

ANALISIS KERANGKA PORTAL KELULI SECARA
MANUAL DAN PERISIAN *S-FRAME*

Oleh

FADZLI B. MOHD NAZRI

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam
Universiti Sains Malaysia

April 2005

PENGHARGAAN

Syukur alhamdulillah kepada tuhan yang memberi rahmat. Tanpa peluang yang dikurniakan oleh-Nya, maka tidaklah juga berupaya penulis mengecap nikmat, berjaya dalam menyiapkan projek penyelidikan tahun akhir ini dengan sempurna.

Sokongan dan bantuan daripada insan-insan yang sentiasa memberikan dorongan dan penyayang, adalah sentiasa dikenang. Segunung kasih untuk emak yang tidak putus-putus mendoakan kejayaan anakmu ini. Setinggi penghargaan diucapkan kepada penyelia projek, PM Dr. Taksiah A. Majid yang sentiasa bersama-sama mengerah idea, menempuh kesukaran dan membina komitmen yang tinggi dalam projek ini sehingga ketitik penghujungnya. Jutaan terima kasih kepada semua kakitangan Teknikal Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam yang telah banyak membantu dari segi teknikal.

Selain itu, kepada semua kakitangan Perunding Teknik Padu Berhad yang merupakan tempat penulis menjalankan latihan industri, ingin mengucapkan ribuan terima kasih diatas kerjasama yang telah diberikan.

Tidak lupa juga kepada teman-teman seperjuangan terima kasih segalanya yang secara langsung dan tidak langsung memberikan pandangan sepanjang saya menjalankan projek ini.

Akhir sekali penulis mendoakan kesejahteraan dan keselamatan kepada sesiapa sahaja samada secara eksplisit mahupun implisit di dalam menyiapkan projek penyelidikan tahun akhir ini.

ABSTRAK

Dalam proses rekabentuk bangunan, kesan beban angin masih kurang diberi perhatian dalam merekabentuk bangunan rendah. Terdapat pelbagai definisi bangunan rendah dan biasanya dikategorikan mengikut ketinggian. Bagi kerangka portal had ketinggian tidak digunapakai malahan sebenarnya kerangka portal yang tingginya kurang daripada 15 m juga perlu dipertimbangkan beban angin kerana bukaan yang besar disekeliling bangunan itu. Terdapat dua jenis kod piawaian yang biasa digunakan iaitu BS 6399 : Part 2 : 1995 (BS) dimana penggunaan begitu meluas sebelum adanya MS 1553 : 2002 (MS). Dalam pengiraan beban angin penggunaan MS adalah lebih kecil berbanding menggunakan BS, iaitu sebanyak 76 % perbezaan tekanan angin bersih pada permukaan dinding dan 94 % pada permukaan atap ini kerana parameter-parameter yang digunakan adalah berdasarkan kepada keadaan persekitaran di Malaysia. Dalam rekabentuk kerangka portal, saiz yang dipilih hendaklah selamat kerana saiz yang dipilih akan mempengaruhi kos bahan tersebut iaitu kos daripada perunding adalah lebih rendah dimana 81 % daripada analisis yang menggunakan perisian *S-Frame* dan 64 % daripada pengiraan secara manual. Manakala pesongan yang akan dihasilkan pada ufuk-x yang paling rendah adalah rekabentuk yang menggunakan perisian *S-Frame* iaitu lebih kurang 88 % jika dibandingkan dengan saiz yang dicadangkan oleh perunding dan 83 % daripada pengiraan manual. Kebiasaannya, seorang jurutera pengalaman dan penggunaan perisian yang ada akan menghasilkan rekabentuk yang efektif. Projek ini juga mengkaji, jenis keberkesanan keratan tiang semesta berbentuk H (UC) sebagai alternatif bagi menggantikan jenis keratan rasuk semesta berbentuk I (UB) yang biasa digunakan dalam rekabentuk kerangka portal.

ABSTRACT

In design building process, the effect of wind load is less considered in design of low rise building. There are so many definitions of low rise building and normally categorized according to the height. For portal frame, regardless of its height, (normally less than 15 m) still need to be determined the wind load due to its big opening of the building. There are two types of standard code, that is wide used (BS 6399:Part 2: 1995) before the latest standard code of MS 1553:2002. In wind load calculation, Malaysian Standard (MS) that used is lower than the usage of British Standard, where 76% of differential in net wind pressure at the wall surface, and 94% of differential in roof surface. The main reasons are parameters used in MS is represent the true environment in Malaysia. In design portal frame, the safe size should be chosen because the size will influence the cost of material. Results shows that the cost from consultancy is 81% less by using the S-Frame software, compared to 64% of calculation manually. In terms of deflection in the x-axis, the design using the software S-Frame produces lower deflection at least 88% compared to the size proposed by consultancy, and 83% from the manual calculation. Normally, the effective design will be produced by the experience engineer with the help of design software. This project also studies the potential replacement of universal column shaped H (UC) the universal I-beam shaped (UB) that is normally used in design of portal frame.

KANDUNGAN

MUKA SURAT

PENGHARGAAN

ABSTRAK ii

ABSTRACT iii

KANDUNGAN iv

SENARAI RAJAH vii

SENARAI JADUAL viii

SENARAI SIMBOL ix

BAB 1 PENGENALAN

1.1 UMUM 1

1.2 LATAR BELAKANG PROJEK 2

1.3 OBJEKTIF KAJIAN 4

1.4 SKOP KAJIAN 4

1.5 KAEDAH KAJIAN 5

1.6 STRUKTUR TESIS 6

BAB 2 KAJIAN PERSURATAN

2.1 PENGENALAN 7

2.2 KELEBIHAN KELULI 8

2.3 KELEMAHAN KELULI 10

2.4 PEMILIHAN KELULI 11

2.5 ANALISIS STRUKTUR KELULI 13

		2.6 BANGUNAN INDUSTRI DAN KERANGKA PORTAL	15
		2.7 BANGUNAN INDUSTRI MENGGUNAKAN	
		RASUK JENIS I	18
		2.8 KAJIAN LEPAS	20
BAB	3	BEBAN ANGIN	
		3.1 PENGENALAN	21
		3.2 KOD PIAWAIAN, MS 1553 : 2002	24
		3.2.1 LANGKAH-LANGKAH PENGIRAAN	
		BEBAN ANGIN	25
		3.3 KOD PIAWAIAN BS 6399 : PART 2 :1995	27
		3.2.1 LANGKAH-LANGKAH PENGIRAAN	
		BEBAN ANGIN	28
BAB	4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
		4.1 BEBAN ANGIN	30
		4.2 ANALISIS KERANGKA PORTAL	35
BAB	5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
		5.1 KESIMPULAN	41
		5.2 CADANGAN	43
		RUJUKAN	44
		LAMPIRAN A1	PELAN
		LAMPIRAN A2	PENGIRAAN BEBAN ANGIN (MS 1553 : 2002)
		LAMPIRAN A3	PENGIRAAN BEBAN ANGIN (BS 6399 : PART 2 : 1995)
		LAMPIRAN B	PERISIAN ANALISIS STRUKTUR (ASLAM KASSIMALI)

