

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS ◆

JUDUL: ANALISIS DAN REKABENTUK PUNTIRAN UNTUK KONKRIT
BERTETULANG BERDASARKAN EUROCODE 2
MENGGUNAKAN VISUAL BASIC 6.0

Saya MOHAMMAD ZULHILMI BIN SANI
 (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (PSM/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. ** Sila tanda (✓)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat terhad yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan.

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

 (TANDATANGAN PENULIS)

 (TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat tetap:

LOT 300, PIASAU UTARA,
98000, MIRI,
SARAWAK.

EN ROSLI ANANG

Nama Penyelia

Tarikh: **MEI 2009**

Tarikh: **MEI 2009**

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa / organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT atau TERHAD.

◆ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM)

“Saya akui bahawa telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam”

Tandatangan:

Nama Penyelia: EN. ROSLI ANANG

Tarikh:

ANALISIS DAN REKABENTUK PUNTIRAN UNTUK KONKRIT
BERTETULANG BERDASARKAN EUROCODE 2 MENGGUNAKAN VISUAL
BASIC 6.0

MOHAMMAD ZULHILMI SANI

Laporan dikemukakan sebagai memenuhi
sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam

Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

MEI 2009

“Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap – tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”.

Tandatangan :
Nama penulis : MOHAMMAD ZULHILMI SANI
Tarikh :

Untuk ibu bapa tersayang
serta rakan-rakan seperjuangan

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanya bagi ALLAH Tuhan pemilik segala ilmu dan kebijaksanaan kerana dengan limpah kurniaanNya, laporan Projek Sarjana Muda(PSM) berjaya disiapkan dan disempurnakan dengan jayanya.

Penulis ingin merakamkan jutaan terima kasih terutamanya kepada penyelia projek, En Rosli bin Anang di atas bimbingan dan nasihat yang diberikan sepanjang pelaksanaan projek ini.

Penghargaan juga diberikan kepada Ir. Salleh Yasin di atas cadangan-cadangan yang diberikan ketika penyelidikan dijalankan. Jutaan terima kasih diberikan kepada ibu bapa serta ahli keluarga di atas doa serta bimbingan dan juga tidak lupa kepada rakan-rakan yang memberi nasihat serta dorongan untuk menyiapkan projek ini.

Sekian,

ABSTRAK

Penggunaan aplikasi komputer untuk analisis dan reka bentuk konkrit merupakan satu aspek yang penting untuk mengurangkan masa dan memberikan keputusan yang tepat. Ini menyebabkan terdapat permintaan untuk membangunkan program analisis dan reka bentuk di dalam bidang kejuruteraan. Terdapat pelbagai kaedah untuk menganalisis dan reka bentuk yang digunakan oleh jurutera struktur antaranya adalah *British Standard (BS)*, *American Concrete Institute (ACI)* dan *Eurocode*. Setiap aplikasi di dalam pasaran mengambil beberapa kaedah analisis dan reka bentuk yang kebanyakannya daripada *BS* dan *ACI*. *Analisis dan Reka bentuk Tetulang Puntiran* merupakan satu contoh program yang dibangunkan menggunakan aturcara *Visual Basic* yang berkebolehan mereka bentuk tetulang puntiran untuk rasuk konkrit berdasarkan *Eurocode 2 (EC2)*. Penggunaan program ini membolehkan pengguna membiasakan diri dengan *EC2* yang akan menggantikan *BS 8110* pada masa hadapan. Beberapa kes telah diambil kira dan disemak. Setelah proses semakan didapati memuaskan, maka kajian parameter dilaksanakan. Kajian parameter akan membantu pengguna di dalam pemilihan keratan paling ekonomi. Daripada projek ini, kesimpulan yang boleh diberikan adalah program ini berdaya maju dan tepat di mana akan mengurangkan bebanan pengguna untuk mereka bentuk tetulang puntiran untuk rasuk konkrit.

ABSTRACT

Computer application in analysis and design of reinforced concrete is important to reduce the design time and give the accurate results. This demands the need of software development for analysis and design in the engineering field. There are many techniques of designing and analysis that used by structural engineers from all over the world such as British Standard(BS), American Concrete Institute(ACI) and Eurocode. Each software in the market adopted several ways to design and analysis which is mostly using BS and ACI techniques. *Analisis dan Reka bentuk Tetulang Puntiran* is one of the example, developed using Visual Basic programming language, capable to design torsion reinforcement for concrete beam based on *Eurocode 2*(EC 2). By using the application, the designer will be familiarizes with EC 2 which might replaced BS 8110 in the near future. Several cases have been considered and validated. Upon a satisfactory validation process, a parametric study is carried out. This parametric study will help the designer in selection of the most economical section. From this study, it is concluded that this application is a viable and accurate locally produce software that will ease designer in designing torsion reinforcement for concrete beam.

SENARAI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	
HALAMAN		
	PENGESAHAN STATUS TESIS	
	PENGAKUAN PENYELIA	
	JUDUL	
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	SENARAI KANDUNGAN	vii
	SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	ix
	SENARAI LAMPIRAN	x
Bab 1	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Kenyataan Masalah	2
	1.3 Objektif Kajian	2
	1.4 Skop Projek	3
Bab 2	Kajian Literatur	
	2.0 2.1 Pengenalan	4
	2.2 Puntiran	5

2.2.1	Puntiran Dalam Struktur Konkrit	5
2.2.1.1	Beban Rasuk Tidak Simetri	5
2.2.1.2	Ketidakstabilan Puntiran	6
2.2.1.3	Puntiran Sebagai Elemen Penting	6
2.2.2	Puntiran Dalam Elemen Konkrit	9
2.2.2.1	Puntiran Dalam Elemen Elastik	9
2.2.2.2	Puntiran Dalam Elemen Plastik	11
2.2.3	Teori Puntiran Untuk Konkrit Bertetulang	11
2.2.3.1	Tetulang Memanjang	11
2.2.3.2	Keratan Segi Empat Dan Berbentuk T	12
2.3	<i>Eurocode 2</i> : Reka Bentuk Struktur Konkrit (EC2)	15
2.3.1	Pengenalan	15
2.3.2	Analisis Keratan Yang Dipengaruhi Oleh Momen Puntiran	16
2.3.3	Puntiran Untuk Bentuk Kompleks	20
Bab 3	Metodologi	
3.1	Pengenalan	22
3.2	Microsoft Visual Basic 6.0	22
3.2.1	Reka bentuk tetulang puntiran berdasarkan <i>Eurocode 2(EC2)</i>	25
Bab 4	Keputusan Dan Perbincangan	
4.1	Pengenalan	30
4.2	Semakan Terhadap Program	30
4.3	Perbandingan pengiraan melalui kaedah insani dengan program	37
4.4	Analisis momen puntiran untuk pelbagai jenis keratan	37
Bab 5	Kesimpulan Dan Cadangan	
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Cadangan	41
Rujukan		43

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

V_{Ed}	-	nilai untuk rekabentuk daya ricih
$V_{Rd,max}$	-	kekuatan musnah topang diagonal konkrit
θ	-	sudut topang diagonal
f_{ck}	-	kekuatan ciri konkrit
b_w	-	lebar web
A_{sw}	-	Luas keratan untuk perangkai
s	-	jarak antara perangkai
f_{yk}	-	kekuatan ciri tetulang
V_{min}	-	daya ricih minimum
ΔF_{td}	-	daya tegangan tambahan longitud
A	-	luas keratan konkrit
u_k	-	perimeter garis pusat keratan berongga
b	-	lebar keratan konkrit
h	-	kedalaman keratan konkrit
A_k	-	luas dalam garis pusat keratan berongga
$T_{Rd,max}$	-	momen puntiran maksimum
T_{Ed}	-	momen puntiran muktamad
t_{ef}	-	ketebalan keratan berongga efektif

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN HALAMAN	TAJUK
A1	Kod Untuk Atur cara Laman Utama
A2	Kod untuk Atur cara Laman Reka bentuk
A3	Kod Untuk Atur cara Laman Semakan 1
A4	Kod Untuk Atur cara Laman Pemilihan Bar dan Perangkai
A5	Kod Untuk Atur cara Laman Semakan 2
A6	Kod Untuk Atur cara Laman Menu Analisis
A7	Kod Untuk Atur cara Laman Analisis Keratan I, L dan T
A10	Kod untuk Modul
B1	Paparan Laman Utama
B2	Paparan Laman Reka bentuk Puntiran
B3	Paparan Menu Analisis Keratan

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Analisis reka bentuk struktur merupakan satu elemen yang penting dalam kejuruteraan awam. Pelbagai teknik analisis reka bentuk struktur telah dipraktikkan oleh jurutera seperti analisis menggunakan *British Standard(BS)*¹, *American Concrete Institute(ACI)* dan yang terbaru *Eurocode*². Teknik analisis sekarang semakin berkembang selaras dengan arus pemodenan struktur yang dibina sekarang. Struktur yang dibina sekarang adalah lebih kompleks dari segi reka bentuknya jika dibandingkan pada zaman dahulu diikuti juga penggunaan bahan binaan yang baru.

Puntiran merupakan salah satu elemen yang terdapat dalam sesuatu struktur. Puntiran wujud di dalam pembinaan konkrit monolitik yang dituang di tapak binaan. Puntiran terhasil di dalam tiang dan rasuk dalam keadaan tertentu. Sebagai contoh, puntiran terhasil apabila terdapat satu rasuk lain terjulur keluar dari satu rasuk yang disokong dua tiang di mana dinding bata tidak memberi kesan untuk menghalang kejadian puntiran di rasuk tersebut. Untuk tiang, puntiran berlaku apabila terdapat beban mendatar yang diletakkan secara eksentrik terhadap tiang tersebut. Walau bagaimanapun, puntiran hanya dianggap sebagai kesan sampingan di dalam konkrit bertetulang dan konkrit pra-tegangan maka, ramai jurutera mengabaikan analisis puntiran di dalam reka bentuk mereka. Tetapi, terdapat juga kegagalan ricih berlaku disebabkan oleh puntiran. Oleh itu, *Eurocode 2(EC2)*² yang diperkenalkan di Eropah telah menekankan analisis puntiran jika dibandingkan dengan analisis dari *British*

*Standard(BS8110)*¹. Maka, puntiran telah menjadi satu aspek yang perlu diambil kira ketika mereka bentuk sesuatu struktur yang kritikal.

1.2 Penyataan Masalah

Anggota konkrit bertetulang dan konkrit pra-tegasan yang mengalami lenturan adalah terdedah kepada masalah keretakan puntiran jika tidak diperkukuhkan dengan secukupnya. Keretakan kecil juga membawa masalah seperti pengurangan tetulang. Oleh itu reka bentuk puntiran seharusnya diambil kira untuk mengelakkan masalah tersebut berlaku. Berdasarkan *EC2*, satu program akan dibangunkan menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0* untuk memudahkan penyelesaian masalah reka bentuk puntiran dan juga mendapatkan hasil reka bentuk yang lebih ekonomi dan efisien.

1.3 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah seperti tersenarai di bawah:

1. Menyelesaikan masalah puntiran rasuk dan mengaplikasikan dalam bentuk program *Microsoft Visual Basic 6.0*.
2. Membandingkan keputusan yang diperoleh melalui analisis program dengan analisis secara manual.
3. Menentukan aplikasi praktikal tetulang puntiran dalam binaan.

1.4 Skop Projek

Kajian ini melibatkan analisis dan reka bentuk tetulang puntiran menggunakan *EC2*. *Microsoft Visual Basic 6.0* digunakan untuk memudahkan analisis dan reka bentuk tetulang puntiran. Skop kajian ini adalah:

1. Analisis dan reka bentuk rasuk keratan segi empat bertopang mudah yang mengalami puntiran akibat beban ufuk.
2. Analisis dan reka bentuk hanya melibatkan rasuk yang menanggung beban teragih seragam sahaja.
3. Formula dan piawai untuk analisis dan reka bentuk adalah berdasarkan *EC2: Part 1*

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengenalan

Puntiran secara umumnya merupakan kesan sampingan yang berlaku pada konkrit bertetulang dan konkrit pra-tegasan. Kebanyakan bukti-bukti hasil eksperimen adalah lebih menitikberatkan kesan ke atas konkrit oleh kejadian seperti lenturan, mampatan dan ricih. Walau bagaimanapun, puntiran tetap boleh menyebabkan keretakan pada konkrit bertetulang dan pra-tegasan. Pada struktur kritikal seperti anggota konkrit pra-tegasan, jika terdapat keretakan minor sekalipun dalam konkrit tersebut, tendon akan mengalami pengurangan dan akhirnya menyebabkan struktur tersebut runtuh dan gagal sepenuhnya.

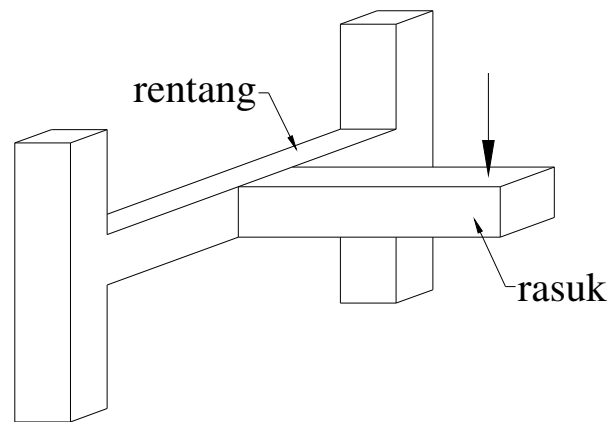
Puntiran berlaku dalam pembinaan konkrit monolitik terutamanya apabila terdapat beban yang bertindak pada satu jarak dari paksi ufuk anggota struktur. Antara elemen-elemen struktur yang mengalami momen puntiran adalah rasuk hujung pada panel lantai, rasuk terjulur yang menerima beban pada hujung rasuk tersebut, kanopi atau bumbung perhentian bas yang terjulur keluar dari sambungan rasuk monolitik yang disokong oleh tiang. Ini mengakibatkan keretakan serius yang melebihi had kebolehhidmatan yang dibenarkan kecuali tetulang puntiran yang khas disediakan.

