

**ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT BEVEL PADA PENGELASAN
GTAW (*GAS TUNGSTEN ARC WELDING*) TERHADAP KEKUATAN
IMPAK DAN TARIK PADA SPESIMEN ALUMINIUM 5052**

Skripsi

Oleh

AHMAT WAHIT DUDIN



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2020

ABSTRAK

ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT BEVEL PADA PENGELASAN GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN TARIK PADA SPESIMEN ALUMINIUM 5052

Oleh

AHMAT WAHIT DUDIN

Pengelasan merupakan proses yang sangat berperan penting di dunia industri penggabungan logam, proses pengelasan sendiri sangat berpengaruh dalam bidang konstruksi untuk proses penyambungan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan hasil proses pengelasan aluminium 5052 dengan jenis pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) menggunakan variasi penyambungan sudut bevel 45°, 60° dan 75° dengan metode pengujian impak dan tarik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) pada pengujian impak di dapat nilai rata-rata sudut bevel 45° sebesar 76.6 J/mm² , sudut bevel 60° sebesar 77.16 J/mm² dan sudut bevel 75° sebesar 74.16 J/mm² sehingga nilai impak terbesar terjadi pada hasil pengelasan sudut bevel 60° dengan 77.16 J/mm². Dan (2) hasil pengujian tarik di dapat nilai rata-rata sudut bevel 45° di dapat 109.942 Mpa, sudut bevel 60° di dapat 114.642 Mpa dan sudut 75° di dapat 159.544 Mpa. Sehingga menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik terbesar pada sudut bevel 75° dengan 159.544 Mpa.

**ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT BEVEL PADA PENGELASAN
GTAW (*GAS TUNGSTEN ARC WELDING*) TERHADAP KEKUATAN
IMPAK DAN TARIK PADA SPESIMEN ALUMINIUM 5052**

Oleh

AHMAT WAHIT DUDIN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2020

Judul Skripsi

**: ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT
BEVEL PADA PENGELASAN GTAW
(GAS TUNGSTEN ARC WELDING)
TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN
TARIK PADA SPESIMEN ALUMINIUM
5052**

Nama Mahasiswa

: Ahmat Wahit Dudin

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415021007

Jurusan

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Tarkono, S.T., M.T.

NIP 19700415 199802 1 001



Achmad Yahya T.P., S.T., M.T.

NIP 19760715 200812 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



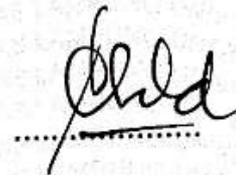
Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP 19710331 199903 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

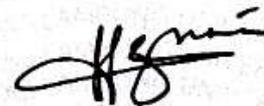
Ketua : Tarkono, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Achmad Yahya T.P, S.T., M.T.



Penguji Utama : Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Februari 2020

PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI INI DI BUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR No.3187/H26/PP/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



AHMAT WAHIT DUDIN

1415021007

RIWAYAT HIDUP



Penulis di lahirkan di Lampung Tengah pada tanggal 19 Juni 1994 dengan nama Ahmat Wahit Dudin, yang merupakan anak dari pasangan Bapak Santoso dan Ibu Sariyem yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara dan adik yang bernama Khusnul Khotimah. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Bandar Agung pada tahun 2007, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 3 Terusan Nunyai pada tahun 2010, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Dhaya Bhina pada tahun 2013, kemudian melanjutkan pendidikan sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung (HIMATEM UNILA). Penulis melakukan kerja praktik (KP) di PT GGF Lampung Tengah. Selanjutnya pada tahun 2019 penulis menulis skripsi dengan judul “Analisa pengaruh variasi sudut bevel pada pengelasan GTW (*Gas Tungsten Arc Welding*) terhadap kekuatan impak dan tarik pada spesimen aluminium 5052” dengan pembimbing Bapak Tarkono. S.T., M.T. dan Achmad Yahya T.P. S.T., M.T.

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil alaamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah S.W.T. atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT BEVEL PADA PENGELASAN GTAW (*GAS TUNGSTEN ARC WELDING*) TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN TARIK PADA SPESIMEN ALUMINIUM 5052. Adapun tujuan skripsi ini adalah untuk persyaratan menyelesaikan studi S1 Teknik Mesin di Universitas Lampung. Selain itu, skripsi ini bertujuan untuk dapat menerapkan ilmu yang didapatkan penulis di bangku perkuliahan ke dalam dunia kerja terutama di dunia industri.

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Santoso. dan Ibu saya Sariyem serta adik saya Khusnul Khotimah atas segala dukungan serta doanya kepada penulis.
2. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Bapak Tarkono, S.T., M.T. dan Bapak Achmad Yahya Teguh Panuju, S.T., M.T. selaku Pembimbing satu dan kedua saya yang telah memberikan segala bantuan, pengetahuan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini kepada penulis.
4. Bapak Gusri Ahyar Ibrahim, S.T., M.T. selaku Pembahas skripsi saya yang telah banyak memberikan masukan untuk penyempurnaan skripsi ini.

5. Teman seperjuangan Shoberi aswara, choirul anam, denis yanuari dan arisandi yang telah bersedia menjadi teman baik dalam keadaan senang ataupun susah semasa perkuliahan.
6. Terakhir untuk teman-teman khususnya angkatan 2014 serta seluruh staff dan karyawan Teknik Mesin Universitas Lampung atas segala bantuan serta dukungannya untuk kelancaran skripsi saya ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan terdapat banyak hal yang masih kurang. Penulis juga berharap dengan adanya laporan skripsi ini semoga dapat menjadi referensi dalam kemajuan ilmu khususnya Teknik Mesin di kemudian hari.

Bandar Lampung, febuari 2020

Ahmat Wahit Dudin
(1415021007)

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO	vii
SANWACANA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Sistematika Penulisan	4

II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengelasan.....	6
2.2 Klasifikasi Proses Las	7
2.3 Penggolongan Proses Pengelasan	8
2.4 <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> (GTAW).....	13
2.5 Peralatan Pada Pengelasan GTAW	16
2.6 Posisi Pengelasan	17
2.7 Gas lindung	20
2.8 Aluminium	21
2.9 Metalurgi Pengelasan.....	23
2.10 Jenis Sambungan Dalam Pengelasan	24
2.11 Sudut Bevel Dalam Pengelasan	29
2.12 Pengujian Kekuatan Hasil Pengelasan GTAW	29
III. METODOLOGI	36
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	36
3.2 Tahap Penelitian.....	37
3.3 Alat Dan Bahan.....	40
3.4 Prosedur Percobaan.....	46
3.5 Pengambilan Data	48
3.6 Diagram Alir Penelitian	49
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Pengujian Impak	50
4.2 Pembahasan Pengujian Impak	54
4.3 Pengujian Tarik.....	56
4.4 Pembahasan Pengujian Tarik.....	60
4.5 Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	62

V. PENUTUP	64
5.1 Simpulan	64
5.2 Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN.....

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Proses pengelasan tungsten inert gas welding.....	14
Gambar 2.2 Peralatan pengelasan GTAW	16
Gambar 2.3 Posisi dibawah tangan	18
Gambar 2.4 Posisi tegak.....	18
Gambar 2.5 Posisi datar	19
Gambar 2.6 Posisi di atas kepala.....	19
Gambar 2.7 Diagram fasa paduan Al-Mg.....	22
Gambar 2.8 Daerah lasan	24
Gambar 2.9 Jenis sambungan.....	24
Gambar 2.10 Sambungan tumpul.....	25
Gambar 2.11 Sambungan bentuk T.....	26
Gambar 2.12 Sambungan sudut	27
Gambar 2.13 Sambungan tumpang	27
Gambar 2.14 Sambungan sisi.....	28
Gambar 2.15 Sambungan dengan pelat penguat	28
Gambar 2.16 Ilustrasi Skematik pembebanan metode izod.....	31
Gambar 2.17 Ilustrasi Skematik pembebanan metode charpy	32
Gambar 2.18 Kurva tegangan - regangan	34
Gambar 2.19 Mesin uji tarik	34
Gambar 3.1 Pembuatan sudut bevel 60°	38
Gambar 3.2 Pengelasan untuk spesimen uji tarik sudut bevel 60°	39
Gambar 3.3 Spesimen uji impact	40
Gambar 3.4 Spesimen uji tarik.....	40
Gambar 3.5 Komponen mesin las	42

Gambar 3.6 Mesin pemotong logam.....	43
Gambar 3.7 Jangka sorong.....	43
Gambar 3.8 Mesin uji impak.....	44
Gambar 3.9 Mesin uji tarik	45
Gambar 3.10 Mesin uji <i>scanning electron microscopy</i>	45
Gambar 3.11 Sudut bevel 45°	46
Gambar 3.12 Sudut bevel 60°	47
Gambar 4.1 Hasil pengujian impak sudut bevel 45°	50
Gambar 4.2 Hasil pengujian impak sudut bevel 60°	52
Gambar 4.3 Hasil pengujian impak sudut bevel 75°	53
Gambar 4.4 Nilai rata-rata pengujian impak.....	54
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian tarik sudut bevel 45°	56
Gambar 4.6 Hasil pengujian tarik sudut bevel 45°	57
Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian tarik sudut bevel 60°	58
Gambar 4.8 Hasil pengujian tarik sudut bevel 60°	58
Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian tarik sudut bevel 75°	59
Gambar 4.10 Hasil pengujian tarik sudut bevel 75°	60
Gambar 4.11 Perbandingan nilai rata-rata pengujian tarik	61
Gambar 4.12 Hasil pengujian SEM sudut bevel 45°, 60° dan 75°	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1.1 Komposisi kimia aluminium 5052 dan 5083	02
Tabel 2.1 Komposisi kimia aluminium 5052.....	22
Tabel 2.3 Sifat mekanik aluminium 5052	23
Tabel 3.1 Pengujian <i>scanning electron microscopy</i>	48
Tabel 3.2 Data hasil kekuatan pengujian tarik	48
Tabel 3.3 Data hasil pengujian impak.....	48
Tabel 4.1 Data hasil pengujian impak sudut bevel 45°	51
Tabel 4.2 Data hasil pengujian impak sudut bevel 60°	52
Tabel 4.1 Data hasil pengujian impak sudut bevel 75°	53

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengelasan merupakan proses yang sangat berperan penting di dunia industri moderen, proses pengelasan sangat berpengaruh di dalam bidang kontruksi untuk proses penyambungan. Pengelasan sendiri merupakan teknik penyambungan dua buah logam yang padat dengan menggunakan proses pemanasan hingga mencairkan sebagian permukaan logam induk sampai membentuk kolam pengelasan serta menambahkan logam penambah atau tidak menggunakan logam penambah, sehingga dapat menghasilkan sambungan yang kontiniu (javed, 2015).

Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*) atau pengelasan TIG merupakan jenis busur gas yang menggunakan gas mulia seperti argon untuk melindungi logam cair pada saat proses pengelasan, tujuannya agar logam yang cair tidak teroksidasi oleh udara sekitar dan terjadi cacat pada hasil pengelasan. Pengelasan GTAW merupakan pengelasan yang melelehkan sebagian logam utama, lalu memberikan logam penambah pada daerah yang mencair untuk proses penyambungannya (Sanjeev, 2010).

Penelitian sebelumnya mengenai variasi sudut kampuh terhadap kekuatan impact aluminium 5083 pengelasan GTAW dengan gas pelindung Helium, arus listrik 130 *Ampere* dan suhu material awal 20°C (Samuel dkk, 2016) mengatakan dari hasil pengujian impact menggunakan sudut kampuh 60° di hasilkan kekuatan impact sebesar 0,120 J/mm² dan pada kampuh 80° di hasilkan kekuatan impact sebesar 0,156 J/mm², dari penelitian ini dapat kita simpulkan bahwa semakin besar sudut kampuh maka akan semakin besar kekuatan impact (Samuel dkk, 2016).

Aluminium berseri 5000 merupakan aluminium paduan Al-Mg, karena paduan magnesium lebih efektif sebagai penguat dan hasilnya aluminium berseri 5000 memiliki kekuatan statis sedang, mampu las yang baik dan memiliki ketahanan korosi yang baik. Pada aluminium 5052 memiliki campuran Magnesium lebih rendah dibandingkan aluminium 5083 oleh karena itu pengaplikasian aluminium 5052 lebih ke komponen permesinan yang ringan seperti tabung hidrolik, peralatan medis, sasis elektronik dan tangki bahan bakar. Pada pengaplikasian aluminium 5083 berupa lambung kapal, komponen rudal, jembatan dan lainnya (Davis, 2001).

Tabel 1.1 Komposisi kimia aluminium 5052 dan 5083

Seri	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Total
5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2-2.8	0.15-0.35	0.10	-	0.15
5083	0.40	0.40	0.10	0.40-1.0	4.0-4.9	0.05-0.25	0.25	0.15	0.15

Telah di lakukan juga penelitian mengenai variasi sudut bevel terhadap kekuatan impak pada spesimen pipa api 51 grade x42. Mengatakan dari hasil pengujian impak menggunakan sudut bevel 60° di dapat kekuatan pada daerah *weld* 2,01 J/mm² dan daerah HAZ 2,08 J/mm². Pada sudut bevel 40° di dapat kekuatan pada daerah *weld* 2,10 J/mm² dan daerah HAZ 2,13 J/mm². Pada sudut bevel 0° di dapat kekuatan pada daerah *weld* 1,72 J/mm² dan pada daerah HAZ 1,13 J/mm². Pada penelitian ini dapat diketahui kekuatan tertinggi uji impak pada variasi sudut bevel adalah sudut bevel 40° (Ramadani, 2016).

Berdasarkan penjelasan aluminium 5052 dan tinjauan penelitian terdahulu yang perlu di perhatikan adalah besar sudut kampuh pada proses pengelasan untuk mendapatkan sambungan pengelasan yang kuat. Dengan demikian untuk mengetahui pengaruh sudut kampuh pada aluminium 5052 maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dengan menggunakan penyambungan material bersudut bevel 45°, 60° dan 75°.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan hasil proses pengelasan aluminium 5052 dengan jenis pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*) menggunakan variasi penyambungan sudut bevel 45°, 60° dan 75° dengan menggunakan metode pengujian impak dan tarik.

C. Batasan Masalah

Melihat dari kompleksnya peneliatan dalam bidang pengelasan maka penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas. Adapun batasan dari penelitan ini adalah :

1. Jenis pengelasan yang digunakan adalah GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*) atau TIG dengan besar arus listrik 95 *Ampere*.
2. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan impak dan tarik pada sudut bevel 45°, 60° dan 75°.
3. Struktur mikro pada hasil pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*) pada aluminium 5052.
4. Material yang digunakan adalah aluminium 5052 dengan ketebalan 12 mm.
5. Elektroda yang digunakan adalah tungsten murni (*Pure Tungsten*) dengan diameter 2,6 mm.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan ini adalah :

1. PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi tentang latar belakang tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi tentang pengelasan, klasifikasi pengelasan, jenis sambungan, las GTAW aluminium 5052 dan parameter-parameter lain yang berhubungan dengan penelitian.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berisi tentang tempat, waktu pelaksanaan, bahan dan alat pengelasan, prosedur dan diagram alir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisi tentang data-data yang didapatkan dari penelitian dan pembahasan masalah-masalah dari kekuatan pengelasan GTAW aluminium 5052.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil pembahasan sekaligus memberikan saran agar dapat menyempurnakan penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang literatur-literatur dan referensi yang digunakan dalam menyusun laporan ini.

7. LAMPIRAN

Berisikan data-data yang mendukung dalam menyusun laporan ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan

Pengelasan (*welding*) merupakan penyatuan logam atau ikatan metalurgi yang menggunakan teknik pemanasan setempat hingga logam tersebut mengalami pencairan atau sebagian logam dalam keadaan yang cair dan perubahan struktur mikro yang mengakibatkan logam tersebut saling berikatan satu sama lain dengan atau tanpa tekanan serta dengan atau tanpa logam pengisi dan sering disebut dengan ikatan metalurgi menurut *Deutsche Industrie Norman* (Samuel, 2016).

Proses pada pengelasan pada dasarnya adalah penggabungan dua atau lebih logam, sehingga lebih tepat disebut dengan proses *assembly* beberapa komponen agar menjadi suatu produk jadi seperti bentuk kendaraan. Adapun komponen yang digabungkan biasanya dari hasil pembentukan atau permesinan, pengecoran, baik dari logam yang sama struktur mikronya hingga logam yang memiliki perbedaan struktur mikronya.

Pengelasan didasari oleh prinsip-prinsip difusi dimana penggabungan dua atau lebih logam pada penggabungannya, sehingga logam tersebut menjadi satu komponen karena penggabungan tersebut. Teknik penggabungan dengan proses pengelasan sekarang ini banyak digunakan pada industri konstruksi karena kelebihanannya yang cepat dalam pengerjaannya sehingga mempengaruhi nilai ekonomis dan dapat menahan beban yang baik, sehingga menjadi pilihan yang tepat bagi industri-industri konstruksi. Perkembangan proses pengelasan sekarang ini sungguh berbanding lurus dengan kebutuhan dari proses pengelasan itu sendiri (Samuel, 2016).

B. Klasifikasi Proses Las

Berdasarkan pengertian dari DIN (*Duette Industrie Normen*) proses pengelasan merupakan penyambungan yang menggunakan energi panas serta dilakukan di tempat tersebut, dikarenakan penyambungan dalam pengelasan pada logam atau logam paduan dilakukan dalam keadaan mencairkan sebagian logam induk tersebut sehingga terjadi ikatan metalurgi. Jenis pengelasan dibagi berdasarkan panas aliran listrik, panas kombinasi busur nyala listrik dan panas gas kekal, berdasarkan panas dari campuran pembakaran gas seperti las karbit, dan jenis-jenis yang lainnya. Sedangkan pada proses pengelasan dibagi menjadi pengelasan cair (*fusion welding*), pengelasan tekan (*pressure welding*) dan pematrian (Jaemi, 2017).

Adapun penjelasan dari proses pengelasan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengelasan cair (*fusion welding*)

Pengelasan cair (Fusion Welding) merupakan proses pengelasan yang mencairkan sebagian dari logam induk dengan pemanasan serta menggunakan logam pengisi agar terjadi ikatan metalurgi antar logam. Jenis-jenis pengelasan cair antara lain adalah *Oxy Acetyline Welding*, *Shield Gas Arc Welding (Tungsten Inert Gas, Metal Inert Gas, Metal Aktive Gas, Submerged Welding)*, *Electro Beam Welding*, *Laser Beam Welding*, *Plasma Welding* dan yang lainnya (jaemi, 2017).

2. Pengelasan tekan (*pressure welding*)

Pengelasan tekan (*pressure welding*) merupakan proses pengelasan yang melakukan pemanasan pada sebagian logam induk, pemanasan tersebut tidak mencapai titik leleh dari logam tetapi struktur mikro dari logam sudah mengalami perubahan, lalu dilakukan penekanaan agar logam mengalami ikatan metalurgi. Adapun proses pengelasan tekan diantaranya adalah :

a.) Pengelasan tempa

Pengelasan tempa merupakan proses pengelasan yang diawali dengan pemanasan logam tetapi tidak mencapai titik leleh lalu diteruskan dengan penempaan sehingga logam mengalami ikatan metalurgi.

b.) Pengelasan tahanan

Pengelasan tahanan dibagi menjadi tiga yaitu pengelasan proyeksi, las kampuh dan pengelasan titik.

- 1.) Pengelasan proyeksi adalah pengelasan yang prosesnya yaitu pelat yang akan di las dijepit menggunakan elektroda dari paduan tembaga lalu dialiri arus listrik yang besar untuk melelehkan elektroda tersebut, dan hasil dari pengelasan ini sangat dipengaruhi oleh arus dan tekanan yang tepat.
- 2.) Pengelasan kampuh merupakan proses pengelasan yang dapat menghasilkan sambungan las yang kontinyu, pengelasan ini dibagi menjadi tiga jenis diantaranya adalah las kampuh tumpang, las kampuh sudut dan las kampuh penyelesaian.
- 3.) Pengelasan titik adalah pengelasan yang hampir menyerupai pengelasan proyeksi yaitu dimana pelat yang akan dilakukan pengelasan dijepit dan diberi elektroda dengan paduan tembaga lalu dialiri arus listrik yang besar. Serta lamanya aliran listrik dapat ditentukan dengan ketebalan pelat yang akan di sambung tersebut.

c.) Pematrian

Las pematrian termasuk ke dalam las fusion seperti pengelasan cair, namun las pematrian menggunakan bahan tambahan / *filler* yang memiliki titik leleh dibawah titik leleh logam induk.

