

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian ini menggunakan pelat logam aluminium dengan seri AA 5083 H116. Seri Aluminium tersebut merupakan paduan Aluminium dengan campuran unsur Magnesium (Mg) sebagai paduan terbanyak. Pelat Aluminium paduan yang digunakan dengan dimensi panjang 300 mm, lebar 75 mm, dengan tebal 3 mm (Gambar 3.1). Pengelasan dilakukan searah dengan panjang material tersebut.



Gambar 3. 1 Bahan Aluminium AA 5083 H116

3.2. Peralatan yang Digunakan

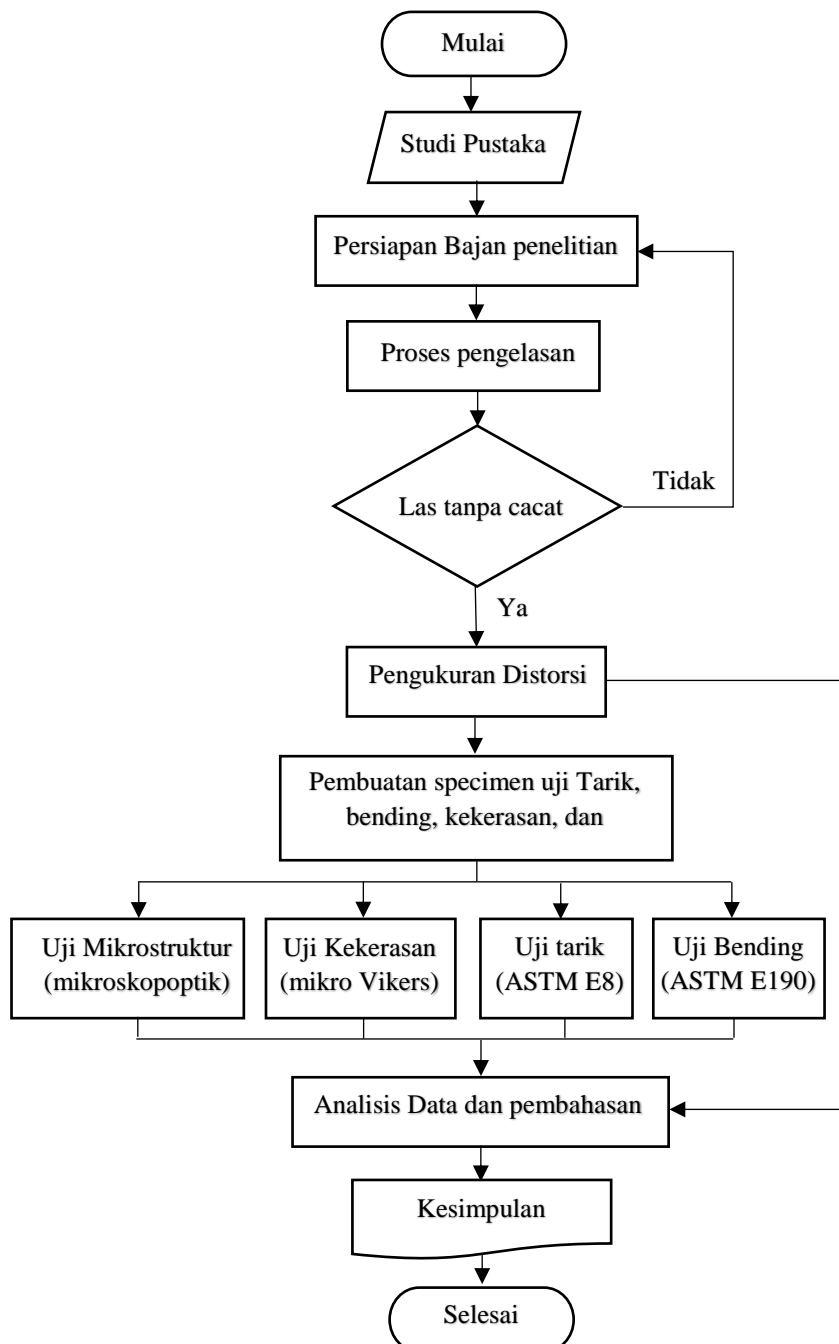
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Mesin Las *Tenjima* MIG 200 (2 buah)
- Elektroda ER 5356
- Tabung Gas Argon
- Alat pengelas semi otomatis
- Sekrup dan obeng
- Komputer