2.2 Puntiran

2.2.1 Puntiran Dalam Struktur Konkrit

2.2.1.1 Beban Rasuk Tidak Simetri

Puntiran terhasil daripada sifat monolitik pembinaan konkrit tuang di tapak. Rasuk lantai tambahan menghasilkan puntiran pada rentang di antara dua tiang (Rajah 2.0) menjadi kesan utama apabila dinding tidak memberi halangan untuk kecacatan puntiran berlaku kepada rentang tersebut. Dinding yang diletakkan secara eksentrik menghasilkan puntiran pada rentang, oleh itu kekangan harus diletakkan pada hujung rentang untuk memberi rintangan terhadap reaksi putaran pada rasuk. Rasuk sekunder yang bersambung kepada rasuk utama jauh dari tiang akan menghasilkan puntiran kepada rasuk utama di mana boleh dielakkan jika dikekang oleh momen lenturan tambahan yang terhasil oleh papak pada rasuk tersebut. Beban simetri pada papak lantai juga boleh menyebabkan puntiran kepada rasuk penyokong.



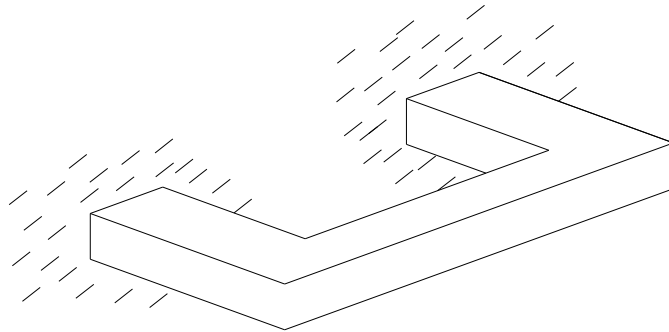
Rajah 2.0: Rasuk yang mengalami puntiran

2.2.1.2 Ketidakstabilan Puntiran

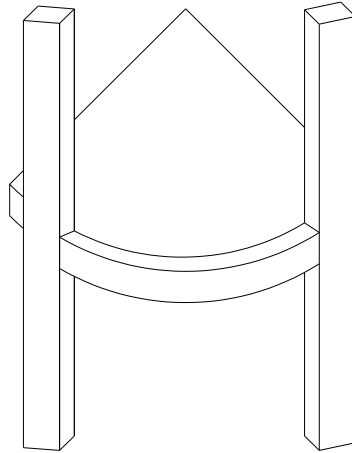
Apabila terdapat ketidakstabilan puntiran berlaku, lingkaran bertutup dengan pengukuhan yang sesuai boleh menghalang kegagalan puntiran. Tetulang memberi kesan sampingan untuk mengukuhkan puntiran daripada berlaku tetapi menghalang anggota daripada gagal dari segi keretakan berlingkar. Ketidakstabilan puntiran boleh berlaku dalam anggota mampatan melalui putaran anggota dan rasuk oleh ketidakstabilan lateral.

2.2.1.3 Puntiran Sebagai Elemen Penting

Momen putaran boleh menentukan pengaruh penting terhadap reka bentuk rasuk hujung utama. Rajah 2.1 menunjukkan kerangka jika dibina pada paksi menegak mengalami lenturan dan mampatan manakala pada paksi ufuk mengalami lenturan dan puntiran. Masalah juga berlaku pada rasuk merentang yang bertemu pada penjuru tanpa disokong oleh tiang atau berlingkung (Rajah 2.2). Rasuk yang terdiri daripada dua lengan lurus bercantum pada sudut tepat satah ufuk. Secara simetri, daya ricih pada kedua-dua lengan mestilah sama dan separuh dari beban yang dikenakan .



Rajah 2.1: Kerangka yang mengalami puntiran



Rajah 2.2: Rasuk disokong dua tiang mengalami puntiran

Topik agihan tegasan puntiran dimulakan dengan sifat-sifat asas elastik pada keratan yang mudah seperti bulatan atau segi empat. Kebanyakan rasuk konkrit yang dipengaruhi oleh putaran adalah dari komponen yang mempunyai keratan segi empat dan juga rasuk yang mempunyai berbibir seperti rasuk berbentuk T dan L. Rasuk yang mempunyai keratan membulat adalah jarang dipertimbangkan dalam pembinaan konkrit, tetapi puntiran untuk keratan membulat adalah sesuai untuk diterangkan sebagai pengenalan untuk sifat-sifat puntiran keratan pada yang lain.

Tegasan ricih adalah sama dengan terikkan ricih darab modulus ricih dalam keadaan elastik pada keratan membulat. Untuk kes lenturan, tegasan adalah berkadar terus terhadap jarak dari paksi neutral (seperti titik tengah keratan membulat) dan maksimum pada fiber yang melampau. Jika r adalah jejari elemen, $J = \pi r^4 / 2$, maka kutub momen inersia, v_{tr} , yang mempunyai tegasan ricih elastik akibat momen putaran elastik, T_g , adalah seperti yang berikut:

$$v_{tr} = \frac{T_g r}{J} \quad \dots(2.1)$$

Apabila terdapat kecacatan pada syaf bulatan, paksi pada silinder membulat dianggap kekal lurus. Kesemua jejari di dalam keratan tersebut adalah tetap sama (tanpa lendutan) dan berputar pada sudut yang sama atas paksi. Apabila elemen bulatan mengalami sifat plastik, tegasan pada gelang plastik terluar menjadi malar manakala tegasan pada kerak dalam menjadi elastik. Apabila keratan rentas keseluruhan menjadi plastik, $b = 0$ dan tegasan ricih di mana v_{tf} adalah tegasan ricih tidak linear akibat momen putaran muktamad T_p , dimana subskrip f mewakili kegagalan.

$$v_{tf} = \frac{3T_p r}{4J} \quad \dots(2.2)$$

Dalam keratan segi empat, masalah puntiran adalah lebih kompleks. Satah asal keratan rentas mengalami lendutan kerana tindakan momen puntiran. Momen tersebut menghasilkan tegasan ricih secara paksi dan lilitan dengan nilai kosong pada penjuru keratan dan sentroid segi empat, manakala nilai maksimum pada hujung pertengahan peri feri. Tegasan ricih puntiran maksimum berlaku pada titik tengah A dan B pada dimensi terbesar keratan rentas tersebut. Komplikasi tersebut dan fakta bahawa konkrit tidak seragam atau isotropi menyukarkan penghasilan formula matematik yang tepat berdasarkan model fizikal seperti persamaan (2.1) dan (2.2) untuk keratan bulat.

Selama lebih 60 tahun, analisis puntiran untuk anggota konkrit adalah berdasarkan (1) teori klasik elastik yang dibangunkan melalui formula matematik digandingkan dengan pengesahan analogi membran (*St Venant*)⁴ atau (2) teori plastik yang diwakili analogi *sand-heap* (*Nadai*)⁵. Kedua-dua teori digunakan untuk keadaan puntiran tulen. Tetapi, eksperimen membuktikan teori elastik tidak memuaskan untuk anggaran tepat keadaan tegasan puntiran tulen dalam konkrit. Sifat-sifat konkrit adalah lebih baik dianalisis melalui kaedah plastik. Oleh yang demikian, kebanyakan kajian puntiran dalam konkrit dan konkrit bertetulang adalah berteraskan kaedah plastik.

2.2.2 Puntiran Dalam Elemen Konkrit

2.2.2.1 Puntiran Dalam Elemen Elastik

St Venant(1853)⁴ telah membentangkan langkah penyelesaian untuk masalah puntiran elastik dan lendutan akibat puntiran yang terhasil pada keratan yang berbentuk bukan bulatan. Manakala, *Prandtl*(1903)⁶ telah membuat demonstrasi kepentingan fizikal formula matematik melalui model analogi membran beliau. Model tersebut telah membuktikan hubungan antara permukaan yang dibiaskan oleh beban membran dan pengagihan tegasan puntiran di dalam bar yang bergantung kepada momen putaran.

Untuk kecacatan minor, persamaan pembezaan untuk permukaan membran yang mengalami lenturan mempunyai bentuk yang sama seperti persamaan yang menentukan agihan tegasan terhadap keratan rentas bar yang dipengaruhi oleh momen putaran. Sebagai contoh, (1) tangen terhadap garis kontur pada mana-mana titik pada membran lenturan menunjukkan arah tegasan ricih pada bahagian keratan rentas anggota sebenar yang berkaitan dan dipengaruhi oleh putaran; (2) cerun maksimum membran pada mana-mana titik adalah berubah secara langsung terhadap magnitud tegasan ricih τ yang bertindak pada titik berkaitan pada anggota sebenar; (3) anggota yang mengalami momen putaran adalah berubah secara langsung dua kali ganda isi padu di bawah membran lenturan.

Garis kontur yang rapat menghasilkan tegasan tinggi menyebabkan tegasan puntiran ricih maksimum berlaku pada bahagian tengah segi empat pada arah yang terpanjang. Melalui analogi membran, tegasan maksimum ini hendaklah berubah secara langsung terhadap cerun paling curam pada titik A dan B. Jika δ = penyisihan maksimum membran dari tangen pada titik A, maka dari prinsip asas mekanik dan teori *St. Venant*⁴,

$$\delta = b^2 G \theta \quad \dots(2.3)$$

di mana G adalah modulus ricih dan θ adalah sudut putaran. Tetapi $v_{t(max)}$ adalah berkadar terus terhadap cerun tangen, di mana

$$V_{t(\max)} = k_1 b G \delta \quad \dots(2.4)$$

di mana k adalah pemalar. Momen putaran T_e yang berkaitan adalah berkadar terus terhadap dua kali ganda isi padu di bawah membran, atau

$$T_e \propto 2 \left(\frac{2}{3} \delta b h \right) = k_2 \delta b h$$

atau
$$T_e = k_2 b^3 h G \delta \quad \dots(2.5)$$

dari persamaan (2.4) dan (2.5),

$$V_{t(\max)} = \frac{T_e b}{k b^3 h} \approx \frac{T_e b}{J_1} \quad \dots(2.6)$$

Pembawah $k b^3 h$ dalam persamaan (vi) mewakili kutub momen inersia J_1 pada keratan. Perbandingan antara persamaan (2.6) sehingga persamaan (2.1) untuk keratan bulat menunjukkan keserupaan dua ungkapan kecuali faktor k dalam persamaan untuk keratan segi empat mengambil kira tegangan ricih akibat lendutan. Persamaan (2.6) dipermudahkan lagi untuk menerbitkan:

$$V_{t(\max)} = \frac{T_e}{k b^2 h} \quad \dots(2.7)$$

Ia juga boleh diubahsuai untuk memberikan tegasan pada satah dalam keratan tersebut seperti pusat dalaman segi empat dengan dimensi x dan y , di mana x adalah panjang terpendek:

$$V_{t(\max)} = \frac{T_e}{k x^2 y} \quad \dots(2.8)$$

Ketika menggunakan kaedah analogi membran, adalah penting untuk mengambil kira perubahan tegasan ricih puntiran dari satu titik ke titik yang lain pada paksi yang sama, kerana perubahan cerun analogi membran menyebabkan pengiraan tegasan ricih puntiran menjadi panjang.

2.2.2.2 Puntiran Dalam Elemen Plastik

Analogi plastik *sand-heap*⁵ memberikan perbandingan terbaik sifat-sifat elemen rapuh seperti rasuk konkrit yang mengalami puntiran. Momen puntiran adalah berubah secara langsung dua kali ganda terhadap isi padu di bawah timbunan manakala tegasan ricih puntiran maksimum berubah secara langsung terhadap cerun model timbunan pasir. Momen puntiran T_p berkadar dua kali ganda terhadap isi padu timbunan berbentuk segi empat. Cerun yang terhasil daripada analogi tersebut adalah ukuran untuk tegasan ricih puntiran adalah malar dalam pendekatan analogi *sand-heap*⁵ tetapi sebagai pemboleh ubah di dalam pendekatan analogi membran. Sifat-sifat yang terdapat pada timbunan pasir memudahkan kaedah penyelesaian momen puntiran.

2.2.3 Teori Puntiran Untuk Konkrit Bertetulang

2.2.3.1 Tetulang Memanjang

Kebanyakan eksperimen kekuatan puntiran terhadap konkrit bertetulang adalah menggunakan rasuk yang mempunyai tetulang memanjang sahaja. Kenaikan kecil kekuatan puntiran telah diperoleh hasil daripada eksperimen tersebut. Perkara ini telah diterangkan dengan mengambil kira momen rintangan puntiran tambahan yang disebabkan oleh modulus ricih tetulang yang tinggi, di mana telah menggantikan luas permukaan konkrit yang sama.

Satu rasuk yang simetri dengan 4 tetulang memanjang pada $(\pm \frac{1}{2}x_1, \pm \frac{1}{2}y_1)$.

Komponen tegasan ricih dalam konkrit pada $(\pm \frac{1}{2}x_1, \pm \frac{1}{2}y_1)$ boleh dikenalpasti dari teori *St. Venant*⁴. Pertimbangkan $v_{y\bar{x}}$ dan $v_{x\bar{y}}$ dalam dua arah yang bersilang. Luas

konkrit dibenarkan berlaku pemindahan, momen rintangan puntiran tambahan adalah:

$$\frac{1}{2}A_s(v_{yz}x_1 + v_{xz}y_1) \cdot \left(\frac{G_s}{G_c} - 1\right) \quad \dots(2.9)$$

di mana A_s adalah keratan rentas kesemua empat bar dan G_s dan G_c adalah modulus ricih konkrit dan tetulang.

2.2.3.2 Keratan Segi Empat Dan Berbentuk T

Masalah yang melibatkan keratan segi empat adalah lebih kompleks kerana (1) kerumitan dalam teori puntiran untuk keratan yang bukan bulatan dan (2) disebabkan tegasan dalam tetulang ricih adalah tidak tetap seperti mana dalam keratan bulatan. Jika ikatan di antara konkrit dipelihara, maka ia berubah mengikut tegasan persekitaran konkrit. Tegasan tetulang maksimum berlaku pada pertengahan sisi terpanjang, tegasan tetulang maksimum terkecil pula berlaku pada pertengahan sisi terpendek keratan segi empat dan tegasan tetulang tersebut diabaikan pada pepenjuru.

Penyelesaian terawal yang diperkenalkan *E. Raucsh*⁷ berdasarkan andaian bahawa tegasan dalam tetulang berubah terhadap jarak dari pusat keratan tersebut. Ini membayangkan jika kes adalah terbalik, bahawa tegasan tetulang adalah maksimum pada penjuru dan minimum pada tengah sisi terpanjang. *P. Anderson*⁸ membuat andaian bahawa agihan tegasan parabola sebenarnya memberikan nilai maksimum pada pertengahan dan kosong pada penjuru. Beliau mendapat keputusan di mana 27 peratus terlalu rendah. Penyelesaian yang lebih tepat diperoleh dengan membuat persamaan antara tenaga-tegasan yang tersimpan dalam bentuk piral manakala di dalam konkrit, mampatan pada paksi memanjang terhadap kerja oleh momen putaran dalam rasuk yang berputar. Hasilnya, luas untuk tetulang berpiral dalam rasuk segi empat adalah:

$$A_s = \frac{\sqrt{2}M_{ts}}{4f_y x_2 y_1} \quad \dots(2.10)$$

Di mana a_s adalah keratan rentas untuk satu bar atau dawai dalam sangkar berpiral, x_1 dan y_1 adalah dimensi terkecil dan terbesar masing-masing untuk sangkar berpiral, diukur dari pusat ke pusat tetulang tersebut dan λ adalah persamaan nisbah y_1/x_1 . Secara praktikal, tetulang berpiral adalah jarang digunakan dalam rasuk keratan segiempat kerana kos yang tinggi.

