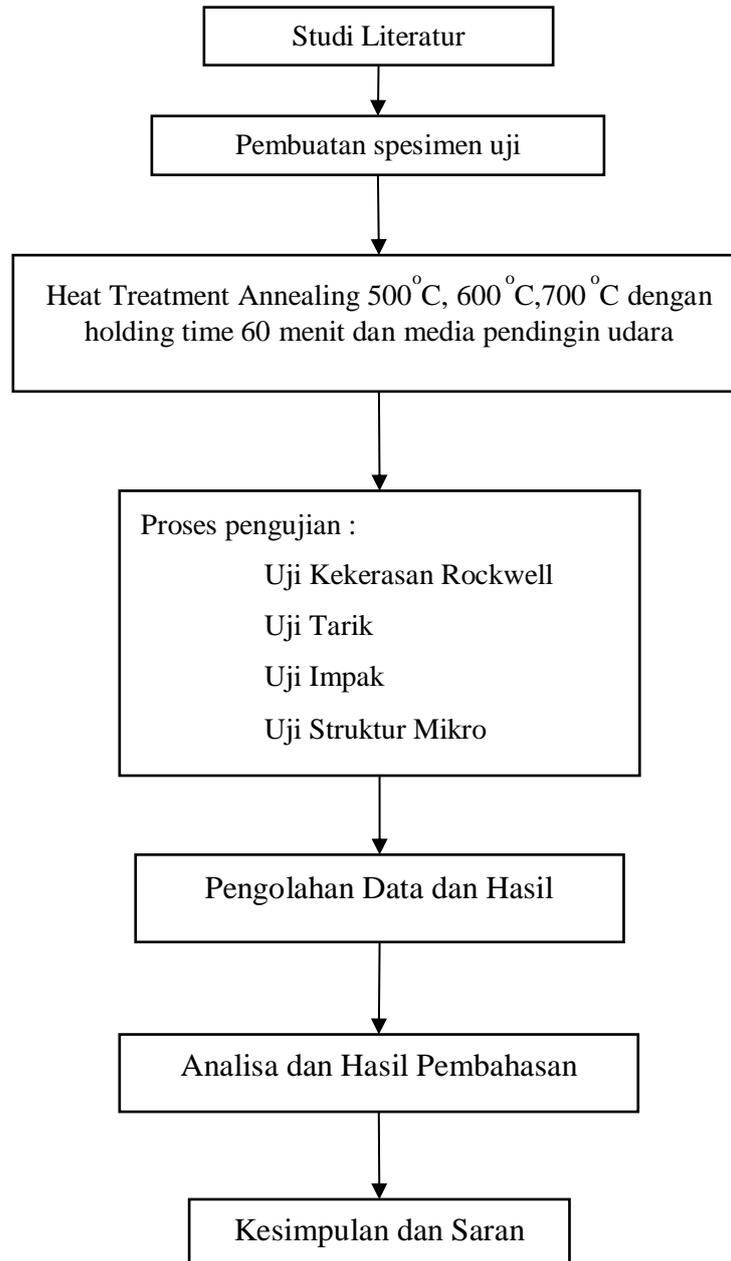


BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Gambar 3.1 diagram alir pengaruh proses *heat treatment annealing* terhadap sifat mekanis sambungan las *Tungsten Inert Gas* Baja AISI 4140.



Gambar 3.1. Diagram Alir

Sumber: Dokumen Pribadi

3.2. Study Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang berhubungan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Tujuannya adalah untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan penelitian, dimana kegiatan yang dilakukan adalah mencari referensi dari jurnal dan hasil penelitian yang ada tentang pembuatan alat perancangan

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian yang meliputi proses pengelasan dan pembuatan spesimen serta pengujian sifat mekanik dan struktur mikro dilakukan di tempat dan waktu berikut:

1. Pengelasan Tungsten Inert Gas
Pengelasan Tungsten Inert Gas dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang pada tanggal 25 Mei 2022.
2. Pembentukan Spesimen
Pembentukan Spesimen dilakukan di Laboratorium Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 27 Juni 2022.
3. Pengujian Kekerasan
Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 5 Juli 2022.
4. Pengujian Tarik
Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 5 Juli 2022.
5. Pengujian Impak
Pengujian Impak dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 5 Juli 2022.
6. Pengujian Struktur Mikro
Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Uji Logam, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Malang pada tanggal 6 Juli 2022.

3.4. Penjelasan Diagram Alir

Penelitian ini diawali dengan melakukan telaah literature (*study literature*) melalui database yang tersedia seperti Google Scholar, Science Direct, maupun bersumber dari *grey literature* yang didapatkan dari skripsi sebelumnya. Selanjutnya didapatkan judul skripsi yaitu “Pengaruh Proses *Heat Treatment* Annealing terhadap Sifat Mekanis pada Sambungan *Las Tungsten Inert Gas* pada Baja AISI 1040.” Selanjutnya, peneliti melakukan pembuatan

spesimen uji yaitu dengan menggunakan Baja AISI 4140 dengan melakukan pengelasan *Tungsten Inert Gas* di Lab. Mesin Politeknik Malang, Lalu dibentuk Spesimen uji di Lab. Manufaktur Institut teknologi Nasional Malang. Selanjutnya, penelitian dilanjutkan dengan melakukan *heat treatment annealing* terhadap Baja AISI 4140. Proses *Heat Treatment* merupakan proses perlakuan panas. Proses ini dilakukan di Lab. Mesin Institut Teknologi Nasional Malang.

