

**PENYIASATAN PERAMBATAN HALAJU BUNYI KE ATAS BAHAN YANG  
MELALUI PROSES RAWATAN HABA MENGGUNAKAN UJIAN ULTRASONIK**

**NUR FARAH HANI BINTI NOR ALZAHARI**

**Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal dengan Kepujian**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal**

**UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA**

**2019**

## **PENGAKUAN**

Saya dengan ini mengakui bahawa laporan yang bertajuk ‘Penyiasatan Perambatan Halaju Bunyi Ke Atas Bahan Yang Melalui Proses Rawatan Haba Menggunakan Ujian Ultrasonik’ adalah hasil kerja saya sendiri kecuali yang disertakan nama di dalam rujukan.

Tandatangan : .....

Nama : .....

Tarikh : .....

## **PENGESAHAN PENYELIA**

Saya akui bahawa saya telah membaca laporan ini dan melalui penilaian saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal dengan Kepujian.

Tandatangan : .....

Nama Penyelia : .....

Tarikh : .....

## **DEDIKASI**

Buat mereka yang setia memberi sokongan kepada saya untuk menjayakan kajian ini

Keluarga yang dicintai

Sahabat-sahabat yang dikasihi

Tenaga pengajar dan kakitangan yang setia menghulur bantuan dan berkongsi ilmu

Mereka yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung untuk menyempurnakan kajian ini.

## ABSTRAK

Perbezaan halaju bunyi bagi bahan yang melalui proses rawatan haba boleh diukur dengan pelbagai kaedah ujian musnah dan ujian tanpa musnah. Kajian ini menfokuskan penggunaan ujian ultrasonik bagi menyiasat perambatan halaju bunyi keluli karbon AISI 1050 setelah ia melalui proses rawatan haba. Ujian mikrokekerasan dan analisis mikrostruktur merupakan ujian musnah yang digunakan di dalam penyiasatan ini. 9 spesimen keluli karbon AISI 1050 melalui proses rawatan haba lindap-kejut (*quenching*) pada suhu pemanasan 800°C, 900°C dan 1000°C selama 30 minit. Kemudian, spesimen-spesimen yang sama melalui proses rawatan haba pembajaan (*tempering*) pada suhu pemanasan 300°C, 500°C dan 700°C selama 50 minit. Ujian ultrasonik, ujian mikrokekerasan dan analisis mikrostruktur dijalankan sebelum dan selepas rawatan haba selesai dijalankan ke atas spesimen-spesimen tersebut. Pembolehubah yang diambil kira semasa menjalankan proses rawatan haba ialah suhu, masa pemanasan dalam suhu-suhu yang ditetapkan dan kadar penyejukan bahan kepada suhu bilik. Data setiap ujian direkodkan untuk dibandingkan dengan spesimen rujukan yang tidak melalui sebarang proses rawatan haba. Hasil ujian menunjukkan kaitan yang positif antara halaju bunyi dengan saiz butir, iaitu saiz butir semakin mengecil dan halaju bunyi semakin perlahan dengan peningkatan suhu ketika proses rawatan haba. Namun, hasil ujian mikrokekerasan menunjukkan kaitan negatif dengan halaju bunyi dan saiz butir keluli karbon AISI 1050. Semakin mengecil saiz butir, semakin bertambah kekerasan dan semakin berkurang halaju bunyi bahan tersebut setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan. Ini membuktikan keboleharapan ujian ultrasonik dalam mengenalpasti perubahan yang berlaku ke atas saiz butir mikrostruktur dan kekerasan keluli karbon AISI 1050 setelah melalui proses rawatan haba.