LAMPIRAN C	PENGIRAAN MANUAL	
LAMPIRAN D	HASIL DARIPADA PERISIAN <i>S-FRAME</i>	
	- PENGIRAAN MANUAL	(D1 – D17)
	- PERUNDING, UB	(D18 – D 33)
	- PERISIAN S-FRAME, UB	(D34 – D50)
	- PERISIAN S-FRAME, UC	(D51 – D63)
	- PERISIAN S-FRAME, UC & UB	(D64 – D80)

SENARAI SIMBOL

A	Keluasan
A_g	Luas keratan kasar
B	Lebar
b_h	Dimensi bahu
C_a	Faktor saiz efektif
C_{dyn}	Faktor dinamik sambutan
C_{fig}	Tekanan luaran
C_{pe}	Tekanan luaran
d	Kedalaman web
F_c	Daya paksi mampatan
f_c	Tegasan mampatan
G_k	Beban mati
K_a	Faktor pengurangan luas
K_c	Faktor gabungan
K_l	Faktor tekanan tempatan
K_p	Faktor pengurangan pelapisan berliang
L_E	Panjang efektif
L_m	Jarak pengukuh pada kasau
L_s	Jarak maksimum
M	Momen
M_{ax}	Pengurangan momen lengkukan pada paksi major
M_{bs}	Momen rintangan lengkukan

M_d	Pendarab angin berarah
M_h	Pekali bentuk bukit
M_p	Momen plastik
M_s	Pekali hamparan
$M_{z,cat}$	Pekali kekasaran
η	Nisbah bebibir
P_c	Rintangan mampatan
P_e	Tekanan permukaan luaran
P_i	Tekanan angin dalaman
ρ_b	Kekuatan lenturan
ρ_{air}	Ketumpatan udara
ρ_y	Kekuatan rekabentuk konkrit
Q_k	Beban hidup
q_e	Tekanan dinamik
q_s	Tekanan dinamik
r_x	Jejari legaran pada paksi major
r_y	Jejari legaran pada paksi minor
S	Modulus plastik
S_a	Faktor altitud
S_b	Faktor bangunan dan muka bumi
S_d	Faktor arah
S_p	Faktor kebarangkalian
S_s	Faktor musim

T	Ketebalan bibir
t	Ketebalan web
u	Parameter lengkukan keratan
v	Faktor kelangsingan
V_b	Kelajuan angin dasar
V_{des}	Halaju angin rekabentuk
V_e	Kelajuan angin efektif
V_s	Kelajuan angin tapak
λ	Kelangsingan
λ_{LT}	Kelangsingan setara

SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 1.1 : Projek dalam pembinaan	2
Rajah 1.2 : Kerangka portal di tapak	2
Rajah 1.3 : Dimensi kerangka portal	3
Rajah 1.4 : Kaedah kajian	5
Rajah 2.1 : Graf tegasan lawan terikan	12
Rajah 2.2 : Contoh kerangka portal	18
Rajah 2.3 : Contoh kerangka portal	19
Rajah 3.1 : Kesan angin secara umum	21
Rajah 3.2 : Kesan angin bergantung kepada bentuk bangunan	22
Rajah 4.1 : Kedudukan parameter (W, L, S, U, D)	30
Rajah 4.2 : Kedudukan parameter (A, B, M, Y)	31

SENARAI JADUAL

	Muka Surat
Jadual 2.1 : Rujukan untuk jarak pemisahan yang sesuai untuk rentang yang berbeza	17
Jadual 4.1 : Tekanan angin bersih	29
Jadual 4.2 : Tekanan beban angin yang bertindak keatas kerangka portal (BS6399 : Part 2 : 1995)	30
Jadual 4.3 : Tekanan beban angin yang bertindak keatas kerangka portal (MS1553 : 2002)	31
Jadual 4.4 : Analisis kerangka portal (UB)	34
Jadual 4.5 : Analisis kerangka portal (UC dan UB)	37

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Umum

Pembinaan bangunan industri di seluruh negara semakin pesat membangun sama ada di kawasan bandar mahupun di luar bandar. Pembinaan pesat ini disebabkan oleh keyakinan pelabur dalam dan luar negara terhadap ekonomi di Malaysia yang semakin baik dari hari ke hari. Berdasarkan misi, meletakkan nama Malaysia dalam peta negara perindustrian terkemuka di dunia, keyakinan untuk menarik pelabur luar amnya adalah penting bagi menjana ekonomi negara di masa akan datang.

Kebiasaannya bangunan industri ditempatkan di pinggiran kawasan bandar iaitu di lokasi yang kurang menjadi tumpuan orang ramai. Ini kerana masalah pencemaran yang mungkin menimbulkan masalah kepada orang ramai dan mungkin juga masalah pengangkutan.

Bangunan industri pada masa sekarang mempunyai pelbagai bentuk yang unik dan dibina sepenuhnya daripada keluli ataupun konkrit. Bentuk kerangka portal biasanya dipilih kerana kelebihan kerangka portal itu sendiri yang membenarkan analisis plastik dipraktik, dan memberikan satu rekabentuk yang lebih ekonomik dan menjimatkan bahan binaan.

1.2 Latar Belakang Projek

Keadaan ini adalah bersesuaian dengan projek ini dimana pembinaan gudang tempat penyimpanan projek ini adalah kawasan industri yang terletak di Pengkalan Chepa, iaitu di pinggir Kelantan, 100 km jauhnya dari bandar Kota Bharu. Gudang ini dibina bertujuan untuk tempat penyimpanan ubat-ubatan sebelum dipasarkan ke seluruh Kelantan.