Adapun uji yang dilakukan pada penelitian ini yaitu meliputi pengujian kekerasan, pengamatan struktur tarik, pengamatan struktur dampak, dan pengamatan struktur mikro. Pengujian kekerasan dilakukan di Lab. Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Pengamatan Struktur Tarik dilakukan di Lab. Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Pengamatan Struktur Dampak dilakukan di Lab. Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Pengamatan Struktur Mikro dilakukan di Lab. Mesin Universitas Malang.

3.5. Bahan dan Alat Penelitian

3.5.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Baja AISI 4140. Baja AISI 1040 merupakan baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,25 – 0,6%. Baja AISI 4140 merupakan baja paduan menengah dengan komposisi kimia C (0.38 - 0.43%), Mn (0.75 - 1.00%), Si (0.20 - 0.35%), Cr (0.80 - 1.10%), Mo (0.15 - 0.25%), P ($\leq 0.035\%$) dan S ($\leq 0.04\%$). Baja ini tergolong kedalam kelompok baja paduan rendah yang diberi perlakuan panas (*low alloy heat treatable*). Baja AISI 4140 memiliki kombinasi sifat yang cukup baik yaitu kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan aus yang baik. Tipe baja ini juga dikategorikan sebagai baja QT (*quenched-tempered*) dimana struktur mikro yang dominan terbentuk setelah perlakuan panas QT adalah martensit temper. Baja ini umumnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan poros maupun gear. Paduan Cr dan Mo pada bahan, menyebabkan bahan mempunyai sifat tahan karat.

3.5.2. Alat Penelitian

Terdapat berbagai macam peralatan yang digunakan mulai dari proses pengelasan, pembuatan dan pengujian spesimen. Peralatan yang digunakan antara lain sebagai berikut :

1. Peralatan Pembuatan Spesimen

Adapun peralatan yang digunakan dalam pembuatan spesimen ini sebagai berikut:

- a. Mesin Las Tungsten Inert Gas dengan peralatannya
- b. Topeng Las (Face Shield)

- c. Mesin Frais
 - d. Mesin Gerinda Tangan
 - e. Sarung Tangan
 - f. Kertas gosok.
 - g. Mistar
 - h. Gergaji.
 - i. Jangka sorong.
 - j. Gerinda.
 - k. Stopwatch.
 - l. Masker
 - m. Ragum
 - n. Sikat Baja
 - o. Palu
 - p. Smith tang
 - q. Busur Derajat
2. Peralatan Pengujian Spesimen

Adapun peralatan yang digunakan dalam Pengujian Spesimen ini sebagai berikut

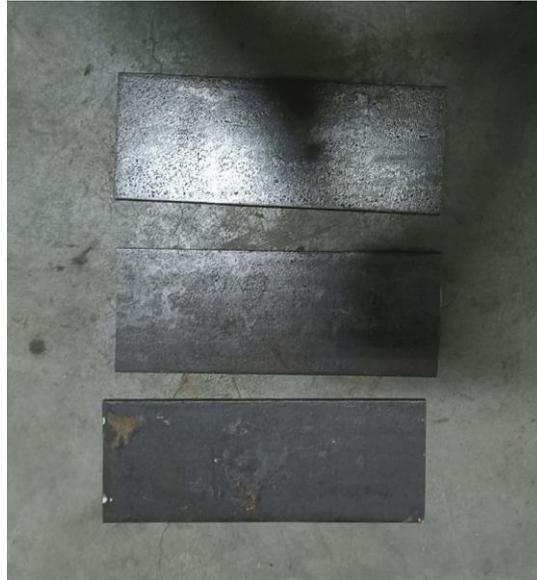
- a. Dapur Listrik
- b. Alat Uji Kekerasan
- c. Alat Uji Tarik
- d. Alat Uji Impak
- e. Alat Uji Struktur Mikro

3.6. Bahan Uji

Bahan atau material yang digunakan untuk pembuatan Spesimen uji pelat baja karbon rendah.

Baja AISI 4140

Nama Bahan	: Baja AISI 4140
Ukuran awal (P × L × T)	: 250 × 90 × 6 mm
Komposisi unsur kimia	: C 0,41%, SI 0,25%, MN 0,67%, P 0,16%, S 0,2%, CU 0,25%, CR 1,03%, M 0,25%



Gambar 3.2. Pelat Baja AISI 4140

Sumber: Dokumen Pribadi

Filler Stainless

Kawat Las TIG Stainless Argon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kode standart	:	TG-S308L
Arus Tegangan	:	95 Ampere
Diameter	:	2,4 mm
Komposisi unsur kimia	:	C 0,03%, Si 0,25-0,60, Mn 1-2,5%, Cr 20,2, Ni 9,9



Gambar 3.3. Filler rod TG-S308L

Sumber: Dokumen Pribadi

3.7. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dapat diartikan sebagai sebuah konsep dalam suatu penelitian. Konsep ini kemudian menjadi hal yang harus diamati atau diteliti oleh seorang peneliti. Beberapa variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Tetap
 - a. Pelat Baja AISI 4140
 - e. Metode Las TIG
 - f. Filler rod TIG Stainless – 308L
 - g. Kampuh V Tunggal dengan sudut 60°
 - h. Heat input 100 Ampere

2. Variabel Bebas

Variabel bebas dari penelitian kali ini adalah temperatur (500°C , 600°C dan 700°C)

3. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengujian kekerasan, tarik, dampak, dan struktur mikro pada baja AISI 4140 sebelum dan sesudah mengalami proses annealing.

