

**PUSAT PENGAJIAN KEJURUTERAAN MEKANIK**

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA  
KAMPUS CAWANGAN PERAK  
31750 TRONOH  
PERAK DARUL RIDZUAN**

---

**LAPORAN PROJEK TAHUN AKHIR:**

Mampatan Beban Paksi Keatas Tiub Segienam

**OLEH**

**MOHD AZIZUL BIN AZAM**

**(36579)**

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN**

**(KEJURUTERAAN MEKANIK)**

# **MAMPATAN BEBAN PAKSI KEATAS TIUB SEGIENAM**

Oleh

Mohd Azizul bin Azam

Disertasi ini dikemukakan kepada

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan  
untuk ijazah dengan kepujian

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN**

**(KEJURUTERAAN MEKANIK)**

Pusat Pengajian Kejuruteraan Mekanik,

Universiti Sains Malaysia.

Januari 2000

## **BAB 1 : PENGENALAN**

### 1.1 Pengenalan Kajian Secara Umum

Pengujian hentaman untuk rekabentuk sesebuah kenderaan secara tradisional adalah berdasarkan ujian pemusnahan prototaip. Oleh itu pakar-pakar dalam bidang unsur terhingga (*finite element*) telah membangunkan sofwer yang dapat membantu jurutera merekabentuk dengan lebih effisien dan juga mendapatkan maklumat tentang sistem serapan tenaga pada tiub yang di uji. Antara sofwer yang di bangunkan adalah DYNA-3D, ABAQUS, I-DEAS dan lain-lain.

Rekabentuk sesuatu komponen yang berupaya menahan hentaman secara menegak atau melintang memerlukan pengetahuan dan pemahaman dalam bidang struktur dinamik dan juga ciri-siri mekanisme perubahan setiap bahan atau komponen yang diperlukan. Kebanyakan aplikasi terkini yang melibatkan hentaman serapan tenaga tertumpu kepada sifat sesuatu struktur atau komponen logam yang mana mekanisme pelepasan tenaga utama melibatkan perubahan plastik, patah atau koyakan pada logam. Kajian ini melibatkan perbincangan mengenai suatu tiub segienam berdinding nipis yang dikenakan mampatan secara menegak. Perubahan lengkokan secara menegak ini akan menumpukan bagaimana untuk menentukan beban purata operasi (*mean operating load*) dan had-had kemampuan serapan tenaga dapat diperolehi. Seterusnya ramalan mengenai kekuatan hentaman untuk tiub berdinding nipis ini adalah berdasarkan mekanisme lipatan yang berlaku. Terdapat dua jenis lipatan yang biasanya berlaku iaitu perubahan mod secara

*quasi-inextensional* dan *extensional* seperti yang dinyatakan oleh Wierzbicki dan Abramowicz(1983).

## 1.2 Objektif Kajian

Projek tahun akhir ini merupakan satu kajian terhadap tiub dalam menentukan beban purata operasi dengan menggunakan kaedah unsur terhingga dan dan kajian secara teori. Analisa unsur terhingga ini akan menggunakan sofwer I-DEAS untuk membuat model unsur terhingga dan seterusnya membuat analisa ke atas model untuk mendapatkan maklumat seperti jenis perubahan bentuk, nilai anjakan dan lain-lain. Maklumat yang diperolehi ini akan digunakan untuk memplot graf bebanan lawan anjakan dan dari graf, nilai beban purata akan diperolehi dan seterusnya memberikan nilai tenaga serapan yang diingini. Sofwer I-DEAS juga akan memberikan hasil perubahan yang berlaku pada model unsur terhingga samada lipatan atau kegagalan pada komponen. Oleh itu, kajian ini diharap dapat memberikan sumbangan yang penting dalam menghasilkan dan merekabentuk kopten yang lebih kukuh dan berkualiti.

Di samping itu juga, nilai beban purata juga boleh diperolehi secara teori. Kedua-dua nilai yang diperolehi melalui kedua-dua kaedah di atas akan dibandingkan. Perbandingan ini akan memberikan samada sofwer yang digunakan berupaya memberikan nilai yang tepat untuk analisis unsur terhingga. Analisis unsur terhingga digunakan untuk membuat analisis untuk menentukan jenis analisis dan juga jenis elemen. Ia juga untuk menentukan jenis perubahan yang berlaku pada tiub segienam.

