

33369/4/08



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



RSS
624.083 425
Tir
9-1

2008

TUGAS AKHIR - PS 1380

**ANALISIS PENAMPANG KOLOM BETON
BERTULANG MENGGUNAKAN VISUAL BASIC 6.0
DENGAN MEMPERHITUNGAN EFEK
PENGEKANGAN**

RECKY TIRTAJAYA
NRP 3104 100 012

Dosen Pembimbing
Tavio, ST, MT, Ph.D
Ir. Iman Wimbadi, MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima:	15 - 8 - 2008
Terima Dari:	H
No. Agenda Prp.	221649



FINAL PROJECT - PS 1380

**ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE
COLUMN SECTIONS WITH CONFINEMENT
USING VISUAL BASIC 6.0**

**RECKY TIRTAJAYA
NRP 3104 100 012**

**Academic Supervisor
Tavio, ST, MT, Ph.D
Ir. Iman Wimbadi, MS**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2008**

**ANALISIS PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG
MENGUNAKAN VISUAL BASIC 6.0 DENGAN
MEMPERHITUNGAN EFEK PENGEKANGAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

RECKY TIRTAJAYA

Nrp. 3104 100 012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



1. Tavio, ST, MT, Ph.D (Pembimbing I)

2. Ir. Iman Wimbadi, MS (Pembimbing II)

SURABAYA, AGUSTUS 2008

ANALISIS PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG MENGUNAKAN VISUAL BASIC 6.0 DENGAN MEMPERHITUNGKAN EFEK PENGEKANGAN

Nama Mahasiswa : Recky Tirtajaya
NRP : 3104 100 012
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Tavio, ST, MT, Ph.D
2. Ir. Iman Wimbadi, MS

Abstrak

Perkembangan teknologi konstruksi dewasa ini terutama konstruksi beton bertulang seringkali menuntut penggunaan elemen-elemen struktur yang berkinerja tinggi dan daktail, Hal ini disebabkan oleh beberapa kasus keruntuhan bangunan karena gempa yang terjadi akhir-akhir ini. Untuk mencegah keruntuhan mendadak suatu struktur, perencanaan kolom beton bertulang yang berfungsi sebagai penahan gaya gempa harus diperhatikan dengan seksama. Perencanaan kolom selama ini didasarkan pada perilaku tegangan-regangan beton tak terkekang (pendekatan penyederhanaan blok stress), padahal dengan adanya tulangan baja pengekang akan sangat berpengaruh pada kapasitas nominal kolom, terutama pada daerah kontrol tekan.

Untuk menganalisa efek (pengaruh) pengekangan lateral terhadap penambahan kapasitas kolom, maka dilakukan suatu studi terhadap penampang kolom beton bertulang yang terkekang. Karena perhitungan yang cukup rumit dengan iterasi yang panjang, maka dibutuhkan suatu program komputer sebagai alat bantu. Untuk mencapai tujuan penelitian/studi ini, sebuah program sederhana dikembangkan dengan memakai bahasa pemrograman Visual Basic 6.0. Program bantu ini dinamakan ConfinedCOL v.1, dan dapat diaplikasikan untuk kolom berpenampang bujursangkar (square) dengan tulangan pada empat sisi dan dua sisi. Program ini dapat digunakan baik untuk beton mutu normal (NSC) maupun beton mutu tinggi (HSC). Pemodelan hubungan tegangan-regangan beton terkekang yang diadopsi di dalam studi ini antara lain Kent-Park (1971), Sheikh-Uzumeri (1982), Mander-Priestley (1988), Yong-Nawy (1988), Cusson-

Paultre (1995), Diniz-Frangopol (1997), Kappos-Konstantinidis (1999), Hong-Han (2005) dan Kusuma-Tavio (2008). Hasil yang diperoleh dari semua pemodelan tersebut telah diuji keakuratannya.

Dari studi ini dapat disimpulkan bahwa pengekangan lateral akan mempengaruhi bentuk kurva tegangan-regangan beton. Perubahan ini jelas terlihat dari nilai tegangan puncak, regangan puncak dan regangan ultimatnya. Perubahan bentuk kurva ini selanjutnya akan mempengaruhi luas area desak beton yang berada di bawah kurva tegangan-regangan, yang tentunya akan menambah besarnya gaya tekan beton (C_c). Penambahan nilai C_c akan berpengaruh pada penambahan kapasitas kolom.

Dari hasil studi ini diketahui bahwa ada enam faktor utama yang paling menentukan efektifitas pengekangan yaitu diameter sengkang, spasi antar sengkang, mutu baja tulangan sengkang, konfigurasi sengkang, jumlah dan ukuran tulangan longitudinal serta konfigurasi tulangan longitudinal. Studi parametrik dilakukan dengan maksud membandingkan tingkat efektifitas masing-masing parameter tersebut. Dari hasil perbandingan, dapat disimpulkan bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap penambahan kapasitas nominal kolom adalah spasi antar sengkang.

Kata kunci : ConfinedCOL v.1, diagram interaksi aksial-momen, efek pengekangan, kapasitas kolom, kurva tegangan-regangan, parameter pengekangan, Visual Basic 6.0.

ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE COLUMN SECTIONS WITH CONFINEMENT USING VISUAL BASIC 6.0

Name of Student : Recky Tirtajaya
NRP : 3104 100 012
Department : Civil Engineering, FTSP-ITS
Supervisor : 1. Tavio, ST., MT., Ph.D
2. Ir. Iman Wimbadi, MS.

Abstract

Recent development in construction technology particularly in reinforced concrete structures often requires higher capacity and ductility of structural members. This is due to the recent earthquakes that have caused several collapses of the buildings. To prevent a building structure from brittle failure, the design of reinforced concrete column in a seismic force-resisting frame must be of important consideration. Up to present, the design of a column is based on the behavior of stress-strain curve of unconfined concrete (simplified block stress). The nominal strength of a column is very much affected with the existence of confining steel especially when it is in the compression control.

To analyze the effect of lateral confinement in terms of the increase in capacity, a study on the behavior of reinforced column is conducted. The long iteration process in the calculation procedure requires the aid of a computer programming. To achieve the objective of the research, a simple program is developed in this study to accelerate the analytical process using Visual Basic 6.0. This program is named ConfinedCOL v.1 and it can be implemented for square columns either with two-face or four-face longitudinal reinforcement. It is also applicable either for normal- or high-strength concrete. The stress-strain relationships for confined concrete adopted in the study are as follows: Kent-Park (1971); Sheikh-Uzumeri (1982); Mander-Priestley (1988); Yong-Nawy (1988); Cusson-Paultre (1995); Diniz-Frangopol (1997); Kappos-Konstantinidis (1999); Hong-Han (2005); and Kusuma-

Tavio (2008). The results obtained from all the models had been well confirmed to be accurate.

From the study, it can be concluded that the lateral confinement affects the shape and magnitude of the stress-strain curves. It is clearly shown from the values of peak stress, corresponding strain, as well as the ultimate strain. The changes in stress also influence the total compression area of concrete. This in turn affects the total compression force of concrete (C_c). Furthermore, the changes in C_c govern the capacity of the column.

From the investigation, it is known that there are six key factors affecting the effectiveness of lateral confinement. The six parameters are the hoops diameter, spacing of transverse steel, yield strength of transverse steel, ties configuration, number and size of bars, and configuration of longitudinal bars. The parametric study carried out is intended to compare the effectiveness of each parameter. From the comparison, it can be conclude that the most influencing parameter is found to be the spacing of transverse steel which provides the most significant effect on the increase of the column capacity.

Keywords: Axial-moment interaction diagram, column capacity, ConfinedCOL v.1, confinement effects, confinement parameters, stress-strain curves, Visual Basic 6.0.

KATA PENGANTAR

Segala pujian dan kemuliaan hanya bagi Tuhan Yesus Kristus. Oleh anugerah-Nya sajalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang Menggunakan VISUAL BASIC 6.0 dengan Memperhitungkan Efek Pengekangan” ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Adapun Tugas akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil FTSP Surabaya. Tugas Akhir ini terdiri dari tujuh Bab yang berisi satu Bab pendahuluan, dua Bab tinjauan pustaka, satu Bab metodologi pelaksanaan, dua Bab pembahasan dan satu Bab penutup. Semua informasi yang disajikan di dalam Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang ketekniksipilan, khususnya menambah pengetahuan tentang efek pengekangan kolom beton bertulang terhadap kapasitas nominal kolom tersebut.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Tavo, ST, MT, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan sebanyak mungkin waktunya untuk membimbing, mendorong dan memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tanpa beliau dan semangat yang beliau berikan tidak mungkin Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ir. Iman Wimbadi, MS. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam merampungkan penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bambang Pisceca, ST. yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan program ConfinedCOL v.1. Semua penjelasan yang diberikan sangat banyak membantu penulis dalam memahami algoritma pemrograman ini.

4. Davina F. Simatupang yang sudah meminjamkan printernya berbulan-bulan untuk dipakai penulis selama proses seminar, siding, sampai pengumpulan Tugas Akhir. Benar-benar “saudara” yang baik. *Seorang sahabat menaruh kasih setiap waktu, dan menjadi seorang saudara dalam kesukaran (Amsal 17:17).*
5. Dewi, Hamzah, Melati dan rekan-rekan seperjuangan angkatan 2004 lainnya yang sudah menularkan semangatnya kepada penulis. Kita semua akan berhasil suatu saat nanti.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan dapat dijadikan bahan pembelajaran.

Surabaya, Agustus 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxv
BAB I	
PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Permasalahan	3
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan	5
I.5 Manfaat	5
BAB II	
DASAR TEORI KOLOM	
II.1 Kolom Beton Bertulang	7
II.2 Diagram Interaksi Kolom Beton Bertulang	9
II.2.1 Teori dasar	10
II.2.2 Penggambaran diagram interaksi aksial-momen	12

BAB III

DASAR TEORI PENGEKANGAN

III.1	Pengekangan Kolom Beton Bertulang	21
III.2	Hubungan Pengekangan Kolom Beton Bertulang dengan Ketahanan Terhadap Gempa	25
III.3	Ketentuan Pengekangan Kolom Beton Bertulang Dalam SNI 03-2847-2002	36

BAB IV

METODOLOGI

IV.1	Studi Literatur	38
IV.2	Menetapkan Metode Usulan untuk Penggambaran Kurva Tegangan-Regangan	39
IV.2.1	Metode-metode pengekangan (<i>confined concrete</i>)	40
IV.2.1.1	Metode Kent dan Park (1971)	40
IV.2.1.2	Metode Sheikh dan Uzumeri (1982)	42
IV.2.1.3	Metode Mander dan Priestley (1988)	45
IV.2.1.4	Metode Yong dan Nawy (1988)	48
IV.2.1.5	Metode Cusson dan Paultre (1995)	51
IV.2.1.6	Metode Diniz dan Frangopol (1997)	55
IV.2.1.7	Metode Kappos dan Konstantinidis (1999)	57
IV.2.1.8	Metode Hong dan Han (2005)	59
IV.2.1.9	Metode Kusuma dan Tavio (2008)	61
IV.2.2	Metode tanpa pengekangan (<i>unconfined concrete</i>)	64
IV.2.2.1	Blok stress Whitney (1937)	64
IV.2.2.2	Metode unconfined Kent-Park (1971)	65
IV.2.2.3	Metode unconfined Popovics (1973)	66
IV.2.2.4	Metode unconfined Thorenfeldt (1987)	67
IV.3	Algoritma	68
IV.4	Membuat Program dengan Visual Basic 6.0	68

BAB V

PENGARUH PENGEKANGAN TERHADAP KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON

V.1	Kurva Tegangan-Regangan Beton Tidak Terkekang (<i>Unconfined Concrete</i>)	71
V.2	Pengaruh Pengekangan Lateral Terhadap Kurva Tegangan Regangan Beton Terkekang (<i>Confined Concrete</i>)	75
V.2.1	Perbedaan kurva tegangan-regangan beton tidak terkekang dengan beton terkekang	75
V.2.2	Pengaruh diameter sengkang	84
V.2.3	Pengaruh spasi antar sengkang	93
V.2.4	Pengaruh mutu sengkang	102
V.2.5	Pengaruh konfigurasi sengkang	111
V.2.6	Pengaruh jumlah dan ukuran tulangan longitudinal	120
V.2.7	Pengaruh konfigurasi tulangan longitudinal	129
V.2.8	Kesimpulan pengaruh pengekangan terhadap kurva tegangan-regangan beton	138
V.3	Pengaruh Kurva Tegangan-Regangan Terhadap Luas Area Desak Beton	148

BAB VI

PENGARUH PENGEKANGAN TERHADAP KAPASITAS KOLOM

VI.1	Pengekangan pada Beton Mutu Normal (<i>Normal-Strength Concrete / NSC</i>)	159
VI.2	Pengekangan pada Beton Mutu Tinggi (<i>High-Strength Concrete / HSC</i>)	175
VI.3	Studi Parametrik Kontribusi Pengekangan terhadap Kapasitas Penampang	192
VI.3.1	Perbandingan efektifitas diameter sengkang dengan spasi sengkang	192
VI.3.2	Perbandingan efektifitas spasi sengkang	

dengan konfigurasi sengkang	199
VI.4 Peningkatan Kapasitas Aksial-Momen terhadap Peningkatan Persentase Tulangan Longitudinal	202
BAB VII	
PENUTUP	
VII.1 Kesimpulan	219
VII.2 Saran	221
DAFTAR PUSTAKA	223
LAMPIRAN	225
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

	Hal	
Gambar 2.1	Perbedaan perilaku keruntuhan kolom sengkang dan spiral (Nilson, 1991)	8
Gambar 2.2	Beban Aksial dan Momen pada Kolom	10
Gambar 2.3	Diagram Interaksi untuk Kolom Elastis	12
Gambar 2.4	Hubungan P-M pada keruntuhan kolom beton bertulang	14
Gambar 2.5	Potongan penampang kolom dengan asumsi distribusi regangan dan tegangan, beserta tanda dan notasi	15
Gambar 2.6	Asumsi batasan gaya yang bekerja pada tulangan	17
Gambar 2.7	Gaya-gaya internal dan lengan momen	19
Gambar 3.1	Beberapa usulan kurva tegangan-regangan beton yang dikekang oleh sengkang persegi, (a) Chan dan Blume; (b) Baker; (c) Roy dan Sozen; (d) Soliman dan Yu; (e) Sargin.	22
Gambar 3.2	Variasi tegangan pengekang akibat jumlah dan susunan tulangan (longitudinal dan transversal)	22
Gambar 3.3	Efektifitas Pengekangan. (a) sengkang persegi; (b) spiral	23
Gambar 3.4	Jarak antar sengkang mempengaruhi efektifitas pengekangan	24
Gambar 3.5	Detail geometri benda uji	26
Gambar 3.6	Alat penguji Saatcioglu-Ozcebe (1986)	27
Gambar 3.7	Catatan pembebanan lateral Saatcioglu-Ozcebe (1986)	28
Gambar 3.8	(a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U3; (b) Benda uji U3 pada akhir siklus $3\Delta_y$	29
Gambar 3.9	(a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U4; (b) Benda uji U4 pada akhir siklus $3\Delta_y$	30
Gambar 3.10	(a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U6; (b) Benda uji U6 pada akhir siklus $3\Delta_y$	31
Gambar 3.11	(a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U7; (b) Benda uji U7 pada akhir siklus $3\Delta_y$	31
Gambar 3.12	Model yang digunakan untuk prediksi analitik (Saatcioglu-Ozcebe)	34

Gambar 3.13	Perbandingan hasil eksperimen dengan prediksi analitik momen-rotasi : (a) benda uji U4 ; (b) benda uji U6	35
Gambar 4.1	Diagram alir metodologi pelaksanaan Tugas Akhir	38
Gambar 4.2	Kurva tegangan-regangan untuk beton yang dikembang oleh sengkang persegi, pemodelan oleh Kent-Park	40
Gambar 4.3	Efektifitas Pengekangan oleh sengkang persegi	46
Gambar 5.1	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton tak terkekang, metode unconfined Kent-Park, beton mutu $f_c' = 30$ MPa (Kasus 1)	72
Gambar 5.2	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton tak terkekang, metode unconfined Popovics, beton mutu $f_c' = 30$ MPa (Kasus 1)	72
Gambar 5.3	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton tak terkekang, metode unconfined Thorenfeldt, beton mutu $f_c' = 30$ MPa (Kasus 1)	73
Gambar 5.4	ConfinedCOL v.1 : perbandingan kurva tegangan-regangan beton tak terkekang (unconfined) untuk mutu beton $f_c' = 30$ MPa	74
Gambar 5.5	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 2)	76
Gambar 5.6	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 2)	77
Gambar 5.7	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 2)	77
Gambar 5.8	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 2)	78
Gambar 5.9	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 2)	78
Gambar 5.10	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 2)	79
Gambar 5.11	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 2)	79

Gambar 5.12	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 2)	80
Gambar 5.13	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 2)	80
Gambar 5.14	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 3)	85
Gambar 5.15	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 3)	87
Gambar 5.16	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 3)	87
Gambar 5.17	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 3)	88
Gambar 5.18	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 3)	88
Gambar 5.19	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 3)	89
Gambar 5.20	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 3)	89
Gambar 5.21	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 3)	90
Gambar 5.22	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 3)	90
Gambar 5.23	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 4)	95
Gambar 5.24	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 4)	96
Gambar 5.25	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 4)	96
Gambar 5.26	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 4)	97

Gambar 5.27	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 4)	97
Gambar 5.28	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 4)	98
Gambar 5.29	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 4)	98
Gambar 5.30	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 4)	99
Gambar 5.31	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 4)	99
Gambar 5.32	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 5)	104
Gambar 5.33	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 5)	105
Gambar 5.34	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 5)	105
Gambar 5.35	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 5)	106
Gambar 5.36	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 5)	106
Gambar 5.37	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 5)	107
Gambar 5.38	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 5)	107
Gambar 5.39	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 5)	108
Gambar 5.40	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 5)	108

Gambar 5.41	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 6)	113
Gambar 5.42	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 6)	114
Gambar 5.43	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 6)	114
Gambar 5.44	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 6)	115
Gambar 5.45	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 6)	115
Gambar 5.46	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 6)	116
Gambar 5.47	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 6)	116
Gambar 5.48	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 6)	117
Gambar 5.49	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 6)	117
Gambar 5.50	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 7)	122
Gambar 5.51	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 7)	123
Gambar 5.52	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 7)	123
Gambar 5.53	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 7)	124
Gambar 5.54	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 7)	124



Gambar 5.55	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 7)	125
Gambar 5.56	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 7)	125
Gambar 5.57	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 7)	126
Gambar 5.58	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 7)	126
Gambar 5.59	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	131
Gambar 5.60	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	132
Gambar 5.61	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	132
Gambar 5.62	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	133
Gambar 5.63	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	133
Gambar 5.64	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	134
Gambar 5.65	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	134
Gambar 5.66	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	135
Gambar 5.67	ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)	135

Gambar 5.68	ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekanan (Kasus 2)	141
Gambar 5.69	ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekanan (Kasus 3)	142
Gambar 5.70	ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekanan (Kasus 4)	143
Gambar 5.71	ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekanan (Kasus 5)	144
Gambar 5.72	ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekanan (Kasus 6)	145
Gambar 5.73	ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekanan (Kasus 7)	146
Gambar 5.74	ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekanan (Kasus 8)	147
Gambar 5.75	Perbandingan area desak beton metode Confined Kent-Park dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	149
Gambar 5.76	Perbandingan area desak beton metode Confined Sheikh-Uzumeri dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	150
Gambar 5.77	Perbandingan area desak beton metode Confined Mander-Priestley dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	151
Gambar 5.78	Perbandingan area desak beton metode Confined Yong-Nawy dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	152
Gambar 5.79	Perbandingan area desak beton metode Confined Cusson-Paultre dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	153
Gambar 5.80	Perbandingan area desak beton metode Confined Diniz-Frangopol dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	154

Gambar 5.81	Perbandingan area desak beton metode Confined Konstantinidis- Kappos dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	155
Gambar 5.82	Perbandingan area desak beton metode Confined Hong-Han dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	156
Gambar 5.83	Perbandingan area desak beton metode Confined Kusuma-Tavio dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)	157
Gambar 6.1	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 8)	161
Gambar 6.2	PCACOL version 3.00 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 8)	162
Gambar 6.3	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kent-Park (Kasus 8)	164
Gambar 6.4	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 8)	165
Gambar 6.5	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Mander-Priestley (Kasus 8)	166
Gambar 6.6	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Yong-Nawy (Kasus 8)	167
Gambar 6.7	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Cusson-Paultre (Kasus 8)	168
Gambar 6.8	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 8)	169
Gambar 6.9	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 8)	170
Gambar 6.10	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Hong-Han (Kasus 8)	171
Gambar 6.11	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 8)	172

Gambar 6.12	ConfinedCOL v.1 : perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang dan tak terkekang (Kasus 8)	173
Gambar 6.13	Penambahan kapasitas kolom pada daerah tekan	
Gambar 6.14	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 9)	174
Gambar 6.15	PCACOL version 3.00 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 9)	177
Gambar 6.16	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kent-Park (Kasus 9)	178
Gambar 6.17	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 9)	180
Gambar 6.18	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Mander-Priestley (Kasus 9)	181
Gambar 6.19	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Yong-Nawy (Kasus 9)	182
Gambar 6.20	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Cusson-Paultre (Kasus 9)	183
Gambar 6.21	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 9)	184
Gambar 6.22	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 9)	185
Gambar 6.23	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Hong-Han (Kasus 9)	186
Gambar 6.24	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 9)	187
Gambar 6.25	ConfinedCOL v.1 : perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang dan tak terkekang (Kasus 9)	188

Gambar 6.26	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang, sengkang $\emptyset 10 - 98.175$ mm (Kasus 10)	194
Gambar 6.27	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang, sengkang $\emptyset 8 - 62.832$ mm (Kasus 11)	197
Gambar 6.28	ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang, sengkang $3\emptyset 10 - 147.2625$ mm (Kasus 12)	200
Gambar 6.29	ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal Kasus 13 untuk $\rho_t = 1.01$ %	203
Gambar 6.30	ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal Kasus 13 untuk $\rho_t = 2.01$ %	204
Gambar 6.31	ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal Kasus 13 untuk $\rho_t = 3.02$ %	205
Gambar 6.32	ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal Kasus 13 untuk $\rho_t = 4.02$ %	206
Gambar 6.33	ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal Kasus 13 untuk $\rho_t = 5.03$ %	207
Gambar 6.34	Persentase kenaikan Momen nominal maksimum untuk setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)	212
Gambar 6.35	Persentase kenaikan Aksial nominal maksimum setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)	213
Gambar 6.36	Persentase kenaikan Momen nominal maksimum beton terkekang terhadap Momen nominal maksimum beton tak terkekang (Kasus 13)	215
Gambar 6.37	Persentase kenaikan Aksial nominal maksimum beton terkekang terhadap Aksial nominal maksimum beton tak terkekang (Kasus 13)	217

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Keterangan Benda Uji Percobaan Saatcioglu-Ozcebe (1986)	27
Tabel 3.2	Prediksi Kapasitas Benda Uji Percobaan Saatcioglu-Ozcebe (1986)	35
Tabel 5.1	Rangkuman Parameter Kurva Beton Tak Terkekang ($f_c'=30$ MPa, Kasus 1)	82
Tabel 5.2	Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang ($f_c'=30$ MPa, penampang Kasus 2)	82
Tabel 5.3	Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang terhadap Beton Tak Terkekang, $f_{cc} - f_{co}$ (MPa), mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 1 dan Kasus 2.	83
Tabel 5.4	Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang terhadap Beton Tak Terkekang, $e_{cc} - e_{co}$, mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 1 dan Kasus 2.	83
Tabel 5.5	Selisih Nilai Regangan Ultimate Beton Terkekang terhadap Beton Tak Terkekang, $e_{cou} - e_{cu}$, mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 1 dan Kasus 2.	84
Tabel 5.6	Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 3 (senggang 8 mm).	91
Tabel 5.7	Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 2 (senggang 10 mm) dan Kasus 3 (senggang 8 mm).	92
Tabel 5.8	Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 2 (senggang 10 mm) dan Kasus 3 (senggang 8 mm).	92
Tabel 5.9	Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 2 (senggang 10 mm) dan Kasus 3 (senggang 8 mm).	93
Tabel 5.10	Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 4 (spasi 15 cm).	100
Tabel 5.11	Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 2 (spasi 10 cm) dan Kasus 4 (spasi 15 cm).	101

Tabel 5.12	Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (spasi 10 cm) dan Kasus 4 (spasi 15 cm).	101
Tabel 5.13	Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (spasi 10 cm) dan Kasus 4 (spasi 15 cm).	102
Tabel 5.14	Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).	109
Tabel 5.15	Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 ($f_{yh} = 240$ MPa) dan Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).	110
Tabel 5.16	Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 ($f_{yh} = 240$ MPa) dan Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).	110
Tabel 5.17	Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 ($f_{yh} = 240$ MPa) dan Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).	111
Tabel 5.18	Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 6 (senggang 3 kaki).	118
Tabel 5.19	Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (senggang 2 kaki) dan Kasus 6 (senggang 3 kaki).	119
Tabel 5.20	Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (senggang 2 kaki) dan Kasus 6 (senggang 3 kaki).	119
Tabel 5.21	Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (senggang 2 kaki) dan Kasus 6 (senggang 3 kaki).	120
Tabel 5.22	Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 7 (tulangan 12 D 20).	127
Tabel 5.23	Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan 8 D 20) dan Kasus 7 (tulangan 12 D 20).	128
Tabel 5.24	Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan 8 D 20) dan Kasus 7 (tulangan 12 D 20).	128
Tabel 5.25	Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan 8 D 20) dan Kasus 7 (tulangan 12 D 20).	129

Tabel 5.26	Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 8 (tulangan 2 sisi, pada sumbu X).	136
Tabel 5.27	Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 2 (tulangan empat sisi) dan Kasus 8 (tulangan 2 sisi).	137
Tabel 5.28	Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 2 (tulangan empat sisi) dan Kasus 8 (tulangan 2 sisi).	137
Tabel 5.29	Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c'=30$ MPa, Kasus 2 (tulangan empat sisi) dan Kasus 8 (tulangan 2 sisi).	138
Tabel 5.30	Rangkuman pengaruh parameter pengekangan terhadap kurva tegangan-regangan beton $f_c'=30$ MPa terkekang, Kasus 2 sampai Kasus 8	140
Tabel 6.1	Peningkatan nilai momen dan aksial beton terkekang terhadap beton tak terkekang ($f_c'=30$ MPa, Kasus 8)	175
Tabel 6.2	Peningkatan nilai momen dan aksial beton terkekang terhadap beton tak terkekang ($f_c'=60$ MPa, Kasus 9)	190
Tabel 6.3	Peningkatan nilai momen dan aksial beton tak terkekang bila mutu beton dinaikkan dua kalinya ($f_c' = 30$ MPa menjadi $f_c' = 60$ MPa)	191
Tabel 6.4	Peningkatan nilai momen dan aksial beton terkekang bila mutu beton dinaikkan dua kalinya ($f_c' = 30$ MPa menjadi $f_c' = 60$ MPa)	191
Tabel 6.5	Nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk sengkang $\emptyset 10 - 98.175$ mm (Kasus 10)	195
Tabel 6.6	Nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk sengkang $\emptyset 8 - 62.832$ mm (Kasus 11)	196
Tabel 6.7	Perbandingan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk Kasus 10 dan Kasus 11	198
Tabel 6.8	Nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk sengkang $3\emptyset 10 - 147.2625$ mm (Kasus 12)	201

Tabel 6.9	Perbandingan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk Kasus 10 dan Kasus 12	201
Tabel 6.10	Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton tak terkekang (Kasus 13)	208
Tabel 6.11	Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 1.01 \%$ (Kasus 13)	208
Tabel 6.12	Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 2.01 \%$ (Kasus 13)	209
Tabel 6.13	Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 3.02 \%$ (Kasus 13)	209
Tabel 6.14	Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 4.02 \%$ (Kasus 13)	210
Tabel 6.15	Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 5.03 \%$ (Kasus 13)	210
Tabel 6.16	Kenaikan nilai momen maksimum untuk setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)	211
Tabel 6.17	Kenaikan nilai aksial maksimum untuk setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)	211
Tabel 6.18	Ringkasan persentase kenaikan kapasitas momen maksimum akibat pengekangan (Kasus 13)	214
Tabel 6.19	Ringkasan persentase kenaikan kapasitas aksial maksimum akibat pengekangan (Kasus 13)	216

DAFTAR NOTASI

f'_c	=	kuat tekan silinder beton tak terkekang
f_c	=	tegangan beton
f_y	=	tegangan baja
f_l	=	tegangan pengekang nominal yang bekerja pada inti beton.
f_{le}	=	tegangan pengekang efektif yang bekerja pada inti beton.
f_{hcc}	=	tegangan pada baja tulangan transversal pada saat terjadi tegangan puncak beton terkekang
ϵ_c	=	regangan beton
ϵ_{cu}	=	regangan ultimate beton tekan, didefinisikan sebagai regangan pada saat kegagalan sengkang mula-mula
ϵ_{hcc}	=	regangan pada tulangan transversal pada saat tegangan baja f_{hcc} .
ρ, ρ_l	=	rasio luasan tulangan longitudinal terhadap luas gross penampang = A_s/A_g
ρ_s, ρ_v	=	rasio dari volume sengkang terhadap volume inti beton terkekang diukur dari sisi luar sengkang
ρ_{cc}	=	rasio luas tulangan longitudinal terhadap luas inti beton terkekang
A_s	=	luas total tulangan longitudinal
A_g	=	luas gross penampang beton
A_{cc}	=	luas area inti beton terkekang

A_e	=	luas area inti beton terkekang efektif
A_{st}	=	luas tulangan sengkang
A_{shx}	=	luas tulangan transversal pada potongan penampang yang tegak lurus terhadap sumbu-x.
A_{shy}	=	luas tulangan transversal pada potongan penampang yang tegak lurus terhadap sumbu-y.
ϕ_s	=	diameter nominal sengkang lateral
ϕ_l	=	diameter nominal tulangan longitudinal
n	=	jumlah lengkung yang mengandung beton yang tidak terkekang secara efektif, juga sama dengan jumlah tulangan longitudinal yang terkekang secara lateral oleh sengkang.
s_n, s, s'	=	spasi tulangan transversal diukur dari as ke as
b'', h'', b_c, d_c	=	lebar daerah inti beton terkekang, diukur dari as ke as sengkang terluar, dalam arah x dan y
C, w'_i, b_i	=	spasi bersih ke- i dari dua tulangan longitudinal yang berdekatan, merupakan jarak antara tulangan longitudinal yang terkekang secara lateral oleh sengkang
K_s, C_f	=	faktor koreksi pengekangan
k_e, α	=	faktor untuk menghitung efektifitas pengekangan
E_s, E_y	=	modulus elastisitas beton dan baja
A_c	=	luas area desak beton
C_c	=	gaya desak beton
c	=	letak posisi garis netral
β_1	=	faktor konversi dari bentuk parabola ke bentuk persegi sebagai fungsi dari mutu beton



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Efek pengeangan pada kolom merupakan pengaruh yang ditimbulkan akibat adanya tulangan pengeang yang terpasang di sepanjang bentang kolom, yang mengakibatkan kolom berperilaku lebih daktail sehingga dapat menunda keruntuhan mendadak struktur. Kolom yang dikeang secara lateral mempunyai kekuatan yang lebih besar bila dibandingkan dengan kolom yang tidak dikeang, dikarenakan inti beton mendapat tambahan kekuatan dari tegangan pengeang.