4. Variabel Kontrol

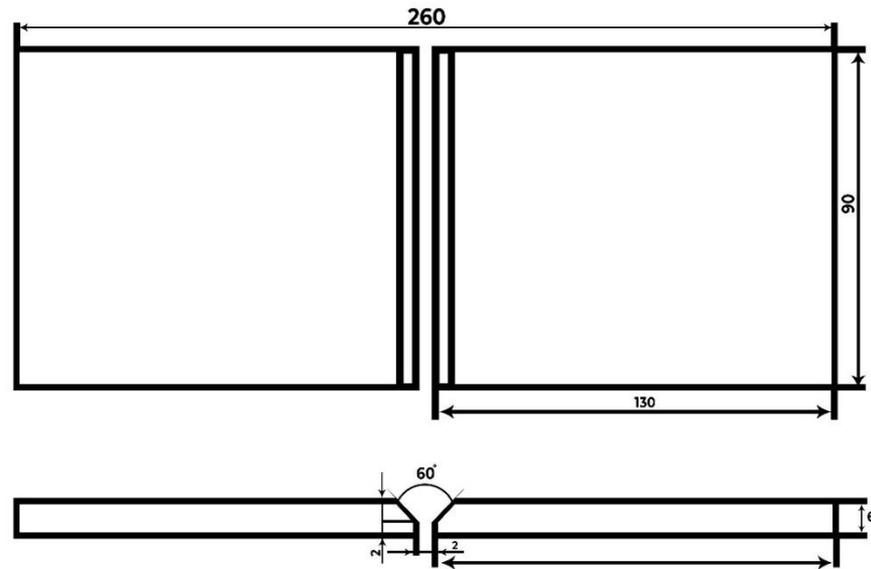
Variabel kontrol adalah faktor lain diluar variabel penelitian yang diteliti, tetapi dapat mempengaruhi hasil penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah operator dan alat pengujian.

3.8. Prosedur Pengelasan dan Pembuatan Spesimen Uji

3.8.1. Prosedur Pengelasan

Proses Pengelasan *Tungsten Inert Gas* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Alat yang digunakan adalah Las *Tungsten Inert Gas*. Adapun langkah-langkah persiapan dalam melakukan las sambungan *Tungsten Inert Gas* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan Baja AISI 4140 yang dilas dengan standar pengujian yang diambil. Baja AISI 4140 yang dilas memiliki ukuran 90×260 mm dengan ketebalan 6 mm yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.4. Dimensi Pelat Baja AISI 4140

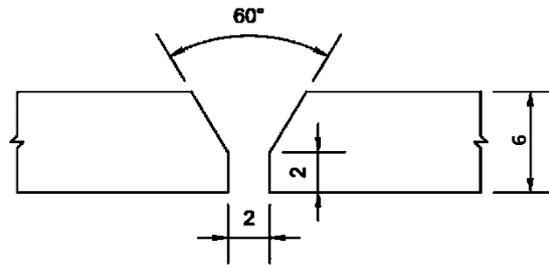
Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 3.5. Ukuran Awal Baja AISI 4140

Sumber: Dokumen Pribadi

2. Membuat kampuh v pada spesimen dengan membentuk sudut $\pm 60^\circ$ dan *faceroor* 2 mm. Pembuatan kampuh v ini menggunakan mesin *milling cnc*. Hasil pembuatan kampuh v pada Baja AISI 4140 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.6. Dimensi Pelat Baja AISI 4140



Gambar 3.7. Hasil Pembuatan Kampuh v pada Baja AISI 4140

Sumber: Dokumen Pribadi

3. Setelah membuat kampuh v pada pelat, melakukan pengelasan *Tungsten Inert Gas*. Pada pengelasan ini, pelat diposisikan tidak menyentuh permukaan meja las dimaksudkan agar tidak terjadi penempelan terhadap permukaan meja saat proses pengelasan. Posisi pelat dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.8. Posisi Pengelasan Pelat

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 3.9. Hasil Pengelasan Pelat

Sumber: Dokumen Pribadi

4. Meratakan pelat dengan menggunakan mesin grinding.

5. Mengeringkan serta membersihkan pelat agar terbebas dari kotoran, lemak, dan sentuhan tangan.

3.8.2. Pengelasan Spesimen

Berdasarkan spesifikasi prosedur pengelasan yang telah direncanakan, proses pengelasan menggunakan metode Las TIG pada pelat Baja AISI 4140 dengan arus listrik 100 Ampere. Pengelasan pada sambungan *single V groove* ini dilakukan sebanyak dua *layer* pengelasan. Mesin las SMAW yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.8 Berikut uraian mengenai tahapan proses pengelasan specimen