## ISI KANDUNGAN

## HALAMAN

**PENGAKUAN**

**PENGESAHAN PENYELIA**

**DEDIKASI**

**ABSTRAK**

**i**

**ISI KANDUNGAN**

**ii**

**SENARAI JADUAL**

**v**

**SENARAI RAJAH**

**vi**

**BAB**

**1. PENGENALAN**

**1**

1. 1 Latar belakang projek

1

1. 2 Penyataan masalah

3

1. 3 Objektif

3

1. 4 Skop projek

4

1. 5 Metodologi am

4

1. 6 Kesimpulan

7

**2. KAJIAN LITERATUR**

**8**

2. 1 Keluli karbon AISI 1050

8

2. 2 Rawatan haba

10

2. 3 Ujian mikrokekerasan

13

2. 4 Analisa mikrostruktur

14

2. 5 Ujian ultrasonik

15

2. 6 Kesimpulan

18

<b>3.</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>19</b>
3.1	Pengenalan	19
3.2	Komposisi bahan	21
3.3	Penyediaan spesimen	21
3.4	Rawatan haba	23
	3.4.1 Proses rawatan haba lindap-kejut	25
	3.4.2 Proses rawatan haba pembajaan	29
3.5	Ujian ultrasonik	30
	3.5.1 Kelengkapan ujian ultrasonik	30
	3.5.2 Penentukuran sebelum ujian	34
	3.5.3 Pelaksanaan ujian pengukuran halaju bunyi	35
	3.5.4 Halaju bunyi blok keluli rujukan	35
	3.5.5 Langkah-langkah pengukuran halaju bunyi menggunakan ujian ultrasonik	35
3.6	Ujian mikrokekerasan Vickers	38
	3.6.1 Proses penyediaan permukaan spesimen sebelum ujian	38
	3.6.2 Pelaksanaan ujian mikrokekerasan Vickers	42
3.7	Analisa mikrostruktur	45
	3.7.1 Proses punaran permukaan spesimen	46
	3.7.2 Pelaksanaan analisa mikrostruktur	47
<b>4.</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>49</b>
4.1	Pengenalan	49
4.2	Hasil ujian ultrasonik sebelum dan selepas rawatan haba	49
	4.2.1 Hasil penentukuran blok V1	49
	4.2.2 Halaju bunyi menggunakan ujian ultrasonik dan angkup vernier	51
4.3	Hasil ujian mikrokekerasan Vickers ke atas setiap spesimen	56

4. 3. 1	Analisis data setelah proses rawatan haba lindap-kejut dijalankan ke atas setiap spesimen	56
4. 3. 2	Analisis data setelah proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan dijalankan ke atas setiap spesimen	63
4. 4	Hasil analisa mikrostruktur ke atas spesimen-spesimen yang dirawat	66
4. 4. 1	Perbandingan imej mikrostruktur spesimen selepas proses lindap-kejut dijalankan pada suhu yang berbeza	66
4. 4. 2	Perbandingan imej mikrostruktur spesimen selepas proses lindap-kejut-pembajaan dijalankan pada suhu yang berbeza	70
4. 4. 3	Perbandingan saiz purata diameter butir bagi setiap spesimen selepas proses lindap-kejut dan selepas proses pembajaan dijalankan	75
4. 5	Perbincangan mengenai hubungan antara hasil ujian ultrasonik dengan ujian mikrokekerasan dan analisa mikrostruktur	77
<b>5.</b>	<b>RUMUSAN DAN CADANGAN</b>	<b>79</b>
5. 1	Rumusan	79
5. 2	Cadangan	81
	<b>RUJUKAN</b>	<b>82</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>86</b>



## SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	HALAMAN
3. 1	Komposisi keluli karbon AISI 1050 (Sumber: Azom, 2012).	22
3. 2	Spesimen-spesimen dikategorikan mengikut suhu yang ditetapkan semasa proses rawatan haba.	24
3. 3	Peraturan pengekalan pemanasan di dalam relau bagi bahan yang mempunyai ketebalan kurang daripada 25mm. (Sumber: Bryson, 2005)	28
3. 4	Fungsi-fungsi butang alat pengesan kecacatan ultrasonik Kraukramer.	34
4. 1	Halaju bunyi bagi setiap spesimen yang melalui proses rawatan haba lindap-kejut pada suhu yang berbeza.	55
4. 2	Halaju bunyi bagi setiap spesimen yang melalui proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan pada suhu yang berbeza.	55
4. 3	Data kekerasan yang direkodkan pada titik pelekukan yang berbeza bagi setiap spesimen yang melalui rawatan haba lindap-kejut pada suhu yang berbeza.	60
4. 4	Kekerasan bagi 10 titik pelekukan untuk setiap spesimen beserta rujukan selepas proses lindap-kejut dan pembajaan.	67
4. 5	Purata diameter butir setiap spesimen selepas proses lindap-kejut dijalankan.	78
4. 6	Purata diameter butir setiap spesimen selepas proses pembajaan dijalankan.	78

## SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	HALAMAN
1. 1	Carta alir proses-proses yang terlibat dalam kajian.	6
2. 1	Diagram fasa keluli karbon.	13
3. 1	Carta alir metodologi.	21
3. 2	Dimensi awal bahan keluli karbon AISI 1050 sebelum dipotong.	23
3. 3	9 spesimen yang akan melalui rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan.	23
3. 4	Relau rawatan haba suhu sederhana yang digunakan.	25
3. 5	Bekas yang digunakan untuk lindap-kejut spesimen di dalam air.	25
3. 6	Kelengkapan keselamatan (PPE) yang digunakan ketika proses rawatan haba dijalankan.	25
3. 7	Alatan untuk mengangkat spesimen pada suhu yang tinggi.	26
3. 8	Graf proses rawatan haba lindap-kejut yang dijalankan.	27
3. 9	Alat kawalan relau di mana suhu dan masa sepanjang proses rawatan haba ditetapkan.	28
3. 10	Graf proses rawatan haba pembajaan yang dijalankan.	32
3. 11	Pengesan kecacatan ultrasonik Krautkramer, model USM 35.	33
3. 12	Kuar berfrekuensi 5MHz yang digunakan untuk ujian ultrasonik.	34
3. 13	Blok rujukan V1 dengan ketebalan 25 mm.	35
3. 14	Ketebalan blok V1 yang dirujuk untuk proses penentukuran.	35
3. 15	Minyak motor pelbagai guna sebagai pengganding.	36
3. 16	Angkup vernier.	36
3. 17	Susun atur radas dan kelengkapan ujian ultrasonik pada spesimen.	38

3. 18	Mesin pencanai dan penggilap dan kertas canai grit berbeza yang digunakan di dalam kajian ini.	41
3. 19	Pes intan 3 mikrometer yang digunakan untuk proses menggilap spesimen.	41
3. 20	Mikroskop cahaya yang digunakan untuk memantau permukaan spesimen semasa proses penyediaan permukaan spesimen.	42
3. 21	Permukaan spesimen yang siap dicanai dan digilap.	43
3. 22	Spesimen-spesimen diasingkan di dalam bekas yang berasingan dan tertutup.	43
3. 23	Mesin ujian mikrokekerasan Vickers Shimadzu HMV-G.	44
3. 24	Gambaran lokasi titik pelekukan untuk ujian mikrokekerasan ke atas permukaan spesimen.	45
3. 25	Hujung alatan pelekukan yang sedang mengenakan tekanan ke atas permukaan spesimen.	46
3. 26	Lokasi pelekukan dianalisa menggunakan mikroskop dengan pembesaran 40x ganda.	46
3. 27	Tahap kekerasan pada lokasi permukaan yang dikenakan tekanan ditunjukkan pada skrin beserta imej lekukan.	47
3. 28	Garisan yang dibuat pada imej butiran spesimen di bawah mikroskop untuk mengenalpasti saiz butir pada permukaan yang dipunar.	50
4. 1	Prosedur penentukuran ke atas blok V1.	52
4. 2	Gema pantulan belakang berganda yang terhasil semasa proses penentukuran.	52
4. 3	Ujian ultrasonik ke atas spesimen rujukan.	54
4. 4	Gema pantulan berganda yang terhasil pada skrin CRT untuk spesimen rujukan.	54
4. 5	Perbandingan halaju bunyi spesimen pada ketiga-ketiga suhu lindap-kejut yang berbeza dengan spesimen rujukan.	56
4. 6	Perbandingan setiap spesimen antara halaju bunyi selepas lindap-kejut dan halaju bunyi selepas lindap-kejut dan pembajaan.	56

4. 7	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen A setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	60
4. 8	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen B setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	61
4. 9	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen C setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	61
4. 10	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen D setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	62
4. 11	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen E setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	62
4. 12	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen F setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	63
4. 13	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen G setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	63
4. 14	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen H setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	64
4. 15	Trend kekerasan Vickers bagi spesimen I setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut tanpa rawatan pembajaan.	64
4. 16	Trend kekerasan Vickers bagi kesemua spesimen yang melalui proses rawatan haba lindap-kejut pada tiga suhu yang berbeza beserta spesimen rujukan.	65
4. 17	Trend kekerasan bagi setiap spesimen setelah melalui proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan.	67
4. 18	Perbandingan nilai kekerasan Vickers bagi setiap spesimen setelah melalui proses lindap-kejut dan lindap-kejut + pembajaan pada suhu yang berbeza.	68
4. 19	Butir mikrostruktur spesimen rujukan yang dilihat di bawah mikroskop.	69
4. 20	Mikrostruktur spesimen B selepas proses lindap-kejut pada suhu pemanasan 800°C.	69
4. 21	Mikrostruktur spesimen F selepas proses lindap-kejut pada suhu pemanasan 900°C.	70
4. 22	Mikrostruktur spesimen G selepas proses lindap-kejut pada suhu pemanasan 1000°C.	70