### 1.3 Kepentingan Kajian Terhadap Masyarakat

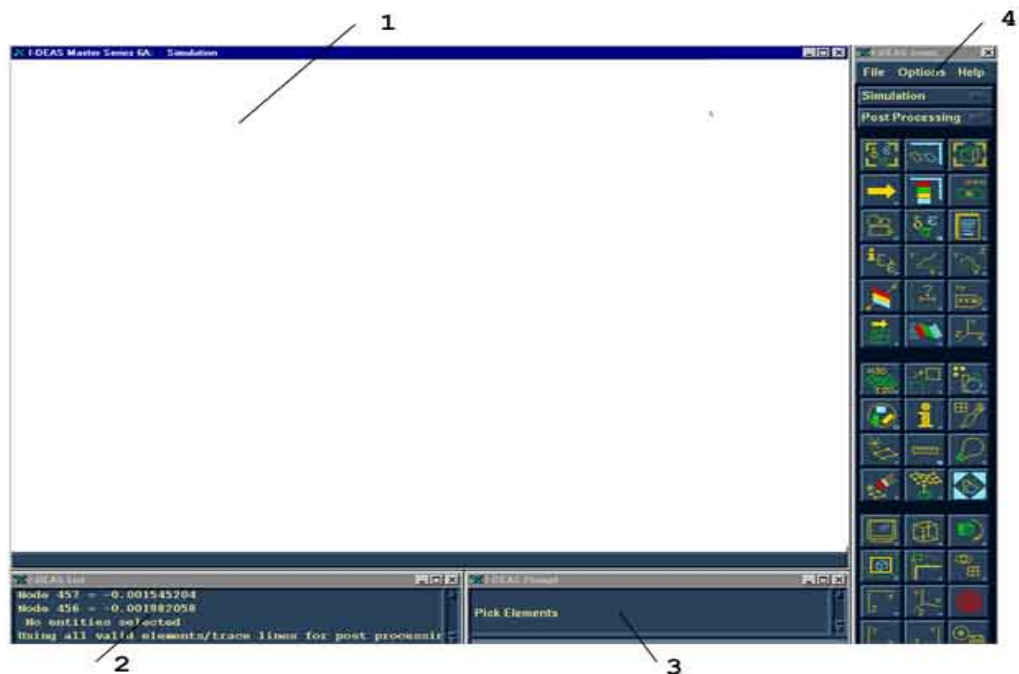
Tujuan kajian ini adalah untuk memberikan lebih pilihan kepada pengeluar untuk menggunakan tiub yang berbeza bagi suatu produk mereka. Kebanyakan komponen atau struktur kini menggunakan tiub segiempat kerana terbukti ianya berupaya untuk menyerap hentaman dengan baik. Oleh itu kajian terhadap tiub segienam dilakukan agar dapat memberikan keupayaan yang lebih baik berbanding dengan tiub segiempat. Kajian ini juga menekankan kepada ciri-ciri keselamatan yang ada pada tiub segienam agar pengeluar produk dapat menghasilkan komponen yang berkualiti. Ciri-ciri keselamatan iaitu keupayaan tiub untuk menyerap hentaman semasa pelanggaran berlaku akan mengelakkan pengguna dari mengalami kecederaan yang lebih teruk. Salah satu contoh penggunaan kajian ini adalah dalam bidang automotif terutamanya untuk pembuatan kerangka kenderaan.

Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk mengurangkan kos samada kos pembuatan atau kos produk. Oleh itu adalah penting agar setiap kilang atau pengusaha mempunyai pusat penyelidikan dan pembangunan (R&D). agar produk yang ingin dihasilkan adalah lebih berkualiti dan mengelakkan kegagalan atau kecacatan berlaku apabila produk sudah dihasilkan. Melalui R&D ini pengeluar juga boleh menghasilkan produk yang lebih murah dan berkualiti berdasarkan kepada jenis bahan, bentuk dan ciri-ciri fizikal yang sepatutnya. Contohnya penggunaan bar besi dan satu tiub besi yang bulat akan mempunyai kekuatan yang sama tetapi pada harga yang berlainan.

## BAB 2 : SOFWER I-DEAS

### 2.1 Pengenalan Kepada I-DEAS

I-DEAS merupakan salah satu sofwer yang digunakan untuk membina suatu model dengan lebih mudah lagi berdasarkan aplikasi-aplikasi yang tersedia ada. Selain itu, I-DEAS juga dapat memberikan keputusan ujian yang diadakan menggunakan kaedah unsur terhingga (*Finite Element Method*).



Rajah 2.1: AntaraMuka Sofwer I-DEAS

Seperti yang ditunjukkan dalam rajah 2.1 di atas, terdapat 4 tingkap utama dalam sofwer ideas iaitu:

1. Tingkap Grafik

- Tingkap grafik ini menunjukkan hasil kerja atau lukisan model yang di buat.

2. Tingkap Senarai I-DEAS

- Ia menunjukkan maklumat keluaran yang dihasilkan apabila sesuatu arahan diberikan

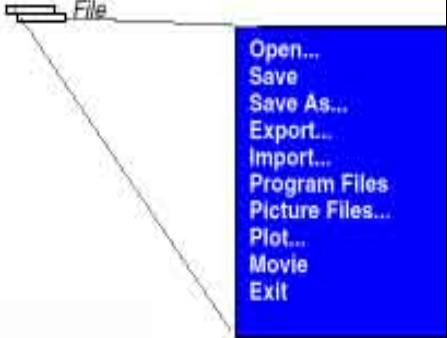
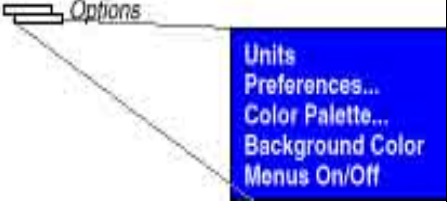

3. Tingkap Prompt I-DEAS

- Ia merupakan tingkap untuk mendapatkan maklumat dengan cepat untuk menyudahkan sesuatu proses, contohnya nilai dimensi model.

