

REKABENTUK BANGUNAN PEJABAT DUA TINGKAT DENGAN
MENGGUNAKAN STAAD-III DAN SECARA MANUAL

Oleh

Mohd Rashwan b. Arshad

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan
untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur ke hadrat Ilahi dengan limpah kurnia-Nya maka projek tahun akhir ini dapat disiapkan. Dalam kesempatan ini, saya ingin menyampaikan penghargaan kepada pihak yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam usaha menjayakan projek ini. Pertama sekali, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada Dr. Taksiah A. Majid sebagai penyelia projek diatas kesudian beliau meluangkan masa serta menghulurkan pelbagai bantuan. Laporan ini tidak mungkin sempurna tanpa nasihat, tunjuk ajar serta pengawasan beliau. Saya juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada En. Shaharudin Shah bin Zaini diatas tunjuk ajar dan nasihat yang diberikan.

Tidak lupa kepada pihak universiti khasnya Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam yang menyediakan kemudahan makmal komputer dan kemudahan lain yang diperlukan untuk menjayakan projek ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rakan-rakan yang sama-sama terlibat dan membantu serta memberi pandangan semasa proses menyiapkan projek ini.

Akhir sekali, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada ahli keluarga yang memberi sokongan dan bantuan secara tidak langsung dalam melengkapkan dan menjayakan projek ini. Sekali lagi, setinggi-tinggi penghargaan kepada semua yang terlibat

MOHD RASHWAN ARSHAD

ABSTRAK

Penggunaan rekabentuk struktur konkrit telah digunakan secara meluas. Malah rekabentuk yang dihasilkan meningkat dari semasa ke semasa dengan terciptanya pelbagai perisian komputer. Oleh itu dalam kajian yang dijalankan ini semua elemen struktur bangunan yang direkabentuk merupakan struktur konkrit bertetulang yang direkabentuk berdasarkan keadaan had muktamad merujuk kepada BS 8110 : Bahagian 1 : 1997. Dalam projek ini, kajian tertumpu kepada rekabentuk bangunan konkrit pejabat dua tingkat dengan menggunakan perisian STAAD – III dan juga secara manual. Keputusan yang diperolehi berdasarkan perisian STAAD – III dan manual dibandingkan secara relatif berdasarkan nilai daya ricih dan momen lentur pada penyokong dan pertengahan rentang, jumlah luas keratan rentas serta saiz tetulang yang dibekalkan kepada anggota struktur. Berdasarkan output daripada perisian STAAD – III, penentuan kos dilakukan terhadap struktur utama bangunan. Laporan ini juga membincangkan langkah-langkah serta kaedah pemodelan struktur yang digunakan dalam perisian STAAD – III serta kelebihan dan kelemahannya sebagai perisian untuk analisis dan juga rekabentuk struktur. Berdasarkan kajian yang dilakukan menunjukkan bahawa purata peratus perbezaan momen dan daya ricih bagi kedua-dua kaedah yang digunakan iaitu STAAD – III dan rekabentuk secara manual adalah tidak melebihi 35%. Perbandingan di antara purata luas keratan rentas tetulang utama juga tidak menunjukkan julat perbezaan yang begitu besar iaitu kurang daripada 20%. Keputusan daripada beberapa kes yang dijalankan menunjukkan keberkesanan serta keupayaan STAAD – III sebagai perisian untuk analisis dan merekabentuk struktur.

ABSTRACT

The application of a reinforced concrete structure design has been used widely. In this research, all the structures element have been design as reinforced concrete based on the ultimate limit state philosophy employed in BS 8110 : Part 1 : 1997. The main objective of this project is to design double storey concrete office building and its comparison with manual calculation. The result will be compared in term of the shear force, the bending moment on the main support as well as the mid-span and the total cross section area of the main reinforcement required. Hence, the main building structure cost can be determined from the STAAD-III output. This report also discuss the procedures and methods of structural modeling used in STAAD-III as well as the advantages and disadvantages of the STAAD-III software as a tool to analyze and design. The result shows that the average of percentage differences in the shear force and the bending moment for both method does not exceed more than 35%. Hence, the comparison between the average cross section of main reinforcement also does not shows very much difference which is less than 20% from the manual. It can be concluded that the STAAD-III software has the capability to analyze and design structures.

KANDUNGAN

	Muka surat
PENGHARGAAN	
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KANDUNGAN	iv
SENARAI SIMBOL	vii
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI GAMBARAJAH	x
BAB 1: PENGENALAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif kajian	2
1.3 Skop projek	2
1.4 Carta alir projek	3
1.5 Pemerihalan struktur bangunan	6
1.6 Kriteria rekabentuk	9
BAB 2: KAJIAN LITERATUR	
2.1 Pengenalan	12
2.2 Rekabentuk struktur konkrit bertetulang	14
2.2.1 Keadaan had muktamad	14
2.2.2 Keadaan had khidmat	14
2.2.3 Kekuatan ciri bahan	15

2.2.4	Ricihan	16
2.2.5	Keretakan	16
2.2.6	Rintangan Api	17
2.3	Penggunaan STAAD – III dalam rekabentuk dan analisis struktur	18

BAB 3: REKABENTUK SECARA MANUAL (BS8110)

3.1	Pengenalan	20
3.2	Beban	21
3.2.1	Kaedah pemindahan beban	24
3.3	Rekabentuk Papak	25
3.3.1	Papak satu hala	25
3.3.2	Papak dua hala	27
3.4	Rekabentuk Rasuk	28
3.4.1	Kaedah agihan momen	28
3.4.2	Rekabentuk tetulang utama	29
3.4.3	Rekabentuk tetulang ricih	30

BAB 4: PEMODELAN MENGGUNAKAN STAAD-III

4.1	Pengenalan	35
4.2	Pemodelan dengan menggunakan STAAD – III	36
4.2.1	Pemodelan secara grafik	37
4.2.2	Beban	40
4.3	Analisis struktur	44
4.4	Rekabentuk melalui STAAD – III	45

BAB 5: KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

5.1	Pengenalan	46
5.2	Keputusan analisis momen dan daya ricih	47
5.3	Keputusan bagi luas keratan rentas serta saiz tetulang	51
5.4	Analisis kos struktur utama bangunan	55
5.5	Perbincangan	57
5.5.1	Perbandingan keputusan momen lentur dan daya Ricih	58
5.5.2	Perbandingan luas keratan rentas tetulang utama	61
5.5.3	Analisis kos struktur utama.	61
5.6	Kelebihan dan kelemahan STAAD – III	61

BAB 6: KESIMPULAN

6.1	Kesimpulan	63
6.2	Cadangan serta kajian lanjut	64
	RUJUKAN	65

LAMPIRAN A: ANALISIS DAN REKABENTUK PAPAK

LAMPIRAN B: ANALISIS DAN REKABENTUK RASUK

LAMPIRAN C: INPUT FAIL DAN OUTPUT FAIL (STAAD-III)

