

PENYIASATAN PERAMBATAN GELOMBANG AKUSTIK  
TERHADAP LAPISAN KONKRIT  
STRUKTUR BERTETULANG

AZHAR BIN ANUAR

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

AZHAR BIN ANUAR

SARJANA MUDA KEJ. MEKANIKAL (LOJI & PENYENGGAHAN)

2015

UTeM

### **PENGESAHAN PENYELIA**

“Saya akui bahawa telah membaca Tesis ini dan pada pandangan saya Tesis ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Loji dan Penyelenggaraan).”

Tandatangan: .....

Penyelia: Ruztamreen Bin Jenal

Tarikh: .....

**PENYIASATAN PERAMBATAN GELOMBANG AKUSTIK TERHADAP  
LAPISAN KONKRIT STRUKTUR BERTETULANG**

**AZHAR BIN ANUAR**

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

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

**Jun 2015**

## PENGAKUAN

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

Tandatangan: .....

Nama penulis: Azhar Bin Anuar

Tarikh: .....

## PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izinNya, saya telah berjaya menyempurnakan tugas kali ini pada waktu yang telah ditetapkan tanpa sebarang kesulitan yang sukar saya alami. Justeru itu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada semua individu yang telah membantu saya dalam menyempurnakan kertas kerja bagi Projek Sarjana Muda pertama ini. Seterusnya, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia Dr. Ruztamreen Bin Jenal dan Dr Nor Salim Bin Muhammad untuk segala ilmu yang telah dikongsi, segala tunjuk ajar serta dorongan dan sokongan mereka dalam membantu saya menyempurnakan tugas yang diberi. Selain itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada rakan seperjuangan yang juga telah memberi pertolongan dan perkongsian ilmu dan idea bagi memudahkan saya menyempurnakan kertas kerja ini.

Akhir sekali, jutaan terima kasih ingin saya ucapkan kepada semua ahli keluarga saya terutamanya pada ibu bapa saya yang telah memberi sokongan yang jitu dari segi fizikal dan mental serta telah meniupkan semangat kejayaan untuk saya terus mencapai kejayaan. Seterusnya, ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada semua yang telah membantu saya secara langsung dan tidak langsung dan saya amat menghargai sumbangan dan bantuan mereka. Sekian, terima kasih.

## ABSTRAK

Elemen konkrit dalam konteks industri pembinaan yang meliputi konkrit papak dan cerucuk yang menjadi asas tunjang pengukuhan kepada sesuatu komponen struktur. Ujian pengawalan kualiti pada elemen konkrit secara amnya seperti ujian tanpa musnah berasaskan perambatan gelombang berfrekuensi rendah. Objektif kajian ini adalah pembelajaran terhadap asas perambatan gelombang berpandu terhadap papak konkrit bertetulang berbentuk plat, menentukan kesannya pada konkrit yang berlapis yang berlainan jenis dan mengenalpasti keberkesanan gelombang berpandu untuk pengukuran jarak struktur konkrit. Gelombang berpandu merambat pada jarak yang jauh menjadi suatu kepentingan kepada industri dalam pengujian struktur yang besar. Penggunaan gelombang berpandu dalam konkrit melalui kaedah simulasi menggunakan perisian Abaqus digunakan bagi membuat permodelan serta analisis. Tiga permodelan asas bagi papak konkrit berbentuk plat dua dimensi diuji sebagai asas kepada struktur cerucuk konkrit bertetulang dengan mengenakan beban terhadapnya. Jarak konkrit dan kesan lapisan konkrit berkekuatan tinggi dan konkrit biasa dapat ditentukan melalui persamaan halaju gelombang. Pengiraan mengenai jarak konkrit berpandukan kesan gelombang berpandu terhadap sempadan konkrit berlainan jenis digunakan bagi menilai jarak dan kesan gelombang berpandu terhadap konkrit.

