

‘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 :

KAJIAN PERUBAHAN BENTUK PLASTIK TERHADAP DAYA LENTURAN
MELALUI KAEDAH UJIKAJI

REZA ASSAD BIN ZAKARIA

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 : Reza Assad Bin Zakaria

Tarikh : MEI 2009

DEDIKASI

Untuk ibu bapa tercinta

Hj. Zakaria B. Hj. Abd. Wahab dan Hjh. Siti Raihanah Bt. Hj. Abd. Ghani

Serta

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

PENGHARGAAN

Bersyukur kehadiran Ilahi kerana dengan limpah dan kurnia-Nya dapatlah saya menyiapkan kajian saya ini dengan sempurnanya. Saya juga bersyukur kerana sepanjang saya menuntut ilmu di Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) dipermudahkan oleh-Nya untuk menerima ilmu yang diajari. Segala rintangan dan halangan yang dihadapi dapat dihadapi dengan tekun dan sabar.

Pertama sekali, saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi ucapan terima kasih kepada En. Ahmad Rivai dan Pn. Siti Hajar Bt. Sheikh Md. Fadzullah selaku penyelia projek kerana dengan bantuan, sokongan dan juga kesabaran beliau dalam menyelia kajian saya ini selama lebih kurang 4 bulan ini. Saya berasa amat berbangga kerana menjadi salah seorang daripada pelajar dibawah penyeliaan beliau. Dengan pengetahuan yang beliau miliki, maka dapatlah saya menyiapkan kajian ini dengan sempurna.

Dikesempatan ini, ingin saya merakamkan ribuan terima kasih saya kepada Juruteknik Makmal Struktur dan Bahan, UTeM iaitu En. Rashdan, Encik Faizul dan Encik Wan kerana telah memberi kerjasama dalam persediaan untuk menjalankan ujian makmal.

Akhir sekali, jutaan terima kasih saya kepada sesiapa jua individu yang membantu dan memberi pandangan-pandangan yang bernas kepada saya secara langsung ataupun tidak langsung sepanjang kajian ini dijalankan. Akhir kata, semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.

ABSTRAK

Kajian ini adalah bertujuan untuk menjalankan ujikaji sifat perubahan plastik pada bahan spesimen seperti yang digunakan dalam struktur badan bas masa kini. Dua kaedah akan digunakan untuk menjalankan kajian ini adalah kaedah analitikal dan kaedah eksperimen/ujikaji. Pada peringkat permulaan, kaedah analitikal akan dikaji untuk mengenalpasti daya yang diperlukan, di mana daya yang diperolehi ini seterusnya akan digunakan bagi menjalankan kaedah eksperimen/ujikaji. Daya yang diperolehi ini akan dijadikan rujukan semasa menjalankan kaedah eksperimen/ujikaji. Namun, daya yang sebenar untuk spesimen mencapai tahap keadaan kenyal/plastik akan diketahui dari kaedah eksperimen/ujikaji ini. Perbandingan data di antara kaedah analitikal dan kaedah eksperimen/ujikaji dijalankan seterusnya dapat mengesahkan sifat perubahan plastik pada bahan spesimen tersebut. Hasil yang diperolehi dalam kajian ini adalah lengkukan setempat telah berlaku sebelum bahan spesimen mencapai keadaan perubahan bentuk plastik dan menyebabkan bahan spesimen mengalami kegagalan secara keseluruhannya.

ABSTRACT

The purpose of this study is to run an experiment on the behaviour of plastic deformation of a specimen as in used on bus structure nowadays. To accomplish this study, two methods will be conducted; experimental method and analytical method. In the initial stage, analytical method will be studied to identify the force needed where this force will be used in order to conducting the experimental method. The force is acquired to be as a reference while conducting the experimental method. However, the actual force for specimen reach the elastic/plastic region will be known via this experimental method. Finally, the results obtained from analytical and experimental method will be compared in order to validate the behaviour of plastic deformation of the specimen used in this study. The results achieved from this experiment shown that the local buckling was occurred at the specimens before the specimens achieved the plastic deformation; makes the specimen was total failure at all.