Gambar 3.10. Mesin Las TIG

Sumber: Lab.Mesin Politeknik Negeri Malang

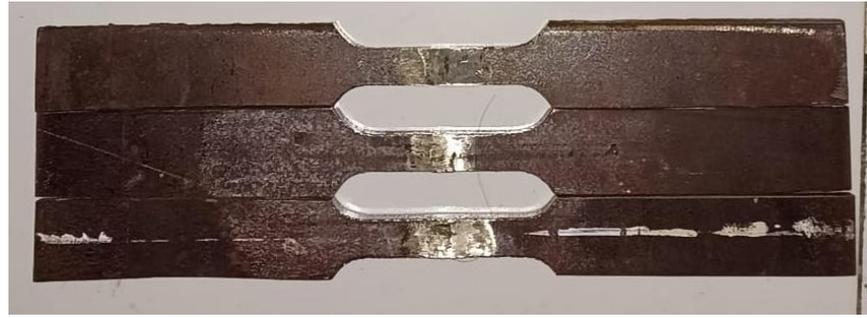
Pengelasan Spesimen dengan Kuat Arus 100 Ampere *cover pass welding* atau pengelasan daerah atas lasan. Pengelasan bagian ini menggunakan metode TIG dengan Filler rod TG-S308L berdiameter 4,2 mm. Kuat arus yang digunakan pada *cover pass layer* sebesar 100 Ampere.

3.8.3. Pembuatan Spesimen Uji

Uji yang dilakukan pada penelitian ini meliputi uji kekerasan, uji tarik, uji impak, dan uji struktur mikro Proses pembuatan spesimen uji mengacu pada standart ASTM E8 Proses pembuatan spesimen uji pada penelitian ini dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

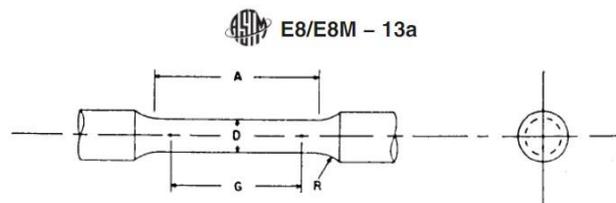
1. Langkah pertama, menyiapkan bahan pelat baja AISI 4140 yang sudah melalui tahap pengelasan TIG.
2. Selanjutnya, melakukan pembuatan uji spesimen sebagai berikut:
 - A. Spesimen Uji Kekerasan

Spesimen uji kekerasan menggunakan standar ASTM E8 seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.9. Sedangkan dimensi spesimen uji kekerasan dapat dilihat pada tabel 3.1.



Gambar 3.11. Spesimen Uji Kekerasan

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 3.12. Dimensi Spesimen Uji Kekerasan

Sumber: <https://www.detech.co.id/>

Tabel 3.1. Dimensi Spesimen Uji Kekerasan

Dimensi	W	G	D	L ₀	R	W ₀	L	T
Mm	17	50	70	200	10	17	60	10

Berikut merupakan proses pembuatan spesimen uji kekerasan:

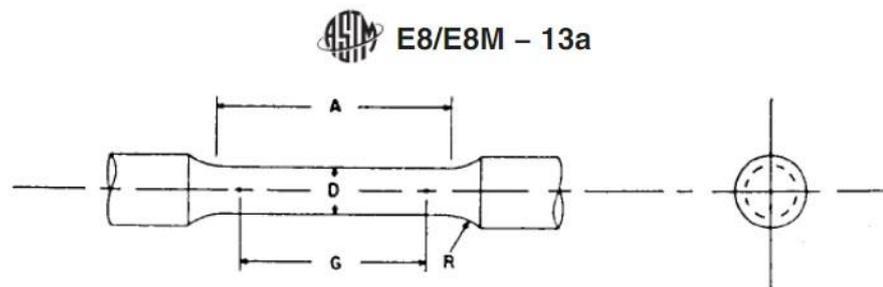
1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan. Alat yang digunakan adalah mesin frais. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Baja AISI 4140.
2. Memastikan spesimen hasil pengelasan telah terbebas dari terak dan kotoran
3. Memotong spesimen yang telah dilakukan pengelasan menggunakan mesin pemotong hidrolik dengan ukuran yang telah ditentukan.
4. Membentuk spesimen sesuai dengan dimensi standar spesimen uji kekerasan.
5. Melakukan finishing berupa pembersihan spesimen uji kekerasan.

B. Spesimen Uji Tarik

Pada penelitian ini, spesimen yang digunakan untuk uji tarik merupakan spesimen yang sama digunakan untuk uji kekerasan. Maka, dimensi spesimen uji tarik dapat dilihat pada gambar 3.13 dan tabel 3.2.

Berikut merupakan proses pembuatan uji tarik:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan. Alat yang digunakan adalah mesin frais. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Baja AISI 4140.
2. Memastikan spesimen hasil pengelasan telah terbebas dari terak dan kotoran
3. Memotong spesimen yang telah dilakukan pengelasan menggunakan mesin pemotong hidrolik dengan ukuran yang telah ditentukan.
4. Membentuk spesimen sesuai dengan dimensi standar spesimen uji tarik.
5. Melakukan finishing berupa pembersihan spesimen uji tarik.