4. 23	Spesimen A selepas proses lindap-kejut pada suhu 800°C dan pembajaan pada suhu 300°C.	72
4. 24	Spesimen B selepas proses lindap-kejut pada suhu 800°C dan pembajaan pada suhu 500°C.	73
4. 25	Spesimen C selepas proses lindap-kejut pada suhu 800°C dan pembajaan pada suhu 700°C.	73
4. 26	Spesimen D selepas proses lindap-kejut pada suhu 900°C dan pembajaan pada suhu 300°C.	74
4. 27	Spesimen E selepas proses lindap-kejut pada suhu 900°C dan pembajaan pada suhu 500°C.	74
4. 28	Spesimen F selepas proses lindap-kejut pada suhu 900°C dan pembajaan pada suhu 700°C.	75
4. 29	Spesimen G selepas proses lindap-kejut pada suhu 1000°C dan pembajaan pada suhu 300°C.	75
4. 30	Spesimen H selepas proses lindap-kejut pada suhu 1000°C dan pembajaan pada suhu 500°C.	76
4. 31	Spesimen I selepas proses lindap-kejut pada suhu 1000°C dan pembajaan pada suhu 700°C.	76
4. 32	Trend purata saiz diameter butir setiap spesimen bagi kedua-dua proses rawatan haba yang dijalankan.	79

# **BAB I**

## **PENGENALAN**

### **1.1 Latar belakang projek**

Keluli karbon AISI 1050 merupakan keluli karbon yang boleh diubahsuai kekerasannya dengan kaedah rawatan haba seperti lindap-kejut dan pembajaan. Komposisi kimianya terdiri daripada karbon, silikon dan mangan. Ciri-ciri fizikal keluli karbon gred ini ialah, kalis kehausan dan mempunyai tahap kekerasan yang tinggi. Antara aplikasi keluli karbon jenis AISI 1050 ialah sebagai komponen pemotong berkualiti tinggi, digunakan sebagai kelengkapan untuk pembedahan dan juga dalam pembuatan gelas bebola kecil tahan karat. Bagi menghasilkan keluli karbon dengan ciri-ciri yang sesuai digunakan dan mencapai tahap yang diperlukan untuk pelbagai aplikasi, rawatan haba merupakan proses yang boleh membantu dalam memodifikasi sifat keluli agar dapat memenuhi permintaan dalam industri.

Proses rawatan haba merupakan proses pemanasan dan penyejukan logam bagi mengubah sifat-sifat mekanikal logam. Ianya merupakan kaedah yang kerap digunakan bagi meningkatkan tahap kekerasan logam, di samping mengubah sifat-sifat mekanikal lain seperti kebolehbentukan dan kebolehmesinan. Mikrostruktur logam yang melalui proses rawatan haba berubah mengikut parameter-parameter yang berkait dengan proses rawatan haba yang digunakan. Proses rawatan haba ke atas logam seringkali dilakukan untuk penyesuaian terhadap aplikasi yang memerlukan ketahanan yang lebih tinggi seperti alatan memotong dan pemesinan.

Kaedah ujian musnah atau *Destructive Testing* (DT) dan ujian tanpa musnah atau *Non-destructive Testing* (NDT), berpotensi untuk mengenalpasti ciri-ciri bahan sebelum dan selepas rawatan haba dijalankan ke atas sesuatu bahan. Ujian mikrokekerasan dan analisis mikrostruktur merupakan kaedah yang paling lama digunakan dalam mengkaji sifat-sifat mekanikal bahan dan juga mikrostruktur bahan dalam industri pembuatan bahan logam. Ujian ultrasonik merupakan kaedah ujian tanpa musnah yang berupaya menjimatkan masa dan mempunyai kelebihan dalam mengenalpasti perubahan perambatan halaju bunyi bahan. Melalui perbandingan halaju bunyi sesuatu logam dengan parameter yang berbeza ketika proses rawatan haba dijalankan, sifat-sifat mekanikal bahan tersebut dapat diketahui.

Melalui projek ini, keluli karbon AISI 1050 melalui proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan dengan tiga suhu yang berbeza. Kemudian, ujian ultrasonik dijalankan bagi menilai perubahan yang berlaku ke atas halaju bunyi setiap spesimen. Ujian mikrokekerasan dijalankan bagi mengetahui perubahan mikrokekerasan di atas permukaan keluli karbon yang telah dirawat. Analisis mikrostruktur pula dijalankan bagi mengkaji perubahan saiz butir mikrostruktur spesimen tersebut dan perubahan fasa logam tersebut setelah melalui proses rawatan haba. Hasil ketiga-tiga ujian direkodkan untuk dibandingkan dengan spesimen rujukan. Kajian mendapati, halaju bahan akan berubah dengan perubahan pada saiz butir mikrostruktur dan kekerasan keluli karbon.