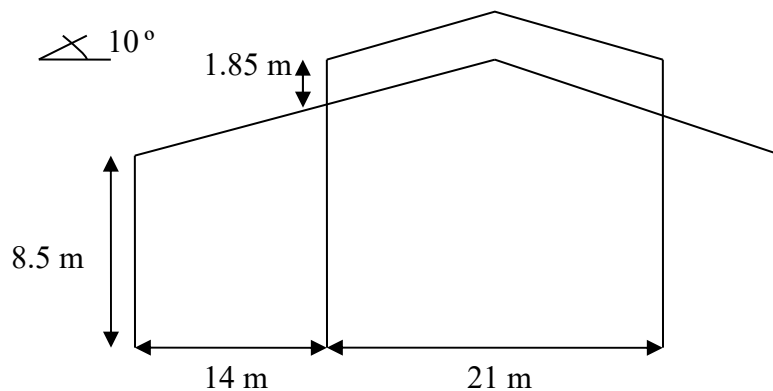
Rajah 1.1 : Projek dalam Pembinaan



Rajah 1.2 : Kerangka Portal di Tapak

Projek ini menggunakan struktur keluli sebagai bahan utama. Kerangka portal menjadi pilihan bagi pembinaan struktur bangunan jenis ini. Kerangka portal merupakan antara pilihan yang popular dalam binaan struktur rendah. Kebanyakan kilang, dewan serba guna dan dewan senaman dibina dengan menggunakan kerangka portal. Walaupun kos pembinaan kerangka portal tidak begitu ekonomik berbanding dengan penggunaan galang kekisi, tetapi pembinaannya yang mudah dengan ruang atas yang besar dan lapang menyebabkan kerangka portal sering menjadi pilihan pereka bentuk.

Kerangka portal bagi projek ini terbahagi kepada dua bahagian yang simetri yang mempunyai keluasan iaitu 6048 m². Dimana setiap bahagian mempunyai 2 kerangka portal iaitu jarak antara kerangka ialah 14 m dan 21 m antara satu sama lain. Struktur ini mempunyai ketinggian sebanyak 11.65 m dan bahagian atasnya sebanyak 1.85 m. Selain itu ia mempunyai kecerunan atap bersudut 10° seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.3.



Rajah 1.3 : Dimensi Kerangka Portal

Sila rujuk Lampiran A1 bagi mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang keadaan sebenar kerangka portal tersebut.

1.3 Objektif Kajian

Kajian ini dijalankan bagi memenuhi beberapa objektif yang utama iaitu :-

- i. Analisis kesan beban angin yang dikenakan ke atas bangunan industri dengan menggunakan kod amalan Malaysia (MS 1553 : 2002) dan kod amalan British (BS 6399 : Part 2 : 1995) sebagai rujukan.
- ii. Membandingkan antara kod amalan Malaysia dengan kod amalan British berdasarkan pengiraan secara manual.
- iii. Merekabentuk bangunan industri dengan pengiraan secara manual dan analisis menggunakan perisian *S-Frame*.
- iv. Membandingkan pengiraan secara manual dengan menggunakan perisian *S-Frame* dari segi :-
 - Saiz yang dicadangkan dari segi penggunaan *universal beam*, *universal column*, gabungan antara kedua-duanya dan sebagainya.
 - Kos.
 - Pesongan.

1.4 Skop Kajian

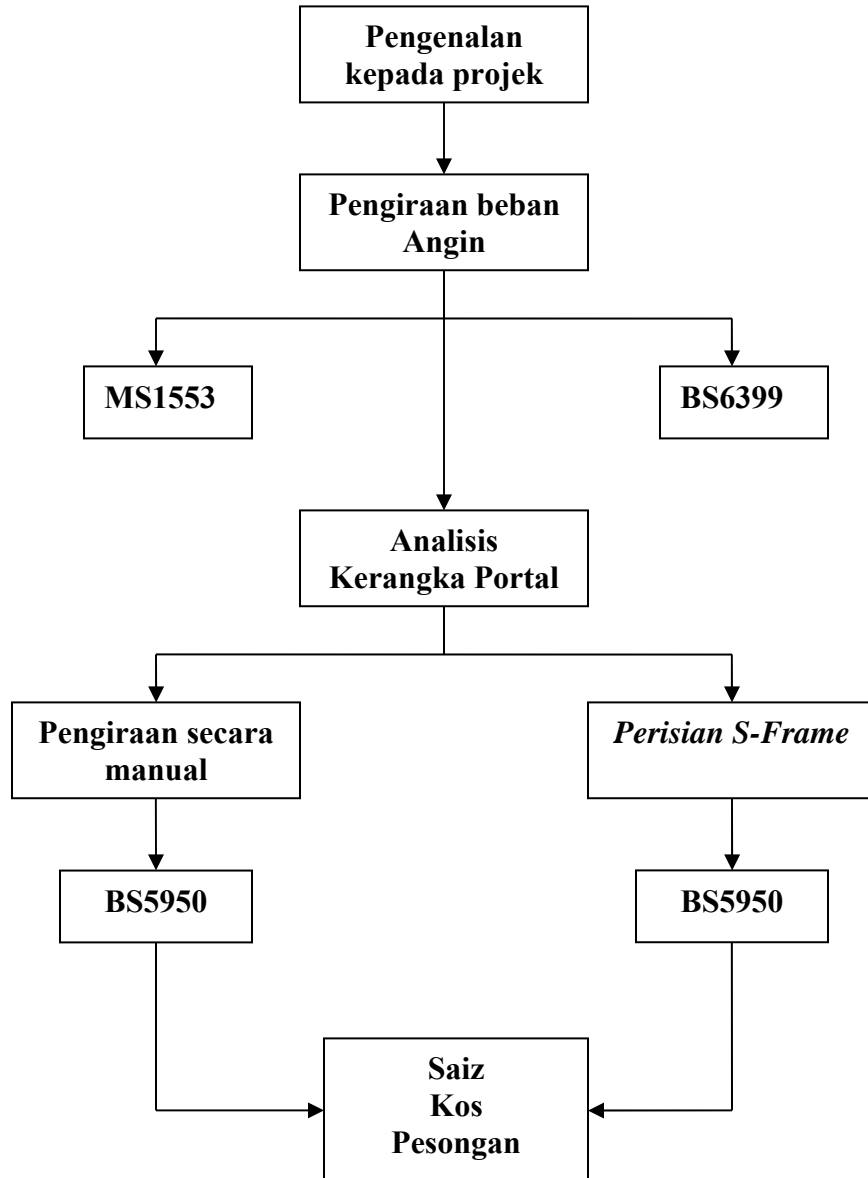
Kajian yang dijalankan boleh dibahagikan kepada 4 skop utama iaitu :-

- i. Analisis kesan beban angin dengan menggunakan kod amalan Malaysia dan kod amalan British dan membandingkan antara kedua-dua kod amalan tersebut dengan memilih nilai tekanan yang maksimum untuk tujuan rekabentuk.
- ii. Analisis kerangka portal secara manual
- iii. Analisis kerangka portal dengan menggunakan perisian *S-Frame*.
- iv. Membandingkan analisis secara manual dan menggunakan perisian *S-Frame*.