Tetulang bersimpai tertutup dan bar ufuk adalah lebih mudah dan sesuai sebagai tetulang ricih puntiran. Daya pada penjuru yang disebabkan oleh puntiran diberi rintangan oleh rintangan daya tegangan dalam pelingkar dan tetulang ufuk dalam arah tegangan, manakala daya mampatan ditentang oleh konkrit. Maka luas untuk pelingkar menegak adalah:

$$a_{sv} = \sqrt{2}a_s = \frac{M_{ts}s}{2\lambda F_s x_1 y_1} \quad \dots(2.11)$$

Disebabkan dalam rasuk segi empat mempunyai pelingkar yang boleh digunakan untuk tetulang ricih puntiran dan tetulang ricih, adalah lebih sesuai untuk guna notasi yang sama untuk kedua-duanya. Dalam persamaan untuk tetulang ricih, A_{sv} mewakili luas untuk kesemua tetulang ricih dalam keratan yang diberikan, sebagai contoh untuk pelingkar yang mempunyai dua bar.

$$A_{sv} = 2a_{sv} = \frac{M_{ts}s}{\lambda F_s x_1 y_1} \quad \dots(2.12)$$

Di mana A_{sv} adalah luas keratan rentas untuk dua lengan pelingkar bertutup

s adalah titik ekstrem pada pelingkar.

x_1 dan y_1 adalah dimensi terkecil dan terbesar masing-masing dalam pelingkar, diukur dari pusat ke pusat.

F_s adalah tegasan maksimum tetulang yang dibenarkan.

M_{ts} adalah momen putaran tambahan yang disebabkan oleh penambahan pelingkar dan jumlah tetulang ufuk.

Sekurang-kurangnya jumlah tetulang ufuk yang sama mesti disediakan. Rasuk sepanjang s yang mempunyai satu pelingkar yang isi padunya adalah

$$A_{sv}(x_1 + y_1)$$

Isi padu yang setaraf untuk tetulang ufuk yang diperlukan dalam rasuk yang sama panjang

$$A_{st} = A_{sv}(x_1 + y_1)$$

Dalam persamaan ini, A_{st} mewakili luas keratan rentas bar ufuk, maka

$$A_{st} = A_{sv} \frac{(x_1 + y_1)}{s} \quad \dots(2.13)$$

Satu bar ufuk mestilah diletakkan pada setiap penjuru pelingkar tersebut, tetapi dalam keratan yang besar, bar hendaklah ditambah dan diagihkan pada sekeliling lilitan pelingkar tersebut.

2.3 *Eurocode 2: Reka Bentuk Struktur Konkrit (EC2)*

2.3.1 Pengenalan

Eurocode 2 (EC2) digunakan untuk reka bentuk struktur konkrit di mana kebanyakannya telah dilitupi oleh *Bristih Standard BS8110* yang diperkenalkan oleh *UK*. *BS8110* telah dijadualkan untuk dihentikan penggunaannya pada tahun 2008. *EC2* yang mempunyai empat bahagian telah mengadaptasi prinsip had keadaan dari

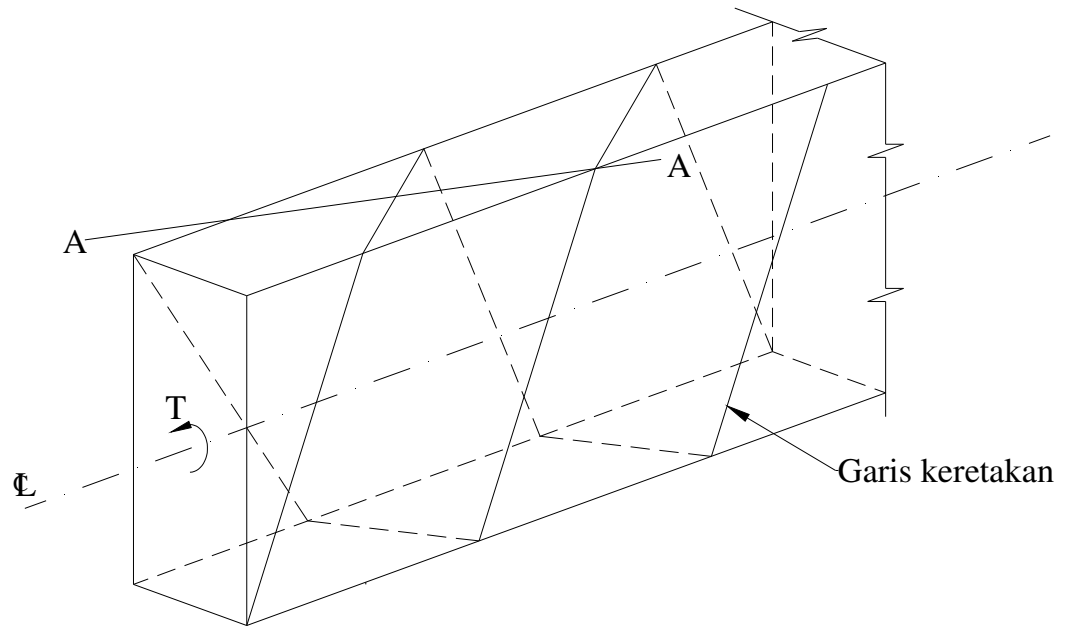
British Standards. EC2 mesti digunakan bersama Piawai Eropah yang lain termasuk *Eurocode 0* (Asas Reka bentuk) yang meliputi analisis dan *Eurocode 1* (Tindakan) yang meliputi beban pada struktur. Piawai yang berkaitan juga adalah *Eurocode 7* (Reka bentuk Geoteknik) dan *Eurocode 8* (Reka bentuk Gempa Bumi).

Segelintir organisasi UK telah menghasilkan pelbagai dokumen sokongan yang memberikan pendapat dan penerangan latar belakang untuk sesetengah keperluan kod. Dokumen sokongan lanjutan termasuk untuk setiap negara berasingan, *National Annex*⁹ telah memasukan informasi spesifik untuk setiap anggota dan telah disokong oleh UK dalam penerbitan Piawai British PD 6687:2006 yang memberikan penerangan latar belakang. *British Cement Association* telah menghasilkan *The Concise Eurocode for the Design of Concrete Buildings* yang mengandungi bahan yang telah diasingkan dari EC2 tetapi telah ditunjukkan dalam bentuk lebih mesra pengguna berbanding *Eurocode* sebenar dan hanya mengandungi maklumat yang penting untuk reka bentuk struktur konkrit yang biasa diguna pakai.

Format EC2 adalah lebih kepada persamaan untuk penyelesaian komputer, yang meliputi kekuatan konkrit yang lebih tinggi dan sangat berbeza dari BS8110. Tetapi, fungsi terpenting EC2 adalah dari prinsip yang terdapat dalam kod tersebut dan tidak jauh beza dengan prinsip yang digunakan dalam BS8110. Maka, walaupun terdapat perbezaan, jurutera yang telah biasa mereka bentuk menggunakan BS8110 tidak akan mempunyai masalah untuk memahami fungsi-fungsi yang diperkenalkan dalam EC2. Gred tetulang yang baru juga telah diperkenalkan dan reka bentuk sekarang adalah berdasarkan kekuatan silinder juga telah dimasukkan dalam kod ini.

2.3.2 Analisis Keratan Yang Dipengaruhi Oleh Momen Puntiran

Momen puntiran menghasilkan tegasan ricih yang mengakibatkan tegasan tegangan utama condong kira-kira 45° dari paksi memanjang anggota. Keretakan pepenjuru berlaku apabila tegasan tegangan melebihi kekuatan tegangan konkrit tersebut. Keretakan yang berlaku akan membentuk lingkaran pada sekitar anggota tersebut seperti dalam rajah 2.3.



Rajah 2.3: Rajah 3D keratan rasuk

Menurut tindakan kekuda di mana tetulang bertindak sebagai anggota tegangan dan konkrit sebagai topang mampatan antara perangkai, tetulang dalam bentuk perangkai bertutup dan bar memanjang akan membawa daya daripada momen puntiran yang bertambah selepas berlaku keretakan pada konkrit tersebut. Kegagalan akan berlaku apabila tetulang alah dan digandingkan dengan kemusnahan konkrit pada garis A-A kerana permukaan lain konkrit mula terdedah kepada keretakan. Dengan mengandaikan jika tegasan ricih puntiran pada keratan melebihi nilai yang mengakibatkan keretakan, tetulang tegangan dalam bentuk perangkai bertutup mesti disediakan untuk memberi rintangan sepenuhnya terhadap momen puntiran.

Persamaan untuk reka bentuk puntiran berkembang daripada model struktur dengan andaian bahawa puntiran dalam rasuk konkrit mempunyai sifat-sifat seperti keratan kotak berdinding nipis. Kotak tersebut diperkukuhkan dengan bar memanjang pada setiap sudut dengan rakap gelung bertutup bertindak sebagai pengikat tegangan melintang dan konkrit memberikan topang mampatan pepenjuru

dengan andaian bahawa konkrit tidak boleh menahan sebarang tegangan. EC2 memberikan prinsip dan persamaan reka bentuk yang terhad untuk bentuk umum keratan kotak berongga.

Torkgunaan, T_{Ed} pada hujung keratan menghasilkan aliran ricih, q pada sekeliling perimeter keratan kotak tersebut berdekatan hujung rajah. Aliran ricih adalah hasil antara tegasan ricih, τ dan ketebalan keratan berongga. Menurut teori elastik klasik, torkgunaan boleh dikaitkan dengan aliran ricih melalui ekspresi

$$T = 2A_k q$$

di mana A_k adalah luas meliputi di dalam garis tengah keratan kotak berongga, maka

$$q = T/(2A_k)$$

Oleh sebab q adalah daya ricih per unit panjang keratan lilitan kotak tersebut, aliran ricih yang membentuk daya adalah hasil antara q dan lilitan, u_k untuk luas, A_k .

$$F_{s1} = \frac{qu_k \cos \theta}{\sin \theta} = \frac{qu_k}{\tan \theta} = \frac{Tu_k}{2A_k \tan \theta} \quad \dots(2.14)$$

Luas yang diperlukan tetulang tegangan memanjang untuk melawan puntiran (A_{s1}), yang bertindak pada kekuatan reka bentuk ($f_{yk}/1.15$) diberi

$$\frac{A_{s1} f_{yk}}{1.15} = \frac{Tu_k}{2A_k \tan \theta} = \frac{Tu_k \cot \theta}{2A_k} \quad \dots(2.15)$$

Dari persamaan di atas, tork, T adalah rintangan tetulang memanjang pada maksimum, yang bersamaan dengan momen puntiran muktamad reka bentuk, T_{ed} .

$$\frac{A_{s1} f_{yk}}{1.15} = \frac{T_{ed} u_k \cot \theta}{2A_k} \quad \dots(2.16)$$

Luas keratan rentas perangkai puntiran yang diperlukan boleh diselesaikan dengan mengambil kira satu permukaan keratan kotak tersebut. Jika luas satu kaki perangkai, A_{sw} bertindak pada kekuatan alah reka bentuk ($f_{yk}/1.15$), daya dalam satu perangkai adalah

$$A_{sw} f_{yk} / 1.15 = q \times h$$

Tetapi, jika perangkai dipisahkan pada jarak s selain daya pada setiap perangkai dikurangkan mengikut kadar, maka memberi

$$\frac{A_{sw} f_{yk}}{1.15} = q \times h \times \frac{s}{\cot \theta} = \frac{q s}{\cot \theta} = \frac{T_{Ed} s}{2A_k \cot \theta} \quad \dots(2.17)$$

Persamaan 2.16 dan 2.17 boleh diguna dalam reka bentuk keratan untuk melawan puntiran. Kuantiti tetulang yang dikira hendaklah disediakan sebagai tambahan ke atas lenturan penuh dan keperluan tetulang ricih untuk kombinasi beban muktamad sepadan dengan kes beban puntiran. Tempat di mana tetulang lenturan memanjang memerlukan luas tetulang puntiran tambahan boleh disediakan melalui penambahan saiz bar atau penambahan bilangan bar. Perangkai puntiran hendaklah terdiri daripada perangkai tertutup bertambat yang dijarakkan memanjang tidak lebih $U_k/6$. Tetulang memanjang mestilah terdiri daripada paling kurang satu bar pada setiap sudut keratan di mana bar-bar yang tidak termasuk adalah diagihkan di sekitar pinggir perangkai yang tidak lebih 350mm dari pusat. Apabila saiz tetulang diketahui, persamaan 2.16 dan 2.17 disusun semula untuk tujuan analisis:

$$T_{Ed} = 2A_k \left(\frac{A_{sw}}{s} 0.87 f_{yk} \frac{A_{sa}}{u_k} 0.87 f_{yk} \right)^{2.5} \quad \dots(2.18)$$

dan

$$\tan^2 \theta = \left(\frac{A_{sw}}{s} f_{yk} \right) / \left(\frac{A_{sa}}{u_k} f_{yk} \right) \quad \dots(2.19)$$

Kesemua persamaan di atas menggunakan andaian bahawa keratan tersebut digantikan dengan keratan kotak berongga yang setara. Untuk menentukan ketebalan keratan, tebal keratan yang setara, t_{ef} digunakan (bersamaan dengan jumlah luas keratan rentas dibahagi oleh lilitan terluar keratan tersebut). Ketika membuat analisis dan reka bentuk sesuatu keratan, adalah penting untuk memeriksa tegasan mampatan berlebihan tidak berlaku dalam topang mampatan pepenjuru, yang boleh menyebabkan kegagalan mampatan pada konkrit. Mengambil momen puntiran pengehad untuk kegagalan topang mampatan sebagai $T_{rd,max}$, maka :

$$\text{Daya dalam topang} = (q \times h) / \sin \theta$$

$$\text{Luas topang} = t_{ef} \times (h \cos \theta)$$

$$\text{Tegasan dalam topang} = \text{Force/Area} = \frac{q}{t_{ef} \sin \theta \cos \theta} \leq f_{ck} / 1.5$$

di mana f_{ck} adalah ciri-ciri tegasan mampatan dalam konkrit. Ketika $q = T_{rd,max} / (2A_k)$ maka persamaan di atas boleh ditakrifkan sebagai

$$\frac{T_{rd,max} / 2A_k}{t_{ef} \sin \theta \cos \theta} \leq f_{ck} / 1.5$$

atau

$$T_{rd,max} \leq 1.33 f_{ck} t_{ef} A_k \sin \theta \cos \theta$$

boleh juga dinyatakan sebagai

$$T_{rd,max} \leq 1.33 f_{ck} t_{ef} A_k / (\cot \theta + \tan \theta) \quad \dots(2.19)$$

dalam EC2, persamaan ini diubahsuai dengan memasukkan faktor pengurangan kekuatan, v_j untuk memberikan

$$T_{rd,max} \leq 1.33 v_j f_{ck} t_{ef} A_k / (\cot \theta + \tan \theta) \quad \dots(2.19)$$

di mana faktor pengurangan kekuatan mengambil nilai $0.6(1 - f_{ck}/250)$.