Perkembangan teknologi konstruksi yang pesat dewasa ini seringkali menuntut penggunaan kolom yang berkinerja tinggi dan daktail, dikarenakan belakangan ini tidak jarang kita jumpai kasus runtuhnya suatu struktur bangunan dikarenakan gempa. Oleh karena itu maka perencanaan kolom dewasa ini menuntut daktilitas struktur yang lebih tinggi. Untuk menjadikannya lebih daktail, sengkang dapat digantikan dengan lilitan spiral yang lebih rapat. Mengingat kolom adalah salah satu elemen utama pada struktur bangunan, oleh karena itu perencanaan kolom perlu mendapatkan perhatian yang seksama.

Dalam perencanaan di lapangan, tidak pernah kita jumpai kolom tanpa tulangan transversal karena ada persyaratan spasi sengkang minimum yang ditetapkan oleh peraturan (*code*), bahkan cenderung sangat rapat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi. Selama ini kontribusi sengkang yang rapat tersebut tidak diperhitungkan terhadap penambahan kapasitasnya. Padahal bila persyaratan sengkang minimum ini disertakan dalam perhitungan, maka akan menambah kapasitas layan kolom sehingga bisa mengurangi dimensi kolom atau menurunkan kuat tekan beton, yang akan berdampak terhadap biaya pelaksanaan.

Kontribusi pengeangan terhadap daktilitas kolom dapat dilihat dari bentuk pemodelan diagram tegangannya.

Selama ini pemodelan tegangan beton dalam memprediksi kekuatan beton biasanya didekati dengan *block stress* (persegi) sesuai dengan usulan seorang peneliti bernama Whitney (1937), dan ternyata usulan ini diadopsi sebagai salah satu peraturan oleh ACI sejak tahun 1956 (Jirsa, 2004). Konsep *block stress* ini juga telah diadopsi sebagai peraturan perencanaan beton di Indonesia sejak SK SNI T-15-1991-03 (Wiryanto, 2005).

Meskipun *block stress* telah lama dipegang sebagai pemodelan yang dianggap cukup baik, penelitian-penelitian yang telah dilakukan sejak awal abad ke-19 menunjukkan bahwa ada begitu banyak usulan kurva tegangan-regangan yang dapat memberikan pendekatan yang lebih teliti bila dihitung melalui iterasi numerik (bukan dengan metode *block stress*), walaupun proses perhitungannya agak lebih sulit. Usulan-usulan diagram tegangan tersebut ada yang berbentuk parabolik, trapezoidal, atau bentuk-bentuk lainnya yang paling mendekati kondisi sesungguhnya (Fanella et al., 1999).

Formulasi-formulasi pemodelan diagram tegangan yang telah memperhitungkan kontribusi pengekanan telah diusulkan oleh banyak peneliti seperti Kent dan Park (1971), Sheikh dan Uzumeri (1982), Mander dan Priestley (1988), Yong dan Nawy (1988), Cusson dan Paultre (1995), Diniz dan Frangopol (1997), Kappos dan Konstantinidis (1999), Hong dan Han (2005), Kusuma dan Tavio (2008), dan masih banyak usulan lainnya. Pemodelan tegangan oleh para peneliti inilah yang akan diperhitungkan dalam menganalisis perilaku penampang kolom beton bertulang yang terkekang.

Apabila kita ingin menganalisis suatu penampang kolom dan mengecek kemampuan layan (*serviceability*) kolom tersebut, maka akan lebih mudah apabila menggunakan suatu program komputer atau *software*. Hal ini tidak dapat dipungkiri melihat pesatnya perkembangan program-program keteknikan yang dapat membantu aplikasi rekayasa konstruksi seperti SAP2000, PCACol, Etab, dan masih banyak program-program bantu lainnya. Oleh karena itu, sangatlah berguna bagi seorang

engineer apabila ia juga menguasai paling tidak satu bahasa pemrograman komputer supaya dapat menciptakan suatu program bantu sederhana di bidang keteknikan.

Visual Basic 6.0 adalah salah satu bahasa pemrograman yang dapat memfasilitasi kita dalam menyusun suatu program bantu (*software*) disamping banyaknya bahasa-bahasa pemrograman lain seperti Borland Delphi, C++ , Pascal, Matlab, FORTRAN, dan sebagainya. Visual Basic memiliki banyak keunggulan diantaranya memiliki banyak perintah, fungsi, dan fasilitas yang berhubungan langsung dengan Windows GUI (*Graphics User Interface*), yaitu tampilan Windows yang berbasis visual (grafis). Karena bahasa pemrograman ini berbasis visual, maka sebagian besar kegiatan pemrograman dapat difokuskan pada penyelesaian problem utama dan bukan pada pembuatan tampilannya. Keunggulan lain memakai Visual Basic 6.0 adalah kemampuannya dalam mengintegrasikan aplikasi-aplikasi lain seperti Microsoft Exel, Microsoft PowerPoint, dan aplikasi-aplikasi lain yang berbasis Windows.

I.2 Permasalahan

Merujuk pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, permasalahan yang dikemukakan dalam Tugas Akhir ini antara lain :

1. Bagaimana pengaruh pengekangan lateral pada kolom terhadap analisis penampang kolom beton bertulang.
2. Bagaimana pengaruh pengekangan lateral pada kolom beton bertulang terhadap bentuk kurva tegangan-regangan beton.
3. Bagaimana pengaruh pengekangan lateral pada kolom beton bertulang terhadap kapasitas nominal penampang.

I.3 Batasan Masalah

Lingkup pembahasan dan pengerjaan dalam Tugas Akhir ini dibatasi sebagai berikut:

1. Batasan penampang dan penulangan:
 - Penampang kolom yang dianalisis hanya yang berbentuk persegi (*square*)
 - Konfigurasi penulangan longitudinal kolom antara lain: sama di keempat sisi (*four-side equal*), sama di kedua sisi pada sumbu X (*two-side equal along X-axis*), dan sama di kedua sisi pada sumbu Y (*two-side equal along Y-axis*).
 - Konfigurasi tulangan transversal hanya berupa sengkang dua kaki dan atau tanpa sengkang silang sederhana (*crossties*), tidak menganalisis penampang yang rumit seperti konfigurasi diamond, dll.
2. Batasan metode pekekangan yang dipakai:
 - Metode oleh Kent dan Park (1971)
 - Metode oleh Sheikh dan Uzumeri (1982)
 - Metode oleh Mander, Priestley dan Park (1988)
 - Metode oleh Yong, Nour dan Nawy (1988)
 - Metode oleh Cusson dan Paultre (1995)
 - Metode oleh Diniz dan Frangopol (1997)
 - Metode oleh Kappos dan Konstantinidis (1999)
 - Metode oleh Hong dan Han (2005)
 - Metode oleh Kusuma dan Tavio (2008)
3. Batasan metode kurva tegangan-regangan beton tak terkekang sebagai pembanding metode pekekangan:
 - *Blok stress* Whitney (1937)
 - Metode *unconfined* Kent dan Park (1971)
 - Metode *unconfined* Popovics (1973)
 - Metode *unconfined* Thorenfeldt (1987)
4. Batasan peraturan (*code*) pembanding:
 - SNI 03-2847-2002 (*Limit State Method*)
 - ACI 318-2002 (*Unified Design Method*)
5. Batasan-batasan lain dalam perhitungan:
 - Nilai modulus elastisitas beton (E_c) disamakan untuk semua metode pekekangan (sesuai perumusan SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1), yaitu:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (\text{dalam MPa})$$

I.4 Tujuan

Adapun tujuan utama yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Membuat suatu program sederhana yang dapat membantu menganalisis perilaku kolom beton bertulang yang terkekang.
2. Membuat diagram tegangan-regangan untuk beton terkekang.
3. Membuat diagram interaksi aksial-momen dari penampang kolom beton bertulang yang terkekang untuk mengetahui kemampuan/ kapasitas nominalnya (*serviceability*).

I.5 Manfaat

Penyusunan Tugas Akhir diharapkan dapat memberikan manfaat dalam bidang ketekniksipilan, terutama dalam menambah wawasan tentang perilaku kolom beton bertulang yang dikekang dengan tulangan lateral. Program yang dihasilkan dalam Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberi kemudahan bagi para perencana yang ingin menambahkan efek pengekangan dalam perhitungan kolomnya, karena program yang dihasilkan adalah program yang *user friendly* (mudah dioperasikan) baik oleh ahli maupun pemula. Program ini secara khusus merangkumkan beberapa metode pengekangan sehingga para pemakainya tidak perlu bersusah-susah mencari literatur-literatur tentang pengekangan kolom, tetapi cukup mengoperasikan program ini. Program ini tentunya dapat menolong para perencana dalam mengevaluasi kemampuan layan (*serviceability*) suatu kolom beton yang terkekang, sehingga dapat mengoptimasi elemen kolom yang direncanakannya.

Dengan penyusunan Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengembangkan program-program lain yang lebih kompleks di masa yang akan datang, sehingga dapat menambah wacana baru dalam bidang *structural engineering*.



BAB II

DASAR TEORI KOLOM

BAB II

DASAR TEORI KOLOM

II.1 Kolom Beton Bertulang

Kolom adalah batang tekan vertikal dari suatu rangka struktural yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan elemen utama karena berfungsi meneruskan beban-beban dari balok atau lantai (dari elevasi atas) ke kolom di bawahnya hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Meskipun balok atau pelat di atasnya dibuat sangat kaku, bila kolom tidak kuat menahan beban maka akan terjadi keruntuhan struktur secara keseluruhan, yang tentunya akan sangat membahayakan dan merugikan. Oleh sebab itu, perencanaan kolom perlu mendapat perhatian yang seksama.

Pada dasarnya analisis penampang kolom dan balok sama terhadap lentur, tetapi perbedaan utamanya terletak pada adanya gaya aksial yang dialami oleh kolom. Karena adanya gaya aksial tersebut, maka sebagian besar kekuatan kolom dipakai untuk menopang gaya aksial tersebut, sehingga kapasitas terhadap momennya mengecil, demikian pula sebaliknya. Apabila terjadi momen yang cukup besar pada kolom, maka kemampuannya menahan beban aksial akan menurun.

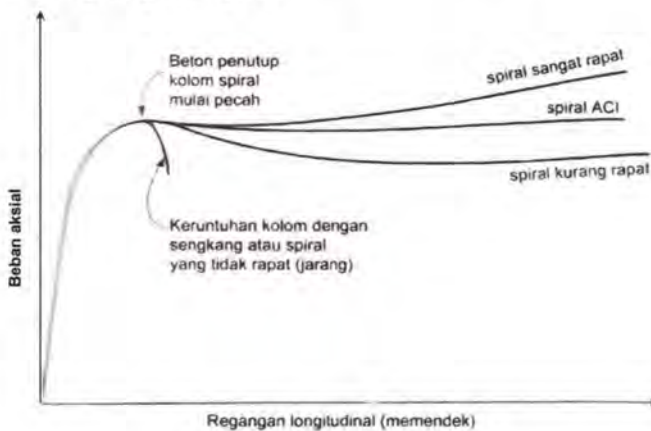
Kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, posisi beban pada penampangnya, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateralnya (Nawy, 1985).

Berdasarkan bentuk dan susunan tulangan, kolom dapat dibedakan dalam tiga kategori sebagai berikut:

- Kolom segiempat atau bujursangkar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang
- Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang bundar atau spiral

- Kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja struktural di dalamnya.

Kolom bersengkang merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena pengerjaannya yang mudah. Meskipun begitu, kolom segiempat maupun bundar dengan tulangan berbentuk spiral kadang-kadang digunakan juga, terutama apabila diperlukan daktilitas kolom yang cukup tinggi seperti pada daerah-daerah gempa. Kemampuan kolom berspiral untuk menahan beban maksimum pada deformasi besar mencegah terjadinya keruntuhan mendadak (*collapse*) pada struktur secara keseluruhan sebelum terjadinya redistribusi total momen dan tegangan selesai. Gambar 2.1 menunjukkan perilaku keruntuhan kolom sengkang dan spiral.



Gambar 2.1 Perbedaan perilaku keruntuhan kolom sengkang dan spiral (Nilson, 1991)

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa perbedaan kekuatan kolom spiral dengan sengkang baru terlihat pada kondisi pasca puncak. Pada tahap awal sampai puncak, kedua kolom menunjukkan perilaku yang sama. Setelah beban maksimum tercapai dan penampang mulai mengalami kondisi plastis, maka terlihat bahwa kolom sengkang akan mengalami keruntuhan

terlebih dahulu yang sifatnya mendadak (non daktail), sedangkan kolom spiral masih bertahan (lebih daktail).

Berdasarkan posisi beban terhadap beban melintang, kolom dapat diklasifikasikan menjadi kolom dengan beban sentris (terpusat) dan kolom dengan beban eksentris. Kolom yang mengalami beban sentries berarti tidak mengalami momen lentur. Akan tetapi dalam prakteknya di lapangan, semua kolom hendaknya direncanakan terhadap eksentrisitas yang diakibatkan oleh hal-hal yang tidak terduga, seperti tidak tepatnya pembuatan acuan beton dan sebagainya.

Akibat adanya gaya aksial tekan (yang biasanya cukup besar) maka perilaku keruntuhan kolom akan berbeda, dan dapat dikategorikan menjadi:

- Kolom pendek, yaitu jika keruntuhan diakibatkan kegagalan material penampang seperti leleh (*yielding*) pada tulangan atau pecah (*crushing*) pada beton
- Kolom langsing, yaitu jika terjadi tekuk (*buckling*) pada penampang akibat gaya tekan yang bekerja, padahal tegangan pada penampang masih elastis.

Nilai rasio kelangsingan kolom menentukan tipe kolom, apakah termasuk kolom pendek atau kolom langsing. Untuk kolom pendek tanpa pengaku (*bracing*) maka:

$$\frac{k l_u}{r} \leq 22 \quad (2.1)$$

dimana, k = faktor yang bergantung pada jenis perletakan di kedua ujung kolom

l_u = panjang elemen kolom yang tidak ditumpu secara lateral

r = jari-jari girasi

II.2 Diagram Interaksi Kolom Beton Bertulang

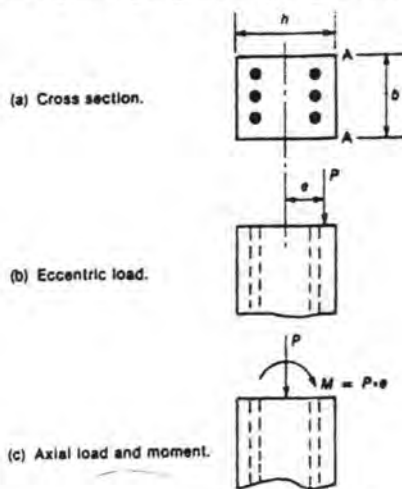
Kapasitas penampang kolom beton bertulang dapat dinyatakan dalam bentuk diagram interaksi aksial-momen (P-M)

yang menunjukkan hubungan beban aksial dan momen lentur pada kondisi batas. Setiap titik kurva menunjukkan kombinasi P dan M sebagai kapasitas penampang terhadap suatu garis netral tertentu.

Suatu kombinasi beban yang diberikan pada kolom bila diplot ternyata berada di dalam diagram interaksi kolom, berarti kolom masih mampu memikul dengan baik kombinasi pembebanan tersebut. Demikian pula sebaliknya, yaitu jika suatu kombinasi pembebanan yang diplot ternyata berada di luar diagram itu berarti kombinasi beban itu telah melampaui kapasitas kolom dan dapat menyebabkan keruntuhan.

II.2.1 Teori dasar

Pada kenyataannya, hampir semua elemen struktur tekan (kolom) diperlakukan untuk menerima momen sebagai tambahan terhadap beban aksial. Hal ini bisa diakibatkan oleh beban yang tidak terletak pada *center* kolom seperti pada Gambar 2.2, atau juga sebagai hasil dari penahan daripada keadaan tidak seimbang momen pada ujung balok yang didukung oleh kolom.



Gambar 2.2 Beban Aksial dan Momen pada Kolom

Jarak e diartikan sebagai eksentrisitas terhadap beban. Kedua kasus ini pada dasarnya sama, Beban P eksentris pada gambar 2.2(b) bisa diganti dengan beban P yang bekerja pada aksis *centroidal*, ditambah dengan momen, $M = P \times e$ terhadap sumbu *centroid*. Beban P dan momen M dapat dikalkulasi dengan memperhatikan geometri daripada aksis centroid karena momen dan gaya yang didapatkan dari analisa struktur dihitung terhadap aksis ini. Untuk mengilustrasikan konsep hubungan antara momen dan beban aksial pada kolom, penyederhanaan keseragaman dan kolom elastis dengan kekuatan tekan, f_{cu} , sama dengan kekuatan tarik, f_{tu} , akan diperhitungkan. Kegagalan kolom dalam kondisi tersebut akan terjadi pada tekanan dimana maksimum gaya yang bekerja mencapai f_{cu} , seperti dibawah ini:

$$\frac{P}{A} + \frac{My}{I} = f_{cu} \quad (2.2)$$

dimana,

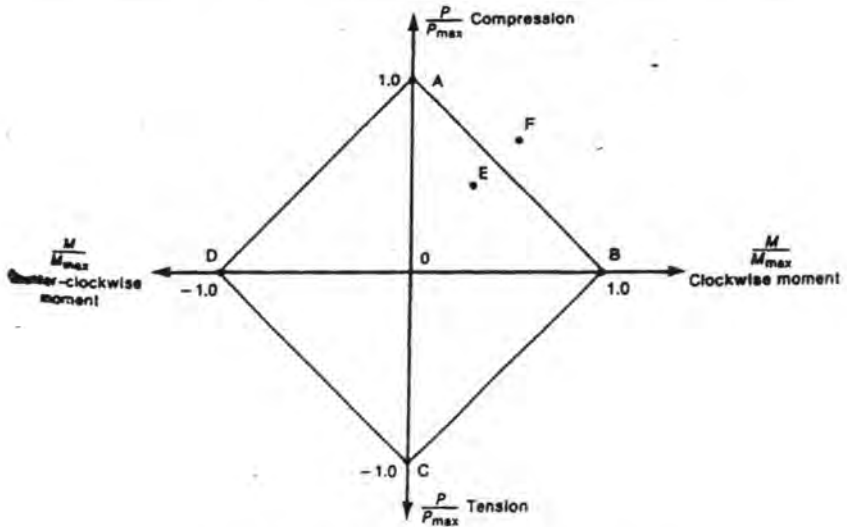
- A, I = luas dan momen inersia daripada penampang bruto beton
- y = jarak dari aksis centroidal kepermukaan tekan tertinggi (permukaan A-A, gambar 2.2(a))
- P = beban aksial, tertekan positif
- M = momen positif (gambar 2.2(c))

Beban maksimum aksial yang dapat didukung oleh kolom terjadi pada saat $M = 0$, dan $P_{max} = f_{cu}A$. Dengan cara yang sama, momen maksimum yang dapat didukung oleh kolom terjadi pada saat $P = 0$, dan $M_{max} = f_{cu}I/y$. Dengan mensubstitusikan P_{max} dan M_{max} didapatkan :

$$\frac{P}{P_{max}} + \frac{M}{M_{max}} = 1 \quad (2.3)$$

Rumus 2.2 dikenal sebagai rumus interaksi karena rumus ini menunjukkan interaksi, hubungan antara, P dan M pada saat terjadi kegagalan. Rumus ini digambarkan sebagai garis AB pada gambar 2.3. Dengan cara yang sama persamaan untuk beban

aksial tarik, P , yang diambil alih oleh f_{tu} , digambarkan sebagai garis BC. Dan garis AD dan DC merupakan hasil jika momen memberikan tanda terbalik.



Gambar 2.3 Diagram Interaksi untuk Kolom Elastis

Gambar 2.3 biasanya disebut sebagai diagram interaksi. Titik yang berada dalam kurva interaksi ini menunjukkan kombinasi daripada P dan M yang bersesuaian dengan tahanan penampang. Titik yang berada didalam diagram, Titik E, menunjukkan kombinasi P dan M yang tidak akan menyebabkan kegagalan. Beban kombinasi yang jatuh diluar kurva interaksi, Titik F. Akan sama atau melebihi tahanan penampang dan menyebabkan kegagalan.

II.2.2 Penggambaran diagram interaksi aksial-momen

Dari semua titik-titik yang diperlukan untuk menggambar diagram interaksi, ada lima titik yang harus ada

pada kurva interaksi ini (gambar 2.4). Adapun titik-titik tersebut adalah :

1. Beban aksial tekan maksimum.

Kolom dalam keadaan beban konsentris dapat dituliskan sebagai rumus dibawah ini:

$$P_{no} = (0.85 f'_c)(A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}) \quad (2.4)$$

dimana,

f'_c = kuat tekan maksimum beton

A_g = penampang bruto kolom

f_y = kuat leleh tulangan

A_{st} = luas tulangan pada penampang

2. Beban aksial tekan maksimum yang diijinkan.

$$P_{n maks} = 0.8 P_{no} \quad (2.4)$$

$$M_n = P_{n maks} \cdot e_{min} \quad (2.5)$$

3. Beban lentur dan aksial pada kondisi balans.

Nilai P dan M ditentukan dengan mengetahui kondisi regangan ultimate beton $\epsilon_{cu} = 0.003$ (untuk *unconfined concrete*), dan regangan baja

$$\epsilon_s = \epsilon_y = f_y / E_s \quad (2.6)$$

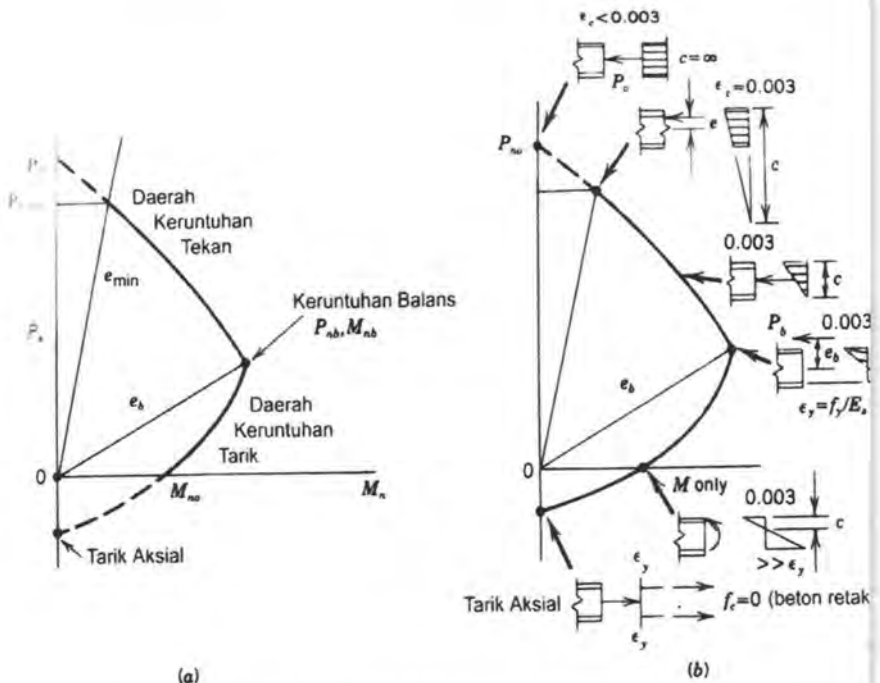
4. Beban lentur pada kondisi beban aksial nol, kondisi seperti pada balok.

5. Beban aksial tarik maksimum.

$$P_{n-T} = \sum_{i=1}^n -f_y A_{st} \quad (2.7)$$

Kelima titik di atas adalah titik-titik minimum yang harus ada pada kurva interaksi. Untuk menambahkan ketelitian penggambaran kurva agar menjadi kurva mulus maka dapat kita tambahkan titik-titik lain, yaitu:

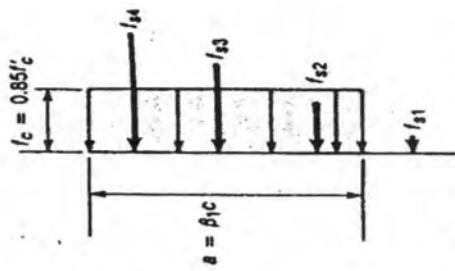
- titik di daerah keruntuhan tekan, yaitu titik-titik di antara item 2 dan 3
- titik di daerah keruntuhan tarik, yaitu titik-titik di antara item 3 dan 4



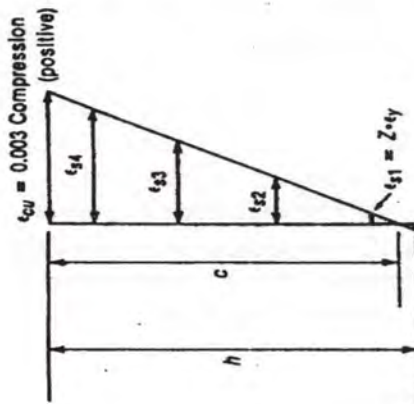
Gambar 2.4 Hubungan P - M pada keruntuhan kolom beton bertulang

Kemampuan kolom menerima beban tekan aksial maksimum dalam penggambaran diagram interaksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4, untuk penampang yang simetris maka momen di titik itu sama dengan nol.

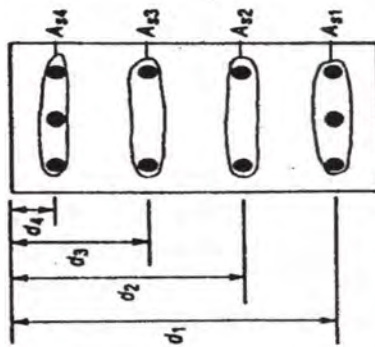
Dalam menggambarkan diagram interaksi secara keseluruhan, akan lebih mudah bila digunakan metode perbandingan regangan, yaitu suatu metode yang menggunakan suatu faktor tertentu (Z) sebagai pengali, untuk menentukan nilai regangan tiap lapis tulangan. Potongan penampang kolom dan asumsi distribusi regangan ditunjukkan oleh gambar 2.5 (a) dan 2.5 (b) berikut.



(c) Stresses (all positive).



(b) Strains.



(a) Cross section.

Gambar 2.5 Potongan penampang kolom dengan asumsi distribusi regangan dan tegangan, beserta tanda dan notasi

Gambar 2.5 (a) menunjukkan ada empat lapis tulangan, lapisan 1 menunjukkan regangan ϵ_{s1} dan luas tulangan A_{s1} , dan seterusnya. Lapisan 1 merupakan tulangan tertekan dan terletak sejauh d_1 dari permukaan serat tertekan. Distribusi regangan didefinisikan dengan memakai regangan beton ultimate $\epsilon_{cu} = 0.003$ (untuk beton tak terkekang), dan dengan menggunakan rumus perbandingan segitiga dapat disumsikan nilai ϵ_{s1} . Untuk beton terkekang asumsi nilai ϵ_{cu} berbeda-beda, tergantung padan metode pengekangan yang digunakan. Karena proses coba-coba yang berulang-ulang dengan metode konvensional, maka diperlukan metode penyederhanaan. Hal ini dapat diselesaikan dengan menentukan $\epsilon_{s1} = Z \epsilon_y$ (gambar 2.5 (b)), dimana Z adalah nilai yang dipilih secara sembarang. Nilai positif daripada Z menunjukkan nilai positif (tekan) regangan. Sebagai contoh, bila diambil $Z = -1$, akan bersesuaian dengan $\epsilon_{s1} = -1 \epsilon_y$, yaitu titik leleh regangan tarik. Distribusi regangan seperti ini akan sesuai dengan kondisi kegagalan seimbang (*balanced failure*).

Dari Gambar 2.5 (b) didapatkan posisi garis netral c dengan memakai persamaan segitiga,

$$c = \left(\frac{0.003}{0.003 - Z\epsilon_y} \right) d_1 \quad (2.8)$$

dan

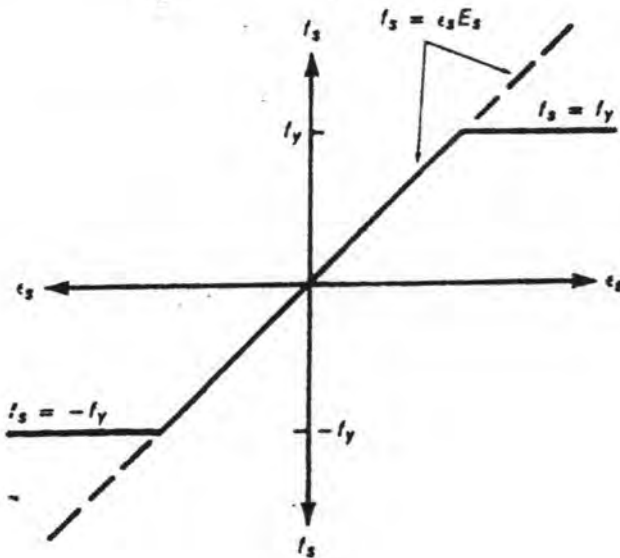
$$\epsilon_{s1} = \left(\frac{c - d_1}{c} \right) \epsilon_{cu} \quad (2.9)$$

Dimana ϵ_{s1} dan d_1 berturut-turut adalah regangan ke-i lapisan tulangan dan jarak lapisan tulangan ke serat tekan terluar. Setelah nilai c dan ϵ_{s1} , ϵ_{s2} , ϵ_{s3} dan seterusnya diketahui, maka gaya yang bekerja pada beton dan pada tiap lapisan tulangan dapat dihitung.

Untuk kondisi elastis maupun plastis baja tulangan, besarnya gaya tekan atau tarik tulangan diberikan oleh persamaan 2.10, berdasarkan gambar 2.6.

$$f_{st} = \epsilon_{st} E_s \quad (2.10)$$

Dengan batasan $-f_y \leq f_{st} \leq f_y$



Gambar 2.6 Asumsi batasan gaya yang bekerja pada tulangan

Untuk beton tak terkekang (*unconfined concrete*), gaya yang bekerja pada beton diwakili dengan *block stress* persegi sesuai usulan Whitney. Dimana tinggi blok tegangan diasumsikan sebagai

$$a = \beta_1 c \quad (2.11)$$

dimana nilai a seperti pada gambar 2.5 (c), tidak bisa melebihi keseluruhan tinggi penampang kolom h . Faktor β_1 sendiri

merupakan faktor yang ditentukan oleh mutu beton f'_c , dan dapat dihitung melalui persamaan berikut ini:

$$\beta_1 = 0.85 \quad \text{untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (f'_c - 30) \frac{0.05}{7} \quad \text{untuk } 30 \text{ MPa} < f'_c \leq 58 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.65 \quad \text{untuk } f'_c > 58 \text{ MPa}$$

Nilai β_1 tidak lebih dari 0.85 dan tidak kurang dari 0.65.

