

‘Saya akui bahawa telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)’

Tandatangan :
Nama Penyelia 1 : EN. WAN MOHD FARID B WAN MOHAMAD
Tarikh : 27 MAC 2008

KAJIAN KELAKUAN LESU DALAM BAHAN BERLOGAM DENGAN
MENGUNAKAN TEKNIK NDT

TUAN AMRU HASAN B TUAN YUSOF

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

FAKULTI KEJURUTERAAN MEKANIKAL
UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

MAC 2008

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

Tandatangan :
Nama Penulis : TUAN AMRU HASAN B TUAN YUSOF
Tarikh : 27 MAC 2008

Untuk ibu dan bapa tersayang

Tuan Zakiah bt Tuan Hasan

Tuan Yusof b Tuan Ismail

Adik-adik yang disayangi

Saudara-saudara yang lain dan rakan seperjuangan....

PENGHARGAAN

Syukur alhamdulillah dengan limpah kurnia-Nya saya berjaya menyiapkan kajian ini. Pertama sekali, jutaan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Penyelia Projek Sarjana Muda ini, En. Wan Mohd Farid Bin Wan Mohamad, Pensyarah di Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM), dan Penyelia Kedua Projek Sarjana Muda ini, En. Mohd Afzanizam Bin Mohd Rosli di atas tunjuk ajar dan sumbangan bermakna bagi membantu, menegur dan membimbing saya untuk menghasilkan kajian ini.

Pendekatan dan kaedah yang bersesuaian yang telah diberikan, berjaya diterjemahkan dengan sebaik mungkin bagi matlamat ini. Sesungguhnya pengalaman ini akan menjadi aset berpanjangan yang tak terhingga nilainya.

Penghargaan juga tidak seharusnya dilupakan untuk diberikan kepada ibu serta ahli keluarga, rakan-rakan serumah dan rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak memberi dorongan dan bantuan secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Tidak dilupakan juga jutaan terima kasih kepada juruteknik yang berpengalaman iaitu En. Rashdan b Seman dan En. Mohd Rizal b Roosli diatas pertolongan yang telah diberikan semasa kajian dilakukan. Tanpa pertolongan tersebut tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini.

Semoga penghasilan kajian ini mampu memberikan banyak manfaat dan dorongan kepada semua orang dan mencetus banyak idea untuk memperbaiki kajian ini.

ABSTRAK

Kajian ini adalah untuk menghasilkan retak lesu pada aloi aluminium 7075 dengan frekuensi berbeza. Frekuensi yang digunakan ialah 5Hz, 10Hz dan 15Hz. Dua spesimen akan dihasilkan retak lesu dengan masa masing-masing 90% dan 80% daripada masa yang di ambil spesimen untuk putus mengikut frekuensi. Sebelum retak lesu di hasilkan, spesimen terlebih dahulu perlu di sediakan dengan mengikut piawaian (ASTM E812-91). Setelah spesimen di sediakan, ujian regangan akan dilakukan keatas satu spesimen untuk mendapatkan nilai julat elastik beban yang akan digunakan untuk ujian kelesuan. Sebanyak tiga spesimen dilakukan ujian kelesuan sehingga spesimen putus mengikut frekuensi yang di tetapkan untuk mendapatkan nilai julat kitaran dan julat masa. Setelah itu barulah penghasilan retak pada spesimen dilakukan dengan ujian kelesuan. Retak yang terhasil pada spesimen terlebih dulu di ukur panjang retaknya dengan pemeriksaan visual dengan angkup vernier. Nilai panjang retak itu direkodkan. Ujian ultrasonik di gunakan untuk mengesan dan mengukur panjang retak yang terhasil pada bahagian tengah spesimen yang mana tidak dapat di kesan dengan kaedah pemeriksaan visual.

