler rod* untuk las *TIG* memiliki berbagai ukuran diameter, tersedia ukuran standar diameter 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 3.2, 4.0, dan 5.0 mm. Kodefikasi dilakukan untuk memudahkan welder melakukan pemilihan dan menstandarkan bahan tambah las *GTAW* atau *TIG*. Beberapa kodefikasi yang ada antara lain *AWS* (*American Welding Society*), *DIN* (*Deutsche Industrie Norm*), dan *JIS* (*Japan Industrie Standart*). Berikut beberapa *filler rod* menurut standar *AWS*.

1) Untuk Mengelas Baja Karbon

ER70S-2, ER70S-6, dan beberapa pilihan ER70S lainnya dengan angka yang berbeda diakhir, masing- masing mewakili komposisi kimia dalam logam pengisi untuk mengatasi kondisi tertentu dari logam atau jenis sendi yang akan dilas. Klasifikasi *filler rod* ini digunakan untuk mengelas pipa berdiameter kecil dan pelat baja, maupun tembusan (*root pass*) pada pengelasan pipa.

2) Untuk Mengelas *Stainless Steel*

Filler rod yang digunakan dalam pengelasan *stainless steel* tipe 304 ataupun seri 300 lainnya yang secara luas digunakan dalam bidang manufaktur adalah *filler rod* dengan kode ER308 dan ER308L. Kode ER309 dan ER309L digunakan dalam pengelasan dengan *base metal* yang berbeda (*Dissimilar*), *filler* jenis ini mampu digunakan dalam panas tinggi dan memiliki ketahanan korosi yang sangat baik. Penyambungan pada bejana tekan, katup, peralatan kimia, dan aplikasi dilaut menggunakan *filler* dengan kode ER316 dan ER316L. Kode “L” mengacu pada jumlah karbon rendah pada *filler metal* (kurang dari 0,8%), yang membantu menghambat bahkan mencegah korosi.

3) Untuk Mengelas Logam Aluminium

Pengelasan paduan aluminium seri 6000 dan beberapa paduan lainnya digunakan *filler* dengan kode ER4043. *Filler* ini cocok digunakan dalam pengelasan komponen otomotif seperti rangka, poros penggerak, dan rangka sepeda. Sementara itu kode ER5356 merupakan *filler rod* paduan aluminium magnesium yang digunakan untuk mengelas paduan aluminium cor dan tempa. Umumnya direkomendasikan untuk pengelasan paduan aluminium seri 5000 atau 6000. Berikut dalam Tabel 2.3 menunjukkan besar arus dan diameter logam pengisi yang harus digunakan.

Tabel 2.3 Besar Arus untuk Beberapa Diameter Logam Pengisi

| Diameter Batang Logam Pengisi (mm) | Arus Pengelasan (Amp.) |
|---------------------------------------|------------------------|
| 1,6 | 40-100 |
| 2,0 | 60-130 |
| 2,4 | 70-150 |
| 3,2 | 130-200 |
| 4,0 | 180-250 |
| 5,0 | 240-360 |
| 6,0 | ≥340 |

Sumber: Wiryosumarto & Okumura, 2000: 124

Filler yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *filler* dengan kode ER4043, penggunaan *filler* jenis ini sesuai dengan teori yang ada dimana ER4043 merupakan *filler* yang dipakai pada pengelasan paduan aluminium seri 6000. Diameter *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2,4 mm hal ini sesuai dengan rentang variasi arus pengelasan yang diijinkan dengan variasi arus yang akan dilakukan dalam penelitian.