Gambar 3.13. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Sumber: <https://www.detech.co.id/>

Tabel 3.2. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Dimensi	W	G	D	L ₀	R	W ₀	L	T
Mm	17	50	70	200	10	17	60	10

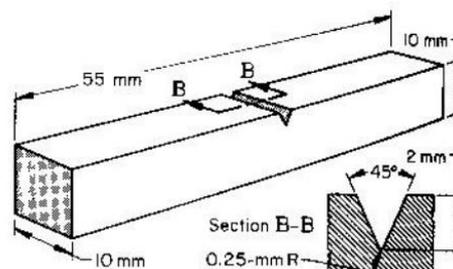


Gambar 3.14. Spesimen Uji Tarik

Sumber: Dokumen Pribadi

C. Spesimen Uji Impak

Uji impact adalah salah satu jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan material yang dipilih. Ukuran spesimen uji impact dapat dilihat pada gambar 3.15. sedangkan dimensi uji impact dapat dilihat pada tabel 3.3. Proses pembuatan spesimen uji impact dilakukan dengan melakukan pengukuran ketebalan pada spesimen yang akan dimakan dengan membentuk kampuh v. Pembuatan kampuh v pada Baja AISI 4140 menggunakan mesin gerinda potong.



Gambar 3.15 Dimensi Spesimen Uji Impact

Sumber: Sarjito (2015)

Tabel 3.3. Dimensi Spesimen Uji Impak

Dimensi	I	B	T	H
Ukuran (mm)	55	3	5	3

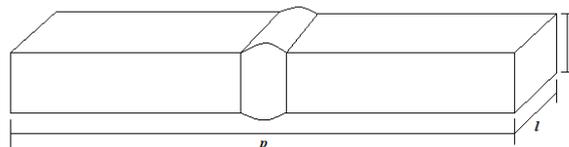
**Gambar 3.16. Spesimen Uji Impak**

Sumber: Dokumen Pribadi

D. Spesimen Uji Struktur Mikro

Spesimen uji struktur mikro menggunakan bentuk dan dimensi seperti yang ditunjukkan pada gambar x dan tabel x. Proses pembuatan uji struktur mikro sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan. Alat yang digunakan adalah pemotong hidrolik.
2. Memastikan spesimen hasil pengelasan terbebas dari terak dan kotoran.
3. Memotong spesimen yang telah melalui proses pengelasan menggunakan mesin pemotong hidrolik dengan ukuran yang telah ditentukan.
4. Melakukan finishing terhadap hasil pembentukan spesimen uji struktur mikro.

**Gambar 3.17. Dimensi Spesimen Uji Struktur Mikro**

Sumber: Sulistiono (2021)

Tabel 3.4. Dimensi Spesimen Uji Struktur Mikro

Dimensi	P	L	T
Mm	250	30	6

**Gambar 3.18. Hasil Spesimen Uji Mikro**

Sumber: Dokumen Pribadi

3.9. Prosedur Pengujian

3.9.1. Proses Heat Treatment

Dalam proses *heat treatment* dilakukan di Lab. Mesin Institut Teknologi Nasional Malang. Persiapannya yaitu dengan melakukan reparasi pemotongan spesimen baja AISI 4140. Adapun langkah – langkah persiapan dalam melakukan proses *heat treatment annealing* adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan benda uji yang sudah di las *tungsten inert gas*.
2. Memasukan spesimen ke dalam dapur listrik. Mengatur program dan menentukan kenaikan suhu pemanasan hingga pada temperature 500°C. Menentukan waktu penahanan pemanasan (*holding time*) selama 60 menit. serta melakukan pendinginan. Serta melakukan pendinginan dalam tungku.

**Gambar 3.19. Dapur Listrik**

Sumber: Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin ITN Malang

3. Mengeluarkan spesimen dengan menggunakan sarung tangan yang telah disediakan kemudian mengambil spesimen dengan penjepit besi.
4. Prosedur untuk temperatur 500°C , 600°C, 700°C adalah sama seperti poin 1,2 dan 3 diatas.



Gambar 3.20. Spesimen Sesudah Proses Heat Treatment Annealing

Sumber: Dokumen Pribadi

3.9.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan setelah spesimen melalui tahap pengelasan. Uji kekerasan dalam penelitian ini menggunakan metode *Rockwell Hardness Testing* yang merupakan pengujian dengan cara menekan permukaan benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan atau beban minor, kemudian ditambahkan beban utama. Lalu, beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan. Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada *base metal*, *weld metal*, dan *heat affected zone*. Adapun langkah-langkah pengujian kekerasan sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat uji Rockwell skala C. Pada tahap ini persiapan dilakukan dengan cara menghidupkan alat uji. Lalu, memasang beban mayor sebesar 100 kg di belakang alat uji. Kemudian, memasang indenter untuk skala C berupa *diamond cone* dan mengatur *handel* pada posisi atas.
2. Meletakkan spesimen pada meja uji dan memutar engkol, langkah ini bertujuan agar spesimen berdekatan dengan indendor.
3. Proses kalibrasi alat uji, pada tahap ini dilakukan dengan cara memosisikan spesimen hingga menyentuh indendor dengan cara memutar piringan (*turn*

wheel) searah jarum jam hingga jarum jam besar pada skala jam ukur yang berwarna hitam berputar 2,5x dan menunjuk angka 0, sedangkan jarum kecil menunjuk pada titik merah.