Untuk beton terkekang, pendekatan luasan tegangan tidak memakai metode *block stress*, melainkan langsung dihitung secara numerik.

Langkah selanjutnya ialah menghitung gaya tekan pada beton, C_c , dan gaya pada tiap lapisan tulangan yaitu F_{s1} , F_{s2} , F_{s3} dan seterusnya. C_c untuk beton tak terkekang dapat diselesaikan dengan mengalikan gaya yang bekerja dengan luas daripada gaya yang bekerja tersebut,

$$C_c = (0.85 f'_c)(ab) \quad (2.12)$$

Untuk beton terkekang, luasan C_c dapat dihitung dengan mengalikan luasan tegangannya dengan lebar penampang, b .

Apabila posisi a lebih besar daripada jarak d_i , maka lapisan tulangan tersebut diperhitungkan sebagai tulangan tekan

$$F_{si} = f_{si} A_{si} \text{ (positif tekan)} \quad (2.13)$$

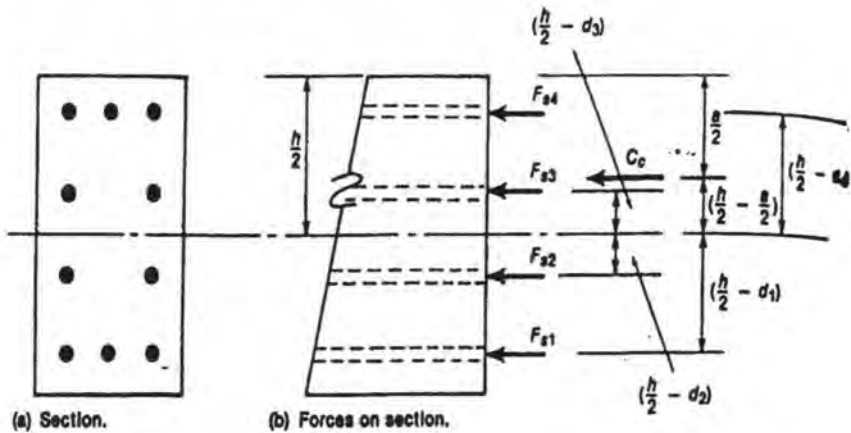
Jika a lebih besar daripada d_i untuk lapisan tulangan tertentu, luas tulangan tekan pada beton yang termasuk dalam luasan (ab) digunakan untuk menghitung C_c , sebagai hasilnya, perlu adanya pengurangan $0.85f'_c$ dari f_{si} sebelum menghitung F_{si} . Nilai F_{si} dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{si} = (f_{si} - 0.85 f'_c) A_{si} \quad (2.14)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada potongan penampang seperti C_c , F_{s1} , F_{s2} dan seterusnya ditunjukkan oleh gambar 2.7 (b). Kapasitas beban aksial kolom (P_n) untuk distribusi regangan

yang diasumsikan merupakan penjumlahan dari gaya-gaya yang telah disebutkan sebelumnya. Rumus P_n dapat dilihat seperti pada persamaan dibawah ini :

$$P_n = C_c + \sum_{i=1}^n F_{si} \quad (2.15)$$



Gambar 2.7 Gaya-gaya internal dan lengan momen

Kapasitas momen M_n untuk distribusi regangan yang diasumsikan dapat diperoleh dengan menjumlahkan semua momen yang terjadi terhadap *centroid* kolom. Momen ini diperoleh dari pengalisan gaya dalam dengan panjang lengannya terhadap *centroid* penampang sebagai sumbu (aksis) untuk menganalisa penampang. Pada tahun 1950-an dan 1960-an, momen kadang-kadang dihitung sekitar *plastic centroid*, yaitu lokasi daripada penjumlahan gaya pada kolom yang meregang secara bersamaan dalam kondisi tekan. *Centroid* dan *plastic centroid* merupakan titik yang sama pada kolom yang simetris dengan penempatan tulangan yang simetris pula.

Gaya-gaya pada gambar 2.5 dan 2.7 semuanya menunjukkan gaya positif tekan. Besarnya momen M_n dihitung dari serat atas tertekan dapat dihitung dengan persamaan 2.16 dibawah ini :

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + \sum_{i=1}^n F_{si} \left(\frac{h}{2} - d_i \right) \quad (2.16)$$

Nilai P_n dan M_n untuk setiap asumsi kondisi regangan kemudian dikumpulkan dan diplot untuk menggambarkan diagram interaksi aksial-momen secara utuh.



BAB III

DASAR TEORI PENGEKANGAN

BAB III

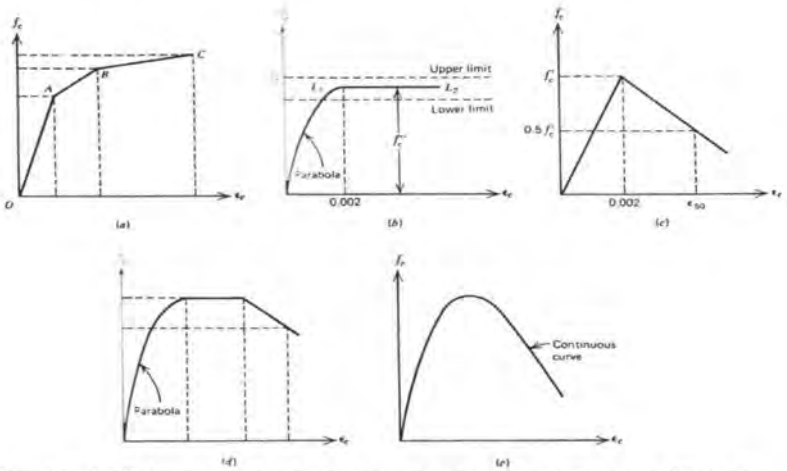
DASAR TEORI PENGEKANGAN

III.1 Pengekangan Kolom Beton Bertulang

Efek pengekangan pada kolom merupakan suatu efek yang ditimbulkan akibat adanya tulangan pengekang yang terpasang di sepanjang bentang kolom, yang dapat menambah kinerja / kapasitas kolom, yang mengakibatkan kolom berperilaku lebih daktail sehingga dapat menunda keruntuhan mendadak (*collapse*).

Untuk menggambarkan efektifitas pengekangan, dapat dibayangkan pada tumpukan pasir di tempat terbuka yang diberi beban tekan dari atas, maka tumpukan pasir tersebut akan tersebar (runtuh). Namun jika pasir tersebut dimasukkan dalam sebuah tong (silinder tanpa penutup), maka apabila diberi beban, pasir tetap berada pada kedudukan semula (tidak runtuh). Hal tersebut terjadi karena dinding tong berfungsi sebagai pengekang lateral. Oleh karena beton lebih padat (kuat) daripada pasir, maka dinding pengekang yang diperlukan tidak perlu rapat seperti tong.

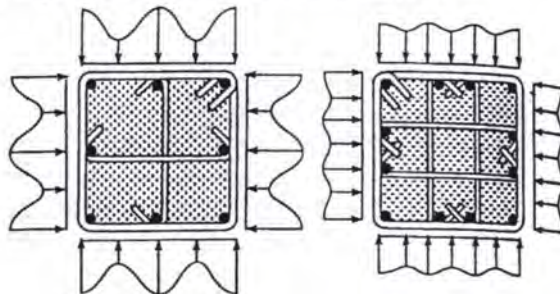
Kolom beton bertulang akan meningkat kemampuannya apabila dilakukan pengekangan. Pada umumnya pengekangan dilakukan menggunakan sengkang (tulangan transversal), baik itu yang berbentuk segi empat maupun yang berbentuk spiral. Hasil pengujian dari berbagai peneliti sebelumnya telah menunjukkan bahwa pengekangan oleh tulangan transversal sangat mempengaruhi karakteristik atau perilaku tegangan-regangan beton (*Park-Paulay, 1933*). Banyak peneliti seperti Kent dan Park, Sheikh dan Uzumeri, Ravzi dan Saatcioglu, Legeron dan Paultre, Mander, Chan dan Blume, Baker, Roy dan Sozen, Soliman dan Yu, Sargin, dan masih banyak lainnya telah mengusulkan berbagai bentuk kurva tegangan-regangan beton yang dikekang, seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Beberapa usulan kurva tegangan-regangan beton yang dikembang oleh sengkang persegi, (a) Chan dan Blume; (b) Baker; (c) Roy dan Sozen; (d) Soliman dan Yu; (e) Sargin.

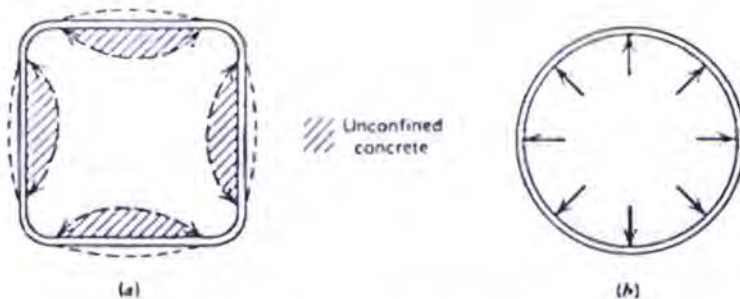
Bentuk kurva tegangan-regangan merupakan suatu fungsi yang dipengaruhi oleh banyak variabel (*Park-Paulay, 1933*). Beberapa variabel yang dominan tersebut antara lain:

- a. Rasio volumetrik antara volume tulangan pengekang terhadap volume penampang inti kolom beton yang terkekang. Bila volume sengkang cukup banyak maka dapat menambah nilai tegangan pengekang dalam arah transversal.



Gambar 3.2 Variasi tegangan pengekang akibat jumlah dan susunan tulangan (longitudinal dan transversal)

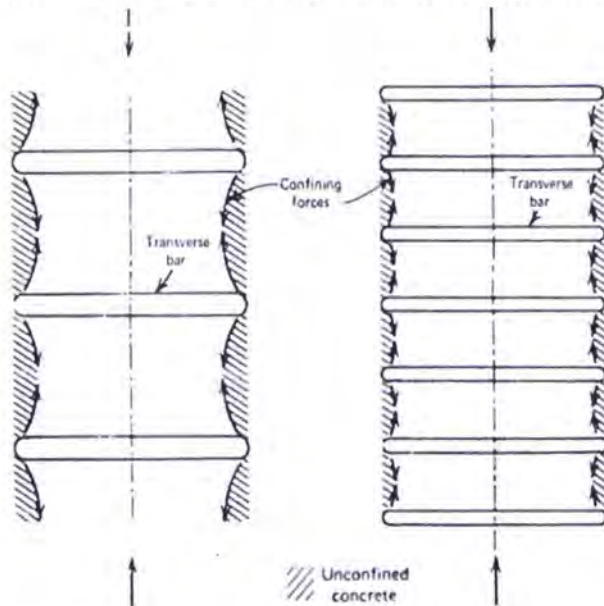
- b. Kuat leleh baja tulangan sengkang (f_{yh}), karena variabel ini menentukan kuat batas ultimate dari tegangan pengekok lateral.
- c. Perbandingan antara diameter sengkang terhadap panjang sengkang, karena diameter yang lebih besar menghasilkan pengekokan yang lebih efektif. Dari gambar 3.3 di bawah dapat kita lihat bahwa daerah yang di arsir merupakan daerah yang tidak efektif terkekang. Bila diameter sengkang kecil, maka sengkang itu hanya akan berperilaku sebagai pengikat antar sudut dikarenakan kekakuan lenturnya kecil. Karena kekakuannya kecil, maka mungkin saja bagian tengahnya (daerah antara dua sudut) akan melendut sehingga keefektifan pengekokan di bagian tengah sengkang menjadi lebih kecil. Dengan diameter sengkang yang lebih besar, luas area yang terkekang efektif bisa bertambah karena kekakuan lenturnya besar. Dari gambar 3.3 tersebut dapat kita lihat bahwa keefektifan sengkang spiral dalam menahan inti beton lebih baik daripada sengkang persegi, karena pada pengekokan spiral hampir seluruh daerah inti beton (yang berada di dalam sengkang) terkekang dengan baik.



Gambar 3.3 Efektifitas Pengekokan. (a) sengkang persegi; (b) spiral

- d. Perbandingan jarak/spasi antar sengkang terhadap dimensi penampang inti, karena semakin rapat sengkang akan

menambah keefektifan pengekanan, seperti yang ditunjukkan gambar 3.4 di bawah. Semakin renggang jarak sengkang maka akan semakin banyak volume beton yang tidak terkekang dan mungkin akan rontok (*spalling*).



Gambar 3.4 Jarak antar sengkang mempengaruhi efektifitas pengekanan

- e. Jumlah dan ukuran tulangan longitudinal, karena tulangan ini juga mengekang betonnya. Tulangan longitudinal harus ditempatkan agak rapat disepanjang sengkang karena sengkanglah yang memberikan reaksi pengekanan pada tulangan longitudinal. Kombinasi antara tulangan longitudinal (tulangan lentur) dengan tulangan transversal (sengkang) akan meningkatkan efisiensi pengekanan.
- f. Kuat tekan beton (mutu beton), karena beton dengan kuat tekan rendah (*low-strength concrete*) agak lebih daktail daripada beton mutu tinggi (*high-strength concrete*).

III.2 Hubungan Pengekangan Kolom Beton Bertulang dengan Ketahanan Terhadap Gempa

Tujuan utama dari pengekangan kolom adalah untuk menghasilkan suatu elemen kolom yang lebih daktail. Struktur yang daktail ini dibuat demi tujuan akhir yaitu meningkatkan ketahanan struktur terhadap gaya gempa yang cenderung bolak-balik. Apabila gaya gempa mampu ditahan oleh kolom, maka keruntuhan mendadak suatu struktur dapat dicegah.

Penampang kolom yang didesain dengan memperhitungkan efek pengekangan akan memberikan output yang berbeda bila dibandingkan dengan penampang yang *unconfined* atau tidak memperhitungkan pengekangan (*Hong Mei, Panos D. Kioussis, Mohammad R. Ehsani dan Hamid Saadatmanesh, 2001*). Perbedaan output yang dimaksud disini adalah perbedaan bentuk kurva tegangan-regangan, perbedaan besarnya kapasitas penampang yang dapat dievaluasi dari diagram interaksi aksial-momen, dan perbedaan daktilitas yang dapat dievaluasi dari diagram momen-kurvturnya. Penampang suatu kolom yang dikekang dapat menghasilkan kapasitas momen-aksial yang lebih besar daripada kolom yang tidak dikekang, untuk dimensi kolom yang sama besar. Apabila kita ingin menambah kemampuan suatu kolom tetapi dimensinya dibatasi (tidak boleh diperbesar lagi), maka kita cukup mengubah desain penampangnya, yaitu melakukan perubahan pada konfigurasi tulangan sengkangnya (*Saatcioglu dan Ozcebe, 1986*).

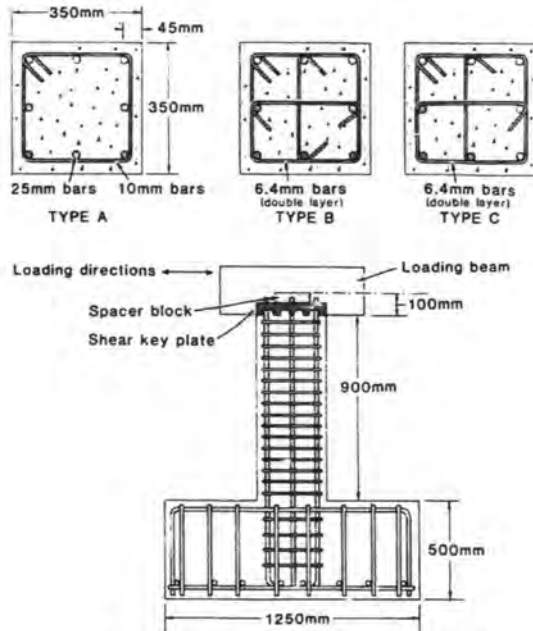
Saatcioglu dan Ozcebe (1986) telah melakukan penelitian yang mendalam terhadap pengekangan kolom beton untuk beban gempa. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa pengekangan beton sangatlah berpengaruh terhadap ketahanan akan beban gempa. Berikut ini dipaparkan secara singkat pengujian yang mereka lakukan.

Benda uji dan alat penguji

Benda uji yang digunakan berupa empat buah kolom beton bertulang berbentuk persegi dengan geometri penampang

seperti pada gambar 3.5 di bawah, dan masing-masing diberi label U3, U4, U6 dan U7. Kolom-kolom ini kemudian diuji dengan alat tertentu yang dapat mengatur simulasi pembebanan gempa. Ukuran tulangan longitudinal yang digunakan adalah sama untuk semua benda uji. Delapan buah tulangan longitudinal berdiameter 25,2 mm (1,0 in) ditempatkan secara simetris pada sisi-sisi sengkang. Rasio tulangan lentur terhadap luas total penampang adalah 3,27%.

Ada tiga konfigurasi pengekanan yang dilakukan. Konfigurasi pertama yang dinamai Tipe A, terdiri dari sengkang tertutup yang ujungnya ditekuk ke dalam sebesar 135° sejauh 10 kali diameter sengkang. Dua konfigurasi lainnya yaitu Tipe B dan Tipe C sebenarnya mirip dengan Tipe A, tetapi dibagian tengahnya ditambahkan sengkang menyilang (*cross ties*). Perbedaan konfigurasi Tipe B dan Tipe C dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah.



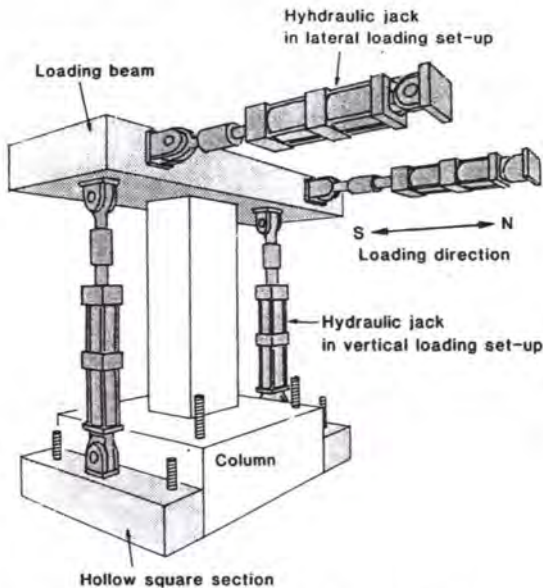
Gambar 3.5 Detail geometri benda uji

Benda uji U3 dan U4 diberi konfigurasi penulangan Tipe A, dengan diameter sengkang 11,3 mm (0,44 in). Perbedaan U3 dan U4 adalah pada jarak antar sengkangnya. Jarak antar sengkang pada U3 lebih renggang daripada U4. Benda uji U6 dan U7 masing-masing memakai Tipe B dan Tipe C. Perbedaan keduanya adalah jumlah dan cara pemasangan sengkang.

Tabel 3.1 Keterangan Benda Uji Percobaan Saatcioglu-Ozcebe (1986)

Test specimen	Concrete strength, MPa	Longitudinal steel		Transverse steel				
		f_{st} , MPa	ρ_s , percent	f_{st} , MPa	ρ_s , percent	s , mm	Confin. Config.	$A_w f_{st} / s$, N/mm
U3	34.8	438	3.27	470	1.69	75	Type A	1253
U4	32.0	438	3.27	470	2.54	50	Type A	1880
U6	37.3	437	3.27	425	1.95	65	Type B	1262
U7	39.0	437	3.27	425	1.95	65	Type C	1262

1 MPa = 145 psi, 1 mm = 0.0394 in., 1 N = 0.225 lb.

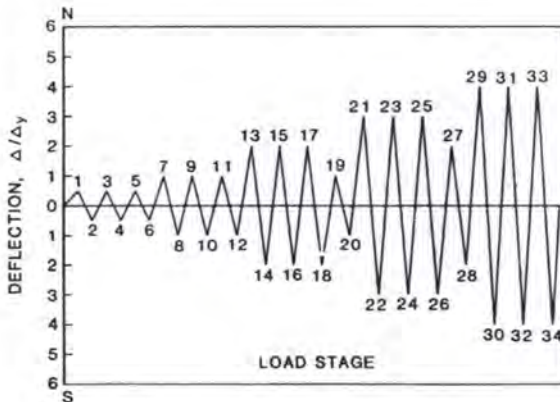


Gambar 3.6 Alat penguji Saatcioglu-Ozcebe (1986)

Alat pengujian dan kelengkapannya dapat dilihat pada gambar 3.6 di atas. Bagian kaki kolom telah diatur sedemikian rupa agar terpasang kuat pada lantai laboratorium supaya bisa menerima kekakuan penuh pada bagian dasarnya. Gaya lateral bolak-balik diberikan oleh dua batang hidrolis yang telah diatur supaya memberikan gaya 250 kN (56 kip). Balok transfer khusus dibuat di atas kolom untuk mencegah permukaan kolom terkena gaya lateral secara langsung.

Semua kolom dites dengan gaya tekan aksial yang konstan sebesar 600kN (135 kips). Gaya ini diperkirakan sebesar 12% dari kapasitas nominal penampang kolom. Gaya aksial konstan ini berasal dari kedua batang hidrolis yang dapat turun perlahan secara vertikal.

Semua benda uji dikenakan perpindahan (*displacement*) seperti pada gambar 3.7. Pembebanan lateral yang diberikan pada benda uji (gambar 3.7) menunjukkan tiga siklus perpindahan elastis yang kemudian diikuti siklus inelastis. Besarnya defleksi dari setiap siklus bergantung pada perpindahan leleh Δ_y (*yield displacement*). Perpindahan leleh Δ_y didefinisikan sebagai perpindahan pada saat penampang kritis kolom leleh secara keseluruhan.



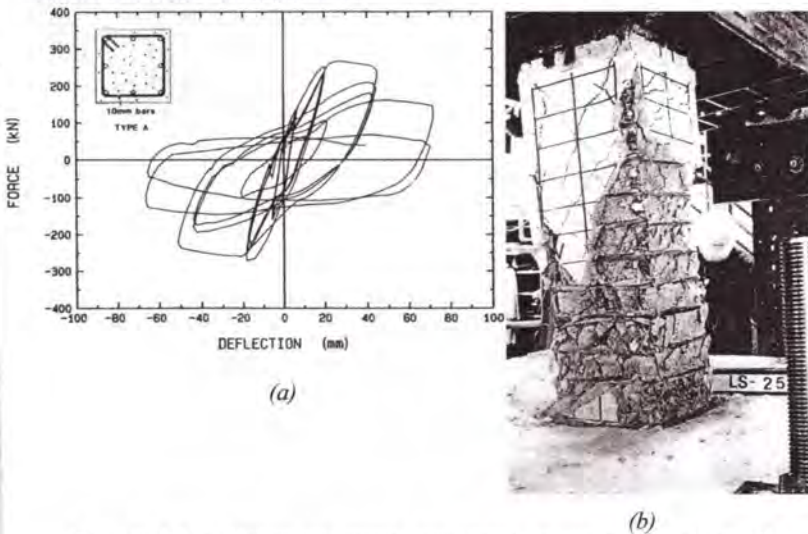
Gambar 3.7 Catatan pembebanan lateral Saatcioglu-Ozcebe (1986)

Observasi Perilaku Benda Uji dan Hasil Test

Hubungan antara gaya gempa dengan defleksi yang terjadi dapat dilihat pada gambar 3.8 sampai 3.11.

Benda uji U3

Benda uji U3 didesain menurut standar peraturan ACI 318-83, disesuaikan dengan kebutuhan perencanaan untuk daerah dengan resiko gempa tinggi.. Benda uji ini menunjukkan penurunan kekakuan dan kekuatan yang cepat ketika benda uji ini dikenakan gaya leteral bolak-balik. Kekuatannya berkurang sebesar 30% pada akhir siklus $2\Delta_y$. Benda uji ini tidak mampu bertahan pada siklus $3\Delta_y$ karena kekuatannya turun sekitar 80%. Gambar 3.8(b) menunjukkan kehancuran yang terjadi pada benda uji U3 senaniang siklus $3\Delta_y$.

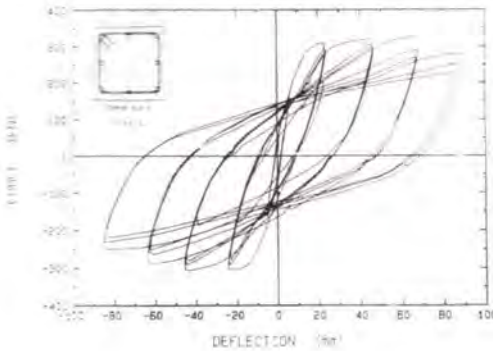


Gambar 3.8 (a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U3 ;
(b) Benda uji U3 pada akhir siklus $3\Delta_y$

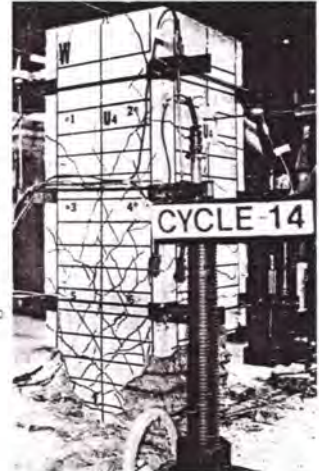
Benda uji U4

Benda uji U4 mempunyai konfigurasi pengekanan yang sama dengan benda uji U3, tetapi benda uji U4 mempunyai

spasi antar sengkang yang lebih rapat. Benda uji ini menunjukkan perilaku yang daktail dan dapat bertahan sampai akhir siklus $4\Delta_y$ seperti yang ditunjukkan gambar 3.9(b).



(a)



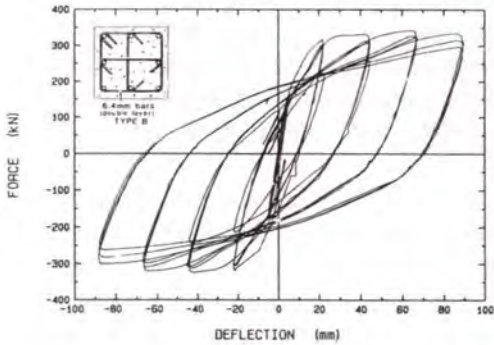
(b)

Gambar 3.9 (a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U4
(b) Benda uji U4 pada akhir siklus $3\Delta_y$

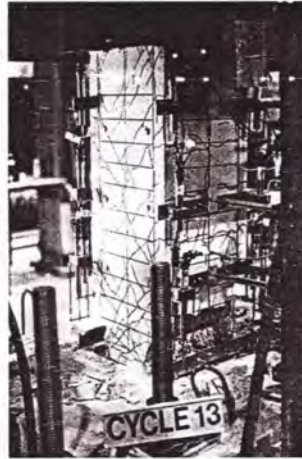
Benda uji U6 dan U7

Benda uji U6 didesain untuk mempunyai spasi sengkang yang kira-kira sama dengan benda uji U3. Perbedaan utama antara kedua benda uji ini adalah konfigurasi tulangan pengekangnya. Sangat berbeda dengan benda uji U3, benda uji U6 justru menunjukkan perilaku yang daktail dengan penurunan kekuatan dan kekakuan yang relatif sangat kecil.

Benda uji U7 didesain identik dengan U6, hanya terdapat perbedaan dari detail cara pemasangan sengkang silangnya (*cross ties*). Sengkang silang pada benda uji U7 mempunyai bengkokan kait bersudut 90° di salah satu ujung dan bersudut 135° di ujung lainnya. Hasil pengujian U6 dan U7 menunjukkan kemiripan sifat, keduanya menunjukkan perilaku yang daktail, seperti pada gambar 3.10.(b) dan 3.11.(b).

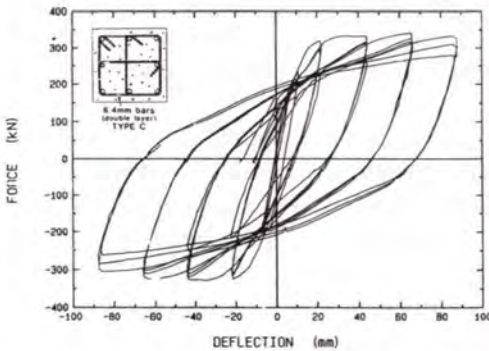


(a)



(b)

Gambar 3.10 (a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U6
(b) Benda uji U6 pada akhir siklus $3\Delta_y$



(a)



(b)

Gambar 3.11(a) Hubungan antara gaya lateral dan defleksi benda uji U7
(b) Benda uji U7 pada akhir siklus $3\Delta_y$

Analisa Data Hasil Pengujian dan Kesimpulan

Data hasil pengetesan benda uji oleh Saatcioglu dan Ozcebe kemudian dibandingkan dengan dua pemodelan analitis beton terkekang (*confined concrete*) yang diusulkan oleh peneliti sebelumnya, Kent-Park (1971) dan Sheikh-Uzumeri (1982), sebagai pembanding.

Benda uji U3 dan U6 diberi tulangan pengekan dengan spasi antar sengkang yang sama. Perbedaan keduanya terletak pada perbedaan konfigurasi pengekan. Setelah membandingkan grafik hubungan gaya-defleksi keduanya (gambar 3.8(a) dan 3.10(a)), terlihat bahwa penambahan sengkang silang (*crossties*) pada benda uji U6 menghasilkan perilaku yang lebih baik dan lebih stabil. Meskipun benda uji U3 telah didesain sesuai dengan kebutuhan ACI 318-83, benda uji ini menunjukkan perilaku yang lebih jelek terlihat dari penurunan kekuatan dan kekakuan yang cepat. Perbedaan respon kedua benda uji ini sangat jelas disebabkan perbedaan konfigurasi sengkangnya. Keunggulan konfigurasi Tipe B yang diaplikasikan pada benda uji U6 dapat menjelaskan keefektifitasan tulangan longitudinal (khususnya yang ditengah penampang) dalam mengekan inti beton hanya ketika didukung oleh sengkang silang (*crossties*).

Benda uji U7 dites dengan tujuan untuk melihat keefektifitasan sengkang silang dengan kait ujung bersudut 90° . Benda uji U7 dan U6 mempunyai kesamaan baik dalam konfigurasi maupun spasi sengkang, hanya berbeda dari sudut yang dibentuk oleh kait di kedua ujungnya. Setelah membandingkan grafik hubungan gaya-defleksi keduanya (gambar 3.10(a) dan 3.11(a)), terlihat bahwa respon keduanya sama. Ini menunjukkan bahwa konfigurasi Tipe C dan Tipe B sama-sama efektif dalam mengekan inti beton.