C. Penggolongan Proses Pengelasan

Adapun penggolongan proses pengelasan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengelasan berdasarkan panas dari tenaga listrik

a.) SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan pengelasan yang menggunakan elektroda terbungkus sebagai bahan tambahan, busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda sebagai bahan tambahan. Selaput elektroda yang ikut mencair akan menghasilkan gas dan fluks yang melindungi proses pengelasan dari udara sekitar.

b.) SAW (*submerged Arc Welding*) merupakan pengelasan yang menggunakan elektroda tak terbungkus, elektroda yang digunakan berupa bahan tambahan kawat gulungan. Proses pengelasan SAW umumnya otomatis atau semi otomatis dengan menggunakan fluks serbuk untuk melindungi dari pengaruh udara luar.

c.) ESW (*Elektron Slag Welding*) merupakan proses pengelasan yang sejenis dengan pengelasan SAW. Pengelasan ESW dilakukan secara vertikal dengan cara busur nyala mencairkan fluks secara terus menerus, sehingga terjadi aliran arus listrik konduktif yang mencairkan elektroda yang terhubung dengan logam induk.

d.) EBW (*Elektron Beam Welding*) adalah proses pengelasan yang pencairan logamnya memanfaatkan loncatan elektron yang

dikonsentrasikan serta diarahkan pada benda yang ingin di las. Pengelasan ini dilakukan di ruang hampa sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi sangat kecil saat proses pengelasan berlangsung.

2. Pengelasan dari kombinasi busur nyala listrik dan gas kekal (*inert*)
 - a.) GTAW (*Gas Tungsten Inert Arc Welding*) atau yang sering dikenal dengan pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) merupakan proses pengelasan dengan menggunakan busur nyala dengan tungsten yang terbuat dari wolfram. Pengelasan GTAW biasanya menggunakan gas pelindung argon pada prosesnya, dan pengelasan ini sangat cocok untuk material logam bukan besi (*non-ferrous*).
 - b.) GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) atau yang sering dikenal dengan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan proses pengelasan yang menggunakan bahan tambahan elektroda tak terbungkus. Proses pengelasan MIG yaitu dengan menghembuskan gas ke daerah las untuk melindungi busur las dan logam cair terhadap atmosfer sekitar (Muhammad, 2017).
 - c.) FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) adalah pengelasan yang hakikatnya sama dengan proses pengelasan GMAW. Gas pelindung pada pengelasan FCAW juga sama-sama menggunakan karbon dioksida CO₂ seperti pengelasan GMAW, namun pada proses pengelasan FCAW biasanya ditambah robot super anemo yang bertugas menjalankan proses pengelasan.

d.) EGW (*Elektro Gas Welding*) merupakan pengelasan yang sama dengan pengelasan MIG yang pengerjaannya secara otomatis, namun proses pengelasan *Elektron Gas Welding* hanya digunakan untuk posisi pengelasan vertikal saja.

3. Pengelasan berdasarkan ledakan dan reaksi eksotermis

a.) TW (*Thermit Welding*) adalah proses pengelasan yang menggunakan reaksi kimia eksotermis yang dapat menghasilkan suhu yang sangat tinggi hingga dapat meleburkan logam yang akan disambung. Proses pengelasan ini biasanya digunakan untuk logam yang sangat tebal dan besar, karena dibutuhkan waktu yang lama dalam prosesnya.

b.) EXW (*Explosion Weld* Atau *CAD Weld*) merupakan proses pengelasan yang menggunakan cetakan pada bagian yang akan disambung, lalu memanfaatkan ledakan dari obat mesiu untuk mencairkan logam tersebut sehingga cetakan tersebut terisi dengan logam cair. Proses explosion weld ini sangat cocok untuk penyambungan kabel-kabel kawat baja dan pelekatan pada tiang baja.

4. Jenis-jenis las lainnya

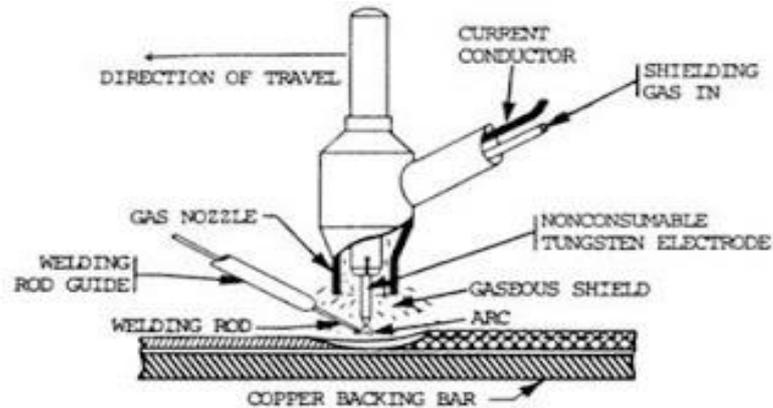
Proses pengelasan masih banyak lagi jenis-jenisnya yang belum terlalu populer di Indonesia, baik secara kegunaannya maupun prosesnya.

Contohnya seperti pengelasan gesek, pengelasan proyeksi, las tahanan listrik sambungan temu dan lainnya.

D. *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*

Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau sering dikenal dengan las TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*) merupakan proses pengelasan busur gas elektroda tungsten atau wolfram sebagai penghantar arus listriknya, pengelasan TIG menggunakan gas pelindung argon dan khususnya untuk pengelasan logam bukan besi (*non-ferrous*) seperti aluminium, tembaga, titanium. Dengan kesetabilan busur yang tinggi, maka *Tungsten Inert Gas Welding* (TIG atau GTAW) adalah proses pengelasan listrik terbaik, karena penyebaran panas yang berlebih pada material kerja dikurangi dengan gas pelindung argon yang sekaligus sebagai pendingin (Bhavin, 2017).

Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*) diperkenalkan sekitar tahun 1940-an dan pertama kali disebut dengan pengelasan HeliArc, karena dalam proses pengelasannya menggunakan gas pelindung helium. Namun sekarang ini tidak lagi dikenal dengan pengelasan HeliArc, karena dalam beberapa masalah telah digunakan gas pelindung argon dalam proses pengelasannya. Pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*) busur las hanya bertugas sebagai pemanas saja dan operator pengelasan memiliki pilihan untuk menambahkan logam pengisi atau tidak.



Gambar 2.1. Proses pengelasan *tungsten inert gas welding* (Bhavin, 2017).

Gambar diatas menunjukkan bagaimana proses pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*) berlangsung secara lengkap, dalam proses pengelasannya menggunakan nozzle untuk menyemburkan gas lindung agar tidak terjadi oksidasi dari udara sekitar saat proses pengelasan. Dan aplikasi pengelasan TIG / GTAW paling sering digunakan untuk material-material yang tipis seperti logam non-ferrous dan stainless steel seperti aluminium, paduan magnesium dan tembaga (Bhavin, 2017).

Pengelasan TIG sering digunakan untuk proses pengelasan aluminium, proses pengelasan TIG mampu menghasilkan kualitas yang baik pada material aluminium. Pada proses pengelasan digunakan sumber aliran listrik AC dengan frekuensi tinggi yang terus menerus dengan obor TIG berpendingin sehingga dapat memberikan tingkat pembersihan permukaan aluminium selama siklus positif elektroda (Bhavin, 2017).

Adapun beberapa komponen utama dari pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*) diantaranya adalah

Sumber arus pengelasan, elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten / wolfram*), obor (*torch*), dan gas pelindung. Serta adapun kelebihan dan kelemahan pengelasan GTAW adalah sebagai berikut:

1. Kelebihan dari pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)
 - a.) Menghasilkan sambungan yang baik.
 - b.) Dapat menyambung dengan atau tanpa logam pengisi.
 - c.) Operator dapat mengendalikan parameter pengelasan secara akurat.
 - d.) Produksi pengelasan yang tinggi dan murah.
 - e.) Dapat digunakan hampir pada semua jenis metal, termasuk penyambungan metal yang berbeda.

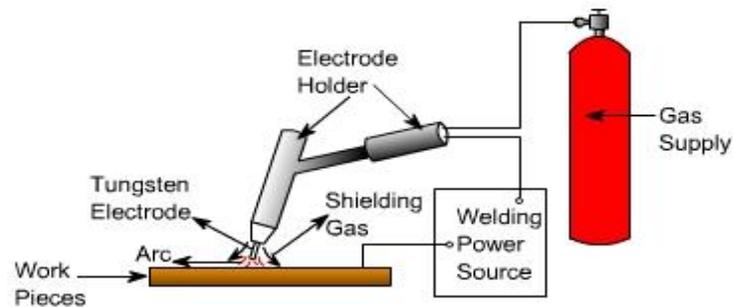
2. Kekurangan dari pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Jika pada saat proses pengelasan terdapat angin yang cukup kencang, memungkinkan terjadi berkurangnya perlindungan gas terhadap proses pengelasan.

- a.) Pada pengelasan GTAW memerlukan keahlian yang cukup tinggi untuk proses pengelasannya dibandingkan pada pengelasan SMAW atau GMAW (MIG).
- b.) Laju deposisi material lebih rendah dibandingkan dengan pengelasan elektroda terkonsumsi.
- c.) Pada penyambungan material dengan ketebalan $>3/8$ in (10 mm), pengelasan GTAW lebih mahal daripada pengelasan elektroda terkonsumsi (Bhavin, 2017).

E. Peralatan Pada pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Adapun peralatan umum yang digunakan pada pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) atau pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*) diantaranya adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2. Peralatan pengelasan GTAW (Parthiv, 2013).

1. Tabung gas lindung, regulator gas lindung, dan *flowmeter*

Tabung gas lindung merupakan tabung yang berfungsi untuk menyimpan gas lindung seperti argon yang akan digunakan pada saat proses pengelasan berlangsung. Regulator gas lindung berfungsi untuk mengatur besar kecilnya aliran gas yang akan keluar dari tabung gas lindung. Dan *flowmeter* berfungsi untuk menunjukkan besaran aliran gas lindung yang digunakan saat proses pengelasan berlangsung.

2. Mesin las AC/DC

Mesin las AC/DC merupakan mesin las yang digunakan pada pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), penggunaan aliran arus

listrik bolak-balik (AC) atau arus satu arah (DC) dapat ditentukan dari material apa yang akan disambungkan.

3. Stang las/obor (*Torch Welding*)

Stang las atau obor merupakan pemegang elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*) pada saat prose pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Selain sebagai pemegang tungsten, stang las juga sebagai sarana penyalur gas lingdung pada zona busur pada saat proses pengelasan berlangsung.