ABSTRACT

This research is to define the fatigue crack of alloy aluminium 7075 with different frequency. Frequency that be used are 5Hz, 10Hz and 15Hz. Two specimens will be produced fatigue crack each 90% and 80% time from the time that specimens needs to fracture based on its frequency. Before fatigue crack produced, specimen will first be prepared based on the standard (ASTM E812-91). After specimen been prepared, the tensile test will be perform on 1 specimen to get the elastic range value that will be used in fatigue test. 3 specimens will be perform fatigue test until the specimens fractured based on the frequency to get cycle range value and time range value. After that crack production on specimens will be perform with fatigue test. Crack that been produced on the specimen will be measured crack length by visual inspection using vernier calliper. Crack length that been mesured will be recorded. Ultrasonic test will be used to locate and measure crack length that produced in the middle of the specimen which can't be located by visual inspection.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	<i>ABSTRACT</i>	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xvi
	SENARAI LAMPIRAN	xvii
BAB 1	Pengenalan	
	1.1 Latar Belakang Kajian	1
	1.2 Masalah Yang Dihadapi	4
	1.3 Objektif Kajian	4
	1.4 Skop Kajian	5
	1.5 Aplikasi Kajian	6
BAB 2	Kajian Ilmiah	
	2.1 Ujian Regangan	8
	2.2 Ujian Kelesuan	10

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
BAB 3	METODOLOGI	
3.1	Pengenalan	23
3.2	Bahan Dan Peralatan	25
3.3	Prosedur Kajian	26
3.4	Penyediaan Sampel	26
3.5	Ujian Regangan	28
3.6	Ujian Kelesuan	29
3.7	Teknik Pengesanan Retak	30
BAB 4	KEPUTUSAN	
4.1	Pengenalan	37
4.2	Ujian Regangan	37
4.3	Ujian Kelesuan	38
4.4	Pengesanan Retak	39
BAB 5	PERBINCANGAN	
5.1	Pengenalan	42
5.2	Ujian Regangan	42
5.3	Ujian Kelesuan	43
5.4	Perambatan Retak Melalui Pemeriksaan Visual	46
5.5	Perambatan Retak Melalui Ujian Ultrasonik	47
5.6	Kesan Kitaran Terhadap Panjang Retak	47
5.7	Kesan Masa Terhadap Panjang Retak	50
5.8	Kesan Ujian Kelesuan Terhadap Perambatan Retak	52

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN MASA DEPAN	
6.1	Kesimpulan	54
6.2	Cadangan Untuk Kajian Masa Depan	55
	RUJUKAN	56
	BIBLIOGRAFI	57
	LAMPIRAN	58

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Rumusan Ujian Kelesuan (Sumber: Adam C. Cobb, Jennifer E. Michaels, Thomas E. Michaels, 2006)	12
2.2	Jadual Pengesanan Retak Untuk Bilangan Bukaan Berbeza (Sumber: Adam C. Cobb, Jennifer E. Michaels, Thomas E. Michaels, 2006)	14
2.3	10 Permukaan Masa Frekuensi Terbaik (Sumber: Adam C. Cobb, Jennifer E. Michaels, Thomas E. Michaels, 2006)	15
3.1	Spesimen Dan Ujian Yang Terlibat	25
4.1	Ujian Kelesuan Sehingga Patah Aluminium 7075	38
4.2	Keputusan Ujian Kelesuan Bagi Aluminium 7075	39
4.3	Keputusan Pengesanan Retak Melalui Pemeriksaan Visual	40
4.4	Keputusan Pengesanan Retak Melalui Ujian Ultrasonik	41

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Ujian Ultrasonik Dalam Mengesan Retak (Sumber: Pn. Zakiah, 2007)	4
2.1	Bentuk Dan Dimensi Spesimen (Sumber: Adam C. Cobb, Jennifer E. Michaels, Thomas E. Michaels, 2006)	11
2.2	Bahagian Yang Mewakili Kelesuan Spektrum (Sumber: Adam C. Cobb, Jennifer E. Michaels, Thomas E. Michaels, 2006)	11
2.3	a) Menunjukkan Pancaran Yang Diterima Dari Sepasang Transduser Bersudut b) Amplitud Spektrum (Sumber: Adam C. Cobb, Jennifer E. Michaels, Thomas E. Michaels, 2006)	13
2.4	a) Perbezaan Antara Ketibaan Gelombang Ultrasonik b) Perbezaan Antara Laluan Penyebaran Gelombang (Sumber: Adam C. Cobb, Jennifer E. Michaels, Thomas E. Michaels, 2006)	14