3. Aluminium

Mengingat penelitian ini menggunakan aluminium sebagai bahan untuk penelitian maka dalam sub-bab ini penulis akan membahas tentang material jenis ini. Aluminium adalah paduan logam ringan yang memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik dan merupakan konduktor yang cukup baik. Aluminium berwarna putih kebiru- biruan, lebih keras dari timah putih, tetapi lebih lunak daripada seng. Aluminium memiliki kekuatan tarik sebesar 10 kg/mm, dan untuk memperbaiki sifat mekanisnya bahan aluminium ditambahkan beberapa unsur paduan. Penambahan beberapa unsur lain seperti Cu, Mn, Mg, Si, Ni dan sebagainya, akan meningkatkan kekuatan mekaniknya, ketahanan terhadap korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian. Berdasarkan klasifikasinya aluminium dibagi menjadi tujuh jenis:

a. Aluminium Murni (seri 1000)

Aluminium dari jenis ini memiliki kemurnian antara 99% hingga 99,9%, aluminium murni memiliki sifat tahan korosi, konduktor, dan penghantar panas yang baik.

b. Paduan Al-Cu (seri 2000)

Jenis paduan Al-Cu memiliki ketahanan korosi yang jelek, sifat mampu las paduan ini juga kurang baik.

Paduan jenis ini biasa digunakan pada konstruksi keling dan banyak sekali digunakan pada konstruksi pesawat terbang.

d. Jenis Al-Mn (seri 3000)

Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, Mn dipakai untuk membuat paduan tahan korosi. Penambahan unsur Mn akan memperbaiki ductility pada logam aluminium.

e. Paduan Al-Si (seri 4000)

Penambahan unsur Si ini akan berdampak pada ketahanan terhadap korosi akan tetapi akan mengalami penurunan untuk proses machining. Paduan ini sangat baik kecairannya, yang mempunyai permukaan bagus sekali, dan sangat baik untuk paduan coran.

f. Paduan Al-Mg (seri 5000)

Paduan jenis ini tidak dapat diperlakukan panaskan, tetapi memiliki daya tahan korosi yang baik, dan dalam sifat mampu lasnya. Penambahan Mg akan memperbaiki logam aluminium dari segi kekuatannya.

g. Paduan Al-Mg-Si (seri 6000)

Paduan ini memiliki sifat mampu potong dan mampu las yang baik, sifat tahan korosi dari paduan ini juga cukup baik. Jenis ini merupakan paduan yang memiliki kekuatan kurang untuk bahan tempaan dibanding dengan paduan-paduan lainnya.

h. Paduan Al- Zn (seri 7000)

Penambahan unsur Zn dalam paduan ini akan memperbaiki sifat logam aluminium tahan terhadap korosi dan mengurangi terjadinya keretakan panas dan pengerutan. Kekuatan dan kekerasan logam aluminium paduan dapat diperbaiki dengan perlakuan panas atau perlakuan dingin (*heat treatment*), tetapi tidak semua aluminium paduan dapat diberikan *heat treatment*.

4. Aluminium 6061

Aluminium 6061 merupakan paduan antara Al-Mg-Si, paduan ini dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah proses pelarutan. Paduan ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstruksi dan sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa (Surdia dan Saito,1999: 140). Penggunaan paduan ini antara lain: industri ruang angkasa, mobil, rem piston, hidrolis piston, mount lensa kamera, perlengkapan pesawat, katup dan bagian katup, kerangka sepeda dan lain-lain. Paduan 6061 ini banyak dipilih karena memiliki kekuatan yang sangat baik untuk rasio berat, keuletan yang baik, Dapat diberi perlakuan panas Tak dapat diberi perlakuan panas dan ketahanan retak di lingkungan yang merugikan (Leon dan Jayakumar, 2014).

5. Siklus *Thermal* Daerah Lasan

Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2000: 56), daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas yang dalam bahasa Inggrisnya adalah "*Heat Affected Zone*" dan disingkat menjadi daerah *HAZ* dan logam induk yang tak terpengaruhi.

a. Logam Las

Menurut Widharto (2013: 455), logam las adalah perpaduan antara bahan pengisi (*filler metal*) dengan logam induk yang kemudian setelah membeku membentuk jalur las. Logam didaerah pengelasan mengalami siklus termal yakni

pencairan kemudian pembekuan. Kondisi ini menyebabkan perubahan struktur mikro dari logam yang bersangkutan.

b. Logam Induk

Menurut Widharto (2013: 456), logam induk adalah bagian logam yang jauh dari bagian las sehingga tidak terpengaruh oleh suhu panas las dan tetap dalam struktur mikro dan sifat semula.

c. Heat Affected Zone (HAZ)

Menurut Sonawan dan Suratman (2006: 66), pemanasan lokal pada permukaan logam induk selama proses pengelasan menghasilkan daerah pemanasan yang unik, artinya disetiap titik yang mengalami pemanasan itu memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pada pengelasan busur listrik, permukaan logam yang berhubungan langsung dengan busur listrik akan mengalami pemanasan paling tinggi yang memungkinkan daerah tersebut mencapai titik cairnya. Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2000: 56), daerah terimbas panas atau *HAZ* adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat.