- Tanggem spesimen
- Topeng las
- Sarung tangan las
- Dial indikator
- Penggaris
- Mesin milling
- Jangka sorong
- Gergaji
- Kikir
- Cairan etsa
- Resin dan Katalis resin
- Amplas
- Cetakan resin
- Kaca
- Plastisin
- Kain beludru
- Autosol
- Alat uji tarik
- Alat uji *bending*
- Alat uji kekerasan Vickers *Buehler*
- Mikroskop optik *Olympus BX53M*

3.3. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan diagram alir penelitian seperti yang terdapat pada Gambar 3.2.



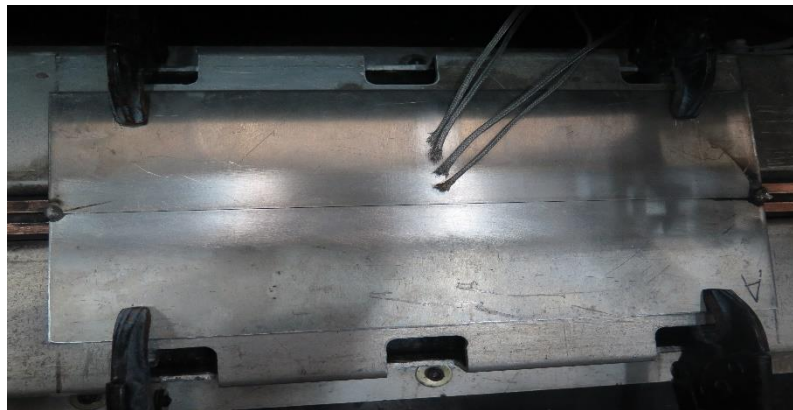
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Persiapan Sebelum Pengelasan

- Persiapan Spesimen

Persiapan dilakukan dengan pemotongan spesimen menggunakan mesin CNC *milling* di UPT Logam Yogyakarta dengan dimensi akhir 300 mm x 75 mm x 3 mm sebanyak 6 buah. Hasil pemotongan spesimen dipasangkan menjadi 3 pasang untuk dilas. Spesimen tersebut kemudian dihaluskan pada bagian permukaan pelat yang akan dilas (bagian tepi memanjang) menggunakan amplas. Setelah bagian permukaan tepi halus maka pasangan spesimen di *tack weld* pada bagian ujung yang siap dilas (Gambar 3.3).



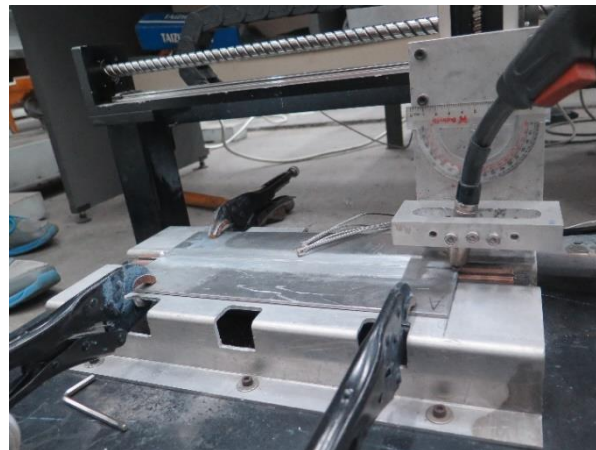
Gambar 3. 3 Persiapan Spesimen las

- Persiapan alat pengelasan

Persiapan pada proses ini meliputi alat pengelas semi otomatis dan 2 buah mesin las. Alat pengelas semi otomatis merupakan alat bantu las yang berfungsi sebagai tempat pengelasan spesimen serta untuk mengatur jarak elektroda terhadap spesimen, kecepatan las, posisi *welding gun*, pergerakan dan *welding gun* (Gambar 3.5). Sedangkan mesin las menggunakan dua buah mesin las GMAW dengan merek dan spesifikasi yang sama yaitu *Tenjima* MIG-200S (Gambar 3.4). Busur listrik dinyalakan secara manual oleh operator las yang telah bersertifikat las.



