

'Saya / Kami* akui bahawa telah membaca
karya ini dan pada pandangan saya / kami* karya ini
adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)

Tandatangan :
Nama Penyelia : En. Kamarul Ariffin B. Zakaria
Tarikh :

**Potong yang tidak berkenaan*

**RAMALAN HAYAT LESU BAGI KIMPALAN
PLAT KELULI LEMBUT**

MUHAMMAD RIDZWAN BIN ZULKIFLI

Laporan ini dikemukakan sebagai
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MEI 2009

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya telah jelaskan sumbernya”

Tandatangan :

Nama Penulis : MUHAMMAD RIDZWAN BIN ZULKIFLI

Tarikh : MEI 2009

Untuk emak dan ayah yang dikasihi,
Ahli keluarga dan saudara mara yang disayangi,
Para pensyarah dan rakan-rakan.

PENGHARGAAN

Saya Muhammad Ridzwan bin Zulkifli bersyukur kehadiran Ilahi kerana dengan limpah kurnia-Nya, saya dapat menyiapkan kajian ini dengan sempurna. Saya juga ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia saya iaitu Encik Kamarul Ariffin bin Zakaria di atas bimbingan dan dorongan serta ilmu yang telah beliau berikan sepanjang saya menjalani Projek Sarjana Muda I (PSM I) ini. Terdapat banyak ilmu pengetahuan yang sangat berguna telah saya perolehi sepanjang berada di bawah penyeliaan beliau.

Di samping itu, saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada juruteknik-juruteknik dari Fakulti Kejuruteraan Mekanikal (FKM) terutamanya Encik Rashdan bin Seman dan Encik Ridzuan bin Ahmad kerana banyak membantu saya dalam memberikan ilmu-ilmu yang berguna serta tunjuk ajar di dalam menyiapkan PSM.

Penghargaan juga ditujukan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak dalam membantu menjayakan kajian ini. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan serta teman serumah yang banyak membantu saya. Akhir sekali, ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua ibu bapa tercinta di atas restu dan berkat doa mereka mendoakan kejayaan saya dalam menyiapkan tugas ini. Semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.

ABSTRAK

Selepas satu jangka masa, penggunaan bahagian-bahagian yang mempunyai kimpalan akan mengalami kegagalan. Hal ini disebabkan bahagian-bahagian ini terdedah pada fenomena kelesuan. Kajian ini akan meramalkan kitar hayat lesu plat keluli lembut yang dikimpal di bawah kimpalan biasa dan rawatan haba selepas kimpalan. Melalui ujian tegangan, ciri-ciri mekanikal bagi plat keluli lembut di bawah kimpalan-kimpalan ini akan dikaji. Di samping itu, kitar kegagalan lesu bagi kimpalan keluli lembut yang dikimpal juga akan diselidik dan disiasat melalui ujian lesu. Kedua-dua ujian ini akan dijalankan menggunakan mesin ujian umum, *INSTRON 8802*. Seterusnya, keputusan daripada ujian tegangan dan ujian lesu akan dianalisis untuk menentukan jangka hayat lesu bagi plat keluli lembut di bawah kimpalan biasa dan setelah dikenakan rawatan haba selepas kimpalan. Nilai tegasan maksimum dan kitaran kegagalan lesu setiap sampel akan dikenalpasti dan dibincangkan.

ABSTRACT

After a long time period of usage, the weldment in a structure will expose to failure because of fatigue phenomenon. This research will predict the life of welded mild steel plate under normal welding and after post weld heat treatment. Through a tensile test, mechanical properties of mild steel plate will be studied. Fatigue failure cycles of the weldment mild steel plate are determined by doing fatigue test. Both of these tests are conducted by using Universal Tensile Machine, INSTRON 8802. The results obtained from these tests will be analyzed in determining the fatigue life prediction of welded mild steel plate which is normal welded and post weld heat treatment. Maximum stress and fatigue failure for each sample of specimens are determined in order to achieve the objectives of this research.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	<i>ABSTRACT</i>	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xiii
	SENARAI LAMPIRAN	xvii
BAB I	Pengenalan	1
	1.1 Latar belakang	1
	1.2 Objektif	3
	1.3 Skop	3
	1.4 Penyataan masalah	4
BAB II	KAJIAN ILMIAH KELESUAN	5
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Kelesuan di dalam kimpalan	7
	2.2.1 Tegasan namaan	9
	2.2.2 Tegasan struktur	9