Spasi antar sengkang merupakan parameter lain yang akan ditinjau dalam percobaan ini. Benda uji U3 dan U4 sama-sama dikekang dengan sengkang tertutup berdiameter 11,3 mm. Hanya saja spasi sengkang U4 sekitar $2/3$ spasi sengkang U3.

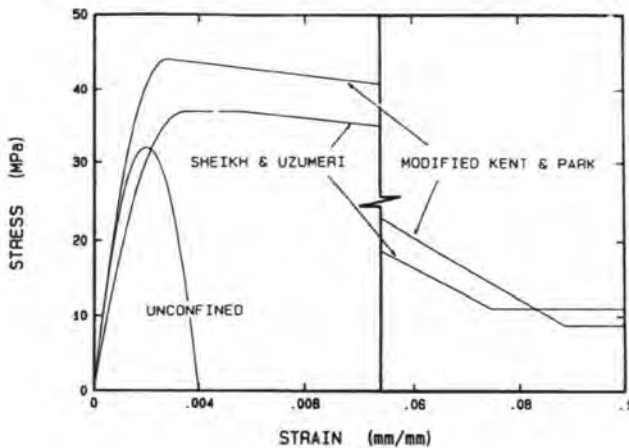
Oleh karena itu, benda uji U4 menunjukkan perilaku yang lebih baik daripada U3 karena spasi sengkang U4 lebih rapat sehingga rasio volumetrik tulangan transversalnya bertambah, yang juga akan mempengaruhi kekuatan pengekangan. Sementara itu, bila benda uji U4 dibandingkan dengan benda uji U6 (gambar 3.9(a) dan 3.10(a)), benda uji u6 menunjukkan perilaku yang lebih baik daripada U4 walaupun spasi antar sengkangnya tidak jauh berbeda, sehingga diperkirakan perbedaan ini utamanya disebabkan karena perbedaan konfigurasi sengkang.

Dari percobaan di atas, Saatcioglu dan Ozcebe (1986) menyimpulkan bahwa duktilitas kolom dipengaruhi oleh konfigurasi pengekangannya. Semakin baik pengekangan yang diberikan maka akan semakin daktail juga perilaku kolom tersebut. Parameter lain yang juga mempengaruhi duktilitas adalah jarak antar sengkang. Dengan membandingkan grafik hubungan gaya lateral-defleksi benda uji U3 dan U4 seperti yang ditunjukkan gambar 3.8(a) dan 3.9(a), dapat kita lihat bahwa pengurangan spasi antar sengkang dapat meningkatkan pengekangan terhadap kolom. Hasil yang diperoleh dengan memampatkan spasi sengkang menjadi sepertiganya memang mendekati, namun tidak terlalu banyak memberikan perubahan dibandingkan bila yang diubah adalah konfigurasi tulangan pengekangannya menjadi Type B atau Type C. Pada pelaksanaannya, apabila tulangan berdiameter 11,3 mm (0,44 in) yang sering digunakan sebagai sengkang diperkecil spasinya maka akan meningkatkan jumlah kebutuhan sengkang. Oleh karena itu, dalam meningkatkan efek pengekangan, mengubah konfigurasi tulangan pengekang merupakan solusi yang lebih baik daripada kita mengurangi spasi antar sengkang.

Kapasitas kolom diprediksi secara analitik menggunakan empat pendekatan yang berbeda. Pendekatan pertama merupakan kapasitas nominal lentur dan geser yang dihitung berdasarkan peraturan ACI 318-83. Pendekatan kedua menggunakan model pendekatan untuk beton tak terkekang (*unconfined*). Pendekatan kedua hanya merupakan pembandingan

antara beton terkekang dengan yang tidak terkekang. Pendekatan ketiga dan keempat masing-masing menggunakan metode pendekatan yang diusulkan Kent-Park (1971) dan Sheikh-Uzumeri (1982) untuk kolom terkekang (*confined concrete*).

Kedua pendekatan pengekgangan analitis ini akan dibandingkan dengan pendekatan experimental (pendekatan pertama) untuk melihat ketepatan prediksi terhadap hasil percobaan sebenarnya. Model yang digunakan untuk prediksi analitik dapat dilihat pada gambar 3.12 di bawah.



Gambar 3.12 Model yang digunakan untuk prediksi analitik

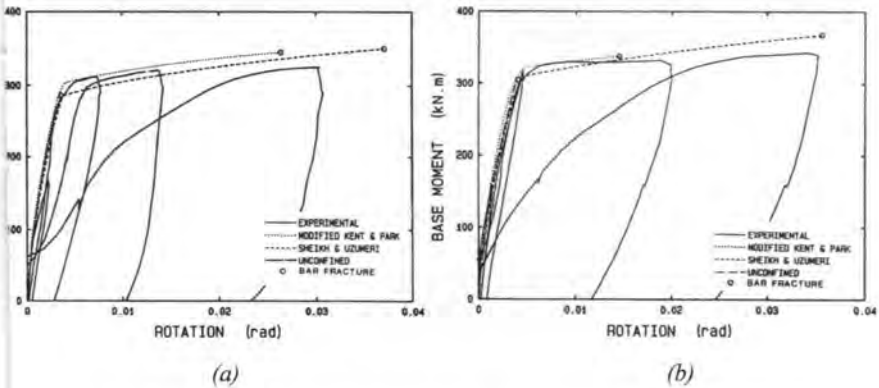
Variabel yang ada di dalam metode Kent dan Park antara lain rasio volumetrik dari tulangan sengkang, ratio dari luas inti penampang terhadap spasi sengkang, dan kekuatan material beton itu sendiri (mutu beton). Variabel-variabel ini juga diperhitungkan di dalam metode Sheikh dan Uzumeri, namun di dalam metode ini juga diperhitungkan distribusi tulangan longitudinal dan konfigurasi sengkangnya. Prediksi analitik dari hasil percobaan ini ditunjukkan oleh tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 Prediksi Kapasitas Benda Uji

Test specimen	Observed			ACI 318-83			Unconfined concrete	Modified Kent and Park	Sheikh and Uzumeri
	V_{cr} kN	V_{pr} kN	M_{pr} kN·m	V_c kN	V_n kN	M_{pr} kN·m	M_{pr} kN·m	M_{pr} kN·m	M_{pr} kN·m
U3	166	268	268	99	317	279	300	325	349
U4	170	326	326	96	476	271	283	345	350
U6	175	343	343	101	319	286	305	336	366
U7	170	342	342	103	319	289	311	341	370

1 kN = 0.225 kip, 1 m = 3.3 ft.

Salah satu aspek penting dari pengeangan kolom adalah pengaruhnya terhadap daktilitas. Oleh karena itu, prediksi analitik ini dapat juga digunakan untuk menilai daktilitas. Gambar 3.13(a) dan 3.13(b) masing-masing menggambarkan hubungan momen-rotasi pada benda uji U4 dan U6.



Gambar 3.13 Perbandingan hasil eksperimen dengan prediksi analitik momen-rotasi : (a) benda uji U4 ; (b) benda uji U6

Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa pemodelan oleh Kent dan Park menghasilkan prediksi momen leleh yang lebih akurat daripada pemodelan oleh Sheikh dan Uzumeri. Walaupun demikian, pemodelan Kent dan Park kurang akurat dalam memprediksi daktilitas yang terjadi. Sebaliknya, pemodelan oleh Sheikh dan Uzumeri berhasil memprediksi

daktilitas dengan baik sehingga gambar model momen-kurvturnya hampir sama dengan hasil percobaan, walaupun prediksi momen leleh dari pemodelan ini masih berada di bawah hasil test. Meskipun begitu, bila dilihat secara keseluruhan, pemodelan oleh Sheikh dan Uzumeri memberikan prediksi yang lebih mendekati hasil eksperimen.

Prediksi analitik yang didasarkan pada model parabolik beton tak terkekang (*unconfined concrete*) ternyata tidak menunjukkan perilaku daktail sama sekali. Momen kapasitas yang dihasilkan pun lebih kecil daripada hasil percobaan. Dengan kata lain, Saatcioglu dan Ozcebe menyimpulkan bahwa efek pengekangan pada kolom akan menghasilkan kapasitas momen yang lebih besar, serta menghasilkan perilaku yang lebih daktail.

III.3 Ketentuan Pengekangan Kolom Beton Bertulang Dalam SNI 03-2847-2002

Ketentuan pemasangan tulangan lateral (senggang) untuk kolom beton bertulang di dalam SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut:

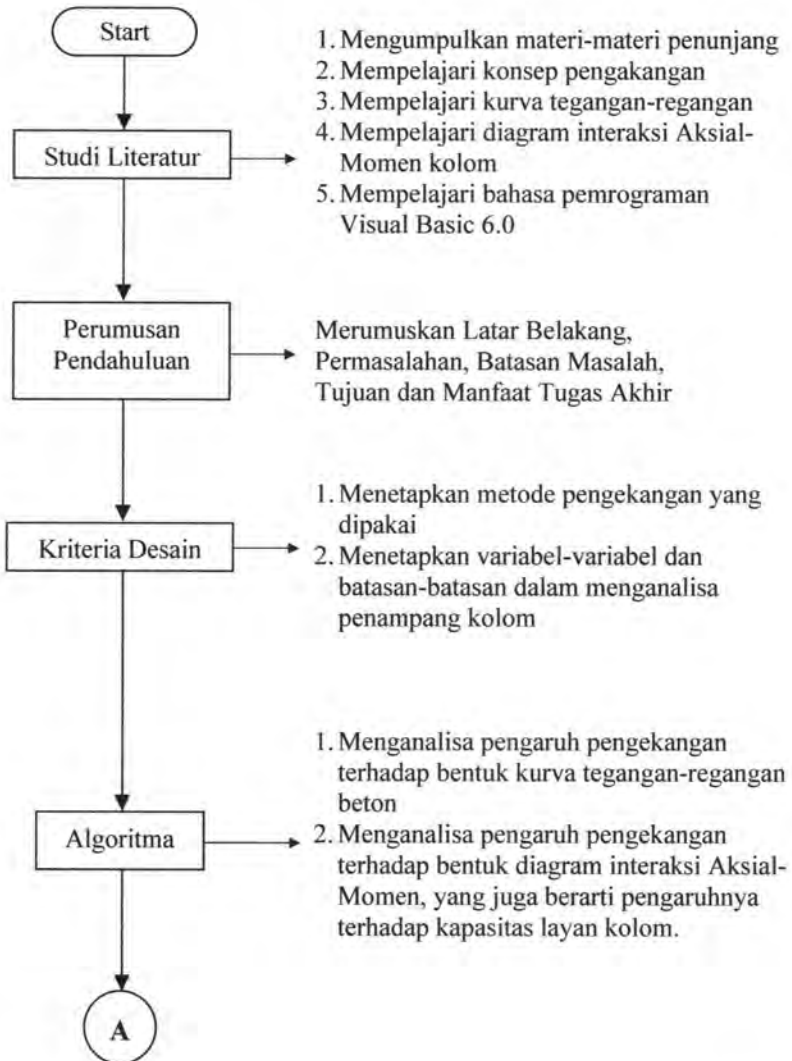
- Pasal 9.10.5, mengenai senggang pengikat pada komponen struktur tekan.
- Pasal 13.5.4, mengenai batas spasi tulangan geser.
- Pasal 13.5.5, mengenai tulangan geser minimum.
- Pasal 23.4.4, mengenai tulangan transversal pada komponen struktur yang mengalami kombinasi lentur dan aksial pada SRPMK.
- Pasal 23.10.5, mengenai spasi maksimum senggang pada kolom untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

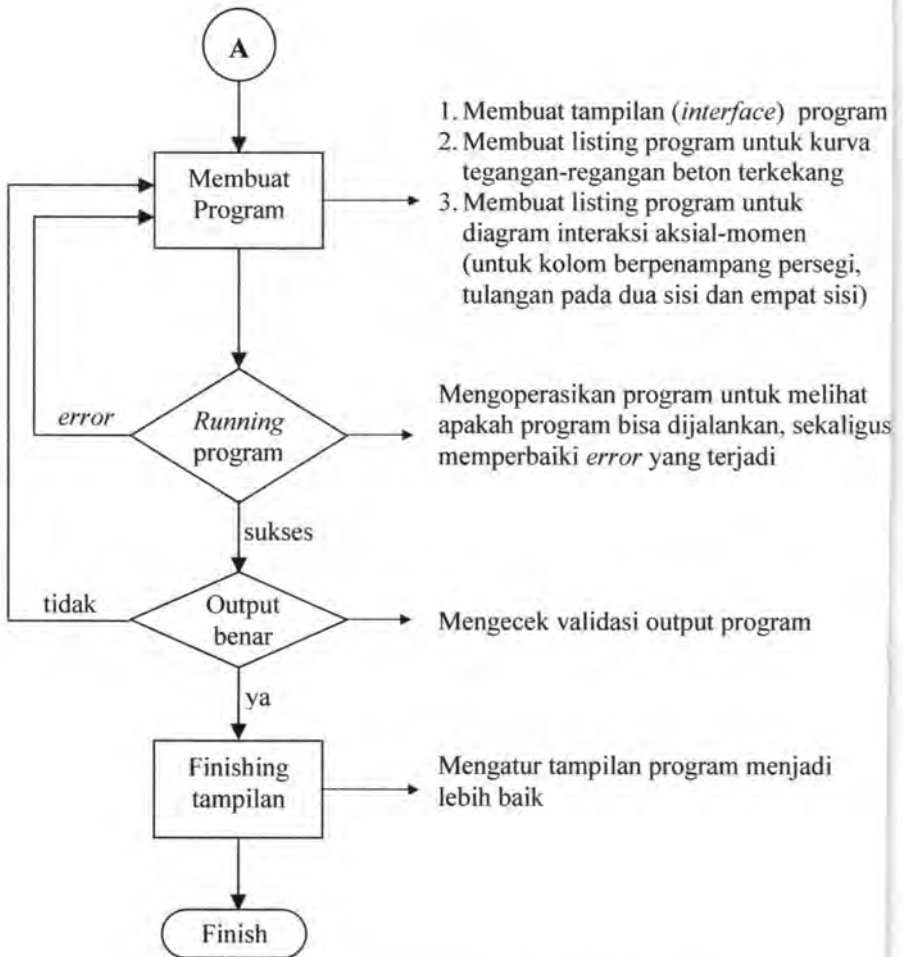


BAB IV

METODOLOGI

BAB IV METODOLOGI





Gambar 4.1 Diagram alir metodologi pelaksanaan Tugas Akhir

IV.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai teori pengkekangan kolom beton betulang, bagaimana pengaruhnya

terhadap bentuk kurva tegangan-regangan. Selain itu, dilakukan juga studi literature mengenai bahasa pemrograman Visual Basic 6.0. Literatur-literatur yang digunakan antara lain :

1. Robert Park & Thomas Paulay, *Reinforced Concrete Structure*.
2. Murat Saatcioglu & Guney Ozcebe, *Confinement of Concrete Columns for seismic Loading*.
3. Dr. Edward G. Nawy, P.E., *BETON BERTULANG – Suatu Pendekatan Dasar*.
4. Hong Mei, Panos D. Kioussis, Mohammad R. Ehsani & Hamid Saadatmanesh, *Confinement effects on High-Strength Concrete*.
5. Wiryanto Dewobroto, *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0 (Analisis dan Desain Penampang Beton Bertulang sesuai SNI 03-2847-2002)*.
6. Wiryanto Dewobroto, *Aplikasi SAIN dan TEKNIK dengan VISUAL BASIC 6.0*.
7. Mander , Priestley dan Robert Park, *Theoretical stress-strain model for confined concrete*.
8. Popovics, *A numerical approach to the complete stress strain curve for concrete*.
9. Dimitrios Konstantinidis dan Andreas J. Kappos, *Analytical Model for Unconfined and Confined High Strength Concrete Under Cyclic Loading*.
10. Literatur-literatur lain yang berhubungan.

IV.2 Menetapkan Metode Usulan untuk Penggambaran Kurva Tegangan-Regangan

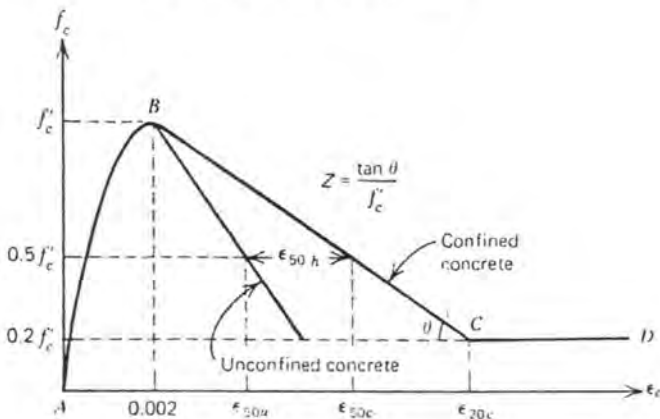
Perilaku kolom beton bertulang telah diteliti sebelumnya oleh banyak ahli, sehingga menghasilkan berbagai macam usulan bentuk kurva tegangan-regangan. Dari berbagai metode yang ada, pada tahap ini dipilih sebagian metode saja yang dianggap dapat mewakili.

Metode-metode usulan yang telah dipilih ini kemudian dirangkum perhitungan-perhitungannya agar dapat mendesain kurva tegangan-regangan, yang kemudian akan dipergunakan untuk menganalisa pengaruh pengekanan kolom terhadap perubahan bentuk diagram interaksi aksial-momen dan juga bentuk diagram momen-kurvturnya.

Sebagai pembandingan untuk mengevaluasi kurva tegangan-regangan beton terkekang (*confined concrete*), perlu juga disajikan beberapa pendekatan kurva tegangan-regangan beton tak terkekang (*unconfined concrete*). Metode-metode tersebut antara lain:

IV.2.1 Metode-metode pengekanan (*Confined Concrete*)

IV.2.1.1 Metode Kent dan Park (1971)



Gambar 4.2 Kurva tegangan-regangan untuk beton yang dikekang oleh sengkang persegi, pemodelan oleh Kent-Park

Berdasarkan hasil-hasil eksperimen yang dilakukan oleh Kent dan Park (1971), mereka mengusulkan suatu bentuk kurva tegangan-regangan (gambar 4.2) untuk beton yang dikekang oleh sengkang persegi. Bentuk kurva usulan ini dibagi menjadi tiga

bagian (*section*) berdasarkan nilai regangannya. Nilai tegangan f_c dapat dihitung dengan rumus:

Daerah AB (*Ascending Branch*) : $\varepsilon_c \leq 0.002$

$$f_c = f_c' \left[\frac{2\varepsilon_c}{0.002} - \left(\frac{\varepsilon_c}{0.002} \right)^2 \right] \quad (4.1)$$

Daerah BC (*Descending Branch*) : $0.002 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{20c}$

$$f_c = f_c' [1 - Z(\varepsilon_c - 0.002)] \quad (4.2)$$

dimana,

$$Z = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{50h} - 0.002} \quad (4.3)$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0.002 f_c'}{f_c' - 1000} \quad (4.4)$$

$$\varepsilon_{50h} = \frac{3}{4} \rho_s \sqrt{\frac{b''}{s_h}} \quad (4.5)$$

Daerah CD : $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{20c}$

$$f_c = 0.2 f_c' \quad (4.6)$$

Keterangan:

f_c' = kekuatan silinder beton dalam psi (1 psi = 0.00689 N/mm²)

ρ_s = rasio dari volume sengkang terhadap volume inti beton terkekang diukur dari sisi luar sengkang

b'' = lebar daerah inti beton terkekang diukur dari sisi luar sengkang

s_h = spasi sengkang

Parameter Z merupakan penentu kemiringan dari garis linier BC (garis keruntuhan beton terkekang). Kemiringan garis (*slope*) ini ditentukan oleh nilai regangan ε_{50u} dan ε_{50c} . Regangan ε_{50u} adalah nilai regangan beton tak terkekang (*unconfined concrete*) pada saat nilai tegangannya 50% terhadap tegangan puncak, dimana perumusan ε_{50u} diperoleh dari hasil percobaan sebelumnya. Regangan ε_{50c} (gambar 4.2) adalah nilai regangan beton terkekang (*confined concrete*) pada saat nilai tegangannya turun menjadi 50% dari nilai tegangan puncak ($0.5 f'_c$). Dengan demikian dapat kita lihat bahwa ε_{50h} adalah besarnya perbedaan nilai regangan antara beton terkekang (CC) dan beton tak terkekang (UC) pada saat tegangannya bernilai $0.5 f'_c$. Persamaan ε_{50h} (persamaan 4.5) menunjukkan adanya tambahan daktilitas karena adanya pengekangan dengan sengkang persegi. Persamaan ini diturunkan dari hasil eksperimen tiga pasangan peneliti sebelumnya, yaitu Roy-Sozen (1964), Baker-Amarakone (1964), dan Soliman-Yu (1967).

IV.2.1.2 Metode Sheikh dan Uzumeri (1982)

Pemodelan kurva hubungan tegangan-regangan beton terkekang (*confined concrete*) oleh Sheikh dan Uzumeri ini dikembangkan berdasarkan hasil eksperimen terhadap 24 benda uji. Pemodelan ini dibuat berdasarkan konsep luas area beton yang terkekang secara efektif. Usulan kurva tegangan-regangan terdiri dari tiga segmen. Segmen pertama berupa kurva parabolik dengan koordinat puncak ($f'_{cc}, \varepsilon_{cc1}$); bagian kedua berupa garis horizontal dari ($f'_{cc}, \varepsilon_{cc1}$) sampai ($f'_{cc}, \varepsilon_{cc2}$); dan bagian ketiga berupa garis menurun dengan kemiringan (*slope*) Z . Bagian ini akan terus turun sampai nilai tegangannya mencapai $0.3 f'_{cc}$, setelah itu kurva akan berbentuk garis lurus horizontal.

Perumusannya :

$$f'_{cc} = K_s f'_{co}; \quad (4.7)$$

asumsikan,

$$f'_{co} = 0.85 f'_c \quad (4.8)$$

dimana;

$$K_s = 1.0 + \frac{(b_c)^2}{140 P_{occ}} \left[\left(1 - \frac{n C^2}{5.5 b_c^2} \right) \left(1 - \frac{s}{2 b_c} \right)^2 \right] \sqrt{\rho_s f'_s} \quad (4.9)$$

$$P_{occ} = f'_{co} (A_{cc}) \quad (4.10)$$

Nilai regangan yang terjadi pada saat tegangan puncak (dengan pembebanan tekan konsentris) diberikan oleh persamaan:

$$\varepsilon_{cc1} = 80 K_s f'_c \times 10^{-6} \quad (4.11)$$

$$\varepsilon_{cc2} = \varepsilon_{co} \left[1 + \frac{248}{C} \left[1 - 5.0 \left(\frac{s}{b_c} \right)^2 \right] \frac{\rho_s f'_s}{\sqrt{f'_c}} \right] \quad (4.12)$$

Dengan $\varepsilon_{co} = 0.0022$ sesuai eksperimen.

Pemodelan tegangan-regangan ditentukan oleh persamaan:

Untuk $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc1}$ (*ascending branch*):

$$f_c = f'_{cc} \left[2 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^2 \right] \quad (4.13)$$

Untuk $\varepsilon_{cc1} < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc2}$ (*horizontal line*):

$$f_c = K_s f'_{co} \quad (4.14)$$

For $\varepsilon_{cc2} < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc30}$ (*descending branch*):

$$f_c = f'_{cc} [1 - Z(\varepsilon_c - \varepsilon_{cc})] \quad (4.15)$$

Nilai slope pada segmen ke-tiga kurva tegangan-regangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Kent dan Park (1971), dengan beberapa modifikasi. Persamaan yang disarankan adalah:

$$Z = \frac{0.5}{\frac{3}{4} \rho_s \sqrt{\frac{b_c}{s}}} \quad (4.16)$$

Selain kedua nilai regangan puncak ε_{cc1} dan ε_{cc2} , regangan pada saat nilai tegangan mencapai 0.85 nilai tegangan puncak beton terkekang juga dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{berikut: } \varepsilon_{cc85} = 0.225 \rho_s \sqrt{\frac{b_c}{s}} + \varepsilon_{cc2} \quad (4.17)$$

Keterangan:

- A_{cc} = luas area inti beton terkekang
- b_c = lebar inti beton terkekang diukur dari as tulangan sengkang terluar.
- C = jarak antara tulangan longitudinal yang terkekang secara lateral oleh sengkang
- K_s = faktor penambahan/ pembesaran kekuatan
- f'_s = besarnya tegangan tulangan lateral (sengkang) pada saat terjadi tegangan maksimum beton terkekang (anggap $f'_s = f_{yh}$ pada tegangan maksimum)
- n = jumlah lengkung yang mengandung beton yang tidak terkekang secara efektif, juga sama dengan jumlah tulangan longitudinal yang terkekang secara lateral oleh sengkang.

IV.2.1.3 Metode Mander, Priestley, dan Park (1988)

Mander et al. (1988) mengusulkan sebuah pendekatan kurva tegangan-regangan untuk beton terkekang yang dapat diaplikasikan baik untuk tulangan sengkang berbentuk lingkaran (*circular*) maupun persegi (*rectangular*). Penulangan transversal (sengkang) bisa berbeda-beda bentuknya, bisa berupa sengkang melingkar ataupun spiral, bisa juga berupa sengkang persegi dengan atau tanpa sengkang menyilang (*cross ties*).

Untuk mengembangkan model ini, dilakukan eksperimen berskala penuh terhadap kolom beton bertulang terkekang, dengan mutu beton 30 MPa dan baja dengan kuat leleh (*yield strength*) sekitar 300 MPa. Pemodelan tegangan-regangan ini merujuk pada persamaan yang diusulkan oleh Popovics (1973). Hanya satu persamaan yang dipakai untuk merumuskan model ini, yaitu :

$$f_c = \frac{f'_{cc} x^r}{r - 1 + x^r}; \quad (4.18)$$

dengan,

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}; \quad (4.19)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (4.20)$$

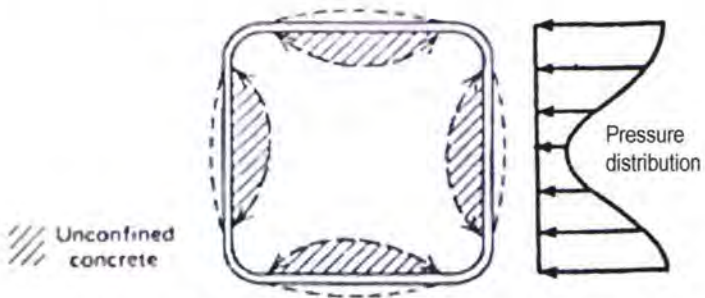
$$E_c = 5000 \sqrt{f'_c} \text{ MPa} \quad (4.21)$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (4.22)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{c0} \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \quad (4.23)$$

ε_{c0} biasanya diasumsikan sebesar 0.002.

$$f'_{cc} = f'_c \left(-1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_l}{f'_c} - 2 \frac{f'_l}{f'_c}} \right) \quad (4.24)$$



Gambar 4.3 Efektifitas Pengekangan oleh sengkang persegi

Tegangan pengekang lateral efektif f'_l ditentukan dengan prinsip yang sama dengan yang telah ditentukan oleh pemodelan Sheikh dan Uzumeri (1982) sebelumnya. Area yang diarsir (gambar 4.3) diperhitungkan sebagai area yang tidak terkekang secara efektif. Karena itu, perbedaan konfigurasi penulangan sengkang akan memberikan efektifitas pengekangan yang berbeda pula, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$K_e = \frac{A_c}{A_{cc}} \quad (4.25)$$

Tegangan pengekang lateral efektif f'_l kemudian dihitung dengan persamaan:

$$f'_l = \frac{1}{2} K_e \rho_s f_{yh} \quad (4.26)$$

Koefisien efektifitas pengekangan untuk:

Sengkang bundar (*circular hoops*)

$$K_e = \frac{\left(1 - \frac{s'}{2d_s}\right)^2}{1 - \rho_{cc}} \quad (4.27)$$

Spiral lingkaran (*circular spiral*):

$$K_e = \frac{\left(1 - \frac{s'}{2d_s}\right)^2}{1 - \rho_{cc}} \quad (4.28)$$

Senggang persegi (*rectangular hoops*):

$$K_e = \frac{\left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{(w'_i)^2}{6b_c d_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2b_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2d_c}\right)}{(1 - \rho_{cc})} \quad (4.29)$$

Regangan beton ultimate, ε_{cu} dianggap terjadi setelah kegagalan senggang. Dengan penaksiran yang cermat, regangan batas (ultimate) diberikan oleh persamaan:

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + 1.4 \rho_s f_{yh} \varepsilon_{sm} / f'_{cc} \quad (4.30)$$

Keterangan:

- b_c, d_c = dimensi inti beton terkekang diukur dari as ke as senggang, dalam arah x dan y penampang
- s' = spasi bersih antar spiral atau antar senggang
- d_s = diameter diukur dari pusat lingkaran (untuk penampang lingkaran) ke as spiral
- A_e = luas area inti beton terkekang efektif
- A_{cc} = area inti beton diukur sampai ke as spiral ataupun as senggang, tapi tidak termasuk luas tulangan longitudinal
- w'_i = spasi bersih ke- i dari dua tulangan longitudinal yang berdekatan

- ρ_{cc} = rasio luas tulangan longitudinal terhadap luas inti beton terkekang
 ε_{cu} = regangan ultimate beton tekan, didefinisikan sebagai regangan pada saat kegagalan sengkang mula-mula
 ε_{sm} = regangan baja pada saat mencapai tegangan tarik maksimum

IV.2.1.4 Metode Yong, Nour, dan Nawy (1988)

Yong et al. (1988) mengusulkan sebuah pemodelan hubungan tegangan-regangan berdasarkan data-data eksperimen yang diperoleh dari beberapa pengetesan terhadap kolom-kolom persegi (dalam skala kecil), dengan mutu beton 84 MPa sampai dengan 94 MPa. Tiga pasang parameter diperlukan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan secara lengkap. Parameter-parameter ini antara lain: tegangan puncak dan regangan yang bersesuaian ($f'_{cc}, \varepsilon_{cc}$), tegangan yang didefinisikan sebagai tegangan pengubah pada kurva menurun dan tegangan yang bersesuaian (f_i, ε_i), serta tegangan dan regangan pada kurva menurun yang ditinjau di sembarang titik (f_{2i}, ε_{2i}) dimana ε_{2i} sama dengan $(2\varepsilon_i - \varepsilon_{cc})$. Usulan tegangan puncak oleh Yong et al. sama dengan usulan asli Sargin (1971), yang kemudian dimodifikasi oleh Vallenias et al. (1977). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 f'_{cc} &= K_s f'_c & (4.31) \\
 &= \left[1 + 0.11 \left(1 - \frac{0.254s}{h''} \right) \left(\rho_s + \frac{n\phi_s}{0.31496s\phi_l} \rho \right) \frac{f_{yh}}{\sqrt{f'_c}} \right] f'_c
 \end{aligned}$$

