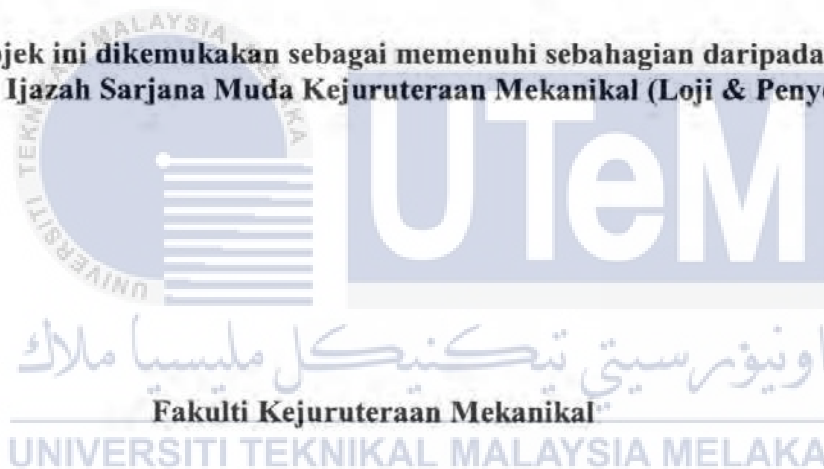


KESAN PENGGELEKAN DAN RAWATAN HABA PADA KELULI TAHAN KARAT

MUHAMMAD ARIFFIN BIN RAYA

**Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Loji & Penyenggaraan)**



UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

JUNE 2017

PENGAKUAN

Saya akui laporan ini yang bertajuk “Kesan Penggelekan dan Rawatan Haba Terhadap Keluli Tahan Karat” adalah hasil kerja saya sendiri kecuali yang dipetik dari sumber rujukan.

Tandatangan
Nama



: MUHAMMAD ARIFFIN BIN RAYA

Tarikh

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

PERISYTIHARAN PENYELIA

Saya telah memeriksa laporan ini dan laporan ini boleh diserahkan kepada JK-PSM untuk di hantar kembali kepada penyelia dan pemeriksa kedua.



Tarikh :
اونيورسيتي بيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

DEDIKASI

Jutaan terima kasih kepada ibu bapa yang dikasihi,

Raya bin Sahlan dan Sarah binti Abdullah,

adik-beradik, kawan-kawan, pensyarah, penasihat akademik dan juruteknik yang sering memberi sokongan, bimbingan dan memberi inspirasi kepada saya sepanjang perjalanan pembelajaran saya. Saya juga

mendedikasikan karya ini kepada penyelia saya yang telah menyokong saya

sepanjang proses ujikaji ini. Saya akan sentiasa menghargai segala yang telah mereka lakukan.

Anda semua adalah penyokong saya yang terbaik.

ABSTRAK

Projek ini berkaitan penilaian mengkaji kesan penggelekan dan rawatan haba ke atas keluli tahan karat. Objektif utama projek ini ialah untuk menentukan sifat mekanik pada keluli tahan karat. Projek bermula dengan penggelekan sejuk ke atas keluli tahan karat. Selepas itu, rawatan haba penyepuhlindungan dikenakan terhadap keluli tahan karat. Kemudian proses menghasilkan spesimen keluli tahan karat bagi selepas dikenakan penggelekan dan rawatan haba serta sebelum dikenakan penggelekan dan rawatan haba. Struktur spesimen model dua dimensi dihasilkan menggunakan perisian 'AutoCad' untuk dibaca oleh mesin pemotongan jet air. Selepas spesimen dihasilkan segala eksperimen dijalankan. Proses ujikaji dilakukan sehingga mencapai spesifikasi yang diinginkan. Sebanyak 6 spesimen dikenakan ujian tegangan untuk mengetahui kesan penggelekan sejuk dan rawatan haba terhadap keluli tahan karat.. 3 spesimen sebelum dikenakan penggelekan dan rawatan haba dan 3 spesimen selepas dikenakan penggelekan dan rawatan haba. Keputusan mendapati kekuatan keluli tahan karat berkurang selepas dikenakan penggelekan dan rawatan haba. Hal ini kerana, sifat bahan dalam keluli tahan karat menjadi rapuh. . Segala data dan keputusan dicatat untuk dibincangkan.

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah, Yang Maha Pemurah, lagi Maha Mengasihani, saya ingin mengucapkan syukur kepada Allah yang maha kuasa kerana memberi saya inspirasi, kesabaran, masa, peluang dan kekuatan untuk menyiapkan Projek Tahun Akhir saya (FYP) dengan tajuk Kesan penggelekan dan rawatan haba terhadap keluli tahan karat. Dengan kehendak dan rahmat Allah saya telah dapat mencapai semua ini.

Laporan ini adalah hasil daripada usaha bersama orang yang secara langsung atau tidak langsung membantu dan menyokong saya semasa tempoh untuk menyiapkan Projek Tahun Akhir (FYP) ini. Saya sangat terhutang budi dan sekalung penghargaan dan terima kasih saya kepada orang-orang yang membantu saya. Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Dr. Omar bin Bapokutty, pensyarah di Fakulti Kejuruteraan Mekanikal UTeM dan juga ditugaskan sebagai penyelia projek saya yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan projek ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pensyarah, juruteknik dan kakitangan UTeM atas kerjasama dan sentiasa memberi bimbingan, membantu dan memberi maklumat kepada saya semasa menyiapkan Projek Tahun Akhir ini. Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada semua rakan-rakan, ibu bapa yang dikasihi, adik-beradik dan semua orang yang telah menyumbang dengan menyokong kerja saya dan untuk semua sokongan moral untuk membantu saya berjaya menamatkan kajian ini.

ISI KANDUNGAN

	MUKA SURAT
PENGAKUAN	ii
PERISYTIHARAN PENYELIA	iii
DEDIKASI	iv
ABSTRAK	v
PENGHARGAAN	vi
ISI KANDUNGAN	vii
SENARAI GAMBAR RAJAH	□
SENARAI JADUAL	□
SENARAI SIMBOL	□
 BAB 1 PENGENALAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERNYATAAN MASALAH	3
1.3 OBJEKTIF	4
1.4 SKOP PROJEK	4
1.5 METODOLOGI AM	5
 BAB 2 KAJIAN LITERATUR	
2.1 PENGGELEKAN	7
2.2 RAWATAN HABA	9
2.3 BAHAN KERJA	15
2.4 UJIAN	18
 BAB 3 METODOLOGI	
3.1 PENGENALAN	20

3.2	CARTA ALIRAN	20
3.3	GAMBAR RAJAH SKEMATIK	23
3.4	MESIN UJIAN TEGANGAN	24
3.5	PENYEDIAAN SPESIMEN	25
3.6	PEMOTONGAN JET AIR	27
3.7	PENGGELEKAN SEJUK	28
3.8	RAWATAN HABA	29
3.9	PROSEDUR UJIAN TEGANGAN	30
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pengenalan	31
4.2	Keputusan dan Analisis Eksperimen	31
4.3	Rumusan	41
BAB 5	KESIMPULAN	
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Cadangan	43
RUJUKAN		45
LAMPIRAN		47

اونیورسیتی تکنیکل ملیسیا ملاک

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

SENARAI GAMBAR RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Graf suhu terhadap masa untuk perlindungan dan pembajaan.	10
2.2	Transformasi suhu-masa bagi besi apabila dikenakan rawatan haba.	11
2.3	Perubahan pemanjangan STS (keluli tahan karat) selepas penepuhlindungan.	14
2.4	Graf tegangan terhadap terikan.	19
3.1	Carta aliran metodologi.	21
3.2	Gambar rajah skematik.	23
3.3	Mesin ujian universal.	24
3.4	Ukuran diameter 'dog-bone'.	25
3.5	Contoh spesimen dalam lukisan 3-D.	26
3.6	Contoh lukisan spesimen pada pandangan atas.	26
3.7	Pemotongan Jet Air (Mach 2b Series).	27
3.8	Mesin penggelekan sejuk.	28
3.9	Alat rawatan haba.	29
4.1	Tenaga yang diserap dengan suhu yang dikenakan.	34
4.2	Jarak G.	34
4.3	Titik G ditandakan pada kesemua spesimen sebelum ujian tegangan.	35
4.4	Graf tegasan dan terikan sebelum penggelekan dan rawatan haba.	38
4.5	Graf tegangan dan tegasan selepas penggelekan dan rawatan haba.	39
4.6	Titik kekuatan alah dalam graf selepas ujian tegangan.	39

SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Huraian keluli tahan karat antara jenis-jenis keluli tahan karat.	2
2.1	Jenis-jenis keluli tahan karat dan kekuatan alah serta kekuatan tegangan.	15
4.1	Beban maksimum sebelum dan selepas penggelekan dan rawatan haba.	32
4.2	Lanjutan tegangan pada beban maksimum untuk semua spesimen.	35
4.3	Peratus pemanjangan spesimen sebelum dan selepas penggelekan dan rawatan haba.	36
4.4	Tegangan tegasan dan tegangan terikan.	37

اونیورسیتی تکنیکل ملیسیا ملاک

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

SENARAI SIMBOL

ΔL = perubahan dalam pemanjangan

L_0 = permulaan panjang

L = panjang akhir

ϵ = Terikan

F = daya

A = keratan rentas spesimen

σ = Tegasan



اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

SENARAI LAMPIRAN

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
1	Mesin rawatan haba.	47
2	Keluli tahan karat selepas penggelekan dan rawatan haba	48
3	Mesin pemotongan jet air	48
4	Spesimen 'dogbone'	49
5	Spesimen patah selepas ujian tegangan	49
6	Spesimen yang telah dibuat ujian tegangan	50
7	Carta Gantt PSM 1	51
8	Carta Gantt PSM 2	52

اونيورسيتي تېكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

BAB 1

PENGENALAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam industri seni bina, industri minyak dan gas, industri kereta dan dalam bidang perubatan, keluli tahan karat banyak digunakan. Keluli tahan karat ini digunakan untuk tujuan tertentu seperti membuat sistem ekzos, tangki minyak, sistem paip dan banyak lagi. Dalam bidang perniagaan makanan, kebanyakan peralatan dibuat dari keluli tahan karat sebagai tempat untuk diletakan makanan dan sebagai peralatan makan seperti buffet, sudu dan garfu. Logam ini antara yang paling selalu digunakan oleh perindustrian kerana bahan ini senang didapati, tahan dan bersih.

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

Terdapat berbagai jenis keluli tahan karat mengikut komposisinya. Apabila nikel ditambah, struktur austenit besi dimantapkan dan struktur hablur dihasilkan dapat mencekalkan keluli tahan karat dan menghasilkan keluli yang tidak bermagnet dan kurang rapuh pada suhu rendah. Keluli tahan karat akan menjadi lebih tinggi kekerasan dan kekuatan apabila lebih banyak karbon ditambah. Setiap jenis keluli tahan karat mempunyai peratusan karbonnya sendiri. nikel, manganase, kromium, aloi dan molibdenum. Jadual 1.1 menunjukkan huraian keluli antara pelbagai jenis keluli tahan karat.

Jadual 1.1: Huraian keluli tahan karat antara jenis-jenis keluli tahan karat

Jenis keluli tahan karat	Huraian
Austenitik	• Mempunyai satu struktur habluran austenitic. • Mengandungi 0.15% karbon, 16% kromium. • Mempunyai beberapa nikel mencukupi dan mangan untuk mengekalkan satu struktur austenitic di semua suhu.
Superaustenitik	• Mengandungi (>6%) molibdenum , beberapa tambahan nitrogen dan nikel yang lebih tinggi untuk mengelak kakisan. • Lebih mahal kerana mempunyai aloi yang lebih tinggi.
Ferritik	• Mempunyai rintangan kakisan lebih rendah disebabkan oleh kromium yang rendah dan mengandungi nikel. • Mengandungi 10.5% hingga 27% kromium dengan nikel yang sangat sedikit.
Martensitik	• Bukan sebagai tahan kakisan

	• Kuat dan keras dan boleh dikeraskan oleh rawatan haba. • Mengandungi (12% - 14%) kromium, (0.2% - 1%) molibdenum, (<2%) nikel dan (0.1% - 1%) daripada karbon.
Keluli Dupleks	• Kromium tinggi (19% - 32%) dan (>5%) molibdenum dan kandungan nikel yang lebih rendah.

1.2 Penyataan Masalah

Pada umumnya, kita tahu bahawa keluli tahan karat mempunyai rintangan kakisan yang amat baik. Keluli tahan karat boleh dihasilkan menggunakan tuangan, penempaan atau penyemperitan. Keluli tahan karat austenitik pula agak sukar untuk dimesin dan boleh menyebabkan kakisan jika proses patri dilakukan ke atasnya. Tujuan rawatan haba dilakukan adalah untuk menghasilkan campuran struktur mikro yang akan memberikan kombinasi sifat mekanik keluli yang baik. Ini sangat penting dalam industri penghasilan keluli tahan karat untuk memastikan keluli yang dihasilkan sangat tahan karat dan kuat. Penggelekan pula dilakukan pada permukaan bahagian dan melibatkan mampatan oleh satu unsur keras seperti bola atau sfera di mana boleh mencacatkan dan mengurangkan kekasaran permukaan. Plat keluli tahan karat perlu dimampatkan dan mengubah mikrostruktur di atasnya. Akhir sekali, saiz, bentuk dan sifat mekanik akan berubah dan meningkatkan kebolehmesinan.

1.3 Objektif

Objektif projek ini adalah seperti berikut:

1. Untuk menentukan sifat mekanikal keluli tahan karat.
2. Membandingkan sifat mekanikal keluli tahan karat sebelum dan selepas ujian.