## ABSTRACT

Concrete are element within industry construction context which being a foundation of supported component especially for concrete slabs and piles. Quality control tests on such elements of concrete generally consists of non-destructive test based on low frequency wave propagation. The objectives of this research are studying about basic of guided wave propagation into reinforced concrete slabs in plate, determination of different types of concrete in multilayer and identification of its effectiveness in concrete measurement. The guided wave propagate over long distances have been important in industry for testing on large structures. The use of guided wave in concrete by means of method by using Finite Element Method (FEM) are applicable for creating modeling and analysis. Three basic modeling for plate shaped concrete piles were tested in two dimensional of structure of reinforced concrete slabs by imposing load on it. The length and the effects of High Strength Concrete and Ordinary Concrete are able to obtain from the wave propagation equation. Calculations about the concrete distance are based on a concrete wave impact on boundary of the different types of concrete used to evaluate the effects of distance and guided wave of concrete.



## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	PENGESAHAN	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiii
	SENARAI SIMBOL	xvii
	SENARAI LAMPIRAN	xviii

<b>BAB 1</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>MUKA SURAT</b>
1.1	Pengenalan	1
1.2	Latar Belakang Kajian	3
1.3	Penyataan Masalah	4
1.4	Objektif	5
1.5	Skop Kajian	5

1.6	Rangka keseluruhan kandungan	6
<b>BAB 2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Gelombang Berpandu	7
2.2	Asas Perambatan Gelombang	8
2.3	Sifat Gelombang Berpandu	10
2.4	Konsep Gelombang Berpandu	11
2.5	Ciri-ciri Gelombang Berpandu	14
2.6	Mod Perambatan gelombang	15
	2.6.1 Gelombang Rayleigh	16
	2.6.2 Gelombang Ricih Mendatar	17
	2.6.3 Gelombang Lamb	18
	2.6.4 Gelombang Love	20
2.7	Aplikasi Gelombang Berpandu	21
2.8	Aplikasi pada pemeriksaan tiub	23
2.9	Konkrit	27
	2.9.1 Konkrit Bertetulang	29
	2.9.2 Papak konkrit bertetulang	29
	2.9.3 Kecacatan konkrit	31
	2.9.4 Pelekangan/Serpihan	31
	2.9.5 Keretakan	32
	2.9.6 Lompang dan rekahan dalaman	33
2.10	Dapatan Kajian	34

<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.1	Pengenalan	35
3.2	Carta Alir	37
3.3	Menentukan spesifikasi dan bahan kajian	37
3.4	Perisian Abaqus	39
3.5	Permodelan Konkrit	40
3.6	Elemen <i>Mesh</i> pada Spesimen	43
3.7	Kadar Masa bagi Pengujaan Gelombang	45
3.8	Arah Daya dan Pengujaan Gelombang	46
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>MUKA SURAT</b>
4.1	<i>Finite Element Method</i> (FEM) pada Papak Plat	48
4.2	Kesan Perambatan Gelombang di Lapisan Konkrit	49
4.2.1	Kesan Perambatan Gelombang di Spesimen Pertama	50
4.2.2	Kesan Perambatan Gelombang di Spesimen Kedua	51
4.2.3	Kesan Perambatan Gelombang di Spesimen Ketiga	52
4.3	Penentuan Jarak Lapisan Konkrit	53
4.3.1	Penentuan Jarak di Spesimen Pertama	54
4.3.1.1	Pantulan Gelombang di Titik B-A	55
4.3.1.2	Pantulan Gelombang di Titik C-A	56
4.3.1.3	Pantulan Gelombang di Titik D-A	57

4.3.2	Penentuan Jarak di Spesimen Kedua	58
4.3.2.1	Pantulan Gelombang di Titik B-A	59
4.3.2.2	Pantulan Gelombang di Titik C-A	60
4.3.2.3	Pantulan Gelombang di Titik D-A	61
4.3.3	Penentuan Jarak di Spesimen Ketiga	62
4.3.3.1	Pantulan Gelombang di Titik B-A	63
4.3.3.2	Pantulan Gelombang di Titik C-A	64
4.3.3.3	Pantulan Gelombang di Titik D-A	65
4.4	Perbincangan Kesan Lapisan Konkrit dan Penentuan Jarak	66
4.4.1	Pengiraan Jarak Sampel Pertama	67
4.4.2	Pengiraan Jarak Sampel Kedua	68
4.4.3	Pengiraan Jarak Sampel Ketiga	69
4.5	Perbincangan Kesan Lapisan Konkrit dan Penentuan Jarak	70
4.6	Dapatan Kajian	71
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>MUKA SURAT</b>
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Cadangan	73
	<b>RUJUKAN</b>	74
	<b>LAMPIRAN</b>	82

## SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Jadual 2.1: Jenis-jenis mod gelombang	15
3.1	Spesimen bahan kajian yang pertama.	38
3.2	Spesimen bahan kajian yang kedua.	38
3.3	Spesimen bahan kajian yang ketiga.	39
4.1	Hasil Pengiraan Jarak dari Titik A, B, C, dan D bagi Spesimen Pertama	62
4.2	Hasil Pengiraan Jarak dari Titik A, B, C, dan D bagi Spesimen Kedua	67
4.3	Hasil Pengiraan Jarak dari Titik A, B, C, dan D bagi Spesimen Ketiga	72

## SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Gelombang di dalam medium tanpa sempadan (Gelombang untaian)	9
2.2	Gelombang di dalam medium tanpa sempadan (medium gelombang yang jauh dari sempadan titik pemerhatian)	9
2.3	Skematik Gelombang satu dimensi	12
2.4	Skematik Gelombang Berpandu	12
2.5	Gelombang Berpandu di sistem dipandu: (a). Dua dimensi dan (b). Tiga dimensi	13
2.6	Perambatan mod gelombang <i>Rayleigh</i>	16
2.7	Gelombang Rayleigh: a) Lukisan Skematik b) Gelombang pada Satah Sagital	17
2.8	Variasi fasa halaju tidak dimensi untuk tertib pertama bagi gelombang SH mod tarikan bebas di plat.	18
2.9	Gelombang <i>Lamb</i> a). Mod anti simetri b). Mode simetri	19
2.10	Skematik pergerakan zarah	20
2.11	Pengagihan anjakan daripada gelombang <i>Love</i>	21
2.12	Lukisan skematik yang menunjukkan potensi gempa bertindak ke atas struktur plat	22
2.13	Dapatan kajian bagi struktur plat berukuran 1 m persegi	22

	pada 5mm plat aluminium	
2.14	Wavemaker G3 dan $\frac{3}{4}$ inci kuar	24
2.15	Sistem paparan tiub dengan kuar diletakkan di dalam tiub	25
2.16	Skematik ujian di dalam dengan kewujudan kecacatan	25
2.17	Sampel keputusan tiub tanpa kecacatan	26
2.18	Contoh penghasilan konkrit dengan menggunakan air, simen portland dan batu baur secara manual	28
2.19	Papak pepejal konkrit bertetulang	30
2.20	Pelekangan di bawah papak konkrit di jambatan	31
2.21	Keretakan papak konkrit lantai	32
2.22	Lompang pada permukaan luar di dinding konkrit	33
3.1	Carta Alir sepanjang kajian	36
3.2	Paparan kerja Abaqus versi 6.10	40
3.3	Pandangan isometri papak konkrit yang dimodel.	41
3.4	Spesimen model yang pertama	42
3.5	Spesimen model yang kedua	43
3.6	Spesimen model yang ketiga	44
3.7	Bentuk elemen <i>Mesh</i>	45
3.8	Gelombang „Sine Envelope“	46
3.9	Arah daya	47
4.1	Kesan lapisan konkrit spesimen pertama daripada simulasi (a) Tempoh masa 30 $\mu$ s (b) Tempoh masa 45 $\mu$ s dan (c) Tempoh masa 75 $\mu$ s	50
4.2	Perubahan Gelombang pada kesan lapisan konkrit	51