4. Tingkap Simbol Grafik (*Icons*) I-DEAS

- Ia mengandungi menu untuk menukar aplikasi atau tugas tertentu, ia juga menunjukkan kerja, aplikasi dan juga simbol I-DEAS yang mengawal sofwer tersebut.

Selain dari aplikasi dan tugas yang sedia ada, I-DEAS juga menyediakan tiga pilihan pada menu, iaitu menu fail, pilihan dan juga pertolongan. Pilihan-pilihan tersebut di terangkan dalam jadual 2.1 di bawah.

	<p>Menu Fail menyediakan arahan-arahan seperti gambarajah sebelah. Sesetengah pilihan mungkin tidak dapat dilakukan kerana ianya tiada dalam senarai</p>
	<p>Menu Pilihan mengandungi arahan-arahan seperti yang terdapat dalam gambarajah sebelah. Pilihan untuk menukar unit boleh dilakukan di sini.</p>
	<p>Pertolongan memberikan panduan untuk menggunakan sofwer I-DEAS dengan aplikasi dan tugas yang ada. Pertolongan mengandungi tutorial bagaimana untuk membuat suatu model dan ia mengandungi dua peringkat tutorial iaitu tahap asas juga tahap lanjutan.</p>

Jadual 2.1: Menu Pilihan



## 2.2 Fungsi dan Aplikasi I-DEAS

I-DEAS terbahagi kepada aplikasi dan setiap aplikasi mempunyai fungsi-fungsi yang tersendiri. I-DEAS mempunyai 6 aplikasi asas yang boleh dilaksanakan dalam membuat sesuatu model dan setiap aplikasi tersebut mempunyai tugas kerja yang tersendiri.



Rajah 2.2 : Aplikasi.

Rajah 2.2 di atas menunjukkan aplikasi-aplikasi yang boleh digunakan dalam sofwer I-DEAS. Semua arahan aplikasi ini berada dalam tingkap simbol grafik.

Aplikasi rekabentuk di gunakan untuk melukis atau merekabentuk model yang dikehendaki dan kemudiannya melakukan pemasangan pada model. Ia juga memberikan kita mekanisme rekabentuk yang dibuat.

Simulasi merupakan salah satu aplikasi yang sangat penting di dalam kajian ini, kerana model yang direkabentuk akan diuji berdasarkan keputusan yang dikehendaki. Pada aplikasi ini, kita akan membuat model, mengenakan keadaan sempadan, membuat jejaringan(*mesh*), menyelesaikan model dan juga melihat keputusan ujian yang dilakukan.

Untuk menggunakan I-DEAS, aplikasi rekabentuk, simulasi atau pembuatan boleh digunakan untuk membuat model. Jadual 2.2 di bawah menerangkan aplikasi dan fungsi-fungsi I-DEAS seperti yang dinyatakan.

Aplikasi	Fungsi
Rekabentuk / <i>Design</i>	Permodelan Induk / <i>Master Modeler</i>
	Pemasangan Induk / <i>Master Assembly</i>
	Mekanisme Rekabentuk / <i>Mechanism Design</i>
Simulasi / <i>Simulation</i>	Kepingan Logam / <i>Sheet Metal</i>
	Permodelan Induk / <i>Master Modeler</i>
	Keadaan Sempadan / <i>Boundary Condition</i>
	Berjejaring / <i>Meshing</i>
	Penyelesaian Model / <i>Model Solution</i>
	Pos Pemprosesan / <i>Post Processing</i>
	Pengoptimuman / <i>Optimization</i>
Pembuatan / <i>Manufacturing</i>	Permodelan Induk / <i>Master Modeler</i>
	Penjanaan Pemesinan / <i>Generative Machining</i>
	Struktur Pemasangan / <i>Assemble Setup</i>
Ujian / <i>Test</i>	Sejarah Masa / <i>Time History</i>
	Histogram / <i>Histogram</i>
	Penyediaan Model / <i>Model Preparation</i>
	Isyarat Pemprosesan / <i>Signal Processing</i>
	Ragaman / <i>Modal</i>
	Hayat Lesu / <i>Fatigue Life</i>
Rangkaian / <i>Drafting</i>	Pos Pemprosesan / <i>Post Processing</i>
	Rangkaian Terperinci / <i>Drafting Detailing</i>
	Rangkaian Struktur / <i>Drafting Setup</i>

Jadual 2.2 : Aplikasi dan tugas I-DEAS

### 2.3 Model Unsur Terhingga.

Kajian ini akan melibatkan penggunaan kaedah unsur terhingga menggunakan sofwer I-DEAS terhadap tiub segienam. Sebelum memulakan suatu analisis, kita haruslah menentukan jenis penyelesaian yang diinginkan. Jenis penyelesaian yang dipilih bergantung kepada beban dan faktor-faktor lain. Antara faktor-faktor tersebut ialah:

- i) bagaimana bebanan berubah dengan masa, atau tempoh bebanan berhubung kait dengan masa frekuensi tabii.
- ii) samada keputusan yang dijangkakan adalah linear.

Apabila membuat model unsur terhingga, model tersebut biasanya berhubung kait dengan bahagian komponen.