1.4 Skop Projek

Skop projek ini adalah seperti berikut:

1. Untuk mempelajari ciri-ciri penggelekan pada keluli tahan karat dengan melakukan ujian makmal.
2. Hanya keputusan untuk keluli tahan karat sebelum dan selepas ujian rawatan haba akan dibentangkan untuk projek ini.
3. Ujian tegangan dilakukan ke atas keluli tahan karat sebelum dan selepas penggelekan dan rawatan haba.

1.5 Metodologi Am

Tindakan yang perlu dijalankan untuk mencapai objektif dalam projek ini adalah seperti berikut.

1. Permulaan

Pilih tajuk projek.

2. Penyataan masalah, objektif dan skop projek

Baca artikel atau jurnal tentang kajian-kajian pergolekan dan rawatan haba ke atas keluli tahan karat dan bagaimana eksperimen dijalankan.

3. Kajian literatur

Jurnal, artikel atau sebarang bahan mengenai projek akan dikaji semula.

4. Kaedah

Tindakan itu hendaklah di bawa untuk eksperimen ini.

5. Menghasilkan spesimen

Menghasilkan bahan yang akan digunakan dalam eksperimen ini. Spesimen keluli tahan karat akan dipotong menjadi 'dog-bone' dengan menggunakan pemotongan jet air.

6. Eksperimen

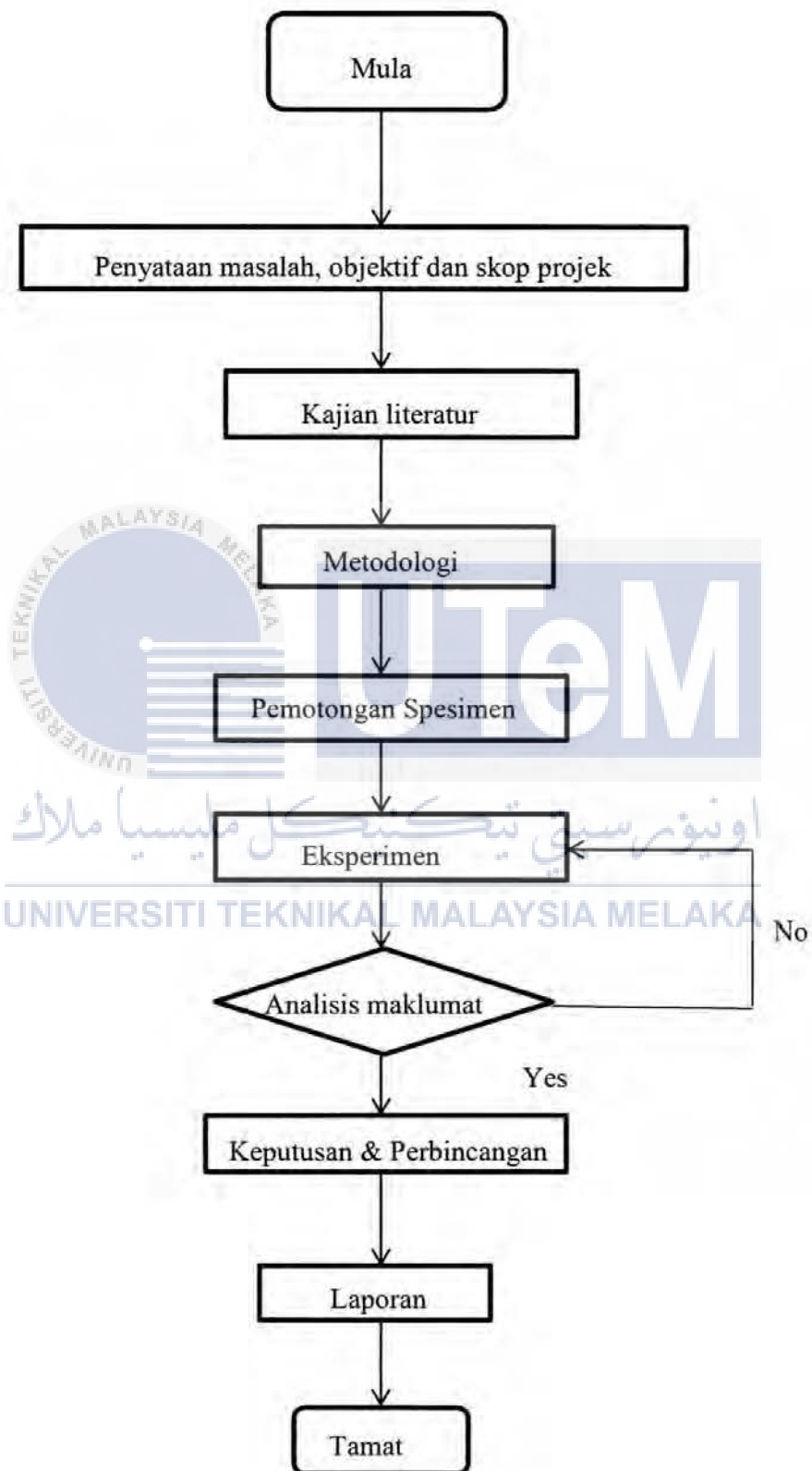
Buat satu eksperimen tentang kajian-kajian pengelekan keluli tahan karat.

7. Analisis maklumat

Menganalisis maklumat yang telah diambil sama ada melihat eksperimen ini gagal atau berjaya.

8. Hasil dan perbincangan

Satu laporan mengenai kajian ini akan ditulis pada akhir projek.



BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Penggelekan

2.1.1 Pengenalan

Penggelekan ialah proses membentuk logam di mana bahan logam akan melalui satu atau lebih pasangan penggelekan untuk mengurangkan ketebalan dan membuat ketebalan yang seragam. Konsep ini sama seperti penggelekan ke atas doh. Penggelekan diklasifikasikan mengikut suhu logam untuk digelekan. Jika suhu logam di atas suhu penghabluran semulanya, maka proses dikenali sebagai penggelekan panas. Jika suhu logam di bawah suhu penghabluran semulanya, proses dikenali sebagai penggelekan sejuk. Proses penggelekan hendaklah mencapai ketebalan akhir ditakrifkan dan ciri-ciri akhir. Penggelekan bermula dari kepingan-kepingan logam dihasilkan oleh proses tuangan. [Marcus Bambach, 2016]

2.1.1 Jenis-jenis Penggelekan

Terdapat beberapa jenis penggelekan seperti penggelekan panas, penggelekan sejuk, pengguling gelang, memprofailkan beralun dan mengawal beralun. Penggelekan mempunyai banyak jenis tetapi yang sering digunakan ialah penggelekan panas dan penggelekan sejuk. Dalam eksperimen ini, penggelekan sejuk digunakan sebelum membuat rawatan haba.

2.1.1.1

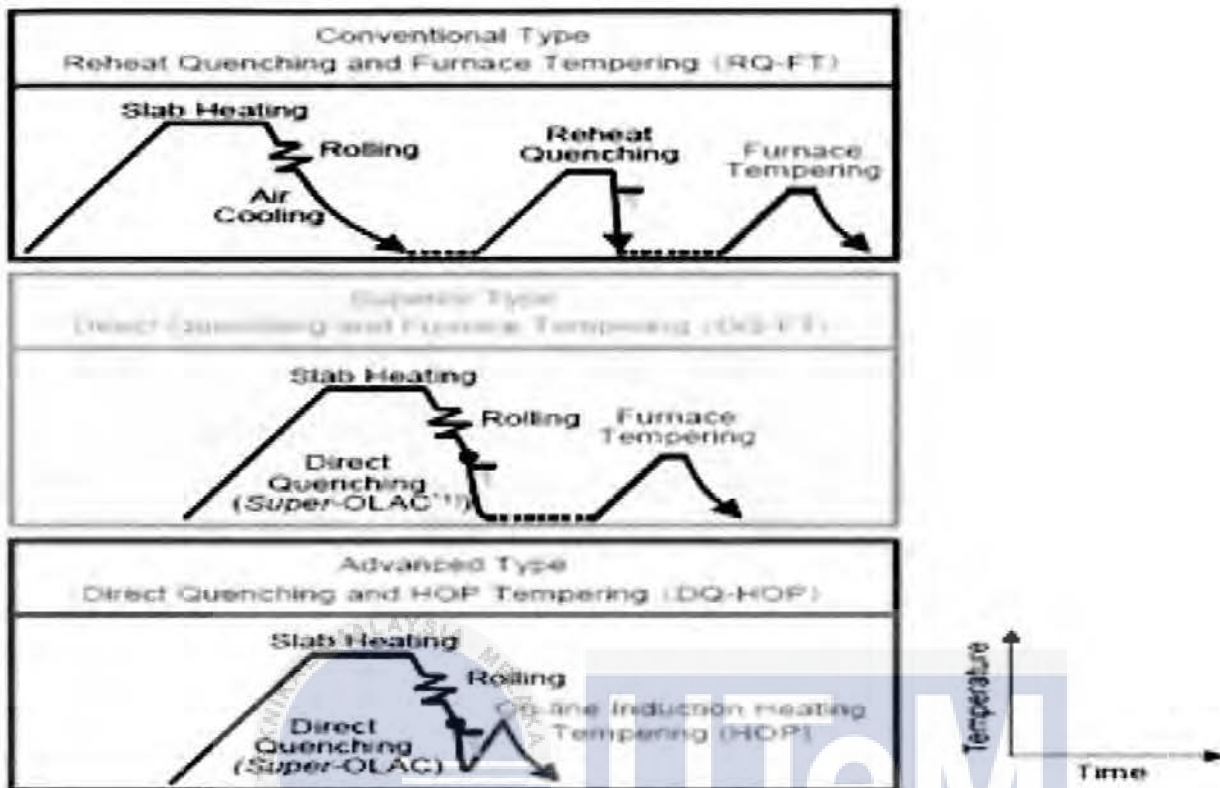
Penggelekan panas ialah satu proses kerja logam yang berlaku di atas suhu penghabluran semula bahan. Selepas bijian terhasil semasa pemprosesan, ia akan menghablur semula dengan memelihara satu persamaan mikrostruktur dan mencegah logam dari kerja pengerasan. Bahan permulaan ialah kepingan-kepingan logam yang besar seperti produk-produk tuangan yang separa selesai, kepingan dan hamparan. Apabila penggelekan panas dikenakan ke atas keluli tahan karat ia akan menukar teksturnya dari pemejalan. Proses menegangkan mekanikal dan penghabluran semula boleh mengurangkan pembatasan pada tekstur itu. Terdapat dua peringkat dalam melaksanakan keluli tahan karat berferit dalam penggelekan panas industri iaitu penggeloraan dan penyelesaian. [Flavia Viera Braga, 2015]

2.1.1.2

Penggelekan sejuk berlaku dengan logam di bawah suhu penghabluran semulanya yang meningkatkan kekuatan melalui pengerasan terikan sehingga 20%. Ia juga memperbaiki kemasan permukaan dan memegang toleransi dengan lebih ketat. Produk-produk yang biasa digelek sejuk termasuk kepingan, jalur, bar, dan rod-rod. Produk ini biasanya merupakan lebih kecil daripada produk yang digunakan untuk penggelekan panas. Penggelekan sejuk tidak boleh mengurangkan ketebalan bahan kerja dengan banyak berbanding penggelekan panas dalam satu penggelekan. Penggelekan sejuk jalur-jalur keluli tahan karat telah digunakan dengan meluas dalam pelbagai bidang disebabkan rintangan kakisan yang amat baik seperti rintangan haba, kekuatan sederhana dan kemuluran dan boleh dikitar semula. Bentuk-bentuk lain boleh digelek sejuk jika keratan rentas agak seragam dan dimensi melintang agak kecil. [Chang-sheng Li, 2014]

2.2 Rawatan Haba

Kaedah-kaedah rawatan haba seperti pelegaan tegasan, penguatan dan penyepuhlindungan, mengukuhkan kemuluran dan ciri-ciri rintangan kakisan logam yang diubah semasa membentuk atau menjana struktur keras mampu menerima lelasan dan mempunyai mekanikal tekanan yang tinggi. Haba merawat ialah antara kerja-kerja dalam perindustrian dan proses-proses pengerjaan logam digunakan untuk mengubah ciri-ciri fizikal, bahan kimia dan ciri-ciri bahan tersebut. Rawatan haba juga digunakan dalam menghasilkan bahan-bahan lain seperti kaca, aluminium, besi dan pelbagai jenis bahan lagi.