KANDUNGAN

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

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	1.5.1 Pendekatan	4
	1.5.2 Keputusan	4
	1.6 Rumusan	4
2	KAJIAN ILMIAH	6
	2.1 Perubahan Bentuk Plastik	6
	2.1.1 Pengenalan	6
	2.1.2 Lenturan Plastik (<i>Plastic Bending</i>)	7
	2.2 Sifat Lenturan Pada Struktur Rasuk Besi	9
	2.3 Sifat Penyokong Rasuk Mudah	11
3	METODOLOGI KAJIAN	13
	3.1 Analitikal	14
	3.1.1 Elastik	14
	3.1.2 Plastik	15
	3.3 Eksperimen	17
	3.3.1 Perkakas	18
	3.3.1.1 Spesimen	18
	3.3.1.2 Tolok Terikan	20
	3.3.1.3 <i>Data Logger</i>	21
	3.3.2 Prosedur	22
	3.3.2.1 Memasang Tolok Terikan	25
4	KEPUTUSAN KAJIAN DAN ANALISIS	26
	4.1 Pemeriksaan Secara Visual	27
	4.1.1 Lengkukan Setempat	28
	4.2 Analitikal	30
	4.2.1 Analisa Nilai-Nilai Data	30
5	PERBINCANGAN	37

6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	38
6.1	Kesimpulan	38
6.2	Cadangan	39
	RUJUKAN	40
	BIBLIOGRAFI	42
	LAMPIRAN	43

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Ciri-ciri Keluli Lembut (<i>Mild Steel</i>)	19
4.1	Data yang diperoleh untuk spesimen 1	30
4.2	Data yang diperoleh untuk spesimen 2	31
4.3	Data yang diperoleh untuk spesimen 3	31
4.4	Data yang diperoleh untuk spesimen 4	32
4.5	Data yang diperoleh untuk spesimen 5	32
4.6	Data analisis daripada graf	33
4.7	Data bagi kaedah analitikal	35
4.8	Perbezaan Tegasan	36

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Kemalangan bas yang terjadi di Bukit Lintang, Perak (Sumber: www.hmetro.com.my)	3
2.1	Perubahan bentuk disebabkan daya mampatan (Sumber: http://en.wikipedia.org)	5
2.2	Gambarajah Tegasan Vs. Terikan dengan pelbagai tahap kegagalan (Sumber: http://en.wikipedia.org)	6
2.3	Gambarajah garis lengkung tegasan-terikan, menunjukkan hubungan di antara tegasan (daya yang dikenakan) dan terikan (perubahan bentuk) logam mulur. (Sumber: http://en.wikipedia.org)	7
2.4	Rasuk dibebani daya melintang	9
2.5	Taburan Tegasan dan Terikan di dalam Rasuk dengan Peningkatan Lengkungan (Sumber: Rasmussen, Clarke and Hancock (1997))	10

2.6	Pembentukan Sisi Plastik pada Penyokong Rasuk Mudah (<i>Simply Supported Beam</i>) (Sumber: Rasmussen, Clarke and Hancock 1997)	12
3.1	Proses Pelaksanaan Projek	13
3.2	Keadaan spesimen ketika mengalami perubahan bentuk kekal. (Sumber: Beer Johnston Dewolf, <i>Mechanics of Material</i> , 3 rd Edition, 2004)	16
3.3	Mesin Tiga (3) Titik Lentur (Sumber: Makmal Struktur & Bahan, UTeM)	18
3.4	Segiempat berongga Keluli Lembut (Sumber: Makmal Struktur & Bahan, UTeM)	19
3.5	Dimensi spesimen yang digunakan	20
3.6	Tolok Terikan (Sumber: www.wikipedia.com)	21
3.7	<i>Data Logger</i> (Sumber: Makmal Struktur & Bahan, UTeM)	22
4.1	Lengkukan setempat pada spesimen	27
4.2	Gambarajah badan bebas ujikaji yang dijalankan	28