4. *Tungsten electrode*

Tungsten electrode yang digunakan pada proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) merupakan *tungsten* tidak terumpan, *tungsten electrode* hanya bekerja sebagai pencipta busur nyala yang digunakan untuk mencairkan logam pengisi agar dapat menyatu dengan logam yang akan disambung.

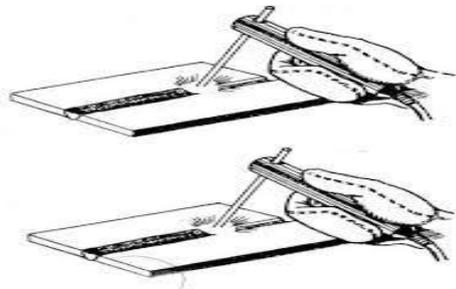
F. Posisi Pengelasan

Adapun posisi pengelasan yang berlangsung saat proses pengelasan antara lain adalah:

1. Posisi dibawah tangan

Proses pengelasan posisi dibawah tangan merupakan cara pengelasan yang berlangsung pada permukaan rata atau datar serta prosesnya terjadi

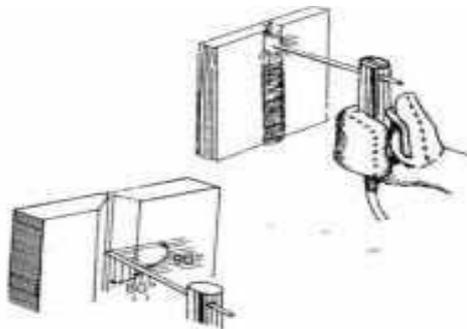
dibawah tangan. Sudut pada elektroda las berkisar 10° - 20° terhadap garis vertikal serta 70° - 80° terhadap benda kerja (Yuspian, 2017).



Gambar 2.3. Posisi dibawah tangan (Yuspian, 2017)

2. Posisi tegak (*Vertikal*)

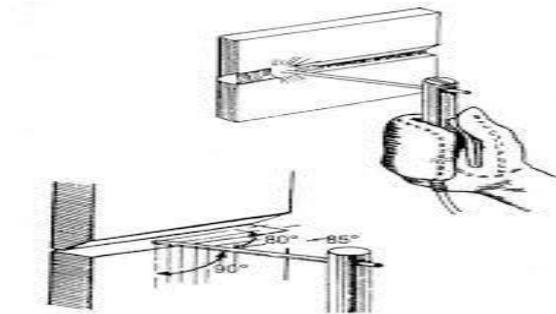
Proses pengelasan pada posisi tegak (vertikal) merupakan proses pengelasan yang cukup sulit dilakukan, karena logam cair dari proses pengelasan akan meleleh kebawah terus menerus dan akhirnya menumpuk, sehingga untuk menanganinya perlu sudut elektroda saat pengelasan sekitar 10° - 15° terhadap garis vertikal dan 70° - 85° pada benda kerja. Posisi pengelasan tegak merupakan pengelasan dengan arah keatas atupun ke bawah (Yuspian, 2017).



Gambar 2.4. Posisi tegak (Yuspian, 2017).

3. Posisi datar (*Horisontal*)

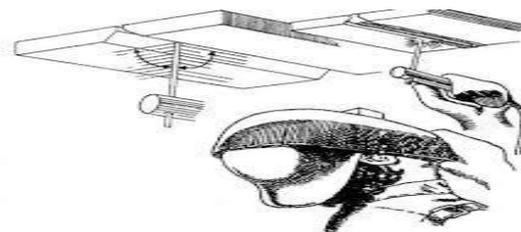
Proses pengelasan pada posisi datar (*horizontal*) merupakan proses pengelasan kearah kanan atau ke kiri dengan kedudukan benda kerja dibuat tegak. Pada saat proses pengelasan sudut elektroda berkisaran 5° - 10° terhadap garis vertikal serta 70° - 80° kearah benda kerja.



Gambar 2.5. Posisi datar (Yuspian, 2017).

4. Posisi diatas kepala (*Over Head*)

Posisi diatas kepala (*over head*) pada proses pengelasan merupakan proses pengelasan yang paling berbahaya dilakukan, karena benda kerja yang terdapat diatas juru las dan logam cair yang banyak berjatuhan dapat mengenai juru las. Dalam proses pengelasan dengan posisi diatas kepala elektroda menggunakan sudut berkisar 5° - 20° terhadap garis vertikal dan 75° - 85° terhadap benda kerja (Yuspian, 2017).



Gambar 2.6. Posisi di atas kepala (Yuspian, 2017).

G. Gas Lindung

Adapun beberapa jenis gas lindung yang sering digunakan pada proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Gas lindung argon

Gas lindung yang biasa digunakan pada pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) yaitu gas lindung argon, gas argon merupakan gas tanpa bau, rasa dan warna serta tidak mudah bereaksi dengan unsur lain untuk membentuk senyawa. Sehingga gas argon tidak mudah terbakar, tidak beracun dan tidak berbahaya. Gas argon diperoleh dari atmosfer dan gas argon bersifat lebih berat daripada udara, sehingga gas argon merupakan gas lindung yang sangat stabil dalam proses pengelasan GTAW (J. Tusek, 2000).

2. Gas lindung hidrogen

Gas lindung hidrogen merupakan gas lindung yang tanpa warna, tanpa bau, dan tanpa rasa serta tidak beracun, gas lindung hidrogen merupakan gas lindung yang mudah terbakar pada titik pengapian 560°C. Gas hidrogen biasanya hanya digunakan sebagai gas tambahan dalam proses pengelasan (J. Tusek, 2000).

3. Gas lindung campuran argon dan hidrogen

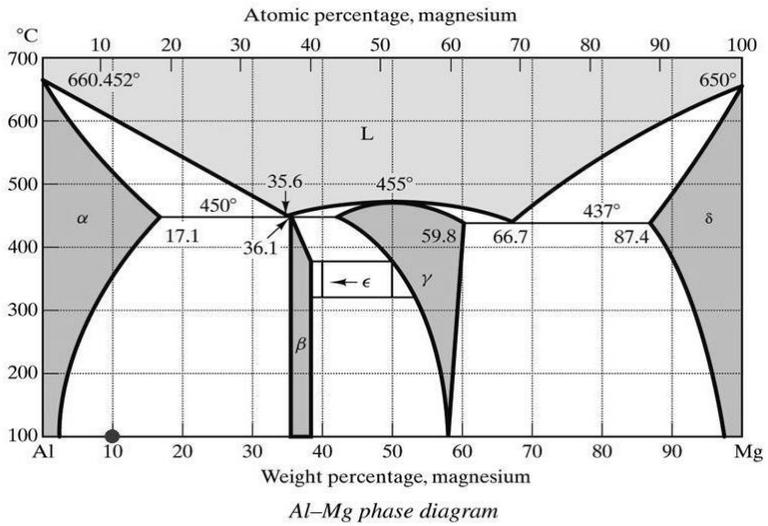
Gas lindung campuran argon dan hidrogen merupakan gas lindung yang sering digunakan pada proses pengelasan baja tahan karat austenitik,

baja ferit dan martensit. Pada gas lindung campuran argon dan hidrogen akan membuat tampilan hasil lasan yang baik, karena gas hidrogen yang bekerja menghambat pembentukan oksida pada permukaan lapisan akhir lasan (J. Tusek, 2000).

H. Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketangguhan yang tinggi, memiliki sifat tahan terhadap korosi dan memiliki keuletan yang tinggi pada suhu yang dingin. Aluminium banyak digunakan dalam bidang transportasi, kelistrikan, kimia, bangunan dan alat penyimpanan. Aluminium memiliki sifat koefisien muai yang besar, konduktivitas panas yang tinggi, dapat reaktif dengan udara sekitar dan dapat membentuk lapisan oksida serta memiliki titik cair yang rendah, oleh karena itu sangat sulit penyambungan aluminium dengan menggunakan teknik pengelasan.

Aluminium yang digunakan pada penelitian ini merupakan aluminium paduan Al-Mg yang memiliki keseimbangan dengan larutan padat yang merupakan senyawa antar logam yaitu Al_3Mg_2 . Titik eutektiknya $450^{\circ}C$, 35% Mg, dan batas kelarutan padatnya pada temperatur eutektik adalah 17,4% Mg. Paduan Al-Mg memiliki titik lebur pada suhu $650^{\circ}C$, temperatur kritis pada daerah HAZ adalah $250^{\circ}C$ pada saat temperatur itu sudah terjadi perubahan fasa (Tarmizi, 2016).



Gambar 2.7. Diagram fasa paduan Al-Mg (Sumber : Hansen & Andreko. Constitution of binary alloys. 1958).

Aluminium pada penelitian ini merupakan material paduan Al-Mg 5052, yang memiliki komposisi kimia dan sifat mekanik aluminium seperti pada tabel dibawah:

Tabel 2.1 Komposisi kimia aluminium-Mg 5052

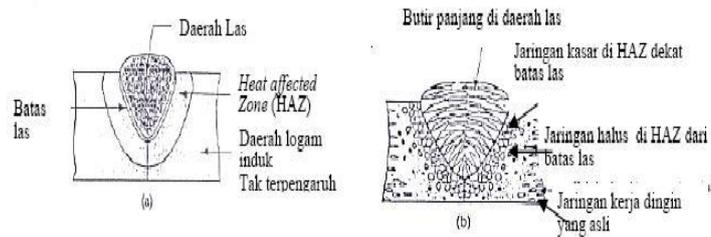
Unsur	Komposisi kimia (% berat)	
	Pengujian	Standar
Cu	0,01	0,10
Mg	2,2	2,2-2,8
Si	0,25	0,25
Fe	0,40	0,40
Mn	0,10	0,10
Zn	0,10	Max 0,25
Ti	0,02	Max 0,15
Cr	0,035	0,15
Al	99,14	Sisa

Tabel 2.2 Sifat mekanik aluminium-Mg 5052

Paduan	Keadaan	Sifat-sifat mekanik					
		Kekuatan tarik (kgf/mm ²)	Kekuatan mulur (0,2%) (kgf/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekuatan geser (kgf/mm ²)	Kekerasan Brinell	Batas leleh 5x10 ⁸ (kgf/mm ²)
5052 (Al-2,5Mg-0,25Cr)	O H38	21,9	8,4	30	12,7	45	12,0
		28,8	25,3	8	16,9	85	13,4
5056 (Al-5,2Mg-0,1Mn-0,1Cr)	O H18	29,5	15,5	35	18,3	-	14,1
		43,6	40,8	6	23,2	-	15,5

I. Metalurgi Pengelasan

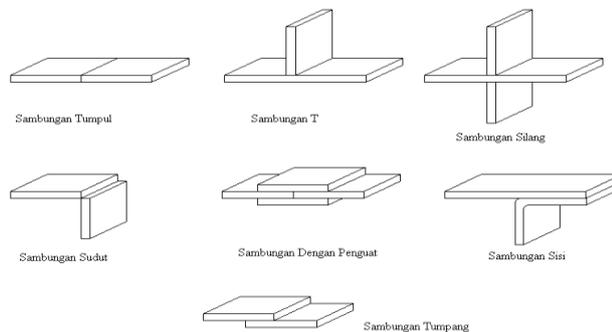
Metalurgi dalam pengelasan merupakan daerah yang dipengaruhi oleh proses pengelasan pada logam las, daerah ini dipengaruhi panas atau sering disebut dengan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Dengan mengetahui hasil dari daerah metalurgi las, juru las dapat meramalkan sifat-sifat dari logam las tersebut. Aspek-aspek yang terjadi selama proses pengelasan dan sesudah proses pengelasan harus diperhitungkan sebelumnya, karena perancangan tersebut dapat menentukan hasil dari proses pengelasan. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan keahlian dalam operasi pengelasan yang baik dapat menghasilkan sambungan lasan yang baik (Wiryusumarto, 2000).