Penggunaan persamaan di atas untuk reka bentuk puntiran, jurutera bebas untuk memilih nilai θ yang akan membenarkan pengurangan penggunaan perangkai danimbangan diperoleh melalui penambahan tetulang memanjang yang sepadan, seperti mana kaedah *Variable Strut Inclination* untuk reka bentuk ricih. Tetapi, terdapat had praktikal untuk nilai θ yang boleh diguna dan EC2 mencadangkan nilai tersebut di antara $1.0 \leq \cot\theta \leq 2.5$ yang mewakili nilai pengehad θ untuk 45° dan 22° yang sepadan.

2.3.3 Puntiran untuk Bentuk Kompleks

Keratan yang terdiri daripada bentuk T, L dan I boleh dibahagi kepada komponen segi empat dan setiap komponen direka bentuk secara berasingan untuk menanggung sebahagian tork, T_{ed} . Puntiran untuk setiap komponen, T_i boleh ditentukan secara elastik dengan membuat kiraan untuk kekukuhan puntiran untuk setiap bahagian mengikut kekukuhan puntiran *St Venant*⁴ melalui ungkapan

$$T_i = \frac{T_{ed} k_i (h_{min}^3 h_{max})_i}{\sum (K h_{min}^3 h_{max})} \quad \dots(2.19)$$

di mana h_{min} dan h_{max} adalah dimensi minimum dan maksimum untuk setiap keratan. K adalah pemalar puntiran *St Venant*⁴ yang berubah mengikut nisbah h_{max}/h_{min} ; nilai tipikal ditunjukkan dalam jadual 1.1. Pembahagian bentuk kepada komponen segi empat hendaklah dilakukan untuk memaksimumkan ekspresi kekukuhan $\sum (K h_{min}^3 h_{max})$.

Jadual 2.0: Pemalar Puntiran *St Venant* K

h_{max}/h_{min}	K	h_{max}/h_{min}	K
1.0	0.14	3.0	0.26

1.2	0.17	4.0	0.28
1.5	0.20	5.0	0.29
2.0	0.23	10.0	0.31
2.5	0.25	> 10	0.33

BAB III

METODOLOGI

3.1 Pengenalan

Analisis dan reka bentuk sesuatu struktur memerlukan masa dan ketelitian untuk mendapat penyelesaian yang jitu dan boleh dipercayai, oleh itu pelbagai program telah diperkenalkan untuk mengatasi masalah yang berkaitan. Penggunaan program adalah sangat mudah dan popular kerana dapat mengurangkan kesilapan ketika kiraan dan mempercepatkan proses analisis dan reka bentuk.

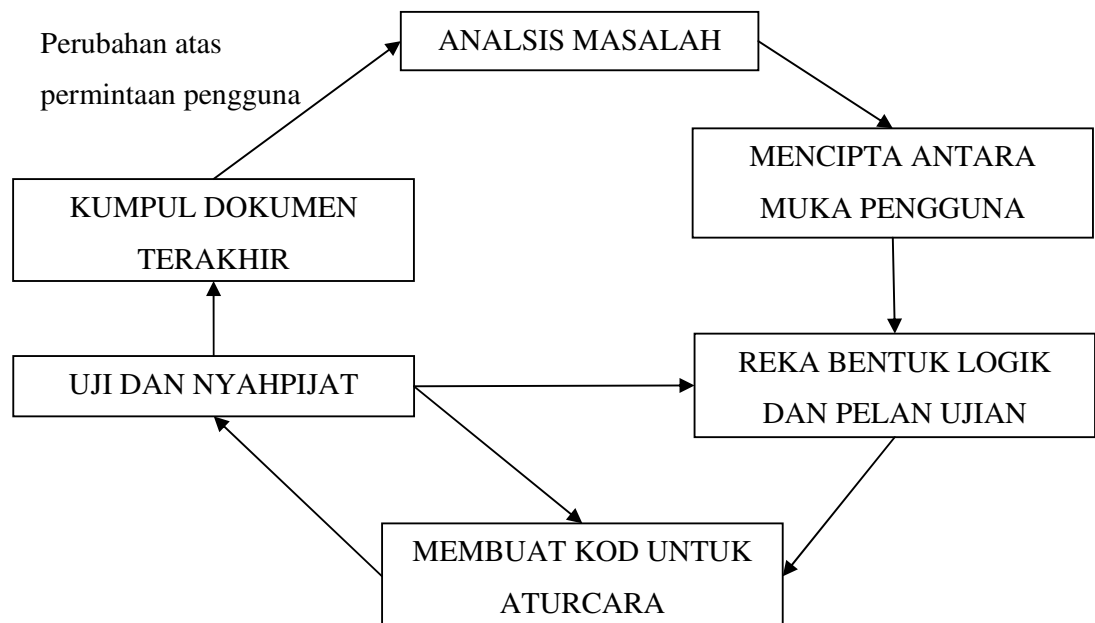
Kajian ini hanya menyentuh reka bentuk rasuk puntiran yang melibatkan rasuk keratan segi empat dan berbibir seperti rasuk berbentuk T dan L. Reka bentuk adalah terhad untuk rasuk bertopang mudah dan mempunyai beban teragih seragam. Analisis dan reka bentuk adalah berdasarkan *EC2* yang akan dipermudahkan ke dalam bentuk program menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*.

3.2 Microsoft Visual Basic 6.0

Microsoft Visual Basic 6.0 merupakan aplikasi untuk sistem operasi *Microsoft Windows* di mana penggunaannya telah memudahkan pelbagai pengguna khususnya jurutera awam untuk menyelesaikan masalah berkenaan dengan analisis dan reka bentuk serta memudahkan jalan penyelesaian. *Visual Basic* merupakan aplikasi yang berdasarkan *event-driven*. Peristiwa (*event*) adalah sesuatu kejadian yang

dikesan oleh komputer seperti klik menggunakan tetikus, menaip huruf menggunakan papan kekunci, dan membuang atau menukar sesuatu nilai.

Sesuatu aplikasi yang dibangunkan hendaklah melalui pelbagai proses supaya aplikasi yang dihasilkan adalah bermutu dan tidak mendatangkan masalah kepada pengguna. Proses yang sistematik dimaksudkan untuk membangunkan sesuatu aplikasi adalah Kitaran Hidup Pembangunan Aplikasi (*Program Development Life Cycle*)¹⁰.



Rajah 3.1: Kitaran Hidup Pembangunan Aplikasi

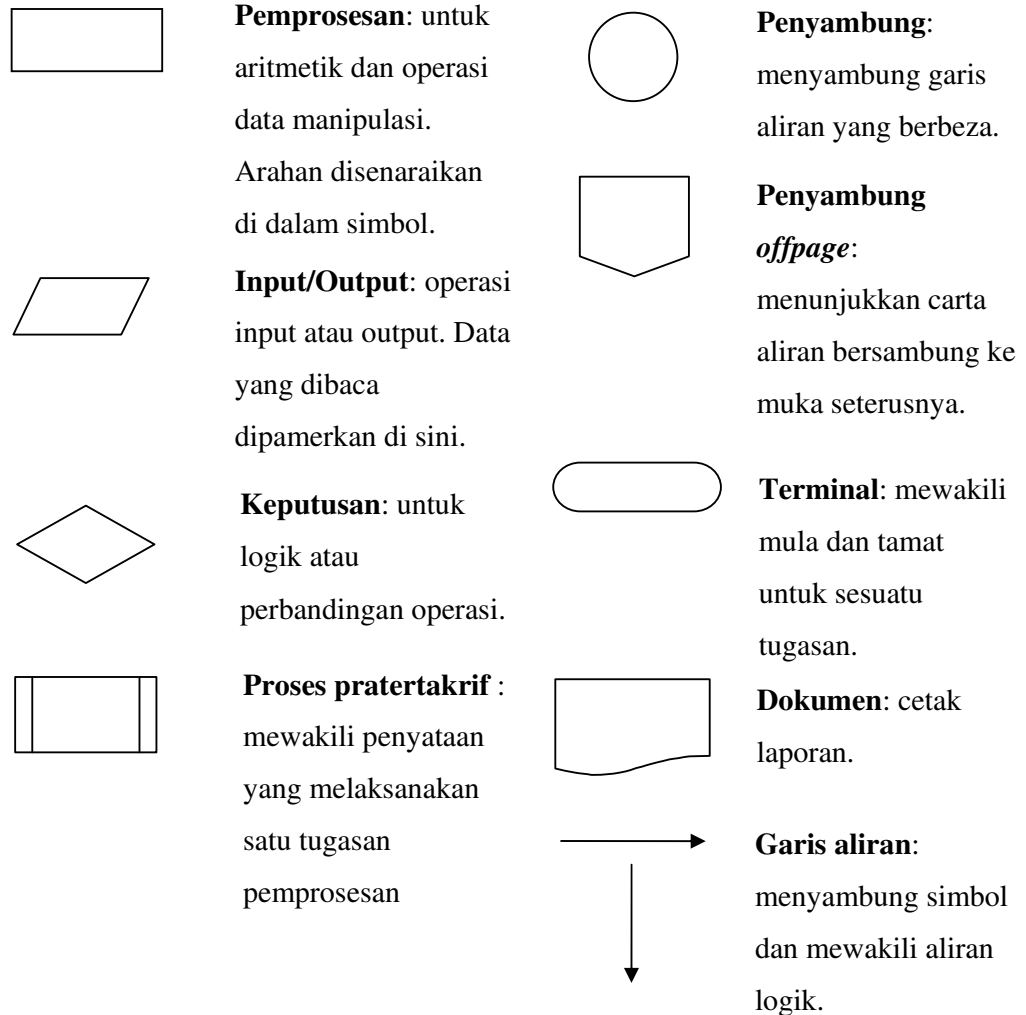
Proses-proses untuk membuat aplikasi:

1. Analisis: takrifkan masalah
 - Memahami keperluan, mengenal pasti input, proses dan output
2. Reka bentuk: rancang penyelesaian
 - Cari urutan logikal (algoritma). Setiap perincian seharusnya wujud dalam algoritma. carta aliran, pseudokod dan carta hierarki. Masukkan pelan ujian yang mengandungi input dan hasil yang dijangka.

3. Pilih antara muka: pemilihan objek
 - Pemilihan cara-cara input diperoleh dan mempamerkan output. Mencipta butang arahan dan menu untuk pengguna mengawal aplikasi.
4. Kod: terjemah algoritma ke dalam bahasa program
 - Atur cara diterjemahkan ke dalam bahasa *Visual Basic* dan dimasukkan ke dalam komputer. Pengatur cara menggunakan algoritma yang direka dalam langkah 2 bersama pengetahuan menggunakan *Visual Basic*.
5. Uji dan nyahpijat: mengesan dan membuang ralat
 - Ralat dalam atur cara dikenali sebagai pepijat. Ujian merupakan proses untuk mencari ralat dan penyahpepijatan adalah proses membetulkan ralat. Ralat adalah disebabkan kesilapan menaip, kecacatan algoritma dan kesilapan penggunaan bahasa *Visual Basic*.
6. Menyempurnakan dokumen: menyusun kesemua bahan-bahan yang menggambarkan aplikasi
 - Dokumentasi diperlukan untuk rujukan pengguna dan pemahaman terhadap aplikasi tersebut. Untuk tujuan komersial, dokumentasi termasuk panduan arahan dan topik bantu dalam talian.

Sebelum mereka bentuk sesuatu aplikasi, adalah penting untuk memahami masalah dan merancang pendekatan untuk menyelesaikan masalah. Algoritma merupakan masalah pengkomputeran hanya boleh diatasi dengan melaksanakan sesuatu siri tindakan dalam turutan yang spesifik. Tiga jenis rancangan atur cara yang digunakan untuk menukar algoritma kepada aplikasi komputer adalah carta aliran, pseudokod dan carta hierarki.

Rancangan atur cara yang akan digunakan dalam kajian ini adalah carta aliran. Carta aliran mudah dibina dan difahami dibandingkan dengan pseudokod dan carta hierarki. Carta aliran terdiri daripada simbol geometri khas yang dihubungi oleh anak panah. Di dalam setiap simbol adalah frasa yang mewakili aktiviti pada langkah tersebut. Bentuk simbol menggambarkan jenis operasi yang berkaitan. Ia memberi perwakilan bergambar mengenai tugas yang akan memudahkan logik untuk difahami.



Rajah 3.2: Simbol carta aliran

3.3 Reka Bentuk Tetulang Puntiran Berdasarkan *Eurocode 2(EC2)*

Biasanya reka bentuk puntiran tidak dititikberatkan dalam struktur yang tak tentu secara statik di mana daya puntiran merupakan kesan sampingan dan struktur berada dalam keseimbangan walaupun puntiran diabaikan. Tetapi, jika keseimbangan bergantung pada rintangan puntiran, kesan puntiran harus diambil kira. Reka bentuk puntiran yang berdasarkan *EC2* menggunakan kaedah *Variable Strut Inclination*¹¹ di mana puntiran digabungkan dengan ricih.