	2.2.3	Tegasan takuk berkesan	10
	2.2.4	Mekanik keretakan Elastik lurus	11
	2.3	Hayat lesu pertumbuhan retak	11
BAB III		KAJIAN ILMIAH KIMPALAN	14
	3.1	Pengenalan	14
	3.2	Jenis-jenis Kimpalan	16
	3.2.1	Kimpalan Ultrabunyi	17
	3.2.2	Kimpalan Geseran	18
	3.2.3	Kimpalan Arka	20
		3.2.3.1 Kimpalan Arka Gas Lengai	22
		3.2.3.2 Kimpalan Arka Gas Tungsten	24
		3.2.3.3 Kimpalan Arka Plasma	26
		3.2.3.4 Kimpalan Arka Teras Fluks	28
	3.3	Rawatan Haba Selepas Kimpalan	29
BAB IV		KAEDAH KAJIAN	32
	4.1	Pengenalan	32
	4.2	Carta Aliran PSM	33
	4.3	Penyediaan Spesimen	34
	4.3.1	Bahan Yang Digunakan Dalam Kajian	34
	4.3.2	Proses Pembentukan Spesimen	35
	4.3.3	Proses Pematangan	38

	Spesimen	
4.3.4	Proses Kimpalan	40
	Spesimen	
4.3.5	Proses Rawatan Haba	41
	Selepas Kimpalan	
4.4	Ujian-ujian Yang Dikenakan	42
	Ke Atas Spesimen	
4.4.1	Ujian Tegangan	43
	4.4.1.1 Langkah-langkah	45
	Menjalankan Ujian	
	Tegangan	
4.4.2	Ujian Lesu	52
BAB V	KEPUTUSAN KAJIAN DAN DATA	56
	ANALISIS	
5.1	Keputusan Untuk Ujian Tegangan	56
	5.1.1 Keputusan Ujian Tegangan Untuk	58
	Spesimen Tanpa Kimpalan	
	5.1.2 Keputusan Ujian Tegangan Untuk	60
	Spesimen Yang Dikimpal Tanpa	
	Rawatan Haba Selepas Kimpalan	
	5.1.3 Keputusan Ujian Tegangan Untuk	63
	Spesimen Yang Dikimpal Dan	
	Dikenakan Rawatan Haba	
	Selepas Kimpalan	
5.2	Keputusan Untuk Ujian Lesu	67
	5.2.1 Keputusan Ujian Lesu Untuk	69
	Spesimen Yang Dikimpal Tanpa	
	Rawatan Haba Selepas Kimpalan	

5.2.2	Keputusan Ujian Lesu Untuk Spesimen Yang Dikimpal Dan Dikenakan Rawatan Haba Selepas Kimpalan	73
BAB VI	PERBINCANGAN	77
6.1	Perbincangan Untuk Ujian Tegangan	78
6.2	Perbincangan Untuk Ujian Lesu	82
BAB VII	KESIMPULAN DAN CADANGAN	88
7.1	Kesimpulan Kajian	88
7.2	Cadangan	90
	RUJUKAN	92
	LAMPIRAN	95
	LAMPIRAN A	95
	LAMPIRAN B	98
	LAMPIRAN C	101
	LAMPIRAN D	103

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
4.1	Parameter-parameter untuk menjalankan ujian lesu	53
5.1	Jumlah spesimen yang terlibat di dalam ujian tegangan	57
5.2	Jumlah spesimen yang terlibat di dalam ujian lesu	67
5.3	Data S-N spesimen yang dikimpal tanpa rawatan haba selepas kimpalan	71
5.4	Data S-N spesimen yang dikimpal dan dikenakan rawatan haba selepas kimpalan	75
6.1	Sifat-sifat mekanikal bagi setiap spesimen daripada ujian tegangan	81

6.2	Nilai beban bagi spesimen yang dikimpal tanpa rawatan haba selepas kimpalan	82
6.3	Nilai beban bagi spesimen yang dikimpal dan dikenakan rawatan haba selepas kimpalan	83
6.4	Nilai kitar kegagalan lesu bagi spesimen yang dikimpal tanpa rawatan haba selepas kimpalan	84
6.5	Nilai kitar kegagalan lesu bagi spesimen yang dikimpal dan dikenakan rawatan haba selepas kimpalan	84