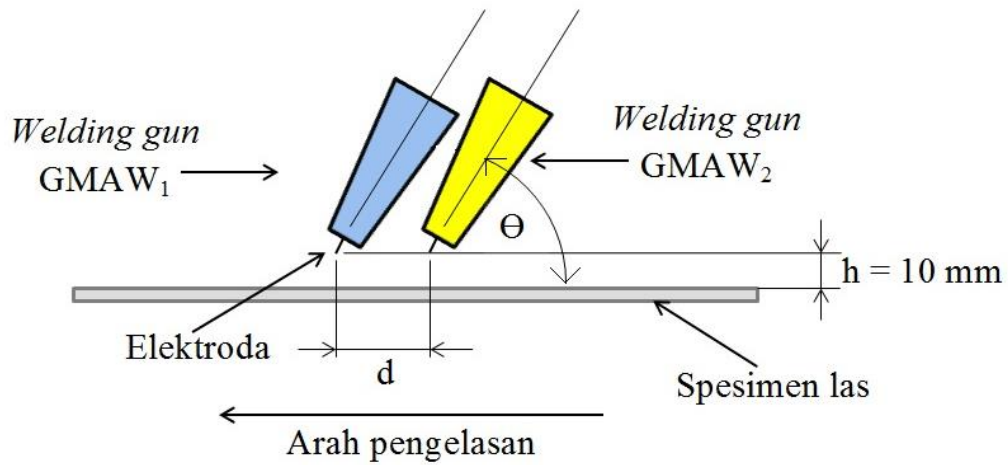
Gambar 3. 5 Mesin Las *Tenjima* MIG-200S



Gambar 3. 4 Alat pengelas semi otomatis

3.4.2. Proses pengelasan T-GMAW tack weld

Proses pengelasan menggunakan dua buah mesin las yang diatur jarak dan sudut elektroda kedua mesin las seperti pada Gambar 3.6 dengan dibantu alat pengelas otomatis. Alat bantu pengelasan berfungsi sebagai tempat pengelasan spesimen, mengatur kecepatan pengelasan, dan jarak elektroda ke spesimen. Proses pengelasan dilakukan secara manual oleh operator bersertifikat dengan parameter yang terdapat dalam Tabel 3.1



Gambar 3. 6 Skema posisi elektroda pengelasan

Tabel 3. 1 Parameter pengelasan

Parameter	GMAW ₁	GMAW ₂
Jarak antar elektroda (d)	18, 27, 36 mm	
Jarak elektroda dengan spesimen (h)	10 mm	10 mm
<i>Filler diameter</i>	0,8 mm	0,8 mm
Sudut pengelasan (Θ)	60°	60°
Tegangan las rata-rata (V)	19 V	19 V
Arus las rata-rata (I)	125 A	120 A
Kecepatan pengelasan (S)	16 mm/s	16 mm/s
<i>Filler rate</i>	27 mm/s	27 mm/s
<i>Argon flow</i>	15 liter/menit	15 liter/menit

Proses pengelasan T-GMAW tack weld pada penelitian ini dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen yang akan dilas.
2. Meletakkan spesimen yang akan dilas pada meja kerja pengelasan.
3. Menyalakan kedua mesin las *Tenjima* MIG 200S dan alat pengelas semi otomatis seperti pada Gambar 3.6.
4. Membuat tack weld pada spesimen yang akan dilas.