Prosedur reka bentuk puntiran:

1. Reka bentuk ricih menggunakan kaedah *Variable Strut Inclination*

- i. Kira daya ricih reka bentuk muktamad, V_{Ed} sepanjang rentang rasuk.
- ii. Periksa kekuatan penghancuran $V_{Rd,max}$ topang pepenjuru konkrit pada keratan ricih yang maksimum, V_{Ef} pada permukaan sokongan rasuk. Kebanyakan kes di mana sudut condong topang adalah $\theta = 22^\circ$, $\cot \theta = 2.55$ dan $\tan \theta = 0.4$, persamaan yang diguna adalah:

$$V_{Rd,max(45)} = \frac{0.36b_w d(1-f_{ck}/250)f_{ck}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad \dots(3.1)$$

Jika $V_{Rd,max} \geq V_{Ef}$ dengan $\theta = 22^\circ$ dan $\cot \theta = 2.55$, terus ke langkah (iii). Tetapi jika $V_{Rd,max} < V_{Ef}$, maka θ dikira menggunakan rumus:

$$\theta = 0.5 \sin^{-1} \left\{ \frac{V_{Ef}}{0.18b_w d(1-f_{ck}/250)f_{ck}} \right\} \leq 45^\circ \quad \dots(3.2)$$

Jika pengiraan memberikan nilai θ lebih besar dari 45° maka saiz rasuk tersebut perlu diubah atau kelas konkrit yang lebih tinggi digunakan.

- iii. Perangkai ricih yang diperlukan dikira menggunakan:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{0.78f_{yk} \cot \theta} \quad \dots(3.3)$$

Di mana A_{sw} adalah luas keratan rentas perangkai ($2 \times \pi \phi^2 / 4$ untuk satu rakap). Untuk beban teragih seragam yang banyak, ricih dikira pada jarak d dari permukaan penyokong dan tetulang ricih yang disambungkan kepada permukaan penyokong. Rintangan ricih untuk perangkai dinyatakan di bawah:

$$V_{min} = \frac{A_{sw}}{s} \times 0.78d f_{ck} \cot \theta \quad \dots(3.4)$$

dan nilai digunakan bersama liputan daya ricih untuk menentukan kedudukan pengurangan setiap set perangkai yang direka bentuk.

- iv. Kira perangkai minimum yang diperlukan oleh EC2 melalui

$$\frac{A_{sw, min}}{s} = \frac{0.08 f_{ck}^{0.5} b_w}{f_{yk}} \quad \dots(3.5)$$

- v. Kira daya tegangan memajang tambahan yang disebabkan oleh ricih

$$\Delta F_{rd} = 0.5V_{Ed} \cot \theta \quad \dots(3.6)$$

Daya tegangan tambahan biasanya dibenarkan dengan menambahkan pengurangan panjang bar tegangan.

2. Tukarkan keratan kepada keratan kotak berongga dengan ketebalan t

$$t = \frac{\text{luas keratan}}{\text{perimeter keratan}} = \frac{A}{u} \quad \dots(3.7)$$

Supaya keratan segi empat $b \times h$

$$t = \frac{bh}{2(b+h)} \quad \dots(3.8)$$

Kira luas A_k di dalam garis tengah untuk keratan kotak berongga yang sepadan.

Untuk keratan segi empat

$$A_k = (b - t)(h - t) \quad \dots(3.9)$$

dan perimeter garis tengah adalah

$$u_k = 2(b + h - 2t) \quad \dots(3.10)$$

3. Semak sama ada keratan konkrit tersebut mencukupi untuk menahan gabungan rich dan puntiran menggunakan syarat interaksi

$$\frac{V_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1.0 \quad \dots(3.11)$$

di mana

$$T_{Rd} = \frac{1.33v_1 f_{ctk} t_{ef} A_k}{\cot \theta + \tan \theta} \quad \dots(3.12)$$

dan

$$v_1 = 0.6(1 - f_{ck}/250) \quad \dots(3.13)$$

4. Kira tetulang rakap tambahan yang diperlukan untuk melawan puntiran

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{T_{Ed}}{24k \cdot 0.87 f_{yk} \cot \theta} \quad \dots(3.14)$$

Jarak rakap s tidak boleh melebihi yang terkecil antara (a) $u_k/8$, (b) $0.75d$ atau (c) dimensi terkecil keratan rentas rasuk. Rakap seharusnya jenis tertutup dan ditambah dengan cara pusingan.

5. Kira jumlah tetulang rakap A_{sw}/s

Ini merupakan jumlah tetulang rakap untuk ricih dan puntiran dari langkah (1) hingga (4).

6. Kira luas $A_{s,l}$ untuk tetulang memanjang tambahan

$$A_{s1} = \frac{T_{Ed} u_k \cot \theta}{2A_{Rd} 0.87 f_{yk}} \quad \dots(3.15)$$

Tetulang tersebut hendaklah disusun supaya paling kurang satu bar pada setiap sudut dan bar yang lain diagihkan sama rata di sekitar persisiran dalaman perangkai yang dijarakkan tidak lebih 350mm dari pusat.

BAB IV

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1 Pengenalan

Perisian “Analisis dan Reka bentuk Tetulang Puntiran” adalah satu program yang khusus untuk menganalisis dan mereka bentuk tetulang konkrit yang mengalami puntiran. Program yang sedemikian jarang dibina kerana kebanyakan jurutera menambahkan 10% hingga 15% daripada bilangan tetulang yang sedia ada untuk mengatasi daya puntiran. Bab ini akan membincangkan perbandingan keputusan yang diperolehi hasil daripada analisis dan reka bentuk menggunakan atur cara yang dibina dengan kaedah insani.

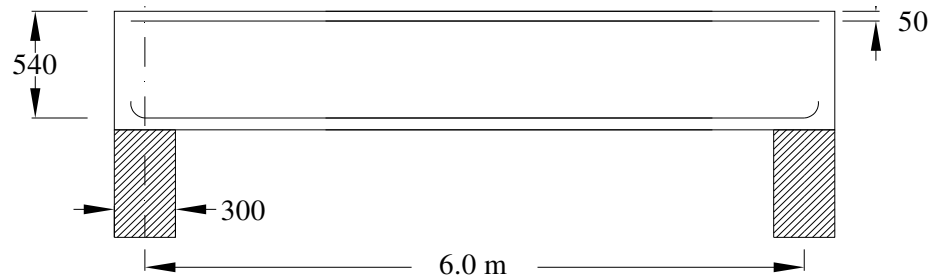
4.2 Semakan Terhadap Program

Bagi tujuan menguji ketepatan dan kejituan kiraan program ini, semakan telah dibuat menggunakan kaedah manual. Contoh soalan adalah telah diambil daripada sebuah buku bertajuk *Reinforced Concrete Design to Eurocode 2, Sixth Edition*.

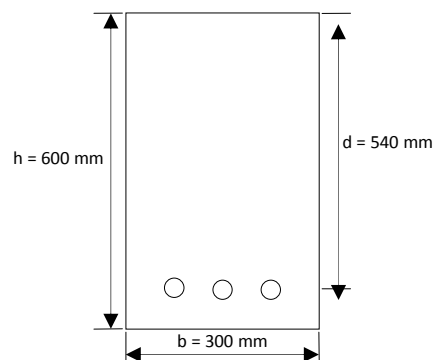
Pengiraan manual bagi reka bentuk tetulang puntiran:

Tetulang puntiran direka bentuk berdasarkan rasuk ditunjukkan di bawah yang tertakluk kepada momen puntiran muktamad, $T_{Ed} = 24.0$ kNm dengan mengambil

kira penambahan beban teragih seragam sebanyak 108 kN/meter. Kekuatan ciri konkrit dan tetulang masing-masing adalah $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ dan $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$.



Rajah 4.1: Rajah rasuk disokong mudah



Rajah 4.2: Keratan rasuk

Pengiraan:

1. Semakan ricih maksimum pada permukaan penyokong:

$$\text{Ricih reka bentuk maksimum} = w_u \times \text{rentang efektif}/2 = 108 \times 6.0/2 = 324 \text{ kN}$$

$$\text{Ricih reka bentuk pada permukaan penyokong } V_{Ed} = 324 - 108 \times 0.15 = 208 \text{ kN}$$

2. Kekuatan musnah $V_{Rd,max}$ topang diagonal dengan anggapan sudut $\theta = 22^\circ$, $\cot \theta = 2.5$ adalah

$$\begin{aligned}
 V_{Rd,max} &= 0.124b_w d (1 - f_{ck}/250) f_{ck} \\
 &= 0.124 \times 300 \times 540 (1 - 30/250) \times 30 \times 10^{-3} \\
 &= 530 \text{ kN} (> V_{Ed} = 308 \text{ kN})
 \end{aligned}$$

Maka sudut $\theta = 22^\circ$, $\cot \theta = 2.5$ adalah seperti yang anggapan.

3. Perangkai ricih

Pada jarak d dari permukaan penyokong, ricih reka bentuk adalah

$$\begin{aligned}
 V_{Ed} &= 308 - w_u d = 308 - 108 \times 0.54 = 205 \text{ kN} \\
 \frac{A_{sw}}{s} &= \frac{V_{Ed}}{0.78 d f_{yk} \cot \theta} \\
 &= \frac{250 \times 10^3}{0.78 \times 540 \times 500 \times 2.5} = 0.475
 \end{aligned}$$

4. Daya tegangan longitud tambahan

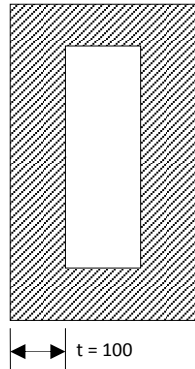
$$\begin{aligned}
 \Delta F_{td} &= 0.5 V_{Ed} \cot \theta \\
 &= 0.5 \times 308 \times 2.5 \\
 &= 385 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5. Penukaran keratan segi empat kepada keratan kotak berongga yang sepadan

$$\begin{aligned}
 \text{Ketebalan keratan berongga, } t &= A/u = (600 \times 300)/2(600 + 300) \\
 &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas di dalam pusat garisan, } A_k &= (b - t)(h - t) \\
 &= 200 \times 500 \\
 &= 100 \times 100^3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perimeter pusat garisan, } u_k &= 2(b + h - 2t) \\
 &= 1400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Rajah 4.3: Keratan kotak

6. Semakan untuk keratan konkrit adalah mencukupi

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1.0$$

di mana,

$$T_{Rd,max} = \frac{1.33v_1f_{ck}t_{ef}A_k}{\cot\theta + \tan\theta}$$

dan

$$v_1 = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0.528$$

maka

$$T_{Rd,max} = \frac{1.33 \times 0.528 \times 30 \times 100 \times 100 \times 10^{-3}}{2.5 + 0.4}$$

dan

$$\begin{aligned} \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} &= \frac{24.0}{72.6} + \frac{308}{530} = 0.33 + 0.58 \\ &= 0.91 < 1.0 \end{aligned}$$

Maka, keratan konkrit tersebut adalah memuaskan.

7. Pengiraan untuk tetulang perangkai tambahan yang diperlukan untuk melawan daya puntiran. (A_{sw} adalah untuk satu lengan sahaja).

$$\begin{aligned} \frac{A_{sw}}{s} &= \frac{T_{Ed}}{2A_k 0.87 f_{yk} \cot \theta} \\ &= \frac{24.0 \times 10^6}{2 \times 100 \times 10^3 \times 0.87 \times 500 \times 2.5} \\ &= 0.110 \end{aligned}$$

8. Maka, ricih digabungkan dengan puntiran untuk dua lengan adalah

$$\frac{A_{sw}}{s} = 0.475 + 2 \times 0.110 = 0.695$$

Untuk perangkai 8 mm pada 125 mm dari pusat $A_{sw}/s = 0.805$

Jarak, $s = 125 \text{ mm}$ ($< u_k/8 = 175 \text{ mm}$)

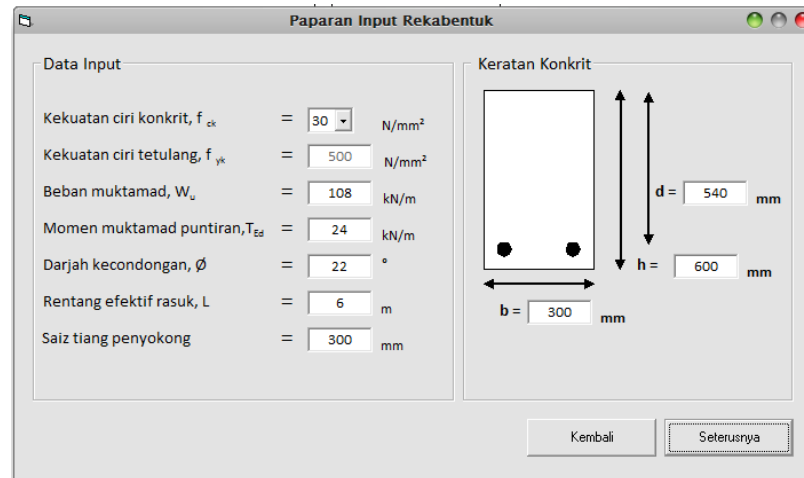
9. Pengiraan luas A_{s1} untuk tetulang tambahan longitud yang diperlukan untuk puntiran adalah

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \frac{T_{Ed} u_k \cot \theta}{2A_k 0.87 f_{yk}} \\ &= \frac{24.0 \times 10^6 \times 1400 \times 2.5}{2 \times 100 \times 10^3 \times 0.87 \times 500} \\ &= 966 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tetulang longitud tambahan yang disediakan adalah enam bar H16.