## **1.2 Penyataan masalah**

Ujian mikrokekerasan dan analisa mikrostruktur merupakan kaedah pemeriksaan yang sering digunakan ke atas keluli karbon yang melalui proses rawatan haba. Namun begitu, kaedah-kaedah ini memakan masa, merosakkan bahan dan memerlukan pemeriksaan dijalankan di dalam makmal. Kaedah ujian tanpa musnah yang kini mendapat permintaan yang tinggi dalam industri bagi menggantikan kaedah-kaedah ujian musnah, menjadi persoalan tentang kebolehharapannya berbanding ujian musnah yang sedia ada digunakan. Ujian ultrasonik adalah salah satu ujian tanpa musnah yang dijangka akan menjimatkan masa, mengekalkan keadaan struktur setelah ujian dan tidak memerlukan sampel dibawa ke makmal untuk pemeriksaan. Kajian ini dijalankan bagi mengenalpasti sama ada halaju bunyi mempunyai perkaitan dengan perubahan pada kekerasan dan saiz butir permukaan keluli karbon AISI 1050. Dapatan yang diperlukan ialah, sama ada ujian ultrasonik mampu untuk diharapkan dalam pemeriksaan bahan selain daripada kedua-dua ujian musnah yang disebutkan bagi penjimatan masa ketika pemeriksaan, tidak memperuntukkan kemusnahan bahan jika hendak diperiksa dan peralatan yang mudah alih.

## **1.3 Objektif**

Tujuan projek ini dijalankan adalah untuk:

- i. Untuk menyiasat halaju bunyi keluli karbon AISI 1050 yang melalui proses rawatan haba menggunakan ujian ultrasonik.
- ii. Untuk menyiasat perubahan mikrostruktur dan kekerasan keluli karbon AISI 1050 yang melalui proses rawatan haba.



- iii. Untuk menyiasat keboleharapan ujian ultrasonik dalam mengenalpasti perubahan mikrostruktur dan kekerasan keluli karbon AISI 1050 setelah melalui proses rawatan haba.

#### **1.4 Skop projek**

Skop-skop projek ini ialah:

1. Kajian dijalankan ke atas keluli karbon AISI 1050.
2. Kajian melibatkan proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan.
3. Kajian menggunakan air sebagai bahantara lindap-kejut.
4. Kajian ultrasonik dijalankan menggunakan kuar jenis tunggal.