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Variasi tegasan namaan dalam komponen <i>beam-like</i>	9
2.2	Definisi tegasan struktur di dalam kimpalan Cantuman T	10
2.3	Kelakuan pertumbuhan retak lesu pada logam ASTM A533 B1	12
2.4	Rajah skematik retak lesu pertumbuhan	13
3.1	Cantuman melalui kaedah kimpalan	16
3.2.	Gambarajah skematik proses kimpalan ultrabunyi plastik	17
3.3	Kimpalan pada permukaan menggunakan kimpalan logam ultrabunyi	18
3.4	Parameter di dalam kimpalan geseran	19
3.5	Proses kimpalan geseran bergerak	20
3.6	Kimpalan arka berperisai logam	21

3.7	Gambarajah penuh kimpalan arka gas lengai	23
3.8	Proses kimpalan arka gas lengai	24
3.9	Proses kimpalan arka gas tungsten	25
3.10	Lakaran proses ikatan kimpalan arka plasma terhadap aloi Magnesium	26
3.11	Proses kimpalan arka plasma	27
3.12	Proses kimpalan arka teras fluks	28
3.13	Aplikasi rawatan haba selepas kimpalan	30
4.1	Carta alir PSM	33
4.2	Ukuran piawai spesimen untuk ujian tegangan dan ujian lesu terhadap kimpalan	34
4.3	Mesin pemotong laser	36
4.4	Lukisan spesimen menggunakan AutoCad 2005	37
4.5	Proses pemotongan spesimen di dalam mesin pemotong laser	37
4.6	Gambarajah spesimen untuk kajian	38
4.7	Mesin pemotong	39
4.8	Gambarajah spesimen yang telah dipotong kepada dua bahagian	39

4.9	Mesin kimpalan arka	40
4.10	Gambarajah spesimen yang telah dikimpal	41
4.11	Relau bagas untuk proses rawatan haba selepas kimpalan	42
4.12	<i>Extensometer</i>	43
4.13	Mesin Instron 8802	44
4.14	Keadaan spesimen pada jig mesin <i>INSTRON 8802</i>	46
5.1	Gambarajah spesimen tanpa kimpalan yang telah patah	58
5.2	Graf beban melawan pemanjangan bagi spesimen tanpa kimpalan	59
5.3	Graf tegasan melawan terikan bagi spesimen tanpa kimpalan	60
5.4	Gambarajah spesimen yang dikimpal tanpa rawatan haba selepas kimpalan yang telah patah	61
5.5	Graf beban melawan pemanjangan bagi spesimen yang dikimpal tanpa rawatan haba selepas kimpalan	62
5.6	Graf tegasan melawan terikan bagi spesimen yang dikimpal tanpa rawatan haba selepas kimpalan	63

5.7	Gambarajah spesimen yang dikimpal dan dikenakan rawatan haba selepas kimpalan yang telah patah	64
5.8	Graf beban melawan pemanjangan bagi spesimen yang dikimpal dan dikenakan rawatan haba selepas kimpalan	65
5.9	Graf tegasan melawan terikan bagi spesimen yang dikimpal dan dikenakan rawatan haba selepas kimpalan	66
5.10	Gambarajah spesimen selepas ujian lesu dijalankan	68
5.11	Graf lengkung S-N bagi spesimen yang dikimpal tanpa rawatan haba selepas kimpalan	72
5.12	Graf lengkung S-N bagi spesimen yang dikimpal dan dikenakan rawatan haba selepas kimpalan	76
6.1	Graf beban melawan pemanjangan bagi ketiga-tiga jenis spesimen	79
6.2	Graf tegasan melawan terikan bagi Ketiga-tiga jenis spesimen	80
6.3	Graf lengkung S-N bagi kedua-dua keadaan spesimen	85

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
A	Keputusan untuk ujian tegangan	95
B	Keputusan untuk ujian lesu	98
C	Lukisan spesimen	101
D	Carta <i>Gantt</i> untuk PSM	103