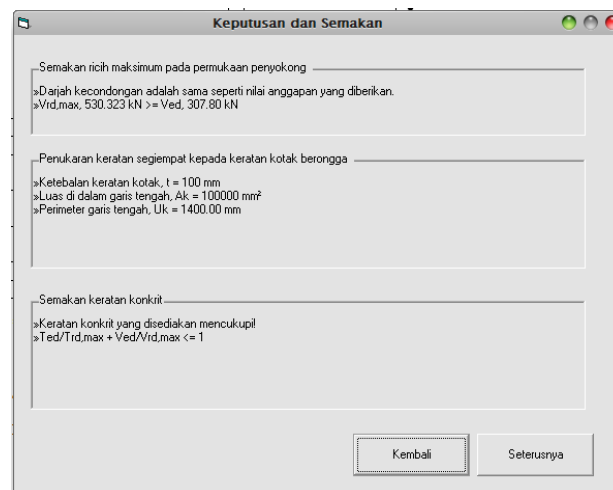
Pengiraan melalui program:

1. Memasukkan data ke dalam program:



Rajah 4.4: Paparan input

2. Semakan terhadap ricih, penukaran keratan berongga dan keratan konkrit:



Rajah 4.5: Semakan keratan

3. Pemilihan saiz tetulang dan perangkai:

Rajah 4.6: Paparan pemilihan saiz bar dan perangkai

4. Semakan untuk tetulang dan ricih yang dipilih:

Rajah 4.7: Semakan tetulang dan perangkai

4.3 Perbandingan Pengiraan Melalui Kaedah Insani Dengan Program

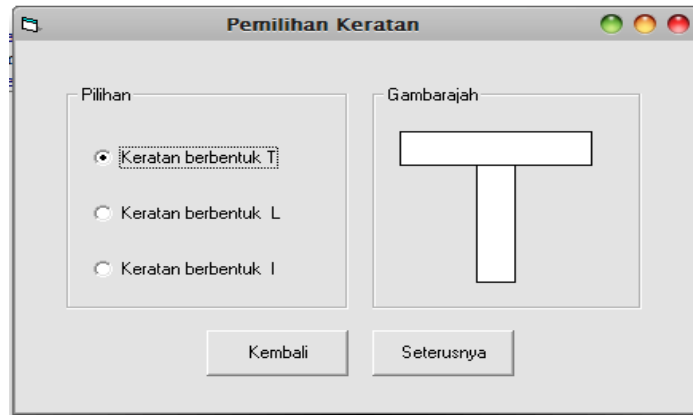
Jadual 4.1: Perbandingan parameter

Parameter	Kaedah insani	Pengiraan program
Kekuatan musnah, $V_{rd,max}$	530.032 kN	530.323 kN
t, A_k, U_k	100 mm, $100 \times 10^3 \text{ mm}^2$, 1400 mm	100 mm, $100 \times 10^3 \text{ mm}^2$, 1400 mm
Semakan keperluan perangkai, ricih + puntiran	$A_{sw}/s = 0.695$	$A_{sw}/s = 0.701$
Perangkai yang disediakan, ricih + puntiran	$A_{sw}/s = 0.805$	$A_{sw}/s = 0.804$
Luas tetulang yang diperlukan, A_{s1}	$A_{s1} = 966 \text{ mm}^2$	$A_{s1} = 956 \text{ mm}^2$

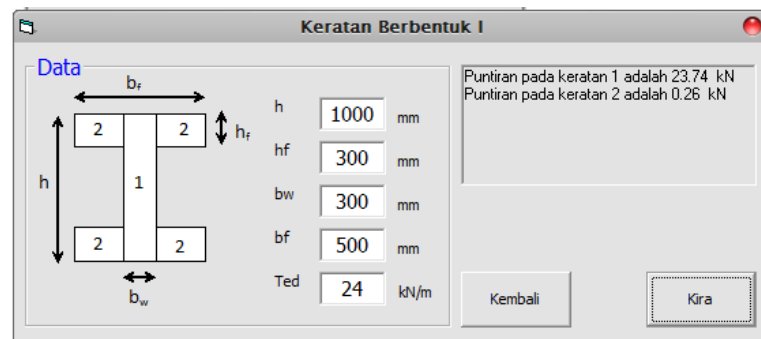
Berdasarkan Jadual 1.4, terdapat perbezaan kecil antara pengiraan melalui kaedah insani dengan program maka ini boleh diabaikan kerana tidak membawa kesan langsung dalam reka bentuk tetulang puntiran. Perbezaan ini berlaku kerana penggunaan nombor desimal dalam pengiraan kaedah insani adalah kecil jika dibandingkan dengan pengiraan program yang menggunakan nilai yang lebih jitu. Maka, pengiraan kaedah insani dan pengiraan program adalah setara dari segi output yang diperoleh tetapi jika terdapat pengiraan yang kritikal di mana boleh mendatangkan kesan langsung terhadap reka bentuk, pengiraan program adalah lebih selamat jika dibandingkan dengan kaedah insani.

4.4 Analisis Momen Puntiran Untuk Pelbagai Jenis Keratan

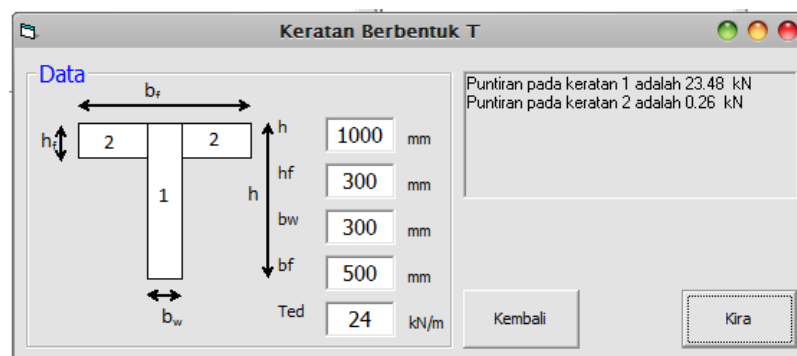
Rajah di bawah menunjukkan beberapa jenis keratan konkrit yang sering diaplikasikan pada sesebuah struktur. Setiap keratan konkrit dianalisis untuk mendapatkan momen puntiran pada setiap komponen keratan. Pengiraan keratan adalah berdasarkan kaedah *St. Venant Stiffness*. Kaedah ini membahagikan keratan konkrit kepada beberapa komponen kemudian dianalisis secara individu untuk mendapatkan momen puntiran pada setiap komponen. Komponen tersebut akan direka bentuk secara berasingan untuk membawa momen puntiran masing-masing. Program ini menganalisis beberapa jenis keratan seperti keratan berbentuk T, L dan I.



Rajah 4.8: Paparan untuk pemilihan jenis keratan



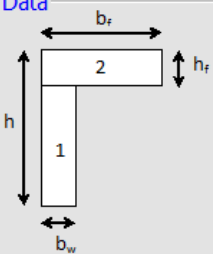
Rajah 4.8: Analisis untuk keratan I



Rajah 4.9: Analisis untuk keratan T

Keratan Berbentuk L

Data



h	1000	mm
h _f	300	mm
b _w	300	mm
b _f	500	mm
Ted	24	kN/m

Puntiran pada keratan 1 adalah 16.00 kN
Puntiran pada keratan 2 adalah 8.00 kN

Rajah 4.10: Analisis untuk keratan L

BAB V

KESIMPULAN DAN CADANGAN

1.5 Kesimpulan

Program *Analisis dan Reka bentuk Tetulang Puntiran* telah berjaya disediakan menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*. Reka bentuk dan analisis tetulang puntiran yang digunakan di dalam program adalah berdasarkan *Eurocode 2* dan menggunakan kaedah *Variable Inclination Strut* serta menggunakan *St. Venant Torsional stiffness*. Perbandingan reka bentuk antara kaedah insani dengan program telah dianalisis. Analisis untuk momen puntiran menggunakan program juga telah dilaksanakan. Maka, beberapa kesimpulan telah dibuat berdasarkan keputusan dan analisis yang dikaji. Antaranya adalah:

1. Keputusan hasil daripada analisis dan reka bentuk program adalah setara dengan kaedah insani tetapi adalah tepat lebih jika terdapat data penting yang boleh membuatkan reka bentuk tersebut gagal atau selamat. Pengiraan melalui program ini adalah lebih selamat dan tepat kerana data sepanjang pengiraan adalah tetap dan berwibawa kerana pengiraan melalui kaedah insani boleh membawa kesilapan oleh pengguna.
2. Masa yang digunakan untuk analisis dan reka bentuk boleh dijitakan jika dibandingkan dengan pengiraan menggunakan kaedah insani. Ini dibuktikan melalui pengecaman kesilapan reka bentuk yang dibina oleh pengguna. Program ini boleh mengesan kesilapan sebelum, semasa dan selepas reka

bentuk dilaksanakan. Kebolehan program ini boleh menjimatkan masa pengguna untuk membuat reka bentuk baru. Di samping itu, reka bentuk dan analisis mempunyai proses yang berulang di mana boleh membuang masa pengguna.

3. Program ini juga boleh mengawal nilai data yang dimasukkan dan input yang tidak logik sebelum proses reka bentuk dan analisis. Kelebihan ini menjadikan proses reka bentuk dan analisis menjadi lancar dan bebas dari sebarang kesilapan data.
4. Pengguna tidak perlu meneliti kesemua pengiraan kerana program ini telah direka supaya memberikan petunjuk sekiranya berlaku sebarang kesilapan semasa reka bentuk dan analisis. Pengguna hanya membuat pemeriksaan terhadap data yang dimasukkan sahaja.

1.6 Cadangan

Program ini telah siap sepenuhnya tetapi beberapa cadangan perlu dipertimbangkan supaya program ini boleh diaplikasikan sepenuhnya untuk semua kes serta lebih praktikal. Berikut adalah cadangan yang perlu dipertimbangkan:

1. Menimbang reka bentuk dan analisis untuk rasuk yang mempunyai beban tidak teragih seragam kerana kebanyakan struktur mempunyai beban tidak teragih seragam. Penambahan fungsi ini membolehkan program ini mereka bentuk struktur lain lebih efektif.
2. Memasukkan jenis-jenis rasuk yang lain seperti rasuk julur ke dalam program. Ini akan mengurangkan batasan di dalam program ini untuk mereka bentuk tetulang puntiran berdasarkan rasuk disokong mudah sahaja. Ini membolehkan program tersebut mereka bentuk struktur yang lain seperti rasuk pada jambatan atau tangga berpilin dan sebagainya.
3. Menambahkan pemilihan pelbagai saiz tetulang daripada satu kepada dua atau lebih juga boleh dimasukkan supaya reka bentuk adalah lebih ekonomi dan boleh memenuhi kehendak pengguna.

4. Program ini boleh dilengkapi dengan penghasilan laporan lengkap berserta grafik yang berkaitan untuk memudahkan pengguna menyediakan laporan lengkap untuk reka bentuk serta analisis yang dilaksanakan.

RUJUKAN

1. BS8110: Part 2: 1985: Structural Use of Concrete, Code of Practice for Special Circumstances.
2. EUROCODE 2: Design of Concrete Structures Part 1. General Rules & Rules for Buildings. ENV 1992-1-1:2004.
3. H.J. COWAN: Reinforced and Prestressed Concrete in TorsionI, Edward Arnold (Publisher) Ltd, London, 1965
4. N.C. SINHA dan S.K. ROY: Design of Reinforced Concrete Structures,1965.
5. BILL MOSLEY, JOHN BUNGEY dan RAY HULSE: Reinforced Concrete Design to Eurocode 2 Sixth Edition. PALGRAVE MACMILLAN, 2007
6. A.W ASTILL dan L.H. MARTIN: Reka Bentuk Struktur Asas Bagi Konkrit Menurut CP110. Hodder and Soughton Limited,1975.
7. P. LAMPERT and THURLIMANN: Ultimate Strength And Design Of Reinforced Concrete Beams In Torsion And Bending. Birkhauser Verlag Basel, 1972.
8. N.C. SINHA, S.K. ROY: Fundamentals Of Reinforced Concrete. S Chand, New Delhi, 1983.

SENARAI LAMPIRAN

A1 Kod Untuk Atur Cara Laman Utama

Option Explicit

```
Private Sub cmd_exit_Click()
```

```
End
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmd_next_Click()
```

```
If opt_sel(2).Value = True Then
```

```
frm_data.Show
```

```
frm_main.Hide
```

```
Else
```

```
frm_analysis.Show
```

```
frm_main.Hide
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
frm_main.Show
```

```
End Sub
```

A2 Kod Untuk Atur Cara Laman Reka Bentuk Puntiran

Option Explicit

```
Dim Theta As Single, Vrd_max, _
```

```
L As Single, col As Single, b As Single, MDS As Single, Ved_s As Single, Asw As  
Single, Ftd As Single, _
```

```
T As Single, v1 As Single, Trd_max As Single, theta1 As Single, _
Asw_s As Single, Asw_t As Single, As1 As Single, Pi As Single, h As Single, eq1
As Single
```

```
Private Sub cmd_next_Click()
```

```
'input
```

```
fck = Val(cbo_fck.Text)
```

```
fyk = 500
```

```
Wu = Val(txt_Wu.Text)
```

```
Theta = Val(txt_theta.Text)
```

```
Ted = Val(txt_Ted.Text)
```

```
L = Val(txt_L.Text)
```

```
col = Val(txt_Col.Text)
```

```
h = Val(txt_h.Text)
```

```
d = Val(txt_d.Text)
```

```
b = Val(txt_b.Text)
```

```
Pi = 3.1412
```

```
'convert degree into rad
```

```
theta_rad = Theta * Pi / 180
```

```
'max shear at support face
```

```
MDS = Wu * (L / 2)
```

```
Ved = MDS - (Wu * col / 2000)
```

```
Vrd_max = 0.124 * b * d * (1 - (fck / 250)) * fck * 10 ^ -3
```

```
'input check
```

```
If Theta > 45 Or Theta < 22 Then
```

```
    Call MsgBox("Nilai yang diberikan adalah tidak dibenarkan " & vbNewLine &
"Julat dibenarkan " & "< 45" _
    & " atau > 22", vbCritical)
```

```
    txt_theta.SetFocus
```

```
    txt_theta.Text = ""
```

```
ElseIf fck = 0 Or Wu = 0 Or Theta = 0 Or Ted = 0 Or L = 0 Or col = 0 _
```

```

Or h = 0 Or d = 0 Or b = 0 Then
    Call MsgBox("Sila pastikan semua input mempunyai nilai ", vbCritical)
'section check
ElseIf d > h Then
    Call MsgBox("Sila pastikan nilai keratan adalah logik ", vbCritical)
    txt_d.SetFocus
ElseIf b > d Or b > h Then
    Call MsgBox("Sila pastikan nilai keratan adalah logik ", vbCritical)
'angle check
Else
'check for shear
    If Vrd_max >= Ved Then
        frm_display.lbl_d1.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Darjah kecondongan
adalah sama seperti" & _
            " nilai anggapan yang diberikan." & vbNewLine & Chr(187) & " Vrd,max, " &
Format(Vrd_max, "0.000") & _
            " kN" & " >= " & "Ved, " & Format(Ved, "0.00") & " kN"
'convert rectangular section
T = (h * b) / (2 * (h + b))
Ak = (b - T) * (h - T) * 10 ^ -3
Uk = 2 * (b + h - 2 * T)
        frm_display.lbl_d2.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Ketebalan keratan
kotak, t = " & Format(T, "#00") _
            & " mm" & vbNewLine & Chr(187) & " Luas di dalam garis tengah, Ak = " &
Format(Ak, "#00") & " mm" & Chr(178) & _
            vbNewLine & Chr(187) & " Perimeter garis tengah, Uk = " & Format(Uk,
"#00.00") & " mm"
'section adequacy
v1 = 0.6 * (1 - (fck / 250))
Trd_max = (1.33 * v1 * fck * T * Ak * 10 ^ (-3)) / ((1 / Tan(theta_rad)) +
Tan(theta_rad))
eq1 = (Ted / Trd_max) + (Ved / Vrd_max)
'checking
    If Trd_max < Ted Then