**LAMPIRAN D: GAMBARAJAH MOMEN LENTUR DAN DAYA RICIH
(MANUAL)**

**LAMPIRAN E: GAMBARAJAH MOMEN LENTUR DAN DAYA RICIH
(STAAD-III)**

LAMPIRAN F: PELAN ARKITEK DAN PELAN STRUKTUR

SENARAI SIMBOL

A_s	luas keratan rentas tetulang utama
A_{sv}	luas keratan rentas tetulang ricih
β_c	pekali momen bagi rentang pendek papak
β_y	pekali momen bagi rentang panjang papak
b	lebar keratan
b_v	lebar web ataupun rasuk
d	kedalaman berkesan bagi tetulang tegangan
E	modulus kenjalan
F	beban muktamad
f_{cu}	kekuatan ciri konkrit
f_s	tegasan kerja keluli
f_y	kekuatan ciri tetulang utama
f_{yv}	kekuatan ciri tetulang ricih
G	modulus ricih
h	kedalaman keseluruhan keratan dalam satah lenturan
I	momen kedua luas
L	panjang keseluruhan
l_x	rentang pendek papak
l_y	rentang panjang papak
M	momen lentur
m_{sx}	momen maksimum seunit lebar papak dalam arah rentangan l_x
m_{sy}	momen maksimum seunit lebar papak dalam arah rentangan l_y
n	beban muktamad seunit luas
s_v	jarak antara perakap
V	daya ricih
v	tegasan ricih
v_c	tegasan ricih konkrit
γ_m	faktor keselamatan separa untuk kekuatan bahan
W	beban teragih seraga
Z	lengan tuil

SENARAI JADUAL

Muka surat

Jadual 2.1	Kekuatan konkrit (BS 5328 Part 1 1990, Jadual 9)	15
Jadual 2.2	Kekuatan tetulang (BS 8110 Part 1 1985 Table 3.1)	16
Jadual 3.1	Berat beberapa jenis atap (Zakaria , 2001)	22
Jadual 3.2	Beban kenaan atas bumbung tanpa laluan (kecuali penyelenggaraan) (Zakaria, 2001).	22
Jadual 3.3	Nilai tipikal beban yang diambil kira dalam rekabentuk.	23
Jadual 5.1	Perbandingan keputusan bagi momen di penyokong dan tengah rentang serta daya ricih untuk rasuk aras bumbung	48
Jadual 5.2	Perbandingan keputusan bagi momen di penyokong dan tengah rentang serta daya ricih untuk rasuk aras satu	49
Jadual 5.3	Perbandingan keputusan bagi momen di penyokong dan tengah rentang serta daya ricih untuk rasuk aras bawah	50
Jadual 5.4	Perbandingan keputusan luas keratan rentas yang diperlukan serta saiz tetulang yang dibekalkan untuk rasuk aras bumbung.	52
Jadual 5.5	Perbandingan keputusan luas keratan rentas yang diperlukan serta saiz tetulang yang dibekalkan untuk rasuk aras satu	53
Jadual 5.6	Perbandingan keputusan luas keratan rentas yang diperlukan serta saiz tetulang yang dibekalkan untuk rasuk aras bawah.	54

Jadual 5.7	Harga besi (bar) dan konkrit daripada syarikat kontraktor dan perunding.	55
Jadual 5.8	Jumlah kos bagi struktur utama bangunan	56
Jadual 5.9	Purata peratus perbezaan (%) momen dan daya ricih mengikut Aras	57
Jadual 5.10	Purata peratus perbezaan (%) luas keratan tetulang yang diperlukan	57

SENARAI GAMBARAJAH

		Muka surat
Gambarajah 1.1	Carta aliran projek	5
Gambarajah 1.2	Pelan lokasi bagi tapak projek	6
Gambarajah 1.3	(a) Bentangan struktur rasuk untuk aras bawah	7
	(b) Bentangan struktur rasuk untuk aras satu	
	(c) Bentangan struktur rasuk untuk aras bumbung	
Gambarajah 1.4	(a) – (h) Turutan proses pembinaan di tapak bina	10
Gambarajah 2.1	Momen daripada STAAD-III	19
Gambarajah 2.2	Momen hasil pengiraan manual	19
Gambarajah 3.1	(a) Arah agihan beban untuk papak satu hala	24
	(b) Arah agihan beban untuk papak dua hala.	
Gambarajah 3.2	(a) Gambarajah daya rincih rasuk kritikal – 1B12B	29
	(b) Gambarajah momen lentur rasuk kritikal – 1B12B	
Gambarajah 4.1	Menu untuk menentukan jenis struktur serta unit yang digunakan	36
Gambarajah 4.2	‘Stick Diagram’ yang dijanakan oleh STAAD – III.	38
Gambarajah 4.3	Rasuk dan tiang bagi struktur bangunan pejabat dua tingkat dalam bentuk tiga dimensi	38
Gambarajah 4.4	Keratan rentas rasuk	39
Gambarajah 4.5	Menu untuk input beban	40
Gambarajah 4.5	(a) Bentangan kedudukan papak aras bawah.	42
	(b) Bentangan kedudukan papak aras satu.	

Gambarajah 4.7	Contoh masukan data atau nilai beban dalam STAAD – III.	43
Gambarajah 4.8	(a) Gambarajah momen lentur rasuk – GB12 (b) Gambarajah daya ricih rasuk – GB1	44
Gambarajah 5.1	(a) Perbezaan nilai momen lentur pada rasuk 1B17 (b) Perbezaan nilai daya ricih pada rasuk 1B17	58
Gambarajah 5.2	(a) Momen lentur bagi analisis secara manual (b) Momen lentur bagi analisis menggunakan STAAD -III	59
Gambarajah 5.3	Agihan beban mengikut sifat sebenar papak	60

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Penggunaan komputer dan perisian semakin luas diaplikasikan dalam pelbagai lapangan termasuklah bidang kejuruteraan. Kewujudan pelbagai perisian komputer yang terdapat di pasaran seperti STAAD-III, S-Frame, Esteem dan sebagainya memberi alternatif kepada para jurutera dalam mempelbagaikan kaedah semasa menjalankan kerja-kerja merekabentuk. Rekabentuk dengan menggunakan perisian komputer adalah lebih mudah dan menjimatkan masa terutamanya untuk rekabentuk struktur bangunan yang kompleks. Rekabentuk secara manual melibatkan proses pengiraan yang rumit dan boleh menyebabkan berlakunya kesilapan. Namun dengan menggunakan perisian komputer sebarang kesilapan yang dilakukan semasa merekabentuk boleh dikesan dengan mudah dan pembetulan dapat dilakukan dengan segera. Walau bagaimanapun, keberkesanan sesuatu perisian itu perlu dikaji sama ada ianya efektif dan selamat untuk diaplikasikan. Oleh itu, dalam kajian ini perisian STAAD – III dipilih untuk merekabentuk bangunan struktur konkrit pejabat dua tingkat, di mana output yang diperolehi akan dibandingkan secara relatif dengan keputusan rekabentuk secara manual.