Gambar 2.8. Daerah lasan (Wiryosumarto, 2000).

J. Jenis Sambungan Dalam Pengelasan

Dalam penyambungan logam menggunakan proses pengelasan pada dasarnya memiliki beberapa jenis sambungan dan dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan sisi, sambungan penguat, sambungan T, sambungan tumpang dan sambungan sudut. Jenis sambungan yang diberikan pada logam tersebut tergantung dari beberapa faktor seperti ukuran logam yang akan di las, bentuk logam itu sendiri, tipe pembebanan yang akan diterima oleh logam, dan biaya relatif untuk berbagai macam sambungan (Yuspian, 2017).



Gambar 2.9. Jenis sambungan (Yuspian, 2017)

1. Sambungan tumpul (*butt joint*)

Pengelasan sambungan tumpul (*buut joint*) merupakan pengelasan yang banyak digunakan didalam dunia industri, pada sambungan tumpul dibagi menjadi tiga tipe yaitu sambungan penetrasi penuh tanpa pelat penahan, sambungan penetrasi penuh dengan pelat penahan dan sambungan penetrasi sebagian.

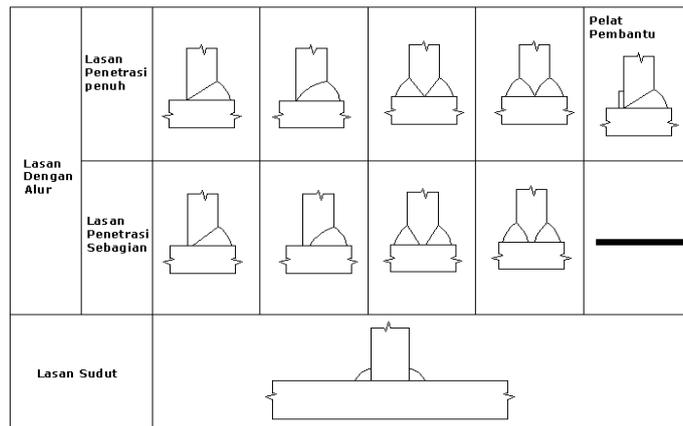
Bentuk dan sudut alur yang digunakan pada sambungan tumpul juga sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan kekuatan pada hasil sambungan. Pada dasarnya dalam menentukan bentuk dan sudut alur harus menuju pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga termdah yang tidak menurunkan mutu sambungan, sehingga diperlukan kemampuan dan pengalaman yang luas (Wiryosumarto, 2000).

Jenis lasan Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

Gambar 2.10. Sambungan tumpul (*butt joint*) (Wiryosumarto, 2000).

2. Sambungan bentuk T

Pada sambungan pengelasan bentuk T dibagi menjadi dua tipe yaitu lasan dengan alur dan jenis lasan dengan sudut. Pada pengelasan menggunakan alur dibagi menjadi dua yaitu lasan penetrasi penuh dan lasan penetrasi sebagian.



Gambar 2.11. Sambungan bentuk T (Wiryosumarto, 2000).

3. Sambungan sudut

Pengelasan dengan menggunakan metode sambungan sudut dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel, dan hal itu dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak. Apabila dalam pengelasan bagian sudut dalam tidak bisa dilakukan karena sempitnya ruangan, maka dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau dengan menggunakan pelat pembantu (Wiryosumarto, 2000).

Lasan dengan alur	Lasan penetrasi penuh							
	Lasan penetrasi sebagian							
Gabungan lasan dengan alur dan las sudut								
Las sudut								

Gambar 2.12. Sambungan sudut (Wiryosumarto, 2000).

4. Sambungan tumpang

Pengelasan dengan sambungan tumpang dibagi menjadi tiga tipe yaitu dengan las sudut, las titik, dan las isi. Pada pengelasan tumpang memiliki efisiensi yang cukup rendah, sehingga pengelasan jenis ini jarang digunakan dalam konstruksi utama (Wiryosumarto, 2000).

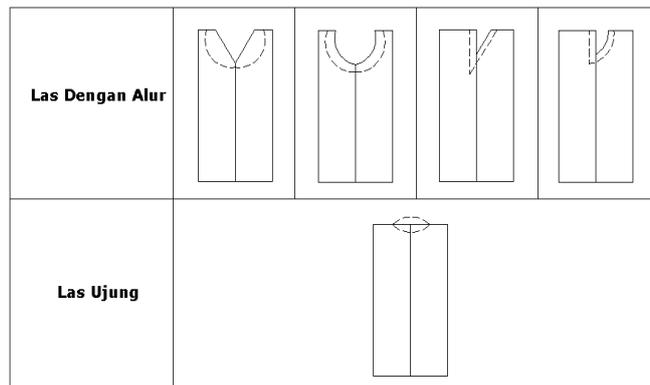
Las Sudut	
Las Titik	
Las Isi	

Gambar 2.13. Sambungan tumpang (Wiryosumarto, 2000).

5. Sambungan sisi

Pengelasan dengan sambungan sisi merupakan jenis sambungan yang dibagi menjadi dua tipe yaitu dengan menggunakan alur dan tidak

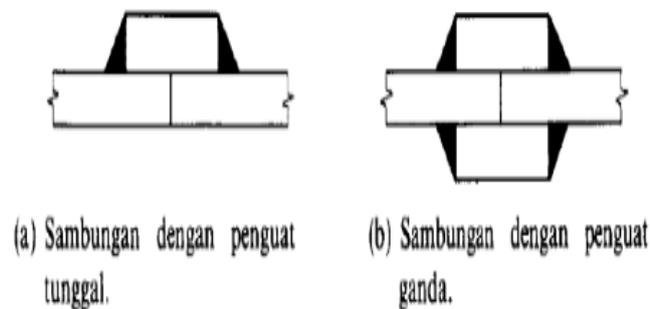
menggunakan alur. Pada tipe yang pertama biasanya alur diberikan pada ujung material untuk memperkuat sambungan, dan pada tipe yang kedua tidak menggunakan alur pada ujung material sehingga pada tipe yang kedua hanya untuk sambungan sementara saja (Wiriosumarto, 2000).



Gambar 2.14. Sambungan sisi (Wiriosumarto, 2000).

6. Sambungan dengan pelat penguat

Pengelasan dengan menggunakan sambungan pelat penguat dibagi menjadi dua tipe yaitu dengan pelat penguat tunggal dan pelat penguat ganda. Pada sambungan dengan pelat penguat hampir sama dengan jenis sambungan tumpang, maka sambungan ini jarang digunakan dalam sambungan konstruksi utama (Wiriosumarto, 2000).



Gambar 2.15. Sambungan dengan pelat penguat (Wiriosumarto, 2000).

K. Sudut Bevel Dalam Pengelasan

Sudut bevel atau sering disebut dengan kampuh dalam pengelasan merupakan sudut yang diberikannya pada logam induk (*base metal*) pada saat akan dilakukan proses penyambungan dilakukan, standar sudut bevel yang biasa digunakan dalam proses pengelasan adalah sudut bevel 60°. Dengan adanya variasi sudut bevel diharapkan dapat mengetahui perbedaan kekuatan dari sambungan las tersebut. Kekuatan yang sesuai pada sambungan las sangat penting diperlukan, karena diharapkan sambungan tersebut dapat bertahan saat menerima beban statis, beban dinamis, atau keduanya (Rizkiyah, 2016).

L. Pengujian Kekuatan Hasil Pengelasan GTAW

Pengujian yang dilakukan pada hasil pengelasan untuk dapat mengetahui kekuatan dan cacat yang terjadi pada daerah pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak untuk mengetahui kekuatan dari sambungan berupa pengujian mekanik seperti uji impak, uji tarik, dan uji fatik, sedangkan pengujian tidak merusak merupakan pengujian foto mikro. Jenis pengujian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode pengujian impak, pengujian tarik dan pengujian foto mikro.

1. Pengujian impak

Pengujian impak merupakan pengujian merusak dari bahan uji dan menentukan sifat material dari pembebanan dinamis pada material, sehingga didapatkan nilai dari material baik kegetasan atau keuletan dari material tersebut. Dengan catatan semakin tinggi nilai dari pengujian impak maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi, ditandai dengan material tampak berserat-serat pada bidang patahan. Material dikatakan getas apabila bidang patahan terlihat mengkilap dan rata tanpa berserat (Mahardika, 2017).