```

```

frm_display.lbl_d3.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Sila semak nilai
momen muktamad kerana  $Ted > Trd,max$ "
frm_display.lbl_d1.Caption = ""
frm_display.lbl_d2.Caption = ""
Else
If eq1 > 1 Then
frm_display.lbl_d3.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Keratan
konkrit yang disediakan" _
& " tidak mencukupi!"
frm_display.lbl_d1.Caption = ""
frm_display.lbl_d2.Caption = ""
Else
frm_display.lbl_d3.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Keratan
konkrit yang disediakan" _
& " mencukupi!" & vbNewLine & _
Chr(187) & "  $Ted/Trd,max + Ved/Vrd,max =$  " & Format(eq1, "0.00") &
" (< 1.0)" & vbNewLine
End If
End If
Else
frm_display.lbl_d1.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Darjah
kecondongan perlu diubah dimana " & _
"nilai yang lebih besar perlu disediakan." & vbNewLine & Chr(187) & "
Sudut kecondongan = " _
& Format(Theta, "00.0")
theta1 = 0.5 * ArcSin(Theta) * 180 / 3.142
frm_display.lbl_d3.Caption = ""
frm_display.lbl_d2.Caption = ""
If ArcSin(Theta) = 0 Then
frm_display.lbl_d1.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Sila ubah nilai
Beban Muktamad " & _
"dengan nilai yang lebih kecil"
txt_Wu.SetFocus
frm_display.lbl_d3.Caption = ""

```

```
        frm_display.lbl_d2.Caption = ""
    End If
End If
frm_data.Hide
frm_display.Show
End If
End Sub

' Inverse Sine
Private Function ArcSin(ByVal X As Double) As Double

    If Abs(X) < 1 Then
        ArcSin = Atn(X / Sqr(1 - X * X))
    End If

End Function

Public Property Get Ved() As Single
    Ved = Ved_get
End Property

Public Property Let Ved(ByVal val_new As Single)
    Ved_get = val_new
End Property

Public Property Get Wu() As Single
    Wu = Wu_get
End Property

Public Property Let Wu(ByVal val_new As Single)
    Wu_get = val_new
End Property

Public Property Get fyk() As Single
    fyk = fyk_get
```

End Property

Public Property Let fyk(ByVal val_new As Single)

fyk_get = val_new

End Property

Public Property Get theta_rad() As Single

theta_rad = theta_get

End Property

Public Property Let theta_rad(ByVal val_new As Single)

theta_get = val_new

End Property

Public Property Get fck() As Single

fck = fck_get

End Property

Public Property Let fck(ByVal val_new As Single)

fck_get = val_new

End Property

Public Property Get Ted() As Single

Ted = Ted_get

End Property

Public Property Let Ted(ByVal val_new As Single)

Ted_get = val_new

End Property

Public Property Get d() As Single

d = d_get

End Property

```
Public Property Let d(ByVal val_new As Single)
    d_get = val_new
End Property
```

```
Public Property Get Ak() As Single
    Ak = Ak_get
End Property
```

```
Public Property Let Ak(ByVal val_new As Single)
    Ak_get = val_new
End Property
```

```
Public Property Get Uk() As Single
    Uk = Uk_get
End Property
```

```
Public Property Let Uk(ByVal val_new As Single)
    Uk_get = val_new
End Property
```

```
Private Sub Command1_Click()
    frm_data.Hide
    frm_main.Show
End Sub
```

A3 Kod Untuk Atur Cara Laman Semakan 1

Option Explicit

```
Private Sub cmd_back_Click()
    frm_data.Show
    frm_display.Hide
End Sub
```

```
Private Sub cmd_next_Click()
```

```
frm_display.Hide
```

```
frm_design.Show
```

```
End Sub
```

A4 Kod Untuk Atur cara Laman Pemilihan Bar dan Perangkai

```
Option Explicit
```

```
Dim d_bar As Single, No_bar As Single, d_link As Single, spcg As Single, Pi As  
Single, _
```

```
A_bar As Single, Bar_A As Single, z As Single, eq2, Asw_pro As Single, Ved_s As  
Single, _
```

```
Asw As Single, Ftd As Single, Asw_s As Single, Asw_t As Single, As1 As Single
```

```
Private Sub cmd_back_Click()
```

```
frm_display.Show
```

```
frm_design.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmd_next_Click()
```

```
'input
```

```
d_bar = Val(cbo_size.Text)
```

```
No_bar = Val(cbo_Nobar.Text)
```

```
d_link = Val(cbo_link.Text)
```

```
spcg = Val(cbo_spc.Text)
```

```
Pi = 3.1412
```

```
'input check
```

```
If d_bar = 0 Or No_bar = 0 Or d_link = 0 Or spcg = 0 Then
```

```
    Call MsgBox("Sila pastikan semua input mempunyai nilai ", vbCritical)
```

```
Else
```

```

'bar size
A_bar = Pi * (d_bar ^ 2) / 4
Bar_A = A_bar * No_bar

'link
Asw_pro = ((Pi * d_link ^ 2) / (4 * spcg)) * 2

'shear link
Ved_s = Ved_get - (Wu_get * d_get / 1000)
Asw = (Ved_s * 10 ^ 3) / (0.78 * fyk_get * d_get * (1 / Tan(theta_get)))

'extra longitudinal tensile force
Ftd = 0.5 * Ved_get * (1 / Tan(theta_get))

'additional link
Asw_s = Ted_get * 10 ^ 6 / (2 * Ak_get * 10 ^ 3 * 0.87 * fyk_get * 1 /
Tan(theta_get))
eq2 = Uk_get / d_link

'shear+torsion
Asw_t = Asw + 2 * Asw_s

'additional longitudinal reinforcement area for torsion
As1 = Ted_get * 10 ^ 6 * Uk_get * (1 / Tan(theta_get)) / (2 * Ak_get * 10 ^ 3 *
0.87 * fyk_get)

'bending
If As1 > Bar_A Then
    frm_display2.lbl_d2.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Sila sediakan saiz
tetulang" _
    & " yang lebih besar"
Else
    frm_display2.lbl_d2.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Sediakan " & _
    Format(No_bar, "##") & " " & "Bar" & " " & "H" & Format(d_bar, "##") _
    & " ,luas =" & Format(Bar_A, "000") & " mm" & Chr(178) _
    & vbNewLine & Chr(187) & " Saiz tetulang disediakan, " & Format(Bar_A,
"##") & " mm" & Chr(178) & " > " & _
    "Saiz tetulang yang diperlukan, " & Format(As1, "##") & " mm" & Chr(178)
End If

'shear
If Asw_t > Asw_pro Then

```

```

frm_display2.lbl_d1.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Tetulang ricih
yang " _
& "diperlukan tidak mencukupi," & "sila pilih semula nilai!"
Else
If spcg > eq2 Then
frm_display2.lbl_d1.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Sila semak
semula " _
& "nilai jarak perangkai!" & vbNewLine & Chr(187) & " Uk/diameter rakap
< jarak, s"
Else
frm_display2.lbl_d1.Caption = vbNewLine & Chr(187) & " Sediakan
perangkai " & Format(d_link, "##") & " mm" & " pada jarak " & Format(spcg, "##")
& _
" mm dari pusat, Asw/s = " & Format(Asw_pro, "#0.000") & vbNewLine & _
Chr(187) & " Uk/diameter rakap > jarak, s" & vbNewLine & Chr(187) & "
Asw/s yang diperlukan = " & _
Format(Asw_t, "0.000") & " < " & "Asw/s yang disediakan = " &
Format(Asw_pro, "0.000")
End If
End If
frm_display2.Show
frm_design.Hide
End If
End Sub

```

A5 Kod Untuk Atur Cara Laman Semakan 2

Option Explicit

```

Private Sub cmd_back_Click()
frm_display2.Hide
frm_design.Show
End Sub

```

```
Private Sub cmd_next_Click()
```

```
frm_display2.Hide
```

```
frm_main.Show
```

```
End Sub
```

A6 Kod Untuk Atur Cara Laman Menu Analisis

Option Explicit

```
Private Sub Image1_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmd_back_Click()
```

```
frm_analysis.Hide
```

```
frm_main.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmd_next_Click()
```

```
If opt_sel(0) = True And opt_sel(1) = False And opt_sel(2) = False Then
```

```
frm_T.Show
```

```
ElseIf opt_sel(0) = False And opt_sel(1) = True And opt_sel(2) = False Then
```

```
frm_L.Show
```

```
ElseIf opt_sel(0) = False And opt_sel(1) = False And opt_sel(2) = True Then
```

```
frm_I.Show
```

```
End If
```

```
frm_analysis.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub opt_sel_Click(Index As Integer)
```

```
Select Case Index
```

```
Case 0
```

```
img_T.Visible = True
```

```
img_L.Visible = False
```

```
img_I.Visible = False
```

```
Case 1
```

```
img_T.Visible = False
```

```
img_L.Visible = True
```

```
img_I.Visible = False
```

```
Case 2
```

```
img_T.Visible = False
```

```
img_L.Visible = False
```

```
img_I.Visible = True
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

A7 Kod Untuk Atur Cara Laman Analisis Keratan I, L Dan T

1. Keratan T

```
Option Explicit
```

```
Dim h As Single, bw As Single, bf As Single, hf As Single, Tot As Single, _
```

```
T As Single, b2 As Single, eq1 As Single, eq2 As Single, T1 As Double, T2 As
```

```
Double, _
```

```
To1 As Single, To2 As Single, Ted As Single, hmax1 As Single, hmin1 As Single, _
```

```
K As Single, hmax2 As Single, hmin2 As Single, K2 As Single
```

```
Private Sub cmd_back_Click()
```

```
frm_T.Hide
```

```
frm_analysis.Show
```

```
lbl_1.Caption = ""
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmd_calc_Click()
```

```
h = Val(txt_h.Text)
```

```
bw = Val(txt_bw.Text)
```

```
bf = Val(txt_bf.Text)
```

```
hf = Val(txt_hf.Text)
```

```
Ted = Val(txt_Ted.Text)
```

```
b2 = (bf - bw) / 2
```

```
'checking data
```

```
If h = 0 Or bw = 0 Or bf = 0 Or hf = 0 Or Ted = 0 Then
```

```
    Call MsgBox("Sila pastikan semua input mempunyai nilai ", vbCritical)
```

```
Else
```

```
'calculations
```

```
If h >= bw Then
```

```
    hmax1 = h
```

```
    hmin1 = bw
```

```
    eq1 = hmax1 / hmin1
```

```
    If eq1 = 1 Or eq1 < 1.2 Then
```

```
        K = 0.14
```

```
    ElseIf eq1 >= 1.2 And eq1 < 1.5 Then
```

```
        K = 0.17
```

```
    ElseIf eq1 >= 1.5 Or eq1 < 2 Then
```

```
        K = 0.2
```

```
    ElseIf eq1 >= 2 Or eq1 < 2.5 Then
```

```
        K = 0.23
```

```
    ElseIf eq1 >= 2.5 Or eq1 < 3 Then
```

```
        K = 0.25
```

```
    ElseIf eq1 >= 3 Or eq1 < 4 Then
```

```
        K = 0.26
```

```
    ElseIf eq1 >= 4 Or eq1 < 5 Then
```

```
K = 0.28
ElseIf eq1 >= 5 Or eq1 < 10 Then
    K = 0.29
ElseIf eq1 = 10 Then
    K = 0.31
ElseIf eq1 > 10 Then
    K = 0.33
End If
If b2 >= hf Then
    hmax2 = b2
    hmin2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28
    ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
        K2 = 0.29
    ElseIf eq2 = 10 Then
        K2 = 0.31
    ElseIf eq2 > 10 Then
        K2 = 0.33
    End If
Else
```

```

hmin2 = b2
hmax2 = hf
eq2 = hmax2 / hmin2
  If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
    K2 = 0.14
  ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
    K2 = 0.17
  ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
    K2 = 0.2
  ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
    K2 = 0.23
  ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
    K2 = 0.25
  ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
    K2 = 0.26
  ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
    K2 = 0.28
  ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
    K2 = 0.29
  ElseIf eq2 = 10 Then
    K2 = 0.31
  ElseIf eq2 > 10 Then
    K2 = 0.33
  End If
End If
Else
  hmin1 = h
  hmax1 = bw
  eq1 = hmax1 / hmin1
  If eq1 = 1 Or eq1 < 1.2 Then
    K = 0.14
  ElseIf eq1 >= 1.2 And eq1 < 1.5 Then
    K = 0.17
  ElseIf eq1 >= 1.5 Or eq1 < 2 Then

```

```

K = 0.2
ElseIf eq1 >= 2 Or eq1 < 2.5 Then
    K = 0.23
ElseIf eq1 >= 2.5 Or eq1 < 3 Then
    K = 0.25
ElseIf eq1 >= 3 Or eq1 < 4 Then
    K = 0.26
ElseIf eq1 >= 4 Or eq1 < 5 Then
    K = 0.28
ElseIf eq1 >= 5 Or eq1 < 10 Then
    K = 0.29
ElseIf eq1 = 10 Then
    K = 0.31
ElseIf eq1 > 10 Then
    K = 0.33
End If

If b2 > hf Then
    hmax2 = b2
    hmin2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28

```

```

ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
    K2 = 0.29
ElseIf eq2 = 10 Then
    K2 = 0.31
ElseIf eq2 > 10 Then
    K2 = 0.33
End If
End If
End If
T1 = K * (hmin1 ^ 3 * hmax1)
T2 = K2 * (hmin2 ^ 3 * hmax2)
To1 = Ted * T1 / (T1 + 2 * T2)
To2 = Ted * T2 / (T1 + 2 * T2)
lbl_1.Caption = "Puntiran pada keratan 1 adalah " & _
Format(To1, "0.00 ") & " kN" & vbNewLine & "Puntiran pada" _
& " keratan 2 adalah " & Format(To2, "0.00 ") & " kN"
End If
End Sub

```

2. Keratan I

```

Option Explicit
Dim h As Single, bw As Single, bf As Single, hf As Single, Tot As Single, _
T As Single, b2 As Single, eq1 As Single, eq2 As Single, T1 As Double, T2 As
Double, _
To1 As Single, To2 As Single, Ted As Single, hmax1 As Single, hmin1 As Single, _
K As Single, hmax2 As Single, hmin2 As Single, K2 As Single

Private Sub cmd_back_Click()
    frm_I.Hide
    frm_analysis.Show
    lbl_1.Caption = ""
End Sub

```

