

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi Masalah

Penelitian penyambungan aluminium seri AA 5052 dengan metode sambungan las MIG double layer masih jarang dilakukan. Sampai saat ini belum diketahui kecepatan pengelasan yang sesuai untuk mengetahui hasil sambungan las yang optimal. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian dengan variasi kecepatan pengelasan, sehingga dapat menghasilkan sambungan las yang optimal.

3.2 Perencanaan Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ada beberapa tempat, yaitu :

- a. Laboratorium Bahan S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- b. Laboratorium D3 Vokasi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- c. Laboratorium pengukuran mikroskop mikro dan makro Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.2.2 Variabel Penelitian

- a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang digunakan saat melakukan pengelasan. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah kecepatan pengelasan 6 mm/s, 7 mm/s, 8 mm/s.

b. Variabel Terkait

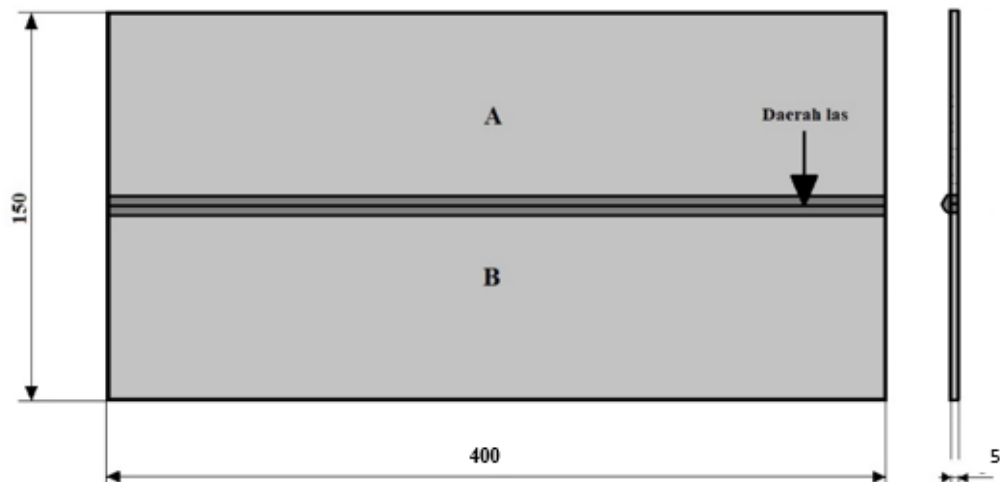
Variabel terkait adalah variabel yang nilainya dipengaruhi dari variabel bebas. Penelitian ini antara lain : nilai distorsi, kekuatan tarik, nilai impak, nilai kekerasan, dan hasil struktur mikro dan makro.

c. Variabel Kontrol

Variabel control adalah variabel yang nilainya dapat dikendalikan atau dibuat konstan. Pada penelitian ini menggunakan variabel control dengan nilai arus 130 A dan tegangan 22 V.

3.3 Bahan Penelitian

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah plat aluminium yang memiliki seri AA 5052 dengan paduan unsur campuran utamanya adalah magnesium. Plat aluminium yang digunakan memiliki ukuran panjang 400 mm, lebar 150 mm, dan tebal 5 mm. Dimensi ukuran plat yang digunakan dalam proses pengelasan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Dimensi Material Las