Secara asasnya terdapat tiga langkah utama dalam membuat sesuatu model mengikut kaedah unsur terhingga. Tiga langkah tersebut ialah:

1. Pra-proses
  - membuat model
  - mengenakan keadaan sempadan
  - membuat jejaringan
2. Menyelesaikan model
3. Proses keputusan

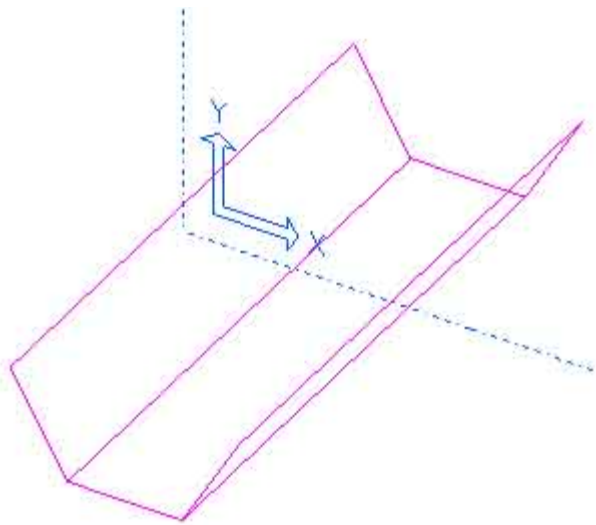
Langkah pertama dalam membuat model tiub segienam adalah dengan memastikan bahawa aplikasi yang digunakan adalah aplikasi rekabentuk, simulasi atau pembuatan seperti yang ditunjukkan dalam rajah 2.3 di bawah. Dalam proses membuat model kaedah unsur terhingga, aplikasi simulasi atau permodelan digunakan dalam mendapatkan keputusan yang diinginkan. Sebelum memulakan lukisan atau model, pastikan pemilihan unit yang betul pada menu pilihan.



Rajah 2.3 : Pilihan aplikasi

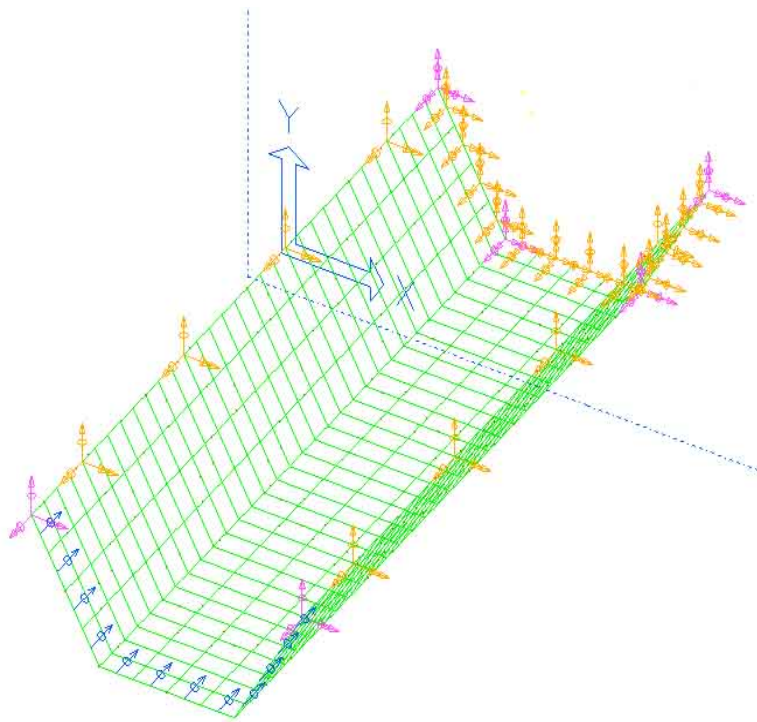
## 1. Pra-proses

a) Kaedah unsur terhingga akan memakan masa yang lama untuk menghasilkan keputusan yang dikehendaki, oleh itu model segienam ini telah di belah dua untuk memudahkan proses mendapatkan keputusan. Dengan menggunakan arahan permodelan utama, lukisan segienam boleh dibuat dengan menggunakan arahan membuat garisan. Dengan menggunakan arahan *extrude*, model akan menjadi model dua dimensi. Rajah 2.3(a) di bawah menunjukkan model segienam yang telah siap dibina.



