

‘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 : En. Ahmad Rivai

Tarikh : .....

MENGANALISA KEADAAN BUKAN LINEAR ANALISIS UNSUR  
TERHINGGA TERHADAP RASUK DARIPADA STRUKTUR BADAN BAS  
APABILA DIKENAKAN DAYA LENTUR

AHMAD DELI BIN MOHD NOOR

Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Mekanikal (Struktur Dan 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 : Ahmad Deli Bin Mohd Noor

Tarikh : 18 Mei 2009

## **DEDIKASI**

Untuk ibu yang tersayang

Puan Hasiah Binti Hussin

Serta

Adik-beradik, pensyarah-pensyarah dan rakan-rakan seperjuangan.....

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur kehadiran Illahi dengan limpah dan kurnia-Nya dapatlah saya menyiapkan kajian ini dengan sempurna. Saya juga ingin bersyukur kerana sepanjang pengajian di Universiti Teknikal Malaysia Melaka dipermudahkan oleh-Nya untuk menerima ilmu yang dipelajari. Segala rintangan dan cabaran yang dihadapi dapat diharungi dengan tekun dan sabar.

Pertama sekali, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi ucapan terima kasih kepada En.Ahmad Rivai selaku penyelia projek kerana tidak pernah jemu melayan saya, memberi tunjuk-ajar dan tanpa kesabaran beliau mustahil saya dapat menyiapkan projek ini. Saya juga berasa bangga dan bertuah kerana menjadi salah seorang daripada pelajar di bawah penyeliaan beliau. Dengan pengetahuan yang beliau miliki, alhamdulillah dapatlah saya menyiapkan kajian ini dengan sempurna.

Di kesempatan ini juga saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada pensyarah-pensyarah yang telah membantu dan memberi tunjuk ajar kepada saya untuk menyiapkan projek ini. Tidak lupa juga kepada juruteknik-juruteknik fakulti yang banyak membantu sepanjang kajian ini dijalankan.

Akhir sekali, tidak dilupakan ucapan terima kasih kepada rakan seperjuangan dan sesiapa jua yang telah membantu dan terlibat secara langsung ataupun tidak langsung sepanjang projek ini dijalankan. Akhir kata semoga laporan ini menjadi sumber rujukan pada masa hadapan.

## ABSTRAK

Kejadian bas bergolek merupakan penyumbang utama kadar kematian terutama kemalangan yang melibatkan bas. Kerajaan Malaysia telah menetapkan untuk menggunakan Piawaian *ECE R66* yang telah digunakan di Kesatuan Eropah menjelang tahun 2009. Piawaian ini menyediakan pilihan persijilan berdasarkan kaedah pengiraan atau kaedah simulasi. Semasa kejadian bas bergolek berlaku, struktur badan bas yang tidak kukuh akan bertukar kepada keadaan plastik (bukan linear) dan tidak mampu untuk menahan daya hentakan yang kuat. Tujuan utama tesis ini adalah untuk menentukan aturcara untuk menganalisa keadaan plastik pada rasuk dari struktur badan bas selepas dikenakan daya lentur yang merupakan sebahagian daripada Piawaian *ECE R66*. Perisian ABAQUS akan digunakan untuk menganalisa masalah ini. Pengesahan kajian dilakukan dengan perbandingan keputusan dari kedah simulasi dan ujikaji.

## ABSTRACT

The occurrences of bus rollover are one of the highest contributors to death in accident. The Malaysian government has ruled out the use of *ECE R66* regulation by year 2009. This regulation provides choice of certification based either on experimental or simulation. In occurrence of rollover incident, the bus body structure will experience plastic deformation (nonlinear) thus it would not be able to stop high impact force. The main objective of this thesis is to identify the procedure to analyze plastic deformation in beam within bus structure when bending force is applied. These are part of the procedure within the *ECE R66* regulation. ABAQUS Software is used to analyze this problem. Validation of the research is done by comparing the experimental result to the simulation method.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vi
	<b>KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	x
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xi
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xiv
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xv
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	1
	1.1 Objektif	1
	1.2 Latar Belakang Projek	1
	1.3 Analisa Masalah	2
	1.4 Skop	3
	1.5 Perbincangan	4
	1.6 Rumusan	4