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.5	Dimensi Spesimen (Sumber: J.C. Newman Jr., J.J. Ruschau, 2006)	15
2.6	Panjang Retak Pada Tahap Tekanan Rendah (Sumber: J.C. Newman Jr., J.J. Ruschau, 2006)	16
2.7	Panjang Retak Pada Tahap Tekanan Tinggi (Sumber: J.C. Newman Jr., J.J. Ruschau, 2006)	17
2.8	Graf Panjang Retak Lawan Kitaran Untuk Tahap Tekanan Rendah (Sumber: J.C. Newman Jr., J.J. Ruschau, 2006)	17
2.9	Graf Panjang Retak Lawan Kitaran Untuk Tahap Tekanan Tinggi (Sumber: J.C. Newman Jr., J.J. Ruschau, 2006)	17
2.10	Nilai Ujian Dan Jangkaan Pertumbuhan Retak Pada Tahap Daya Regangan Rendah (Sumber: J.C. Newman Jr., J.J. Ruschau, 2006)	18
2.11	Nilai Ujian Dan Jangkaan Pertumbuhan Retak Pada Tahap Daya Regangan Tinggi (Sumber: J.C. Newman Jr., J.J. Ruschau, 2006)	18
2.12	a) Transduser Diletakkan b) Kedudukan Permukaan Pantulan Pada Spesimen (Sumber: S.I. Rokhlin, J.-Y. Kim, B. Zoofan,	19

2007)		
BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.13	Sistem Kawalan Kelesuan (Sumber: S.I. Rokhlin, J.-Y. Kim, B. Zoofan, 2007)	20
2.14	Corak Beban Dengan Menunjukkan Data Yang Diperolehi Dari Ujian Kelesuan (Sumber: S.I. Rokhlin, J.-Y. Kim, B. Zoofan, 2007)	20
2.15	a) Isyarat Ultrasonik Yang Diperolehi Semasa Titik Sentuh Berpecah Dalam Ujian Kelesuan b) Lokasi Bukaannya Sepanjang Paksi Spesimen c) Perubahan Amplitud Isyarat Ultrasonik Dalam Bukaannya Lawan Bilangan Kitaran (Sumber: S.I. Rokhlin, J.-Y. Kim, B. Zoofan, 2007)	21
2.16	Gambaran Pemeriksaan VC Teknik Secara Tegak (Sumber: S.I. Rokhlin, J.-Y. Kim, B. Zoofan, 2007)	22
3.1	Carta Alir Bagi Perjalanan Kajian	24
3.2	Ukuran Piawai Bagi Bahan Spesimen	27
3.3	Mesin Bendsaw Bagi Kerja-Kerja Fabrikasi	27
3.4	Transduser (Sumber: Pn Zakiah, 2007)	31
3.5	Pergerakan Gelombang Semasa Ujian	31

(Sumber: Pn Zakiah, 2007)

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
3.6	Contoh Keputusan Yang Diperolehi Dari Pemeriksaan Jenis A (Sumber: Pn Zakiah, 2007)	32
3.8	a) Kedudukan Transduser Pada Blok K1	33
	b) Isyarat Pada Skrin Selepas Kalibrasi Menggunakan Blok K1 (Krautkramer NDT Ultrasonic Systems, 2008)	33
3.9	a) Kedudukan Transduser Dan Jarak Yang Dilalui Ketika Kalibrasi Blok K2	34
	b) Isyarat Pada Skrin Selepas Kalibrasi Menggunakan Blok K2 (Krautkramer NDT Ultrasonic Systems, 2008)	34
3.10	Isyarat Pada Skrin Setelah Menemui Retak Pada Spesimen	35
3.11	Isyarat Pada Skrin Sehingga 20% Dari Puncak Maksimum	35
4.1	Graf Ujian Regangan Aluminium 7075	38
5.1	Graf Masa Melawan Frekuensi	43

5.2	Graf Kitaran Melawan Frekuensi	44
BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
5.3	Graf Kitaran Melawan Frekuensi	45
5.4	Graf Masa Melawan Frekuensi	45
5.5	Graf Panjang Retak Melawan Kitaran Pada Frekuensi 5Hz	48
5.6	Graf Panjang Retak Melawan Kitaran Pada Frekuensi 10Hz	48
5.7	Graf Panjang Retak Melawan Kitaran Pada Frekuensi Frekuensi 15Hz	49
5.8	Graf Panjang Retak Melawan Masa Pada Frekuensi 5Hz	50
5.9	Graf Panjang Retak Melawan Masa Pada Frekuensi 10Hz	50
5.10	Graf Panjang Retak Melawan Masa Pada Frekuensi 15Hz	51
5.11	Graf Panjang Retak Melawan Frekuensi Pada 80% Masa	51