	daripada simulasi (a) Konkrit berkekuatan tinggi (b) Konkrit biasa	
4.3	Kesan lapisan konkrit spesimen kedua daripada simulasi (a) Tempoh masa 25 $\mu$ s (b) Tempoh masa 35 $\mu$ s dan (c) Tempoh masa 75 $\mu$ s	52
4.4	Perubahan Gelombang pada kesan lapisan konkrit daripada simulasi (a) Konkrit berkekuatan tinggi (b) Konkrit biasa	53
4.5	Kesan lapisan konkrit spesimen ketiga daripada simulasi (a) Tempoh masa 12.5 $\mu$ s (b) Tempoh masa 60 $\mu$ s dan (c) 75 $\mu$ s	54
4.6	Perubahan Gelombang pada kesan lapisan konkrit daripada simulasi (a) Konkrit berkekuatan tinggi (b) Konkrit biasa	55
4.7	Titik pantulan A, B, C, dan D bagi spesimen model	56
4.8	Graf sesaran melawan masa di seluruh geometri	58
4.9	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (0-40 $\mu$ s)	59
4.10	Keratan gambar dari video simulasi (30 $\mu$ s)	59
4.11	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (45-50 $\mu$ s)	60
4.12	Keratan gambar dari video simulasi (45 $\mu$ s)	60
4.13	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (55-76 $\mu$ s)	61
4.14	Keratan gambar dari video simulasi (a) (64 $\mu$ s) dan (b) (75 $\mu$ s)	61
4.15	Graf sesaran melawan masa di seluruh geometri	63
4.16	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (0-30 $\mu$ s)	64
4.17	Keratan gambar dari video simulasi (25 $\mu$ s)	64



4.18	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (40-70 $\mu$ s)	65
4.19	Keratan gambar dari video simulasi (a) (46 $\mu$ s) dan (b) (58 $\mu$ s)	65
4.20	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (40-75 $\mu$ s)	66
4.21	Keratan gambar dari video simulasi (72 $\mu$ s)	66
4.22	Graf sesaran melawan masa di seluruh geometri	68
4.23	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (0-20 $\mu$ s)	69
4.24	Keratan gambar dari video simulasi (12.5 $\mu$ s)	69
4.25	Graf sesaran melawan masa pada kadar masa (30-65 $\mu$ s)	70

## SENARAI SIMBOL

$\lambda$	=	Panjang Gelombang
$f$	=	Frekuensi
$L$	=	Kitaran
$\Delta x$	=	Saiz <i>Mesh</i>
$t$	=	Masa
$s$	=	Saat
$\mu$	=	Milli
Hz	=	Hertz
N	=	Newton
E	=	Modulus Keanjalan
$\gamma$	=	Nisbah <i>Poisson</i>
$\delta$	=	Ketumpatan
m	=	Meter

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>Bil</b>	<b>Tajuk</b>	<b>Muka Surat</b>
1	Pengiraan Spesimen yang pertama	83
2	Pengiraan Spesimen yang Kedua	84
3	Pengiraan Spesimen yang Ketiga	85
4	Carta Gantt PSM 1	86
5	Carta Gantt PSM 2	87

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Konkrit bertetulang merupakan aspek yang penting dalam industri pembinaan seiring dengan perkembangan ekonomi sesebuah negara. Sejar dengan perkembangan sektor industri binaan yang pesat, konkrit bertetulang digunakan secara meluas sebagai bahan binaan seperti pembinaan jambatan, lapangan terbang, landasan keretapi, empangan dan juga bangunan. Antara salah satu strukturnya yang kuat, ia telah meluas digunakan kerana kos pembinaan yang ekonomi, mudah disediakan dan sesuai dalam pelbagai persekitaran. Namun di sebalik kekuatan konkrit ini, terdapat beberapa faktor-faktor yang mengurangkan kekuatan konkrit dan mempengaruhi jangka hayat penggunaannya. Salah satu faktornya ialah kesilapan dan ketidaksempurnaan dalam rekabentuk (Noraini 2005). Di dalam sesuatu proses pembinaan, peringkat perancangan, analisis rekabentuk dan lukisan perincian sesuatu bangunan adalah penting bagi bertujuan mengenalpasti faktor yang menyumbang kepada ketahanan, keutuhan sesuatu struktur itu (Noraini 2005). Kesilapan membuat anggapan dan penimbangan untuk mengira beban dan sifat kebolehlenturan sesuatu struktur boleh menyumbang kepada kegagalan sesuatu struktur konkrit itu (David 1997).