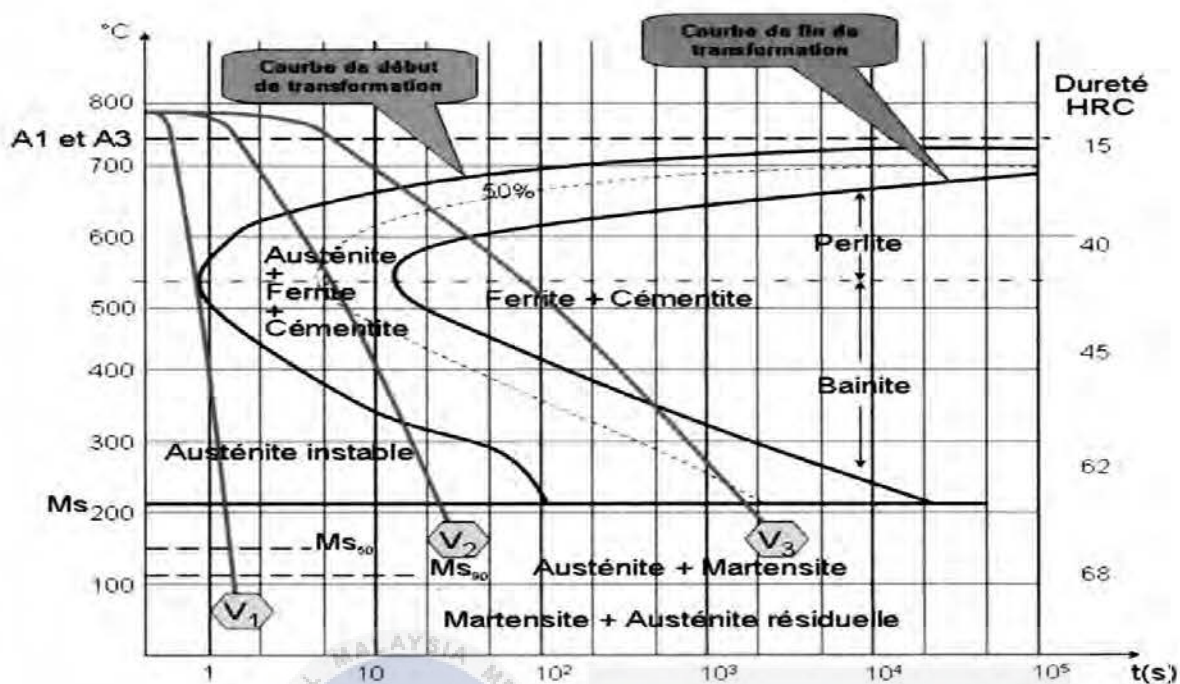


Rajah 2.1 : Graf suhu terhadap masa untuk perlindungan dan pembajaan

اونيور سيتي تيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

Rawatan haba juga melibatkan penggunaan pemanasan atau pendinginan dan selalunya pada suhu melampau untuk mencapai satu keputusan yang diinginkan seperti menguatkan atau melembutkan satu bahan. Rawatan haba juga boleh mengubah ketebalan lapisan sesuatu bahan. [D.S. Bae, 2011]. Rawatan haba ialah pemanasan dan pendinginan sesuatu logam yang akan mengubah ciri-ciri fizikal dan mekanikal tanpa mengubah bentuknya dan boleh digunakan untuk mengubah beberapa sifat mekanik seperti meningkatkan kebolehbentukan dan memesis.



 : Perbezaan kadar penyejukan apabila disejukan daripada suhu kritikal A3

V1 : Menghasilkan martensit

V2 : Menghasilkan pearlit dicampur dengan martensit

V3 : Menghasilkan bainit bersama pearlit dan martensit

Rajah 2.2 : Transformasi suhu-masa bagi besi apabila dikenakan rawatan haba

Terdapat dua mekanisma yang akan merubah ciri-ciri aloi semasa rawatan haba. Pertama ialah pembentukan martensit yang menyebabkan penghabluran secara hakiki dan kedua ialah resapan mekanisme menyebabkan perubahan dalam kehomogenan aloi.

2.2.1 Jenis-jenis Rawatan Haba

2.2.1.1 Pengerasan

Keluli tahan karat berferit austenitic ini mempunyai keupayaan pengerasan terikan tinggi, disebabkan fasa austenit yang metastabil yang membawa ke pemanjangan seragam menjadi lebih baik dan kekuatan tegangan akan meningkat. Dalam kebanyakan kes, proses yang terjadi melibatkan pembentukan satu mikrostruktur martensitic semasa perlindapan daripada austenite. Seperti keluli aloi rendah, keluli tahan karat martensit dibekukan menggunakan pewajaan, perlindapan dan austenit. Suhu-suhu austenit merangkumi 980°C kepada 1010°C. Pada suhu austenit 980°C, kekerasan dihilangkan sebagai cenderung untuk peningkatan terlebih dahulu dan kemudian menurun mengikut pengejukan suhu logam. Suhu optimum austenit untuk gred-gred keluli tertentu boleh berdasarkan pada suhu proses pewajaan.

2.2.1.2 Penyepuhlindapan

Penyepuhlindapan adalah memanaskan suatu logam pada suhu tertentu dan proses penyejukan pada suatu kadar yang cepat akan menghasilkan satu mikrostruktur halus. Penyepuhlindapan paling kerap digunakan untuk melembutkan satu logam bagi pekerjaan yang sejuk untuk meningkatkan kebolehmesinan, atau meningkatkan ciri-ciri bahan seperti kekonduksian elektrik.

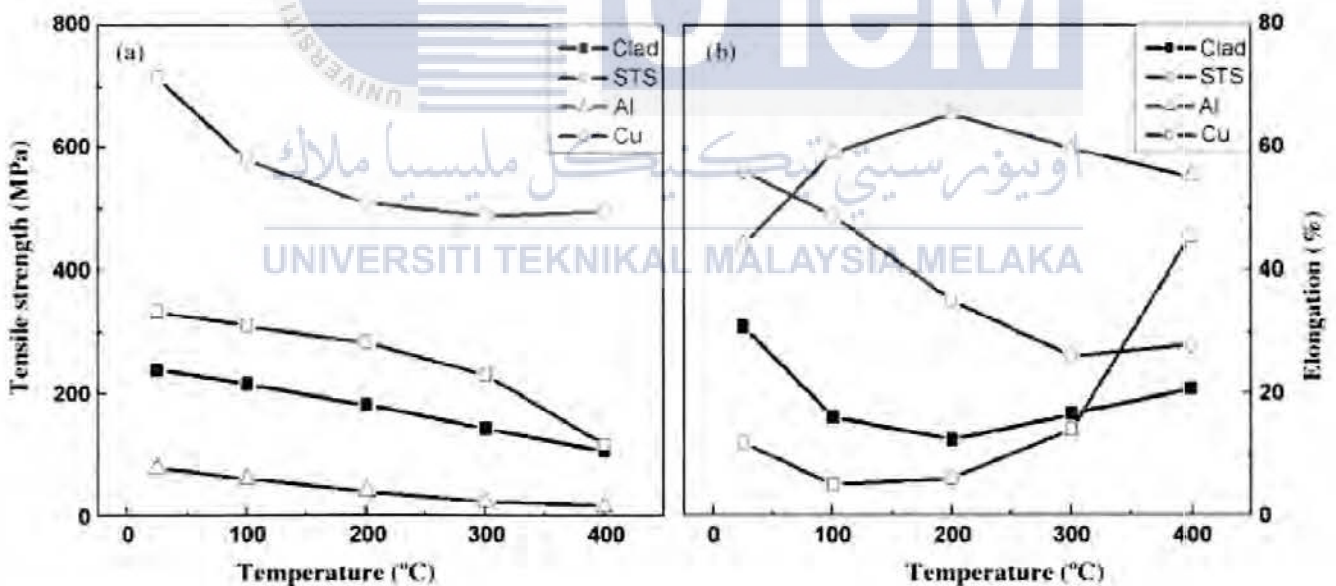
2.2.1.3 Perlindapan

Perlindapan merupakan satu proses penyejukan sesuatu logam dengan kadar yang laju. Ini kerap dilakukan untuk menghasilkan perubahan martensit. Untuk mengeraskan sesuatu logam menggunakan perlindapan, logam tersebut hendaklah dipanaskan pada suhu tertinggi dan disejukan dengan kadar segera. Bagaimanapun, kebanyakan logam bukan besi seperti pancalogam tembaga, aluminium, nikel dan beberapa aloi tinggi seperti keluli tahan karat (304, 316) austenite akan menghasilkan satu kesan bertentangan apabila dilakukan perlindapan kerana ia akan melembutkan logam-logam tersebut.

2.2.1.4 Pembajaan

Pembajaan melibatkan pemanasan keluli yang telah dilindapkan dan dikeraskan untuk tempoh masa mencukupi supaya sifat mekanik logam boleh diseimbangkan. Kekerasan dan kekuatan logam diperolehi bergantung kepada suhu pembajaan dijalankan. Suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan kemuluran tinggi tetapi kekuatan dan kekerasan akan rendah. Suhu pembajaan yang rendah pula akan menghasilkan kemuluran yang rendah tetapi kekuatan dan kekerasan tinggi. Pembajaan ini dilakukan pada semua keluli karbon yang telah menjadi keras supaya dapat mengurangkan kerapuhan.

Keluli tahan karat memerlukan rawatan haba yang sesuai mengikut jenis-jenis keluli tahan karat yang digunakan untuk ujikaji kerana kandungan aloi yang berbeza bagi setiap jenis keluli tahan karat. Dalam eksperimen ini, rawatan haba yang digunakan ialah penyepuhlindapan kerana keluli karat yang digunakan adalah jenis yang lembut dan mengandungi karbon yang sedikit. Jika menggunakan rawatan haba jenis perlindungan, keluli tahan karat yang digunakan untuk uji kaji ini akan menjadi lembut. Keputusan ciri-ciri bahan asal sebelum pengelekan akan menghasilkan perbezaan yang ketara selepas pengelekan dan perlindungan. Semua keluli tahan karat berferit dan martensit boleh melakukan proses disepuh dengan pemanasan dalam julat suhu ferit, atau sepenuhnya disepuh dengan pemanasan di atas suhu genting dalam lingkungan austenit. Pemanjangan keluli tahan karat akan meningkat jika melakukan pemanasan penyepuhlindapan. [J.E. Lee, 2007]



Rajah 2.3: Perubahan pemanjangan STS (keluli tahan karat) selepas rawatan haba penyepuhlindapan.

2.3 Bahan Kerja

2.3.1 Keluli tahan karat

Keluli tahan karat ialah aloi besi yang mempunyai sekurang-kurangnya 10.5% kromium. Kromium menghasilkan satu lapisan nipis oksida pada permukaan keluli dikenali sebagai lapisan pasif. Ini mencegah mana-mana kakisan pada permukaan logam. Kandungan kromium yang tinggi memberi peningkatan kepada rintangan kakisan. Selain itu, keluli tahan karat juga mengandungi kandungan elemen yang berbeza seperti Karbon, Silikon and Manganese. Unsur lain seperti Nikel dan Molibdenum mungkin ditambah untuk menambahkan kebolehan logam tersebut seperti meningkatkan kebolehbentukan dan menambah rintangan kakisan. Banyak kegunaan keluli tahan karat dalam kehidupan seharian seperti system ekzos kereta, tangki air, barang-barang catering dan barang-barang perubatan. Semua barang-barang tersebut tidak berkarat jika digunakan dan amat bahaya pada pengguna jika berkarat.

Jadual 2.1: Jenis-jenis keluli tahan karat dan kekuatan alah serta kekuatan tegangan.

Jenis Keluli	301	304	304L	305	309S	310S	316	316L
Tahan Karat	301	304	304L	305	309S	310S	316	316L
Kekuatan Alah (0.2% offset) MPa	275	290	270	262	310	310	290	290
Kekuatan tegangan MPa	755	580	560	585	620	655	580	560

Sumber: [David P. Rowland]

2.3.2 Jenis-jenis keluli tahan karat

2.3.2.1 Ferit

Besi ini berdasarkan kromium dengan mengandungi karbon tidak kurang dari 0.10%. Besi ini biasanya dihadkan dalam penggunaan kepada seksyen-seksyen agak nipis kerana logam ini agak liat. Ferit tidak boleh dibekukan oleh rawatan haba. Kromium yang tinggi dengan pencampuran-pencampuran Molibdenum boleh digunakan dalam syarat-syarat agak agresif seperti dalam air laut. Keluli berferit juga dipilih sebagai rintangan pada retakan kakisan tegasan.



2.3.2.2 Austenit

Mikrostruktur austenit berasal daripada tambahan Nikel, Mangan dan Nitrogen. Ia struktur sama seperti yang berlaku dalam keluli biasa di suhu-suhu lebih tinggi. Struktur ini memberi keluli ciri-ciri gabungan kebolehkimpalan dan kebolehbentukan. Rintangan kakisan boleh ditingkatkan dengan menambahkan Kromium, Molibdenum dan Nitrogen. Austenit tidak boleh dikeraskan oleh rawatan haba. Keluli austenitik boleh terdedah kepada retakan kakisan tegasan. Keluli austenitic yang mengandungi nikel yang tinggi boleh meningkatkan rintangan kepada retakan kakisan tegasan. Austenit selalunya tidak bermagnet tetapi akan menunjukkan beberapa tarikan magnetik bergantung pada komposisi dan kerja pengerasan keluli.

2.3.2.3 Martensit

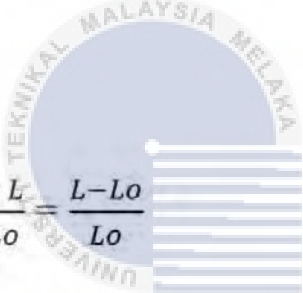
Keluli bermartensit sama seperti keluli berferit berdasarkan kandungan Kromium tetapi mempunyai kandungan Karbon yang lebih tinggi sebanyak 1% berbanding keluli berferit. Ini membenarkan martensit dikeraskan dan dilembutkan seperti karbon dan keluli aloi rendah. Martensit akan digunakan jika memerlukan kekuatan tinggi dan rintangan kakisan yang sederhana. Martensit lebih banyak dalam produk-produk panjang dalam bentuk helaian dan plat. Keluli ini mempunyai kebolehkimpalan dan kebolehbentukan yang rendah. Martensit merupakan logam yang bermagnetik.