Regangan pada saat tegangan puncak yang diusulkan Yong et al. juga sama dengan yang diusulkan oleh Sargin (1971), seperti di bawah ini:

$$\varepsilon_{cc} = 0.00265 + \frac{0.0035 \left(1 - \frac{0.734s}{h''}\right) (145 \rho_s f_{yh})^{2/3}}{\sqrt{145 f'_c}} \quad (4.32)$$

Variabel-variabel lainnya dapat dihitung dari persamaan-persamaan berikut:

$$f_t = f'_{cc} \left[0.25 \left(\frac{f'_c}{f'_{cc}} \right) + 0.4 \right] \quad (4.33)$$

$$\varepsilon_j = K_s \left[1.4 \left(\frac{\varepsilon_{cc}}{K_s} \right) + 0.0003 \right] \quad (4.34)$$

$$f_{2t} = f'_{cc} \left[0.025 \left(\frac{f'_c}{1000} \right) - 0.065 \right] \geq 0.3 f'_{cc} \quad (4.35)$$

$$\varepsilon_{2t} = 2\varepsilon_t - \varepsilon_{cc} \quad (4.36)$$

Usulan kurva tegangan-regangan ini terdiri dari tiga bagian. Bagian pertama berupa kurva menaik (*ascending branch*) dan bagian kedua berupa kurva polynomial yang menurun (*descending branch*), yang bentuknya sama seperti bentuk yang diusulkan oleh Sargin (1971). Persamaan oleh Sargin ini dipakai untuk menghasilkan kurva mulus yang menerus. Bagian ketiga dari kurva berupa garis mendatar, dimulai pada saat nilai tegangannya mencapai 30% dari tegangan puncak, dan seterusnya menunjukkan nilai tegangan yang konstan. Persamaan matematis untuk hubungan tegangan-regangan adalah sebagai berikut:

Untuk $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc}$ (*ascending branch*):

$$Y = \frac{AX + BX^2}{1 + (A-2)X + (B+1)X^2} \quad (4.37)$$

Untuk $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{cc}$ (*descending branch*):

$$Y = \frac{CX + DX^2}{1 + (C-2)X + (D+1)X^2} \quad (4.38)$$

dimana,

$$X = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}; \quad (4.39)$$

$$Y = \frac{f_c}{f'_{cc}}; \quad (4.40)$$

$$A = E_c \frac{\varepsilon_{cc}}{f'_{cc}}; \quad (4.41)$$

$$B = \left[\frac{(A-1)^2}{0.55} \right] - 1 \quad (4.42)$$

$$E_c = 36.78w_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (4.43)$$

$$C = \frac{(\varepsilon_{2i} - \varepsilon_i)}{\varepsilon_{cc}} \left[\frac{\varepsilon_{2i} E_i}{(f'_{cc} - f_i)} - \frac{4\varepsilon_i E_{2i}}{(f'_{cc} - f_{2i})} \right] \quad (4.44)$$

$$D = (\varepsilon_i - \varepsilon_{2i}) \left[\frac{E_i}{(f'_{cc} - f_i)} - \frac{4E_{2i}}{(f'_{cc} - f_{2i})} \right] \quad (4.45)$$

$$E_i = \frac{f_i}{\varepsilon_i}; \quad (4.46)$$

$$E_{2i} = \frac{f_{2i}}{\varepsilon_{2i}} \quad (4.47)$$

Keterangan:

h'' = lebar inti beton terkekang diukur dari sisi dalam sengkang persegi

n = jumlah tulangan longitudinal

- ϕ_s = diameter nominal sengkang lateral
 ϕ_l = diameter nominal tulangan longitudinal
 ρ = rasio luasan tulangan longitudinal terhadap luas gross penampang = A_s/A_g
 w_c = berat spesifik beton dalam kN/m^3

IV.2.1.5 Metode Cusson dan Paultre (1995)

Pemodelan oleh Cusson dan Paultre ini tidak mengasumsikan bahwa tulangan sengkang leleh pada saat tegangan puncak beton terkekang terjadi, dan tegangan aktual yang terjadi di sengkang pada saat tegangan puncak terjadi dihitung melalui suatu proses iterasi (Cusson et al., 1995). Pemodelan tegangan-regangan ini dikembangkan dan dikalibrasi melalui analisa terhadap hasil eksperimen dari 50 benda uji berupa kolom beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang terkekang, dan diuji dengan pembebanan kosentris. Pengaruh dari nilai kuat tekan beton, kuat leleh baja sengkang, konfigurasi sengkang, rasio penulangan transversal, spasi sengkang, dan rasio tulangan longitudinal; semuanya diperhitungkan dalam pemodelan bentuk kurva tegangan regangan.

$$\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} = 1.0 + 2.1 \left(\frac{f_{le}}{f'_{co}} \right)^{0.7} \quad (4.48)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} + 0.21 \left(\frac{f_{le}}{f'_{co}} \right)^{1.7} \quad (4.49)$$

$$\varepsilon_{cc50} = \varepsilon_{o50} + 0.15 \left(\frac{f_{le}}{f'_{co}} \right)^{1.1} ; \quad (4.50)$$

$$f_{hcc} = f_{yh} ; \quad (4.51)$$

$$\varepsilon_{o50} = 0.004 \quad (4.52)$$

Dalam penentuan nilai ε_{cc50} , tegangan pengegang efektif f_{le} dihitung dengan mengasumsikan nilai f_{hcc} sama dengan kuat leleh tulangan transversal. Asumsi ini dibuat dengan dugaan bahwa pada saat terjadi deformasi yang besar, tulangan transversal leleh.

$$f_{le} = K_e f_l = \frac{K_e f_{hcc}}{s} \left(\frac{A_{shx} + A_{shy}}{b_{cx} + b_{cy}} \right) \quad (4.53)$$

Untuk elemen berpenampang persegi, dimana $b_{cx} = b_{cy} = b_c$ dan $A_{shx} = A_{shy} = A_{sh}$, nilai f_{le} bisa disederhanakan menjadi:

$$f_{le} = \frac{K_e f_{hcc} A_{sh}}{s b_c} \quad (4.54)$$

$$K_e = \frac{\left[1 - \sum_{i=1}^n \frac{(w_i)^2}{6b_{cx}b_{cy}} \right] \left(1 - 0.5 \frac{s'}{b_{cx}} \right) \left(1 - 0.5 \frac{s'}{b_{cy}} \right)}{1 - \rho_t} \quad (4.55)$$

Menurut Cusson et al., indikator yang lebih akurat dalam melihat efisiensi pengeangan adalah indeks pengeangan efektif (*effective confinement index*), yang dirumuskan:

$$\text{Indeks pengeangan efektif} = IP_e = f_{le} / f'_{co} \quad (4.56)$$

$$\varepsilon_{hcc} = 0.5 \varepsilon_{cc} \left[1 - (f_{le} / f'_{cc}) \right] \quad (4.57)$$

Persamaan ini mempunyai tiga variabel yang belum diketahui yaitu: tegangan pengegang efektif, f_{le} , tegangan puncak beton terkekang, f'_{cc} , dan regangan puncak beton

terkekang, ε_{cc} , semuanya bergantung pada nilai tegangan sengkang, f_{hec} . Ragangan ε_{hec} dan tegangan f_{hec} tulangan transversal pada saat tegangan puncak beton terkekang terjadi dapat dihitung dengan prosedur iterasi sebagai berikut:

1. Mula-mula hitung besarnya tegangan pengkekang efektif, f_{le} , dengan menganggap nilai $f_{hec} = f_{yh}$ tulangan transversal
2. Hitung besarnya tegangan puncak beton terkekang, f'_{cc} , dan regangan yang bersesuaian, ε_{cc} .
3. Hitung regangan ε_{hec} tulangan transversal.
4. Dapatkan nilai tegangan f_{hec} tulangan transversal yang baru dengan memplot nilai ε_{hec} pada kurva tegangan-regangan baja tulangan.
5. Evaluasi kembali nilai tegangan pengekekang efektif, f_{le} , dengan adanya nilai tegangan f_{hec} tulangan transversal yang baru, hanya bila $f_{hec} < f_{yh}$.
6. Ulangi terus langkah ke-2 sampai ke-5 sampai diperoleh hasil yang konvergen.

Untuk $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc}$ (*ascending branch*):

Kurva tegangan-regangan yang menanjak mengikuti persamaan yang diusulkan oleh Popovics, yaitu:

$$f'_c = f'_{cc} \left[\frac{k(\varepsilon_c / \varepsilon_{cc})}{k - 1 + (\varepsilon_c / \varepsilon_{cc})^k} \right]; \quad (4.58)$$

$$k = \frac{E_c}{E_c - (f'_{cc} / \varepsilon_{cc})}; \quad (4.59)$$

$$E_c = 3,320 \sqrt{f'_c} + 6,900 \quad (4.60)$$

Untuk $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{cc}$ (*descending branch*):

Kurva tegangan-regangan yang menurun mengikuti persamaan modifikasi yang diusulkan oleh Fafitis and Shah (1985) untuk beton mutu tinggi (HSC) yang terkekang, yaitu:

$$f_c = f'_{cc} \exp \left[k_1 (\varepsilon_c - \varepsilon_{cc})^{k_2} \right]; \quad \varepsilon_c \geq \varepsilon_{cc} \quad (4.61)$$

$$k_1 = \frac{\ln 0.5}{(\varepsilon_{cc50} - \varepsilon_{cc})^{k_2}} \quad \text{dan} \quad k_2 = 0.58 + 16 \left(\frac{f_{le}}{f'_{co}} \right)^{1.4} \quad (4.62)$$

Kekuatan dan daktilitas beton terkekang sangat bergantung pada besarnya nilai tegangan pengekang efektif. Cusson dan Paultre mengikuti pendekatan yang dibuat oleh Mander untuk mendapatkan nilai tegangan pengekang efektif.

Keterangan:

A_{shx} = luas tulangan transversal pada potongan penampang yang tegak lurus terhadap sumbu-x.

A_{shy} = luas tulangan transversal pada potongan penampang yang tegak lurus terhadap sumbu-y.

f_l = tegangan pengekang nominal yang bekerja pada inti beton.

f_{le} = tegangan pengekang efektif yang bekerja pada inti beton.

f_{hcc} = tegangan pada baja tulangan transversal pada saat terjadi tegangan puncak beton terkekang

- k = koefisien yang mempengaruhi kemiringan pada kurva tegangan-regangan yang menaik (*ascending branch*).
 k_1 = koefisien yang mempengaruhi kemiringan pada kurva tegangan-regangan yang menurun (*descending branch*).
 k_2 = koefisien yang mempengaruhi kurvatur pada kurva tegangan-regangan yang menurun (*descending branch*).
 ε_{hcc} = regangan pada tulangan transversal pada saat tegangan baja f_{hcc} .

IV.2.1.6 Metode Diniz dan Frangopol (1997)

Performa pemodelan hubungan tegangan-regangan oleh Muguruma dan Watanabe (1990) serta Fafitis dan Shah (1985) telah diinvestigasi secara menyeluruh (Diniz, 1994). Persamaan analitik yang diusulkan baik oleh Fafitis dan Shah (1985) maupun oleh Muguruma dan Watanabe (1990) telah dibandingkan dengan hasil eksperimen Diniz dan Frangopol (1997) untuk mengevaluasi performa pemodelan mereka. Poin utama yang diinvestigasi Diniz dalam performa pemodelan mereka adalah mengenai pengaruh spasi sengkang, jumlah tulangan pengekang (jumlah kaki sengkang), konfigurasi sengkang, kuat leleh baja sengkang, dan kuat tekan beton.

Berdasarkan analisa Fafitis dan Shah (1985), indeks pengekangan f_l dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f_l = \frac{A_{sh} f_{yh}}{d_e s} \quad (4.63)$$

$$\text{dimana : } A_{sh} = \lambda A_{st} \quad (4.64)$$

$$f_{le} = C_f f_l \quad (4.65)$$

$$\text{dengan : } C_f = 1 - \frac{s}{d_e} \quad (4.66)$$

Versi modifikasi dari pemodelan Fafitish dan Shah yang telah disebutkan di atas dipilih untuk menggambarkan perilaku beton terhadap tekan, baik pada kondisi terkekang maupun tak terkekang (inti beton dan beton cover, berturut-turut). Hubungan tegangan-ragangan untuk beton terkekang terhadap tekan adalah sebagai berikut:

Untuk $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc}$ (*ascending branch*):

$$f_c = f'_{cc} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^4 \right] \quad (4.67)$$

Untuk $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{cc}$ (*descending branch*):

$$f_c = f'_{cc} \exp \left[-k(\varepsilon_c - \varepsilon_{cc})^{1.15} \right] \quad (4.68)$$

Nilai dari parameter A dan K, yang mana menentukan bentuk kurva, adalah sebagai berikut:

$$A = E_c \cdot \varepsilon_{cc} / f'_{cc} \quad (4.69)$$

$$E_c = 33 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (4.70)$$

$$k = 0.17 f'_c \exp(-0.01 f'_{le} / \lambda_1) \quad (4.71)$$

Nilai λ_1 diberikan oleh:

$$\lambda_1 = 1 + 25 \frac{f'_{le}}{f'_c} \left[1 - \exp(f'_c / 44.79)^9 \right] \quad (4.71)$$

dengan f'_c dalam MPa.

Nilai tegangan puncak f'_{cc} (dalam MPa) regangan puncak yang bersesuaian ε_{cc} adalah:

$$f'_{cc} = f'_c + \left(1.15 + \frac{21}{f'_c} \right) f'_{le} \quad (4.72)$$

$$\varepsilon_{cc} = 1.027 \times 10^{-7} f'_c + 0.0296 \frac{f'_{le}}{f'_c} + 0.00195 \quad (4.73)$$

Keterangan:

d_e = diameter ekivalen penampang

A_{sh} = luas total tulangan sengkang dalam satu potongan penampang, termasuk sengkang silang (*crosssties*)

A_{st} = luas tulangan sengkang

f'_{le} = tegangan pengekang efektif

C_f = faktor koreksi pengekangan

λ = sebuah faktor yang diturunkan dari tipe konfigurasi sengkang.

IV.2.1.7 Metode Kappos dan Konstantinidis (1999)

Pemodelan oleh Kappos dan Konstantinidis merupakan modifikasi dari pemodelan Nagashima et al. (1992). Pemodelan ini diturunkan dari hasil analisis statistik dari 108 data eksperimen dari benda uji berupa kolom beton persegi yang terkekang. Model tegangan-regangan ini bisa diaplikasikan pada kolom persegi dengan beton mutu tinggi (HSC), yang dkekang oleh sengkang dengan atau tanpa sengkang silang (*cross ties*).

$$f'_{cc} = f'_{co} + 10.3(\alpha \rho_s f_{yh})^{0.4} \quad (4.74)$$

dengan menganggap,

$$f'_{co} = 0.85 f'_c \quad (4.75)$$

$$\varepsilon_{cc} = \left[1 + 32.83(\alpha \omega_w)^{1.9} \right] \varepsilon_{co} \quad (4.76)$$

dimana ε_{co} adalah regangan pada saat tegangan maksimum beton tak terkekang *unconfined concrete* (CEB 1995), seperti yang ditunjukkan persamaan berikut:

$$\varepsilon_{co} = \frac{0.70(f'_c)^{0.31}}{1,000} \quad (4.77)$$

$$\text{dan, } \omega_w = \frac{\rho_s f_{yh}}{f'_c} \quad (4.78)$$

$$\alpha = \left(1 - \frac{\sum (b_i)^2}{6b_c d_c}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_c}\right) \left(1 - \frac{s}{2d_c}\right) \quad (4.79)$$

$$\varepsilon_{cc50} = \varepsilon_{co} + 0.0911(\alpha\omega_w)^{0.8} \quad (4.80)$$

Untuk $0 < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc}$ (*ascending branch*):

Persamaan sesuai usulan Nagashima et al. (1992).

$$f'_c = \frac{f'_{cc} \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}\right) \left(\frac{E_c}{E_c - E_p}\right)}{\left(\frac{E_c}{E_c - E_p}\right) - 1 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}\right)^{\frac{E_c}{E_c - E_p}}} \quad (4.81)$$

$$E_c = 22,000 \left(\frac{f'_c}{10}\right)^{0.3} \text{ (MPa)} \quad (4.82)$$

$$E_p = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \text{ (MPa)} \quad (4.83)$$

Untuk $\varepsilon_c > \varepsilon_{cc}$ (*descending branch*):

Persamaan sesuai usulan Nagashima et al. (1992).

$$f_c = f'_{cc} \left[1 - 0.5 \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_{cc}}{\varepsilon_{cc50} - \varepsilon_{cc}} \right] \geq 0.3 f'_{cc} \quad (4.84)$$

Keterangan:

- α = faktor untuk menghitung efektifitas pengekangan, sesuai usulan Sheikh dan Uzumeri (1982)
- ω_w = rasio mekanik dari tulangan transversal
- b_l = jarak dari as ke as antara dua tulangan longitudinal yang berdekatan
- b_c = panjang daerah inti beton terkekang, diukur dari as ke as sengkang terluar
- d_c = lebar daerah inti beton terkekang, diukur dari as ke as sengkang terluar
- $\alpha\omega_w$ = kapasitas efektif tulangan transversal
- E_p = Modulus elastisitas secant pada saat tegangan puncak

IV.2.1.8 Metode Hong dan Han (2005)

Hong dan Han (2005) mengusulkan suatu pemodelan kurva tegangan-regangan kolom beton mutu tinggi (HSC) yang dikekang oleh sengkang persegi.

$$\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} = 1.0 + 4.1 \left(\frac{f'_{le}}{f'_{co}} \right)^{0.70} \quad (4.85)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} + 0.015 \left(\frac{f'_{le}}{f'_{co}} \right)^{0.56} \quad (4.86)$$

$$f'_{le} = K_e \rho_s f_{hec} \quad (4.87)$$

$$K_e = \frac{\left[1 - \sum_{i=1}^n \frac{(w_i)^2}{6b_{cx}b_{cy}} \right] \left(1 - 0.5 \frac{s'}{b_{cx}} \right) \left(1 - 0.5 \frac{s'}{b_{cy}} \right)}{1 - \rho_t} \quad (4.88)$$

Sesuai usulan Mander et al. (1988)

$$f_{hcc} = E_s \left\{ 0.45 \varepsilon_{co} + 0.73 \left(\frac{K_e \rho_s}{f'_{co}} \right)^{0.70} \right\} \leq f_{yh} \quad (4.89)$$

$$f'_{co} = 0.85 f'_c \quad (4.90)$$

$$\varepsilon_{co} = 0.0028 - 0.0008 k_3 \quad (4.91)$$

$$k_3 = 40 / f'_{co} \leq 1.0 \quad (4.92)$$

f'_{co} dan ε_{co} sesuai usulan Razvi dan Saatcioglu (1999)

Untuk $0 < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc}$ (*ascending branch*):

Persamaan sesuai usulan Fatifis dan Shah (1985).

$$f_c = f'_{cc} \left\{ 1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right)^\alpha \right\} \quad (4.93)$$

Untuk $\varepsilon_c > \varepsilon_{cc}$ (*descending branch*):

Kurva tegangan-regangan berupa sebuah segmen linear dimulai dari tegangan puncak.

$$f_c = f'_{cc} - E_{des} (\varepsilon_c - \varepsilon_{cc}) \quad (\varepsilon_{cc} \leq \varepsilon_c) \quad (4.94)$$

Kemiringan segmen ini didefinisikan sebagai E_{des} :

$$E_{des} = 0.026 \frac{f'_{co}{}^3}{f'_{le}{}^{0.4}} \quad (4.95)$$

$$\alpha = E_c \frac{\varepsilon_{cc}}{f'_{cc}} \quad (4.96)$$

$$E_c = 3,320 \sqrt{f'_{co}} + 6,900 \quad (4.97)$$

E_c diusulkan oleh Carrasquillo et al. (1981)

Keterangan:

E_s = Modulus elastisitas tulangan transversal

f_{hec} = tegangan yang terjadi pada tulangan transversal pada saat tegangan maksimum beton terkekang terjadi

IV.2.1.9 Metode Kusuma dan Tavio (2008)

Kusuma dan Tavio mengusulkan sebuah model hubungan tegangan-regangan beton normal (NSC) dan beton mutu tinggi (HSC) yang terkekang. Pemodelan ini didasarkan pada hasil test sejumlah benda uji berupa kolom yang dikenai pembebanan tekan konsentris. Keunggulan model ini adalah dapat menjangkau berbagai variasi mutu beton (baik beton mutu normal maupun mutu tinggi) dan mutu baja. Model ini sangat sensitif terhadap pengaruh beberapa parameter pengekanan seperti mutu beton, mutu baja tulangan pengekan, rasio volumetrik tulangan pengekan terhadap inti beton, spasi antara tulangan pengekan, potongan penampang inti beton, konfigurasi tulangan pengekan lateral, dan distribusi tulangan longitudinal.

Model pengekanan ini juga dapat digunakan untuk berbagai variasi kolom beton yang dikekang oleh spiral, sengkang silang (*cross ties*), dan bahkan kombinasi dari penulangan-penulangan ini. Pada kebanyakan model kurva tegangan-regangan yang diusulkan sebelumnya, kurva menaik (*ascending branch*) diformulasikan dengan kurva modifikasi oleh Sargin (1971). Persamaannya adalah sebagai berikut:

Untuk $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cc}$ (*ascending branch*):

$$f_c = f'_{cc} \frac{K_b \varepsilon_b - \varepsilon_b^2}{1 + (K_b - 2) \varepsilon_b} \quad (4.98)$$

dimana,

$$K_b = \frac{E_c \varepsilon_{cc}}{f'_{cc}} \quad (4.99)$$

$$\varepsilon_b = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (4.100)$$

E_c dihitung dengan persamaan ACI 318-08:

$$E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (\text{dalam MPa}) \quad (4.101)$$

Kurva tegangan-regangan yang menurun (*descending branch*) mengandung sebuah segmen berupa garis linier yang dimulai setelah tegangan puncak, seperti yang ditunjukkan oleh hasil test dari literature. Kemiringan dari segmen linier ini didefinisikan sebagai E_{des} . Hubungan tegangan-regangan pada kurva menurun dapat ditentukan oleh:

Untuk $\varepsilon_c > \varepsilon_{cc}$:

$$f_c = f'_{cc} - E_{des} (\varepsilon_c - \varepsilon_{cc}) \quad (4.102)$$

Dalam studi ini, indeks pengekanan efektif didefinisikan sebagai tegangan lateral efektif (f_{le}) yang dapat dihitung dari persamaan di bawah ini:

$$f_{le} = 0.5 k_e \rho_s f_{yh} \quad (4.103)$$

Untuk sengkang persegi:

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_c d_c}\right) \left(1 - \frac{s}{b_c}\right)^2 \quad (4.104)$$

Untuk sengkang bundar atau spiral:

$$k_e = \left(1 - \frac{s}{b_c}\right)^{0.5} \quad (4.105)$$

$$f'_{cc} = f'_c \left[1 + 3.7 \frac{f_{le}}{f'_c}\right] \quad (4.106)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0.0029 + 0.055 \frac{f_{le}}{f'_c} \quad (4.107)$$

E_{des} didefinisikan sebagai kemiringan garis lurus yang menghubungkan tegangan puncak dengan sebuah tegangan yang nilainya 50 persen dari nilai tegangan puncak. Nilai tegangan pada saat tegangannya turun hingga 50% tegangan puncak dianggap sebagai tegangan batas (ultimate) yang dapat ditanggung beton terkekang. Persamaan di bawah ini dapat memperkirakan nilai E_{des} , dan bisa diaplikasikan untuk sengkang persegi maupun lingkaran:

$$E_{des} = \frac{12.2}{\rho_s f_{yh} / (f'_c)^2} \quad (4.108)$$

Nilai regangan pada saat tegangannya menjadi 50% dari tegangan puncak f'_{cc} diasumsikan sebagai regangan batas ε_{cu} karena regangan pada saat $0.50 f'_{cc}$ biasanya dekat dengan titik keruntuhan yang dikarenakan leleh sengkang dan/atau kegagalan

geser inti beton terkekang (Cusson and Paultre, 1994). Definisi dari nilai regangan ultimate ε_{cu} sangatlah penting.

$$\varepsilon_{cu} = \varepsilon_{cc} + \frac{f'_{cc}}{2E_{des}} \quad (4.109)$$

Keterangan:

- w_c = berat beton dalam kg/m^3 (biasanya 2400 kg/m^3)
- E_{des} = tingkat penurunan kekuatan, yang mana dikembangkan dari hasil analisis regresi data pengujian terhadap ε_{cc} sampai ε_{cu}
- k_e = faktor untuk menghitung efektifitas pengekangan, sesuai usulan Sheikh and Uzumeri (1982)
- b_l = jarak antara dua tulangan longitudinal berdekatan yang diukur dari as ke as tulangan
- s = spasi tulangan transversal diukur dari as ke as
- b_c, d_c = panjang dan lebar inti beton terkekang diukur dari as ke as sengkang terluar, berturut-turut

IV.2.2 Metode tanpa pengekangan (*unconfined concrete*)

IV.2.2.1 Blok stress Whitney (1937)

Setelah secara hati-hati melakukan evaluasi dari berbagai literatur dan juga eksperimen yang tersedia, Whitney mengusulkan blok tegangan (*block stress*) berbentuk persegi ekuivalen untuk mewakili variasi sesungguhnya dari tegangan beton ultimate di atas garis netral. Usulan ini bertujuan untuk mempermudah kita menghitung luas blok desak beton, sehingga otomatis memudahkan dalam menghitung kapasitas aksial dan momen sebuah penampang beton. Usulan Whitney ini telah diadopsi oleh peraturan ACI 318-83 dan peraturan beton Indonesia sejak SK SNI T-15-1991-03 sampai sekarang.

Tegangan tertinggi diasumsikan:

$$f_c = 0.85 f'_c \quad (4.109)$$

$$a = \beta_1 c \quad (4.110)$$

dengan β_1 :

$$\beta_1 = 0.85 \quad \text{untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - (f'_c - 30) \frac{0.05}{7} \quad \text{untuk } 30 \text{ MPa} < f'_c \leq 58 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.65 \quad \text{untuk } f'_c > 58 \text{ MPa}$$

Sementara regangan ultimate beton ditetapkan

$$\varepsilon_{cu} = 0.003$$

Keterangan:

c = letak posisi garis netral

β_1 = faktor konversi dari bentuk parabola ke bentuk persegi sebagai fungsi dari mutu beton

ε_{cu} = regangan ultimate beton tak terkekang

IV.2.2.2 Metode unconfined Kent-Park (1971)

Selain usulan untuk beton terkekang, Kent-Park juga mempunyai perumusan untuk beton tak terkekang, yang bisa digunakan sebagai pembanding.

Untuk $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{co}$ (*Ascending Branch*) :

$$f_c = f'_c \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^2 \right] \quad (4.111)$$

dengan $\varepsilon_{co} = 0.002$

Untuk $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{co}$ (*Descending Branch*) :

$$f_c = f'_c [1 - Z_0 (\varepsilon_c - \varepsilon_{co})] \quad (4.112)$$

dimana,

$$Z_0 = \frac{0.5}{\varepsilon_{50u} - \varepsilon_{co}} \quad (4.113)$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0.002 f'_c}{f'_c - 1000} \quad (4.114)$$

Keterangan:

ε_{50u} = regangan beton tak terkekang pada saat tegangan mencapai 50% tegangan puncak

ε_{co} = regangan puncak beton tak terkekang

f'_c = kuat tekan beton tak terkekang (dalam psi)

IV.2.2.3 Metode unconfined Popovics (1973)

Perumusan Popovics untuk kurva tegangan-regangan beton tak terkekang hanya terdiri dari satu persamaan. Persamaannya adalah sebagai berikut:

Regangan puncak beton tak terkekang dirumuskan:

$$\varepsilon_{co} = 0.0005 (f'_c)^{0.4} \quad (4.115)$$

dan nilai tegangannya:

$$f_c = f'_c \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right) \left[\frac{n}{n-1 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^n} \right] \quad (4.116)$$

$$\text{dimana, } n = 0.8 + \frac{f'_c}{17} \quad (4.117)$$

Keterangan:

ε_{co} = regangan puncak beton tak terkekang

IV.2.2.4 Metode unconfined Thorenfeldt (1987)

Perumusan Thorenfeldt merupakan modifikasi dari usulan Popovics. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$n = 0.8 + \frac{f'_c}{17} \quad (4.118)$$

$$E_c = 3,320\sqrt{f'_{co}} + 6,900 \text{ (dalam MPa)} \quad (4.119)$$

Regangan puncak beton tak terkekang dirumuskan:

$$\varepsilon_{co} = \frac{f'_c}{E_c} \left(\frac{n}{n-1} \right) \quad (4.120)$$

dan nilai tegangannya:

$$f_c = f'_c \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right) \frac{n}{\left[n-1 + \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^{nk} \right]} \quad (4.121)$$

nilai k bisa dibedakan

$$\text{untuk } \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \leq 1, \quad k=1$$

$$\text{untuk } \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} > 1, \quad k=0.67 + \frac{f'_c}{62} \quad (4.122)$$

Keterangan:

ε_{co} = regangan puncak beton tak terkekang

IV.3 Algoritma

Pada tahap sebelumnya telah diperoleh kurva tegangan-regangan untuk kolom beton yang terkekang secara lateral. Kurva tersebut kemudian dipakai sebagai acuan untuk melakukan analisa tahap selanjutnya, yaitu:

1. Menganalisa pengaruh pengekangan lateral terhadap bentuk diagram interaksi aksial-momen.
2. Menganalisa dan membandingkan kapasitas nominal kolom yang terkekang lateral dengan melihat bentuk diagram interaksi aksial-momen yang telah diperoleh di atas.

IV.4 Membuat Program dengan Visual Basic 6.0

Langkah awal yang dilakukan pada tahap ini adalah mempelajari dasar-dasar pemrograman dengan Visual Basic 6.0. Setelah mempelajari bahasa pemrograman ini, kemudian dilanjutkan dengan membuat program sederhana yang menghitung efek pengekangan. Langkah-langkah pembuatan program adalah sebagai berikut:

1. Membuat listing program untuk diagram tegangan-regangan beton terkekang. Sebelumnya dirangkum terlebih dahulu semua metode pengekangan yang sudah dibahas sebelumnya.
2. Membuat listing program untuk diagram interaksi aksial-momen.
3. Membuat rancangan tampilan program (*interface*)
4. Mengecek kelengkapan menu dan melengkapi tampilan
5. Mengoperasikan program (*running program*) untuk mengecek apakah semua listing program bisa terbaca dan dapat berjalan dengan baik.
6. Melakukan verifikasi atau mengecek kebenaran hasil output dari program sederhana yang telah dibuat.
7. Bila output program sudah benar, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi kapasitas beton terkekang dan tidak terkekang, dengan cara membandingkan output program keduanya. Bila

output program benar, maka beton terkekang dan tidak terkekang akan menunjukkan perbedaan dalam outputnya yang berupa kurva tegangan-regangan dan diagram interaksi aksial-momen.