4. Proses pengujian dilakukan dengan cara menekan handle secara cepat, maka intendor akan mengenai permukaan spesimen. Kemudian, jarum besar pada skala akan berputar hingga menunggu jarum besar pada skala jam ukur berhenti.
5. Membaca nilai kekerasan dengan cara melihat posisi jarum besar pada skala jam ukur yang berwarna hitam.
6. Pengambilan nilai kekerasan tiga titik. Titik kedua dan ketiga dilakukan dengan cara menggeser letak spesimen pada landasan sesuai dengan posisi yang diinginkan. Pengambilan dilakukan pada daerah *weld metal* HAZ 1, dan HAZ 2 dari spesimen. Daerah HAZ 1 mempunyai 2 cm dari daerah las dan HAZ 2 mempunyai jarak 4 cm dari daerah Las. Selanjutnya melakukan proses kalibrasi alat uji yang bertujuan untuk menghasilkan nilai yang akurat. Langkah berikutnya menekan *handle* secara cepat guna memperoleh nilai kekerasan pada posisi tersebut. Hasil nilai kekerasan dapat dilihat pada angka skala jam ukur yang ditunjuk oleh jarum besar.
7. Hasil dari pengujian kekerasan spesimen dengan tiga variasi *temperature Heat Treatment* yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C masing-masing daerah *base metal*, *weld metal*, dan HAZ yang kemudian didapatkan hasil sebanyak tiga sample nilai kekerasan. Hasil tersebut dilakukan perhitungan rata-rata.



Gambar 3.21. Rockwell Hardness

Sumber: Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin ITN Malang

Keterangan spesifikasi alat uji kekerasan (*Rockwell Hardness*)

1. Nama Alat Uji : *Rockwell Hardness*
2. Merk : Brevetti AFFRI, Misuratori Di Durezza Hardness Tester (ITALY)
3. Serial Number : 348901
4. Model : 206 RT
5. Hardness Scale : HRB
6. Load : 100 kgf
7. Penetrator : Ball Ø 1/16"

3.9.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik memiliki tujuan untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima beban tarik. Pengujian tarik dalam penelitian ini menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian tarik dilakukan dengan cara memberikan beban tarik sampai spesimen patah dan hal ini dapat diketahui pada grafik beban tertinggi atau yang disebut dengan *yield strength*. Uji tarik bertujuan untuk membandingkan nilai kekuatan tarik pada masing-masing spesimen yang dilakukan proses pengelasan dengan tiga variasi temperatur berbeda yang telah ditentukan. Adapun prosedur dari pengujian tarik sebagai berikut:

1. Hal yang pertama dilakukan adalah dengan cara mengkoneksikan mesin uji tarik dengan komputer, kemudian menghidupkan komputer serta mesin *Universal Testing Machine* (UTM).
2. Menginput data spesimen uji ke dalam perangkat lunak atau aplikasi komputer. Data yang diinput yakni panjang, lebar, tebal, jenis bahan spesimen, serta standar sampel uji tarik yang digunakan.
3. Proses kalibrasi alat uji dilakukan dengan cara menekan tombol *Hyd ON* pada *control box* mesin dan memutar sedikit searah jarum jam potensio (buka *Hyd Valve*). Hal ini bertujuan agar silinder hidrolik mengangkat beban mesin uji beberapa milimeter sampai grafik datar horizontal. Selanjutnya menekan tombol *Force Zero* pada aplikasi komputer dan mematikan mesin hidrolis dengan menekan tombol *Hyd OFF* pada *control box* sampai *frame* mesin uji turun atau nilai *displacement* kembali ke 0 milimeter. Dan kemudian menekan tombol *Clear Chart*.
4. Memasang spesimen uji tarik yang dilakukan dengan cara mencekam ujung atas dan bawah spesimen pada cekam silinder dan kemudian mengencangkan cekam dengan kunci pass.

5. Proses pengujian kekuatan tarik diawali dengan cara klik *Start Test* pada aplikasi komputer untuk memulai perekaman grafik data uji, kemudian menekan tombol hidrolis *Hyd ON* pada *control box* serta memutar sedikit potensinya searah jarum jam (buka *Hyd Valve*). Kemudian menunggu hingga graik nilai kekuatan tarik maksimum dihasilkan sehingga hal ini menyebabkan spesimen mengalami deformasi hingga patah. Setelah spesimen patah, maka mesin uji tarik dapat dimatikan dengan menekan tombol *Hyd OFF* pada *control box*.
6. Melepas spesimen dari cekam menggunakan kunci pass, kemudian memasukkan spesimen yang telah patah ke dalam kantong yang sudah diberi tanda kuat arus spesimen agar tidak tertukar dengan spesimen yang lain.
7. Nilai hasil pengujian kekuatan tarik yang berupa nilai kekuatan tarik maksimum secara langsung ditampilkan pada komputer karena pada pengujian ini menggunakan mesin uji tarik otomatis (mesin uji tarik digital). Nilai yang dihasilkan menggunakan standar satuan MPa (N/mm). Data yang telah direkam dalam aplikasi pengujian kekuatan tarik, dicatat dan ditulis sesuai dengan format cetak data hasil pengujian kekuatan tarik. Kemudian melakukan penyimpanan berkas dokumen dengan ekstensi .pdf.
8. Proses mencetak dokumen data hasil pengujian kekuatan tarik yang meliputi identitas spesimen pengujian kekuatan tarik, nilai kekuatan tarik, dan grafik kekuatan tarik.
9. Langkah yang telah disebutkan di atas dilakukan dengan cara yang sama dalam menguji tiga macam spesimen dengan variasi perlakuan panas yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C.
10. Setiap variasi pengujian tarik terdiri dari tiga buah spesimen, sehingga total spesimen terdapat sebanyak sembilan buah. Hasil nilai kekuatan tarik yang diperoleh akan dihitung rata-ratanya pada setiap variasi.