2.3.2.4 Dupleks

Keluli ini mempunyai satu mikrostruktur yang mengandungi lebih kurang 50% berferit dan 50% beraustenit. Ini memberi keluli tersebut satu kekuatan lebih tinggi daripada keluli beraustenit atau berferit. Keluli dupleks tahan pada retakan kakisan tegasan. Keluli "dupleks condong" dirumuskan mempunyai rintangan kakisan setanding kepada keluli austenitik biasa tetapi dengan meningkatkan kekuatan dan rintangan kepada retakan kakisan tegasan. Keluli "Superduplex" pula mempunyai kekuatan dan rintangan bagi semua bentuk kakisan berbanding dengan keluli austenitik biasa. Mereka mempunyai keupayaan sederhana dalam kebolehbentukan.

2.4 Ujian

Dalam ujikaji ini, ujian tegangan digunakan. Ujian tegangan merupakan satu ujian sains kebendaan yang asas di mana satu sampel akan melalui satu tegangan terkawal sehingga gagal. Keputusan daripada ujian itu biasa digunakan untuk memilih satu bahan untuk kawalan mutu dan meramalkan bagaimana satu bahan akan bertindak balas di bawah lain-lain jenis tekanan.


$$\text{Terikan, } \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Di mana ;

ΔL = perubahan dalam pemanjangan

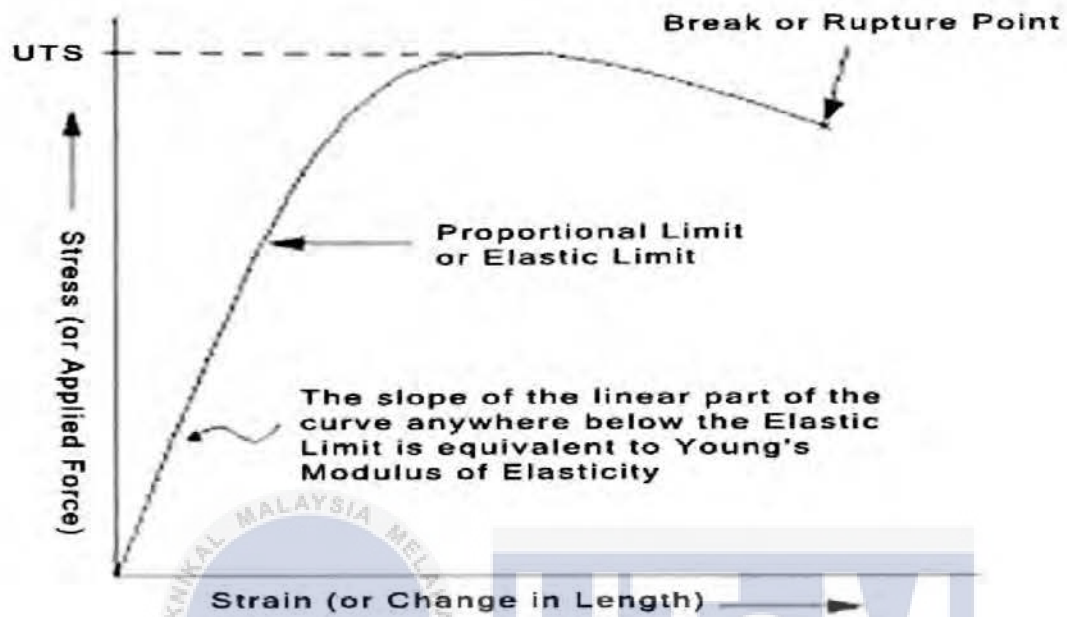
L_0 = permulaan panjang

L = panjang akhir

$$\text{Tegasan, } \sigma = \frac{F}{A}$$

F = daya

A = keratan rentas spesimen



Rajah 2.4: Graf tegangan terhadap terikan

اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

BAB 3

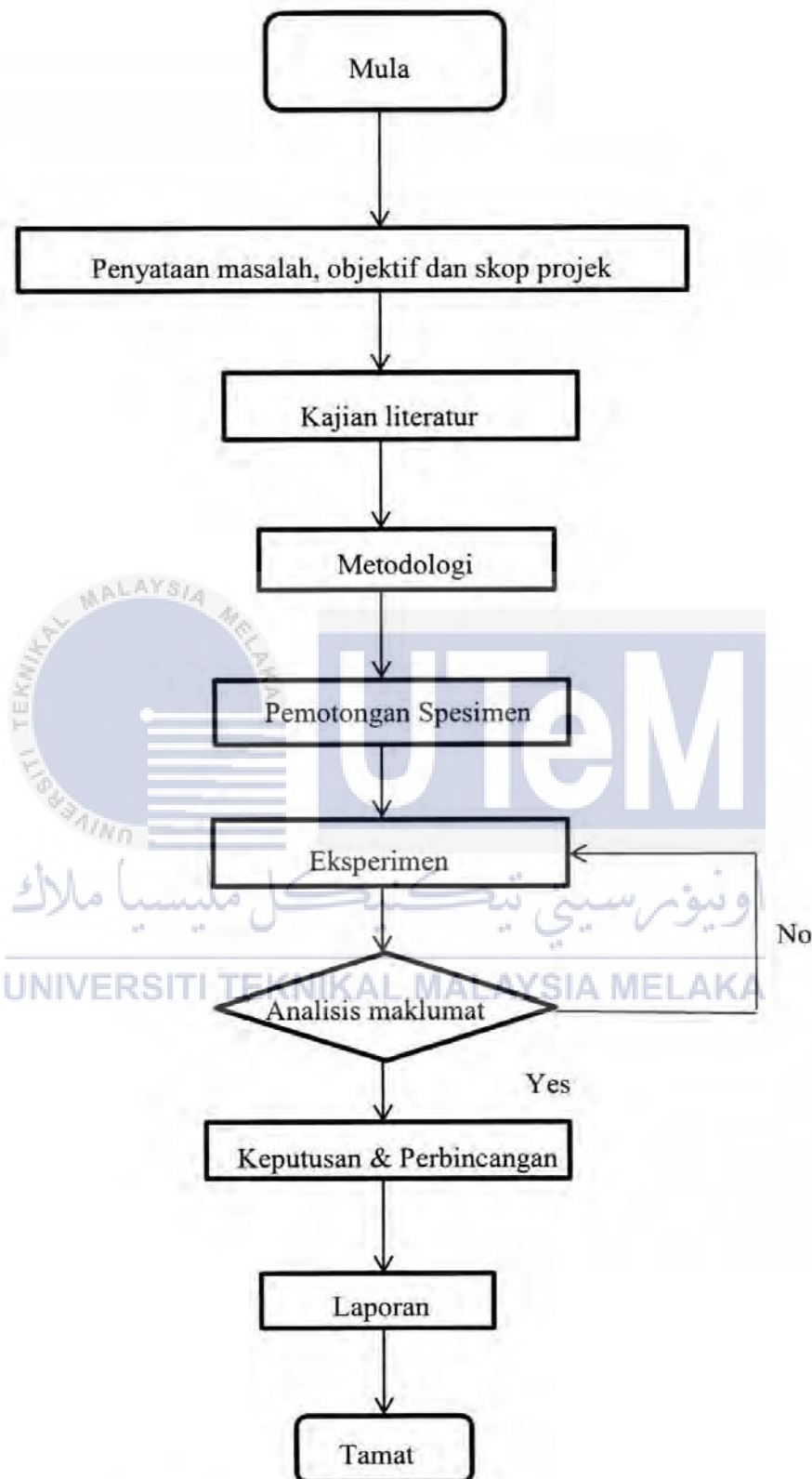
METODOLOGI

3.1 Pengenalan

Dalam bab ini, saya akan menghuraikan peralatan dan spesimen yang akan digunakan untuk menjalankan eksperimen-eksperimen kesan penggelekan dan rawatan haba ke atas keluli tahan karat. Saya memerlukan mesin penggelekan dan rawatan haba bagi mendapat keputusan yang tepat dan juga satu alat untuk mengukur jumlah tegangan.

3.2 Carta Aliran

Dalam Bab 1, kaedah umum telah dinyatakan sebagai langkah pertama untuk menjalankan eksperimen ini. Ini ialah permulaan untuk menghasilkan satu idea lebih berkesan dalam melaksanakan atau merancang langkah seterusnya dalam uji kaji yang akan dilakukan. Carta aliran yang dibuat pada Bab 1 akan diterangkan secara lebih mendalam dalam Bab 3. **Rajah 3.1** di bawah menunjukkan carta aliran yang telah dijadualkan dalam Bab 1.



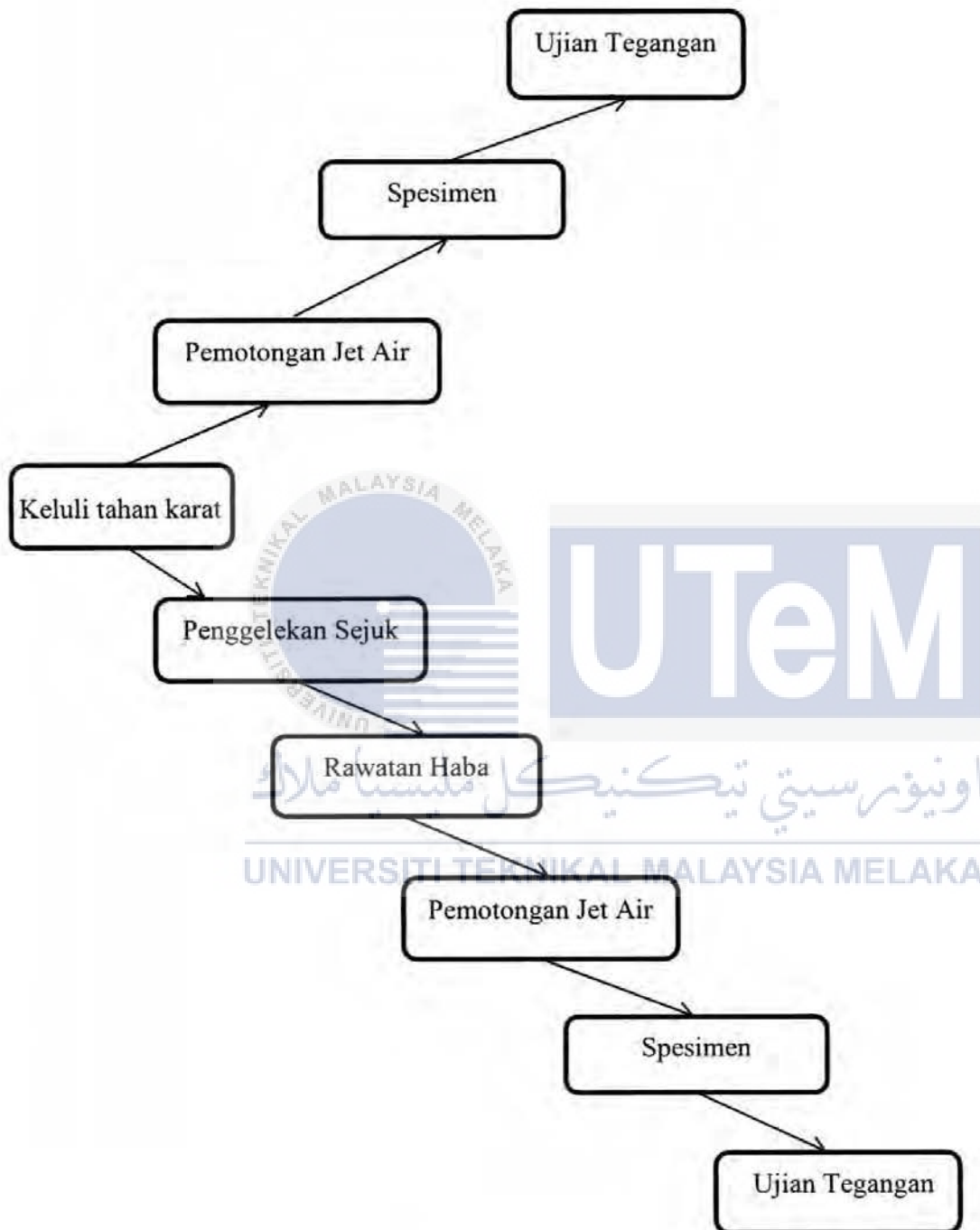
Rajah 3.1: Carta aliran metodologi

Dalam menjalankan eksperimen ini, terdapat beberapa perkara penting yang perlu dipertimbangkan. Antaranya ialah pernyataan masalah, objektif eksperimen dan juga skop projek. Ini boleh dilihat dari masalah yang terdapat dalam satu industri seperti sistem ekzos, tangki air dan sistem paip dalam air laut. Hal ini kerana logam yang digunakan adalah keluli yang tahan daripada karat dan kakisan. Tinjauan literatur menjelaskan secara terperinci penyelidikan yang telah dilakukan oleh penyelidik terdahulu mengenai kajian kesan penggelekan dan rawatan haba dan memberi lebih tumpuan tentang latar belakang projek ini. Seperti yang dinyatakan pada pecahan-pecahan bab dalam tinjauan literatur, maksud penggelekan, jenis-jenis penggelekan, jenis-jenis rawatan haba, ujian tegangan dan sebagainya yang telah diterangkan.

Langkah seterusnya ialah metodologi di mana dalam bab ini kaedah yang akan dilaksanakan dalam eksperimen ini. Seksyen ini merangkumi semua proses dan langkah yang perlu dilakukan dalam eksperimen dan menghasilkan spesimen keluli tahan karat. Dalam proses menghasilkan spesimen, spesimen akan melalui beberapa langkah. Keluli tahan karat akan potong dengan menggunakan pemotongan jet air.