1.2 Objektif kajian

Secara umumnya terdapat tiga objektif utama dalam menjalankan kajian ini, iaitu:

- a) Mengkaji kesesuaian dan keberkesanannya penggunaan STAAD-III dalam merekabentuk sesebuah bangunan.
- b) Mendapatkan perbandingan di antara rekabentuk menggunakan STAAD-III dengan rekabentuk secara manual bagi momen lentur, daya rincih, saiz serta luas keratan tetulang yang diperlukan.
- c) Menentukan kos bagi struktur utama bangunan.

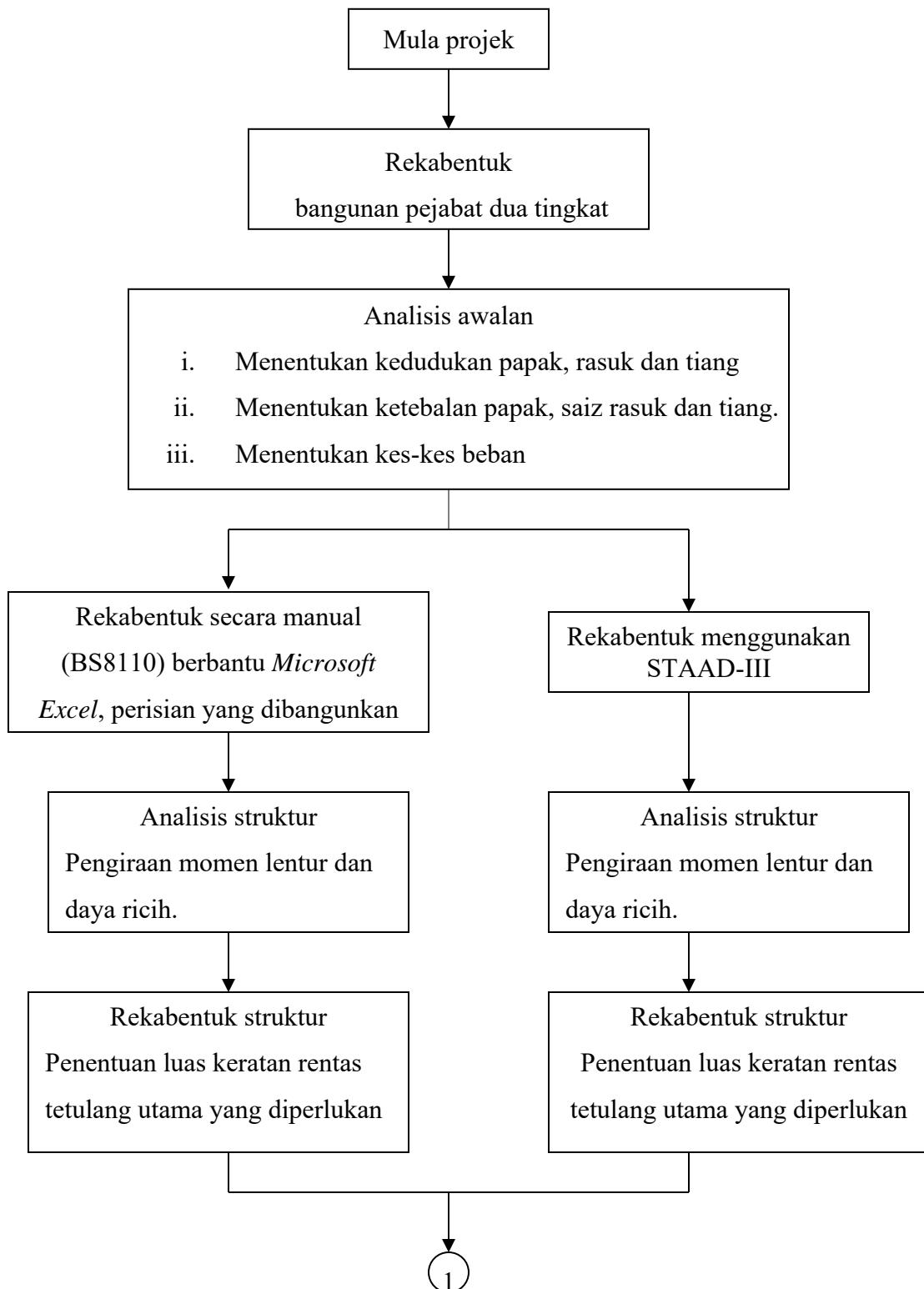
1.3 Skop Projek

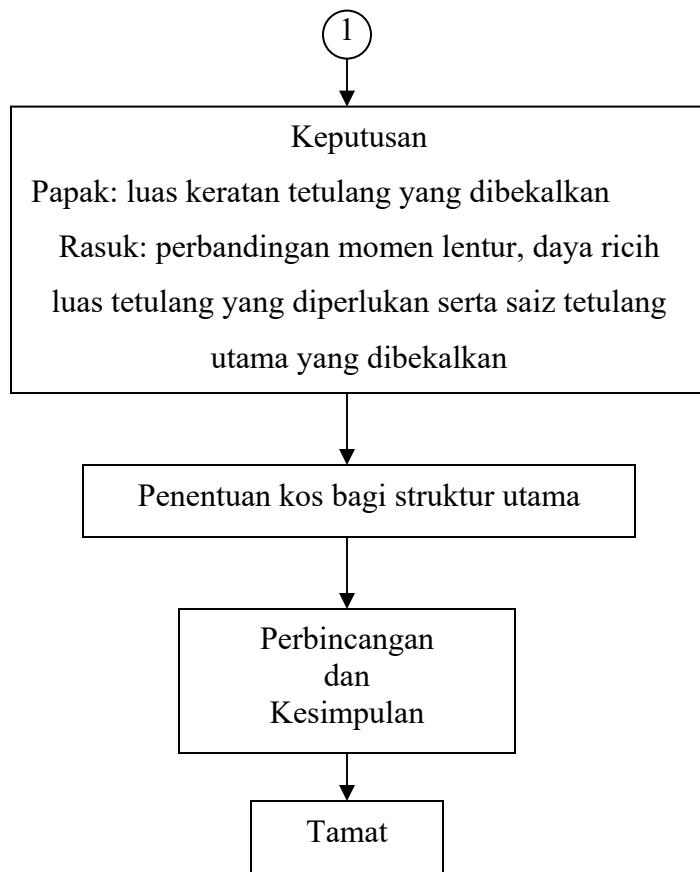
Berikut merupakan beberapa skop projek yang difokuskan dalam kajian yang dilakukan, iaitu:

- a) Merekabentuk struktur bangunan pejabat dua tingkat dengan pengiraan secara manual berdasarkan kod BS8110.
- b) Merekabentuk struktur bangunan pejabat dua tingkat dengan menggunakan perisian STAAD-III.
- c) Menentukan perbezaan di antara analisis menggunakan STAAD-III dengan analisis secara manual.
- d) Membandingkan keputusan serta output yang diperolehi daripada perisian STAAD-III dengan pengiraan secara manual.
- e) Mengenalpasti kelebihan dan kelemahan perisian STAAD-III.
- f) Menjalankan analisis kos bagi struktur utama.