BAB V

PENGARUH PENGEKANGAN TERHADAP KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON

BAB V

PENGARUH PENGUNCIAN

TERHADAP KURVA

TEKANAN-REGANGAN BETON

BAB V

PENGARUH PENGEKANGAN TERHADAP KURVA TEGANGAN-REGANGAN BETON

V.1 Kurva Tegangan Regangan Beton Tidak Terkekang (*Unconfined Concrete*)

Untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan beton tidak terkekang (sebagai pembanding) melalui program ConfinedCOL v.1 yang telah dibuat, akan diberikan contoh kasus sebagai input (variabel pembatas).

Kasus 1

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa.

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton tak terkekang dengan:

- a. metode unconfined Kent-Park
- b. metode unconfined Popovics
- c. metode unconfined Thorenfeldt

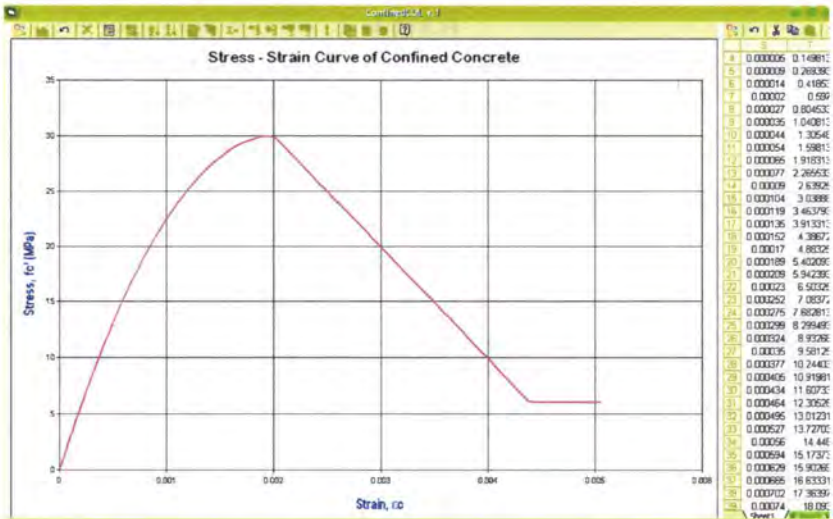
Dapatkan nilai:

- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan ultimate pada saat tegangan ultimate dianggap = $0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5$ MPa

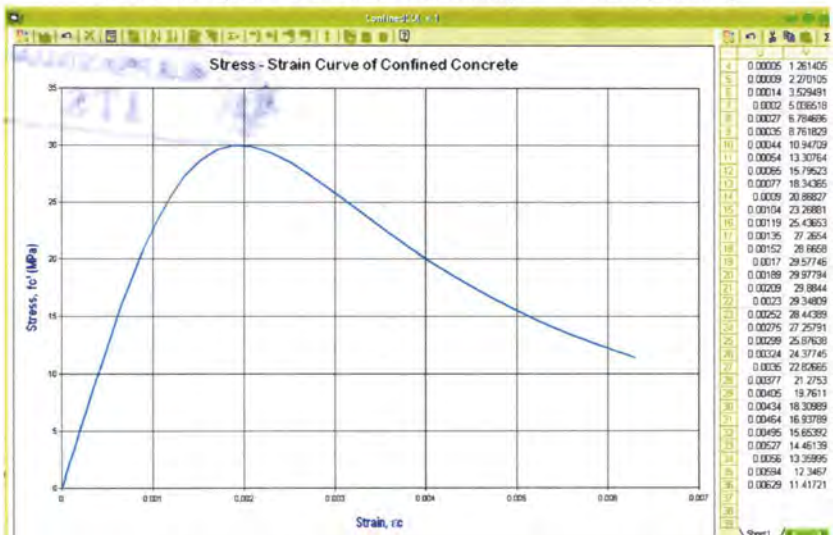


Penyelesaian:

- a. metode unconfined Kent-Park (gambar 5.1)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.002447 \approx 0.00245$
- b. metode unconfined Popovics (gambar 5.2)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.001949 \approx 0.00195
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00305$



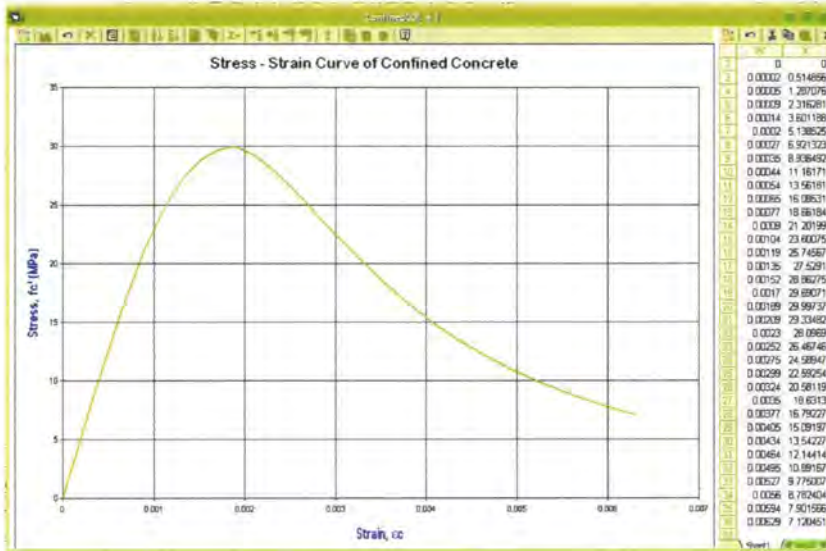
Gambar 5.1 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton tak terkekang, metode unconfined Kent-Park, beton mutu $f_c' = 30$ MPa (Kasus 1)



Gambar 5.2 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton tak terkekang, metode unconfined Popovics, beton mutu $f_c' = 30$ MPa (Kasus 1)

c. metode unconfined Thorenfeldt (gambar 5.3)

- tegangan puncak = 30 MPa
- regangan puncak = 0.00191
- regangan saat $0.85 f_c' = 0.00264$

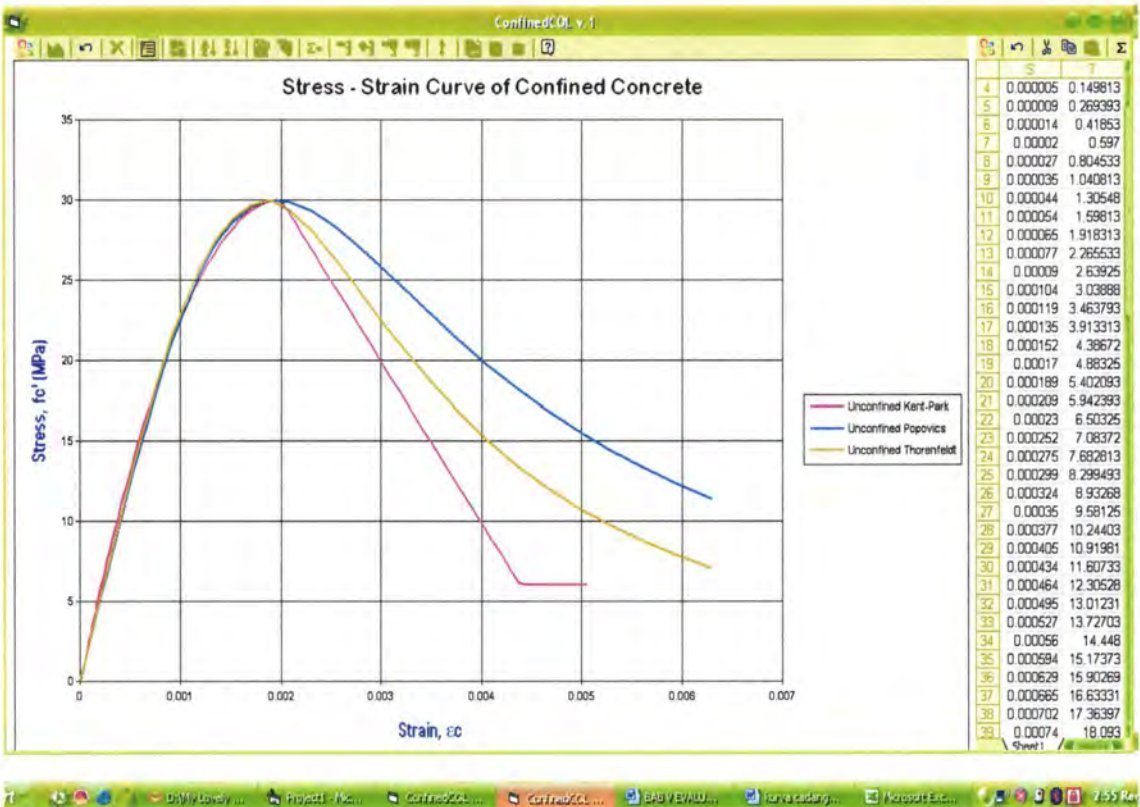


Gambar 5.3 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton tak terkekang, metode unconfined Thorenfeldt, beton mutu $f_c' = 30$ MPa (Kasus 1)

Dari kasus 1 di atas dapat kita lihat bahwa berdasarkan nilai regangan ultimate (saat tegangan ultimate $0.85 f_c'$) metode Popovics menghasilkan regangan ultimate yang lebih tinggi daripada Thorenfeldt, dan regangan Thorenfeldt menghasilkan regangan ultimate yang lebih tinggi daripada Kent-Park.

Parameter yang mempengaruhi bentuk kurva tegangan-regangan beton tak terkekang hanyalah kekuatan materialnya, yaitu kuat tekan beton (f_c'). Hal ini berarti kita tidak perlu menginputkan terlebih dahulu ukuran penampang kolom, mutu tulangan baja, jumlah tulangan longitudinal, diameter sengkang, konfigurasi sengkang, spasi sengkang, dan parameter lainnya.

Gambar 5.4 ConfinedCOL v.1 : perbandingan kurva tegangan-regangan beton tak terkekang (unconfined) untuk mutu beton $f_c' = 30$ MPa



V.2 Pengaruh Pengekangan Lateral Terhadap Kurva Tegangan Regangan Beton Terkekang (*Confined Concrete*)

Dari pembahasan bab V.1 sebelumnya, sudah jelas bahwa mutu beton sangat berpengaruh pada kurva tegangan-regangan. Berbeda dengan beton tak terkekang, untuk melihat bagaimana pengaruh pengekangan terhadap bentuk kurva tegangan-regangan beton terkekang maka diperlukan input yang lebih daripada sekedar kuat tekan beton (f_c'). Inputan tersebut berupa atribut penampang kolom (termasuk ukuran kolom, penulangan longitudinal dan transversal), spasi sengkang, dan mutu tulangan baja. Pengaruh pengekangan terhadap bentuk kurva akan ditinjau satu persatu melalui contoh-contoh kasus yang berbeda.

V.2.1 Perbedaan kurva tegangan-regangan beton tidak terkekang dengan beton terkekang

Kasus 2

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 20

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 10 cm

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

$\rho_t = 1.57\%$

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang dengan:

- metode confined Kent-Park
- metode confined Sheikh-Uzumeri
- metode confined Mander-Priestley
- metode confined Yong-Nawy
- metode confined Cusson-Paultre
- metode confined Diniz-Frangopol

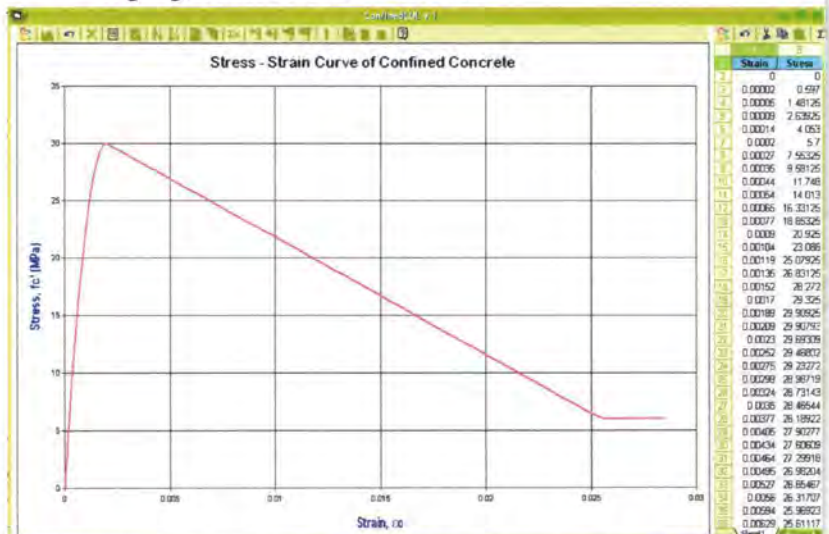
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos
- h. metode confined Hong-Han
- i. metode confined Kusuma-Tavio

Dapatkan nilai:

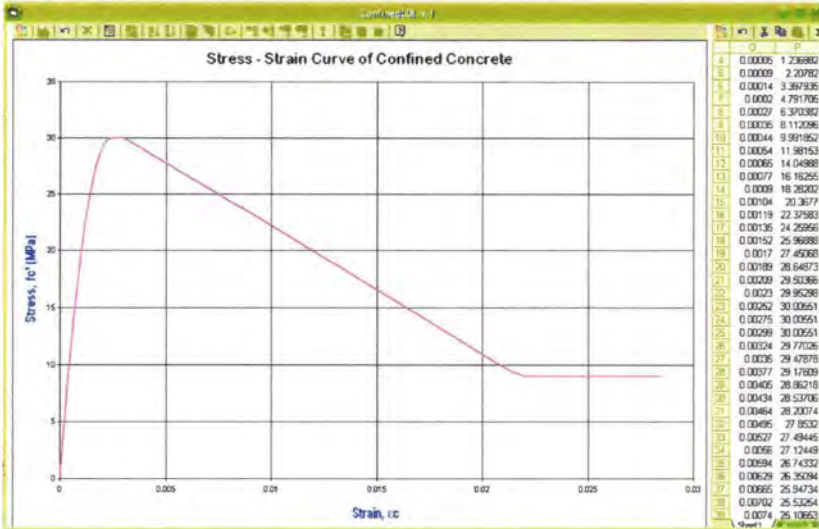
- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan batas (ultimate) pada saat tegangan ultimate dianggap = $0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ MPa}$

Penyelesaian:

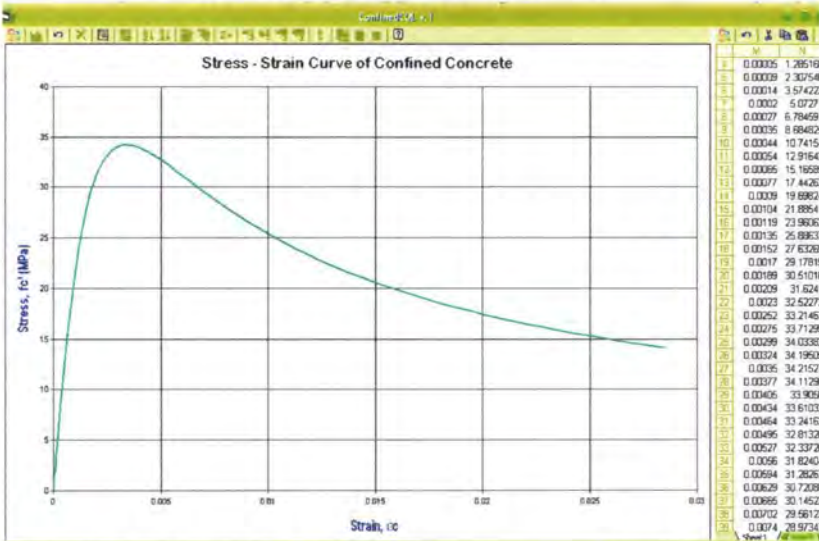
- a. metode confined Kent-Park (gambar 5.5)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0064$
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri (gambar 5.6)
 - tegangan puncak = 30.0055 MPa
 - regangan puncak = 0.00303
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00705$



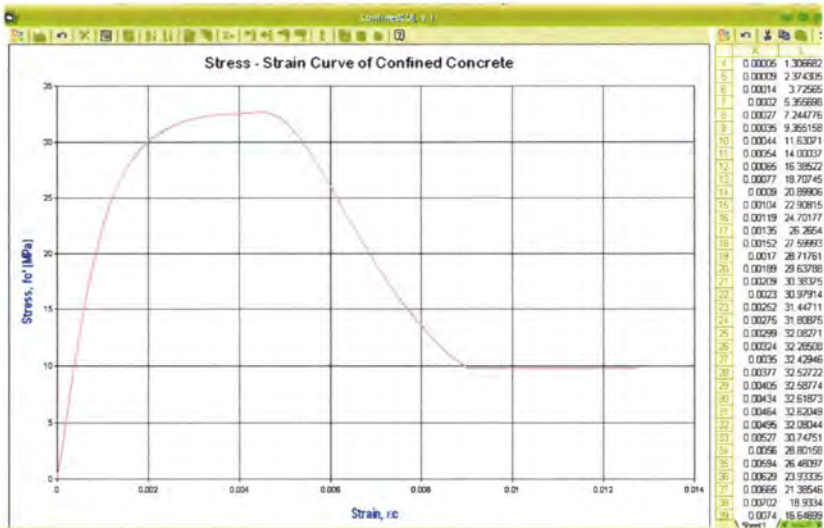
Gambar 5.5 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 2)



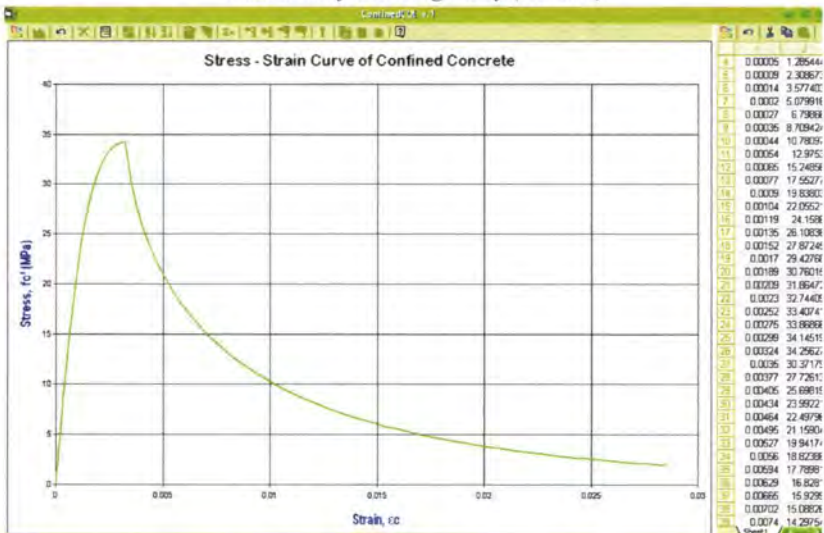
Gambar 5.6 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 2)



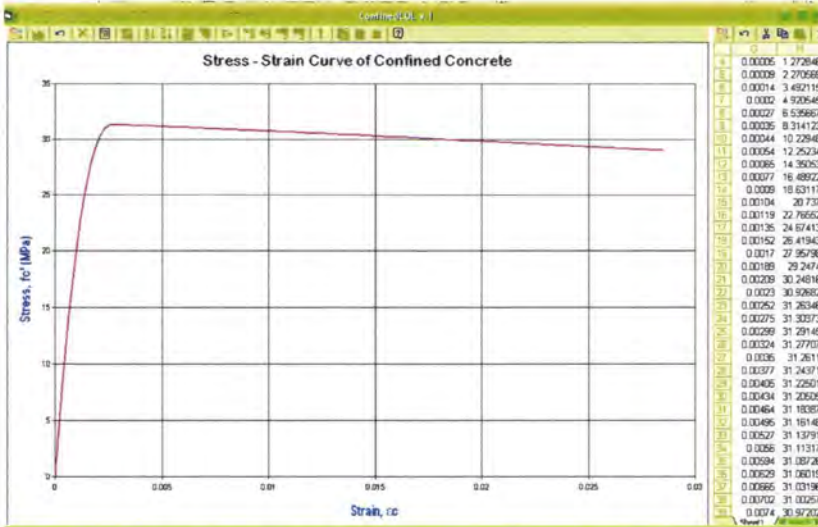
Gambar 5.7 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 2)



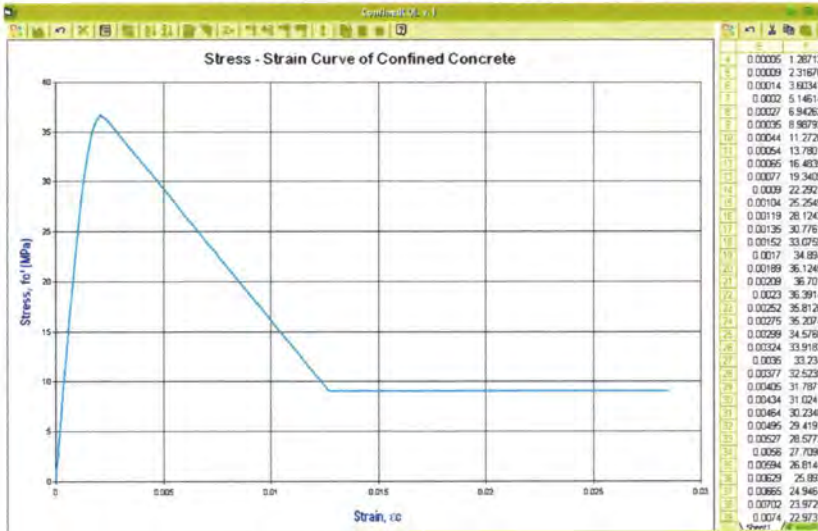
Gambar 5.8 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 2)



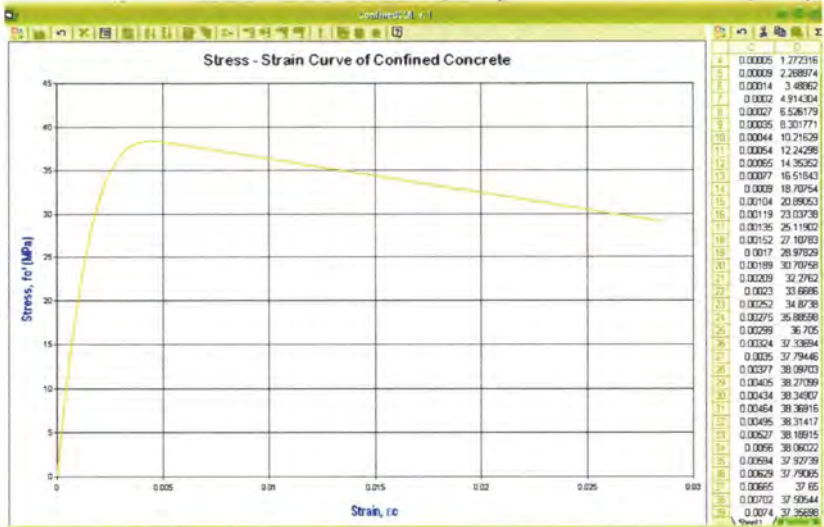
Gambar 5.9 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 2)



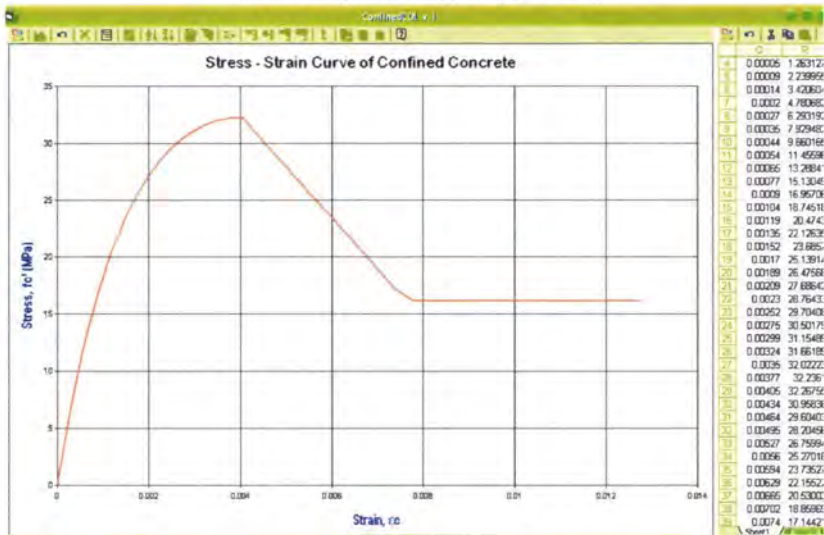
Gambar 5.10 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 2)



Gambar 5.11 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 2)



Gambar 5.12 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 2)



Gambar 5.13 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 2)

- c. metode confined Mander-Priestley (gambar 5.7)
 - tegangan puncak = 34.223 MPa
 - regangan puncak = 0.00341
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0099$
- d. metode confined Yong-Nawy (gambar 5.8)
 - tegangan puncak = 32.627 MPa
 - regangan puncak = 0.0046
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00607$
- e. metode confined Cusson-Paultre (gambar 5.9)
 - tegangan puncak = 34.261 MPa
 - regangan puncak = 0.0033
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0041$
- f. metode confined Diniz-Frangopol (gambar 5.10)
 - tegangan puncak = 31.31 MPa
 - regangan puncak = 0.00265
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0642$
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos (gambar 5.11)
 - tegangan puncak = 36.746 MPa
 - regangan puncak = 0.00217
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00644$
- h. metode confined Hong-Han (gambar 5.12)
 - tegangan puncak = 38.37 MPa
 - regangan puncak = 0.00481
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.03775$
- i. metode confined Kusuma-Tavio (gambar 5.13)
 - tegangan puncak = 32.304 MPa
 - regangan puncak = 0.00404
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00555$

Dengan membandingkan kasus 2 dengan kasus 1 sebelumnya, dapat dilihat bahwa perbedaan mendasar beton terkekang dengan beton tak terkekang adalah pada bentuk kurva tegangan-regangannya, seperti yang telah ditampilkan melalui output program ConfinedCOL v.1 (gambar 5.1 sampai 5.13).

Beton terkekang mempunyai kurva tegangan-regangan dengan karakteristik sebagai berikut:

- Nilai tegangan puncak (*peak stress*) beton terkekang minimal sama atau lebih tinggi dari nilai tegangan puncak beton tak terkekang (tabel 5.3).
- Nilai regangan beton terkekang pada saat tegangan puncak, minimal sama atau lebih besar dari nilai regangan puncak beton tak terkekang (tabel 5.4).
- Nilai regangan batas (*ultimate strain*) beton terkekang selalu lebih besar daripada nilai regangan batas beton tak terkekang, dengan asumsi tegangan batas sama (tabel 5.5).

Tabel 5.1 Rangkuman Parameter Kurva Beton Tak Terkekang ($f_c' = 30$ MPa, Kasus 1)

Beton tak terkekang	Parameter kurva		
	f_{co} (MPa)	e_{co}	e_{cou}
Kent-Park	30	0.002	0.00245
Popovics	30	0.00195	0.00305
Thorenfeldt	30	0.00191	0.00264

Tabel 5.2 Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang ($f_c' = 30$ MPa, penampang Kasus 2)

Beton terkekang	Parameter kurva		
	f_{cc} (MPa)	e_{cc}	e_{cu}
Kent-Park	30	0.002	0.0064
Sheikh-Uzumeri	30.0055	0.00303	0.00705
Mander-Priestley	34.223	0.00341	0.0099
Yong-Nawy	32.627	0.0046	0.00607
Cusson-Paultre	34.261	0.0033	0.0041
Diniz-Frangopol	31.31	0.00265	0.0642
Kappos-Konstantinidis	36.746	0.00217	0.0064
Hong-Han	38.37	0.00481	0.03775
Kusuma-Tavio	32.304	0.00404	0.0055

Tabel 5.3 Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang terhadap Beton Tak Terkekang, $f_{cc} - f_{co}$ (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 1 dan Kasus 2.

Beton terkekang	Beton tak terkekang		
	Kent-Park	Popovics	Thorenfeldt
Kent-Park	0	0	0
Sheikh-Uzumeri	0.0055	0.0055	0.0055
Mander-Priestley	4.223	4.223	4.223
Yong-Nawy	2.627	2.627	2.627
Cusson-Paultre	4.261	4.261	4.261
Diniz-Frangopol	1.31	1.31	1.31
Kappos-Konstantinidis	6.746	6.746	6.746
Hong-Han	8.37	8.37	8.37
Kusuma-Tavio	2.304	2.304	2.304

Tabel 5.4 Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang terhadap Beton Tak Terkekang, $e_{cc} - e_{co}$, mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 1 dan Kasus 2.

Beton terkekang	Beton tak terkekang		
	Kent-Park	Popovics	Thorenfeldt
Kent-Park	0	0.00005	0.00009
Sheikh-Uzumeri	0.00103	0.00108	0.00112
Mander-Priestley	0.00141	0.00146	0.0015
Yong-Nawy	0.0026	0.00265	0.00269
Cusson-Paultre	0.0013	0.00135	0.00139
Diniz-Frangopol	0.00065	0.0007	0.00074
Kappos-Konstantinidis	0.00017	0.00022	0.00026
Hong-Han	0.00281	0.00286	0.0029
Kusuma-Tavio	0.00204	0.00209	0.00213

Tabel 5.5 Selisih Nilai Regangan Ultimate Beton Terkekang terhadap Beton Tak Terkekang, $e_{con} - e_{cu}$, mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 1 dan Kasus 2.

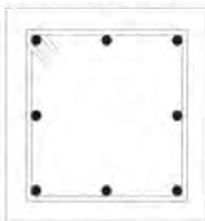
Beton terkekang	Beton tak terkekang		
	Kent-Park	Popovics	Thorenfeldt
Kent-Park	0.00395	0.00335	0.00376
Sheikh-Uzumeri	0.0046	0.004	0.00441
Mander-Priestley	0.00745	0.00685	0.00726
Yong-Nawy	0.00362	0.00302	0.00343
Cusson-Paultre	0.00165	0.00105	0.00146
Diniz-Frangopol	0.06175	0.06115	0.06156
Kappos-Konstantinidis	0.00395	0.00335	0.00376
Hong-Han	0.0353	0.0347	0.03511
Kusuma-Tavio	0.00305	0.00245	0.00286

V.2.2 Pengaruh diameter sengkang

Untuk melihat pengaruh diameter sengkang pada bentuk kurva tegangan-regangan beton terkekang, diberikan Kasus 3 yang memberikan diameter sengkang yang berbeda dengan atribut lain tetap sama dengan Kasus 2.