Semasa dijalankan eksperimen, Instron 5585 Testing Machine (UTM) akan digunakan untuk menguji ketegangan spesimen sebelum melakukan penggelekan dan rawatan haba. Data ujian akan dikaji untuk mencari kadar tegangan keluli tahan karat. Selepas itu, spesimen lain akan dilakukan penggelekan sejuk dan seterusnya rawatan haba ke atas spesimen tersebut. Ujian ketegangan dilakukan ke atas spesimen yang telah dilakukan penggelekan sejuk dan rawatan haba dan data ujian akan di ambil untuk dibandingkan dengan spesimen yang tidak dikenakan penggelekan dan rawatan haba. Akhir sekali, keputusan dan perbincangan. Dalam bahagian ini perbincangan akan dilakukan selepas keputusan eksperimen diperoleh. Keputusan akan diperoleh selepas ujian terakhir selesai.

3.3 Gambar Rajah Skematik

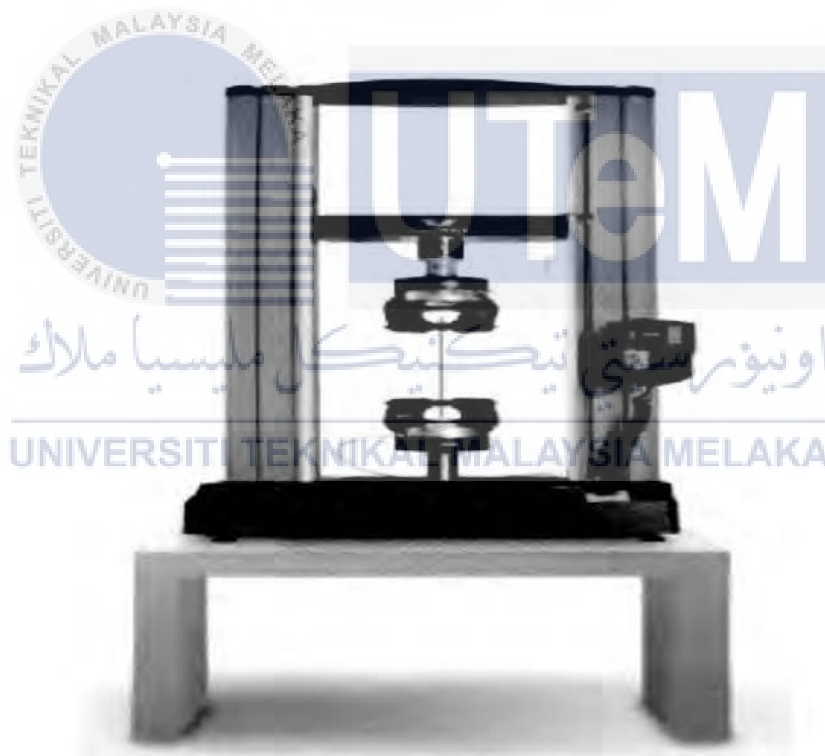


Rajah 3.2: Gambar rajah Skematik

3.4 Mesin Ujian Tegangan

Mesin Ujian Universal

Mesin Ujian Universal atau singkatannya (UTM) dikenali sebagai mesin ujian bahan. Mesin ini boleh digunakan untuk menguji ciri-ciri tegang dan kemampatan bahan. Mesin ini biasanya digunakan untuk komponen automotif, gubahan, plastik, logam, bahan getah, pelekat, bahan-bahan bukan suhu ambien dan banyak lagi. **Rajah 3.3** di bawah menunjukkan Mesin Ujian Universal.

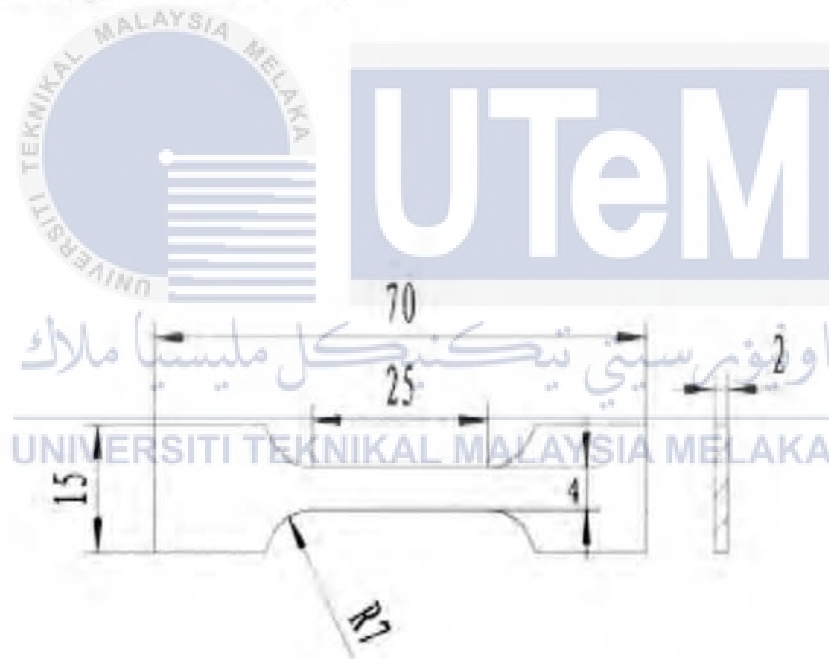


Rajah 3.3: Mesin Ujian Universal

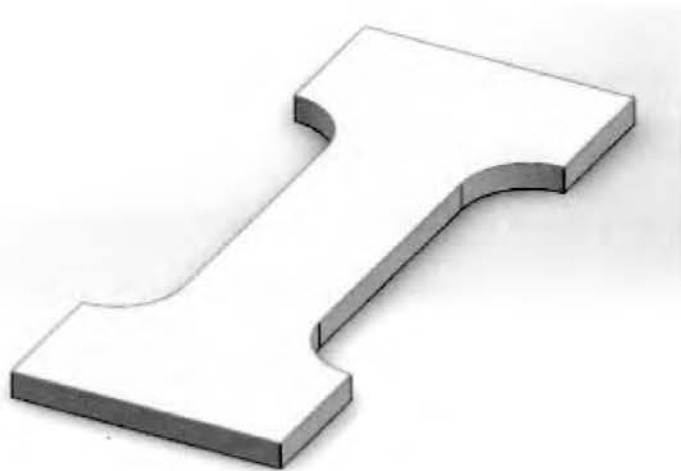
[Instron.us., "5585 Dual Column Testing Systems For Tensile, Compression, Flexure, Peel Testing - Instron"]

3.5 Penyediaan Spesimen

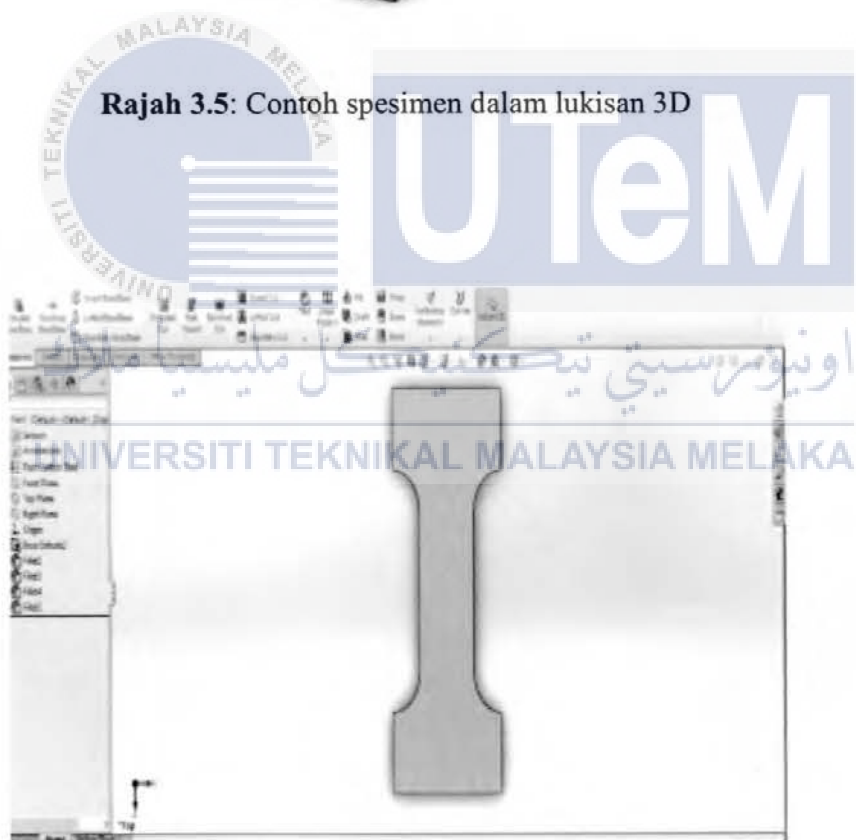
Untuk menjalankan uji kaji ini, beberapa spesimen perlu disediakan. Sekeping keluli tahan karat akan dipotong menjadi 6 bentuk tulang-anjing 'dog-bone' menggunakan pemotongan jet air. 3 daripada spesimen ini akan melalui proses penggelekan, rawatan haba dan ujian ketegangan. 3 lagi hanya akan melalui ujian ketegangan sahaja. **Rajah 3.4, 3.5 dan 3.6** menunjukkan ukuran diameter dan contoh gambar rajah skematik spesimen yang dihasilkan menggunakan perisian Solidwork. (hamper sama dengan ISO 6892-1998)



Rajah 3.4: Ukuran diameter tulang-anjing 'dog-bone'



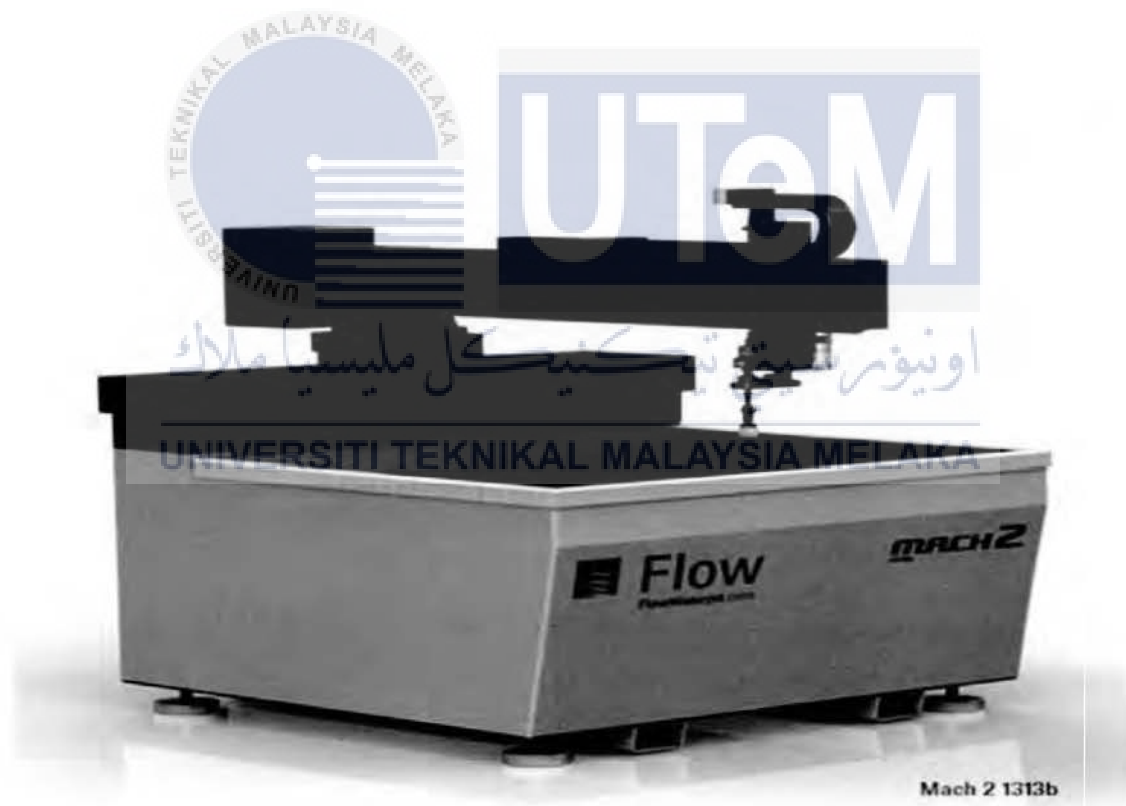
Rajah 3.5: Contoh spesimen dalam lukisan 3D



Rajah 3.6: Contoh spesimen pada pandangan atas

3.6 Pemotongan Jet Air

Kepingan keluli tahan karat perlu diletakan dengan betul bagi mendapat pemotongan yang tepat dan dapat mengelakkan daripada pembaziran. Mesin ini memerlukan lukisan 2-D untuk dibaca oleh mesin dan mesin akan potong mengikut lukisan yang kita hasilkan. **Rajah 3.7** menunjukkan contoh mesin pemotongan jet air yang akan digunakan.



Rajah 3.7: Pemotong Jet Air (Mach 2b Series)

3.7 Penggelekan Sejuk

Proses penggelekan sejuk telah dipilih sebagai salah satu proses spesimen di mana spesimen akan digelek oleh mesin penggelek. Parameter disediakan yang mana akan mengurangkan ketebalannya. Sebanyak 50% daripada ketebalan akan berkurang daripada ketebalan asalnya. **Rajah 3.8** di bawah adalah mesin penggelek yang akan digunakan dalam proses penggelekan sejuk.



Rajah 3.8: Mesin Penggelekan Sejuk Modal No. T/1/125

3.8 Rawatan Haba



Rajah 3.9: Alat yang digunakan untuk rawatan haba 450x600x750mm, 380v, 2500w

Rawatan haba yang digunakan dalam uji kaji ini ialah proses penyejukan dan penyepuhlindapan. Tujuan melakukan rawatan haba adalah untuk mengembalikan ciri-ciri asal bahan tersebut.