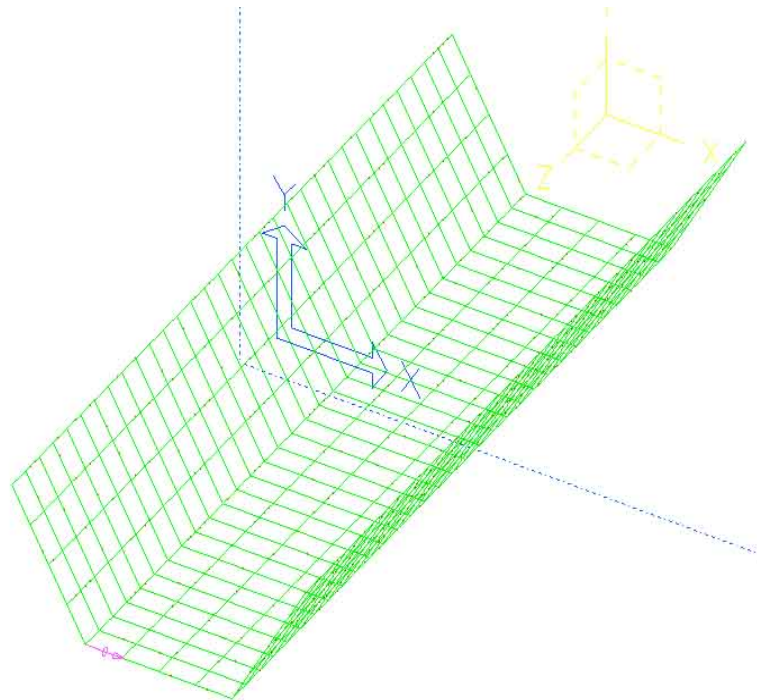
Rajah 2.3 (a) : Model Segienam

b) Apabila siap model yang diinginkan, langkah seterusnya ialah mengenakan keadaan sempadan pada model. Langkah utama adalah menyediakan set kekangan, set daya dan set keadaan sempadan pada model mengikut analisa yang diinginkan. Pastikan unit yang digunakan adalah betul. Seperti yang dilihat pada rajah 2.3(b) di bawah, daya kekangan adalah pada bahagian bawah model dan sisi model manakala daya pula dikenakan pada bahagian atas model seperti yang ditunjukkan oleh anak panah yang berwarna biru.



Rajah 2.3(b) : Keadaan Sempadan

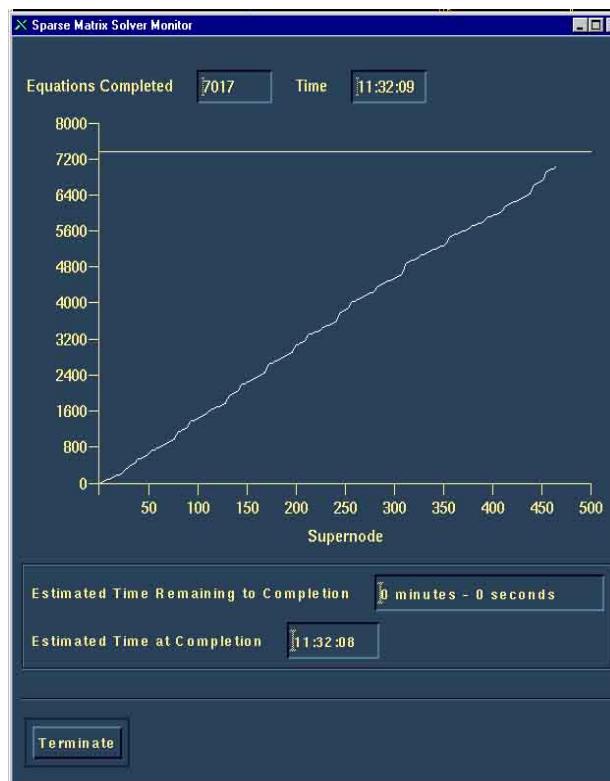
c) Langkah berikutnya ialah, aplikasi jejaringan untuk membentuk unsur terhingga. Rajah 2.3(c) di bawah menunjukkan model yang telah dibentuk jejaringannya.. Jejaringan boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu *free mesh* dan *mapped mesh*. Untuk kajian ini *mapped mesh* di gunakan, dan elemen adalah berbentuk kubik. Untuk tiub segienam ini, jumlah elemen pada setiap sudut adalah 4 unit untuk lebar dan 32 unit untuk panjang.



Rajah 2.3(c) : Jejaringan pada model

## 2. Menyelesaikan Model.

Apabila bahagian pra-proses lengkap, langkah seterusnya adalah dengan melakukan kiraan dengan menggunakan sofwer I-DEAS. Pemilihan analisa samada statik linear, linear *buckling* atau statik non-linear dan lain-lain. Selepas itu, kiraan di lakukan dengan menekan ikon *Solution* dan popups *Sparse Matrix Solver Monitor* akan di paparkan untuk menunjukkan pengiraan yang di lakukan.. Pengiraan ini memakan masa yang agak lama bergantung kepada jenis analisa yang di lakukan.