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK
A	Kaedah analitikal momen luas kedua
B	Kedudukan tolok terikan pada spesimen
C	Foto ketika ujikaji dijalankan
D	Senarai rumus untuk segala jenis rasuk
E	Jadual ciri-ciri Keluli Lembut (<i>Mild Steel</i>)
F	Carta Gantt PSM 1 dan Carta Gantt PSM 2

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 adalah:

- Mengkaji perubahan bentuk plastik dengan menggunakan kaedah ujikaji 3 titik lentur (*3 points bending*) berdasarkan piawaian ASTM (*American Standard of Testing and Materials*)
- Membuat perbandingan data yang diperolehi daripada kaedah ujikaji dengan kaedah analitikal.

1.2 *Skop Projek*

- Mengenalpasti parameter yang diperlukan untuk bukan linear
- Ujikaji makmal menggunakan mesin 3 titik lentur (*3 points bending machine*)
- Mengesahkan kaedah ujikaji dengan kaedah analitikal.
- Membandingkan data yang diperolehi daripada kaedah ujikaji dengan kaedah analitikal.

1.3 *Latar Belakang Projek*

Pelanggaran pada sisi kenderaan adalah kritikal pada penumpang dan melibatkan lenturan yang besar pada struktur ataupun dengan kata lain perubahan plastik akan berlaku. Dalam beberapa tahun kebelakangan ini, dapat diperhatikan selepas kemalangan berlaku, perubahan struktur badan bas yang mengancam nyawa para penumpang dan menjadi isu penting pada pembina badan bas.

Namun, peraturan Eropah "*ECE-R66*" telah dilaksanakan dengan tegas untuk menghindarkan kerosakan teruk ketika *rollover* bagi memastikan keselamatan penumpang bas.

Untuk memenuhi peraturan *ECE-R66*, biasanya simulasi akan di buat dengan menggunakan kaedah unsur terhingga. Namun bagi kajian ini, kaedah analitikal beserta ujian makmal akan dijalankan menggunakan mesin tiga (3) titik lentur dan prosedur ujian makmal ini adalah berdasarkan piawaian ASTM (*American Standard of Testing and Materials*).

1.4 *Analisa Masalah*

Ketika bas mengalami *rollover*, struktur badan bas akan melentur dan mengalami lenturan plastik dimana struktur itu telah mengalami perubahan bentuk plastik disebabkan daya yang bertindak ke atas struktur tersebut. Hal ini mengakibatkan struktur badan bas mengalami perubahan bentuk sekaligus mengancam nyawa penumpang bas. Rajah 1.1 di bawah menunjukkan kesan pada struktur badan bas apabila daya yang melebihi kekuatan kenyal (*yield strength*) struktur badan bas tersebut.



Rajah 1.1: Kemalangan bas yang terjadi di Bukit Lintang, Perak

(Sumber: www.hmetro.com.my)

Kaedah analitikal dan kaedah ujikaji menggunakan mesin 3 titik lentur (*3 points bending*) akan dijalankan mengikut piawaian ASTM (*American Standard of Testing and Materials*) dan keputusan dari kedua-dua kaedah ini akan dibandingkan.

1.5 Perbincangan

1.5.1 Pendekatan

Laporan projek ini boleh dibahagikan kepada enam bab iaitu:

Bab 1 : Pengenalan.

Bab 2 : Kajian Ilmiah (*Literature review*).

Bab 3 : Metodologi kajian.

Bab 4 : Keputusan dan Analisis .

Bab 5: Perbincangan.

Bab 6 :Kesimpulan dan Cadangan.