6. Cacat Las

Jenis cacat las pada proses pengelasan yang mungkin dapat terjadi beberapa diantaranya adalah retak (*cracks*), *slag inclusion*, porositas (*porosity*), kurang fusi (*lack of fusion*), kurang penetrasi (*lack of penetration*), bentuk yang tidak sempurna (*imperfect shape*).

a. Retak (*cracks*)

Jenis cacat ini bisa terjadi pada logam las (*weld metal*), logam induk (*base metal*), atau pada daerah *heat affected zone (HAZ)*. Cacat retak dibagi menjadi dua yaitu retak dingin dan retak panas. Bagian retakan juga dibagi menjadi dua yaitu retakan memanjang (*longitudinal crack*) dan retakan melintang (*transverse crack*). Retak panas terjadi pada suhu tinggi ketika proses pembekuan berlangsung. Retak dingin umumnya terjadi di bawah suhu 200°C setelah proses pembekuan.

b. Slag Inclusion

Cacat ini disebabkan oleh pengotor atau inklusi baik berupa produk karena reaksi gas atau berupa unsur-unsur yang berasal dari luar. Seperti terak (*slag inclusion*), oksida (*oxide inclusion*), logam wolfram (*tungsten inclusion*) atau lainnya. Cacat las ini umumnya terjadi pada daerah bagian logam las (*weld metal*), hal ini akan mengurangi kekuatan hasil pengelasan.

c. Porositas (*porosity*)

Porositas merupakan cacat las berupa lubang-lubang halus atau pori-pori yang biasanya terbentuk di dalam logam las akibat terperangkapnya gas yang terjadiketika proses pengelasan. Di samping itu, porositas dapat pula terjadi karena kekurangan logam cair karena penyusutan ketika logam membeku. Porositas seperti itu disebut *shrinkage porosity*. Jenis porositas las dapat dibedakan berdasarkan poripori yang terjadi yaitu porositas terdistribusi merata, porositas teralokalisasi, porositas linier.

d. Kurang fusi (*lack of fusion*)

Cacat ini merupakan cacat akibat terjadinya “*discontinuity*” yaitu ada bagian yang tidak menyatu antara logam induk dengan logam pengisi.

Di samping itu cacat jenis ini dapat pula terjadi pada pengelasan berlapis (*multipass welding*) yaitu terjadi antara lapisan las yang satu dan lapisan yang lainnya.

e. Kurang penetrasi (*lack of penetration*)

Cacat jenis ini terjadi bila logam las tidak menebus mencapai sampai ke dasar dari sambungan. Ketika meletakkan manik pertama sepanjang akar dalam kampuh, penetrasi diakar mungkin tidak teratur atau tidak cukup. Ketika kuat arus berlebihan, penetrasi yang terjadi akan terlalu tinggi. Penetrasi yang kurang terjadi karena pengaturan kuat arus terlalu rendah, atau *travel speed* terlalu tinggi.

f. Bentuk manik las yang tidak sempurna (*imperfect shape*)