Kasus 3

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 20

Diameter sengkang = 8 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 10 cm

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

$\rho_t = 1.57$ %

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang dengan:

- metode confined Kent-Park
- metode confined Sheikh-Uzumeri

- c. metode confined Mander-Priestley
- d. metode confined Yong-Nawy
- e. metode confined Cusson-Paultre
- f. metode confined Diniz-Frangopol
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos
- h. metode confined Hong-Han
- i. metode confined Kusuma-Tavio

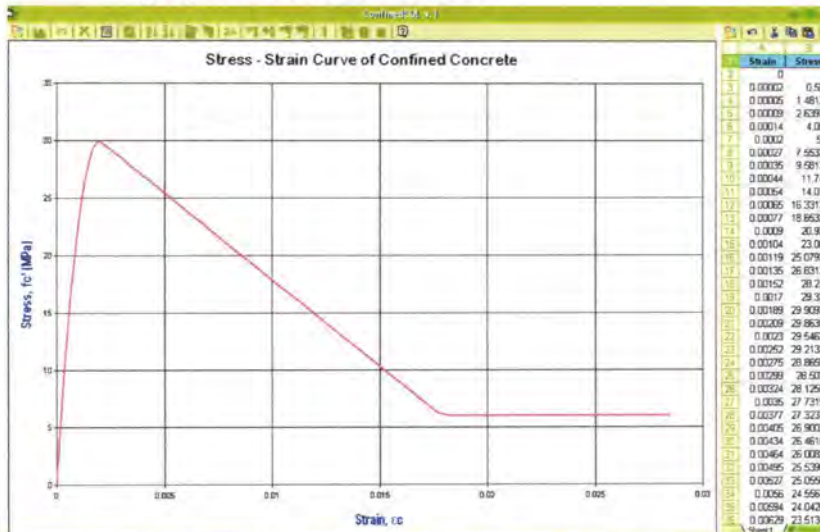
Dapatkan nilai:

- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan batas (ultimate) pada saat tegangan ultimate dianggap = $0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ MPa}$

Penyelesaian:

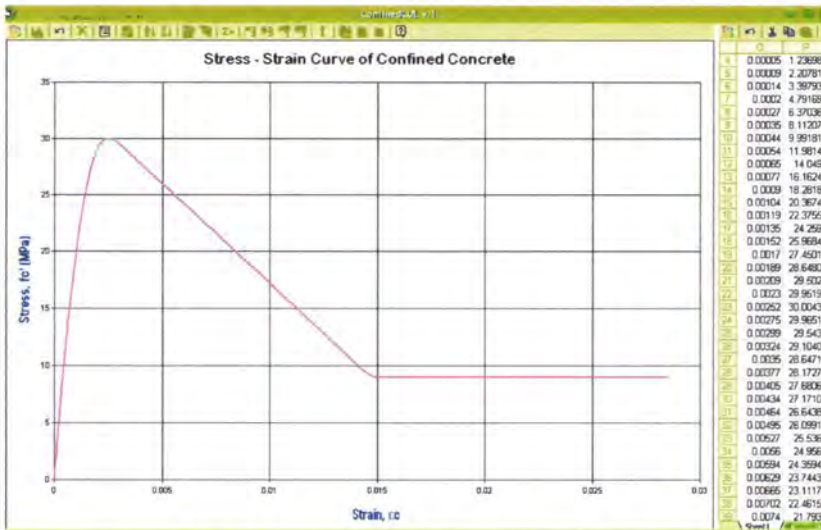
- a. metode confined Kent-Park (gambar 5.14)

- tegangan puncak = 30 MPa
- regangan puncak = 0.002
- regangan saat $0.85 f_c' = 0.00498$

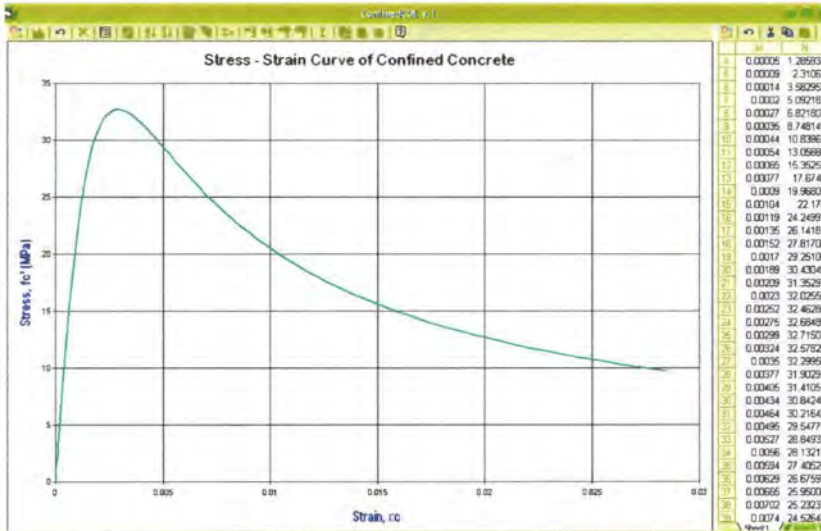


Gambar 5.14 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 3)

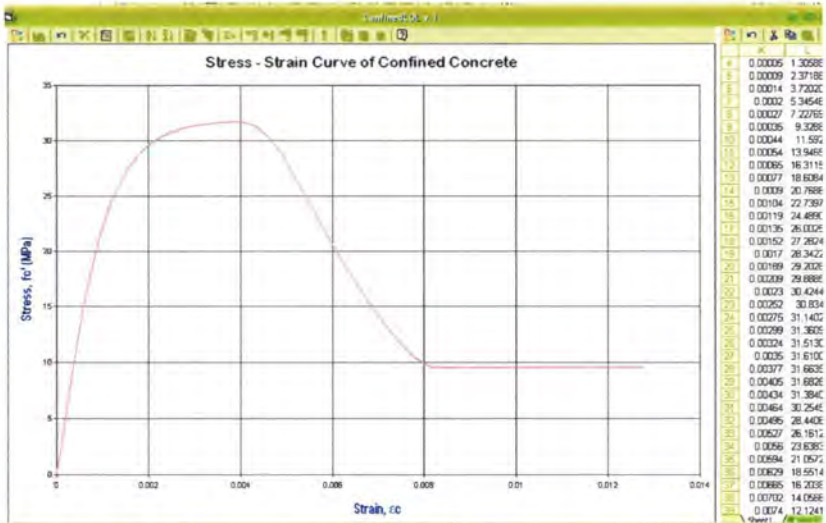
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri (gambar 5.15)
 - tegangan puncak = 30.0044 MPa
 - regangan puncak = 0.00273
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00529$
- c. metode confined Mander-Priestley (gambar 5.16)
 - tegangan puncak = 32.725 MPa
 - regangan puncak = 0.00291
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00688$
- d. metode confined Yong-Nawy (gambar 5.17)
 - tegangan puncak = 31.683 MPa
 - regangan puncak = 0.0041
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00536$
- e. metode confined Cusson-Paultre (gambar 5.18)
 - tegangan puncak = 33.1 MPa
 - regangan puncak = 0.00314
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00359$
- f. metode confined Diniz-Frangopol (gambar 5.19)
 - tegangan puncak = 30.837 MPa
 - regangan puncak = 0.0024
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0599$
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos (gambar 5.20)
 - tegangan puncak = 34.87 MPa
 - regangan puncak = 0.00207
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0047$
- h. metode confined Hong-Han (gambar 5.21)
 - tegangan puncak = 34.85 MPa
 - regangan puncak = 0.004174
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0241$
- i. metode confined Kusuma-Tavio (gambar 5.22)
 - tegangan puncak = 31.46 MPa
 - regangan puncak = 0.00362
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00446$



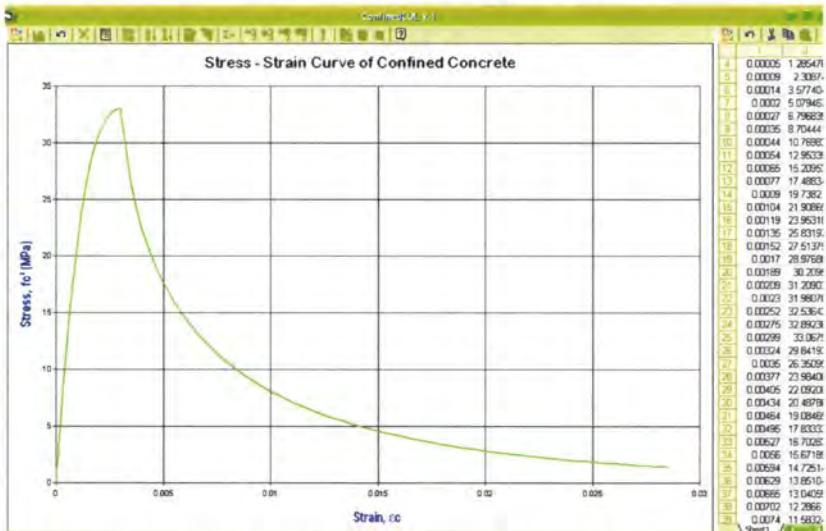
Gambar 5.15 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 3)



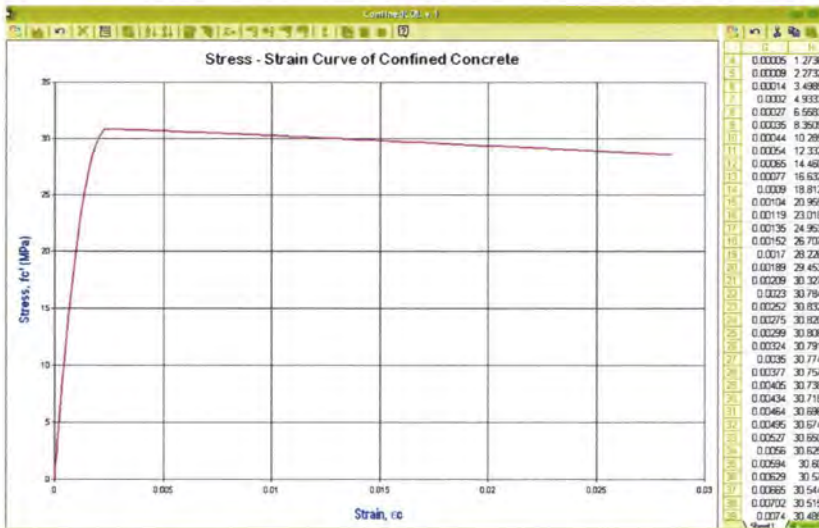
Gambar 5.16 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 3)



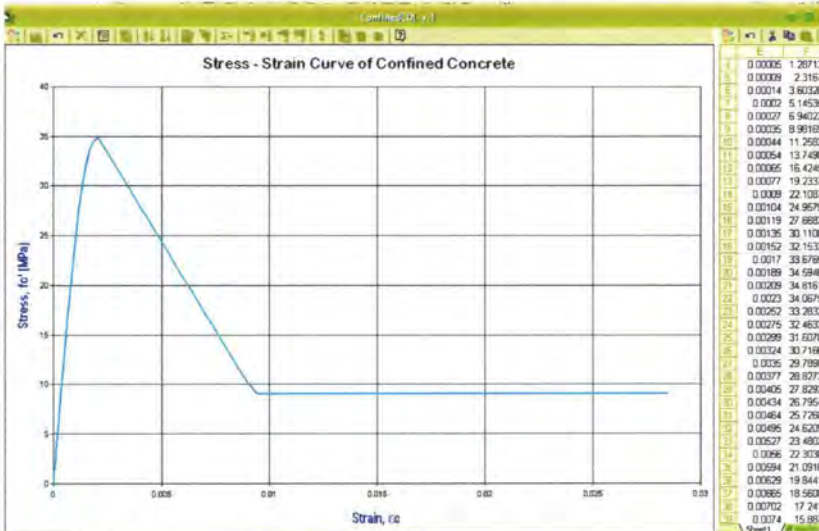
Gambar 5.17 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 3)



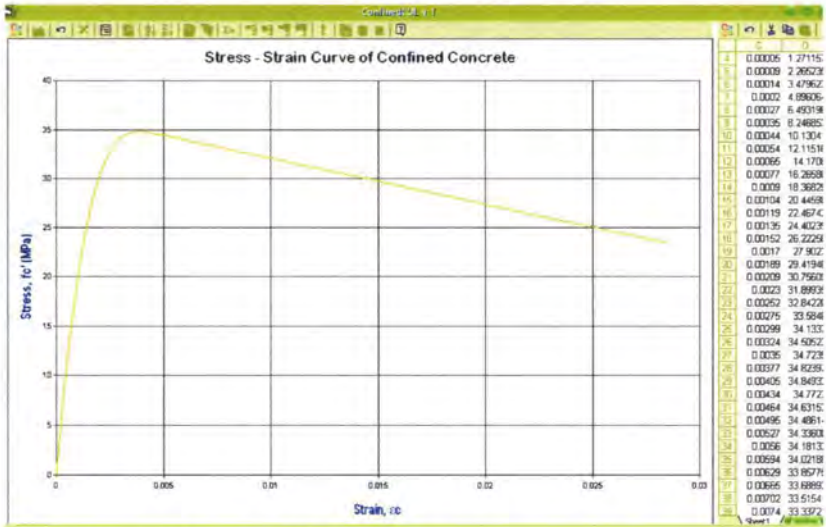
Gambar 5.18 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 3)



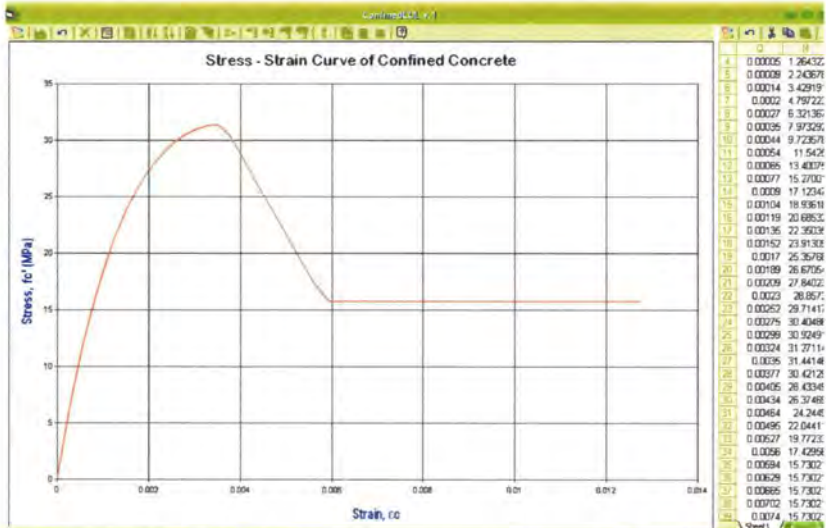
Gambar 5.19 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 3)



Gambar 5.20 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 3)



Gambar 5.21 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 3)



Gambar 5.22 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 3)

Dengan membandingkan kasus 2 (senggang diameter 10 mm) dengan kasus 3 (senggang diameter 8 mm), dapat dilihat pengaruh diameter senggang terhadap bentuk kurva tegangan-regangannya, seperti yang telah ditampilkan melalui output program ConfinedCOL v.1 (gambar 5.14 sampai 5.22). Pengaruhnya adalah:

- Semakin besar diameter tulangan pengekuat lateral maka nilai tegangan puncak (*peak stress*) akan lebih tinggi (minimal sama), seperti ditunjukkan tabel 5.7.
- Semakin besar diameter senggang maka nilai regangan puncak akan lebih besar (minimal sama), seperti ditunjukkan tabel 5.8.
- Semakin besar diameter senggang maka nilai regangan batas akan lebih besar, dengan asumsi tegangan batas sama, seperti ditunjukkan tabel 5.9.

Perbedaan ini diakibatkan karena semakin besar diameter senggang, maka otomatis rasio volumetrik tulangan pengekuat juga semakin besar, yang berakibat bertambahnya nilai tegangan pengekuat efektif.

Tabel 5.6 Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 3 (senggang 8 mm).

Beton terkekang	Parameter kurva		
	f_{cc}	e_{cc}	e_{cu}
Kent-Park	30	0.002	0.00498
Sheikh-Uzumeri	30.0044	0.00273	0.00529
Mander-Priestley	32.725	0.0029	0.00688
Yong-Nawy	31.683	0.0041	0.00536
Cusson-Paultre	33.1	0.00314	0.00359
Diniz-Frangopol	30.837	0.0024	0.0599
Kappos-Konstantinidis	34.87	0.002075	0.0047
Hong-Han	34.85	0.004174	0.0241
Kusuma-Tavio	31.46	0.00362	0.00446

Tabel 5.7 Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (sengkang 10 mm) dan Kasus 3 (sengkang 8 mm).

Metode pengekangan	f_{cc} (MPa) $d = 10$ mm	f_{cc} (MPa) $d = 8$ mm	Δf_{cc} (MPa)
Kent-Park	30	30	0
Sheikh-Uzumeri	30.0055	30.0044	0.0011
Mander-Priestley	34.223	32.725	1.498
Yong-Nawy	32.627	31.683	0.944
Cusson-Paultre	34.261	33.1	1.161
Diniz-Frangopol	31.31	30.837	0.473
Kappos-Konstantinidis	36.746	34.87	1.876
Hong-Han	38.37	34.85	3.52
Kusuma-Tavio	32.304	31.46	0.844

Tabel 5.8 Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (sengkang 10 mm) dan Kasus 3 (sengkang 8 mm).

Metode pengekangan	e_{cc} $d = 10$ mm	e_{cc} $d = 8$ mm	Δe_{cc}
Kent-Park	0.002	0.002	0
Sheikh-Uzumeri	0.00303	0.00273	0.0003
Mander-Priestley	0.00347	0.0029	0.00057
Yong-Nawy	0.0046	0.0041	0.0005
Cusson-Paultre	0.0033	0.00314	0.00016
Diniz-Frangopol	0.00265	0.0024	0.00025
Kappos-Konstantinidis	0.00217	0.002075	0.000095
Hong-Han	0.00481	0.004174	0.000636
Kusuma-Tavio	0.00404	0.00362	0.00042

Tabel 5.9 Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f'_c = 30$ MPa, Kasus 2 (senggang 10 mm) dan Kasus 3 (senggang 8 mm).

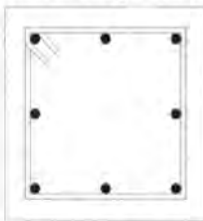
Metode pengekanan	e_{cu} d = 10 mm	e_{cu} d = 8 mm	Δe_{cu}
Kent-Park	0.0064	0.00498	0.00142
Sheikh-Uzumeri	0.00705	0.00529	0.00176
Mander-Priestley	0.0099	0.00688	0.00302
Yong-Nawy	0.00607	0.00536	0.00071
Cusson-Paultre	0.0041	0.00359	0.00051
Diniz-Frangopol	0.0642	0.0599	0.0043
Kappos-Konstantinidis	0.0064	0.0047	0.0017
Hong-Han	0.03775	0.0241	0.01365
Kusuma-Tavio	0.0055	0.00446	0.00104

V.2.3 Pengaruh spasi antar sengkang

Untuk melihat pengaruh spasi sengkang pada kurva tegangan-regangan, maka diberikan Kasus 4 yang akan dibandingkan dengan Kasus 2, dalam hal ini spasi sengkang pada Kasus 4 diregangkan menjadi 3/2 kali spasi sengkang Kasus 2.

Kasus 4

Diberikan mutu beton, $f'_c = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 20

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 15 cm

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

$\rho_t = 1.57$ %

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang dengan:

- metode confined Kent-Park
- metode confined Sheikh-Uzumeri

- c. metode confined Mander-Priestley
- d. metode confined Yong-Nawy
- e. metode confined Cusson-Paultre
- f. metode confined Diniz-Frangopol
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos
- h. metode confined Hong-Han
- i. metode confined Kusuma-Tavio

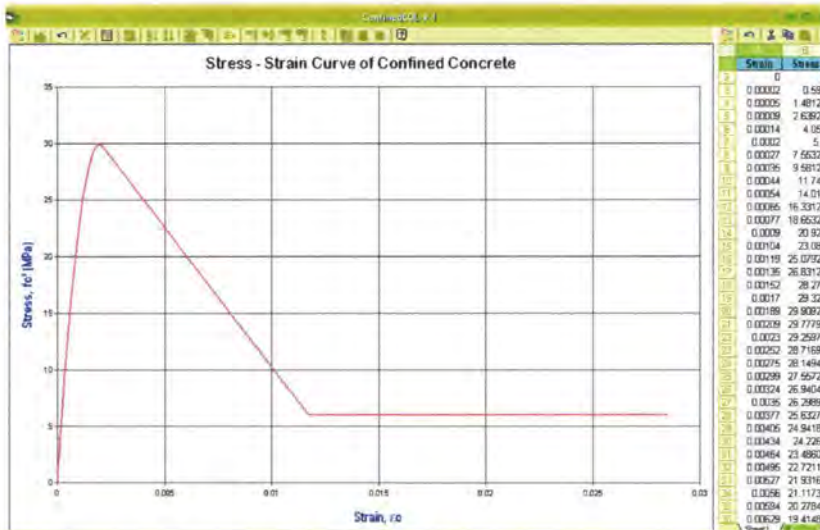
Dapatkan nilai:

- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan batas (ultimate) pada saat tegangan ultimate dianggap $= 0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ MPa}$

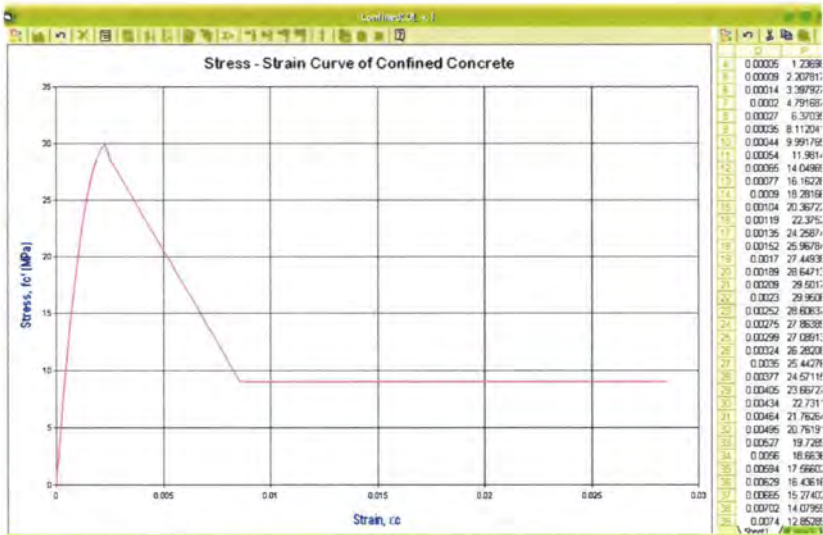
Penyelesaian:

- a. metode confined Kent-Park (gambar 5.23)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0046$
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri (gambar 5.24)
 - tegangan puncak = 30.0037 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00419$
- c. metode confined Mander-Priestley (gambar 5.25)
 - tegangan puncak = 32.353 MPa
 - regangan puncak = 0.00278
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00626$
- d. metode confined Yong-Nawy (gambar 5.26)
 - tegangan puncak = 31.067 MPa
 - regangan puncak = 0.00357
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00463$
- e. metode confined Cusson-Paultre (gambar 5.27)
 - tegangan puncak = 32.0252 MPa
 - regangan puncak = 0.00305
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0033$

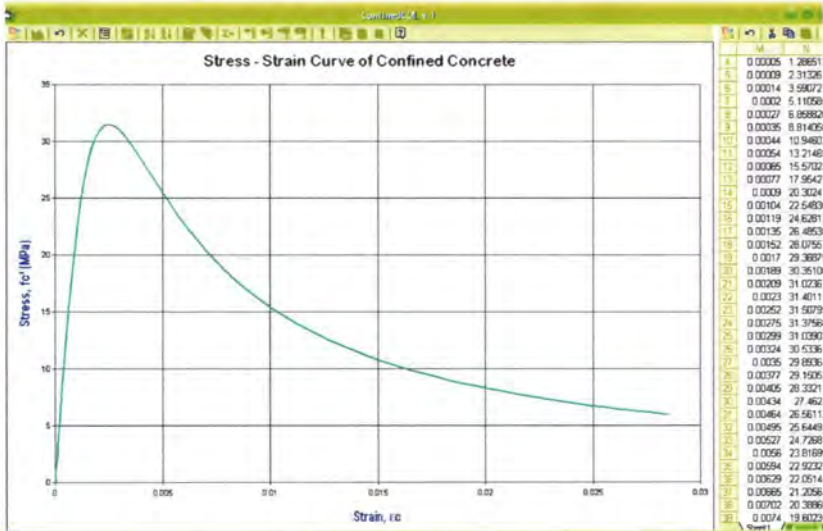
- f. metode confined Diniz-Frangopol (gambar 5.28)
- tegangan puncak = 30.465 MPa
 - regangan puncak = 0.0022
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0564$
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos (gambar 5.29)
- tegangan puncak = 32.853 MPa
 - regangan puncak = 0.00203
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00339$
- h. metode confined Hong-Han (gambar 5.30)
- tegangan puncak = 33.91 MPa
 - regangan puncak = 0.004
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.021$
- i. metode confined Kusuma-Tavio (gambar 5.31)
- tegangan puncak = 30.8 MPa
 - regangan puncak = 0.0033
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0038$



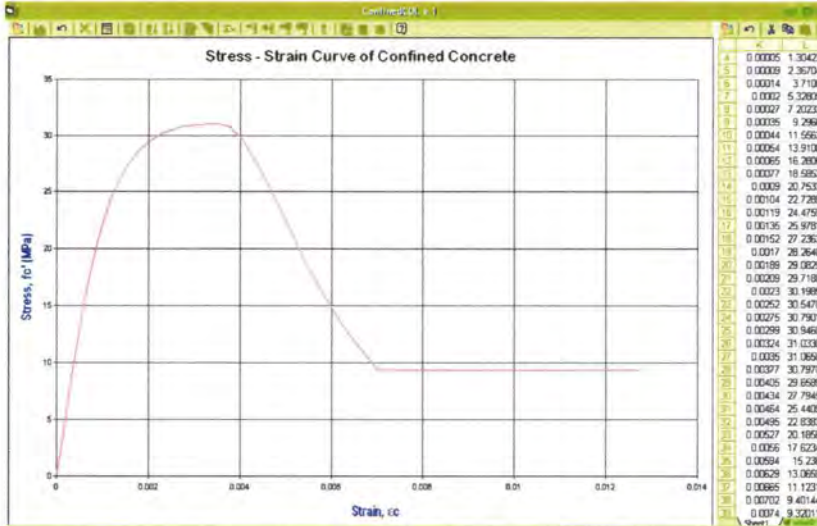
Gambar 5.23 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 4)



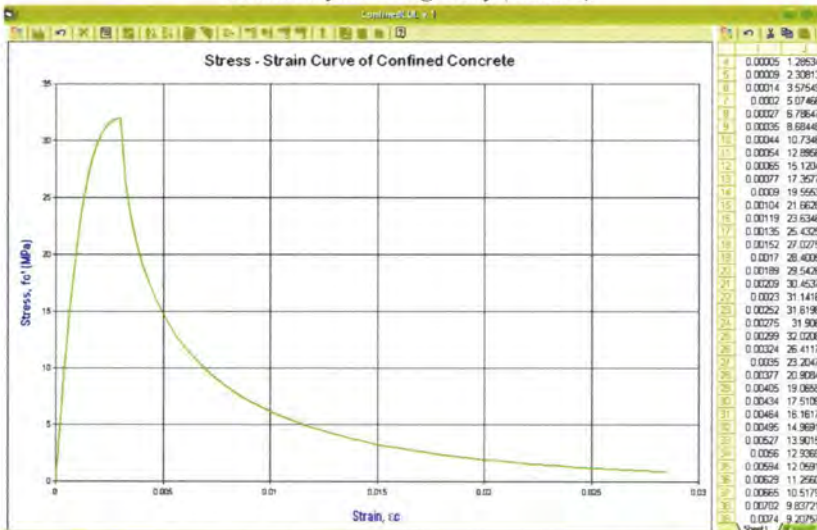
Gambar 5.24 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 4)



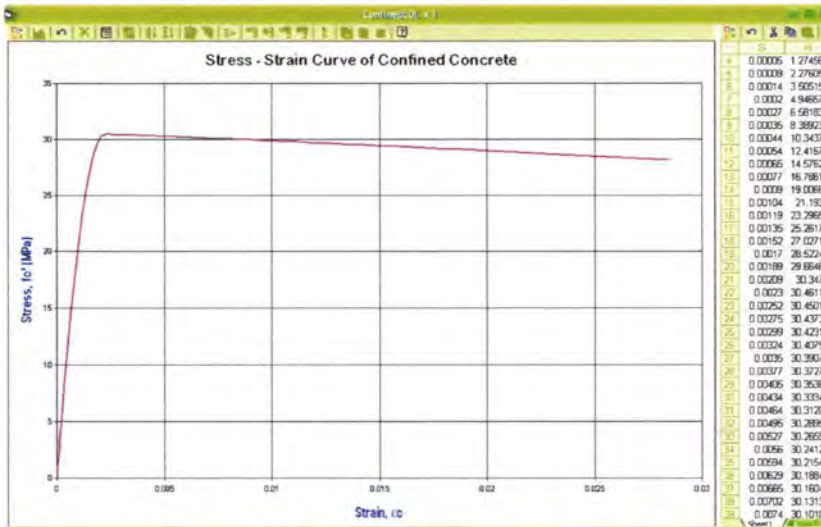
Gambar 5.25 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 4)



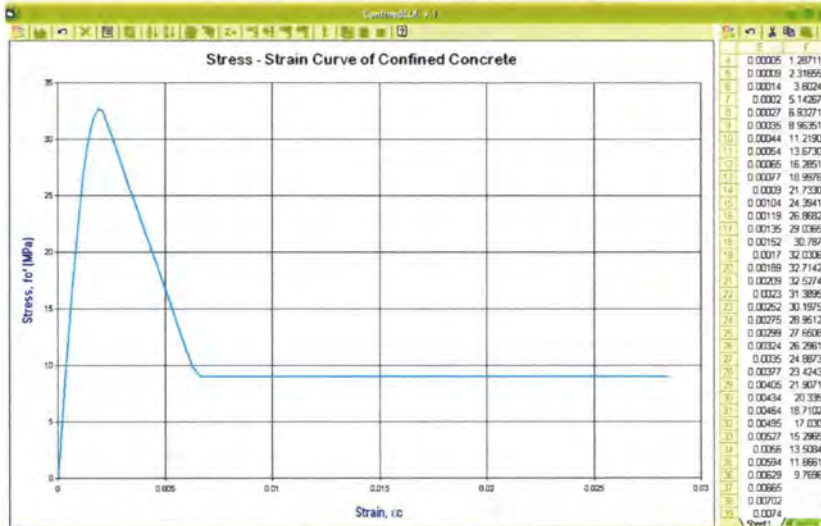
Gambar 5.26 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 4)



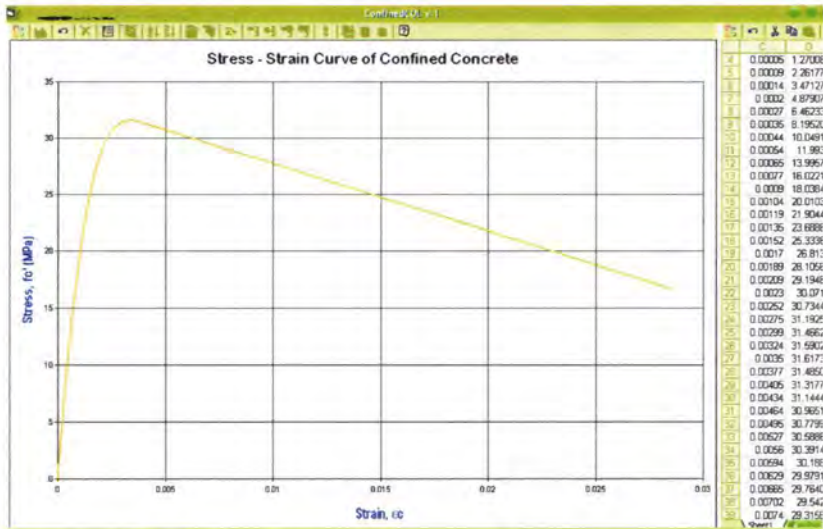
Gambar 5.27 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 4)



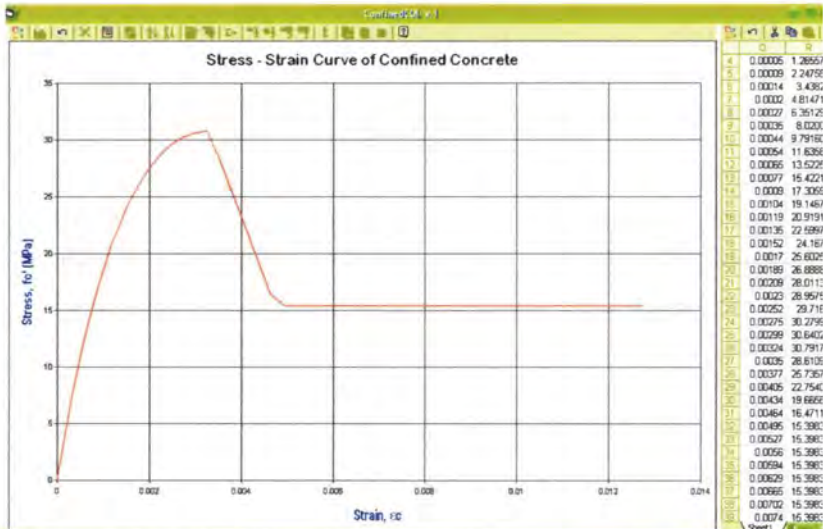
Gambar 5.28 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 4)



Gambar 5.29 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 4)



Gambar 5.30 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 4)



Gambar 5.31 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 4)

Dengan membandingkan kasus 2 (spasi sengkang 10 cm) dengan kasus 4 (spasi sengkang 15 cm), dapat dilihat pengaruh spasi sengkang terhadap bentuk kurva tegangan-regangannya, seperti yang telah ditampilkan melalui output program ConfinedCOL v.1 (gambar 5.23 sampai 5.31). Pengaruhnya adalah:

- Semakin rapat spasi tulangan transversal (sengkang) maka nilai tegangan puncak (*peak stress*) akan lebih tinggi (minimal sama), seperti ditunjukkan tabel 5.11.
- Semakin rapat spasi tulangan transversal (sengkang) maka nilai regangan puncak akan lebih besar (minimal sama), seperti ditunjukkan tabel 5.12.
- Semakin rapat spasi tulangan transversal (sengkang) maka nilai regangan batas akan lebih besar, dengan asumsi tegangan batas sama, seperti ditunjukkan tabel 5.13.