1.5 Kaedah Kajian

Kaedah kajian yang dijalankan ditunjukkan dalam bentuk carta alir seperti

Rajah 1.4 di bawah :-



Rajah 1.4 : Kaedah Kajian

1.6 Struktur Tesis

Tesis ini dibahagikan kepada lima bab utama. Bab 1 menerangkan secara umum tentang tesis ini iaitu serba sedikit tentang latar belakang projek, objektif kajian, skop kajian dan kaedah yang digunakan dalam menjalankan projek ini.

Kajian persuratan akan diterangkan dalam Bab 2 yang mana melibatkan kajian dan penyelidikan yang telah dijalankan sebelum ini. Bab ini akan membincangkan mengenai kerangka portal, saiz yang digunakan dan penyelidikan yang melibatkan penggunaan keluli pada masa lepas.

Bab 3 pula akan melibatkan langkah demi langkah dalam pengiraan beban angin, berdasarkan kod amalan Malaysia dan kod amalan British.

Bab 4 melibatkan keputusan dan perbincangan untuk tesis kali ini. Segala keputusan akan dipaparkan dalam jadual dan keputusan yang diperolehi akan dibincangkan dengan teliti.

Bab 5 merupakan bahagian kesimpulan dan cadangan. Keseluruhan tesis ini akan disimpulkan dalam bahagian ini dan cadangan untuk memperbaiki tesis ini disenaraikan untuk tujuan penambahbaikan penyelidikan pada masa depan.

BAB 2

KAJIAN PERSURATAN

2.1 Pengenalan

Di dalam kejuruteraan Awam, struktur ditakrifkan sebagai binaan yang terdiri daripada satu atau lebih elemen padu yang disusun agar dapat menanggung beban untuk mengekalkan bentuk dan kestabilan. Kejuruteraan struktur adalah bidang yang terdiri daripada bidang yang merangkumi empat aspek penting iaitu perancangan, analisis, rekabentuk dan pembinaan (Osman, 1994).

Di Malaysia, keluli telah lama digunakan, terutamanya bagi pembinaan menara elektrik, bangunan industri, kekuda bumbung, jambatan dan sebagainya. Walau bagaimanapun, setakat ini penggunaan keluli untuk pembinaan bangunan kediaman atau pejabat adalah terhad kerana penggunaannya bergantung kepada keupayaannya bersaing dengan bahan-bahan binaan lain seperti konkrit bertetulang, konkrit prategasan, kayu dan batu bata. Walau bagaimanapun, bergantung kepada kepakaran dan keadaan, konkrit bertetulang dan keluli merupakan dua bahan saingan yang kerap menjadi pilihan kebanyakan negara di dunia ini. Kebanyakan keratan keluli yang digunakan di Malaysia diimport dari negara luar (Mohammad *et al.*, 2001).

Objektif utama rekabentuk adalah untuk membina struktur yang mampu berfungsi dengan selamat, mampu memberikan perkhidmatan sepanjang tempoh rekabentuknya dan ekonomi dari segi bahan pembinaan dan dilaksanakan dengan jayanya. Proses yang digunakan semasa merekabentuk hendaklah selamat, berguna dan ekonomi sesuai dengan fungsinya (Englekirk, 1994).

Struktur keluli bangunan boleh dikelaskan kepada beberapa struktur utama iaitu bangunan bertingkat dan bangunan setingkat. Bangunan setingkat terdiri daripada galang plat, rasuk, tiang, rembatan dan penapak, manakala bangunan setingkat pula terdiri daripada kerangka kekuda, galang kren, penapak, gulung-gulung dan tiang (Mohammad *et al.*, 2001).

Penggunaan keluli sebagai struktur binaan mempunyai banyak kelebihan di samping beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan semasa rekabentuk.

2.2 Kelebihan Keluli

Keluli mempunyai beberapa kebaikan iaitu :-

- ✓ Keluli merupakan struktur yang mempunyai nisbah kekuatan/berat yang tinggi dimana keadaan ini membolehkan perekabentuk meragamkan pelbagai cara kemungkinan penggunaannya mengikut kesesuaian bangunan. Oleh itu masa pembinaan adalah pantas kerana dapat menempah dalam pelbagai saiz yang telah ditetapkan.
- ✓ Keluli juga mempunyai beban diri yang rendah dimana membolehkan keluli digunakan dalam pembinaan rentang yang panjang dan penapak yang mudah. Sebagai contoh rentang sepanjang 21 m hingga 60 m yang digunakan untuk membina hangar.
- ✓ Kebanyakan anggota keluli dibuat dan dipasang di kilang atau bengkel yang terlindung daripada dedahan cuaca dan dalam keadaan terkawal sebelum diangkut ke tapak bina, keadaan ini dapat menjamin mutu dan keseragaman

yang tinggi bagi menghasilkan struktur yang baik dan mempunyai kekuatan yang tinggi.

- ✓ Persekitaran tapak pembinaan juga lebih kemas, bersih daripada pencemaran habuk dan hingar, serta dapat menjamin penggunaan ruang tapak bina yang maksimum (Mohammad *et al.*, 2001)
- ✓ Pembinaan yang pantas iaitu banyak masa dapat dijimatkan semasa pembinaan sedang dijalankan. Pembinaan komponen keluli dan penyediaan penapak boleh dilakukan serentak. Acuan tidak diperlukan dan anggota tidak perlu ditunggu sehingga mencapai kekuatan tertentu untuk meneruskan kerja pembinaan. Dari segi ekonomi, masa yang singkat dapat menjimatkan kos projek secara keseluruhannya (Osman, 1999).
- ✓ Penggunaan keluli membolehkan pereka bentuk meragamkan pelbagai cara penggunaan mengikut kesesuaian bangunan yang dikehendaki dan boleh diubah dalam masa yang singkat jika berlaku kesilapan semasa merekabentuk.
- ✓ Kerja-kerja mengubahsuai struktur keluli mudah dijalankan samada waktu pembinaan ataupun sesudah bangunan siap kerana kerja-kerja sambungan dan pengukuhan anggota mudah dibuat terhadap struktur. Keluli daripada bangunan yang diruntuhkan boleh digunakan semula untuk membina bangunan baru.