3.9 Prosedur Ujian Tegangan ke atas spesimen keluli tahan karat

- 1) Satu kepingan keluli tahan karat dipotong menjadi 6 spesimen berbentuk tulang-anjing 'dog-bone' dengan menggunakan pemetongan jet air.
- 2) 3 spesimen diuji ujian tegangan bagi mengenalpasti kekuatan bahan tanpa melakukan penggelekan dan rawatan haba.
- 3) Mengumpul semua data yang diperoleh dan purata data diambil.
- 4) 3 spesimen dilakukan penggelekan dan rawatan haba penyejukan dan penyepuhlindungan.
- 5) Ujian ketegangan dilakukan ke atas 3 spesimen yang telah dilakukan penggelekan dan rawatan haba.
- 6) Mengumpul semua data yang diperoleh dan purata data diambil.
- 7) Perbandingan data dilakukan antara ujian ketegangan dilakukan penggelekan dan rawatan haba dan ujian ketegangan yang tanpa penggelekan dan rawatan haba.

BAB 4

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1 PENGENALAN

Dalam bahagian ini, semua keputusan eksperimen akan ditunjukkan dan dikaji semula. Semua data telah dijadualkan dalam bentuk jadual dan graf. Kemudian beberapa kajian dan analisis akan dilakukan secara ringkas berdasarkan hasil dan data untuk memastikan pemahaman kajian. Ini adalah bahagian di mana kita dapat mengenal pasti sama ada objektif kajian tercapai sepenuhnya atau tidak.

4.2 KEPUTUSAN DAN ANALISIS EKSPERIMEN

Dalam bahagian ini membincangkan tentang segala data dan parameter yang berkaitan tentang eksperimen yang telah dilakukan. Tiga sepsimen keluli tahan karat yang tidak dilakukan penggelekan sejuk dan rawatan haba dan tiga spesimen dikenakan penggelekan sejuk dan rawatan haba. Ujian tegangan dikenakan pada kesemua spesimen. Parameter yang diperoleh dari eksperimen ini ialah beban maksima, tegasan tegangan pada beban maksimum, tegasan tegangan pada beban maksimum, terikan tegangan pada beban maksimum dan Young's modulus untuk setiap spesimen selepas dan sebelum rawatan haba. Selain itu, alah (yield) untuk setiap beban

maksimum, tegasan tegangan pada beban maksimum dan terikan tegangan pada beban maksimum diperolehi. Semua parameter ini membuktikan terdapat perubahan bahan pada keluli tahan karat selepas dikenakan rawatan haba. Akhir sekali, dalam bab ini membincangkan perbezaan keluli tahan karat sebelum dan selepas dikenakan penggelekan sejuk dan rawatan haba.

4.2.1 KEKERASAN

Beban maksimum juga dikenali sebagai Beban Peak, ini adalah beban yang paling tinggi yang dihasilkan semasa ujian kesan. Seringkali ketika ini juga mungkin sesuai dengan bermulanya kerosakan atau kegagalan lengkap pada spesimen.

Jadual 4.1: Beban maksimum sebelum dan selepas penggelekan sejuk dan rawatan haba.

Spesimen	Beban maksimum (kN)	
	Sebelum	Selepas
1	7.162	6.324
2	7.316	6.375
3	7.371	6.175

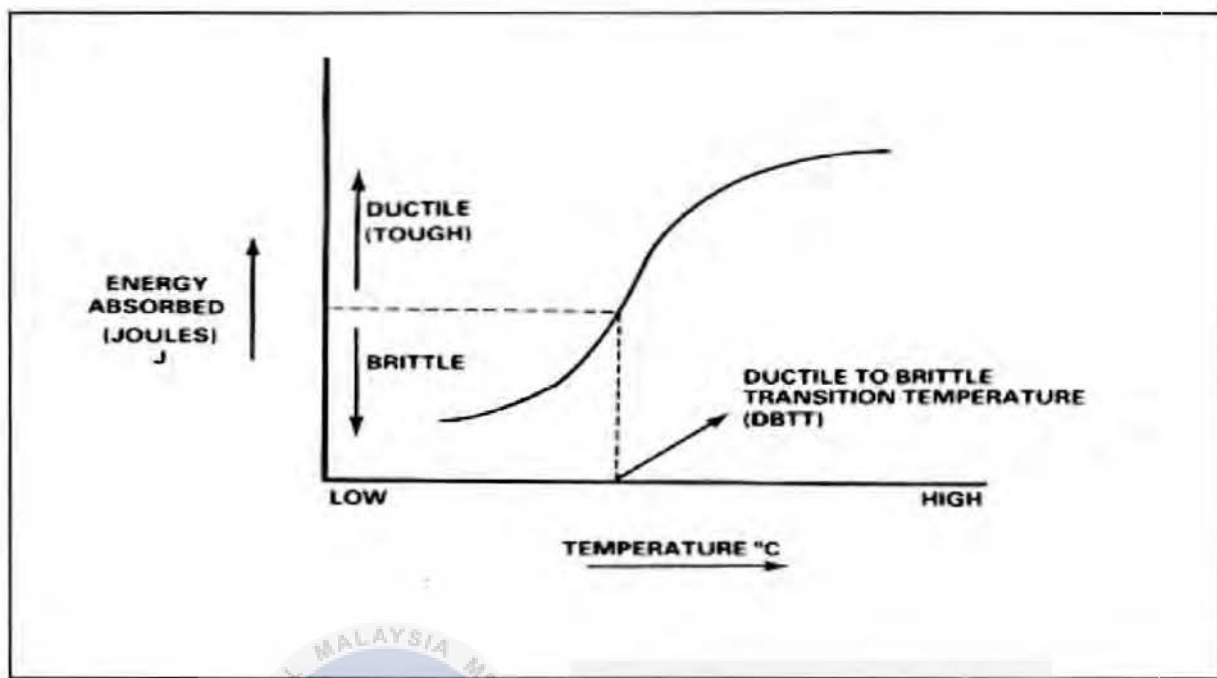
Berdasarkan **Jadual 4.1**, nilai beban maksimum sebelum lebih tinggi dari selepas keluli tahan karat dikenakan penggelekan dan rawatan haba. Hal ini kerana struktur bahan keluli tahan karat telah menjadi mulur selepas dikenakan penggelekan sejuk dan penyepuhlindapan sebagai rawatan haba. Purata pengurangan beban maksimum sebelum dan selepas ialah sebanyak 13.6% di mana hanya terdapat sedikit sahaja perubahan dengan 7.283 kN kepada 6.291 kN.

Keliatan adalah kapasiti bahan untuk menghasilkan secara plastik dalam keadaan tekanan setempat. Ia adalah penting dalam kejuruteraan. Kekerasan adalah penting dalam mengkaji sifat mekanikal dan berguna sebagai satu cara untuk memberi petunjuk kekuatan tegangan dan sebagai ujian bukan pemusnah untuk memeriksa rawatan haba dan menyusun bahan [David P. Rowlands]. Suhu yang dikenakan pada keluli tahan karat untuk membuat rawatan haba ialah 1120°C dan disejukkan pada suhu bilik. Jika komposisi dipanaskan pada suhu yang tinggi 600°C - 850°C untuk tempoh yang lama dan disejukkan dengan suhu bilik atau suhu yang lebih rendah di mana fasa rapuh dipanggil Sigma berkembang dalam struktur kristal dan akan merosakkan keliatan keluli tahan karat.[David P. Rowlands].

Akhir sekali, berdasarkan **Jadual 4.1**, spesimen yang telah dikenakan rawatan haba mempunyai beban maksimum yang sedikit berbanding spesimen yang tidak dikenakan rawatan haba. Ini jelas menunjukkan keliatan keluli menjadi rapuh apabila dikenakan suhu yang sangat tinggi.

اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA



Rajah 4.1: Tenaga yang diserap dengan suhu yang dikenakan.

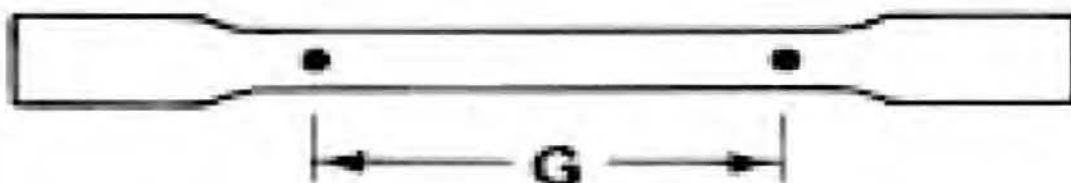
4.2.2 PEMANJANGAN

اونيورسيتي تیکنیکل ملیسيا ملاک

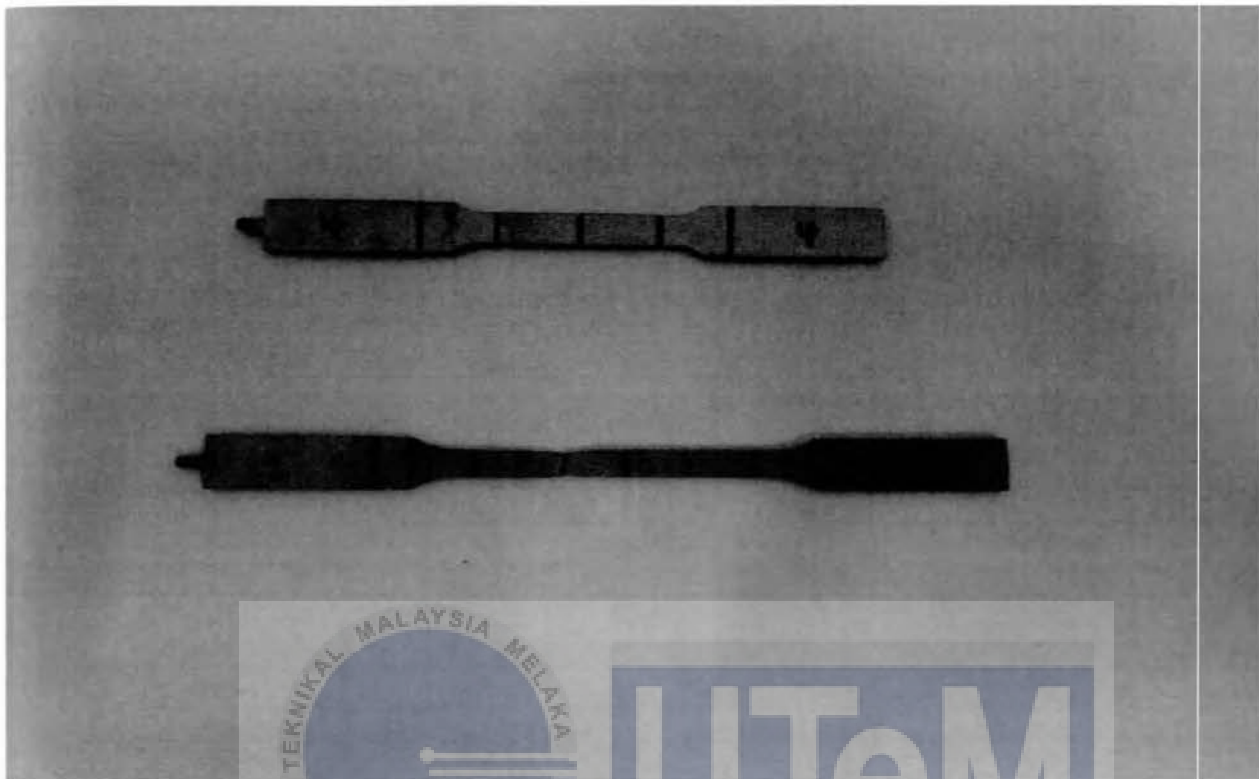
UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

Sebelum spesimen ujian tegangan, panjang standard ditandakan pada bahagian ujian spesimen.

Ini dikenali sebagai tolok yang (Gage) panjang, dan ditunjukkan oleh "G" dalam Rajah



Rajah 4.2: Jarak G



Rajah 4.3: Titik G ditandakan pada setiap spesimen sebelum ujian tegangan.

Jadual 4.2: Lanjutan tegangan pada beban maksimum untuk semua spesimen.

Spesimen	Lanjutan tegangan pada beban maksimum (mm)	
	Sebelum	Selepas
1	21.54	24.98
2	21.78	25.77
3	22.27	25.41
Purata	21.86	25.39

Pemanjangan spesimen dikira menggunakan formula:

$$\frac{\text{Jarak antara titik G selepas putus} - \text{panjang asal G}}{\text{Panjang asal G}} \times 100$$

Jadual 4.3: Peratus pemanjangan spesimen sebelum dan selepas penggelekan dan rawatan haba.

Spesimen	Pemanjangan (%)	
	Sebelum	Selepas
1	82.8	96
2	83.7	99.1
3	85.7	97.7
Purata	84.07	97.6

Jadual 4.3 menunjukkan peratusan pemanjangan bagi setiap spesimen yang dikenakan ujian tegangan. Peratusan bagi spesimen yang telah dikenakan penggelekan dan rawatan haba lebih tinggi dari sebelum dikenakan penggelekan dan rawatan haba. Hal ini kerana keluli tahan karat menjadi mulur selepas dikenakan rawatan haba. Pemanjangan merupakan satu ukuran kemuluran bahan dan keupayaan bahan untuk berubah bentuk dalam plastik tanpa keretakan.

4.2.3 KEKUATAN ALAH (YIELD) DAN KEKUATAN TEGANGAN

Sifat mekanikal yang biasa digunakan adalah untuk perbandingan, rujukan dan tujuan reka bentuk bertujuan mengetahui kedua-dua kekuatan alah dan kekuatan tegangan. Spesimen tegangan ialah keratan rentas yang mempunyai sampel seragam. Ia mempunyai dua bahu dan tolok (bahagian) di antaranya. Bagi bahu yang besar, ia boleh mudah dicengkam, manakala seksyen tolok mempunyai keratan rentas yang lebih kecil, akan menghasilkan bentuk dan kegagalan boleh berlaku di kawasan itu.