BAB I

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Kimpalan adalah satu proses yang menghubungkan atau mencantumkan dua atau lebih bahan dengan menggunakan suatu bahan khas contohnya logam atau termoplastik. Dalam proses kimpalan, bahan khas ini akan dicairkan untuk bertindak sebagai pengikat di antara sesuatu bahan dengan bahan yang lain. Antara bahan yang kerap dihubungkan dengan menggunakan kaedah kimpalan ialah pelbagai jenis besi contohnya plat besi dan keluli tahan karat. Terdapat pelbagai jenis kaedah kimpalan seperti kimpalan yang menggunakan nyalaan api, tenaga elektrik bervoltan tinggi, sinaran laser, tembakan elektron dan ultrabunyi. Pada masa kini, ramai individu terutamanya kontraktor yang menjalankan perniagaan mereka melibatkan besi menggunakan kimpalan arka. Hal ini kerana kimpalan arka murah di pasaran dan mudah digunakan di samping kos penyelenggaraan yang rendah. Di samping itu, kebanyakan bidang pekerjaan pada

masa kini melibatkan teknik kimpalan serba sedikit. Hal ini menunjukkan ia sangat penting dalam industri masa kini contohnya pekerjaan yang melibatkan pembinaan rangka bangunan, penyelenggaraan dan mesin. Contoh binaan yang melibatkan kimpalan ialah penyambungan bahagian-bahagian badan feri Pulau Pinang. Rangka-rangka besi pada feri tersebut dicantum menggunakan teknik kimpalan iaitu kimpalan arka.

Walaupun bagaimanapun, lama-kelamaan kimpalan tersebut akan mempunyai kecacatan seperti keretakan yang boleh merebak apabila terdedah kepada daya yang berulang-ulang. Kejadian ini boleh menyebabkan prestasi alat yang mempunyai kimpalan tersebut berkurangan. Selain itu ia dapat membahayakan individu-individu yang menggunakan alatan terbabit. Kecacatan yang terjadi kepada kimpalan tersebut berkemungkinan berpunca daripada operator-operator yang tidak mengikut prosedur yang betul semasa menjalankan proses kimpalan. Terdapat juga faktor lain yang menyebabkan kimpalan ini mempunyai kecacatan seperti daya luaran contohnya dari persekitaran dan dari titisan hujan yang kuat.

Kegagalan-kegagalan yang berlaku di bawah tekanan yang berulang-ulang atau berkitaran di kenali sebagai kegagalan lesu. Kelesuan adalah satu jenis kerosakan progresif dan berpusat pada satu tempat sahaja yang berlaku apabila sesuatu bahan itu dikenakan beban yang berulang-ulang. Nilai bagi tekanan maksima adalah kurang daripada had tegasan regangan akhir dan mungkin di bawah had tegasan alah bagi sesuatu bahan tersebut.

Keluli adalah sejenis aloi yang terdiri daripada campuran besi dan karbon. Aloi membawa maksud campuran dua atau lebih unsur pada komposisi tertentu atau tetap di mana jujuk asalnya adalah logam. Tujuan pembuatan aloi adalah untuk menjadikan keluli ini lebih kuat, lebih keras dan tahan hakisan. Untuk menyambung dua atau lebih

keluli, teknik kimpalan merupakan teknik yang amat popular digunakan. Walaubagaimanapun kesan kimpalan ini mungkin tidak akan tahan lama di mana ia mempunyai kadar hayat yang tidak dijangka untuk berlaku kerosakan atau kegagalan.

1.2 Objektif

Objektif kajian ini adalah untuk menyelidik dan menyiasat tentang jangka hayat lesu plat keluli lembut di bawah kimpalan biasa iaitu kimpalan arka dan selepas rawatan haba ke atas kimpalan tersebut.

1.3 Skop

Kajian ini merangkumi enam skop iaitu:

- i. Mengkaji sifat-sifat mekanikal terhadap plat keluli lembut.
- ii. Mengkaji tentang kimpalan biasa iaitu kimpalan arka dan kimpalan yang telah diberi rawatan haba.
- iii. Menentukan tegasan maksima bagi spesimen tersebut dengan menggunakan ujian tegangan.

- iv. Menentukan kitaran kegagalan lesu bagi spesimen tersebut dengan menggunakan ujian kelesuan.
- v. Menganalisis keputusan dan kesimpulan.