5. Mengatur letak spesimen agar benar-benar rapat dan bagian spesimen yang akan dilas lurus dengan jalur las.
6. Menanggem spesimen yang akan dilas dengan menggunakan tanggem di 2 titik yaitu bagian tepi kanan dan bagian tepi kiri di setiap spesimen agar tidak berubah posisi saat pengelasan berlangsung.
7. Mengatur parameter yang telah ditentukan sesuai (Tabel 3.2) di kedua mesin las *Tenjima* MIG 200S dan alat pengelas semi otomatis.
8. Operator menggunakan alat keselamatan (*safety device*) yaitu sarung tangan las dan topeng las.
9. Setelah semua selesai diatur dengan benar, operator menjalankan alat pengelas semi otomatis dan menyalakan mesin las pada saat yang ditentukan.
10. Setelah pengelasan selesai, spesimen didiamkan sejenak hingga temperaturnya turun dan tidak panas.
11. Melepas tanggem pada spesimen secara pelan-pelan.
12. Lakukan kembali semua langkah diatas dengan variasi jarak antar elektroda yang berbeda.
13. Pengelasan selesai.

3.5. Pengukuran dan Pengujian

3.5.1. Pengukuran Distorsi

Pengukuran distorsi menggunakan dial indikator yang berfungsi untuk mengetahui deformasi dari hasil sambungan las T-GMAW tack weld. Pengukuran distorsi menggunakan *dial indikator* dengan mengukur perbedaan ketinggian pada tiap-tiap titik permukaan spesimen las. Permukaan spesimen dijadikan sebagai sumbu x-y dan untuk sumbu z ditunjukkan pada *dial indikator*. Hasil pengukuran sumbu x-y-z kemudian dikonversi menjadi grafik *3D surface plot*. Pengukuran ini menggunakan alat bantu mesin *milling* dengan meletakkan spesimen pada meja *milling* dan *magnetic base dial indikator* ditempelkan sesuai kebutuhan.

- Menggunakan Dial Indikator

Dial Indikator atau juga dikenal dengan *Dial Gauge* merupakan alat ukur untuk mengukur pergerakan suatu komponen dan kerataan permukaan dengan ketelitian 0,01 mm (Gambar 3.7). Dial indikator hanya dapat mengukur dengan range yang kecil dengan skala maksimal sebesar 15 mm. Dial indikator dilengkapi dengan magnetic base yang berfungsi untuk menopang dengan menggunakan magnet. Magnetic base, sebagai pemegang *dial gauge* dan diperlukan supaya dial indikator dapat menempel pada alas logam dengan kuat, tidak berubah posisi, dan dalam berbagai posisi yang diinginkan.



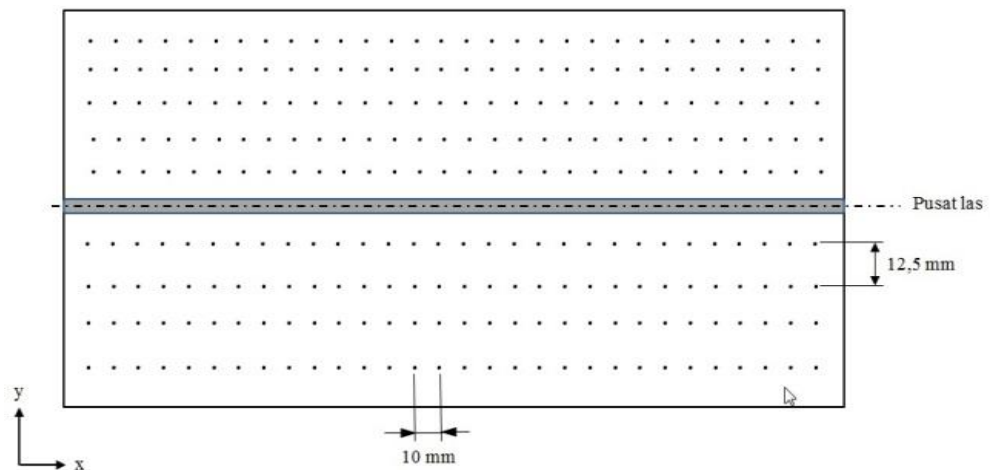
Gambar 3. 7 Dial indikator

- Cara membaca skala dan hasil dial indikator:

Dial indikator metrik (mm) menggunakan jarum panjang pada *indicator pointer* yang menunjukkan skala 0,01 mm tiap garis, sedangkan untuk jarum pendek menunjukkan skala 1 mm tiap garis. Pengukuran dengan menggunakan dial indikator diperoleh dengan cara menambahkan nilai yang ditunjukkan jarum pendek (skala 1 mm) dengan nilai yang ditunjukkan jarum panjang (skala 0,01 mm).

- Pemberian tanda

Pemberian tanda bertujuan supaya hasil titik distorsi didapat lebih presisi dan dilakukan pada seluruh permukaan spesimen las. Spesimen ditandai menggunakan *tipe-x* dan penggaris dengan panjang jarak antar titik sebesar 10 mm dan lebar antar titik sebesar 12,5 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8. Sisi panjang kemudian diposisikan sebagai sumbu x dan untuk sisi lebarnya sebagai sumbu y. Pemberian tanda hanya dilakukan pada satu sisi permukaan las saja dengan asumsi sisi lain memiliki nilai lebih kurang sama.



Gambar 3. 8 Pemberian tanda pada hasil las

- Proses Pengukuran

Proses pengukuran dengan dial indikator dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Memasang spesimen pada alas mesin *milling*.
2. Jepitkan spesimen ke alas agar posisinya tidak berubah-ubah.
3. Menempatkan komponen dial indikator sesuai kebutuhan.

4. Menaruhkan *magnetic base* pada mesin milling dengan posisi seperti Gambar 3.9.

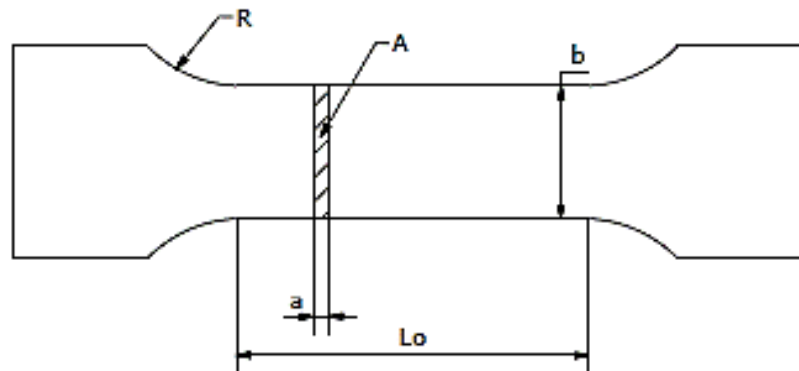


Gambar 3. 9 Posisi pengukuran distorsi di atas mesin *milling*.

5. Menempelkan *contact point* pada benda kerja yang akan diukur.
6. Mengendorkan *screw* pengikat pada skala dan posisikan angka nol sejajar dengan jarum penunjuk setelah itu kencangkan lagi *screw* pengikat.
7. Menggerakkan alas mesin *milling* agar *contact point* mengenai titik pada spesimen.
8. Mencatat nilai hasil pengukuran yang tertera pada skala.
9. Ulangilah langkah 7-8 untuk tiap titik pada permukaan spesimen.
10. Mengulangi untuk pengujian spesimen berikutnya, sama dengan langkah-langkah diatas.
11. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk membuat grafik *3D surface plot*.