3.4 Alat Penelitian

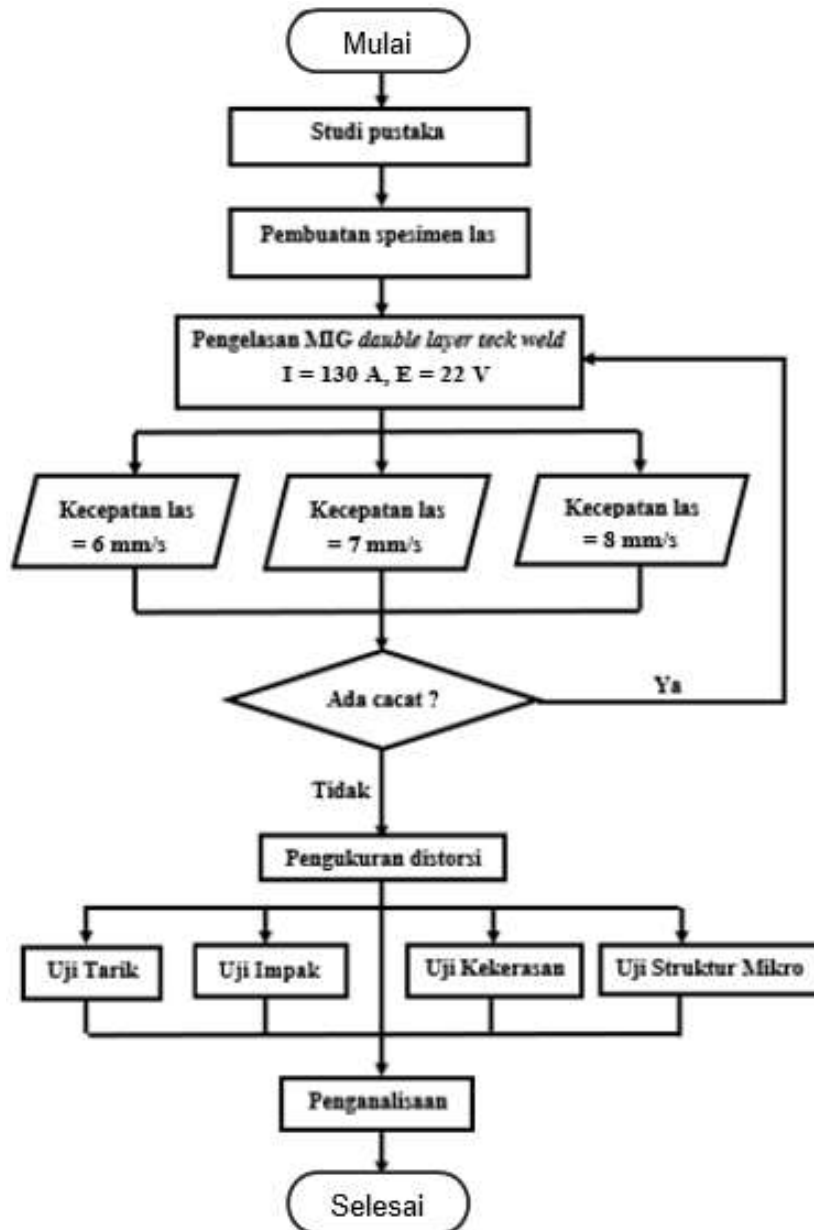
Pada proses penelitian pengelasan ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan dan dipersiapkan seperti alat-alat kerja sehingga proses penelitian dapat berjalan dengan lancar sesuai yang diharapkan. Peralatan yang digunakan dalam proses pengelasan dan proses pengujian dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3 1. Daftar alat yang digunakan pada proses pengelasan dan pengujian

No.	Nama Alat	Keterangan
1	Mesin las Tenjima MIG-200S	1
2	Elektroda ER5356	<i>Roll continue</i>
3	Alat Pengelas Semi Otomatis - Komputer	-
4	Gas Argon	1 tabung
5	Topeng las	4 buah
6	Apron	1 buah
7	Sarung tangan las	1 pasang
8	Dial indikator	1 buah
9	Jangka sorong	1 buah
10	Kunci L	1 set / 1 paket
11	Kunci Pas	1 set / 1 paket
12	Obeng	1 set / 1 paket
13	Gergaji	2 buah
14	Ragum	1 buah
15	Jangka sorong	1 buah
16	Mistar	2 buah
17	Kikir	2 buah
18	Aseton	5 botol
19	Resin	1 liter
20	Katalis	1 botol
21	Cairan etsa (HCL, HNO ₃ ,HF,Aquades)	-
22	Gelas ukur	1 buah
23	Cetakan Resin	2 buah
24	Kain bludru	1x1 m
25	Amplas	-
26	Plastisin	4 buah
27	Autosol	2 buah
28	Mesin miling	1 buah
29	Alat Uji Spesimen : - Alat Uji Tarik -Alat Uji Impak -Alat Uji Kekerasan <i>Vickers</i> -Alat Uji Struktur Mikro	-