Namun begitu, pelbagai jenis ujian dan pemeriksaan telah dilakukan demi mengelakkan sebarang berlakunya kemalangan, kecederaan dan sebagainya. Antaranya yang menjadi kegunaan pada masa kini ialah Ujian Tanpa Musnah. Ujian Tanpa Musnah merupakan salah satu ujian kepada struktur konkrit yang sudah siap dibentuk atau mengeras untuk menilai samaada konkrit tersebut sesuai digunakan ataupun tidak. Ujian Tanpa Musnah ini dilakukan tanpa memusnahkan bahan kajian tersebut malah mampu mengeluarkan data asas seperti ketumpatan “density”, modulus keanjalan “elastic modulus” dan kekuatan struktur tersebut (Sun 2001). Bagi struktur konkrit yang baru, prinsip kegunaan ujian ini adalah untuk mengawal kualiti skala penggunaan bahan dan pembinaan. Bagi kegunaan struktur konkrit yang sedang diguna pakai seperti bangunan dan cerucuk, ujian ini digunakan untuk menguji kecacatan pada konkrit tersebut seperti rekahan, pengaratan dan sebagainya (Gemma 2012).

Peningkatan terhadap pemahaman konsep asas fizik and mekanik gelombang yang meliputi gelombang berpandu (guided wave) telah mendorong kepada peningkatan dalam bentuk praktikal bagi penilaian ujian tanpa musnah dan pemeriksaan masalah. Penggunaan media elektronik melalui perisian juga meningkatkan penggunaan gelombang berpandu ini di dalam sesuatu perisian simulasi yang mana dahulunya pemeriksaan terhadap sesuatu struktur konkrit itu melalui eksperimen atau penglihatan sahaja. Prinsip kelebihan bagi gelombang berpandu ini adalah pemeriksaan kepada sesuatu pada jarak yang jauh dengan kecekapan sensitiviti hanya daripada kedudukan kuar tunggal (single probe position). Terdapat juga keupayaan untuk menguji sturuktur tersembunyi atau tertanam dan struktur di bawah air, lapisan coat, penebat dan konkrit.

Pada masa kini, gelombang berpandu telah mula diperkenalkan dan digunakan di dalam industri petro-kimia yang dikaji oleh T.Vogt, D.Alleyne, dan B.Pavlakovic pada tiub pemindah haba “Heat Exchanger”. Melalui kajian ini juga, tiub pemindah haba dimesin pada tempat tertentu sebagai kecacatan untuk diuji melalui alat transduser yang memancarkan gelombang di dalam tiub tersebut. Selain itu, terdapat juga aplikasi gelombang berpandu ini pada landasan keretapi seperti yang dikaji oleh J.L. Rose, P.

Cawley dan T. Hayashi yang menggunakan gelombang berpandu untuk mencari kecacatan pada landasan. Permodelan dan pengujian menggunakan gelombang berpandu di dalam perisian juga dilakukan seperti pengujian pada paip (Zhang et al 2006), tangki simpanan (Peter 2002) dan struktur berkomposit (Kapadia 2000).

## 1.2 Latar belakang kajian

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk mengkaji perambatan gelombang akustik terhadap lapisan struktur konkrit bertetulang. Gelombang berpandu dipilih sebagai alat pengujian kerana merupakan salah satu ujian tanpa musnah di bawah pengujian ultrabunyi yang relevan digunakan pada masa kini dan masih belum meluas digunakan pada infrastruktur awam seperti konkrit bertetulang, jambatan, saluran paip dan cerucuk konkrit (Rose n.d.). Gelombang berpandu adalah struktur tenaga gelombang “ultrasonic waves” yang merambat sepanjang struktur dan dipandu oleh sempadan geometri. Gelombang berpandu jarak jauh adalah merupakan salah satu teknik yang terbaru untuk ujian tanpa musnah dan penilaian bahan. Penggunaan ujian berpandu ini diberi penekanan dan diberi keutamaan dalam konteks pembinaan kerana kebolehan merambat lebih jauh dan memantulkan gema kecacatan jika terdapat kecacatan pada struktur itu (Salim et al 2013). Kegunaannya untuk menguji pada satu titik tetap di sesuatu struktur menjadi suatu kebaikan kerana tidak perlu mengubah tempat pengujian hanya bertumpu kepada jarak perambatan gelombang (Salim et al 2013).