3.5.2. Uji Tarik

Pengujian tarik pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*) dari spesimen T-GMAW tack weld yang diuji Gambar 3.13. Spesimen yang diuji terdapat tiga variabel dengan jarak antar elektroda 18 mm, 27 mm dan 36 mm. Setiap spesimen yang diuji tarik dibuat sebanyak 2 buah berdasarkan standar ASTM E8 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10. Spesimen uji tarik yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.11



Gambar 3. 10 Spesimen uji tarik berdasarkan ASTM E8

Dengan ukuran sebagai berikut:

R	= <i>Radius fillet</i>	= 25 mm
A	= <i>Cross sectional area</i>	= $axb = 75 \text{ mm}^2$
b	= <i>Width</i>	= 25 mm
a	= <i>Thickness</i>	= 3 mm
Lo	= <i>Parallel test length</i>	= 66,3 mm



Gambar 3. 11 Spesimen uji tarik

Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Servopulser* di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 3.12). Untuk beban yang digunakan sebesar 4 ton. Spesifikasi dan pengaturan mesin uji tarik ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Spesifikasi mesin uji tarik

Spesifikasi	Keterangan
Merek	Mesin uji tarik <i>Servopulser</i>
Pengaturan beban uji	4 ton



Gambar 3. 12 Mesin Uji Tarik *Servopulser*

Langkah-langkah pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen uji tarik yang telah dibuat dan memberi tanda pada spesimen.
2. Menyalakan mesin uji tarik *Servopulser* dan memastikan mesin berjalan dengan normal.
3. Memasang spesimen uji tarik pada bagian pencekam mesin *Servopulser*.
4. Mengatur mesin dan besar pembebanan sebagai pembebanan uji tarik.
5. Memasang kertas milimeter blok ke bagian pengeplot grafik.
6. Menjalankan mesin uji tarik *Servopulser*.
7. Mencatat hasil pengujian yang ditunjukkan pada indikator saat spesimen luluh dan saat spesimen patah.
8. Mengulangi untuk pengujian spesimen berikutnya, sama dengan langkah-langkah diatas.
9. Menghitung data hasil pengujian kekuatan tarik tiap spesimen yang diperoleh.

3.5.3. Uji *Bending*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan *bending* dari spesimen las T-GMAW tack weld yang diuji. Metode pengujian menggunakan *three point bending*. Metode tersebut merupakan pengujian bending dengan 2 buah

tumpuan dan 1 buah indentor yang berada persis di tengah-tengah kedua tumpuan. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Tokyo Testing Machine MFG* di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada (Gambar 3.14). Spesifikasi dan pengaturan mesin uji tarik dirangkum pada Tabel 3.3.

Variabel spesimen yang diuji *bending* yaitu jarak antar elektroda 18 mm, 27 mm dan 36 mm. Pengujian setiap variabel spesimen sebanyak 4 buah yang terdiri atas 2 spesimen untuk uji *root bending* dan 2 spesimen untuk uji *face bending*. Spesimen untuk uji *bending* dibuat dengan berdasarkan standar ASTM E190 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.13, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Panjang = 100 mm
 Lebar = 12.5 mm
 Tebal = 3 mm



Gambar 3. 13 Spesimen uji *bending*

Tabel 3. 3 Spesifikasi mesin uji *bending*

Spesifikasi	Keterangan
Merek	<i>Tokyo Testing Machine MFG</i>
Metode pengujian	<i>Three point bending</i>
Radius <i>roller</i>	25 mm
Radius <i>loading nose</i>	5 mm
Jarak tumpuan	59 mm



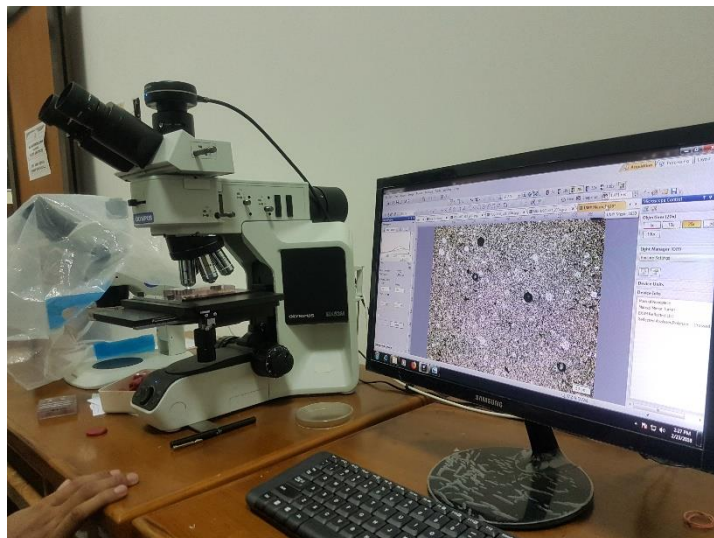
Gambar 3. 14 *Tokyo Testing Machine MFG*