3.5 Diagram Alir (Flow Chart)

Prosedur alur penelitian dapat dilihat diagram alir pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2. Diagram Alir pada Proses Penelitian

3.6 Prosedur Proses Penelitian

Dalam melakukan penelitian pengelasan, ada prosedur yang harus diperhatikan sebelum memulai proses pengerjaan pengelasan, diantaranya adalah mempersiapkan bahan utama pengelasan, alat-alat las, dan beberapa alat pendukung lainnya.

3.6.1 Persiapan Sebelum Proses Pengelasan

1. Persiapan Material Las

Proses persiapan sebelum proses pengelasan meliputi mempersiapkan material plat aluminium berdimensi 400 mm x 150 mm x 5 mm sebanyak 3 (tiga) plat yang akan dipotong melintang yang menjadi ukuran 400 mm x 150 mm x 5 mm sebanyak 6 (enam) buah plat. Proses pemotongan plat dilakukan dengan mesin *CNC milling* di Unit Pelaksana Teknis (UPT) Logam Yogyakarta. Spesimen yang sudah dipotong lalu diampelas pada bagian yang akan dilas (*bevel*) sebelum proses pengelasan. Setelah spesimen diampelas lalu dibersihkan dengan menggunakan aseton dan dilanjutkan dengan pemasangan kawat termokopel yang bertujuan untuk mengambil data temperatur pengelasan. Tahap selanjutnya plat dipasang pada mesin las semi otomatis dengan 3 pencekam pada satu sisi plat, dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Persiapan pemasangan spesimen

2. Persiapan Alat Pengelasan

Persiapan alat las meliputi persiapan mesin las dan alat pengelasan semi otomatis sebagai penggerak jalannya pengelasan. Proses pengelasan dilakukan di Laboratorium Departemen Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. Mesin las yang digunakan yaitu 1 (satu) buah mesin las seri *Tenjima* MIG-200S dapat dilihat pada gambar 3.4. Alat penggerak las semi otomatis dengan pengaplikasian komputer atau pengoperasian aplikasi CNC yang bertujuan untuk mengatur kecepatan laju las sesuai yang diharapkan, dapat dilihat pada gambar 3.5. Proses penyalaan las dioperasikan secara manual oleh *welder*.



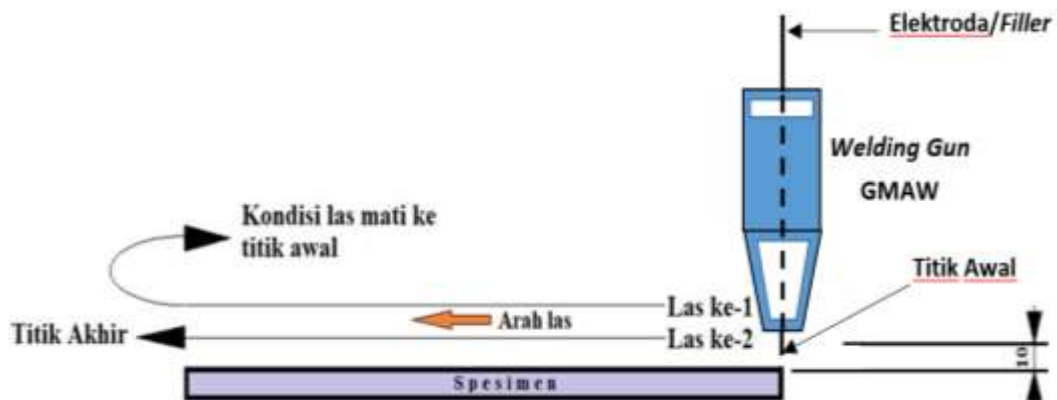
Gambar 3.4. Mesin Las Seri *Tenjima* MIG-200S