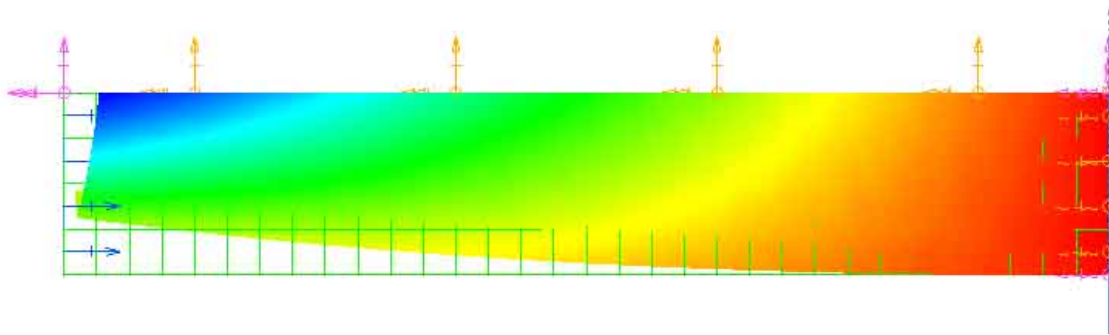


Rajah 2.3(d) : *Sparse Matrix Solver*



### 3. Proses Keputusan

Proses keputusan adalah langkah terakhir dalam kaedah unsur terhingga, dan ianya bergantung kepada keputusan semasa menyelesaikan model. Jika kegagalan berlaku pada proses pengiraan berlaku, model yang dibina haruslah diperbetulkan semula. Jika tiada kegagalan, proses membuat keputusan boleh dilakukan dengan memilih jenis perubahan yang tertentu dan melihat nilai-nilai yang diingini melaluinya. Antara keputusan yang dipaparkan pada keputusan akhir adalah nilai anjakan, faktor beban bengkok dan juga paparan agihan akibat beban yang dikenakan terhadap model, seperti contoh pada rajah 2.3(e) di bawah.



Rajah 2.3(e) : Paparan agihan beban

Seterusnya graf boleh diplot dengan menggunakan arahan-arahan yang terdapat pada simbol grafik.

## BAB 3 : SKOP KAJIAN

### 3.0 Skop Kajian

Kajian terhadap tiub segienam ini akan menggunakan kaedah unsur terhingga untuk mendapatkan nilai tenaga serapan apabila daya dikenakan pada tiub segienam. Selain itu, kajian ini juga menumpukan kepada mod perubahan yang berlaku pada tiub segienam iaitu kesan lengkokan yang terhasil. Kajian juga menumpukan kepada ciri-ciri sifat fizikal tiub segienam samada ianya memberikan kesan kepada nilai tenaga serapan dan juga kesan lengkokan pada tiub segienam.

### 3.1 Model Tiub Segienam.

#### 3.1.1 Ciri-ciri Model

Kajian terhadap tiub segienam adalah untuk menentukan samada ianya berupaya menahan hentaman semasa kemalangan berbanding dengan tiub segiempat. Tiub segienam ini dikategorikan sebagai tiub berdinding nipis kerana nisbah tebal dan diameter adalah kecil ( $D/t > 20$ ).

Data tiub segienam adalah seperti yang ditunjukkan di bawah memberikan dimensi tiub segienam.

Panjang,  $L = 200$  mm

Lebar,  $h = 40$  mm

Tebal,  $t = 1.87$  mm

Tiub segienam ini adalah dari jenis keluli lembut dan sifat-sifat fizikal bahan adalah seperti yang ditunjukkan dibawah:

Modulus Young's,  $E = 212 \text{ GPa}$

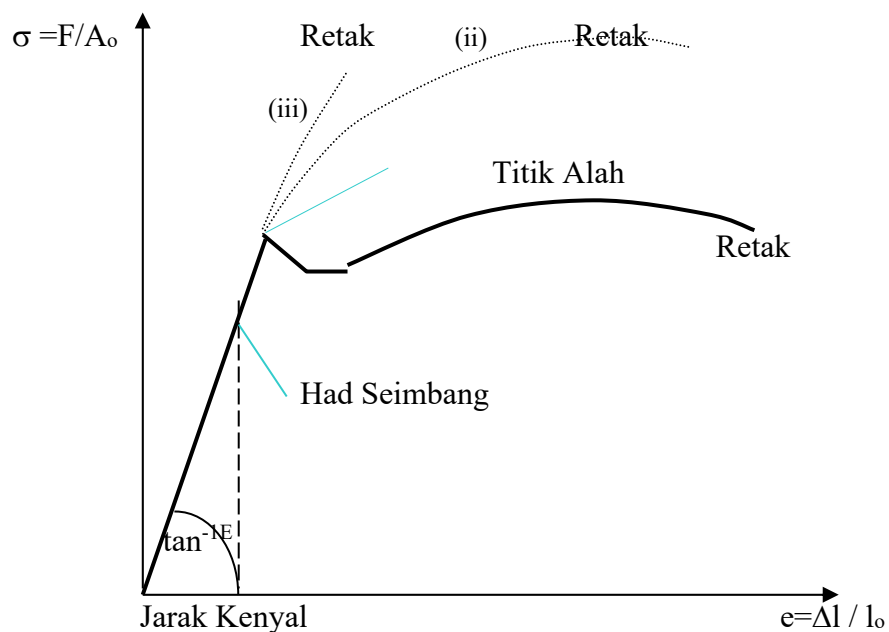
Tegasan Alah,  $\sigma = 435 \text{ MPa}$