<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	<b>5</b>
	2.1 Fenomene Bas Bergolek	5
	2.2 Piawaian ECE UNO R66	6
	2.3 Perubahan Bentuk Plastik	8
	2.4 Analisis Unsur Terhingga ( <i>FEA</i> ) dan Kaedah Unsur Terhingga ( <i>FEM</i> )	11
	2.41 Pengenalan	11
	2.42 Perbezaan antara <i>FEA</i> dan <i>FEM</i>	13
	2.43 Perisian <i>ABAQUS</i>	14
<b>3</b>	<b>METODOLOGI KAJIAN</b>	<b>16</b>
	3.1 Simulasi	18
	3.2 Aturcara Menganalisa Keadaan Bukan Linear	19
	3.21 Pengenalan	19
	3.22 Membina Bahagian	19
	3.23 Menentukan Sifat Bahan	21
	3.24 Mentakrif <i>Section Properties</i>	23
	3.25 Mencantumkan Model	24
	3.26 Menentukan Analisis <i>Step</i>	24
	3.27 Menentukan Keadaan Sempadan	27
	3.28 Menentukan Daya / Beban	30
	3.29 Membuat Jejaring ( <i>meshing</i> )	31

3.30	Analisa Keputusan	33
<b>4.0</b>	<b>KEPUTUSAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>38</b>
4.1	Pemeriksaan Secara Visual	38
4.11	Keputusan Kajian	38
4.12	Perbincangan Keputusan	39
4.2	Kaedah Simulasi	41
4.21	Keputusan Kaedah Simulasi	41
4.22	Perbincangan Keputusan	44
4.3	Faktor-faktor Ralat	48
<b>5.0</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>49</b>
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Cadangan	50
	<b>RUJUKAN</b>	<b>51</b>
	<b>BIBLIOGRAFI</b>	<b>52</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>53</b>

**SENARAI JADUAL**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.1	Jadual Perbandingan Keputusan Kaedah Simulasi Dan Ujikaji  (Sumber: Penulis)	44

**SENARAI RAJAH**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
1.1	Kemalangan Bas  (Sumber: <i>www.hmetro.com.my</i> )	2
2.1	Sisa Ruang ( <i>Residual Space</i> )  (Sumber: Dr-Ing, Ulrich Stelzman , 2006)	6
2.2	Perubahan Bentuk Struktur ( <i>Bending Deformation</i> )  (Sumber: Dr-Ing, Ulrich Stelzman , 2006)	7
2.3	Gambarajah Tegasan Vs. Terikan	8
2.4	Gambarajah garis lengkung tegasan-terikan	9
2.5	Perbezaan Bentuk Rasuk ( <i>Cross Section Area</i> )  (Sumber: Understanding Nonlinear Analysis, White Paper 2005)	9
2.6	Perbezaan Jenis Bahan  (Sumber: Understanding Nonlinear Analysis, White Paper 2005)	10

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.7	Perbezaan Jenis Penyokong  (Sumber: Understanding Nonlinear Analysis, White Paper 2005)	10
2.8	Contoh Analisis Menggunakan <i>FEA</i>  (Sumber: Tugas Subjek FEM, 2008)	13
3.1	Metodologi Kajian	17
3.2	Luas Keratan Rentas Spesimen	18
3.3	<i>Create part</i>	20
3.4	<i>Create part</i>	20
3.5	<i>Material Properties</i>	22
3.6	<i>Material Properties</i>	22
3.7	<i>Material Properties</i>	22
3.8	<i>Yields Stress dan Plastic Strain</i>	22
3.9	<i>Create Section</i>	23
3.10	<i>Edit Section</i>	23
3.11	<i>Edit Section</i>	24
3.12	<i>Create Step</i>	25
3.13	<i>Edit Step</i>	26
3.14	<i>Create Field</i>	26
3.15	<i>Edit Field Output Request</i>	27
3.16	<i>Create Boundary Condition</i>	28
3.17	<i>Boundary Condition Manager</i>	28