Gambar 3.5. Alat Bantu Las Semi Otomatis

3.6.2 Proses Pengelasan MIG 2 Layer Tack Weld dengan 3 Pencekam

Proses pengelasan ini memiliki prinsip yaitu dengan melakukan dua kali pengelasan (*2 layer*) dengan jarak dan pada alur las yang sama, di mana salah satu sisi plat terdapat 3 (tiga) pencekam. Pengelasan ini menggunakan 1 (satu) buah mesin las seri *Tenjima MIG-200S*. Penyetingan sudut, jarak elektroda, dan skema pengelasan ini dapat dilihat pada gambar 3.6. Proses pengelasan dibantu dengan alat yang dapat dilihat pada gambar 3.5, alat tersebut adalah tempat spesimen dicekam pada saat proses pengelasan dan alat tersebut dapat diatur kecepatan gerak pengelasan dengan aplikasi CNC.



Gambar 3.6. Proses Skema Pengelasan 2 Layer Tack Weld

Proses pengelasan ini memiliki parameter dan variasi pengelasan yang ditunjukkan pada tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3.2. Parameter Pengelasan MIG 2 Layer Tack Weld

Parameter	Pengelasan <i>MIG</i>
Variasi kecepatan las (S)	6 mm/s, 7 mm/s, 8 mm/s.
Jarak elektroda dengan spesimen	10 mm
Sudut pengelasan (θ)	90°
Arus las (I)	130 A
Asumsi tegangan las (V)	22 V
<i>Filler</i> diameter	0,8 mm
Aliran gas argon	15 liter/menit
Jeda pengelasan 1 dengan 2	15 detik

Tahapan proses pengelasan MIG 2 *layer tack weld* dengan 3 pencekam diurutkan seperti berikut:

1. mempersiapkan plat lasan dengan ukuran 400 mm x 150 mm dan tebal 5 mm;
2. melakukan pengamplasan terhadap sisi tepi memanjang pada bagian yang akan dilas (bagian *bevel*) supaya permukaannya halus;
3. melakukan pengelasan titik (*tack weld*) pada ujung sisi awal dan akhir plat;
4. melakukan pemasangan kawat temokopel ke salah satu plat dengan las titik;
5. meletakkan plat pada meja kerja;
6. menghidupkan las MIG;
7. mengatur parameter las, kecepatan las antara lain 6 mm/s, 7mm/s, 8 mm/s dan $E = 22 \text{ V}$, $I = 130 \text{ A}$;
8. mencekam plat pada salah satu sisi dengan menggunakan 3 pencekam yang bertujuan agar spesimen tidak bergeser saat proses kerja;
9. mengatur sudut *welding gun* dengan alur lasan dengan sudut 90°;

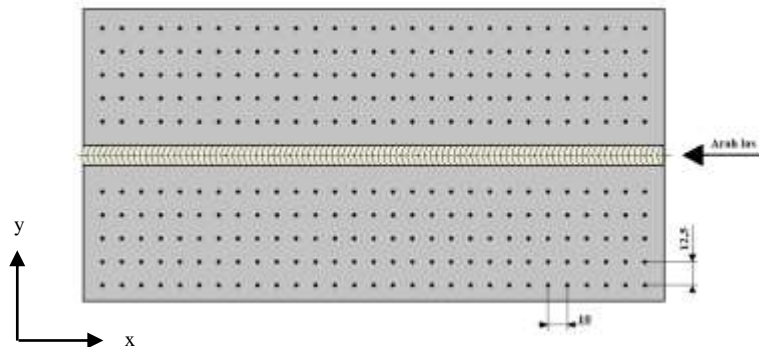
10. mensimulasikan proses gerak pengelasan dengan tahap las sebanyak 2 kali jalan pada posisi awalan dan jarak pengelasan 410 mm dalam kondisi las mati supaya bisa mengatur spesimen benar-benar lurus dengan elektroda sampaisesuai laju las yang diinginkan;
11. melakukan koordinasi pengelasan oleh operator alat semi otomatis dengan *welder*;
12. *welder* menggunakan alat keselamatan (*safety device*) yaitu topeng las, sarung tangan las, dan apron;
13. melakukan pengelasan *double layer* pada plat dengan jeda waktu pengelasan 1 dengan yang ke 2 yaitu 15 detik untuk memulai dari titik awal;
14. setelah pengelasan selesai, spesimen lasan didiamkan sampai temperaturnya turun sampai 50°C;
15. melepas pencekam pada spesimen, lalu spesimen dibersihkan dengan aseton;
16. lakukan kembali semua langkah diatas dengan variasi kecepatan sesuai parameter yang diinginkan;
17. proses pengelasan MIG 2 layer selesai.