Gambar 3.22. Universal Testing Machine

Sumber: Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin ITN Malang

Keterangan spesifikasi mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*):

1. Nama Mesin Uji : Micro Computer Universal Testing Machine
2. Model : HT-9502
3. Serial Number : 1146
4. Max. Load : 50.000 kgf
5. Standar Spesimen Uji Tarik :
 - a. Jenis Spesimen : Pelat
 - b. Mesin : Kendali beban (hidrolik)
 - c. Dimensi Spesimen Uji :
 - Panjang : 250 mm
 - Lebar : 30 mm

3.9.2 Pengujian Impak

Uji Impak merupakan jenis pengujian yang dilakukan untuk dapat mengetahui seberapa besar kekuatan material tersebut. Cara kerja alat uji impak yaitu dengan memukul benda yang akan diuji kekuatannya dengan pendulum yang berayun. Pendulum tersebut ditarik hingga ketinggian tertentu kemudian dilepaskan sehingga pendulum tersebut memukul benda uji hingga patah. Alat uji impak dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.23. Alat Uji Impak

Sumber: Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin ITN Malang

Penjelasan komponen pada alat uji impak adalah sebagai berikut:

1. Badan Alat Uji Impak

Badan alat uji impak terbuat dari baja profil U 70 mm x 40 mm dengan ketebalan 5 mm. Sedangkan dimensi dari badan alat uji impak adalah 750 mm × 400 mm

× 1.000 mm. Proses pengerjaan yang dilakukan dalam pembuatan badan uji impact adalah proses penyambungan atau proses pengelasan. Badan alat uji impact berfungsi sebagai tempat dudukan dari bearing dan tempat benda uji.

2. Pendulum

Pendulum memiliki fungsi sebagai benda yang diayunkan kepada benda uji dan pada pendulum terdapat pisau pemukul untuk mematahkan benda uji. Pendulum ini terbuat dari baja pelat silinder dengan berat 8 kg. Bagian atas pendulum dihubungkan kepada poros dengan cara dilas, dan bagian bawah dihubungkan ke pendulum dengan cara yang sama yaitu dengan dilas.

3. Lengan Pengayun

Lengan pengayun memiliki fungsi untuk menentukan gerakan ayunan dari poros ke pendulum. Lengan pengayun ini terbuat dari baja silinder Ø 20 × 600 mm dan pada bagian atas dihubungkan ke poros dengan cara dilas, serta bagian bawahnya dihubungkan ke pendulum dengan cara dilas.

4. Poros Pengayun

Poros pengayun memiliki fungsi sebagai penerus ayunan dari bearing ke lengan pengayun serta pendulum. Poros pengayun terbuat dari baja silinder. Pada bagian ujung kanan dan kiri poros pengayun dihubungkan kepada bearing dan pada bagian tengahnya dihubungkan ke lengan pengayun dengan cara dilas.

5. *Bearing*

Fungsi dari *bearing* adalah sebagai pengayun poros. Bearing yang digunakan adalah bearing dengan ukuran diameter dalam atau diameter poros 25 mm. Bearing ditempatkan pada bagian kanan atas dan kiri atas pada badan alat uji impact dengan cara dibaut.

6. Tempat Benda Uji

Fungsi dari tempat benda uji adalah sebagai tempat peletakkan benda uji yang diujikan. Tempat benda uji terbuat dari baja profil. Tempat benda uji dilas menyatu dengan badan alat uji impact.

7. Busur Derajat dan Jarum Penunjuk

Busur derajat memiliki kegunaan sebagai alat pengukur atau alat baca dari hasil pengujian. Sedangkan fungsi dari jarum penunjuk adalah untuk menunjukkan angka pada busur derajat yang merupakan hasil dari pengujian. Jarum penunjuk

dihubungkan ke poros pengayun dengan cara dibaut sehingga arah ayunannya sesuai dengan arah ayunan poros pengayun.

8. Pisau Pemukul

Pisau pemukul memiliki kegunaan untuk memukul benda uji yang telah dibuat takikan. Pisau berada di belakang takikan benda uji pada saat memukul benda uji. Bahan dari pisau pemukul ini diwajibkan lebih keras dari benda yang akan diuji dan sudut pisau pemukul membentuk sudut 30° . Besar energi (W_1) pada setiap sudut ayun dapat diketahui dari data pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.5 Energi pada Setiap Sudut Ayun

Besar Sudut (α)	Energi (W_1) (kg m)	Energi (W_1) (Joule)
10°	0,0768	0,768
20°	0,292	2,92
30°	0,6432	6,432
40°	1,1232	11,232
50°	1,7184	17,184
60°	2,4	24
70°	3,1584	31,584
80°	3,9667	39,667
90°	4,8	48
100°	5,6332	56,332
110°	6,4416	64,416
120°	7,2	72
130°	7,8816	78,816
140°	8,4768	84,768

Sumber: <https://mirfandaniputra.wordpress.com/2017/01/07/uji-impact-charpy/>

3.9.3 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian metalografi atau sering disebut dengan pengujian struktur mikro adalah metode pengamatan yang memiliki tujuan untuk melihat struktur logam dengan menggunakan mikroskop optik dan electron yang memiliki kemampuan pembesaran 10 hingga 500 kali. Penelitian uji struktur mikro hanya dilakukan pada daerah *weld metal*. Adapun prosedur pengujian struktur mikro sebagai berikut:

1. Proses *grinding* (menghaluskan permukaan), proses ini dilakukan dengan cara mengamplas permukaan spesimen. Media grinding yang digunakan adalah

kertas amplas dengan grade bertahap mulai dari 140, 240, 440, 800, 1000, 1200, 2000 hingga 3000. Proses *grinding* dilakukan sampai permukaan spesimen halus dan mengkilap.