Langkah-langkah pengujian *bending* dilakukan sesuai dengan langkah berikut:

1. Menyiapkan spesimen yang sudah dibuat dan memberi tanda pada spesimen.
2. Menghidupkan mesin uji bending *Tokyo Testing Machine MFG*.
3. Mengatur posisi *indenter* dan jarak *roller* tumpuan.
4. Memasang spesimen uji tepat di tengah kedua tumpuan di atas *roller* dan memastikan indenter mengenai garis tengah spesimen uji.
5. Mengatur mesin dan besar pembebanan sebagai pembebanan uji bending.
6. Memasang *dial indicator* untuk menghitung besarnya defleksi (1 putaran = 1 mm) pada spesimen dan melakukan kalibrasi ulang pada posisi 0 mm.
7. Menjalankan mesin uji bending *Tokyo Testing Machine MFG*.
8. Mencatat nilai yang ditunjukkan pada indikator.
9. Mengulangi untuk pengujian spesimen berikutnya, sama dengan langkah-langkah di atas.
10. Setelah mendapatkan data hasil pengujian yang diperoleh kemudian menghitung kekuatan bending tiap spesimen.

3.5.4. Pengamatan Struktur Mikro

Struktur mikro bertujuan untuk menganalisa sifat material sambungan, perubahan bentuk struktur mikro, dan perubahan fasa spesimen uji yang dipengaruhi oleh masukan panas pengelasan. Pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan menggunakan mikroskop optik dengan merek *Olympus BX53M* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15. Pengamatan dilakukan dengan perbesaran 100x kemudian mengambil gambar pada bagian *Weld metal* (WM), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base metal* (BM).



Gambar 3. 15 Mikroskop optik pengujian struktur mikro.

Sebelum melakukan pengamatan mikrostruktur, spesimen terlebih dahulu di resin supaya memudahkan untuk diamati. Proses pembuatan yang dilakukan pada spesimen uji yaitu:

1. Memotong spesimen sesuai ukuran yang ditentukan.
2. Menyiapkan resin, katalis, dan cetakan resin.
3. Meletakkan spesimen yang telah dipotong sesuai dengan urutan yang diinginkan ke dalam cetakan resin.
4. Mencampurkan resin dan katalis dengan mengaduk hingga tercampur dengan rata.
5. Memasukkan resin ke dalam cetakan sesuai kebutuhanTunggu hingga mengeras.

6. Melepas spesimen bersama resin yang sudah mengeras dari cetakan resin.
7. Mengamplas permukaan spesimen secara bertahap, mulai dari amplas kasar (120) hingga amplas yang paling halus (5000).
8. Memoles spesimen dengan menggunakan *autosol* dan kain bludru hingga didapatkan permukaan mengkilat.

Pengamplasan dan pemolesan bertujuan supaya lebih mudah dalam mengamati struktur mikro pada spesimen. Spesimen uji mikrostruktur yang telah selesai diampas dan dipoles ditunjukkan pada Gambar 3.16. Setelah itu mempersiapkan cairan etsa yang akan digunakan untuk pengujian mikrostruktur. Struktur mikro spesimen akan terlihat lebih jelas dengan penggunaan cairan etsa. Etsa merupakan senyawa kimia yang diberikan ke bagian permukaan spesimen uji supaya mengkorosikan daerah batas butir pada permukaan spesimen.