3.7 Proses Pengukuran dan Pengujian

Proses pengukuran dan pengujian pada hasil pengelasan MIG 2 *layer tack weld* memiliki berbagai metode antara lain pengukuran distorsi, uji tarik, uji impak, uji kekerasan *vickers*, dan uji struktur mikro.

3.7.1 Pengukuran Distorsi

Proses pengukuran distorsi bertujuan untuk mengetahui nilai deformasi spesimen setelah menerima perlakuan panas saat proses pengelasan MIG 2 *layer*. Proses pengukuran menggunakan alat bantu meja mesin *milling* dengan cara spesimen lasan diletakkan pada meja lalu dicekam dengan kuat supaya tidak bergeser saat pengukuran. Pengukuran distorsi ini menggunakan alat dial indikator dengan mengukur perbedaan ketinggian spesimen pada setiap titik yang sudah ditentukan pada permukaan spesimen. Berikut ukuran titik distorsi yang dihitung (Gambar 3.7) dan proses pengukuran distorsi dapat dilihat pada gambar 3.8.



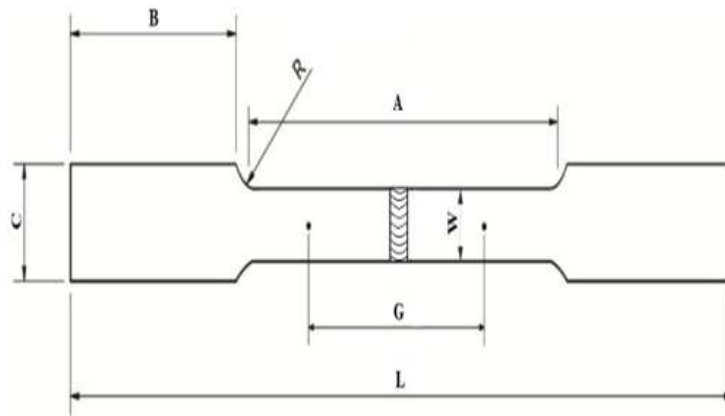
Gambar 3.7. Ukuran Titik Distorsi Yang Dihitung



Gambar 3.8. Proses Pengukuran Distorsi

3.7.2 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh (*yield strenght*) dan nilai kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strenght*) pada spesimen hasil lasan MIG 2 layer. Jumlah spesimen yang diuji tarik pada variabel pengelasan dengan kecepatan 6 mm/s, 7 mm/s, dan 8 mm/s masing-masing 2 (dua) buah. Pengujian ini sesuai standar ASTM E8-09, dapat dilihat pada gambar 3.9.