2.3 Kelemahan Keluli

Keluli juga mempunyai beberapa keburukan iaitu :-

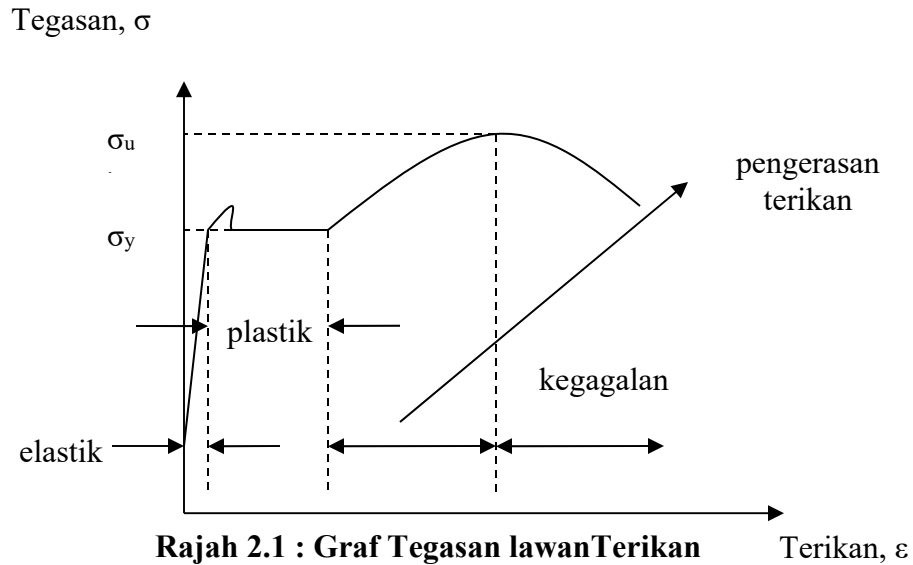
- ✓ Lengkokkan merupakan ciri utama kegagalan keluli, ini kerana kebanyakan anggota keluli dibina secara tergelek panas, maka keratan rentasnya merupakan tipis, dan nisbah lebar/tebal yang besar menyebabkan lengkokan mudah berlaku apabila daya mampatan dikenakan.
- ✓ Keluli mempunyai keberaliran haba yang tinggi tetapi kekuatan habanya rendah. Keadaan ini menyebabkan kekuatan keluli akan berkurangan apabila terdedah pada suhu yang lebih daripada 400°C dan perlu diberi perlindungan kebakaran.
- ✓ Masalah karatan kerana struktur yang terdedah dan bahan binaan yang digunakan untuk membina keluli tersebut yang mempengaruhinya. Dimana bahan keluli biasanya mempunyai 98 % logam besi dan selebihnya logam lain seperti karbon, silicon, mangan, kuprum dan sebagainya mengikut keperluan.
- ✓ Pembinaan dan pemasangan memerlukan pekerja mahir.

2.4 Pemilihan Keluli

Pemilihan keluli bergantung kepada beberapa sifat utamanya seperti kekuatan, kemuluran dan kebolehpayaan kimpal. Terdapat tiga gred keluli yang dihasilkan iaitu gred 43, 50, 55 mengikut kekuatan dan kebiasaanya pembinaan di Malaysia menggunakan keluli gred 43 atau 50 untuk binaan bangunan (Saim *et al.*, 2001). Dalam pemilihan gred keluli yang sesuai bagi setiap jenis struktur untuk direkabentuk berdasarkan ketebalan plat yang maksimum bagi pelbagai keadaan operasi. Oleh itu, beberapa kategori perlu dipertimbangkan iaitu suhu minimum, gred keluli, kadar tegasan dan kadar terikan (Nethercot, 1991).

Keluli yang dipilih harus juga memiliki kemuluran yang mencukupi supaya dapat memberikan amaran awal sebelum berlaku kegagalan. Retakan rapuh biasanya berlaku sekiranya tiga keadaan terjadi serentak, iaitu suhu rendah, tegasan tegangan yang tinggi dan terdapat kecacatan takikan. Hasil daripada ujian tegangan kebiasaannya menghasilkan lengkung tegasan-terikan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1.

Bagi kes kerangka portal, terikan biasanya berlaku di bahagian tengah kerangka portal dimana diukur berdasarkan keadaan angin biasa yang berlaku di kawasan tapak projek tersebut. Pengukuran dibuat berdasarkan kepada tekanan yang dikenakan kepada bahagian luar dan dalam bangunan dimana akan diambil sebagai agihan beban dan tindakbalas bangunan terhadap kesan angin tersebut (Hoxey, 1991).



**Rajah 2.1 : Graf Tegasan lawan Terikan
(Nethercot A. D, 1991)**

Secara umumnya, keluli adalah salah satu bahan yang mempunyai kekuatan yang paling tinggi untuk sesebuah struktur bangunan tetapi masih mempunyai had tegasan yang tidak boleh dilampaui. Apabila berkongsi daya dengan bahan-bahan lain, keluli mampu menanggung daya yang berlebihan kerana kekukuhannya sebagai salah satu fungsinya (Ambrose , 1997).

2.5 Analisis Struktur Keluli

Analisis struktur merupakan perkara utama yang perlu dilakukan sebelum sesuatu rekabentuk dimulakan. Perkara yang perlu diambil perhatian dalam analisis adalah kefahaman tentang tindak balas anggota dan struktur apabila dikenakan beban. Analisis dimulakan dengan mendapatkan beban yang ditanggung oleh struktur, termasuklah berat diri. Kesemua gabungan beban genting yang mungkin berlaku terhadap struktur tersebut perlu diberi perhatian, dengan kata lain perekabentuk akan memudahkan dahulu susunan sesuatu struktur tersebut supaya dapat dianalisis dengan mudah. Kerangka struktur tiga dimensi akan memudahkan menjadi beberapa struktur dua dimensi bebas, manakala anggota individu dikira sebagai satu dimensi dengan sambungan dikira sebagai titik. Sambungan yang ada akan dianggap sebagai engsel tanpa geseran, separa tegar, atau tegar, ini bagi memudahkan kerja-kerja merekabentuk selepas analisis (Mohammad *et al.*, 2001).

Kerja-kerja merekabentuk struktur keluli boleh dibuat dengan mengira secara insani ataupun dengan menggunakan perisian yang sedia ada. Kaedah insani boleh digunakan untuk kebanyakan struktur, tetapi bagi struktur yang besar dan rumit, penggunaan komputer sangat diperlukan bagi mempercepatkan proses pengiraan. Selain itu, penggunaan komputer juga amat sesuai untuk struktur yang kecil dengan analisis yang berulang-ulang. Pengiraan secara insani adalah lebih baik kerana lebih tepat walaupun mungkin mengambil masa yang panjang. Antara perisian yang digunakan untuk analisis struktur keluli adalah *S-Frame*, *P-Frame*, *Multiframe 3D*, *Staad III* dan sebagainya.