Kajian yang dilakukan adalah kepada konkrit berlapis dalam berbentuk plat. Terdapat pelbagai mod gelombang berpandu yang boleh dikenakan keatas konkrit plat iaitu seperti Gelombang Rayleigh (Rayleigh Wave), Gelombang SH (SH-Mode Wave) (Wang 2004), Gelombang Lamb (Lamb Wave) (Wang 2004), Gelombang Love (Love

Wave) (Wang 2004), dan Wave Stoneley (Stoneley Wave) (Wang 2004). Mod gelombang yang dipilih adalah Gelombang liputan (Envelope Wave) untuk menentukan gelombang yang paling jauh boleh dirambatkan di dalam konkrit berlapis. Pemilihan gelombang ini adalah dengan gelombang yang boleh merambat jarak yang jauh pada frekuensi yang rendah. Walaupun begitu, terdapat kekangan yang dihadapi oleh mod seperti bentuk geometri dan ketebalan struktur (Rose 2000). Penstrukturan geometri dan ketebalan struktur hendaklah dihadkan untuk mengelakkan supaya gelombang dapat merambat ke semua arah di dalam struktur itu.

Namun kajian ini menyediakan maklumat mengenai pengetahuan gelombang berpandu ultrabunyi analisis. Kajian ini juga hanya mengaplikasikan simulasi gelombang akustik di dalam perisian Abaqus untuk mempelajari kesan-kesan kepada struktur konkrit berlapis bertetulang. Simulasi ini dilakukan keatas plat konkrit bersama dengan pengukuran panjang dan ketebalan yang dihadkan. Penggunaan Gelombang Liputan (Envelope Wave) adalah ditentukan melalui jarak gelombang tersebut dilepaskan untuk sampai di hujung struktur konkrit. Kesan-kesan gelombang akustik juga dikaji ke atas lapisan konkrit.

### **1.3    Penyataan masalah**

Gelombang berpandu merupakan salah satu pemeriksaan daripada Ujian Tanpa Musnah untuk mengesan kecacatan pada saluran paip atau menentukan jenis bahan struktur melalui perambatan gelombang isyarat. Gelombang ini mempunyai keupayaan untuk melakukan pemeriksaan di satu titik arah dan mempunyai ciri tindak balas yang cepat untuk mengesan. Walau bagaimanapun, terdapat beberapa had bagi perambatan gelombang iaitu kepelbagaian mod getaran dan ciri penyerakan gelombang. Oleh yang demikian, penentuan di dalam pemilihan jenis-jenis lapisan konkrit, ketebalan dan

dimensi adalah diperlukan. Kewujudan elemen air dan asas-asas minyak boleh melemahkan kekuatan isyarat yang mempengaruhi jarak jauh penghantaran isyarat (Sun & Rose 2000). Projek ini dilancarkan untuk menyiasat perambatan gelombang akustik terhadap lapisan struktur papak konkrit dan menentukan saiz dan panjang struktur konkrit itu dengan menggunakan perisian Abaqus simulasi di dalam konteks ujian tanpa musnah.

#### **1.4 Objektif**

Terdapat tiga objektif dalam menentukan kajian ini. Objektif kajian yang perlu dicapai di akhir projek ini ialah:

- i. Mengenalpasti kesan perambatan gelombang akustik kepada lapisan-lapisan konkrit di struktur konkrit bertetulang.
- ii. Menentukan saiz atau panjang konkrit dengan menggunakan gelombang berpandu.

#### **1.5 Skop kajian**

Pembuatan reka bentuk geometri konkrit berbentuk segi empat tepat dengan bahan-bahan lapisan konkrit melalui Kaedah Unsur Tidak Terhingga (FEM). Menggunakan perisian ini dengan mengaplikasikan perambatan gelombang akustik terhadap konkrit berlapis. Menggunakan dua jenis konkrit yang berbeza iaitu konkrit berkekuatan tinggi dan konkrit biasa sebagai medium kajian untuk menilai tebal lapisan konkrit menggunakan gelombang akustik.