#### **1.5 Metodologi am**

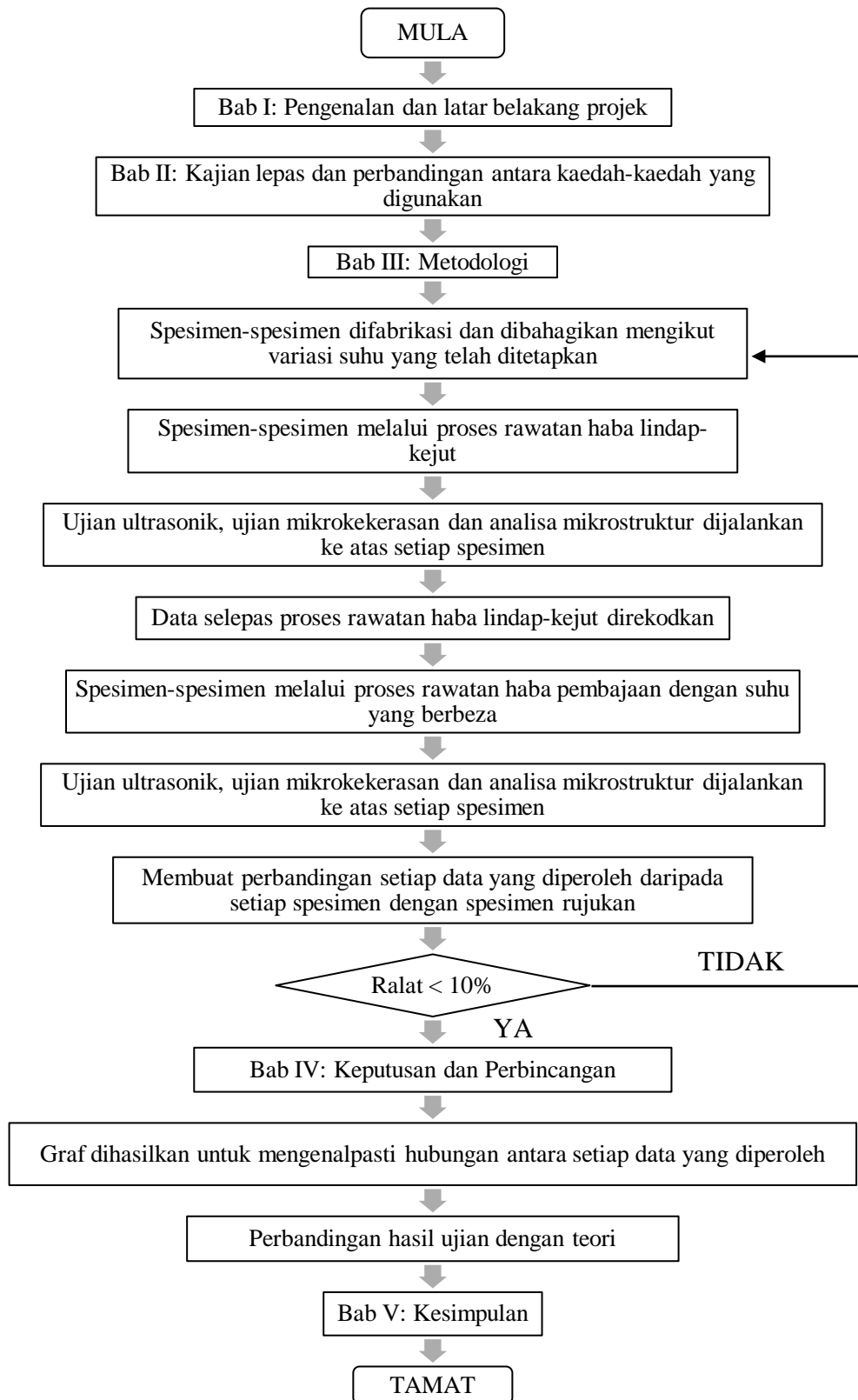
Tujuan kajian ini dijalankan adalah untuk mengenalpasti kesan proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan dalam tempoh masa yang berbeza terhadap mikrostruktur, mikrokekerasan dan halaju bunyi bahan keluli karbon AISI 1050. Projek ini menggunakan tiga kaedah menganalisa perubahan pada keluli karbon setelah melalui proses rawatan haba tersebut. Bagi mengukur kekerasan spesimen yang kecil pada kawasan yang telah dipilih untuk diukur, ujian mikrokekerasan dijalankan bagi tujuan tersebut. Analisa mikrostruktur bahan dijalankan bagi mengenalpasti perubahan struktur bahan aloi seperti perubahan pada saiz butir dan juga perubahan fasa struktur bahan tersebut. Ujian ultrasonik dijalankan bagi mengkaji perubahan halaju bunyi bahan setelah melalui proses rawatan haba. Melalui data-data yang diperoleh daripada ketiga-tiga analisa dan ujian tersebut, hubungan antara

perubahan mikrokekerasan dan mikrostruktur dengan perubahan halaju bunyi bahan dapat dikenalpasti dan dibandingkan.

Kajian lepas tentang proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan dijalankan bagi mengetahui kaedah rawatan haba yang bersesuaian dengan bahan yang hendak dikaji. Kajian lepas juga dijalankan berkaitan dengan penggunaan ujian mikrokekerasan, analisa mikrostruktur dan ujian ultrasonik ke atas bahan-bahan logam keluli karbon. Selain itu, kajian lepas juga tertumpu pada perubahan fasa struktur keluli yang melalui proses penyejukan menggunakan bahantara air.

Kajian ini melibatkan penggunaan peralatan makmal sains bahan untuk menjalankan proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan. Makmal *Advance Machine Laboratory* (AMCHAL) menyediakan peralatan untuk menguji mikrokekerasan spesimen-spesimen di dalam ujikaji ini dan juga untuk mengenalpasti perubahan mikrostruktur pada spesimen sebelum dan selepas rawatan haba. Penggunaan makmal ujian tanpa musnah tertumpu pada ujian ultrasonik bagi mengesan halaju bunyi logam. Setiap data yang diperoleh direkodkan dan dibandingkan dengan halaju bunyi setiap spesimen logam yang melalui rawatan haba dengan variasi suhu yang telah ditetapkan. Data spesimen-spesimen ini juga dibandingkan dengan data yang diperoleh pada spesimen rujukan yang tidak melalui proses rawatan haba.

Kesimpulan dan rekomendasi juga disempurnakan berdasarkan objektif dan hasil kajian. Carta alir kajian yang telah dibuat adalah seperti di dalam



**Rajah 1. 1:** Carta alir proses-proses yang terlibat dalam kajian.

## 1.6 Kesimpulan

Projek ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara halaju bunyi keluli karbon AISI 1050 yang melalui proses rawatan haba dengan perubahan mikrostruktur dan kekerasannya setelah melalui proses rawatan haba, dengan memanipulasi suhu lindap-kejut dan pembajaan. Kajian ini juga akan menentukan sama ada ujian tanpa musnah melalui ujian ultrasonik merupakan kaedah yang mempunyai keboleharapan yang tinggi bagi menunjukkan perubahan yang berlaku di dalam struktur mikro sesuatu bahan setelah melalui proses rawatan haba. Kajian melibatkan proses rawatan haba dan tiga ujian iaitu ujian ultrasonik, ujian mikrokekerasan dan analisa mikrostruktur.