1.5.2 Keputusan

- Sebagai medium rujukan bagi pihak yang ingin mengkaji lebih mendalam lagi mengenai ujikaji tiga titik lentur terhadap daya lenturan serta penambahbaikan yang boleh dilakukan terhadap kajian ini.
- Mengenal pasti kemungkinan-kemungkinan yang perlu di ambil kira ketika ujikaji dijalankan.

1.6 Rumusan

Projek ini akan mengkaji kesan perubahan plastik terhadap rasuk apabila daya lenturan dikenakan terhadapnya. Hasil daripada kajian ini dapat digunakan dalam pembuatan badan bas selain boleh diaplikasikan pada struktur-struktur yang menggunakan rasuk sebagai asasnya.

BAB 2

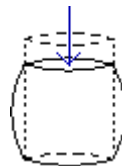
KAJIAN ILMIAH

Bab ini akan menerangkan hasil kajian ilmiah yang dijalankan melalui carian internet dan sumber-sumber daripada buku rujukan yang berkait rapat dengan projek yang akan dijalankan.

2.1 *Perubahan Bentuk Plastik*

2.1.1 Pengenalan

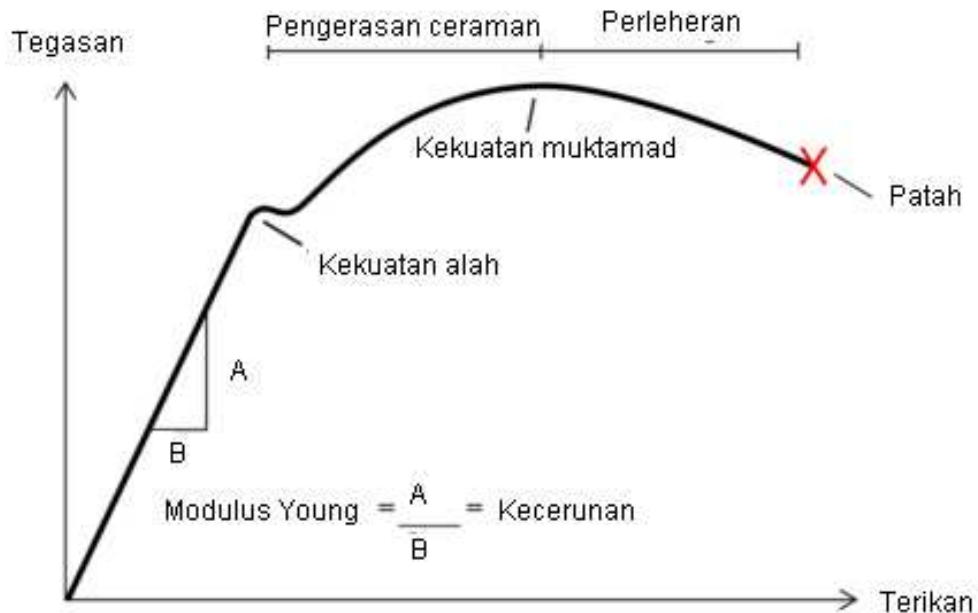
Perubahan bentuk (*deformation*) adalah pertukaran bentuk atau saiz sesuatu objek disebabkan daya yang dikenakan terhadapnya. Hal ini boleh dikatakan kasil daripada daya ketegangan (*tensile*), daya mampatan (*compression*), daya ricihan (*shear*), daya lentur (*bending*) dan daya kilas (*torsion*). Rajah 2.1 menunjukkan apabila daya yang dikenakan pada bahan tersebut akan menyebabkan ia berubah bentuk [1].