Nisbah Poisson,  $\nu = 0.3$

Tegasan Muktamad,  $\sigma_{ult} = 452 \text{ MPa}$

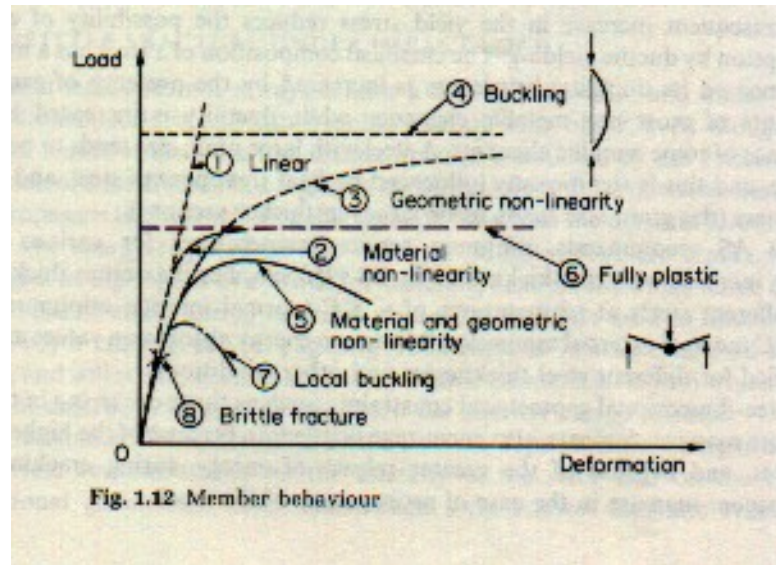
Ketumpatan,  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$

Secara amnya kebanyakan bahan kejuruteraan akan mengalami perubahan bentuk secara elastik sehingga nilai yang tertentu sebelum ia mengalami titik alah. Apabila nilai titik alah ini dilampaui, bahan akan mengalami kegagalan. Ini ditunjukkan di dalam rajah 3.1(a) di bawah.



Rajah 3.1(a)

Setiap komponen akan mempunyai tindakbalas linear seperti yang ditunjukkan pada lengkung 1 dalam rajah 3.1(b) di bawah sehinggalah bahan tersebut mencapai tegasan alah.



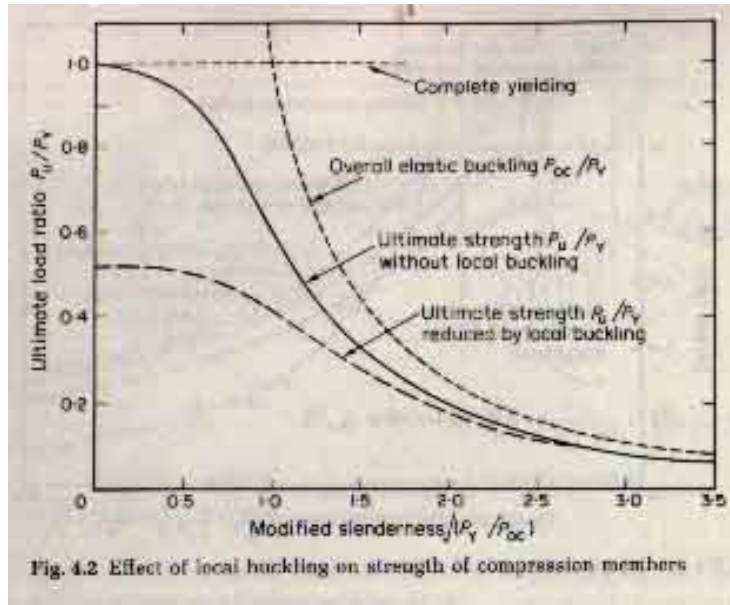
Rajah 3.1(b)

Magnitud perubahan bentuk bergantung kepada nilai Modulus *Young's* dan Modulus *Shear*. Secara teori, komponen hanya akan berkelakuan linear jika nilai tegasan maksimum tidak melebihi tegasan alah, dan kehadiran tegasan baki atau tegasan tertumpu akan menyebabkan perubahan non-lineariti awal. Bagaimanapun, besi yang mempunyai kemuluran yang tinggi akan mengalami ubahbentuk semula selepas alahan awal, dan ianya selalu diandaikan kekal linear sehingga lebih proses alah berlaku. Selepas mengalami proses tegasan alah, komponen akan berkelakuan non-linear (lengkuk 2) dan kemudiannya akan berkelakuan plastik penuh (lengkuk 6), dan keadaan ini bergantung kepada tegasan alah.

Komponen juga boleh berkelakuan geometri non-linear, iaitu momen lentur dan daya kilas bertindak pada mana-mana bahagian dan ianya mungkin bergantung kepada perubahan bentuk apabila daya dikenakan. Perubahan non-linear ini bergantung kepada nilai E dan G, dan parameter ini boleh menyebabkan perubahan menjadi besar (lengkuk 3) berbanding dengan keadaan lengkukan kenyal (*elastic buckling*) (lengkuk 4). Kelakuan ini berubah apabila bahan menjadi non-linear selepas alah pertama, dan daya akan menghampiri nilai maksimum dan kemudiannya berkurang (lengkuk 5). Komponen juga boleh berkelakuan rapuh disebabkan oleh lengkukan tempatan dalam unsur plat nipis untuk komponen (lengkuk 7) atau disebabkan oleh keretakan bahan (lengkuk 8).