5.12	Graf Panjang Retak Melawan Frekuensi Pada 90% Masa	52
------	---	----

SENARAI SIMBOL

A_0	=	Luas keratan permukaan
F	=	Jumlah daya yang dikenakan
L_0	=	Panjang asal sampel
δ	=	Jarak pemanjangan
ϵ_e	=	Tegasan regangan
σ_e	=	Tegasan

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
A	Lukisan Bentuk Spesimen	58
B	Komposisi Kimia Yang Terdapat Pada Aluminium 7075	59
C	Keputusan Ujian Regangan	60
D	Proses Aturan Bagi Ujian Regangan	61
E	Contoh Spesimen	63
F	Peralatan Yang Digunakan	65

BAB 1

Pengenalan

1.1 Latar belakang kajian

Kajian yang dilakukan ini adalah untuk menghasilkan spesimen aloi aluminium yang mengalami keretakan hasil daripada kelesuan dan mengkaji keretakan yang terhasil dengan menggunakan teknik ujian tanpa musnah (NDT) iaitu pemeriksaan visual dan ujian ultrasonik. Kajian ini terbahagi kepada beberapa bahagian seperti mengkaji kelakuan lesu dalam aloi aluminium berdasarkan retak yang terhasil daripada ujian kelesuan dan membuat perbandingan panjang retak yang terhasil bagi setiap spesimen berdasarkan frekuensi dan kitaran yang berbeza.

Kelesuan adalah peringkat dan lokasi kerosakan struktur yang berlaku apabila bahan tersebut dikenakan daya tegasan secara berulang-ulang sama ada tegasan secara regangan, mampatan ataupun kedua-duanya. Sejarah telah mencatatkan bahawa James Alfred Ewing merupakan individu pertama yang mendemonstrasikan tentang kegagalan kelesuan logam dalam keretakan mikroskopik iaitu pada awal 1900-an. Kemudian pada pertengahan 1900-an, L.F. Coffin dan S.S. Manson telah menerangkan perambatan retak lesu dalam julat elastic sebagai panduan kepada keretakan. Pada tahun 2000, D.H.Ryu, T.W.Choi, Y.I.Kim dan S.H.Nahm telah melakukan ujikaji mengesan retak lesu dengan menggunakan pemprosesan imej. Dalam kajian ini, retak yang terhasil dikesan dengan menggunakan kamera CCD.

Pada tahun 2006, giliran S.I.Rokhlin, J.Y.Kim, B.Xie dan B.Zoofan untuk menjalankan kajian retak lesu menggunakan NDT dengan menjalankan kajian perambatan lesu keatas titanium dengan menggunakan pengesanan gelombang ultrasonik.

NDT, secara prinsipnya boleh di ertikan satu ujian yang mana di jalankan ke atas bahan khususnya aloi logam tanpa memusnahkannya dan memastikan logam yang di periksa boleh di gunakan atau tidak. NDT juga boleh menentukan jangka hayat dan bilakah pemeriksaan harus di lakukan lagi untuk memastikan keselamatan pengguna dan mesin daripada berlaku sesuatu kejadian yang tidak di ingini. NDT penting untuk mengawal kualiti kepenggunaan logam aloi. Ini kerana NDT dapat mengesan sebarang keretakan, hakisan dan banyak masalah kecil yang boleh mengurangkan jangka hayat sesuatu bahan.

Terdapat beberapa kaedah lain yang boleh di gunakan selain ujian ultrasonik dalam NDT. Terdapat 5 teknik asas NDT yang di gunakan dalam mana-mana industri iaitu kaedah arus eddy, pemeriksaan visual, penusukan cecair, ujian zarah magnet dan ujian ultrasonik. Selain daripada itu, terdapat juga teknik yang maju dalam NDT iaitu ujian radiografi dan teknik penyebaran akustik