1.4 Carta aliran projek

Proses merekabentuk struktur bangunan pejabat dua tingkat dimulakan dengan mengkaji pelan arkitek. Pada peringkat ini, analisis awal dilakukan untuk menentukan kedudukan serta saiz yang sesuai untuk papak, rasuk dan tiang. Semua perincian yang terdapat pada lukisan arkitek diteliti supaya tidak berlaku sebarang kesilapan semasa proses merekabentuk. Setelah itu, kes-kes beban yang terlibat ditentukan sebelum menjalankan analisis. Analisis yang dijalankan, dibahagikan kepada dua kaedah iaitu dengan menggunakan perisian STAAD – III dan juga secara manual. Analisis secara manual menggunakan kaedah agihan momen untuk mendapatkan nilai momen lentur dan juga daya ricih. Dalam perisian STAAD – III, bentuk geometri struktur bangunan dimodelkan diikuti dengan masukan input beban. Peringkat yang seterusnya ialah menjalankan proses rekabentuk untuk mendapatkan luas keratan rentas tetulang utama yang diperlukan serta saiz tetulang yang dibekalkan. Rekabentuk yang dijalankan adalah menggunakan kod piawaian BS8110 untuk kedua-dua kaedah sama ada rekabentuk secara manual mahupun menggunakan STAAD – III. Daripada keputusan yang diperolehi, perbandingan dilakukan terhadap nilai momen lentur, daya ricih dan juga luas keratan tetulang yang diperlukan serta saiz tetulang yang dibekalkan. Seterusnya kos bagi struktur utama bangunan ditentukan berdasarkan maklumat isipadu konkrit serta berat tetulang yang diperolehi melalui STAAD – III serta maklumat harga bahan binaan yang diperolehi daripada beberapa syarikat perunding dan juga kontraktor. Gambarajah 1.1 menunjukkan ringkasan proses yang terlibat dalam rekabentuk struktur bangunan pejabat dua tingkat.

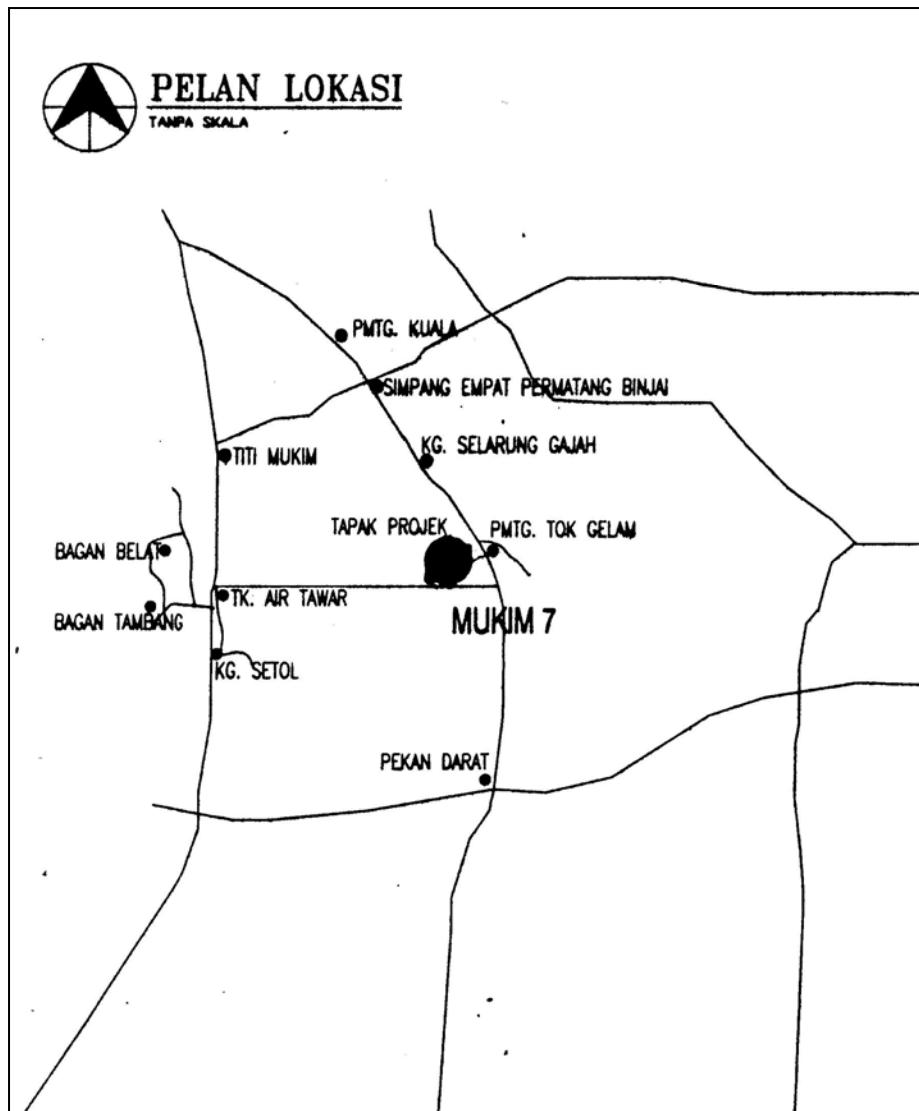




Gambarajah 1.1: Carta aliran projek

1.5 Pemerihalan struktur bangunan

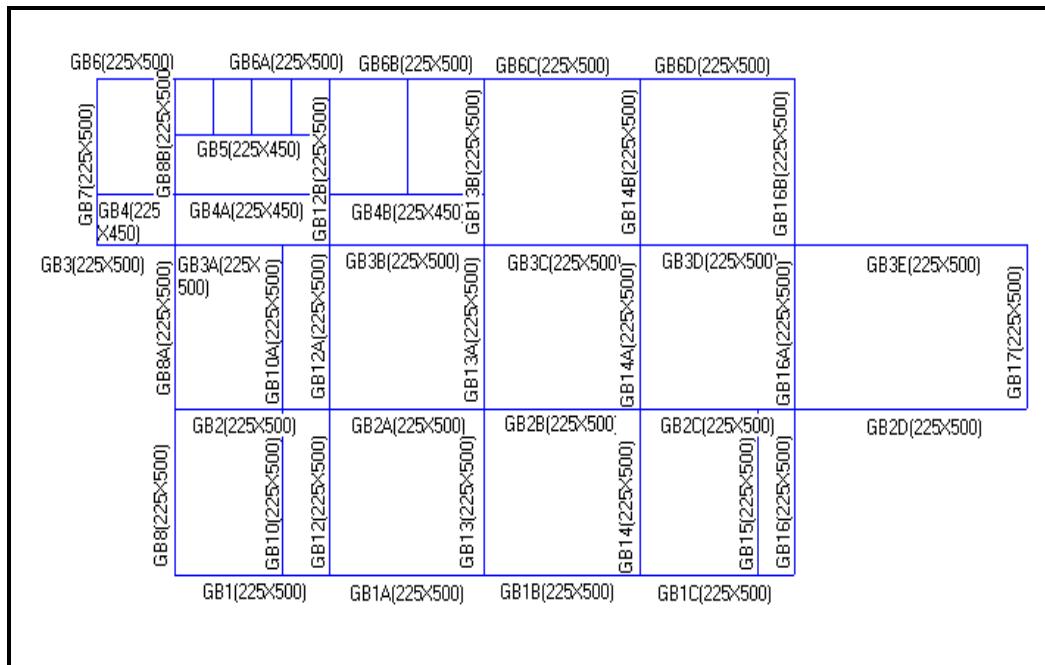
Struktur yang dimodelkan merupakan sebuah bangunan pejabat dua tingkat yang merupakan bangunan pentadbiran bagi Pusat Darul Hidayah yang terletak di Permatang Tok Gelam, Seberang Perai Utara, Pulau Pinang. Pelan lokasi bagi tapak projek ditunjukkan dalam Gambarajah 1.2.