Bab seterusnya memuatkan kajian-kajian lepas berkaitan dengan kajian ini. Kajian-kajian lepas akan membincangkan ciri-ciri bahan keluli karbon, kaedah-kaedah ujian yang terlibat, teknologi dan prinsip-prinsip yang digunakan oleh pengkaji-pengkaji sebelum ini. Metodologi kajian akan dibincangkan untuk mengenalpasti prosedur-prosedur yang tepat untuk memastikan kajian berjalan dengan lancar.

## **BAB II**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1 Keluli karbon AISI 1050**

Keluli dihasilkan dengan cara mencampurkan satu peratus kecil karbon kepada bijih besi. Penambahan karbon kepada besi tulen yang bersifat lembut dan mulur akan mengubah sifatnya kepada keadaan lebih keras dan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. Bryson (2005) di dalam kajiannya menyatakan bahawa, lebih tinggi kandungan karbon di dalam keluli, lebih keras keluli tersebut di dalam kedua-dua keadaan lindap-kejut dan pengerasan. Namun, apabila peratus karbon yang ditambah mencecah atau melebihi julat 3%, logam tersebut akan melalui satu perubahan daripada hasil penambahan kandungan karbon yang tinggi dan bertukar daripada keluli menjadi besi tuang.

Dalam gred AISI 1050, angka “10” menunjukkan keluli ini merupakan keluli karbon biasa yang tidak disulfurkan. Penambahan sulfur kepada keluli akan menambahkan kebolehmesinan keluli tersebut. Set angka kedua pula menunjukkan peratus julat karbon yang terkandung di dalam keluli tersebut. Angka “50” menunjukkan namaan kandungan karbon sebanyak 0.50% yang telah ditambahkan di dalam logam tersebut. Keluli karbon AISI 1050 adalah di dalam kategori keluli karbon sederhana di mana julat kandungan karbon bagi keluli karbon sederhana ialah dalam lingkungan 0.25% hingga 0.60%. Menurut Bryson, keluli-keluli

dalam kategori ini boleh dikeraskan tetapi ianya tidak akan mencapai tahap kekerasan di mana ianya boleh digunakan untuk kebanyakan aplikasi perkakasan.

Elemen-elemen yang dikenalpasti terdapat di dalam keluli karbon AISI 1050 ini ialah karbon sebanyak 0.47 hingga 0.55%, sulfur tidak melebihi 0.05%, mangan sebanyak 0.60 hingga 0.90%, fosforus tidak melebihi 0.04% dan besi dengan peratusan sebanyak 98.4 hingga 98.92% (Azom, 2012). Julat karbon yang terdapat di dalam gred keluli karbon ini membolehkan pengerasan selongsong dibuat dengan lebih mudah. Mangan berfungsi sebagai elemen yang akan meningkatkan kebolehan pengerasan yang lebih dalam. Ciri-ciri keluli karbon AISI 1050 antaranya ialah mempunyai tahap kalis kehausan yang tinggi dan boleh digunakan dalam aplikasi seperti komponen memotong juga untuk kelengkapan pembedahan. Kaedah rawatan haba berpotensi untuk mengubah sifat mekanikal logam ini untuk menepati ciri-ciri yang diperlukan bagi aplikasi-aplikasi yang dinyatakan.

Bedekar et al. (2014) telah menemukan bahawasanya, tiada bukti yang dapat menunjukkan sebarang retakan yang terhasil pada sampel keluli karbon AISI 1050 apabila melalui proses pembentukan secara aliran. Ini menunjukkan sifat keluli karbon jenis ini yang mempunyai ketahanan yang tinggi untuk berubah bentuk. Baday et al. (2016) di dalam kajiannya telah menggunakan keluli karbon AISI 1050 untuk menyiasat kesan perbezaan mikrostruktur apabila melalui proses kitaran rawatan haba pada aplikasi yang berbeza iaitu pada daya memotong dan nilai kekasaran permukaan. Penemuan di dalam kajian tersebut mendapati bahawa daya memotong keluli karbon sederhana berkurang disebabkan peningkatan saiz purata butiran sfera pada permukaan, manakala kadar kekasaran permukaan sampel meningkat dengan peningkatan masa pembentukan sfera pada butiran permukaan keluli

tersebut.