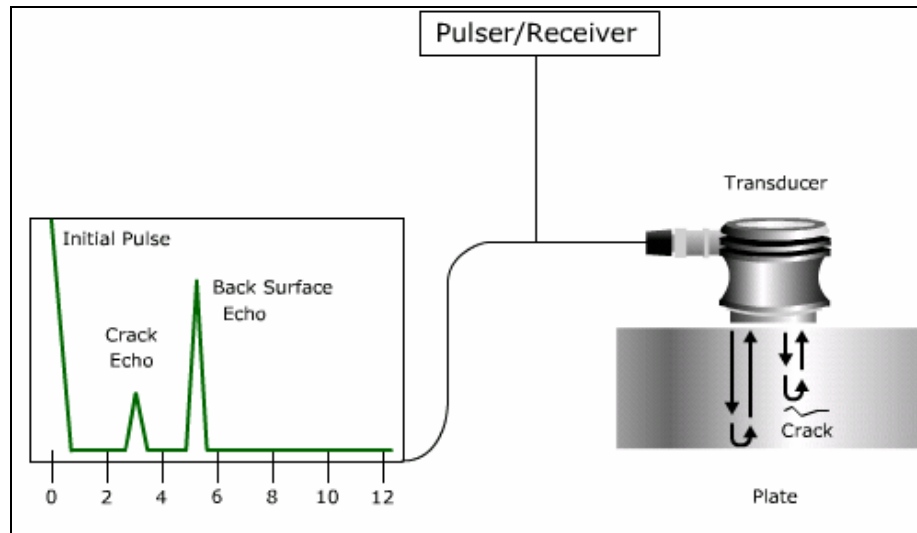
Teknik pemeriksaan visual telah di pilih untuk mengesan retak. Ini kerana kaedah ini sememangnya mempunyai banyak kelebihanannya berbanding teknik yang lain. Antara kebaikan teknik ini adalah senang dilakukan dan tidak memerlukan kos yang mahal untuk menjalankan pemeriksaan. Disamping itu, hasil pemeriksaan dari teknik ini juga dapat diperolehi dengan serta merta.

Sejarah ultrasonik ini bermula pada perang dunia kedua, sonar, satu teknik yang menghantar gelombang bunyi melalui air dan pantulan gema dari benda yang tenggelam, mengilhamkan pengkaji untuk menerokai dan belajar cara untuk digunakan dalam konsep penentuan perubatan. Pada 1929 dan 1931, Solokov telah mengkaji kegunaan gelombang ultrasonik dalam mengesan bahan besi. Mulhauser, pada 1931 mendapati untuk menggunakan gelombang ultrasonik, menggunakan dua transduser untuk mengesan retak dalam pepejal. Firestone (1940) dan Simons (1945) membangunkan ujian getaran ultrasonik menggunakan teknik getaran gema.

Pada awal 1970 an, pembangunan dalam teknologi ini menjadi pemangkin kepada kebolehan untuk mengesan retak kecil, yang mana menyebabkan banyak bahagian di buang walaupun ia tidak memberi kesan kepada kegagalan komponen. Kemunculan prinsip mekanik patah membolehkan ramalan di buat sama ada retak tersebut akan gagal jika dikenakan beban tertentu apabila kekuatan bahan tersebut diketahui. Peraturan lain di buat untuk meramal perambatan retak di bawah daya lesu. Dengan kemunculan peraturan ini memungkinkan penerimaan struktur yang mempunyai retak jika kawasan retak tersebut diketahui. Ini menjadi asas kepada toleransi kerosakan rekabentuk. Komponen yang diketahui retaknya boleh diguna pakai dalam industri selagi retak tersebut tidak merambat ke tahap kritikal iaitu kegagalan komponen.

Untuk kajian ini, ujian ultrasonik telah di gunakan untuk mengesan retak yang terhasil. Ini kerana kaedah ini mempunyai banyak kelebihan berbanding kaedah lain. Antara kelebihan adalah ia dapat mengesan retak pada permukaan dan retak di dalam bahan, kadar kedalaman penembusan untuk mengesan kecacatan adalah lebih baik daripada kaedah-kaedah yang lain, ia juga adalah amat tepat dalam memastikan kedudukan pemantul dan menganggarkan saiz dan bentuk, memerlukan persiapan yang minimum. Ia juga mempunyai peralatan elektronik yang menghasilkan keputusan segera dan imej-imej terperinci boleh dihasilkan dengan sistem berautomatik Ia mempunyai kegunaan lain, seperti pengukuran ketebalan, dan pengesanan keretakan.