Sebagai contoh, penggunaan mikrokomputer telah lama ada dalam bidang kejuruteraan. Kebaikan kepada perekabentuk struktur menggunakan mikrokomputer adalah berdasarkan penjimatan masa. Sebagai contoh rekabentuk yang menggunakan teori plastik bagi pembinaan bangunan industri yang menggunakan kerangka portal. Walaupun penggunaannya cepat tetapi ia perlu dikawalselia oleh perekabentuk (Plank *et al.*, 1985)

Proses rekabentuk struktur melibatkan langkah-langkah berikut (Osman, 1999) :-

- ✓ Pemilihan bentuk dan beban struktur
- ✓ Penentuan beban-beban luar yang bertindak keatasnya
- ✓ Pengiraan beban paksi (tegangan atau mampatan), daya ricih, momen lentur, tegasan dan ubah bentuk yang terhasil didalam setiap anggota struktur akibat dari beban luar.
- ✓ Penentuan saiz anggota supaya tegasan dan ubah bentuk yang dialami oleh anggota bagi bahan-bahan yang dipilih tidak melebihi had yang dibenarkan.
- ✓ Penyediaan lukisan terperinci dengan menunjukkan kedudukan, jenis, saiz dan dimensi struktur dengan tepat.

Dalam falsafah merebentuk, struktur keluli terdapat dua perbezaan utama iaitu rebentuk tegasan dan rekabentuk keadaan had. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi rebentuk struktur keluli iaitu (Rajan, 2001) : -

- ✓ Bahan dan anggota yang digunakan
- ✓ Kualiti pembinaan
- ✓ Nilai daya
- ✓ Ketepatan analisis struktur

2.6 Bangunan Industri dan Kerangka Portal

Pada masa kini, pelbagai jenis bangunan industri telah dibina diseluruh negara. Bangunan industri mengambil pelbagai jenis bentuk dan dibina menggunakan pelbagai bahan yang terdapat dipasaran, dan yang paling menjadi pilihan ialah struktur keluli. Pemilihan keluli sebagai bahan utama adalah kerana lebih ekonomik (Bates, 1978b).

Pembinaan bangunan industri dibina samada di kawasan bandar dan juga luar bandar. Bangunan industri ini pada kebiasaannya dibina di satu kawasan perindustrian khas yang ditetapkan oleh kerajaan yang bersesuaian dengan perkembangan industri di negara ini. Terdapat pelbagai jenis bangunan industri yang dipilih berdasarkan kesesuaian projek yang hendak dijalankan. Jenis bangunan industri ini dibezakan oleh bentuk dan sebagainya. Bentuk bangunan yang dipilih berdasarkan kesesuaian fungsi bangunan tersebut dan juga dapat mengurangkan kos. Jenis-jenis bangunan industri adalah samada ruang tunggal ataupun berbilang ruang apabila menggunakan ruang yang besar. Tiang dalaman biasanya tidak digunakan, oleh itu kaedah untuk melindungi kawasan yang luas tersebut digunakan dengan menggunakan penyokong dalaman yang minimum (Bates, 1978a).

Bangunan yang dikategorikan sebagai bangunan industri boleh terdiri daripada bangunan yang bertingkat satu atau lebih. Bangunan jenis ini boleh terdiri daripada bangunan keperluan industri seperti gedung membeli-belah dan kilang operasi. Di samping itu bangunan keperluan institusi seperti pusat pendidikan, hospital serta bangunan seperti restoran dan terminal pengangkutan juga dapat dikategorikan sebagai bangunan industri.

Dalam pembinaan bangunan industri kerangka portal merupakan antara pilihan yang popular dalam binaan struktur rendah. Kebanyakan kilang, dewan serba guna, dan dewan senaman dibina dengan menggunakan kerangka portal. Walau kos pembinaan kerangka portal tidak begitu ekonomik berbanding dengan penggunaan galang kekisi, tetapi pembinaannya mudah dengan ruang atas yang besar dan lapang menyebabkan kerangka portal sering menjadi pilihan pereka bentuk (Mohammad *et al.*, 2001).

Kerangka portal dengan bumbung jenis pertempuran (*pitched roof*) pada kebiasaannya digunakan secara meluas dalam pembinaan bangunan industri. Kerangka bumbung itu samada disokong dengan kekuda ataupun tidak, akan disambung secara terus dengan tiang untuk menyokongnya. Pada hujung bawah tiang akan disokong dengan penyokong jenis tegar ataupun disemat.

Kerangka portal yang ringkas adalah terdiri daripada kasau dan tiang yang mempunyai saiz anggota yang sama. Perkara ini adalah sesuai untuk kerangka portal jenis berentang pendek (hingga 15m) ataupun berentang sederhana (16m hingga 35m) seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1. Walaupun akan dikukuh sisi (*haunch*) pada bahagian cucur atap (*eaves*) ataupun bahagian puncak (*ridge*). Bagi sesetengah kerangka berentang sederhana dan berentang panjang adalah tidak mustahil mempunyai saiz kasau dan tiang yang tidak sama.

Jadual 2.1 : Rujukan untuk jarak pemisahan yang sesuai untuk rentang yang berbeza (Bates, 1978b)

Rentang	Jarak pemisahan antara kerangka
Pendek : hingga 15m	3 - 5m
Sederhana : 16 - 25m	4- 6m
26 - 35m	6 - 8m
Panjang : 36 - 45m	8 - 10m
46 - 60m	10 - 12m

BS 5950: Part 1: 1990, telah menyarankan dua pendekatan analisis kerangka portal, iaitu analisis secara anjal dan analisis plastik. Pada amnya, analisis anjal dijangka akan menghasilkan struktur yang berat tetapi dengan pengurangan penggunaan rembatan, berat struktur dapat dikurangkan, dan perkara ini dapat memudahkan kerja-kerja perincian. Analisis plastik pula dapat menghasilkan anggota yang lebih kecil. Oleh itu, berat bangunan dapat dikurangkan. Walau bagaimanapun, pereka bentuk perlu berhati-hati terhadap pesongan, dan jika diperlukan, rembatan tambahan hendaklah digunakan. Dalam analisis plastik ini terdapat tiga kaedah yang digunakan iaitu :-

- ✓ Kaedah kerja maya
- ✓ Kedah grafik
- ✓ Kaedah tindak balas gambar rajah momen.