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.18	<i>Edit Boundary Condition</i>	29
3.19	<i>Boundary Condition</i>	29
3.20	<i>Create Load</i>	30
3.21	<i>Edit Load</i>	30
3.22	<i>Apply Load</i>	31
3.23	<i>Mesh Control</i>	32
3.24	<i>Element Type</i>	32
3.25	<i>Global Seeds</i>	33
3.26	<i>Meshing Process</i>	33
3.27	<i>Create Job</i>	34
3.28	<i>Edit Job</i>	34
3.29	<i>Job Manager</i>	35
3.30	<i>Job Submit</i>	35
3.31	<i>Job Monitor</i>	35
3.32	Keputusan	36
3.33	<i>Field Output</i>	36
4.0	Sampel Rasuk Dikenakan Daya Lentur	39
4.1	Lengkukan Setempat ( <i>Local Buckling</i> )	39
4.2	Gambarajah badan bebas	40
4.3	Nilai <i>Maximum Principle Stress</i>	41
4.4	Nilai tegasan <i>Von Mises</i>	42
4.5	Nilai <i>maximum principle stress</i>	43
4.6	Perubahan Bentuk Plastik	44

4.7	Nilai tegasan <i>Von Mises</i> (10 kN)	46
4.8	Perubahan Bentuk Plastik (10 kN)	47

**SENARAI SIMBOL**

$A$	=	Luas permukaan rentas, $m^2$
$CAD$	=	Computer Added-Design
$d$	=	Perubahan Vektor
$E$	=	Young's Modulus
$F$	=	Daya yang dikenakan, $N$
$FEA$	=	Finite Element Analysis
$FEM$	=	Finite Element Method
$I$	=	Momen luas kedua, $m^4$
$JPJ$	=	Jabatan Pengangkutan Jalan
$L$	=	Panjang $m$ or $mm$
$k$	=	Matrix Kekakuan
$P_{cr}$	=	Daya Kritikal, $N$
$u$	=	Sesaran
$\nu$	=	Poisson's Ratio



**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Jadual <i>Yield Stress</i> dan <i>Plastic Strain</i>	51
B	Contoh pengiraan Tegasan Kritikal	52
C	Kedudukan <i>strain gauge</i>	54
D	Lukisan Struktur Badan Bas	55
E	Nilai <i>Tresca</i>	56

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

Bab ini akan menerangkan pengenalan tentang projek yang akan dijalankan termasuk objektif, latar belakang, analisa masalah, skop projek, perbincangan dan kesimpulan.

#### **1.1 Objektif**

Objektif projek ini ialah :

- Menentukan aturcara untuk menganalisa rasuk (*beam*) dari struktur badan bas apabila dikenakan daya lentur dengan menggunakan kaedah simulasi pada keadaan bukan linear atau keadaan plastik

#### **1.2 Latar Belakang**

Bas terbalik atau bergolek merupakan keadaan yang paling berbahaya dan berisiko untuk mencederakan penumpang dan pemandu bas. Perubahan bentuk struktur badan bas semasa terbalik amat ketara telah mengancam nyawa penumpang. Keteguhan dan kekuatan struktur badan bas pada hari ini telah menjadi isu utama orang ramai dan

kerajaan. Keselamatan penumpang bas telah menjadi agenda utama dalam pembinaan bas di Malaysia.

### 1.3 Analisa Masalah

Kejadian bas terbalik menyebabkan struktur badan bas tidak lagi selamat dan membahayakan nyawa penumpang. Selain itu ia turut menyebabkan perubahan bentuk yang ketara pada struktur badan bas dan keadaan plastik telah berlaku. Untuk mengupas dan menganalisa kegagalan ini memerlukan analisa terhadap rasuk daripada struktur badan bas yang menyebabkan keadaan bukan linear terjadi.



Gambarajah 1.1 Kemalangan Bas

(Sumber: [www.hmetro.com.my](http://www.hmetro.com.my))

Bagi menjamin keselamatan para penumpang, Kementerian Pengangkutan Malaysia melalui Jabatan Pengangkutan Jalan (JPJ) dan PUSPAKOM telah mengambil keputusan untuk menggunakan *Piawaian Eropah 'ECE 66'* dalam pembinaan struktur badan bas di Malaysia bermula tahun hadapan. PUSPAKOM akan memastikan pembinaan struktur badan bas mengikut *Piawaian Eropah 'ECE 66'* supaya bas yang akan dibenarkan beroperasi kelak selamat dan keselamatan para penumpang mereka terjamin. Menganalisa rasuk dari struktur badan bas apabila dikenakan daya lentur (*bending*) merupakan salah satu bahagian daripada piawaian ECE R66.