Rajah 2.1:Perubahan bentuk disebabkan daya mampatan

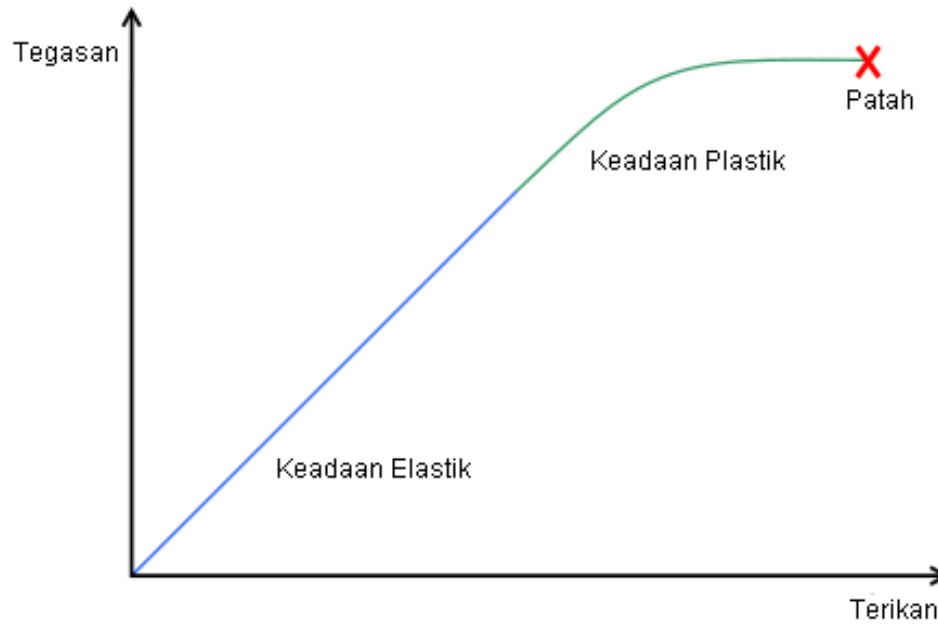
(Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Plastic_deformation)

Perubahan bentuk juga boleh diertikan apabila daya yang cukup pada logam ataupun struktur logam itu akan menyebabkan bahan itu berubah bentuk. Perubahan pada struktur ini dikenali sebagai perubahan bentuk [2].



Rajah 2.2: Gambarajah Tegasan Vs. Terikan dengan pelbagai tahap kegagalan
 (Sumber: [www.wikipedia.org/wiki/Deformation_\(engineering\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Deformation_(engineering)))

Perubahan bentuk ini adalah sementara kerana logam itu akan kembali kepada bentuk asal apabila daya tidak di kenakan lagi. Fenomena ini dikenali sebagai perubahan bentuk kenyal (*elastic*). Dengan kata lain, perubahan bentuk kenyal adalah perubahan bentuk bahan pada tegangan rendah dan dapat kembali pada bentuk asal apabila daya tidak dikenakan lagi. Perubahan bentuk jenis ini melibatkan tegasan (*stress*) pada ikatan-ikatan atom tetapi atom-atom ini tidak melepaskan antara satu sama lain [2].



Rajah 2.3: Gambarajah garis lengkung tegasan-terikan, menunjukkan hubungan di antara tegasan (daya yang dikenakan) dan terikan (perubahan bentuk) logam mulur.

(Sumber: [www.wikipedia.org/wiki/Deformation_\(engineering\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Deformation_(engineering)))

2.1.2 Lenturan Plastik (*Plastic Bending*)

Lenturan plastik adalah sifat khusus bukan linear pada kumpulan bahan yang bersifat mulur dimana kumpulan ini sering kali mencapai kekuatan lentur muktamad (*ultimate bending strength*) daripada mencapai analisa lenturan menganjal *linear* (*linear elastic bending analysis*). Dalam kedua-dua analisa lenturan plastik dan kekenyalan pada rasuk (*beam*) lurus, dapat dianggap bahawa taburan terikan adalah berkadar terus terhadap paksi neutral. Dari sudut analisa kekenyalan, anggapan ini menjurus ke arah taburan tegasan berkadar terus tetapi untuk analisa plastik, keputusan taburan tegasan adalah tidak berkadar terus dan bergantung pada bahan rasuk tersebut.