Dengan pengujian impak dapat diketahui energi yang diserap oleh sampel uji dan dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W &= W (H - H_1) \\ &= W \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha) \end{aligned}$$

Adapun kekuatan impak dirumuskan sebagai berikut:

$$IS = \frac{W \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha)}{A}$$

Dimana :

W = berat bandul pemberat (pendulum) (kg)

H = tinggi pendulum awal (m)

H₁ = tinggi pendulum setelah memukul batang uji (m)

α = sudut awal lengan

β = sudut akhir lengan

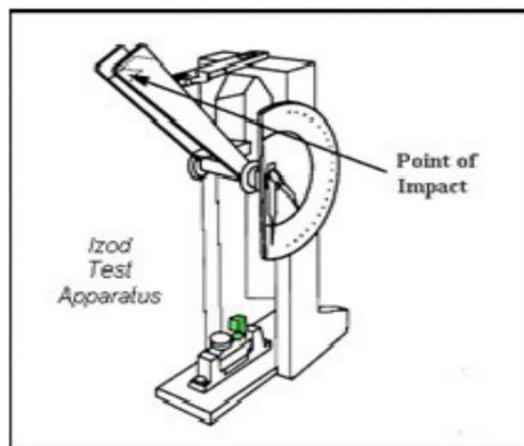
A = luas penampang material uji (mm)

I = panjang lengan (m)

Adapun jenis-jenis dalam pengujian impak antara lain adalah sebagai berikut:

a.) Metode *izod*

Pada pengujian dengan menggunakan metode *izod* bahan uji diletakan dengan posisi horizontal pada tumpuan, dan arah pembebanan diberikan searah dengan arah tarikan.

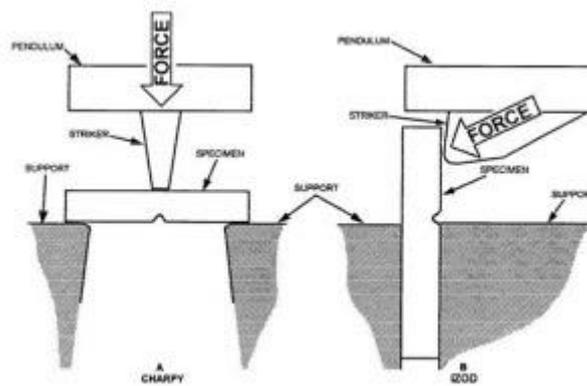


Gamabar 2.9. Ilustrasi skematik pembebanan metode izod

(Mahardika, 2017).

b.) Metode *charpy*

Pada pengujian menggunakan metode *charpy* atau pengujian tumbuk bahan uji diletakan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah tarikan.



Gambar 2.10. Ilustrasi skematik pembebanan metode charpy
(Mahardika, 2017).

2. Pengujian tarik

Pengujian tarik merupakan pengujian untuk mengetahui kekuatan sambungan logam yang telah dilas, dengan cara spesimen uji diberi beban dengan kenaikan beban dikit demi sedikit hingga spesimen uji patah. Adapun yang mempengaruhi kekuatan sambungan las antara lain logam induk, sifat logam las, daerah HAZ, dan geometri logam (Zamah, 2018).

Dengan data yang diperoleh dari pengujian tarik maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0}$$

Dimana :

σ_u = Tegangan tarik maksimal (Mpa)

P_u = Beban tarik (KN)

A_0 = Luas awal penampang (mm²)

Data regangan yang dipergunakan pada kurva diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dimana :

ε = Regangan

L = Panjang akhir (mm)

L₀ = Panjang awal (mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

Hubungan dari kedua persamaan diatas adalah modulus elastisitas (*Young Modulus*) antara tegangan dengan regangan dapat dicari dengan rumus berikut :

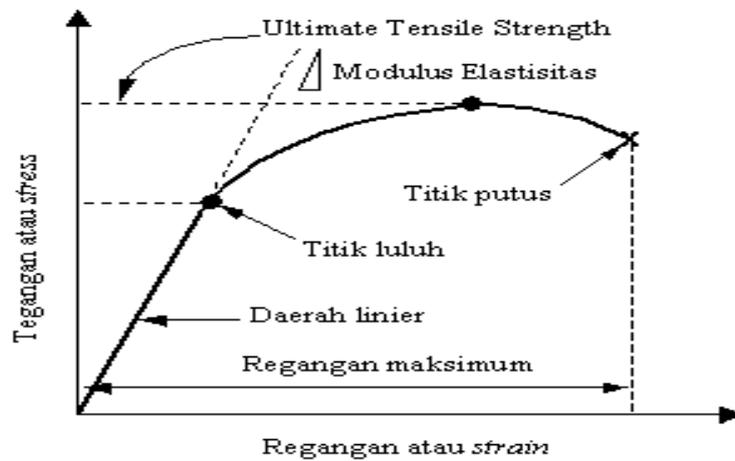
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan (MPa)

ε = Regangan



Gambar 2.11. kurva tegangan – regangan (Zamah, 2018).

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine*. Benda uji dijepit pada mesin uji tarik, kemudian beban statik dinaikkan secara bertahap sampai spesimen mengalami putus. Besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan data berupa tegangan luluh (σ_{ys}), tegangan *ultimate* (σ_{ult}), modulus elastisitas beban (E), ketangguhan dan keuletan sambungan las yang diuji tarik (Zamah, 2018).



Gambar 2.12. Mesin uji tarik (elitabmas.itn.ac.id).

3. Pengujian *scanning electron microscopy* (SEM)

Pengujian *scanning electron microscopy* (SEM) merupakan pengujian yang tidak merusak dari bahan uji, pengujian ini hanya melihat perubahan apa saja yang terjadi pada logam induk setelah mengalami proses pengelasan. Adapun daerah yang perlu dilihat adalah:

a.) HAZ (*Heat Affected Zone*)

Daerah *heat affected zone* merupakan daerah yang berada diantara logam yang mencair dan tidak mengalami pencairan. Yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga mengalami perubahan struktur (Agus, 2015).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan secara langsung dengan menggunakan bahan Aluminium-Mg 5052 yang di satukan dengan proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Inert Arc Welding*) dengan variasi sudut bevel 45°, 60° dan 75°. Dari variasi sudut bevel yang diberikan pada penyambungan bahan uji, dapat diketahui sifat material dan perubahan struktur pada penyambungan Aluminium-Mg 5052 dengan proses pengelasan.

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat sebagai berikut :

1. Pembuatan spesimen dengan sudut bevel 45°, 60° dan 75° dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Pengelasan dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Pengujian impak dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilaksanakan di Laboratorium Terpadu MIPA, Universitas Lampung.

B. Tahapan penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dijalani oleh mahasiswa diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur terhadap proses pengelasan pada bahan aluminium.

2. Persiapan

2.1 pembelian Aluminium-Mg 5052

Bahan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium-Mg 5052

2.2 Pembuatan sudut bevel pada bahan uji

Sebelum dilakukan proses pengelasan GTAW pada bahan uji, terlebih dahulu bahan uji diberikan sudut bevel (*V-butt joint*) 45°, 60° dan 75° dengan langkah sebagai berikut.

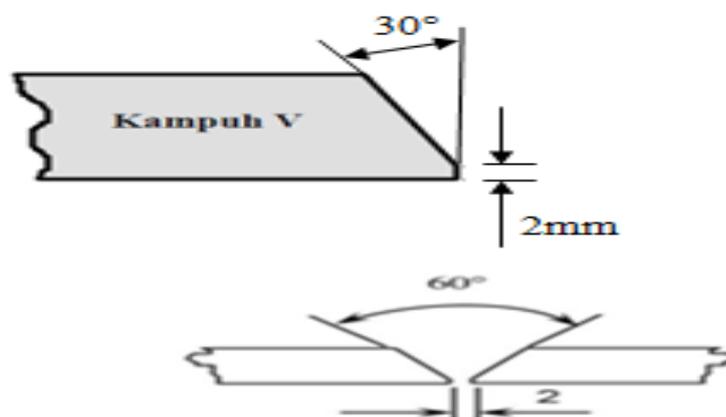
- a.) Sediakan aluminium 5052 dengan standar pengujian tarik ASTM E-8 dan pengujian impak ASTM E-23.
- b.) Potong ditengah-tengah pada spesimen uji tarik dan uji impak menggunakan mesin pemotong logam.
- c.) Gunakan mesin sekrap untuk membuat sudut bevel (*V-butt joint*) sesuai yang diinginkan 45°, 60° dan 75° pada bagian spesimen uji yang telah dipotong menjadi dua.

2.3 Menyiapkan alat pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arch Welding*)

- a.) Menggunakan gas lindung campuran argon dan hidrogen.
- b.) Elektroda yang digunakan adalah tungsten murni (*Pure Tungsten*) dengan diameter 2,6 mm.
- c.) Besar arus listrik yang digunakan 95 *Ampere*.
- d.) Menggunakan laju aliran gas lindung campuran argon dan hidrogen dengan kecepatan 8 Liter/menit.

2.4 Proses pembuatan sudut bevel

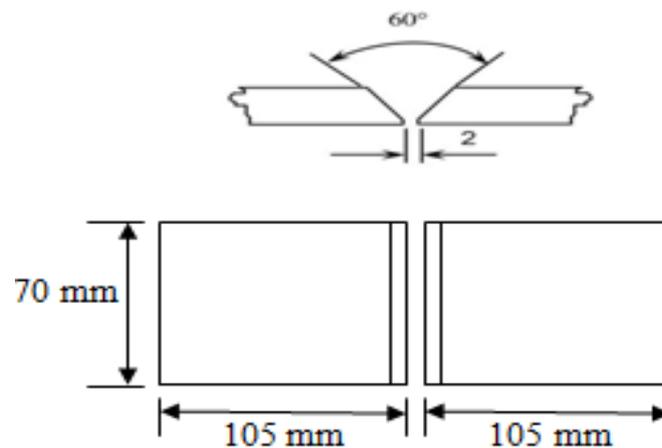
Proses pembuatan sudut bevel pada alumunium 5052 dilakukan dengan cara memotong terlebih dahulu pelat sesuai kebutuhan yang di inginkan untuk proses pengelasan nantinya. Selanjutnta kita ukur sisi pelat dengan busur dan bersudut setengah dari 45° , 60° serta 75° dan pemotongan dilakukan dengan menggunakan gerinda duduk yang juga memiliki penjepit dan sudut pemotongan.



Gambar 3.1. Pembuatan sudut bevel 60°

2.5 Proses pengelasan

Proses pengelasan di lakukan setelah alumunium 5052 di berikan sudut bevel 45° , 60° dan 75° dan alumunium masih dalam kondisi berbentuk plat, hal ini dilakukan untuk menjaga keseragaman proses pengelasan pada alumunium. Dan ukuran pelat yang digunakan pada proses pengelasan berbeda antara pengelasan spesimen uji impact dan spesimen uji tarik, karena di sesuaikan dengan kebutuhan spesimen uji.