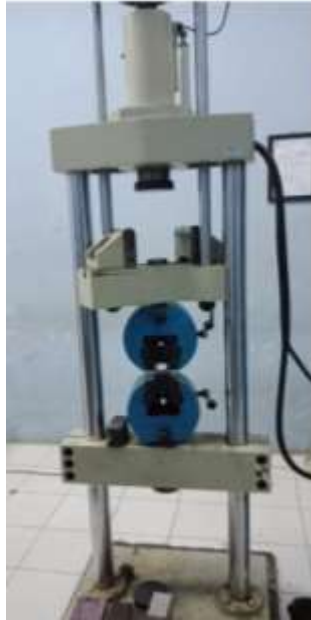


Gambar 3.9. Spesimen Uji Tarik ASTM E8-09

Berikut ketentuan ukuran spesimen uji tarik, yaitu:

<i>Length (L)</i>	= 150 mm
<i>Length of reduced section (A)</i>	= 60 mm
<i>Gage length (G)</i>	= 50 mm
<i>Length of grid section (B)</i>	= 45 mm
<i>Width of grid section (C)</i>	= 20 mm
<i>Width (W)</i>	= 12.5 mm
<i>Thickness (T)</i>	= 5 mm
<i>Radius of fillet (R)</i>	= 25 mm

Proses pengujian tarik menggunakan mesin *Controlab* di Laboratorium D3 Vokasi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.10. Beban pengujian menggunakan beban maksimum sebesar 4 ton.



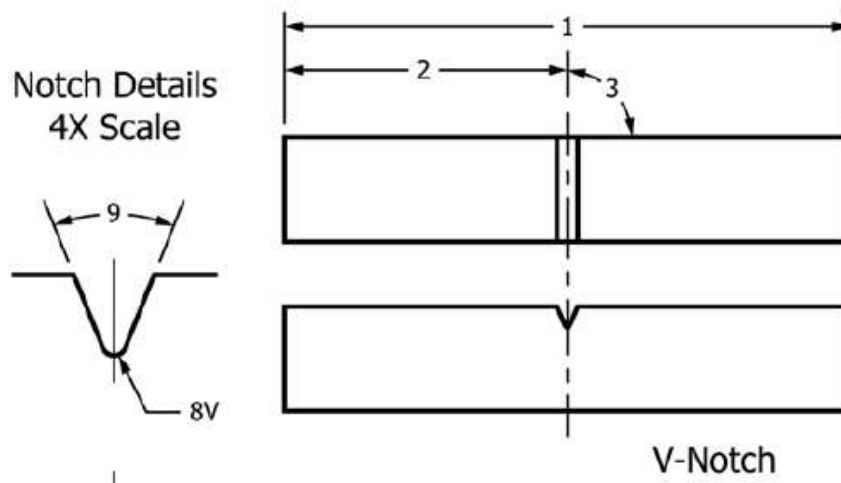
Gambar 3.10. Mesin Uji Tarik

Langkah-langkah pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. mempersiapkan spesimen uji tarik dan memberi tanda pada spesimen;
2. menyalakan mesin uji tarik dan memastikan mesin dalam keadaan normal;
3. memasang spesimen pada pencekam mesin;
4. mengatur settingan mesin serta mengatur ukuran beban sebagai pembebanan pada proses pengujian tarik;
5. memasang kertas millimeter blok ke bagian pengeplot grafik;
6. menjalankan mesin uji tarik;
7. mencatat hasil pengujian yang ditunjukkan oleh indikator pada saat spesimen luluh dan spesimen patah;
8. mengulangi langkah diatas untuk pengujian spesimen tarik selanjutnya;
9. menghitung serta mengolah hasil data pengujian tarik setiap spesimen yang sudah didapat.

3.7.3 Pengujian Impak

Pengujian impak bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan, kekerasan, dan nilai keuletan material yang diberi beban dengan waktu yang cepat (*rapid loading*) dari spesimen aluminium AA 5052 setelah proses pengelasan MIG 2 layer. Spesimen uji impak menggunakan standar ASTM E23 seperti pada gambar 3.11. Pengujian impak menggunakan mesin uji impak dengan merek *Controlab*, dapat dilihat pada gambar 3.12. Pengujian impak dilakukan di Laboraturium D3 Vokasi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.