Had kekuatan lenturan plastik secara umumnya dikenali sebagai kebolehan had tertinggi daya yang dibawa pada rasuk di mana ia mewakili kekuatan pada keratan rentas

tertentu dan bukan kebolehan daya yang di bawa pada keseluruhan rasuk. Sesuatu rasuk itu boleh menemui kegagalan disebabkan oleh ketidakstabilan global atau setempat. Sebelum had kekuatan lenturan plastik mencapai mana-mana titik pada panjang rasuk itu. Walaubagaimanapun, rasuk perlu diperiksa untuk lekukan setempat (*local buckling*), kesumbangan setempat (*local crippling*) dan mode kegagalan kilasan-sisi lekukan global (*global lateral-torsional buckling modes of failure*).

Pembengkokan (*deflections*) diperlukan untuk menghasilkan tegasan yang terdapat di dalam analisa plastik, terutamanya pada titik yang tidak serasi dengan fungsi sesuatu struktur itu. Oleh kerana itu, analisa berasingan diperlukan untuk memastikan corak pemanjangan tidak melebihi hadnya. Dan juga, akibat dari bahan yang telah memasuki lingkungan plastik (*plastic range*) akan menjurus struktur kepada perubahan bentuk kekal, analisa tambahan mungkin diperlukan pada had daya untuk memastikan tiada kerosakan perubahan bentuk kekal terjadi. Pemanjangan yang besar dan perubahan sifat kekakuan (*stiffness*) biasanya melibatkan lenturan plastik boleh memberi erti perubahan pada taburan daya dalaman, khususnya pada rasuk *statically indeterminate*. Daya taburan dalaman boleh dihubungkan dengan perubahan bentuk dan kekakuan (*stiffness*) dimana kedua-dua daya ini akan digunakan dalam menjalankan proses pengiraan secara analitikal (*calculation*).

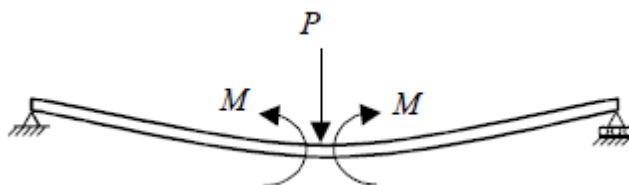
Lenturan plastik berlaku apabila daya momen yang dikenakan pada bahan akan menyebabkan serat luaran keratan rentas melebihi kekuatan kenyal bahan. Dengan hanya dikenakan daya momen, lenturan tegasan maksimum berlaku di serat luaran keratan rentas bahan tersebut. Keratan rentas ini tidak akan mengalami kekenyalan serentak melalui seksyen. Bahagian luaran akan mengalami alahan, membahagikan semula tegasan dan melambatkan kegagalan melebihi dari apa yang dijangkakan oleh kaedah analisa kekenyalan (*elastic analytical methods*). Taburan tegasan daripada paksi neutral adalah sama seperti bentuk garis lengkung tegasan-terikan bahan tersebut (anggap bahan adalah keratan rentas bukan komposit). Selepas struktur *members* mencapai syarat yang memadai bagi lenturan plastik, ia akan bertindak sebagai *plastic hinge*.

Permulaan teori lenturan kenyal (*elastic bending*) memerlukan tegasan lenturan berkadar terus yang berbeza dengan jarak dari paksi neutral, tetapi lenturan plastik menunjukkan lebih ketepatan (*accurate*) dan taburan tegasan yang kompleks. Kawasan keratan rentas yang mengalami alahan akan berbeza (*vary*) di antara alahan dan kekuatan muktamad bahan tersebut. Di kawasan anjalan pada keratan rentas, taburan tegasan berkadar terus yang berbeza dari paksi neutral ke permulaan kawasan yang mengalami kekenyalan. Kegagalan diramalkan terjadi apabila taburan tegasan menghampiri garis lengkung tegasan-terikan bahan. Nilai besar yang terhasil adalah kekuatan muktamad bahan tersebut. Tiada satu kawasan di dalam keratan rentas dapat melebihi kekuatan alahan.