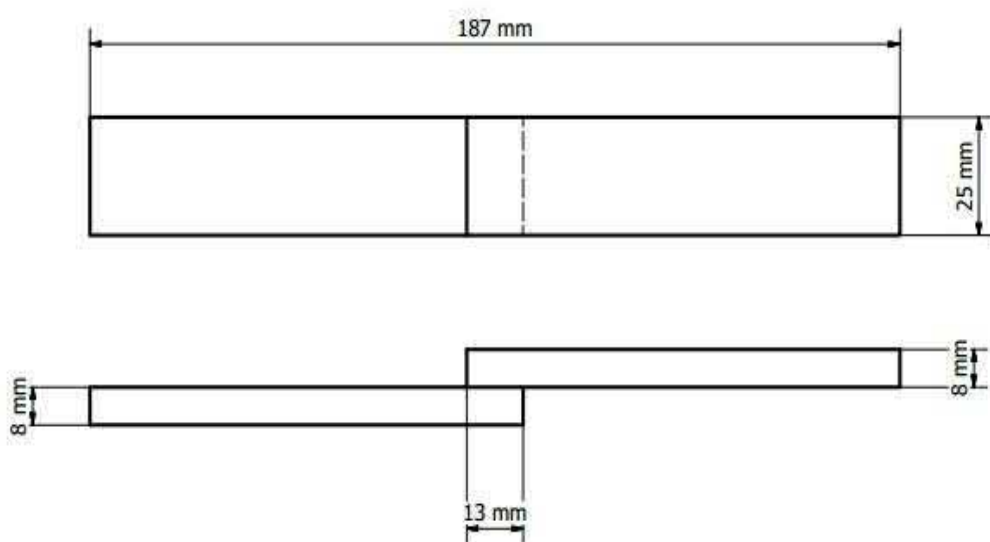
Jenis cacat ini memberikan geometri sambungan las yang tidak baik atau tidak sempurna seperti *undercut*, *underfill*, *overlap*, *excessive reinforcement* dan lain-lain. Morfologi geometri dari cacat ini biasanya bervariasi. Berdasarkan uraian diatas untuk mengetahui apakah hasil pengelasan tersebut telah memenuhi kriteria harus ada pengukuran atau pengujian hasil las.

7. Pengujian Geser

Pengujian geser merupakan salah satu pengujian dalam menentukan seberapa jauh terpenuhinya standar spesifikasi dari karakteristik bahan yang digunakan untuk proses pengujian terhadap material, dimana material didesak melalui dua arah yang berbeda dengan besar gaya yang sama sampai terjadi proses deformasi (perubahan bentuk) atau *displacement* (proses pergeseran objek atau perubahan posisi titik awal dan posisi akhir dari sebuah objek) spesimen

untuk mengetahui karakteristik maupun sifat mekanik dari suatu material (Nee, 1998).

Spesimen uji geser yang digunakan untuk sambungan las harus diambil dari hasil sambungan las yang dianggap dapat mewakili dari proses pengelasan. Untuk menentukan sifat-sifat mekanis dari daerah las, spesimen tersebut harus diambil dari porsi logam yang dilas. Tegangan geser merupakan tegangan yang bekerja sejajar atau menyinggung permukaan. Perjanjian tanda untuk tegangan geser sebagai berikut: Tegangan geser yang bekerja pada permukaan positif suatu elemen adalah positif apabila bekerja dalam arah positif dari salah satu sumbu positif dan negatif apabila bekerja dalam arah negatif dari sumbu-sumbu. Tegangan geser yang bekerja pada permukaan negatif suatu elemen adalah positif apabila bekerja dalam arah negatif sumbu dan negatif apabila bekerja dalam arah positif.



Gambar 2.4 spesimen uji geser (Standar pengujian standar *ASTM D1002*)

Dari gaya maksimal pada uji geser maka akan didapatkan tegangan geser, dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

σ_g = Tegangan geser (N/mm²)

F = Gaya maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)