2.7 Bangunan Keluli Menggunakan Rasuk Jenis I

Rasuk jenis I ataupun lebih dikenali sebagai ‘I-Beam’ merupakan jenis yang paling banyak digunakan dalam pembinaan bangunan keluli. Ia dinamakan sedemikian rupa kerana bentuknya yang menyamai huruf I (www.steelbuilding.org). Seperti dalam Rajah 2.2 dan Rajah 2.3.



Rajah 2.2 : Contoh Kerangka Portal
(www.concast.ie/portalframe.htm)



Rajah 2.3 : Contoh Kerangka Portal
(www.garmendale.co.uk/ge17.jpg)

2.7.1 Kebaikan bangunan keluli rasuk jenis I (*I-Beam*)

Terdapat beberapa kebaikan bangunan keluli menggunakan rasuk jenis I :

- ✓ Jenis yang lazim digunakan bagi sistem bangunan, mudah didapati dan design yang selalu digunakan oleh mereka yang terlibat dalam pembinaan
- ✓ Senang atau cepat untuk didirikan
- ✓ Mempunyai lebar yang pelbagai
- ✓ Kos efektif bagi bangunan besar
- ✓ Pilihan yang terbaik bagi pembinaan hangar dan kilang
- ✓ Kebiasaannya tiada penyokong dalaman atau bangunan.

2.7.2 Kelemahan bangunan keluli rasuk jenis I (*I-Beam*)

Antara kelemahannya ialah :

- ✓ Kebiasaannya untuk bangunan yang berbentuk kotak atau bentuk yang biasa
- ✓ Jika lokasi adalah selain daripada zon industri, adalah sukar untuk menentukan samada bangunan industri ataupun komersial.
- ✓ Menggunakan kren, peralatan yang berat dan kerja mengimpal di tapak

2.8 Kajian Lepas

Terdapat beberapa kajian lepas yang menggunakan kerangka portal, Lee (2004) telah mengkaji faktor kekasaran tanah di bandar dan di luar bandar ke atas rekabentuk kerangka portal, iaitu terdiri daripada 7 buah kerangka portal yang dipisahkan sejauh 7.60m antara satu kerangka dengan kerangka yang lain. Jarak rentang kerangka adalah 18.30m dan tinggi tiang adalah 7.00m. Ketinggian keseluruhan kerangka adalah 9.40m. Rekabentuk analisis plastik dilakukan secara manual dan perisian Excell Portal telah dibangunkan dalam proses merekabentuk kerangka portal.

Lee (2004) telah mengkaji tentang rekabentuk mudah dan rekabentuk momen-angin bagi kerangka 2 dimensi. Dua kerangka satah telah dianalisis dan direkabentuk untuk memenuhi kedua-dua keadaan had muktamad (ULS) dan keadaan had khidmat (SLS). Kerangka satah yang pertama sebagai satu kerangka yang teguh (kerangka yang tahan momen) menggunakan kaedah Rintangan Momen-Angin dalam pelaksanaan analisis dan rekabentuk. Semua pengiraan dijalankan secara manual. Kerangka satah yang kedua dianggap sebagai kerangka mudah (kerangka sambungan-pin). Analisis dan semakan rekabentuk dijalankan secara manual serta dengan menggunakan perisian komputer, *S-Frame/S-Steel*.

Daripada kajian lepas, tiada kajian yang cuba memodelkan bangunan industri kerangka portal dengan kaedah biasa menggunakan perisian *S-Frame* iaitu daripada pembebanan sehingga kepada rekabentuk.

BAB 3

BEBAN ANGIN

3.1 Pengenalan

Ciri-ciri iklim Malaysia ialah mempunyai suhu yang seragam, kelembapan yang tinggi dan hujan yang banyak serta angin yang perlahan. Malaysia yang terletak di kawasan doldrum khatulistiwa amat jarang sekali mempunyai keadaan langit tidak berawan langsung meski pun pada musim kemarau teruk. Malaysia juga jarang sekali mempunyai satu tempoh beberapa hari dengan tidak ada langsung cahaya matahari kecuali pada musim monsun timur laut.

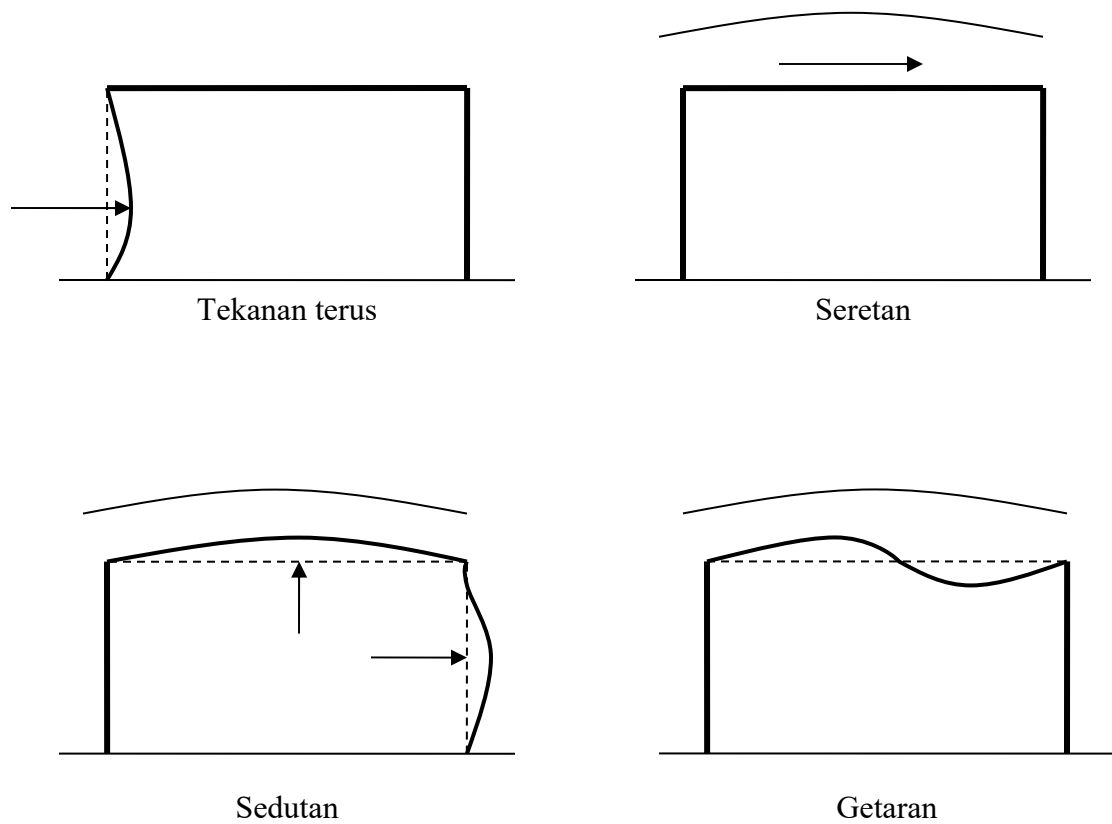
Walaupun angin di Malaysia pada umumnya perlahan dan arahnya berubah-ubah, terdapat perubahan bertempoh dalam corak tiupan angin. Berdasarkan kepada perubahan ini, empat musim boleh dibezakan iaitu monsun barat daya, monsun timur laut dan dua musim peralihan monsun yang lebih pendek (www.kjc.gov.my).