#### 1.4 Skop

- Kajian ilmiah untuk memahami keadaan bukan linear Analisis Unsur Terhingga (*Non-Linear Finite Elements Analysis*)
- Menentukan parameter yang diperlukan untuk analisa keadaan bukan plastik rasuk.
- Pembangunan model untuk Unsur Terhingga (*Finite Elements Model Development*)
- Analisis Unsur Terhingga pada keadaan bukan linear (*Non-linear Finite Elements Analysis*)
- Pengesahan kajian dengan perbandingan data kaedah simulasi dan kaedah analitika/ujikaji.
- Laporan

## 1.5 Perbincangan

Pendekatan

Laporan projek ini dibahagikan kepada enam bab seperti dibawah

- Bab 1 : Pengenalan
- Bab 2 : Kajian Ilmiah
- Bab 3 : Metodologi Kajian
- Bab 4 : Keputusan dan Perbincangan
- Bab 5 : Kesimpulan dan Cadangan

Keputusan:

- Sebagai medium rujukan untuk pihak yang berkenaan dalam menganalisa model / struktur / rasuk menggunakan kaedah simulasi.

## 1.6 Rumusan

Projek ini akan menganalisa rasuk yang merupakan struktur badan kenderaan semasa terbalik. Analisis akan tertumpu kepada lenturan plastik (*plastic deformation*) struktur badan kenderaan dan kajian akan dijalankan dengan menggunakan kaedah simulasi. Dengan hasil kajian ini, ianya dapat membantu pihak yang berkenaan dalam pembinaan struktur badan kenderaan yang selamat dan mengikut piawaian yang ditetapkan.

## BAB 2

### KAJIAN ILMIAH

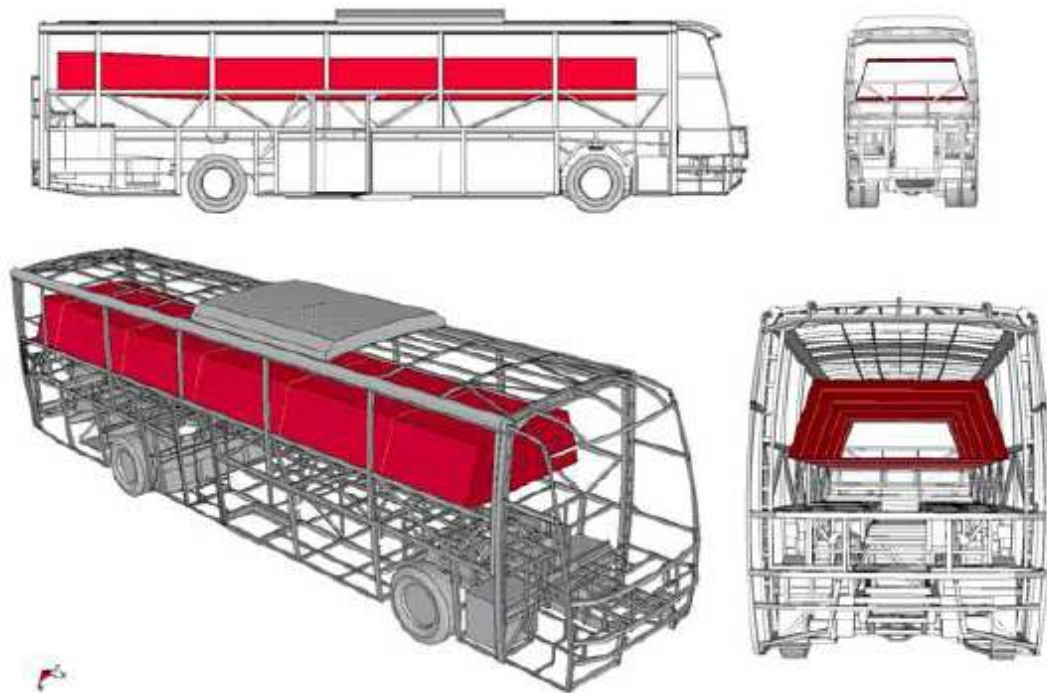
Bab ini akan menerangkan hasil kajian ilmiah yang dijalankan melalui carian internet dan sumber-sumber daripada syarikat pengeluar bas, yang berkait rapat dengan projek yang akan dijalankan.