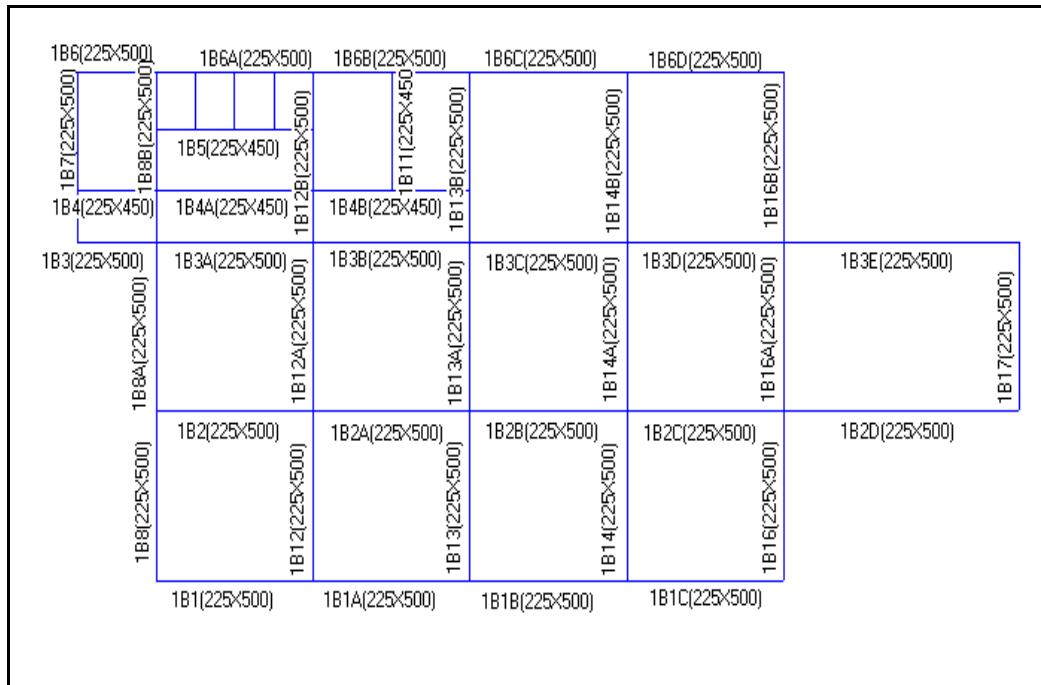
Gambarajah 1.2: Pelan lokasi bagi tapak projek

Rekabentuk yang dijalankan dalam kajian ini terdiri daripada rekabentuk struktur utama. Bangunan yang dimodelkan terdiri daripada tiga aras utama iaitu, aras bawah, aras pertama dan juga aras bumbung. Unit di aras bawah terdiri daripada sebuah ruang pejabat, ruang legar, bilik air perempuan, bilik suis, pantry, 2 buah bilik serta anjung. Manakala di aras satu terdapat sebuah bilik syarahan, ruang legar, bilik air lelaki, bilik suis, pantry, perpustakaan dan 2 buah kelas.

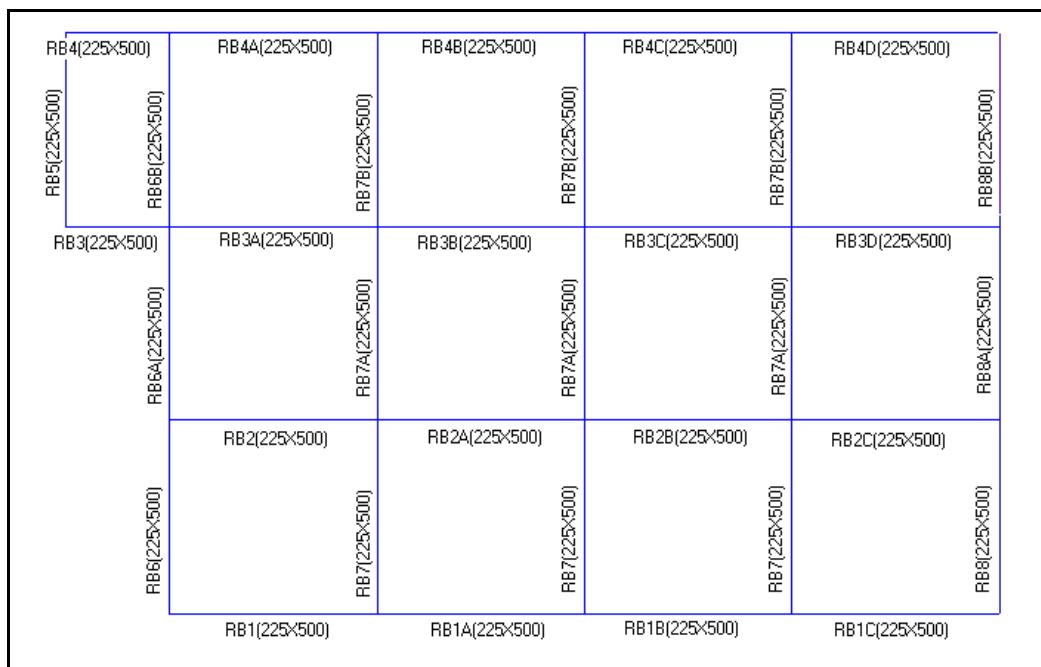
Sebelum rekabentuk sesebuah bangunan dijalankan, sebuah pelan struktur yang mengandungi lukisan bagi kedudukan papak, rasuk dan tiang dihasilkan. Kedudukan setiap elemen struktur ini ditentukan berdasarkan beberapa faktor seperti keselamatan, kebolehlaksanaan, nilai-nilai estetik serta ekonomi. Selain itu, maklumat mengenai saiz rasuk dan ketebalan papak juga boleh didapati dalam pelan struktur. Gambarajah 1.3 menunjukkan kedudukan serta saiz rasuk yang digunakan dalam rekabentuk bangunan pejabat dua tingkat.