Beban angin adalah beban yang bertindak ke atas sesebuah bangunan yang berpunca daripada daya angin. Kekuatan beban bergantung kepada :

- Keluasan bangunan yang terdedah kepada daya angin. Daya angin lebih kuat jika jarak antara tiang adalah lebih jauh.
- Ketinggian bangunan yang didedahkan kepada angin.
- Lokasi bangunan. Daya kekuatan angin adalah didapati lebih tinggi di kawasan lapang jika dibandingkan dengan kawasan bandar. Untuk

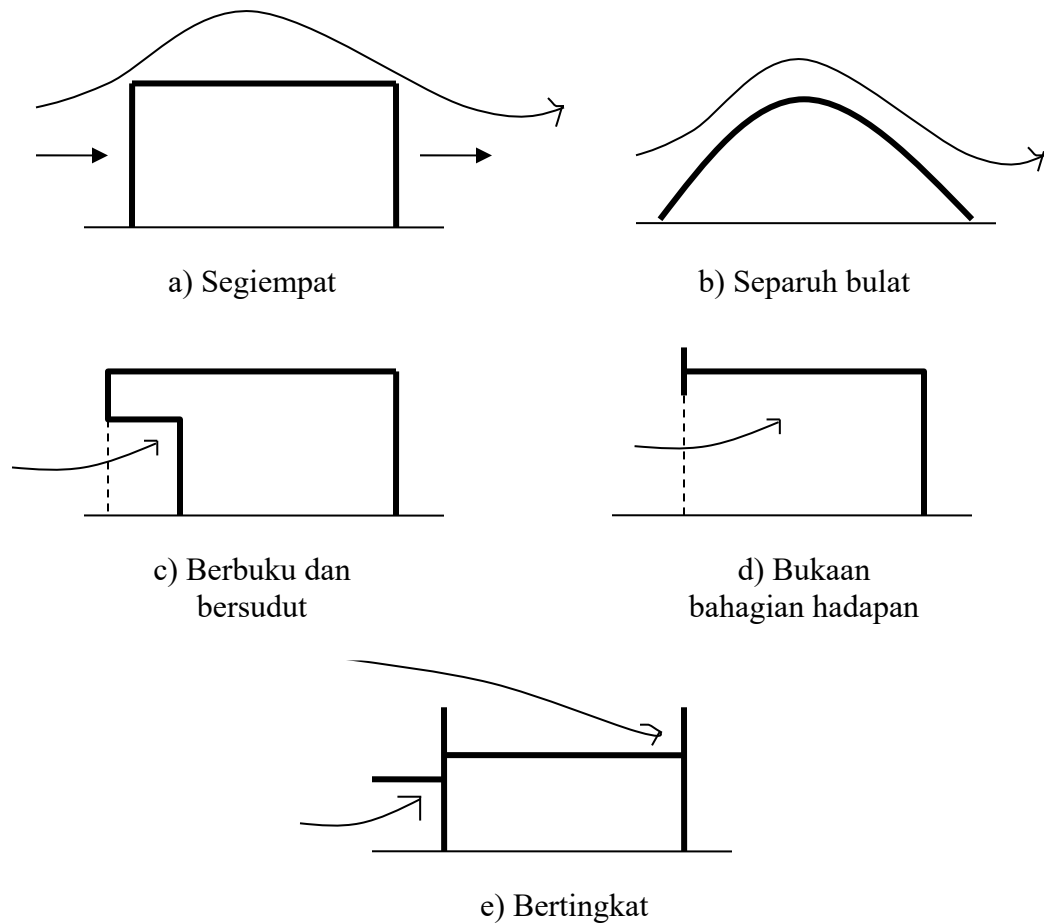
bangunan ditepi pantai kekuatan angin yang perlu diambil kira adalah tinggi.

Beban angin pada bangunan adalah dalam bentuk yang seragam, yang boleh bertindak pugak dari permukaan bangunan atau selari dengannya. Kesan utama beban angin pada bangunan boleh dalam pelbagai bentuk antaranya seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.1.



**Rajah 3.1 : Kesan Angin Secara Umum
(Ambrose, 1995)**

Rupabentuk dan tekstur sebuah bangunan memberi kesan kepada aliran angin dan mengubah kesan akhir kepada bangunan (Rajah 3.2). Kekuatan angin biasanya dikira dari halaju udara yang bergerak dan kesan pada bangunan boleh dikira dalam unit tegasan kN/m^2 (www.hbp.usm).



Rajah 3.2 : Kesan Angin bergantung kepada bentuk bangunan
(Ambrose *et al.*, 1997)

3.2 Kod Piawaian, MS 1553: 2002 (Code Of Praticce On Wind Loading For Buiding Structure)

Kod amalan Malaysia ini dikeluarkan bagi menentukan kelajuan angin dan tindakan angin panduan bagi rekabentuk struktur yang merujuk kepada tindakan angin.

Kod amalan ini meliputi beberapa kriteria iaitu :-

- Ketinggian bangunan kurang daripada 200 m
- Struktur yang mempunyai atap rentang kurang daripada 100 m
- Struktur selain daripada struktur lepas pantai iaitu jambatan dan menara pemancar.

Langkah inisiatif ini diambil oleh SIRIM untuk memberi tugas kepada CIDB (The Construction Industri Development Board) untuk menerbitkan sebuah kod piawaian beban angin yang bersesuaian dengan geografi dan iklim di negara ini. MS 1553 : 2002 telah diterbitkan pada tahun 2002 dan ia telah mengambil kira segala kriteria yang perlu untuk merekabentuk struktur terhadap beban angin di Malaysia.