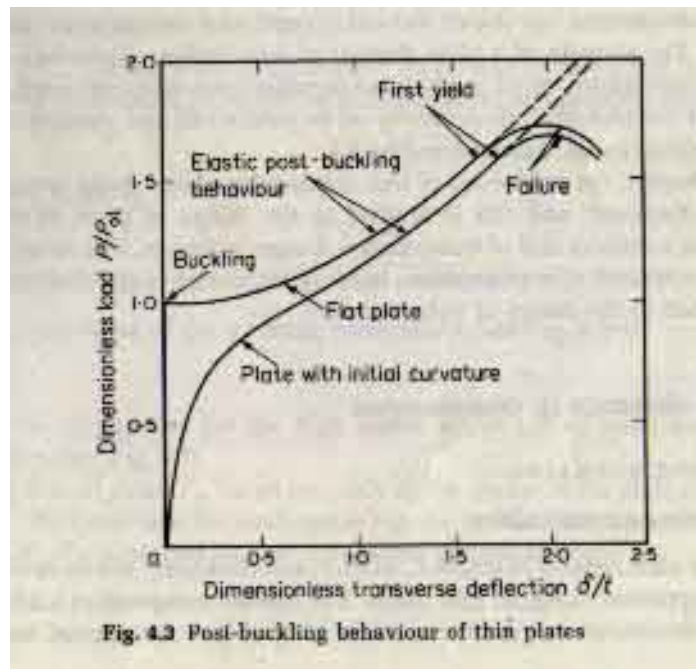
### 3.1.2 Kesan Lengkukan (*Buckling*)

Lengkukan ditakrifkan sebagai mod kegagalan dimana terdapat perubahan tiba-tiba pada arah atau normal permukaan mendatar akibat tindakan beban atau momen pada komponen. Kelakuan anggota mampatan menyatakan bahawa kegagalan berlaku akibat kesan lengkukan dan pengalihan semata-mata tanpa ada herotan tempatan keratan rentas berlaku. Lengkukan berlaku untuk anggota bahagian pejal dan juga unsur plat nipis. Lengkukan unsur akan berlaku dan anggota unsur akan gagal awal jika unsur adalah plat langsing, fenomena ini berlaku seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.1(c) di bawah.



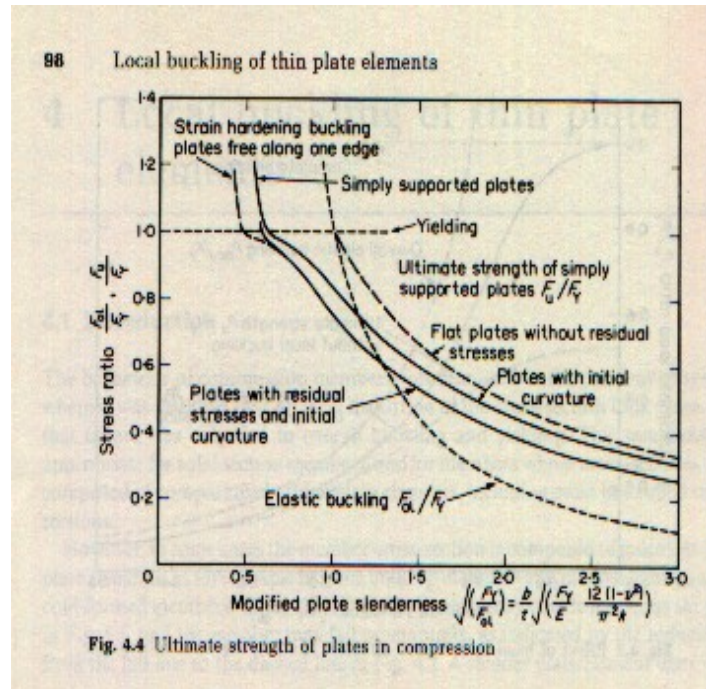
Rajah 3.1(c).

Plat langsing ini tidak gagal pada lengkokan elastik tetapi menunjukkan pentingnya kelakuan pasca-melengkok seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.1(d).



Rajah 3.1(d)

Oleh itu, kerintangan terhadap kegagalan tempatan bergantung bukan hanya kepada kelangsingan, tetapi juga bergantung kepada kekuatan alah dan tegasan baki seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.1(e).



Rajah 3.1(e).

### 3.1.3 Tenaga Serapan.

Mekanisme akibat dari serapan tenaga akibat hentaman merupakan mampatan dan kemusnahan komponen dan ianya bergantung kepada masa hentaman yang dikenakan. Oleh itu, adalah penting untuk kita menghasilkan komponen dengan ketumpatan yang keras atau lembut. Ketumpatan tiub komponen bergantung kepada kekerasan dan juga pembuatan luar dinding tiub. Diketahui bahawa permukaan kejutan serapan adalah berbeza dalam beberapa kes walaupun ianya mempunyai jumlah tenaga hentaman yang sama. Sebagai contoh, perbezaan ini ditunjukkan pada rajah-rajah di bawah.



Rajah 3.1(f)

Rajah 3.1(f) di atas menunjukkan tiub yang kurang kekuatannya akan menyerap hentaman dengan sebahagian kemusnahan, tetapi jika hentaman tenaga melebihi dari keupayaan yang boleh ditanggung, serapan kejutan tidak berupaya untuk menyerap baki tenaga hentaman yang berlebihan.