Gambarajah 1.3: (a) Bentangan struktur rasuk untuk aras bawah



Gambarajah 1.3: (b) Bentangan struktur rasuk untuk aras satu



Gambarajah 1.3: (c) Bentangan struktur rasuk untuk aras bumbung

1.6 Kriteria rekabentuk

Bangunan pejabat yang direkabentuk mempunyai kriteria-kriteria seperti berikut:

- i. Kod rekabentuk : BS 8110: Bahagian 1: 1997
- ii. Faktor keselamatan : Faktor 1.4 dikenakan ke atas beban mati termasuk berat sendiri setiap anggota struktur, manakala faktor 1.6 dikenakan keatas beban hidup.
- iii. Rintangan api : Semua elemen struktur mempunyai ciri rintangan api untuk tempoh satu jam.

Semua Rasuk, papak dan tiang direkabentuk menggunakan konkrit dengan gred 30 serta berketumpatan 24 kN/m^3 . Tetulang utama yang dibekalkan merupakan bar keluli dengan kekuatan $f_y = 460 \text{ N/mm}^2$ manakala perakap yang yang dibekalkan merupakan keluli dengan kekuatan $f_{yw} = 250 \text{ N/mm}^2$. Gambarajah 1.4 menunjukkan turutan gambaran sebenar di tapak bina semasa proses pembinaan sedang dijalankan.



(a) Pemasangan besi untuk rasuk aras
bawah



(b) Kerja-kerja konkrit rasuk aras
bawah



(c) Kerja-kerja pemasangan acuan bagi
struktur tiang telah disiapkan



(d) Kerja-kerja pemasangan acuan bagi
struktur tiang aras satu



(e) Kerja-kerja pemasangan acuan bagi struktur tiang aras satu telah disiapkan



(f) Kerja-kerja penyusunan bata sedang dijalankan



(g) Kerja-kerja penyusunan bata telah disiapkan



(h) Struktur bangunan yang telah hampir siap

Gambarajah 1.4: (a) – (h) Turutan proses pembinaan di tapak bina.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Perkembangan yang pesat dalam penggunaan perisian komputer untuk tujuan rekabentuk, telah memberi faedah yang maksimum kepada para jurutera. Keadaan ini boleh dinilai menerusi peningkatan yang ditunjukkan dalam rekabentuk struktur masa kini. Walau bagaimanapun, faktor keselamatan dan kebolehkhidmatan yang tinggi merupakan asas utama dalam rekabentuk struktur selain penggunaan kos yang optimum (Gallagher et al., 1973). Terdapat pelbagai alternatif yang perlu dikaji dan dipertimbangkan oleh jurutera struktur sama ada dari segi perisian mahupun bahan yang digunakan dalam rekabentuk sesebuah bangunan.

Perisian seperti *STAAD-III* dan *S-Frame* adalah antara contoh perisian yang terdapat di pasaran bagi membantu jurutera awam dalam proses merekabentuk. Namun demikian, penggunaan setiap perisian perlu dikaji untuk memastikan sejauhmana efektifnya perisian tersebut dalam menghasilkan rekabentuk yang selamat, tepat dan ekonomi. Selain itu, pemilihan jenis struktur atau bahan yang digunakan dalam rekabentuk juga penting mengikut kesesuaian bangunan. Sebagai contoh, jika sesuatu elemen struktur yang mempunyai rentang yang panjang melebihi had yang dibenarkan oleh struktur konkrit bertetulang maka, penggunaan struktur keluli atau komposit akan dicadangkan oleh jurutera (Jing, 2001). Struktur konkrit bertetulang telah lama digunakan secara meluas, terutamanya dalam sektor perumahan. Penggunaan struktur konkrit dalam pembinaaan memberikan pelbagai faedah dan kelebihan seperti menjimatkan serta

mempunyai nilai estetik yang tinggi. Antara kelebihan-kelebihan lain adalah (www.sciglobal.com):

- a) Mudah dikerjakan serta tidak memerlukan pekerja-pekerja mahir yang khusus, hanya pekerja-pekerja tempatan diperlukan di setiap peringkat pembinaan dan ini menguntungkan pihak agensi atau kontraktor.
- b) Kos yang berkaitan dengan penjagaan rumah atau binaan yang diperbuat daripada konkrit adalah rendah. Tidak ada bahan pembinaan lain yang dapat memberikan nilai jangka panjang sepertinya.
- c) Konkrit tidak reput dan juga tidak boleh dimakan anai-anai atau lain-lain serangga pemusnah kayu. Ia dapat bertahan daripada bermacam-macam bencana alam semula jadi seperti banjir, ribut taufan, badai, puting beliung dan lain-lain.
- d) Konkrit mempunyai kecantikan semulajadi dan adalah satu bahan yang boleh dicorak dan dibentuk kepada berbagai rekabentuk mengikut imaginasi.
- e) Konkrit juga menjimatkan tenaga, rumah-rumah buatan konkrit memerlukan cuma sedikit sahaja sistem pendingin hawa tambahan.

- f) Teknologi baru yang memakai campuran khas untuk mereka bentuk, termasuk menggunakan bahan-bahan tambah ringan atau bahan-bahan terma yang memberikan kesan penebatan yang sangat baik.

2.2 Rekabentuk struktur konkrit bertetulang

Struktur konkrit bertetulang direkabentuk berdasarkan BS 8110: Part 1: 1997 sebagai rujukan dan panduan mengenai setiap elemen konkrit. Rekabentuk struktur konkrit bertetulang adalah berdasarkan rekabentuk keadaan had. Setiap struktur yang direkabentuk diharapkan mampu berkhidmat sebagaimana tujuan struktur itu dibina dan mestilah dipastikan ia tidak melebihi keadaan had semasa hayatnya (Draycott, 1990). Rekabentuk keadaan had untuk struktur bangunan berpadukan BS 8110: Part 1: 1997 dibahagikan kepada had muktamad dan had khidmat.

2.2.1 Keadaan had muktamad - Apabila keadaan had muktamad tercapai, sebahagian atau kesemua struktur akan gagal atau roboh. Perkara yang dipertimbangkan dalam keadaan had muktamad ialah:

- i. Lenturan
- ii. Ricih
- iii. Tegangan dan mampatan
- iv. Kilasan

2.2.2 Keadaan had khidmat – Apabila keadaan had khidmat tercapai, struktur tidak lagi sesuai digunakan atau tidak dapat memberi khidmat yang memuaskan tetapi struktur belum lagi gagal. Perkara yang dipertimbangkan dalam keadaan had khidmat ialah:

- i. Pesongan
- ii. Keretakan
- iii. Getaran

2.2.3 Kekuatan ciri bahan

BS 8110: Part 1: 1997 menetapkan kriteria bahawa tidak lebih daripada 5% daripada sampel konkrit yang diuji mempunyai kekuatan kurang daripada yang ditetapkan (Draycott, 1990). Senarai kekuatan ciri untuk pelbagai gred konkrit pada hari ke-28 ditunjukkan dalam Jadual 9, BS 5328 : Part 1 : 1990, seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1 dibawah. Manakala kekuatan bagi tulang pula diberikan dalam BS 8110 : Part 1 : 1997, Jadual 3.1, seperti dalam Jadual 2.2 dibawah.