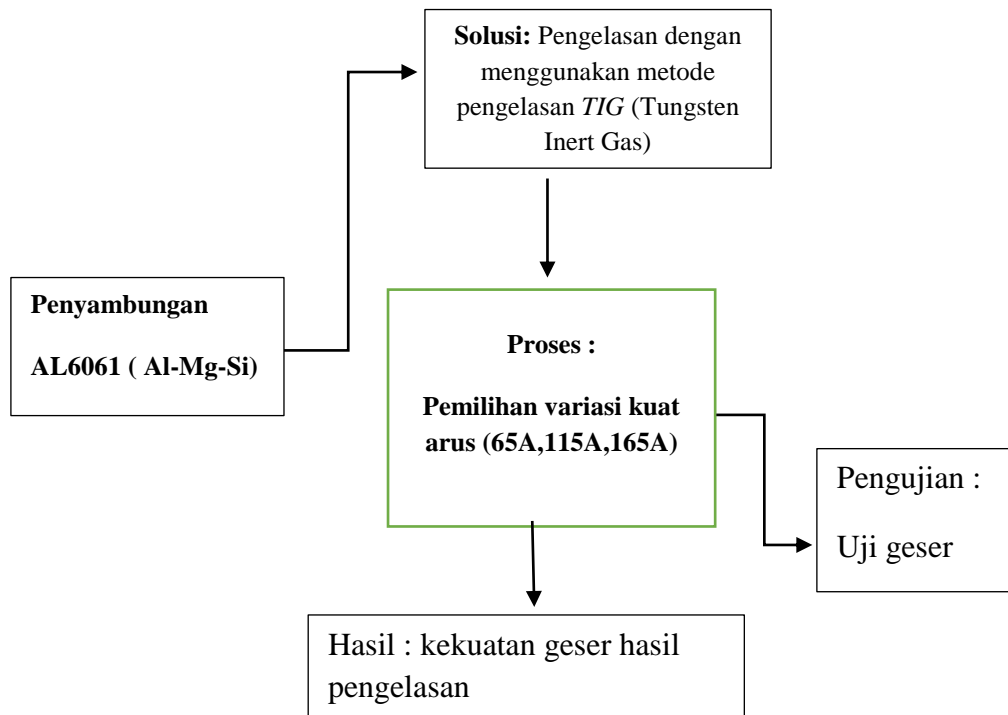
Tegangan geser pada permukaan-permukaan yang saling tegak lurus besarnya sama tetapi memiliki arah-arah yang sedemikian rupa sehingga kedua tegangan mengarah ke, atau menjauhi garis perpotongan kedua permukaan. Tegangan geser terjadi karena adanya gaya radial yang bekerja pada penampang normal dengan jarak yang relatif kecil, maka pelengkungan benda diabaikan.

D. Kerangka Berpikir

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan logam, terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kualitas dari hasil lasan diantaranya: mesin las yang digunakan, bahan yang digunakan, prosedur pengelasan, cara pengelasan, arus pengelasan, jenis sambungan, dan juru las. Kualitas hasil las dapat diketahui dengan cara memberikan pembebanan pada hasil lasan tersebut.

Gaya ataupun pembebanan tersebut berupa pengujian kekuatan geser pada benda hasil lasan. Pengelasan pada bahan aluminium dapat dilakukan dengan menggunakan las *TIG*. Jenis arus yang digunakan dalam pengelasan *TIG* ada 2 yaitu arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC). Bahan aluminium memiliki

permukaan oksida tahan api sehingga dipergunakan jenis arus *AC. Base metal* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium 6061 sehingga akan digunakan jenis arus *AC High Frequency* Proses pengelasan *TIG* membutuhkan gas pelindung yang diperlukan untuk menghindari terjadinya proses oksidasi selama proses pengelasan berlangsung. Gas yang dibutuhkan dalam proses pengelasan harus mampu melindungi selama proses pengelasan dan tidak menimbulkan reaksi pada logam dan temperatur tinggi. Sifat netral tersebut hanya dimiliki oleh gas mulia yaitu argon dan helium, yang kemudian sering disebut *inert gas*. Gas argon akan digunakan sebagai gas pelindung pada penelitian ini karena sesuai dengan bahan yang akan dilas yaitu aluminium. Secara sederhana kerangka berpikir dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.5 Kerangka Berpikir

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Adapun hasil dari penelitian ini yang bisa diambil kesimpulan adalah sebagai berikut :

Variasi kuat arus listrik menunjukkan bahwa sambungan las *TIG* (*Tungsten Inert Gas*) memberikan pengaruh terhadap kekuatan sambungan las aluminium 6061. Besar tegangan geser tertinggi terletak pada variasi arus 165A dengan rata-rata tegangan kekuatan geser mencapai 173,2125 N/mm². Sedangkan pada variasi kuat arus 65 A kekuatan geser berada pada titik rendah tegangan karena hanya mampu memperoleh rata-rata sebesar 136,7175 N/mm².

B. Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang direkomendasikan oleh peneliti. Adapun sarannya adalah sebagai berikut :

1. Variasi kuat arus 165 A yang digunakan pada pengelasan *TIG* terhadap bahan material Al 6061 terbukti mendapatkan hasil sambungan terbaik pada pengelasan karena mempunyai kekuatan tegangan geser tertinggi yang mencapai 173,2125 N/mm². Sehingga dapat dipilih sebagai parameter variasi kuat arus pada penelitian selanjutnya.

2. Diharapkan peneliti selanjutnya membuat penelitian dengan parameter dalam pengelasan *TIG* yang lebih meluas lagi seperti sudut kampuh, filler dsb.
3. Dalam penyambungan material pada penelitian ini hanya menggunakan material yang sejenis yaitu alumunium 6061 untuk peneliti selanjutnya dalam penyambungan material ada baiknya meneiti material dengan senyawa tidak sejenis seperti alumunium 6061 dengan baja karbon SS400. Mengingat dalam peridustrian manufaktur sangat membutuhkan sekali metode atau cara agar dapat mengefisiensikan produksi salah satunya bahan material agar mendapatkan keuntungan yang lebih dalam berproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbass, M.K. dkk. 2016. *Optimization and Predication of Spot TIG Welding Parameters of Stainless Steel Sheets (AISI 304L)*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5 (11): 18835-18848
- Ardiyanto, ahmad. 2016. Pengaruh Variasi Sudut Kampuh dan Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Aluminium 6061 Pada Pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)*. Skripsi. Teknik mesin Universitas Negeri Semarang
- Arikunto, Suharsimi. 1997. *Prosedur penelitian*. Jakarta: Rineka cipta
- Astm D1002-99, *standard test method for apparent shear strength of single lap joint adhesively bonded metal specimen by tension loading (metal to metal)*, American society for testing methods
- Daryanto. 2012. *Teknik Las*. Bandung : Alfabeta
- Davies, A. C. 1993. *The Science and Practice of Welding Vol. 2*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Faozi, S. 2015. Pengaruh Arus Listrik dan Holding Time terhadap Sifat Fisik-Mekanik Sambungan Spot TIG Welding Mterial tak Sejenis antara Baja dan Paduan Aluminium. Surakarta: Skripsi Teknik Mesin UNS
- Handra, N. 2014. Pengaruh Waktu Tekan dan Hasil Gumpalan Terhadap Kekuatan Geser pada Las Titik. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, 4 (1): 37-42
- Harper, Charles. Handbook of plastic elastomer ad composites.
- Kahraman, N., (2005), *The influence of welding parameter on the joint strength of resistence spot-welded titanium sheet*, SPE Jurnal. Diakses pada 25 juli 2019 pukul 09.00 WIB. www.elsevier.com/location/matdes
- Leon, J. S. dan Jayakumar, V. 2014. *Investigation of Mechanical Properties of Alumunium 6061 alloy Friction Stir Welding*. American Mechanical .
- Purwanto, Adi (2012). menyatakan tentang Studi Karakteristik Hasil Pengelasan *Spot Welding* Pada Aluminium Dengan Penambahan Gas Argon, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Sonawan, H dan Rochim Suratman. 2006. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta

- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Surdia, T. dan Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik* (Cetakan ke-4). Jakarta: Pradnya Paramita
- Widharto, S. 2013. *Welding Inspection*. Jakarta: Mitra Wacana Media
- Wiryosumarto, Harsono Dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Ke VIII. Pradnya Paramita. Jakarta
- Yoedhawan, A. J. P. 2014. Analisis Kekerasan, Cacat Las, dan Struktur Mikro Pada Sambungan T Paduan aluminium 6061 T6511 Hasil GMAW Dengan Variasi Arus. *Jurnal ROTOR*. Volume 7, No. 2: 1-8