Gambar 3.11. Spesimen Uji Impak ASTM E23

Ketentuan ukuran spesimen uji impak

<i>Length</i>	= 55 mm
<i>Notch length to edge</i>	= 90°
<i>Adjacent sides angle</i>	= 50 mm
<i>Width</i>	= 10 mm
<i>Thickness</i>	= 5 mm
<i>Ligament length, Type V</i>	= 3 mm
<i>Radius of notch, Type V</i>	= 0,25 mm
<i>Angle of notch</i>	= 45°



Gambar 3.12. Mesin Uji Impak Controlab

Langkah-langkah pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. mempersiapkan spesimen uji impact;
2. mempersiapkan alat uji impact dan mengatur pendulum beban;
3. menempatkan spesimen uji pada dudukan uji impact dan memastikan posisinya sudah tepat;
4. mengoperasikan uji impact dengan menekan tuas pendulum beban agar pendulum jatuh tepat pada spesimen uji;
5. mencatat hasil pengujian impact;
6. mengulangi langkah-langkah diatas untuk pengujian spesimen impact selanjutnya;
7. mengolah hasil data pengujian impact setiap spesimen yang sudah didapat.

3.7.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari spesimen aluminium 5052 setelah proses pengelasan MIG 2 layer. Pengujian kekerasan menggunakan mesin kekerasan merek *Beuhler Hardness Tester*, dapat dilihat pada gambar 3.13. Pengujian kekerasan ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Mesin uji kekerasan *Buehler* memiliki spesifikasi mesin yang ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Spesifikasi Mesin Uji Kekerasan Buehler

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Indentor	<i>Vickers</i>
Jarak Titik Uji	0,5 mm
Beban Uji	100 gram
Waktu Pembebanan	10 detik



Gambar 3.13. Mesin Uji Kekerasan Buehler

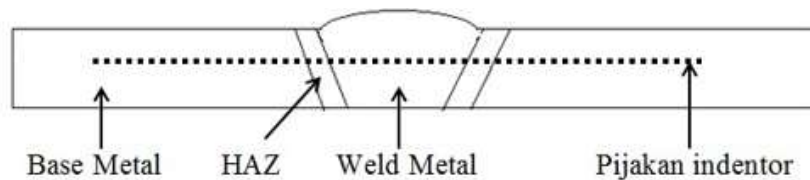
Spesimen yang diuji kekerasan menggunakan spesimen dari struktur mikro yang sudah dipoles, dapat dilihat pada gambar 3.14. Pemolesan bertujuan untuk memudahkan pada proses pengamatan diameter pijakan indentor *vickers* dan memudahkan indentor *vickers* saat menekan spesimen.



Gambar 3.14. Spesimen Uji Kekerasan

Tahap pengujian kekerasan, sebagai berikut:

1. menyalakan mesin uji kekerasan *Beuhler Hardness Tester*;
2. mengatur pembebanan pijakan 100 gram dan lama waktu pijakan setiap pengujian 10 detik;
3. memasang spesimen uji kekerasan pada meja pengujian;
4. mengatur posisi pijakan indenter pada tengah spesimen dapat dilihat pada gambar 3.15.

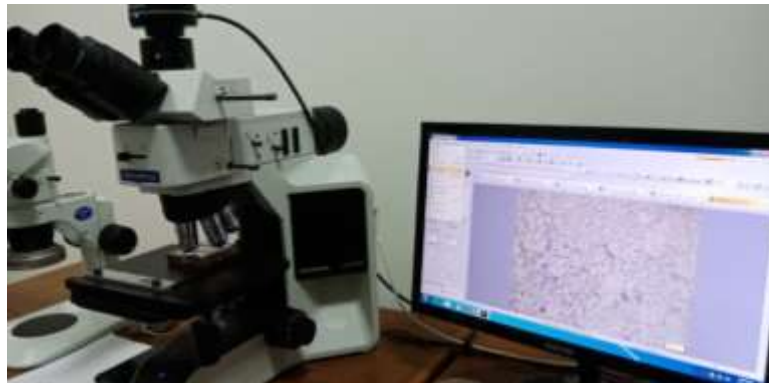


Gambar 3.15. Skema Pijakan Indenter Pengujian

5. menjalankan mesin uji kekerasan *Beuhler Hardness Tester*;
6. mencatat ukuran diameter d_1 dan d_2 hasil pijakan indenter;
7. mengulangi tahap-tahap diatas, proses ini dilakukan sampai mendapatkan 40 titik hasil pijakan indenter mulai dari kiri kekanan spesimen pengujian.