2. Proses *polish* (memoles permukaan), proses ini dilakukan dengan dengan menggosokkan autosol pada media kain hingga permukaan spesimen menjadi lebih mengkilap.
3. Proses *etching* (pengetsaan) pada permukaan spesimen struktur mikro. Hal ini dilakukan dengan cara mengambil cairan etsa yang terdiri dari nital 5% dan alcohol 95% dengan menggunakan pipet. Kemudian meneteskan cairan etsa pada permukaan spesimen dengan selang waktu selama 20 detik. Selanjutnya, cairan etsa pada permukaan dialiri dengan air mengalir dan dikeringkan menggunakan alat pengering (*hair dryer*).
4. Persiapan pengamatan struktur mikro pada spesimen yang sudah dilas dengan tiga variasi perlakuan panas yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C. Pengamatan struktur mikro hanya dilakukan pada daerah lasan (*weld metal*) saja. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan meletakkan spesimen uji yang telah melalui proses *etching* pada meja uji mikroskop.
5. Menyalakan mikroskop yang telah disambungkan dengan komputer, hal ini bertujuan agar proses pengambilan foto dapat dilihat pada monitor komputer.
6. Proses pengamatan struktur mikro yang dilakukan dengan cara menggeser pengatur lensa okuler untuk menggunakan pembesaran yang diperlukan yaitu sebesar 200×. Mengatur jarak dan pembesaran pada aplikasi komputer sesuai dengan pembesaran yang dibutuhkan. Selanjutnya memutar pengatur ketinggian meja hingga foto struktur mikro terlihat fokus dan jelas. Tingkat cahaya diatur dengan cara menggeser pada pengatur cahaya sesuai dengan kebutuhan.
7. Proses pengambilan foto struktur mikro dengan cara menekan ikon foto pada aplikasi, lalu menyimpan foto pada memori komputer.
8. Hasil dari pengamatan struktur mikro spesimen dengan tiga variasi perlakuan panas yaitu 500°C, 600°C, dan 700°C didapatkan masing-masing sebanyak satu foto pada daerah lasan (*weld metal*).



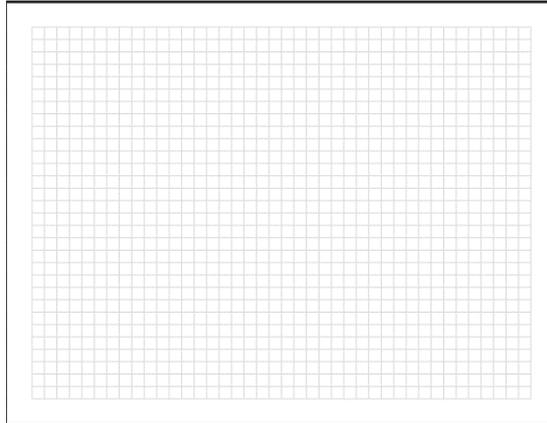
Gambar 3.24. Digital Micro Vickers Hardness

Sumber: Laboratorium Uji Logam Jurusan Teknik Mesin UM Malang

Keterangan alat uji struktur mikro sebagai berikut:

- | | | |
|-----|--------------------------|----------------------------------|
| 1. | Nama Alat Uji | : Digital Micro Vickers Hardness |
| 2. | Model | : THT716 |
| 3. | Amplifikasi Mikroskop | : 100× sampai 400× |
| 4. | Bidang Pengujian | : 1 HV – 296 HV |
| 5. | Dimensi Meja XY | : 100 × 100 mm |
| 6. | Gerakan Bidang Meja XY | : 25 × 25 mm |
| 7. | Max. Ketinggian Spesimen | : 70 mm |
| 8. | Max. Lebar Spesimen | : 95 mm |
| 9. | Sumber Cahaya | : Sumber cahaya dingin |
| 10. | Power Supply | : 110 V / 220 V, 60 V / 50 Hz |
| 11. | Dimensi | : 425 × 245 × 490 mm |
| 12. | Berat Bersih | : 35 kg |

Hasil dari perhitungan struktur mikro diperoleh menggunakan garis bantu dari mika millimeter blok, yang mana garis bantu dibuat dan ditulis berdasarkan fasa yang terbentuk pada setiap kotak. Selanjutnya dilakukan pencatatan untuk mempermudah perhitungan pada jumlah fasa.



Gambar 3.25. Garis Bantu Perhitungan Persentase Fasa dalam Struktur Mikro

Sumber: <https://incompetech.com/graphpaper/plain/>

3.10. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan dan pengolahan data adalah kegiatan untuk mengumpulkan data serta mengolah data dari hasil proses pengujian yang telah dilakukan. Data yang diperoleh dalam penelitian ini meliputi data pengujian kekerasan, data pengujian tarik, data pengujian impact, dan data pengujian struktur mikro. Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan pendekatan observasional serta literature terkait pengumpulan informasi penelitian. Sedangkan observasi yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh informasi atau data langsung terkait pengujian sampel penelitian.