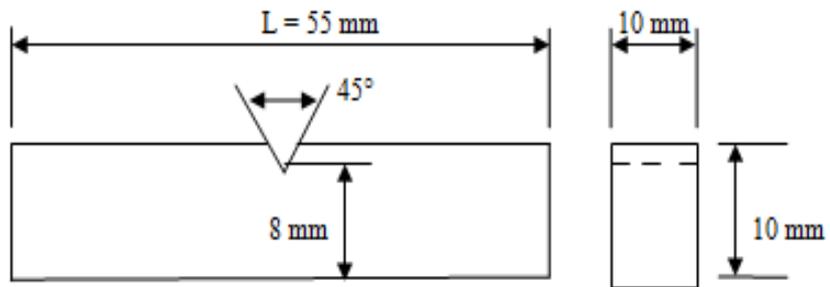
Gambar 3.2. Pengelasan untuk spesimen uji tarik sudut bevel 60°

2.6 Pembuatan spesimen uji

a.) Spesimen uji impact (*Charpy*)

Pembuatan spesimen uji impact yang sesuai dengan standar yang digunakan adalah ASTM E-23 (*American Society For Testing And Materials*) dengan ukuran pada spesimen $10 \times 10 \times 55$ mm, dan memiliki takik (*notch*) berbentuk V sudut 45° dengan cara pembuatan takik menggunakan mesin sekrup dan kedalaman

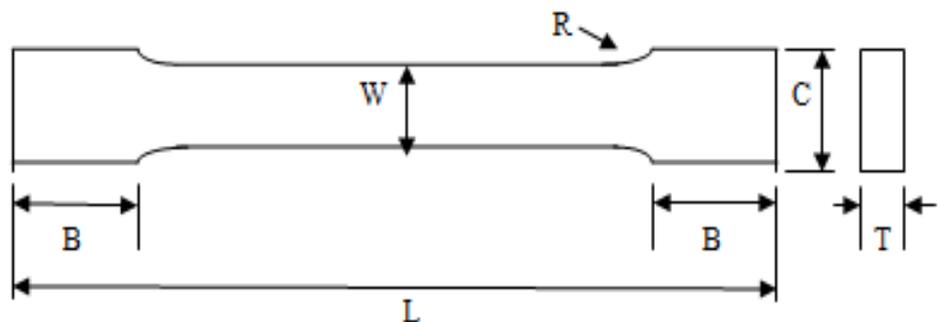
pemakanan 2 mm yang berada di tengah spesimen pada bagian yang tidak dilas.



Gambar 3.3. Spesimen uji impak (*Charpy*) ASTM E-23

b.) Spesimen uji tarik

Pembuatan spesimen uji tarik yang sesuai dengan standar adalah ASTM E-8 dengan cara pembuatan spesimen di potong terlebih dahulu menggunakan gerinda duduk, lalu pembuatan sudut jari – jari menggunakan mesin frais. Dan hasil spesimen uji tarik ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4. Spesimen pengujian tarik ASTM E-8

L : 200 mm	R : 12,5 mm	W : 12,5 mm
T : 8 mm	C : 20 mm	B : 50 mm

c.) Spesimen *scanning electron microscopy* (SEM)

Pembuatan spesimen uji *scanning electron microscopy* diambil dari material yang sudah mengalami proses pengelasan yang telah diperekdisi sebagai daerah lasan dan dipotong dengan ukuran 10 x 10 mm. Selanjutnya permukaan spesimen yang akan dilakukan uji *scanning electron microscopy* diampelas secara manual dengan kekasaran 1000 dan 2000.

3. Pengujian

Pengujian impak, pengujian tarik dan pengujian *scanning electron microscopy* di laksanakan setelah bahan uji di gabungkan dengan proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dengan sudut bevel 45°, 60° dan 75°. Pengujian impak dan tarik dilakukan di Laboratorium Material Universitas Lampung, serta pada pengujian impak menggunakan standar spesimen ASTM E-23 sedangkan pengujian tarik menggunakan standar spesimen ASTM E-8. Pada pengujian SEM di lakukan di Laboratorium Terpadu MIPA Universitas Lampung dengan ukuran spesimen 10 x 10 mm.

4. Analisa data

Data yang diperoleh dari pengujian sebelumnya akan dianalisis dan diolah agar didapat kesimpulan pada penelitian ini.

5. Penulisan laporan

Penulisan laporan adalah tahap akhir dari penelitian ini.

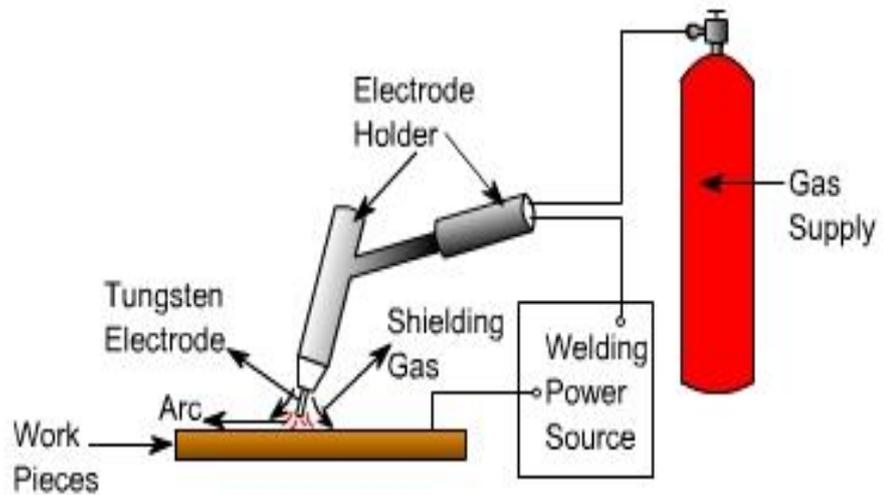
C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat untuk proses pengelasan

a.) Komponen mesin las

Komponen mesin las yang digunakan merupakan kombinasi busur nyala listrik dan gas kekal GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) yang digunakan untuk pengelasan spesimen.



Gamabar 3.5 komponen mesin las

b.) Gas lindung

Gas lindung yang digunakan pada penelitian ini adalah gas lindung campuran Argon dan Hidrogen.

2. Alat untuk membuat spesimen

a.) Mesin pemotong logam

Mesin pemotong logam merupakan mesin yang digunakan untuk memotong alumunium sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Dan digunakan untuk pembuatan sudut bevel 45° , 60° dan 75° .



Gambar 3.6 mesin pemotong logam

b.) Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk memastikan ketebalan dan lebar spesimen uji apakah sudah sesuai atau belum dan memeriksa kedalaman takik pada spesimen uji impak sudah sesuai dengan standar pengujian impak yaitu 2 mm atau belum.



Gambar 3.7 jangka sorong

c.) Dan peralatan pendukung lainnya

3. Peralatan pengujian

a.) Mesin uji impak

Mesin uji impak merupakan alat pengujian merusak yang akan digunakan pada penelitian ini. Pada pengujian impak kini dilakukan dengan metode charpy yang mana dengan spesimen ASTM E-23 dan takikan persis ditengah spesimen.



Gambar 3.8 mesin uji impak

b.) Mesin uji tarik

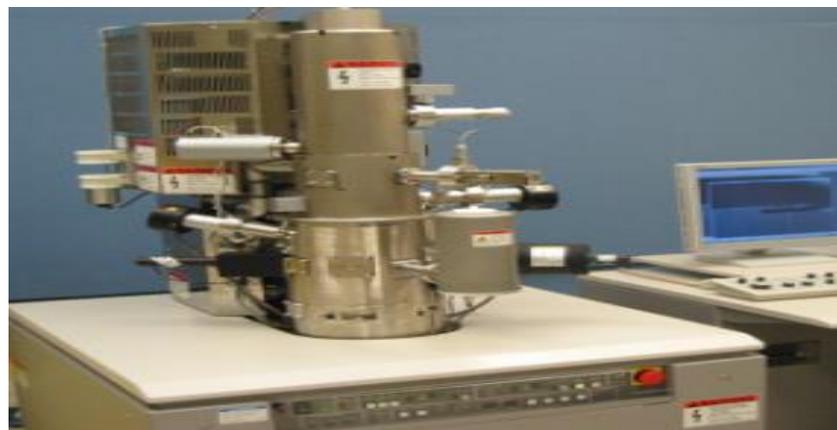
Mesin uji tarik merupakan pengujian merusak dengan cara menarik spesimen dengan beban yang bertahap hingga spesimen patah. Pengujian tarik yang dilakukan kepada spesimen uji harus sesuai standar yang digunakan yaitu ASTM E-8. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* yang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga dapat diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan ultimate (*σ_{ult}*) dan modulus elastisitas bahan (E).



Gambar 3.9. mesin uji tarik

c.) Mesin uji *Scanning Electron Microscopy*

Mesin uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan mesin yang bertujuan untuk melihat karakterisasi permukaan material hingga berukuran nanomaterial dengan cara material ditembaki dengan berkas elektron berenergi tinggi yang memiliki gelombang, proses tersebut mengakibatkan adanya pantulan elektron yang diterima oleh detektor dan diterima oleh program dalam komputer.