Gambar 3. 16 Spesimen uji struktur mikro

Senyawa kimia cairan etsa berbeda-beda sesuai bahan dasar spesimen yang diuji. Etsa untuk aluminium seri AA 5083 menggunakan cairan reagen Keller yang terdiri dari campuran kimia HF, HCl, HNO₃, dan H₂O. Komposisi kimia reagen Keller terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Komposisi reagen Keller (ASTM E407)

Bahan	NaOH	H ₂ O
Volume (gr)	20	180

Setelah spesimen uji dan cairan etsa dipersiapkan, langkah selanjutnya adalah pengujian struktur mikro. Langkah-langkah pengujian struktur mikro adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen uji yang sudah di poles dan cairan etsa.
2. Menuangkan etsa ke dalam cawan petri.
3. Merendam spesimen bagian yang akan diamati kedalam etsa selama ± 90 detik.
4. Membasuh spesimen menggunakan air mengalir sampai cairan etsa tidak menempel di permukaan spesimen.
5. Mengusapkan tisu ke spesimen secara perlahan sampai kering.
6. Meletakkan spesimen di meja mikroskop dengan rata.
7. Mengamati permukaan spesimen hasil etsa menggunakan mikroskop, jika struktur mikro spesimen belum dapat diamati secara jelas, maka ulangi langkah 3-6 sampai struktur mikro spesimen dapat diamati dengan jelas.
8. Mengambil gambar hasil struktur mikro spesimen pada bagian *Weld metal* (WM), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan *Base metal* (BM).
9. Mengulangi untuk pengujian spesimen berikutnya, sama dengan langkah-langkah diatas.

3.5.5. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari aluminium 5083 H116 setelah proses T-GMAW tack weld. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan *Buehler* dengan jenis indenter *Vickers* (Gambar 3.17) di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Spesifikasi mesin uji kekerasan ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Spesifikasi mesin uji kekerasan

Spesifikasi	Keterangan
Merek alat	<i>Buehler</i>
Jenis Indentor	<i>Vickers</i>
Beban Uji	100 gram
Waktu Pembebanan	10 detik

Gambar 3. 17 Mesin uji kekerasan *Buehler*

Untuk pengujian kekerasan, spesimen yang digunakan dapat memakai spesimen dari struktur mikro dengan dipoles kembali (Gambar 3.18). Hal tersebut bertujuan



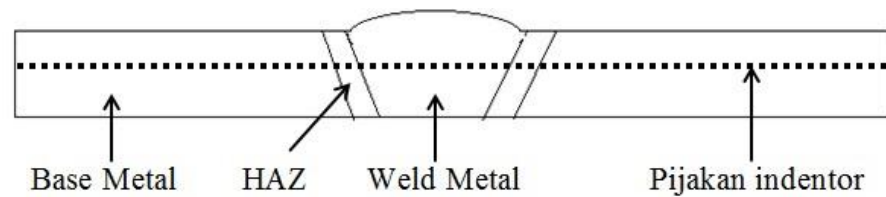
Gambar 3. 18 Spesimen uji kekerasan

untuk memudahkan pengamatan diameter pijakan indentor dan memudahkan indentor saat menekan spesimen.

Langkah-langkah pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

1. Menyalakan mesin uji kekerasan *Buehler hardness tester* dengan kabel terpasang pada stop kontak.

2. Mengubah setelan pembebanan pijakan menjadi 100 gram dan lama waktu pijakan 10 detik.
3. Memasang spesimen uji kekerasan pada meja pengujian dengan malam supaya tidak berpindah posisi.
4. Mengatur letak pijakan indenter persis ditengah spesimen. Titik pijakan indenter ditunjukkan pada Gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Skema pijakan indenter

Memastikan setelan mesin pada pilihan penetrasi indenter.

5. Menjalankan mesin *Buehler hardness tester* dengan menekan tombol start.
6. Mengubah setelan mesin pada pilihan mikroskop pengamatan.
7. Mencatat diameter hasil pijakan.
8. Ulangi langkah-langkah dari 5 hingga 8. Langkah ini dilakukan sampai didapat 40 titik pijakan indenter dari kanan ke kiri spesimen uji.