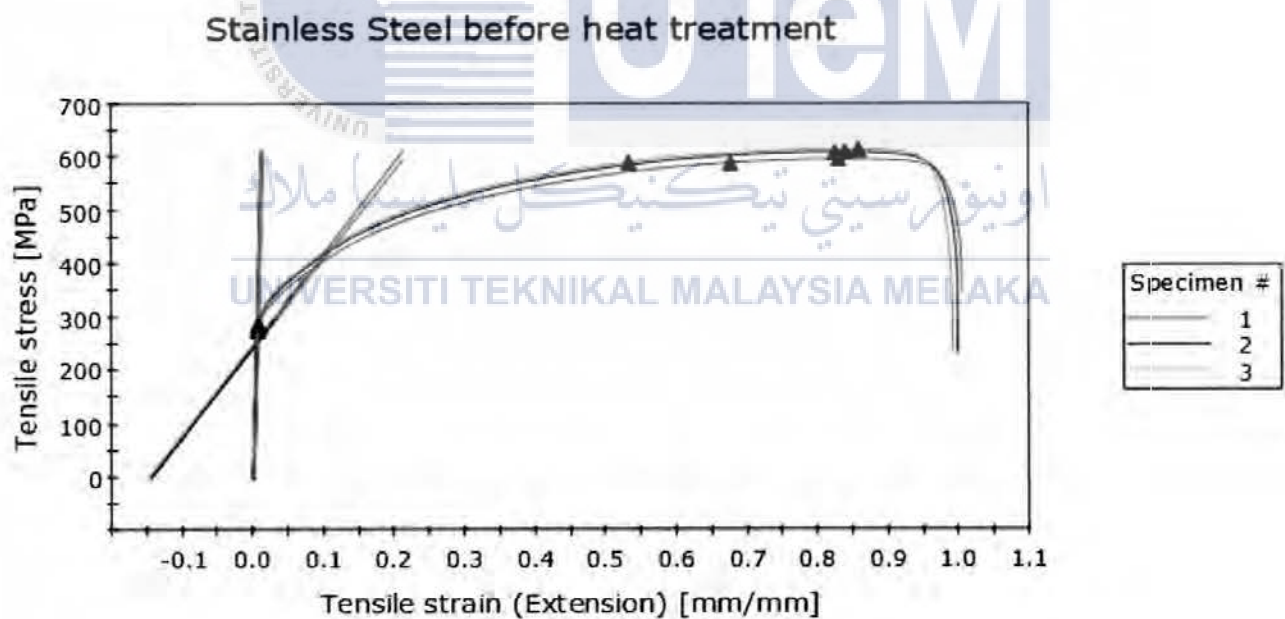
Jadual 4.4: Tegangan tegasan dan tegangan terikan.

Spesimen	Tegangan tegasan pada beban maksimum (Mpa)		Tegangan tegasan pada alah (Offset 0.2%) (Mpa)		Tegangan terikan pada beban maksimum (mm/mm)		Tegangan terikan pada alah (Offset 0.2%) (mm/mm)	
	Sebelum	Selepas	Sebelum	Selepas	Sebelum	Selepas	Sebelum	Selepas
1	596.845	602.276	277.811	198.238	0.828	0.961	0.007	0.005
2	609.699	531.219	284.217	171.046	0.838	0.991	0.008	0.005
3	614.299	514.578	290.162	170.890	0.857	0.977	0.008	0.005
Purata	609.948	549.358	257.063	180.058	0.841	0.976	0.0076	0.005

Berdasarkan **Jadual 4.4**, gambar rajah (graf) diplotkan untuk menunjukkan hubungan progresif antara tekanan dan ketegangan. Purata nilai tegangan tegasan pada beban maksimum sebelum rawatan haba lebih tinggi dengan 606.948 MPa berbanding selepas dikenakan rawatan

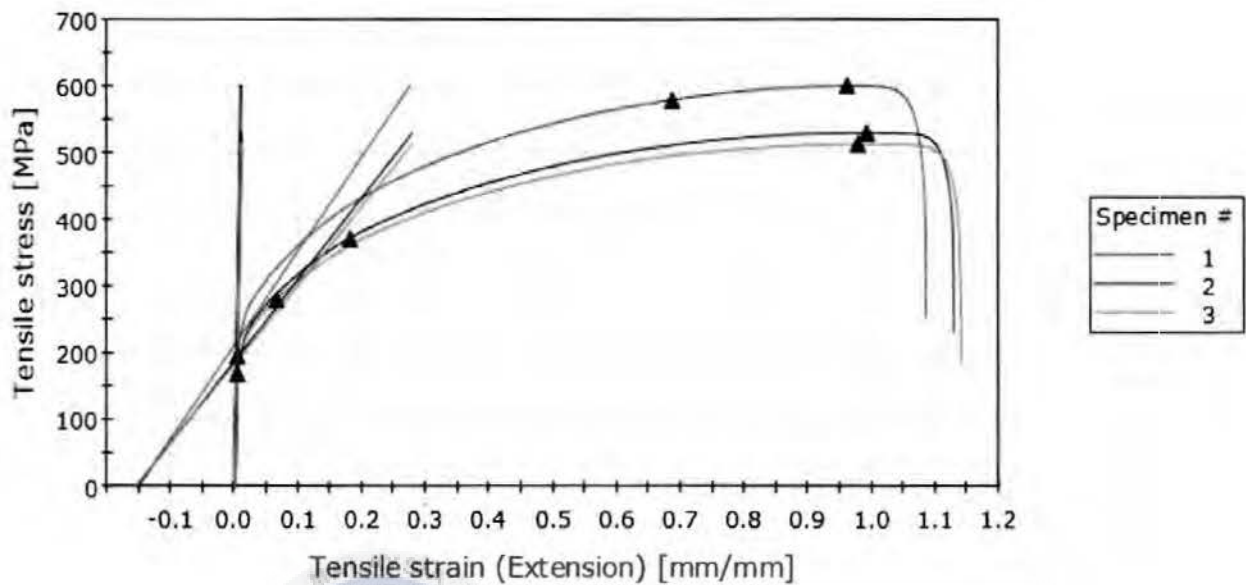
haba dan pengelekan sejuk dengan nilai 549.358 MPa. Peratus penurunan bagi tegangan tegasan ini menurun sebanyak 9.5%. Hal ini kerana sifat bahan pada spesimen yang telah dikenakan pengelekan sejuk dan rawatan haba menjadi mulur dan senang untuk putus.

Bagi tegangan terikan pada beban maksimum pula, nilai sebelum spesimen dikenakan rawatan haba dan pengelekan sejuk lebih rendah berbanding selepas. Hal ini berkaitan dengan pemanjangan spesimen yang menjadi mulur akibat dikenakan pengelekan sejuk dan rawatan haba penepuhlindungan. Nilai tegangan terikan bagi selepas spesimen dikenakan rawatan haba dan pengelekan sejuk menjadi tinggi kerana pemanjangan spesimen yang meningkat. Purata peningkatan tegangan terikan adalah sebanyak 13.8% dari sebelum kepada selepas dikenakan pengelekan sejuk dan rawatan haba dari 0.841 mm/mm kepada 0.976 mm/mm.

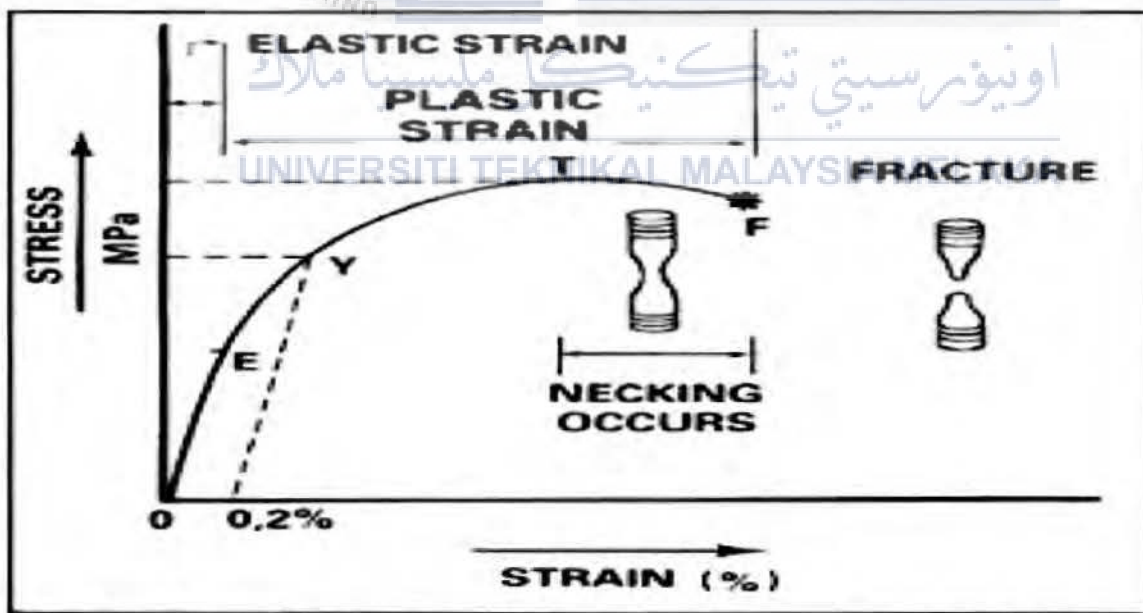


Rajah 4.4: Graf tegasan dan terikan sebelum rawatan haba dan pengelekan.

Stainless Steel after heat treatment



Rajah 4.5: Graf tegasan dan terikan selepas rawatan haba dan penggelekan.



Rajah 4.6: Titik kekuatan alah dalam graf selepas ujian tegangan. [David P. Rowlands]

Berdasarkan **Rajah 4.6**, dari O ke E ketegangan yang dihasilkan adalah anjal. Pada penyingkiran tekanan spesimen (atau bahan dalam penggunaan sebenar) akan kembali kepada dimensi asalnya. Nilai tekanan pada E dipanggil had elastik. Apabila tekanan berada di atas elastik Had (E), sifat bahan akan mula berubah bentuk menjadi plastik, iaitu bahan mengalami tekanan tetap, perubahan bentuk atau peningkatan dimensi. Bagi keluli tahan karat, kekuatan alah dikenali pasti menggunakan istilah yang berbeza dan sering menyebabkan kekeliruan. Pada peringkat awal, ia merupakan peringkat perubahan dalam bentuk plastik walaupun berlaku kenaikan tekanan yang tinggi pada spesimen. Selain itu, keluli tahan karat sukar untuk menunjukkan titik alah dengan jelas dan perubahan elastik kepada bentuk plastik biasanya sukar untuk dikesan [David P. Rowlands]. Berbeza dengan keluli atau besi lain di mana mudah untuk mengesan titik alah melalui graf yang terhasil daripada ujian tegangan.

Kekuatan alah untuk keluli tahan karat biasanya diambil sebagai tegangan yang akan menghasilkan 0.2% terikan kekal (offset). Berdasarkan **Rajah 4.6**, garisan yang dilukis selari dengan OE dari 0.2% terikan dan bersilang pada lengkungan Y merupakan cara untuk mendapatkan kekuatan alah. Kekuatan alah diambil berdasarkan nilai yang sempadan dengan titik Y [David P. Rowlands]. Graf yang diplot pada **Rajah 4.4** dan **Rajah 4.5** mempunyai ciri-ciri dan bentuk yang sama seperti yang dinyatakan dalam jurnal. Berdasarkan jadual 4.4, kekuatan alah sebelum keluli tahan karat dikenakan penggelekan sejuk dan rawatan haba lebih tinggi berbanding selepas. Purata peratusan bagi pengurangan kekuatan alah bagi tegangan tegasan daripada sebelum ke selepas dikenakan penggelekan sejuk dan rawatan haba ialah sebanyak 29.9% dengan penurunan nilai dari 257.063 MPa kepada 180.058 MPa.

4.3 RUMUSAN

Daripada analisis yang dilakukan, ia boleh dirumuskan bahawa pengelekan sejuk dan rawatan haba memberi kesan kepada struktur bahan keluli tahan karat. Keluli tahan karat boleh menjadi rapuh apabila haba yang dikenakan untuk rawatan haba tidak mencukupi dan keluli tahan karat boleh menjadi terlalu mulur apabila haba yang dikenakan untuk rawatan haba terlalu tinggi. Berdasarkan keputusan eksperimen ini, jelas menunjukkan bahawa keluli tahan karat ini jenis austenitik atau keluli tahan karat jenis 316L berdasarkan **Jadual 2.1** pada bab 2.



BAB 5

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Projek ini dijalankan secara eksperimen dan fokus terhadap sifat bahan keluli tahan karat jenis austenitik. Terdapat dua jenis proses utama dalam mekanikal dalam melakukan eksperimen ini iaitu penggelekan sejuk dan rawatan haba jenis penyepuhlindungan dan penyejukan. Sifat bahan untuk keluli tahan karat ini dikaji sebelum dan selepas penggelekan sejuk dan rawatan haba. Kedua-dua proses ini memainkan peranan dalam mencapai objektif yang dinyatakan dalam Bab 1.