## 2.2 Rawatan haba

Setiap bahan daripada pelbagai unsur kimia memerlukan rawatan haba untuk menambahbaik sifat semulajadi bahan tersebut. Rawatan haba ialah proses pemanasan dan penyejukan logam untuk mengubah ciri-ciri atau sifat-sifat fizikal dan mekanikalnya, tanpa mengubah bentuk logam tersebut (Sinnit, 2011). Callister (1991) mencadangkan, untuk mendapatkan hasil yang baik dalam proses rawatan haba bagi menghasilkan mikrostruktur martensitik yang dominan di dalam logam tersebut, terdapat tiga faktor yang perlu diambil kira iaitu, komposisi aloi tersebut, jenis dan ciri-ciri bahantara lindap-kejut dan juga bentuk dan saiz spesimen yang hendak dirawat.

Proses lindap-kejut dalam rawatan haba merupakan proses penyejukan secara pantas menggunakan bahantara air ataupun minyak. Kadar penyejukan bagi rawatan lindap-kejut bergantung kepada nisbah luas permukaan kepada jisim spesimen yang hendak diuji. Lebih besar nisbah ini, lebih cepat kadar penyejukan dan lebih mendalam kesan pengerasan. Bentuk-bentuk yang mempunyai bucu dan sudut adalah lebih baik digunakan kerana, ianya mempunyai nisbah permukaan kepada jisim yang lebih tinggi berbanding sfera atau silinder. Keluli karbon AISI 1050 merupakan keluli yang mempunyai kandungan karbon yang tinggi, di mana setelah melalui proses rawatan lindap-kejut pada suhu yang tinggi akan menjadikan ia cukup kuat dan mampu menahan kejutan haba (Asst, 2016).

Proses pembajaan merupakan proses untuk membaikpulih ketahanan keluli yang keras dan rapuh selepas melalui proses lindap-kejut. Setelah keluli melalui proses lindap-kejut, martensit akan menjadi sangat keras dan sangat rapuh sehingga ianya tidak sesuai untuk digunakan dalam kebanyakan aplikasi. Proses pembajaan akan membebaskan tekanan dalaman yang terhasil melalui proses lindap-kejut pada keluli tersebut. Secara normalnya,

pembajaan dijalankan pada suhu sekitar 250°C hingga 650°C. Namun begitu, Sanij et al. (2012) menyatakan, untuk membebaskan tekanan dalaman pada satu sampel, suhu yang rendah adalah lebih sesuai digunakan, di mana proses pembajaan yang pertama dijalankan pada suhu 300°C selama 1 jam supaya hasil butir austenit dihomogenkan dan ditapis dengan baik.

Song et al. (2016) di dalam kajiannya telah menjalankan proses rawatan haba lindap-kejut dan pembajaan dengan suhu pemanasan 950°C, 1040°C dan 1080°C selama 1 jam dan bagi proses pembajaan dengan suhu 580°C selama 1 jam. Menurut pengkaji, suhu pembajaan yang digunakan biasanya mengikut peraturan pengelasan iaitu selama 1jam/inci dengan suhu minimum 550°C. Sekiranya masa pemanasan yang digunakan tidak mematuhi peraturan pengelasan, risiko untuk kerosakan struktur butir akan meningkat dan alatan dengan jangka hayat yang panjang tidak dapat dihasilkan. Gao et al. (2016) di dalam kajiannya telah mendapati bahawa kekuatan keluli yang dirawat dapat diperbaiki dalam jumlah yang kecil, manakala ketahanan dan kemuluran pula telah menunjukkan kesan yang sangat besar dalam penambahbaikan setelah menjalani proses pernormalan dan pembajaan dengan suhu masing-masing 900°C dan 550°C.

Melalui diagram fasa keluli karbon yang ditunjukkan di Rajah 2. 1, suhu pemanasan mempengaruhi perubahan yang berlaku ke atas mikrostruktur keluli karbon. Rawatan haba lindap-kejut di mana keluli karbon AISI 1050 dipanaskan di atas titik kritikal menyebabkan semua ferit berubah menjadi austenit sebelum direndamkan secara pantas ke dalam bahantara lindap-kejut. Garisan A3 di dalam Rajah 2. 1 merupakan had kritikal atas. Suhu di mana ferrit mula terbentuk, hasil tolakan daripada austenit dalam aloi hypoeutektoid. Manakala garisan A2 merupakan had kritikal bawah di mana  $\alpha$ -ferrit adalah bersifat ferromagnet. Penyejukan