Ujian Ultrasonik mengaplikasikan pergerakan frekuensi gelombang bunyi yang tinggi ke dalam sesuatu bahan untuk mengesan kesempurnaan ataupun mengesan sebarang perubahan yang terjadi kepada sesuatu bahan yang diperiksa. Pemeriksaan ultrasonik juga boleh di gunakan untuk mengesan keretakan, pengukuran dimensi, karakter bahan dan sebagainya. Tenaga bunyi yang di hasilkan akan melalui bahan dengan gelombang bunyi. Apabila terdapat sesuatu keretakan di dalam bahan tersebut, gelombang bunyi akan terpantul balik ke permukaan daripada tempat yang mengalami keretakan. Pantulan gelombang tersebut akan di tukar kepada isyarat elektrik dengan transduser dan di paparkan pada skrin. Daripada isyarat tersebut, kita dapat mengetahui tempat pantulan, saiz dan sebagainya. Rajah 1.1 menunjukkan teknik ujian ultrasonik untuk mengesan retak.



Rajah 1.1: Ujian ultrasonik dalam mengesan retak
(Sumber: Pn. Zakiah, (2007))

1.2 Masalah Yang Dihadapi

Dalam menjalankan kajian ini, beberapa masalah yang agak rumit telah dihadapi. Antara masalah yang dihadapi adalah faktor penghad dalam penggunaan NDT itu sendiri, khususnya ujian ultrasonik terdapat banyak faktor penghad seperti saiz minimum spesimen adalah 10x10mm, perlu mempunyai retak didalam lebih dari 3mm dan bergantung kepada jenis spesimen itu sendiri.

Kebanyakan kajian kelesuan yang dibuat adalah dengan mengesan retak pada permukaan dan jarang yang mengkaji retak didalam spesimen.

1.3 Objektif Kajian

Terdapat beberapa objektif yang telah dikenalpasti dan hendak di capai diakhir kajian. Antaranya adalah mengkaji kelakuan lesu dalam aluminium berdasarkan retak yang terhasil. Objektif yang lain adalah untuk membuat perbandingan retak yang terhasil bagi setiap spesimen aluminium berdasarkan

pembolehubah yang digunakan. Ini dilakukan dengan membahagikan spesimen kepada beberapa kumpulan yang akan di kenakan daya tegasan secara berulang-ulang.

1.4 Skop Kajian

Dalam kajian yang dilakukan, skop pertama yang telah ditetapkan adalah mengenalpasti aloi aluminium tempatan dan teknik NDT yang akan digunakan. Terdapat banyak kajian yang dilakukan sebelum ini bagi jenis-jenis ujian yang boleh digunakan dalam mengesahkan retak yang dihasilkan. Jenis ujian yang akan dipilih adalah berdasarkan kepada penggunaannya pada masa kini dan juga peluang untuk diperkembangkan pada masa akan datang.

Skop yang kedua adalah mengenalpasti aplikasi kelakuan lesu yang di gunakan. Dalam kebanyakan aplikasi, bahan akan mengalami daya getaran dan daya ayunan. Sifat bahan yang mengalami keadaan tersebut berbeza daripada sifat bahan semasa keadaan pegun. Di sebabkan bahan mengalami daya secara berulang kali semasa di gunakan, pereka cipta perlu meramal keadaan lesu yang mana bermaksud jumlah kitaran terhadap kegagalan di bawah keadaan tertentu. Ujian lesu memberi lebih banyak data semasa jangka hayat bahan.

Skop yang ketiga ialah menetapkan saiz spesimen berdasarkan mana-mana standard yang diiktiraf. Saiz spesimen berukuran piawai perlu diketahui berdasarkan ukuran yang telah ada sebelum ini. Ini penting dalam memastikan kajian yang dijalankan mendapat pengiktirafan.

Skop yang keempat adalah mengenalpasti beberapa faktor penghad dalam penggunaan teknik NDT yang mempengaruhi pengesanan retak. Dalam kajian ini, teknik NDT akan digunakan bagi mengesan retak pada bahan spesimen dan penghad bagi teknik yang digunakan iaitu ujian ultrasonik akan dikenalpasti. Sebanyak sembilan spesimen yang di bahagikan kepada 3 kumpulan yang mana setiap kumpulan akan dikenakan daya tegasan secara berulang kali dengan tiga frekuensi