Gambar 3.10 mesin uji *scanning electron microscopy*

D. Prosedur Percobaan

Adapun prosedur percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Spesimen Uji

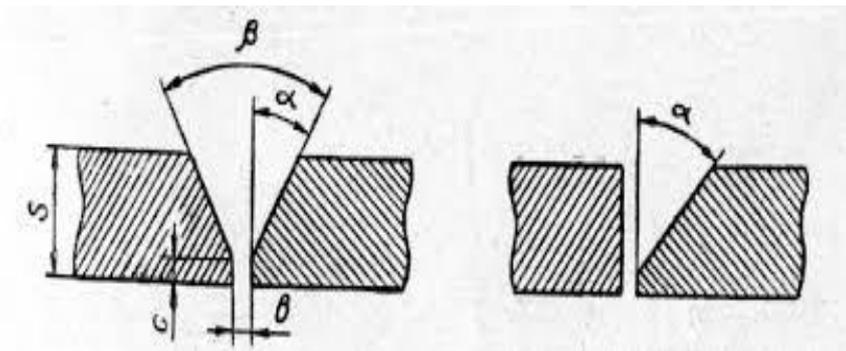
Persiapan spesimen uji adalah persiapan paling awal yang dilakukan pada penelitian ini, ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk mempersiapkan spesimen uji diantaranya adalah:

a.) Pemilihan material spesimen uji

Material yang digunakan adalah tipe material aluminium paduan Al-Mg 5052 dengan standar ASTM E-8 yaitu dengan ketebalan 12 mm.

b.) Pembuatan sudut bevel 45° pada spesimen uji

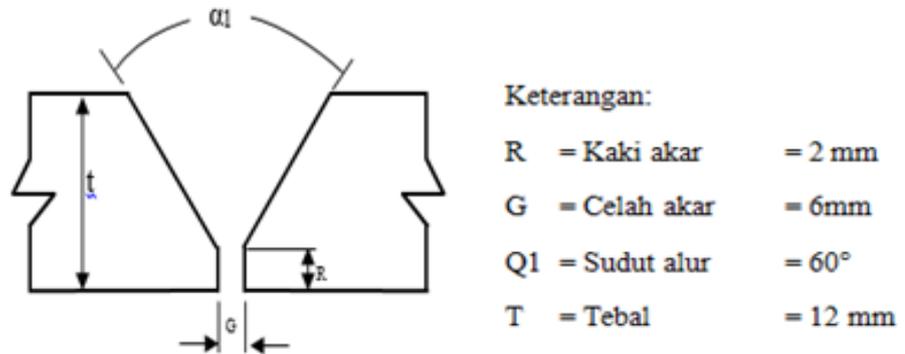
Jenis sambungan pada sudut bevel 45° merupakan sambungan las tumpul alur V tunggal yang diberi sudut bevel 45° seperti gambar dibawah:



Gambar 3.11 sudut bevel 45°

c.) Pembuatan sudut bevel 60° pada spesimen uji

Jenis sambungan yang digunakan adalah las tumpul alur V yang diberi sudut bevel 60° seperti gambar dibawah:



Gambar 3.12 sudut bevel 60°

d.) Pembuatan sudut bevel 75° pada spesimen uji

Jenis sambungan pada sudut bevel 75° ini menggunakan sambungan las tumpul alur V dengan bevel 75° pada spesimen.

e.) Pemilihan gas lindung

Gas lindung yang digunakan dalam penelitian ini adalah gas lindung campuran argon dan hidrogen

f.) Pemilihan elektroda las

Jenis elektoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda *tungsten* murni (pure *tungsten*) dengan diameter 2,6 mm.

g.) Proses Pengelasan

Dalam penelitian ini menggunakan proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), yang menggunakan gas lindung campuran argon dan hidrogen.

E. Pengambilan Data

Adapun data yang diperlukan adalah:

Tabel 3.1 pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) daerah HAZ

Sudut Bevel	Daerah Weld dan daerah HAZ
45°	
60°	
75°	

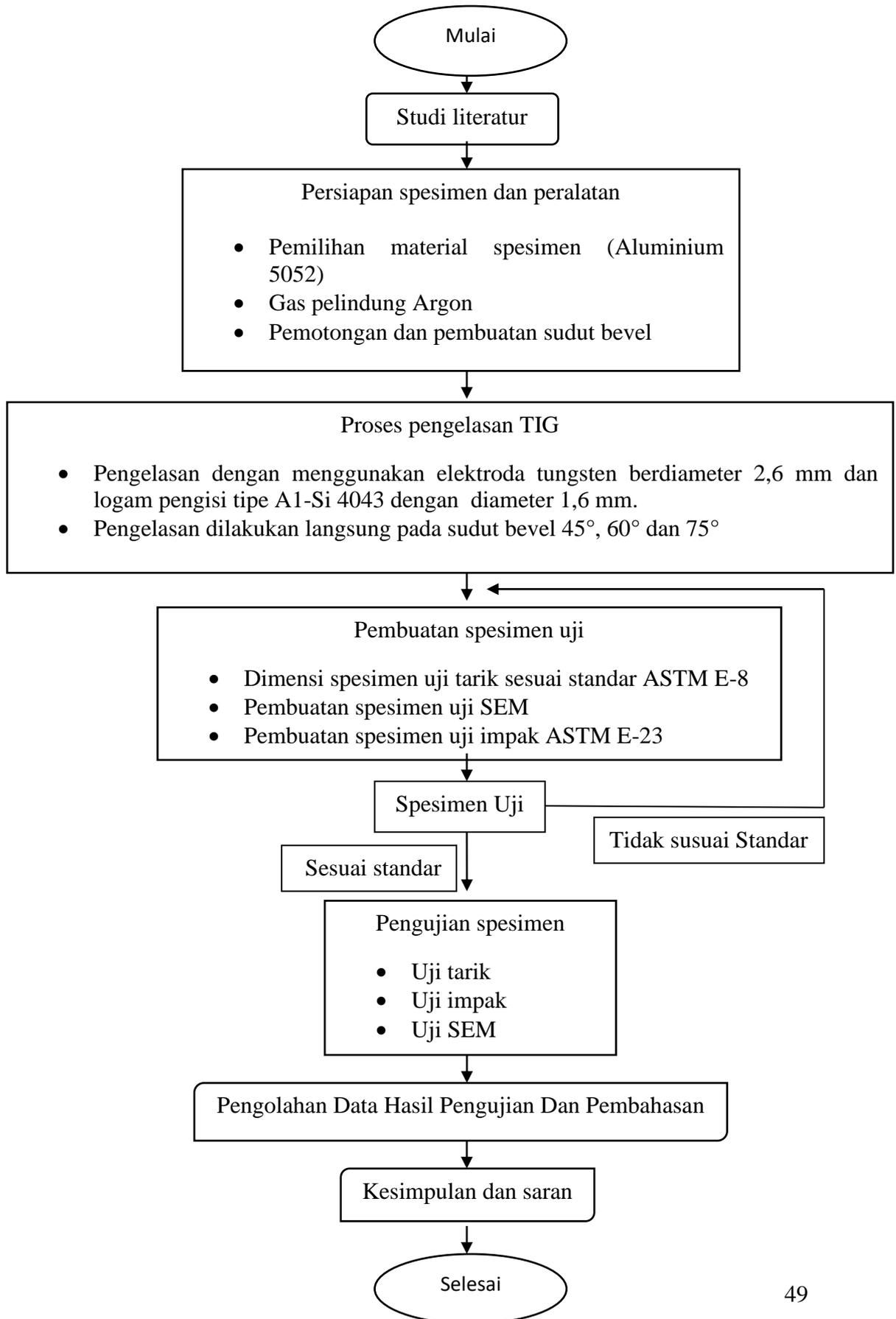
Tabel 3.2 Data hasil kekuatan pengujian tarik

Sudut bevel	No spesimen	Kekuatan tarik (Mpa)			Kekuatan tarik rata-rata (Mpa)
45°					
60°					
75°					

Tabel 3.4 data hasil pengujian impact

Sudut bevel	Dimensi		Dalam takikan	Kekutan impact (J/mm ²)	Nilai rata-rata
	Lebar	Tebal			
45°					
60°					
75°					

F. Diagram Alir Penelitian



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian pengaruh variasi sudut bevel 45° , 60° dan 75° pada pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) terhadap hasil kekuatan pengelasan dari pengujian impact dan pengujian tarik, maka di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian impact di dapat nilai kekuatan impact tertinggi pada sudut bevel 60° dan nilai kekuatan impact terendah pada sudut bevel 75° dan 45° . Hal itu terjadi karena semakin besar sudut bevel maka semakin besar juga daerah yang terpengaruh oleh panas dari proses pengelasan, sehingga hasil sambungan menjadi getas bila mendapat tekanan kejut. Dan semakin kecil sudut juga dapat membuat hasil pengelasan tidak sempurna, sehingga membuat nilai impact menjadi rendah.
2. Dari hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa semakin besar sudut bevel pada pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) pada aluminium 5052, menunjukkan nilai tegangan maksimal yang di dapat akan semakin besar dan hal tersebut juga dapat di lihat dari kondisi patahan yang di miliki sudut bevel 45° , 60° dan 75° .

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang di lakukan masih terdapat beberapa kesalahan. Maka untuk mendukung kesempurnaan penelitian selanjutnya ada beberapa saran yang di berikan adalah sebagai berikut :

1. Pada pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) pastikan besar sudut bevel yang diberikan tidak di bawah standar sudut bevel, hal ini untuk menghindari cacat akibat susahnya proses pengelasan.
2. Untuk penelitian yang selanjutnya sebaiknya memperhatikan besar arus yang diberikan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik, sehingga tidak terjadi cacat pada hasil pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus. 2015. *Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium*. PSTBM-BATAN.
- Bhavin. 2017. *A Review Paper On A-TIG Welding Process*. Universitas Parul.
- Davis. 2001. American Society for Metals Aluminium And Aluminium Alloys
- J. Tusek. 2000. Experimental Research Of The Effect Of Hydrogen In Argon As a Shielding Gas In Arc Welding Of High-Alloy Stainless Steel
- Jaemi. 2017. *Pengaruh Variasi Arus Terhadap Kekuatan Impact Dan Kekerasan Material ST 37 Menggunakan Proses Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*. Universitas Pendidikan Ganesha.
- Javed. 2015. A Review On Various Welding Techniques. Universitas Mumbai
- Mahardika. 2017. *Analisan Pengaruh Gas Pelindung Argon Grade A Dan Grade C Terhadap Kekuatan Impact Dan Tekuk Sambungan Butt Joint Pada Aluminium 5083*. Universitas Diponogoro.
- Parthiv. 2013. *A Review On Techniques For Optimizing Process Parameter For TIG Welding Aluminium*. International Journal.

- Ramadani. 2016. Analisa Pengaruh Sudut Bevel Akibat Kombinasi Pengelasan Fcaw dan SMAW Terhadap Kekuatan Impact Butt Joint Pada Spesimen Pipa Api 51 Grade X42
- Samuel. 2016. Pengaruh Kuat Arus Listrik, Temperatur Dan Variasi Sudut Kampuh Terhadap Kekuatan Impact Alumunium 5083 Pengelasan GTAW Dengan Gas Pelindung Helium. Universitas Diponegoro.
- Sanjeev. 2010. Experimental Investigations On Pulsed TIG Welding Of Aluminium Plate. Technology Gurdaspur INDIA.
- Tarmizi. 2016 Analysis Of Mechanical Properties And Micro Structure In The Process Of Fiction Stir Welding Aluminum 5052
- Wirjosumarto, H dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Ke 8. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Yuspian dkk. 2017. *Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi*. Universitas Halu Oleo.
- Zamah. 2018. Analisa Kekuatan Tarik Paduan Aluminium Dengan Magnesium Pada Dudukan Shockbreaker Ukuran 70 X 30 X30 mm. Universitas Hasyim Asy`ari.