Jadual 2.1 Kekuatan konkrit (BS 5328 : Part 1 : 1990, Jadual 9)

Gred konkrit	Sifat kekuatan mampatan pada 28 hari
C 7.5	7.5
C10	10.0
C12.5	12.5
C15	15.0
C20	20.0
C25	25.0
C30	30.0
C35	35.0
C40	40.0
C45	45.0
C50	50.0
C55	55.0
C60	60.0

Jadual 2.2 Kekuatan tetulang (BS 8110: Part 1: 1997, Table 3.1)

	Kekuatan ciri tertentu, f_y (N/mm 2)
Keluli lembut tergelek panas	250
Keluli alah tinggi (tergelek panas atau kerja sejuk)	460

2.2.4 Ricihan

Masalah bagaimana kegagalan ricih berlaku ke atas struktur konkrit bertetulang belum dapat dikenalpasti dengan jelas walaupun kajian secara meluas telah dijalankan sejak 50 tahun yang lalu. Saiz merupakan salah satu faktor penting berhubungkait dengan kekuatan ricih sesuatu anggota . Terdapat bukti yang kukuh menunjukkan tegasan ricih berkurang dengan peningkatan saiz anggota (Zazaris. et al., 2001). Ketahanan ricih bagi sesuatu anggota struktur perlu diperiksa untuk memastikan sama ada memerlukan tetulang ricih ataupun tidak.

2.2.5 Keretakan

Keretakan pada struktur konkrit bertetulang perlu dikawal bukan sahaja untuk menjaga penampilan sesebuah bangunan malah untuk mengelakkan pengaratan kepada tetulang. Dalam struktur konkrit bertetulang, pelbagai jenis keretakan dikenalpasti termasuklah keretakan dalaman dan keretakan permukaan yang boleh berlaku disebabkan oleh

beberapa faktor yang berbeza (Babu., 1979). Keadaan had khidmat bagi keretakan dinyatakan dengan terperinci dalam BS 8110: Part 1: 1997 dan ianya berkaitan dengan luas tetulang minimum dan had jarak diantara bar.

2.2.6 Rintangan Api

Rintangan api terhadap anggota konkrit bertetulang bergantung kepada penutup tetulang, jenis aggregat yang digunakan dan saiz minimum bagi setiap anggota. Penutup nominal yang dibekalkan untuk mengelakkan kakisan kadangkala tidak mencukupi untuk rintangan api. Oleh itu, rekabentuk mesti merujuk kepada BS 8110 Part 1 Jadual 3.5 dan Rajah 3.2 untuk penutup dan dimensi minimum bagi anggota yang memenuhi syarat rintangan api.

2.3 Kajian-kajian lepas

Pelbagai kajian melibatkan penggunaan STAAD-III telah dijalankan sebelum ini, termasuklah rekabentuk konkrit kerangka satu ruang dengan menggunakan STAAD-III oleh Lim (1998). Objektif utama kajian adalah untuk menentukan kesan perubahan beban kenaan ataupun cara penyusunan beban ke atas konkrit kerangka satu ruang dari segi analisis agihan momen lentur dan daya ricih. Selain itu, kesan perubahan penutup konkrit bertetulang terhadap konkrit kerangka satu ruang dari segi kekuatan momen, daya ricih dan pesongan dengan menggunakan perisian STAAD-III dan rekabentuk secara manual juga turut dikaji. Perbandingan dibuat dari segi perubahan beban ataupun cara penyusunan beban yang terdiri daripada beban tumpu dan teragih seragam. Setiap kerangka struktur yang direkabentuk mempunyai rentang yang sama panjang, manakala setiap rentang mewakili satu kes beban sahaja. Berbeza dengan kajian yang melibatkan rekabentuk bangunan pejabat dua tingkat ini, elemen struktur yang direkabentuk mempunyai saiz serta panjang rentang yang berbeza. Malah setiap anggota struktur menanggung gabungan daripada beberapa jenis beban.

Penggunaan struktur konkrit bertetulang biasanya digunakan secara meluas dalam sektor perumahan terutamanya rekabentuk rumah kediaman. Oleh itu, Isa (1999) dalam kajianya telah merekabentuk rumah teres satu tingkat menggunakan perisian STAAD-III menggunakan perisian STAAD-III dan pengiraan manual. Keputusan yang diperolehi menunjukkan perbandingan di antara daya ricih, momen lentur, pesongan dan luas keratan tetulang menunjukkan perbezaan yang tidak begitu ketara. Selain itu, momen maksimum hasil pengiraan secara manual lebih besar berbanding nilai yang dihasilkan oleh STAAD-III. Walau bagaimanapun, rekabentuk untuk sesuatu struktur bangunan

adalah berbeza mengikut kegunaannya. Salah satu daripada perbezaannya ialah beban kenaan yang dikenakan adalah mengikut fungsi serta kegunaan sesebuah ruang. Rekabentuk sebuah bangunan pejabat dua tingkat adalah berbeza dengan rekabentuk rumah teres satu tingkat disebabkan oleh fungsi serta kedudukan anggota struktur yang berbeza.

Selain itu, sebuah lagi kajian mengenai rekabentuk struktur keluli kerangka portal bangunan industri dengan STAAD-III dan pengiraan manual berdasarkan BS5950 telah dijalankan oleh Stephen (1999). Kajian merangkumi rekabentuk secara manual dengan menggunakan tiga jenis kod piawaian yang berlainan iaitu BS 449: 1969, BS 5990 dan CP 117 serta perbandingan dengan rekabentuk menggunakan STAAD-III. Penentuan kos terhadap struktur utama keluli kerangka portal turut dijalankan. Walau bagaimanapun dalam kajian melibatkan rekabentuk bangunan pejabat dua tingkat, penentuan kos adalah berdasarkan struktur utama konkrit bertetulang.