Uji kaji ini berjaya mencapai objektif pertama iaitu mengkaji sifat mekanik bahan pada keluli tahan karat. Selepas melakukan eksperimen, jenis keluli tahan karat yang digunakan ialah keluli tahan karat jenis 316L di mana mempunyai rintangan yang tinggi dari lekuk dan kakisan dalam persekitaran klorida. Keluli tahan karat jenis 316L merupakan keluli tahan karat yang mempunyai ketahanan yang tinggi antara keluli tahan karat jenis austenitik iaitu mempunyai tegangan yang tinggi untuk pecah.

Uji kaji ini juga membuktikan objektif yang kedua di mana sifat bahan keluli tahan karat berubah sebelum dan selepas eksperimen. Kekuatan tegangan terikan pada beban maksimum bagi keluli tahan karat menunjukkan penurunan dari 609.948 MPa kepada 549.358 MPa dan tegangan tegasan pada alah berlaku penurunan dari 257.063 mm ke 180.058 mm. Bagi tegangan

terikan pada beban maksimum pula berlaku peningkatan dari 0.841 mm/mm kepada 0.976 mm/mm. Bagi beban maksimum, penurunan dari 7.28 kN kepada 6.291kN dan pemanjangan spesimen pula meningkat dari 21.89 mm kepada 25.39 mm.

Kedua-dua proses iaitu pengelekan sejuk dan rawatan haba memberi kesan pada kekuatan spesimen. Hal ini kerana perubahan mikrostruktur semasa proses ujikaji dilakukan merubah keluli dari mempunyai kekuatan yang tinggi kepada rendah. Oleh itu, semakin nipis ketebalan spesimen ketika pengelekan sejuk, semakin berkurang kekuatan spesimen dan semakin tinggi haba dikenakan kepada keluli tahan karat, semakin berkurang juga kekuatan keluli tahan karat.

5.2 Cadangan

Eksperimen ini dilakukan dengan jayanya dan dilakukan di Makmal Fakulti Mekanikal. Untuk ujikaji pada masa hadapan, saya mencadangkan untuk melakukan ujikaji ini menggunakan analisis simulasi. Kemudian keputusan kedua-dua simulasi dan eksperimen ini dapat dibandingkan untuk mendapatkan keputusan yang lebih tepat bagi mengkaji kesan pengelekan sejuk dan rawatan haba terhadap keluli tahan karat.

Selain itu, untuk ujikaji pada masa hadapan tentang kemuluran keluli tahan karat dapat dikurangkan apabila dikenakan rawatan haba. Rawatan haba yang betul perlu dikenalpasti supaya dapat mengembalikan ketahanan keluli tahan karat. Ini sangat penting dalam industry penghasilan keluli.

Akhir sekali, saya mencadangkan penukaran mesin penggelekan sejuk yang lebih efektif iaitu dapat menggelek keluli mengikut peratus ketebalan yang kita inginkan. Mesin penggelekan sejuk yang saya gunakan tidak dapat menggelek dengan ketebalan yang saya inginkan kerana masalah mesin yang telah lama dan gerigi yang tidak cengkam. Ini sangat penting untuk memastikan segala parameter yang dikehendaki tercapai.



Rujukan

Chang-sheng Li, Bo Fu, Tao Zhu. Roughness and glossiness of SUS430 stainless steel in cold rolling. *Procedia Engineering*. 2014; 81: 167-172.

David P. Rowlands. Mechanical properties of stainless steel. *Stainless steel information series no. 3*.

D.S Bae, Y.R. Chae, S.P. Lee. Effect of post heat treatment on bonding interfaces in Ti/Mild steel/Ti Clad materials. *Procedia Engineering*. 2011; 10: 996-1001.

Flavia Viera Braga, Diana Perez Escabor. Recrystallization of niobium stabilized ferritic stainless steel during hot rolling simulation by torsion test. *Journal of Materials Research and Technology*. 2016; 5(1): 92-99.

G.D. Sathiaraj, C.W Tsai. The effect of heating rate on microstructure and texture formation during annealing of heavily cold rolled equiatomic CoCrFeMnNi high entropy alloy. *Alloys and compounds*. 2016; 688:752-761.

Kai Guan, Zemin Wang. Effects of processing parameters on tensile properties of selective laser melted 304 stainless steel. *Materials and Design*. 2013; 50: 581-586.

Laurent Couturier, Frederic De Geuser. Evolution of the microstructure of a 15-5PH martensitic stainless steel during precipitation hardening heat treatment. *Materials and Design*. 2016; 107: 416-425.

Markus Bambach, Axel-Stefan Hack, Micheal Herty. Modelling steel rolling processes by fluid-like differential equations. *Applied Mathematical Modelling*. 2016; 000: 1-15.

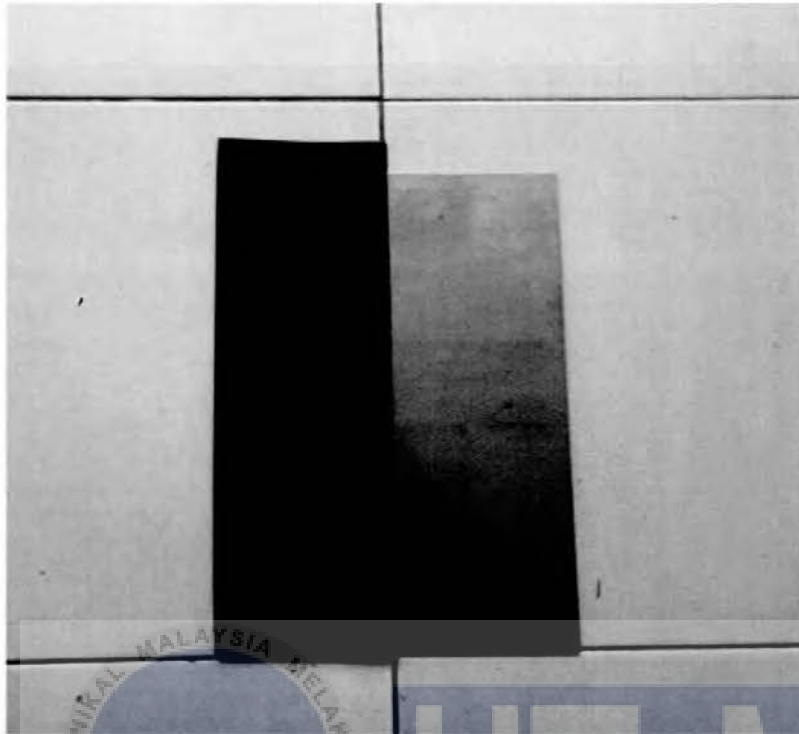
اونيورسيتي تېكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

LAMPIRAN



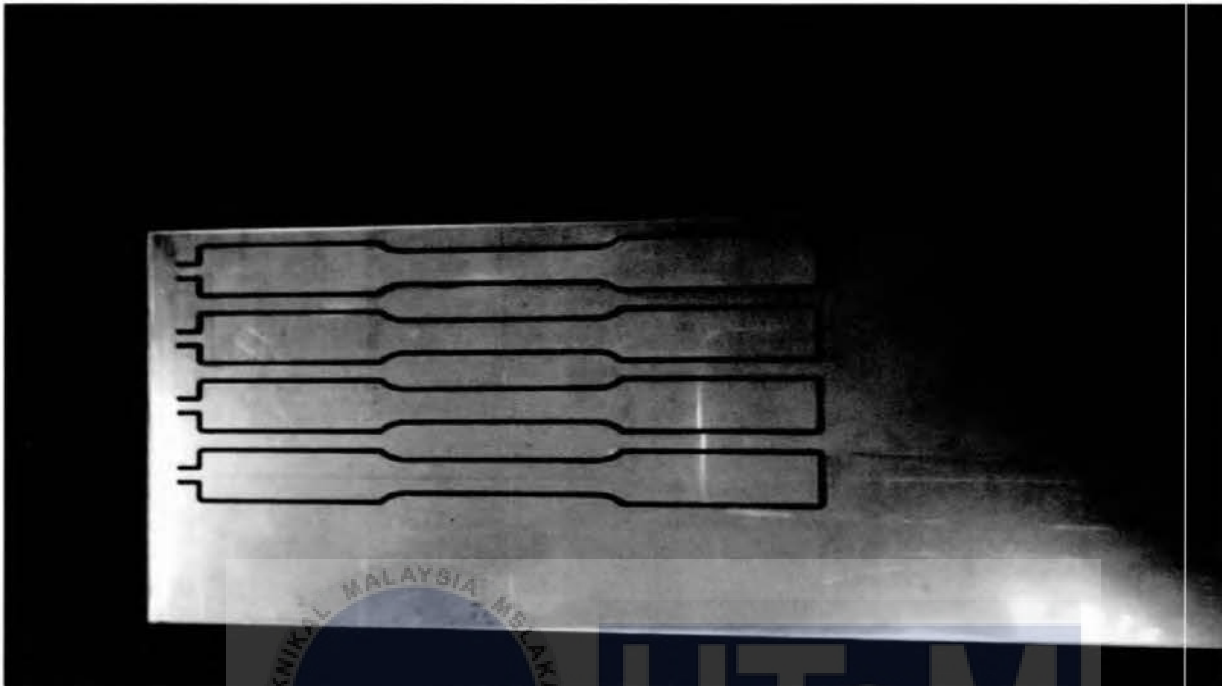
Mesin yang digunakan untuk rawatan haba penyepuhlindungan



Perbezaan keluli tahan karat selepas penggelekan dan rawatan haba



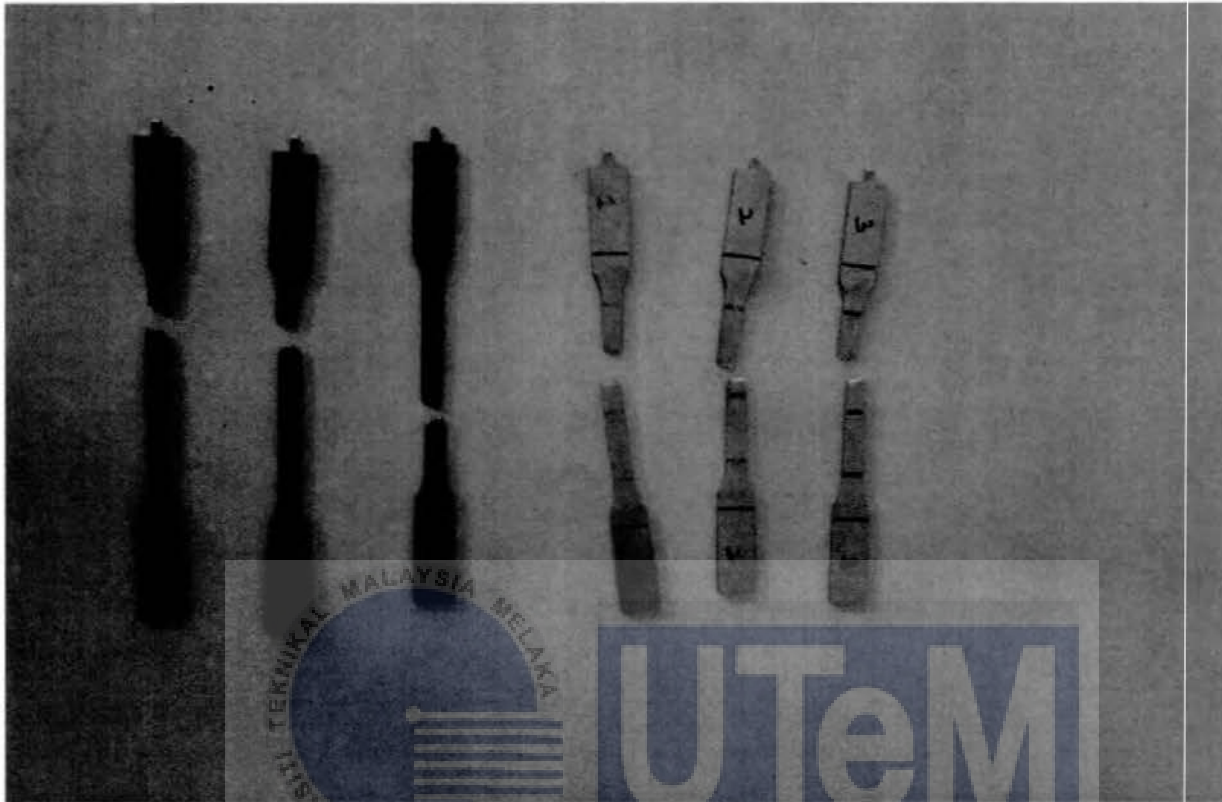
Mesin pemotongan jet air yang digunakan untuk membentuk keluli tahan karat menjadi 'dogbone'



Spesimen 'dogbone' selepas pemotongan jet air



Spesimen patah selepas dikenakan ujian tegangan menggunakan mesin instron



3 spesimen sebelum dikenakan penggelekan sejuk dan rawatan haba serta 3 spesimen selepas dikenakan penggelekan dan rawatan haba

اونيورسيتي تېكنيكل مليسيا ملاك
UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

Minggu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aktiviti																
Pemilihan Tajuk								M								S T U D Y W E E K
Pengesahan Tajuk								I								
Bab 1 Pengenalan								D								
Pencarian Jurnal								S								
Penulisan Literatur								E								
Bab 3 Metodologi								M								
Hantar laporan 1/ Seminar								B								
								R								W E E K
								E								
								A								
								K								

Carta Gantt PSM 1

Minggu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Aktiviti																
Proses mesin								M								
Proses penggelekan								I								
Rawatan haba & pemotongan								D								
Bab4 Keputusan & Pencarian								S								
Bab 5 Perbincangan								E								
Bab 6 Kesimpulan								M								
Hantar laporan/ Seminar								B								
								R								
								E								
								A								
								K								

Carta Gantt PSM 2