Dalam teori asas lenturan kenyal, daya momen pada seksyen adalah bersamaan dengan kawasan integral taburan tegasan bersilang dengan keratan rentas. Daripada penerangan ini dan di atas, ramalan untuk pemanjangan dan kekuatan kegagalan telah dibuat [3].

2.2 *Sifat Lenturan Pada Struktur Rasuk Besi*

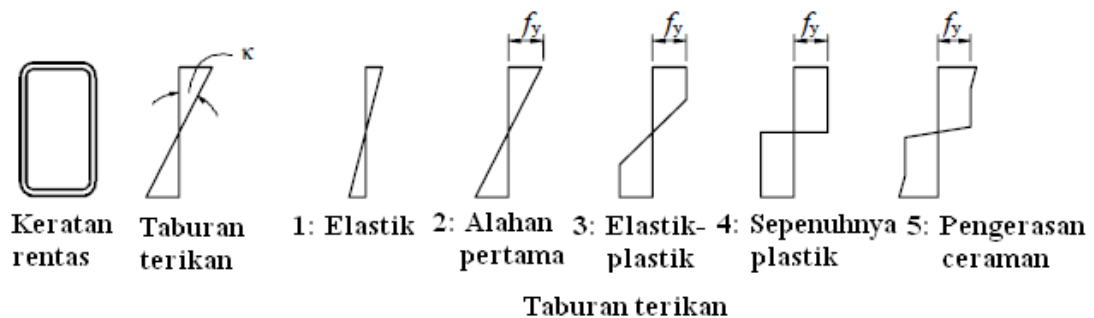
Apabila daya melintang (*transverse*), P seperti yang dapat dilihat pada rajah 2.4 dikenakan pada rasuk, perubahan bentuk akan terjadi di mana daya dalaman seperti momen lentur (M) berlaku di dalam rasuk tersebut.



Rajah 2.4: Rasuk dibebani daya melintang (*transverse*)

Rajah 2.5 menunjukkan keratan rentas segiempat berongga (*rectangular hollow section* (RHS)) apabila dikenakan daya lenturan. Merujuk kepada teori lenturan, taburan terikan terhadap seksyen adalah bersifat linear dan nilai terikan tersebut berkadar langsung dengan lengkungan rasuk. Rajah 2.5 juga menunjukkan bagaimana perubahan taburan tegasan apabila bertambahnya lengkungan rasuk untuk RHS tersebut pada peringkat elastik – plastik – terikan.

Pada permulaanya, taburan tegasan pada peringkat elastik adalah bersifat linear. Apabila lengkungan rasuk bertambah, rasuk mencapai tegasan kenyal pada momen kenyal (M_y), dimana $M_y = f_y Z$ dan Z adalah modulus keratan elastik. Pada lengkungan dan terikan yang lebih besar, rasuk akan mengalami alahan (*yielding*) sehingga ke paksi neutral rasuk. Untuk elastik – plastik – terikan, seksyen alahan hampir sempurna dan berada dalam keadaan sepenuhnya plastik pada nilai lengkungan yang besar (dari segi teori, kekenyalan sepenuhnya hanya berlaku pada lengkungan yang tidak terhingga). Momen pada ketika alahan sepenuhnya berlaku dikenali sebagai M_p , dimana $M_p = f_y S$ dan S adalah modulus seksyen plastik. Pengerasan terikan bermula walaupun pada lengkungan yang besar, dan tegasan boleh melebihi tegasan alahan (*yield stress*) [4].



Rajah 2.5: Taburan Tegasan dan Terikan di dalam Rasuk dengan Peningkatan Lengkungan

(Sumber: Rasmussen, Clarke and Hancock (1997))