1.4 Penyataan Masalah

Sesuatu bahan lama-kelamaan pasti akan mempunyai sedikit sebanyak kecacatan atau kerosakkan. Keluli yang terdedah kepada alam sekitar contohnya akan mengalami pengaratan akibat terdedah kepada hujan dan udara. Umum memngetahui bahawa keluli menjadi salah satu bahan yang utama dalam segenap perkara seperti pembinaan jambatan, jentera berat, pembinaan rangka bangunan dan sebagainya. Apabila kita menyebut tentang keluli, perkara lain yang boleh dikaitkan adalah kimpalan terhadap keluli tersebut. Untuk menyambung dua atau lebih keluli menjadi satu, teknik kimpalan merupakan teknik yang amat popular. Akan tetapi kimpalan pada keluli-keluli ini lama-kelamaan mungkin akan mengalami kecacatan seperti keretakan yang boleh merebak dan sebagainya. Hal ini akan menyebabkan komponen yang mempunyai kimpalan tersebut mungkin gagal berfungsi dengan baik atau boleh membahayakan penggunaanya. Contohnya, kimpalan di sekeliling pemampat, sekiranya terdapat keretakan akan menyebabkan pemampat tersebut gagal berfungsi dengan baik kerana terdapat kebocoran angin yang mengurangkan tekanan di dalam pemampat itu. Di sebabkan perkara yang dinyatakan di atas, kajian ini akan meramalkan jangka hayat bagi kimpalan terhadap plat keluli lembut di bawah beban tertentu.

BAB II

KAJIAN ILMIAH KELESUAN

2.1 Pengenalan

Dalam pelbagai jenis aplikasi, bahagian-bahagian logam yang dikenakan tegasan berulang atau tegasan berkitar akan gagal berpunca daripada beban kelesuan pada tegasan yang lebih rendah berbanding bahagian-bahagian yang boleh bertahan di bawah tegasan statik tunggal. Kegagalan yang berlaku disebabkan tegasan berulang atau berkitar ini dipanggil sebagai kegagalan lesu. Tegasan berkitar atau nama lainnya tegasan berulang merupakan tegasan yang menyebabkan sesuatu keluli itu mengalami kelesuan apabila dikenakan tegasan ke atasnya. Kegagalan kelesuan ialah kegagalan yang berlaku apabila sesuatu spesimen mengalami kepatahan lesu kepada dua bahagian atau sebaliknya mengalami kekurangan pada kekakuan yang nyata.

Menurut William F. Smith dan Javad Hashemi di dalam buku *Foundation of Materials Science and Engineering* Edisi Keempat menyatakan bahawa kelesuan ialah satu fenomena yang menyebabkan kepatahan pada sesuatu bahan di bawah tegasan berulang atau tegasan berkisar di mana ia mempunyai nilai maksima yang kurang daripada kekuatan alah muktamad bahan tersebut.

Corak tegasan berkisar atau tegasan berulang boleh berubah-ubah daripada perubahan kecil kepada lebih tinggi pada frekuensi yang tinggi dalam jangka masa yang panjang seperti pada komponen yang di kenakan getaran. Tegasan mungkin disebabkan oleh beban-beban mekanikal seperti getaran, beban gantungan kenderaan, daya empar dalam pemasangan bilah helikopter dan daya tekanan dalam komponen pneumatik. Tegasan mekanik berkisar juga boleh disebabkan oleh perubahan suhu yang membawa kepada perbezaan pengembangan haba seperti beban-beban yang berlaku di dalam komponen-komponen enjin dan pemasangan komponen-komponen elektrik (Patrick D. T. O'Connor, 2001).

Dalam kimpalan juga terdapat kelesuan di mana ia akan menyebabkan kimpalan tersebut lama-kelamaan mempunyai kegagalan seperti patah atau keretakan. Kebanyakan keluli-keluli yang dicantum melalui kaedah kimpalan akan terdedah kepada tegasan berulang atau berkisar. Dalam sains bahan menyatakan bahawa kelesuan adalah kerosakan pada struktur bahan yang sangat progresif dan berpusat pada satu tempat sahaja disebabkan oleh beban tegasan berkisar atau berulang.

Terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi kekuatan lesu di dalam keluli atau aloi iaitu penumpuan tegasan, kekasaran permukaan, keadaan permukaan dan persekitaran. Kekuatan lesu akan meningkat sekiranya terdapat penumpuan tegasan seperti takuk, lubang atau perubahan serta-merta pada keratan rentas sesuatu keluli. Kegagalan lesu dapat dikurangkan dengan reka bentuk yang teliti untuk mengelakkan