```
Private Sub cmd_calc_Click()  
h = Val(txt_h.Text)  
bw = Val(txt_bw.Text)  
bf = Val(txt_bf.Text)  
hf = Val(txt_hf.Text)  
Ted = Val(txt_Ted.Text)  
  
b2 = (bf - bw) / 2  
  
'checking data  
If h = 0 Or bw = 0 Or bf = 0 Or hf = 0 Or Ted = 0 Then  
    Call MsgBox("Sila pastikan semua input mempunyai nilai ", vbCritical)  
Else  
'calculations  
If h >= bw Then  
    hmax1 = h  
    hmin1 = bw  
    eq1 = hmax1 / hmin1  
    If eq1 = 1 Or eq1 < 1.2 Then  
        K = 0.14  
    ElseIf eq1 >= 1.2 And eq1 < 1.5 Then  
        K = 0.17  
    ElseIf eq1 >= 1.5 Or eq1 < 2 Then  
        K = 0.2  
    ElseIf eq1 >= 2 Or eq1 < 2.5 Then  
        K = 0.23  
    ElseIf eq1 >= 2.5 Or eq1 < 3 Then  
        K = 0.25  
    ElseIf eq1 >= 3 Or eq1 < 4 Then  
        K = 0.26  
    ElseIf eq1 >= 4 Or eq1 < 5 Then  
        K = 0.28  
    ElseIf eq1 >= 5 Or eq1 < 10 Then  
        K = 0.29
```

```
ElseIf eq1 = 10 Then
    K = 0.31
ElseIf eq1 > 10 Then
    K = 0.33
End If
If b2 >= hf Then
    hmax2 = b2
    hmin2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28
    ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
        K2 = 0.29
    ElseIf eq2 = 10 Then
        K2 = 0.31
    ElseIf eq2 > 10 Then
        K2 = 0.33
    End If
Else
    hmin2 = b2
    hmax2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
```

```

    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28
    ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
        K2 = 0.29
    ElseIf eq2 = 10 Then
        K2 = 0.31
    ElseIf eq2 > 10 Then
        K2 = 0.33
    End If
End If
Else
    hmin1 = h
    hmax1 = bw
    eq1 = hmax1 / hmin1
    If eq1 = 1 Or eq1 < 1.2 Then
        K = 0.14
    ElseIf eq1 >= 1.2 And eq1 < 1.5 Then
        K = 0.17
    ElseIf eq1 >= 1.5 Or eq1 < 2 Then
        K = 0.2
    ElseIf eq1 >= 2 Or eq1 < 2.5 Then
        K = 0.23

```

```
ElseIf eq1 >= 2.5 Or eq1 < 3 Then
    K = 0.25
ElseIf eq1 >= 3 Or eq1 < 4 Then
    K = 0.26
ElseIf eq1 >= 4 Or eq1 < 5 Then
    K = 0.28
ElseIf eq1 >= 5 Or eq1 < 10 Then
    K = 0.29
ElseIf eq1 = 10 Then
    K = 0.31
ElseIf eq1 > 10 Then
    K = 0.33
End If
If b2 > hf Then
    hmax2 = b2
    hmin2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28
    ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
        K2 = 0.29
    ElseIf eq2 = 10 Then
```

```

        K2 = 0.31
    ElseIf eq2 > 10 Then
        K2 = 0.33
    End If
End If
End If
T1 = K * (hmin1 ^ 3 * hmax1)
T2 = K2 * (hmin2 ^ 3 * hmax2)
To1 = Ted * T1 / (T1 + T2)
To2 = Ted * T2 / (T1 + T2)
lbl_1.Caption = "Puntiran pada keratan 1 adalah " & _
Format(To1, "0.00 ") & " kN" & vbNewLine & "Puntiran pada" _
& " keratan 2 adalah " & Format(To2, "0.00 ") & " kN"
End If
End Sub

```

3. Keratan L

```

Option Explicit
Dim h As Single, bw As Single, bf As Single, hf As Single, Tot As Single, _
T As Single, b2 As Single, eq1 As Single, eq2 As Single, T1 As Double, T2 As
Double, _
To1 As Single, To2 As Single, Ted As Single, hmax1 As Single, hmin1 As Single, _
K As Single, hmax2 As Single, hmin2 As Single, K2 As Single

Private Sub cmd_back_Click()
    frm_L.Hide
    frm_analysis.Show
    lbl_1.Caption = ""
End Sub

Private Sub cmd_calc_Click()
    h = Val(txt_h.Text)
    bw = Val(txt_bw.Text)

```

```

bf = Val(txt_bf.Text)
hf = Val(txt_hf.Text)
Ted = Val(txt_Ted.Text)

b2 = h - hf

'checking data
If h = 0 Or bw = 0 Or bf = 0 Or hf = 0 Or Ted = 0 Then
    Call MsgBox("Sila pastikan semua input mempunyai nilai ", vbCritical)
Else
'calculations
If b2 >= bw Then
    hmax1 = h
    hmin1 = bw
    eq1 = hmax1 / hmin1
    If eq1 = 1 Or eq1 < 1.2 Then
        K = 0.14
    ElseIf eq1 >= 1.2 And eq1 < 1.5 Then
        K = 0.17
    ElseIf eq1 >= 1.5 Or eq1 < 2 Then
        K = 0.2
    ElseIf eq1 >= 2 Or eq1 < 2.5 Then
        K = 0.23
    ElseIf eq1 >= 2.5 Or eq1 < 3 Then
        K = 0.25
    ElseIf eq1 >= 3 Or eq1 < 4 Then
        K = 0.26
    ElseIf eq1 >= 4 Or eq1 < 5 Then
        K = 0.28
    ElseIf eq1 >= 5 Or eq1 < 10 Then
        K = 0.29
    ElseIf eq1 = 10 Then
        K = 0.31
    ElseIf eq1 > 10 Then

```

```
K = 0.33
End If
If bf >= hf Then
    hmax2 = bf
    hmin2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28
    ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
        K2 = 0.29
    ElseIf eq2 = 10 Then
        K2 = 0.31
    ElseIf eq2 > 10 Then
        K2 = 0.33
    End If
Else
    hmin2 = bf
    hmax2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
```

```
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28
    ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
        K2 = 0.29
    ElseIf eq2 = 10 Then
        K2 = 0.31
    ElseIf eq2 > 10 Then
        K2 = 0.33
    End If
End If
Else
    hmin1 = b2
    hmax1 = bw
    eq1 = hmax1 / hmin1
    If eq1 = 1 Or eq1 < 1.2 Then
        K = 0.14
    ElseIf eq1 >= 1.2 And eq1 < 1.5 Then
        K = 0.17
    ElseIf eq1 >= 1.5 Or eq1 < 2 Then
        K = 0.2
    ElseIf eq1 >= 2 Or eq1 < 2.5 Then
        K = 0.23
    ElseIf eq1 >= 2.5 Or eq1 < 3 Then
        K = 0.25
    ElseIf eq1 >= 3 Or eq1 < 4 Then
```

```
K = 0.26
ElseIf eq1 >= 4 Or eq1 < 5 Then
    K = 0.28
ElseIf eq1 >= 5 Or eq1 < 10 Then
    K = 0.29
ElseIf eq1 = 10 Then
    K = 0.31
ElseIf eq1 > 10 Then
    K = 0.33
End If

If bf > hf Then
    hmax2 = bf
    hmin2 = hf
    eq2 = hmax2 / hmin2
    If eq2 = 1 Or eq2 < 1.2 Then
        K2 = 0.14
    ElseIf eq2 >= 1.2 And eq2 < 1.5 Then
        K2 = 0.17
    ElseIf eq2 >= 1.5 Or eq2 < 2 Then
        K2 = 0.2
    ElseIf eq2 >= 2 Or eq2 < 2.5 Then
        K2 = 0.23
    ElseIf eq2 >= 2.5 Or eq2 < 3 Then
        K2 = 0.25
    ElseIf eq2 >= 3 Or eq2 < 4 Then
        K2 = 0.26
    ElseIf eq2 >= 4 Or eq2 < 5 Then
        K2 = 0.28
    ElseIf eq2 >= 5 Or eq2 < 10 Then
        K2 = 0.29
    ElseIf eq2 = 10 Then
        K2 = 0.31
    ElseIf eq2 > 10 Then
        K2 = 0.33
```

```

        End If
    End If
End If
T1 = K * (hmin1 ^ 3 * hmax1)
T2 = K2 * (hmin2 ^ 3 * hmax2)
To1 = Ted * T1 / (T1 + T2)
To2 = Ted * T2 / (T1 + T2)
lbl_1.Caption = "Puntiran pada keratan 1 adalah " & _
Format(To1, "0.00 ") & " kN" & vbNewLine & "Puntiran pada" _
& " keratan 2 adalah " & Format(To2, "0.00 ") & " kN"
End If
End Sub

```

A8 Kod untuk Modul

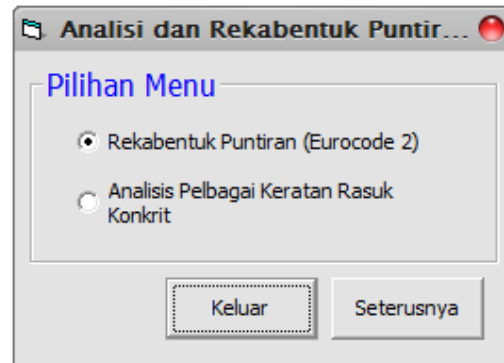
Option Explicit

```

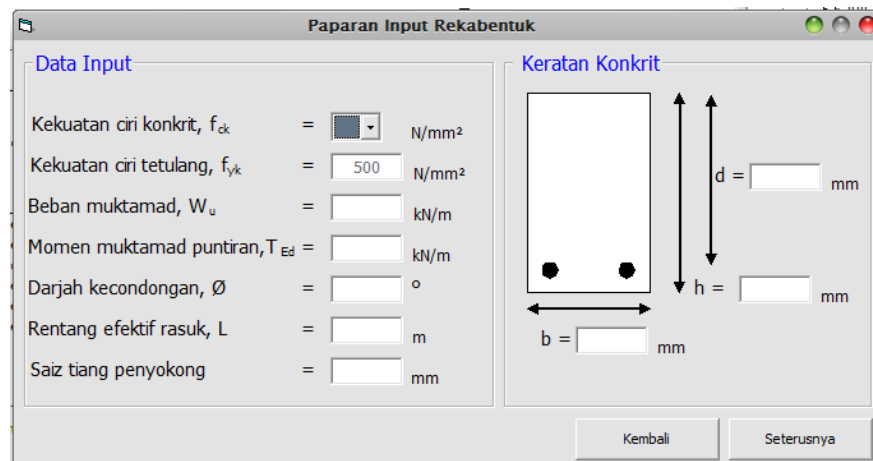
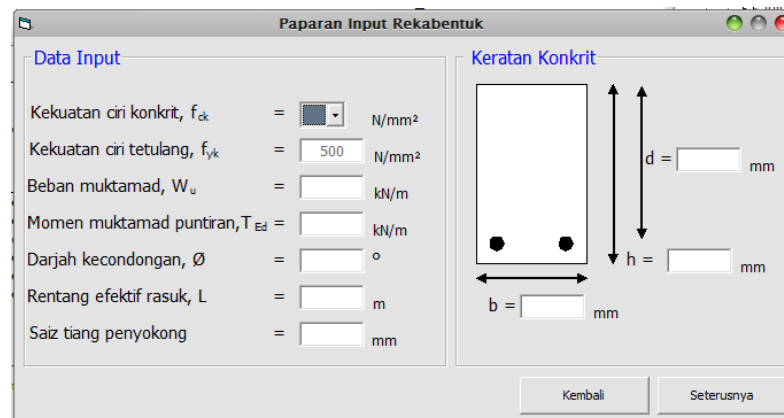
Public Ved_get As Single, Wu_get As Single, fyk_get As Single, _
theta_get As Single, fck_get As Single, Ted_get As Single, d_get As Single, _
Ak_get As Single, Uk_get As Single

```

B1 Paparan Laman Utama



B2 Paparan Laman Reka bentuk Puntiran



Keputusan dan Semakan

—Semakan ricih maksimum pada permukaan penyokong —

» Darjah kecondongan adalah sama seperti nilai anggapan yang diberikan.
 » $V_{rd,max}$, 530.323 kN > V_{ed} , 307.80 kN

—Penukaran keratan segiempat kepada keratan kotak berongga —

» Ketebalan keratan kotak, $t = 100$ mm
 » Luas di dalam garis tengah, $A_k = 100000$ mm²
 » Perimeter garis tengah, $U_k = 1400.00$ mm

—Semakan keratan konkrit —

» Keratan konkrit yang disediakan mencukupi
 » $T_{ed}/T_{rd,max} + V_{ed}/V_{rd,max} \leq 1$

Kembali Seterusnya

Paparan Pemilihan Tetulang

Input saiz tetulang

Saiz bar 16 mm
 Bilangan bar 06

Input perangkai

Diameter perangkai 08 mm
 Jarak perangkai 125

Kembali Seterusnya

Semakan Telang dan Ricih

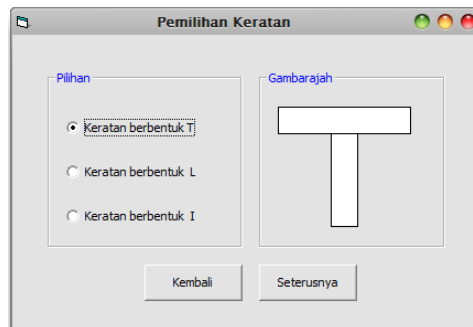
—Semakan perangkai untuk ricih dan puntiran —

» Sediakan perangkai 8 mm pada jarak 125 mm dari pusat, $A_{sw}/s = 0.804$
 » $U_k/\text{diameter rangkap} > \text{jarak, } s$
 » A_{sw}/s yang diperlukan = 0.701 < A_{sw}/s yang disediakan = 0.804

—Tetulang longitud tambahan untuk puntiran —

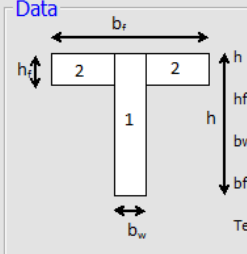
» Sediakan 6 Bar H16, $J_{uas} = 1206$ mm²
 » Saiz tetulang disediakan, 1206 mm² > Saiz tetulang yang diperlukan, 956 mm²

Kembali Seterusnya

B3 Paparan Menu Analisis Keratan

Keratan Berbentuk T

Data



b_r

h_f

2

2

1

b_w

h

h_f

b_w

h_f

h

b_w

Ted

mm

mm

mm

mm

kN/m

Kembali

Kira