BAB 3

REKABENTUK SECARA MANUAL (BS 8110)

3.1 Pengenalan

Sebelum sesuatu rekabentuk dijalankan kajian yang menyeluruh perlu dilakukan untuk memastikan struktur yang direkabentuk mampu menanggung beban yang dikenakan keatasnya. Ini penting bagi menentukan keselamatan dan ketahanan sesuatu struktur itu. Rekabentuk dijalankan dengan melakukan analisis awalan untuk menentukan kedudukan serta saiz anggota struktur seperti rasuk dan tiang. Proses merekabentuk sesuatu bangunan boleh dibahagikan kepada dua peringkat iaitu:

- i. Analisis Struktur
- ii. Rekabentuk Struktur

Analisis struktur dilakukan untuk mengetahui daya yang bertindak ke atas bahagian struktur. Daya yang biasa digunakan ialah momen dan daya ricih. Proses ini melibatkan pengiraan dan penggunaan formula-formula tertentu yang akan diterangkan dalam bahagian seterusnya. Manakala rekabentuk struktur ialah proses kedua setelah daya-daya diperolehi dari analisis struktur. Peringkat ini melibatkan pemilihan saiz-saiz elemen struktur serta pengiraan tetulang bagi kes struktur konkrit bertetulang. Rekabentuk yang dijalankan adalah berpandukan kod amalan yang diperakukan (BS 8110: Part 1: 1997).

Di dalam sesebuah struktur, komponen-komponen yang membentuk untuk menjadi sebuah bangunan adalah terdiri dari kerangka bumbung, rasuk, tiang, papak dan asas. Faktor-faktor seperti beban, faktor keselamatan komponen-komponen struktur dan

daya yang bertindak keatas struktur perlu diambil kira semasa penyediaan dan pengiraan rekabentuk. Ketepatan rekabentuk untuk setiap anggota bergantung kepada proses penentuan nilai beban yang tepat.

3.2 Beban

Beban yang dikenakan pada sebuah bangunan biasanya dalam bentuk statik dan dari berbagai sumber seperti beban bumbung, beban kemasan, beban dinding, beban kenaan ataupun beban hidup serta berat sendiri elemen struktur. Untuk tujuan rekabentuk beban secara umumnya dibahagikan kepada beberapa jenis iaitu :

- i) Beban Mati (*Dead Loads*)
- ii) Beban Hidup (*Impose Loads*)

Beban Mati

Beban mati merupakan beban yang tidak berubah seperti berat struktur sendiri atau bahagian struktur yang tidak boleh dipisahkan daripada struktur utama. Beban mati dalam sebuah bangunan adalah faktor yang penting dalam rekabentuk struktur dan juga dianggap sebagai beban sedia ada.

Beban Hidup

Beban hidup ditakrifkan sebagai beban yang dianggap tidak tetap dan berubah-ubah bergantung kepada masa dan kegunaan ruang yang direkabentuk. Disebabkan penggunaan ruang-ruang adalah berbeza-beza, maka penentuan beban tersebut adalah lebih sukar. Piawaian yang digunakan untuk menetukan beban hidup ialah piawaian BS 6399: Part 1:

1996 - *British Standard Design Loading for Building Part 1 Code of Practice for Dead and Imposed Load*. Jadual 3.1 dibawah menunjukkan berat beberapa jenis atap manakala Jadual 3.2 menyenaraikan beban kenaan yang dikenakan di dalam penentuan beban untuk struktur bumbung.

Jadual 3.1: Berat beberapa jenis atap (Zakaria, 2001)

Jenis Atap	Berat kN/m ² (mengikut cerun)
Genting	
a)Terra-cotta (bentuk perancis)	0.58
b)Konkrit.	0.53
c)Redland (berbagai-bagai jenis)	0.46 – 0.59
Kepingan simen asbestos (rata dan berombak – 6.4mm tebal)	0.16
Kepingan logam berombak (berbagai-bagai jenis, bentuk dan tebal)	0.04 – 0.10

Jadual 3.2: Beban kenaan atas bumbung tanpa laluan (kecuali penyelenggaraan) (Zakaria, 2001)

Cerun bumbung	Beban teragih (mengikut luas Pelan)	Beban tumpu (mengikut pelan)
0° - 30°	0.25 kN/m ²	0.90 atas segiempat sama, berukuran sisi 300mm.
30° - 75°	Nilai tentu antara linear antara 0.25kN/m ² untuk 30° dan 0 untuk 75°	

Semasa menjalankan rekabentuk untuk bangunan pejabat dua tingkat, beberapa jenis beban telah dipertimbangkan. Rumusan nilai beban yang diambil kira dalam rekabentuk ditunjukkan dalam Jadual 3.3.

Jadual 3.3 : Nilai tipikal beban yang diambil kira dalam rekabentuk.

No	Jenis Beban	Nilai Tipikal
1	Beban bumbung <ul style="list-style-type: none"> i. Kekuda bumbung ii. Bumbung (roof tile) iii. Beban hidup 	0.5 kN/m ² 0.5 kN/m ² 0.25 kN/m ² (Tanpa laluan kecuali untuk penyelenggaraan)
2	Beban kemasan	1.5 kN/m ²
3	Beban dinding	9.36 kN/m
4	Beban hidup papak	2.5 kN/m ²

*Beban dinding diperolehi dengan kaedah seperti berikut:

$$\text{Berat batu-bata} = 22.6 \text{ N/m}^2/\text{mm}$$

$$\text{Tebal dinding} = 115 \text{ mm}$$

$$\text{Ketinggian setiap aras} = 3.6 \text{ m}$$

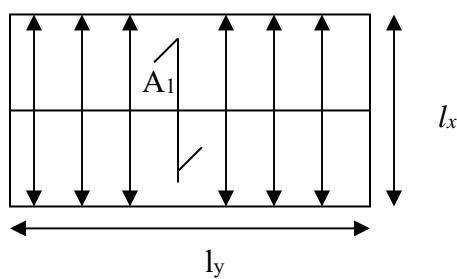
$$\text{Beban dinding} = (115 \times 22.6 \times 3.6)/10$$

$$= 9.36 \text{ kN/m}$$

Kaedah pemindahan beban

Kaedah pemindahan beban bagi papak satu hala dan papak dua hala telah diringkaskan seperti dalam Gambarajah 3.1:

(a)

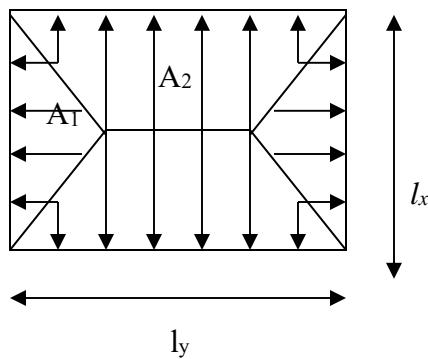


$$\text{Papak sehala} = \frac{l_y}{l_x} > 2$$

$$A_1 = \frac{l_y l_x \times n}{2}$$

$$n = kN/m$$

(b)



$$\text{Papak dua hala} = \frac{l_y}{l_x} \leq 2$$

$$A_1 = \frac{1}{2} l_x \times \frac{1}{2} l_x = l_x^2 / 4$$

Beban keatas rasuk

$$A_1 = \frac{n l_x^2}{4}$$

$$A_2 = \frac{l_y l_x}{2} - \frac{l_x^2}{4}$$

Beban keatas rasuk

$$A_2 = n \left| \frac{l_y l_x - l_x^2}{2} \right|$$

Gambarajah 3.1: (a) Arah agihan beban untuk papak satu hala

(b) Arah agihan beban untuk papak dua hala