3.7.5 Pengujian Struktur Mikro

Proses pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui sifat material sambungan, perubahan fasa spesimen uji yang dipengaruhi oleh proses pengelasan, dan perubahan bentuk struktur mikronya. Pengujian struktur mikro menggunakan alat mikroskop optik merek *Olympus BX53M* yang ditunjukkan pada gambar 3.16. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Proses pengamatan ini untuk mengetahui serta mengambil bagian-bagian pada spesimen, seperti daerah *Weld Metal (WM)*, *Base Metal (BM)*, serta daerah *Heat Affected Zone (HAZ)*.



Gambar 3.16. Pengujian Struktur Mikro

Ada beberapa tahapan untuk melakukan pengujian struktur mikro diantaranya adalah mempersiapkan spesimen uji, berikut langkah-langkah mempersiapkan spesimen uji:

1. memotong spesimen struktur mikro sesuai ukuran yang sudah ditentukan;
2. membuat cetakan resin sesuai ukuran yang sudah ditentukan;
3. menyiapkan cairan resin dan katalis dengan mengaduknya dan memastikan cairan tersebut sudah tercampur rata;
4. meletakkan spesimen yang telah dipotong sesuai dengan urutan pada cetakan resin, setelah itu campuran resin dituangkan pada cetakan tersebut sesuai kebutuhan dan ditunggu sampai keras;

5. melepas spesimen bersama resin yang sudah menyatu pada cetakan resin;
6. mengamplas permukaan spesimen struktur mikro secara bertahap, mulai dari amplas kasar (120) sampai amplas yang paling halus (5000);
7. memoles spesimen dengan menggunakan *autosol* dan pasta gigi merek *sensodyne* pada kain bludru hingga didapatkan permukaan spesimen yang mengkilat.

Proses pengamplasan serta pemolesan bertujuan supaya spesimen struktur mikro lebih mudah diamati struktur mikronya. Spesimen struktur yang siap diuji ditunjukkan pada gambar 3.17.



Gambar 3.17. Spesimen Struktur Mikro

Proses pengujian struktur mikro juga menggunakan cairan etsa yang bertujuan mengkorosikan daerah batas butir pada permukaan spesimen uji. Senyawa kimia padacairan etsa berbeda-beda tergantung pada bahan dasar spesimen yang akan diuji. Cairan etsa untuk aluminium seri AA 5052 menggunakan cairan reagen *Keller* yang terdiri dari campuran senyawa kimia HF, HCl, HNO₃, dan H₂O. Komposisi kimia reagen *Keller* dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3 4. Komposisi Reagen Keller *ASTM E407*

Bahan	Volume
NaOH	20gram
H ₂ O	180 gram

Spesimen uji yang sudah siap lalu masuk ke tahap uji struktur mikro selanjutnya. Berikut langkah-langkah pengujian struktur mikro:

1. memastikan polesan pada spesimen uji sudah halus dan bersih dari kotoran;
2. menuangkan cairan etsa pada bagian spesimen yang akan diamati selama ± 90 detik;
3. membersihkan spesimen yang tadinya diberi cairan etsa dengan menggunakan air mengalir;
4. mengeringkan spesimen uji dengan tisu secara perlahan sampai benar-benar kering;
5. meletakkan spesimen uji pada meja mikroskop;
6. mengamati permukaan spesimen hasil cairan etsa menggunakan mikroskop;
7. mengambil gambar hasil struktur mikro yang terbaik pada daerah *Weld Metal* (WM), *Base Metal* (BM), dan *Heat Affected Zone* (HAZ);
8. mengulangi langkah-langkah diatas untuk pengamatan daerah spesimen selanjutnya.