#### 2.1 Fenomena Bas Bergolek (*Bus Rollover*)

Fenomena bas bergolek atau terbalik (*Bus Rollover*) merupakan fenomena yang biasa berlaku dalam kemalangan yang melibatkan bas. Kejadian ini berlaku kerana bahagian struktur badan bas berubah bentuk kerana tidak kukuh / kuat untuk menahan daya hempakan badan bas apabila terbalik. Kejadian ini telah mengancam keselamatan penumpang di dalam bas semasa fenomena bas terbalik berlaku. Struktur badan bas yang ada di jalan raya sekarang sebenarnya tidak pasti tahap keselamatannya. Bermula pada tahun hadapan, satu piawaian / peraturan baru dalam pembinaan struktur badan bas akan digunapakai untuk memastikan struktur badan bas yang kukuh dan kuat bagi menjamin keselamatan orang ramai. Peraturan baru ini ialah '*Regulation ECE UNO R66*' yang merupakan satu piawaian khusus untuk fenomena bas terbalik. Piawaian ini digunapakai dalam pembinaan badan bas yang merangkumi analisis secara fizikal dan analisis simulasi struktur badan bas.

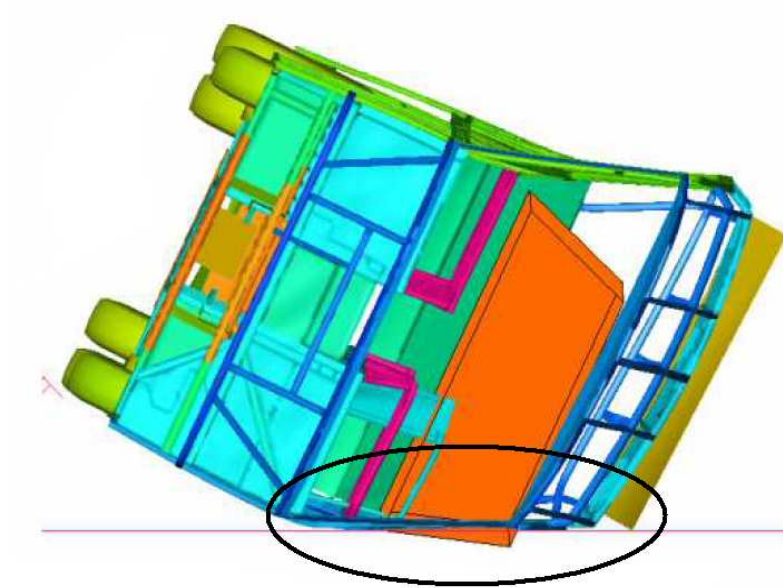
## 2.2 Piawaian ECE UNO R66

Piawaian ECE UNO R66 merupakan satu piawaian untuk menganalisis bagi memastikan kenderaan mempunyai struktur paling kukuh di mana sisa ruang (*passenger space*) dalam keadaan selamat semasa dan selepas ujian 'rollover' (*rollover test*). Ini bermaksud sisa ruang kenderaan selamat tanpa diganggu oleh bahagian-bahagian struktur kenderaan [1].



Rajah 2.1: Sisa Ruang (*Residual Space*)

(Sumber: Dr-Ing.Urich Stelzman (2006), *International LS-DYNA Use Conference*)



Rajah 2.2: Perubahan bentuk pembengkokan (*Bending Deformation*)  
(Sumber: Dr-Ing.Urich Stelzman (2006), *International LS-DYNA Use Conference*)

Perubahan bentuk pembengkokan (*bending deformation*) membolehkan jurutera untuk menyelidik sama ada terdapat pelanggaran atau penembusan sisa ruang (*residual space*) pada kenderaan. Ujian *rollover* akan dijalankan pada struktur kenderaan yang paling berisiko untuk mengganggu sisa ruang (*residual space*) kenderaan. Analisa terhadap rasuk dari struktur badan bas apabila dikenakan daya lentur menggunakan kaedah simulasi merupakan salah satu bahagian piawaian ECE R66.