Perbedaan ini diakibatkan karena semakin rapat spasi sengkang, maka otomatis rasio volumetrik tulangan pengekang juga semakin besar, yang akan mempengaruhi nilai tegangan pengekang efektif.

Tabel 5.10 Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 4 (spasi 15 cm).

Beton terkekang	Parameter kurva		
	f_{cc} (MPa)	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
Kent-Park	30	0.002	0.0046
Sheikh-Uzumeri	30.0037	0.002	0.00419
Mander-Priestley	32.353	0.00278	0.00626
Yong-Nawy	31.067	0.00357	0.00463
Cusson-Paultre	32.025	0.00305	0.0033
Diniz-Frangopol	30.465	0.0022	0.0564
Kappos-Konstantinidis	32.853	0.00203	0.00339
Hong-Han	33.91	0.004	0.021
Kusuma-Tavio	30.8	0.0033	0.0038

Tabel 5.11 Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (spasi 10 cm) dan Kasus 4 (spasi 15 cm).

Metode pengekangan	f_{cc} (MPa) s = 10 cm	f_{cc} (MPa) s = 15 cm	Δf_{cc} (MPa)
Kent-Park	30	30	0
Sheikh-Uzumeri	30.0055	30.0037	0.0018
Mander-Priestley	34.223	32.353	1.87
Yong-Nawy	32.627	31.067	1.56
Cusson-Paultre	34.261	32.025	2.236
Diniz-Frangopol	31.31	30.465	0.845
Kappos-Konstantinidis	36.746	32.853	3.893
Hong-Han	38.37	33.91	4.46
Kusuma-Tavio	32.304	30.8	1.504

Tabel 5.12 Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (spasi 10 cm) dan Kasus 4 (spasi 15 cm).

Metode pengekangan	e_{cc} d = 10 mm	e_{cc} d = 8 mm	Δe_{cc}
Kent-Park	0.002	0.002	0
Sheikh-Uzumeri	0.00303	0.002	0.00103
Mander-Priestley	0.00347	0.00278	0.00069
Yong-Nawy	0.0046	0.00357	0.00103
Cusson-Paultre	0.0033	0.00305	0.00025
Diniz-Frangopol	0.00265	0.0022	0.00045
Kappos-Konstantinidis	0.00217	0.00203	0.00014
Hong-Han	0.00481	0.004	0.00081
Kusuma-Tavio	0.00404	0.0033	0.00074

Tabel 5.13 Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (spasi 10 cm) dan Kasus 4 (spasi 15 cm).

Metode pengekanan	e_{cu}	e_{cu}	Δe_{cu}
	$d = 10$ mm	$d = 8$ mm	
Kent-Park	0.0064	0.0046	0.0018
Sheikh-Uzumeri	0.00705	0.00419	0.00286
Mander-Priestley	0.0099	0.00626	0.00364
Yong-Nawy	0.00607	0.00463	0.00144
Cusson-Paultre	0.0041	0.0033	0.0008
Diniz-Frangopol	0.0642	0.0564	0.0078
Kappos-Konstantinidis	0.0064	0.00339	0.00301
Hong-Han	0.03775	0.021	0.01675
Kusuma-Tavio	0.0055	0.0038	0.0017

V.2.4 Pengaruh mutu sengkang

Untuk melihat pengaruh mutu tulangan transversal pada kurva tegangan-regangan, maka diberikan Kasus 5 yang akan dibandingkan dengan Kasus 2, dalam hal ini mutu sengkang pada Kasus 5 menjadi $f_{yh} = 300$ MPa.

Kasus 5

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 20

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 10 cm

Mutu baja, $f_{yh} = 300$ MPa

$\rho_t = 1.57\%$

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang dengan:

- metode confined Kent-Park
- metode confined Sheikh-Uzumeri

- c. metode confined Mander-Priestley
- d. metode confined Yong-Nawy
- e. metode confined Cusson-Paultre
- f. metode confined Diniz-Frangopol
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos
- h. metode confined Hong-Han
- i. metode confined Kusuma-Tavio

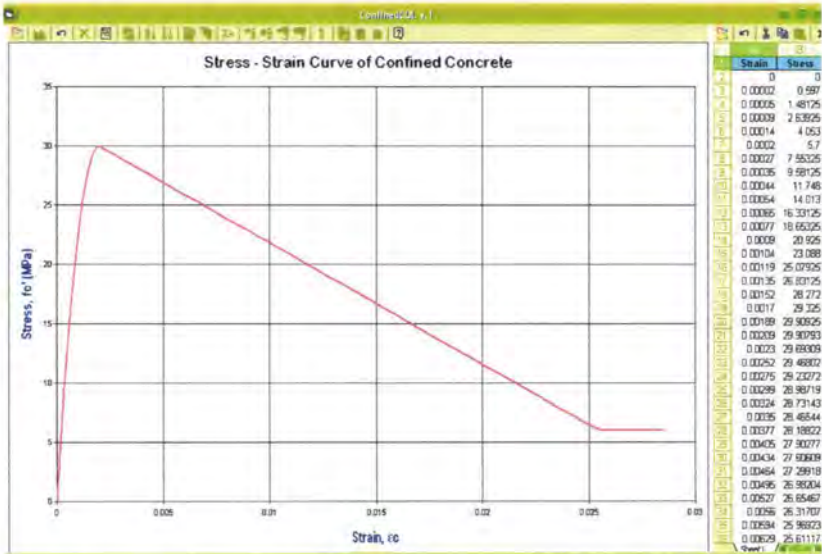
Dapatkan nilai:

- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan batas (ultimate) pada saat tegangan ultimate dianggap $= 0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ MPa}$

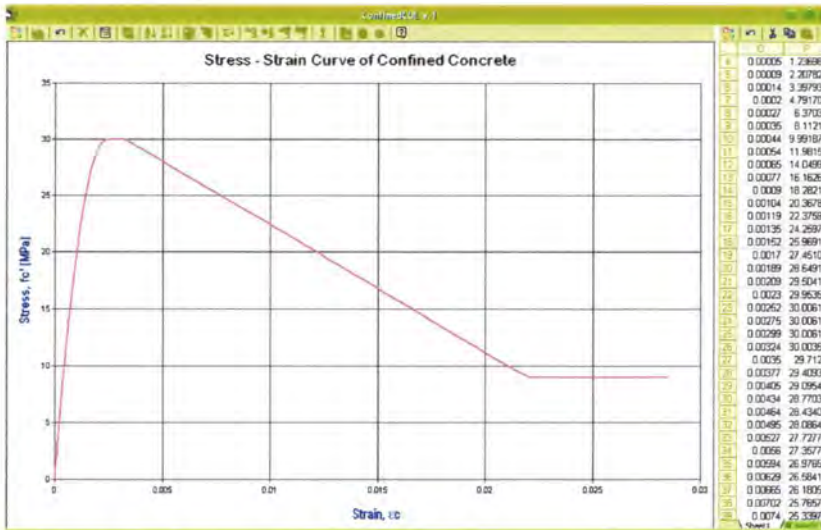
Penyelesaian:

- a. metode confined Kent-Park (gambar 5.32)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0064$
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri (gambar 5.33)
 - tegangan puncak = 30.0062 MPa
 - regangan puncak = 0.00324
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00726$
- c. metode confined Mander-Priestley (gambar 5.34)
 - tegangan puncak = 35.215 MPa
 - regangan puncak = 0.00374
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0125$
- d. metode confined Yong-Nawy (gambar 5.35)
 - tegangan puncak = 33.283 MPa
 - regangan puncak = 0.00492
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00653$
- e. metode confined Cusson-Paultre (gambar 5.36)
 - tegangan puncak = 34.981 MPa
 - regangan puncak = 0.00344
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0045$
- f. metode confined Diniz-Frangopol (gambar 5.37)

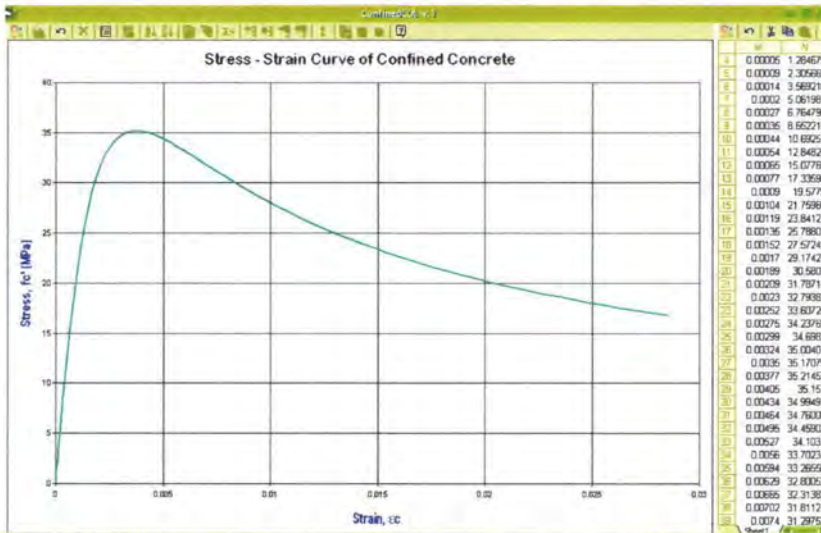
- tegangan puncak = 31.635 MPa
 - regangan puncak = 0.00283
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0672$
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos (gambar 5.38)
- tegangan puncak = 37.796 MPa
 - regangan puncak = 0.00225
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00765$
- h. metode confined Hong-Han (gambar 5.39)
- tegangan puncak = 40.546 MPa
 - regangan puncak = 0.00518
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0473$
- i. metode confined Kusuma-Tavio (gambar 5.40)
- tegangan puncak = 32.881 MPa
 - regangan puncak = 0.00433
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00637$



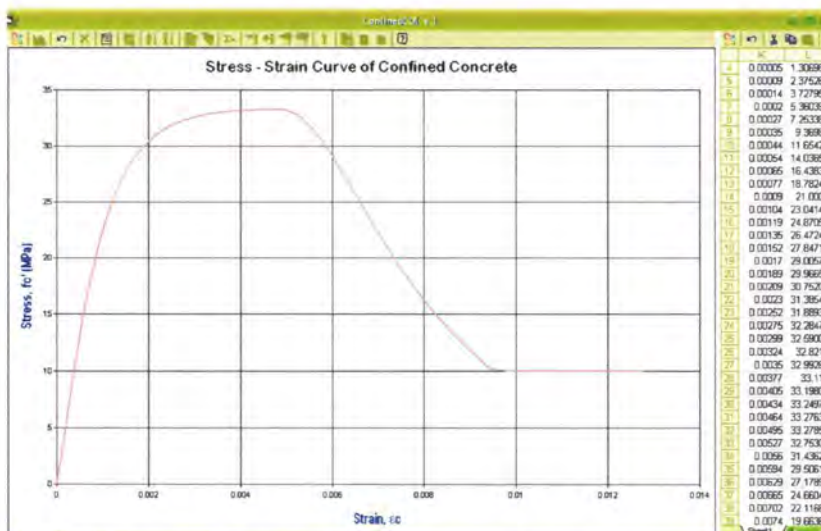
Gambar 5.32 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 5)



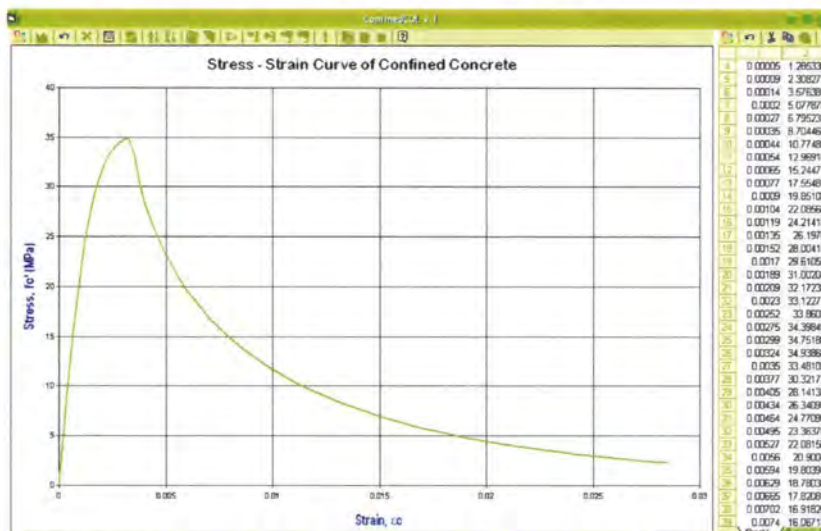
Gambar 5.33 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 5)



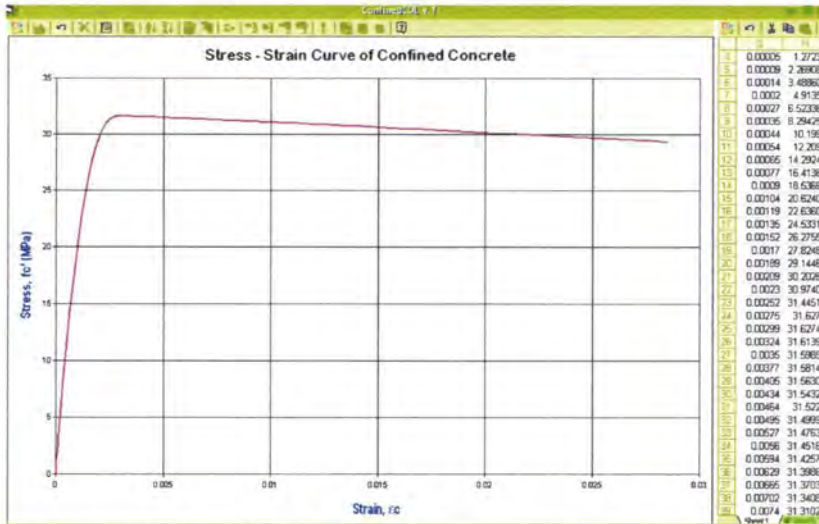
Gambar 5.34 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 5)



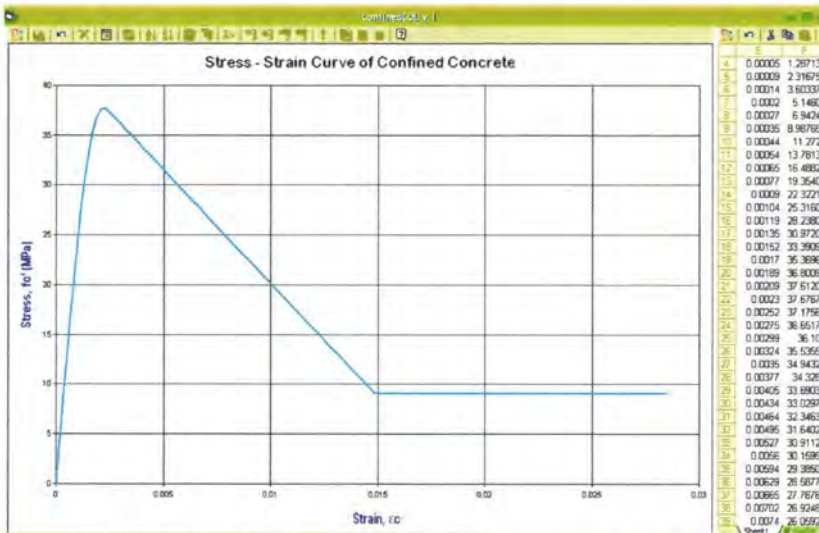
Gambar 5.35 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 5)



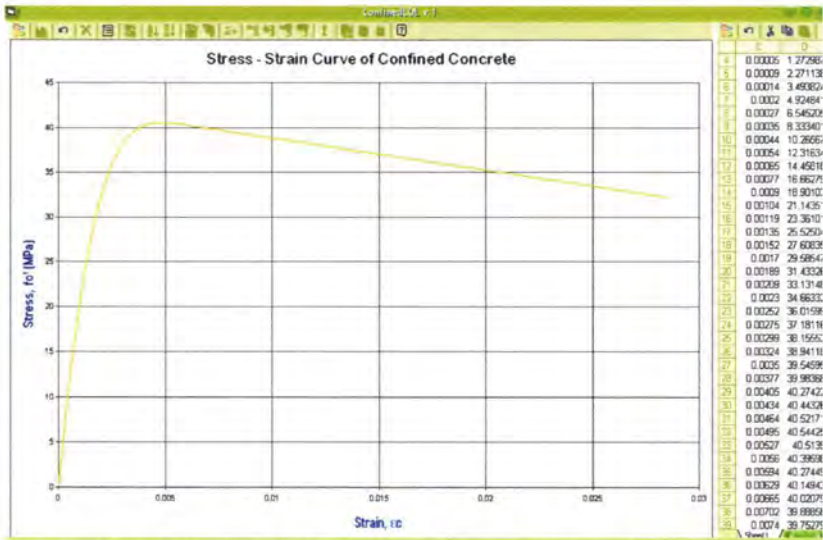
Gambar 5.36 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 5)



Gambar 5.37 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 5)



Gambar 5.38 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 5)



Gambar 5.39 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 5)



Gambar 5.40 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 5)

Dengan membandingkan kasus 2 (mutu sengkang 240 MPa) dengan kasus 5 (mutu sengkang 300 MPa), dapat dilihat pengaruh mutu sengkang terhadap bentuk kurva tegangan-regangannya, seperti yang telah ditampilkan melalui output program ConfinedCOL v.1 (gambar 5.32 sampai 5.40). Pengaruhnya adalah:

- Semakin tinggi mutu tulangan transversal (sengkang) maka nilai tegangan puncak (*peak stress*) akan lebih tinggi (minimal sama), seperti ditunjukkan tabel 5.15.
- Semakin tinggi mutu tulangan transversal (sengkang) maka nilai regangan puncak akan lebih besar (minimal sama), seperti ditunjukkan tabel 5.16.
- Semakin tinggi mutu tulangan transversal (sengkang) maka nilai regangan batas akan lebih besar (minimal sama) dengan asumsi tegangan batas sama, seperti ditunjukkan tabel 5.17.

Perbedaan ini diakibatkan karena semakin tinggi mutu sengkang, maka nilai tegangan pengegang efektif akan bertambah.

Tabel 5.14 Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).

Beton terkekang	Parameter kurva		
	f_{cc} (MPa)	e_{cc}	e_{cu}
Kent-Park	30	0.002	0.0064
Sheikh-Uzumeri	30.0062	0.00324	0.00726
Mander-Priestley	35.215	0.00374	0.0125
Yong-Nawy	33.283	0.00492	0.00653
Cusson-Paultre	34.981	0.00344	0.0045
Diniz-Frangopol	31.635	0.00283	0.0672
Kappos-Konstantinidis	37.796	0.00225	0.00765
Hong-Han	40.546	0.00518	0.0473
Kusuma-Tavio	32.881	0.00433	0.00637

Tabel 5.15 Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 ($f_{yh} = 240$ MPa) dan Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).

Metode pengekangan	f_{cc} (MPa)	f_{cc} (MPa)	Δf_{cc} (MPa)
	$f_{yh}=300$ MPa	$f_{yh}=240$ MPa	
Kent-Park	30	30	0
Sheikh-Uzumeri	30.0062	30.0055	0.0007
Mander-Priestley	35.215	34.223	0.992
Yong-Nawy	33.283	32.627	0.656
Cusson-Paultre	34.981	34.261	0.72
Diniz-Frangopol	31.635	31.31	0.325
Kappos-Konstantinidis	37.796	36.746	1.05
Hong-Han	40.546	38.37	2.176
Kusuma-Tavio	32.881	32.304	0.577

Tabel 5.16 Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 ($f_{yh} = 240$ MPa) dan Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).

Metode pengekangan	e_{cc}	e_{cc}	Δe_{cc}
	$f_{yh}=300$ MPa	$f_{yh}=240$ MPa	
Kent-Park	0.002	0.002	0
Sheikh-Uzumeri	0.00324	0.00303	0.00021
Mander-Priestley	0.00374	0.00347	0.00027
Yong-Nawy	0.00492	0.0046	0.00032
Cusson-Paultre	0.00344	0.0033	0.00014
Diniz-Frangopol	0.00283	0.00265	0.00018
Kappos-Konstantinidis	0.00225	0.00217	8E-05
Hong-Han	0.00518	0.00481	0.00037
Kusuma-Tavio	0.00433	0.00404	0.00029

Tabel 5.17 Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 ($f_{yh} = 240$ MPa) dan Kasus 5 ($f_{yh} = 300$ MPa).

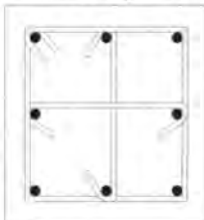
Metode pengekangan	e_{cu}		Δe_{cu}
	$f_{yh} = 300$ MPa	$f_{yh} = 240$ MPa	
Kent-Park	0.0064	0.0064	0
Sheikh-Uzumeri	0.00726	0.00705	0.00021
Mander-Priestley	0.0125	0.0099	0.0026
Yong-Nawy	0.00653	0.00607	0.00046
Cusson-Paultre	0.0045	0.0041	0.0004
Diniz-Frangopol	0.0672	0.0642	0.003
Kappos-Konstantinidis	0.00765	0.0064	0.00125
Hong-Han	0.0473	0.03775	0.00955
Kusuma-Tavio	0.00637	0.0055	0.00087

V.2.5 Pengaruh konfigurasi sengkang

Untuk melihat pengaruh konfigurasi tulangan transversal pada kurva tegangan-regangan, maka diberikan Kasus 6 yang akan dibandingkan dengan Kasus 2, dimana konfigurasi sengkang dibuat menjadi 3 kaki seperti gambar di bawah.

Kasus 6

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 20

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 10 cm (*sengkang 3 kaki*)

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

$\rho_t = 1.57\%$

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang dengan:

a. metode confined Kent-Park

- b. metode confined Sheikh-Uzumeri
- c. metode confined Mander-Priestley
- d. metode confined Yong-Nawy
- e. metode confined Cusson-Paultre
- f. metode confined Diniz-Frangopol
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos
- h. metode confined Hong-Han
- i. metode confined Kusuma-Tavio

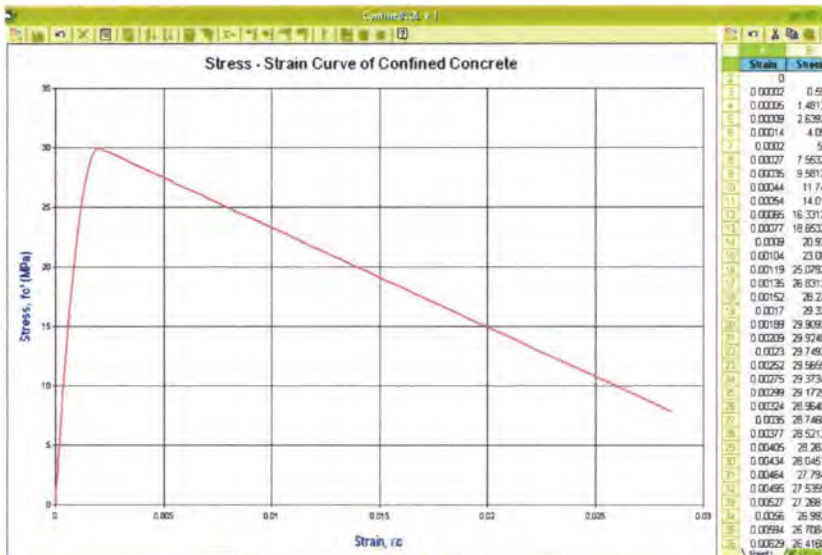
Dapatkan nilai:

- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan batas (ultimate) pada saat tegangan ultimate dianggap = $0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ MPa}$

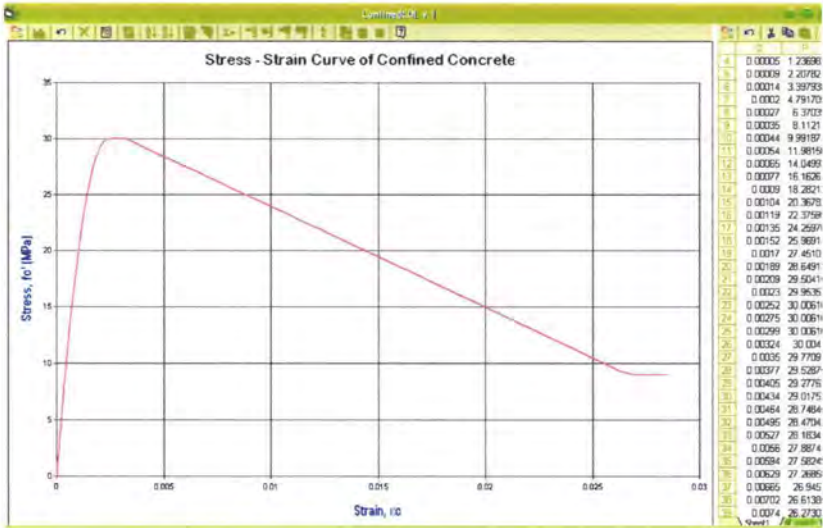
Penyelesaian:

- a. metode confined Kent-Park (gambar 5.41)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00739$
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri (gambar 5.42)
 - tegangan puncak = 30.006 MPa
 - regangan puncak = 0.00324
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00826$
- c. metode confined Mander-Priestley (gambar 5.43)
 - tegangan puncak = 35.215 MPa
 - regangan puncak = 0.00374
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0125$
- d. metode confined Yong-Nawy (gambar 5.44)
 - tegangan puncak = 33.283 MPa
 - regangan puncak = 0.00492
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00653$
- e. metode confined Cusson-Paultre (gambar 5.45)
 - tegangan puncak = 35.66 MPa
 - regangan puncak = 0.0036
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00497$

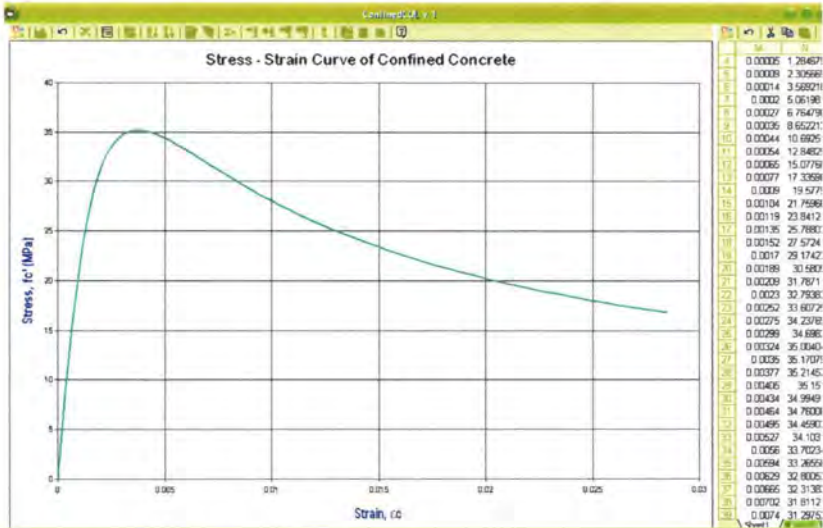
- f. metode confined Diniz-Frangopol (gambar 5.46)
- tegangan puncak = 31.962 MPa
 - regangan puncak = 0.003
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0701$
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos (gambar 5.47)
- tegangan puncak = 37.796 MPa
 - regangan puncak = 0.00225
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00765$
- h. metode confined Hong-Han (gambar 5.48)
- tegangan puncak = 40.546 MPa
 - regangan puncak = 0.00518
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0473$
- i. metode confined Kusuma-Tavio (gambar 5.49)
- tegangan puncak = 32.881 MPa
 - regangan puncak = 0.00433
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00637$



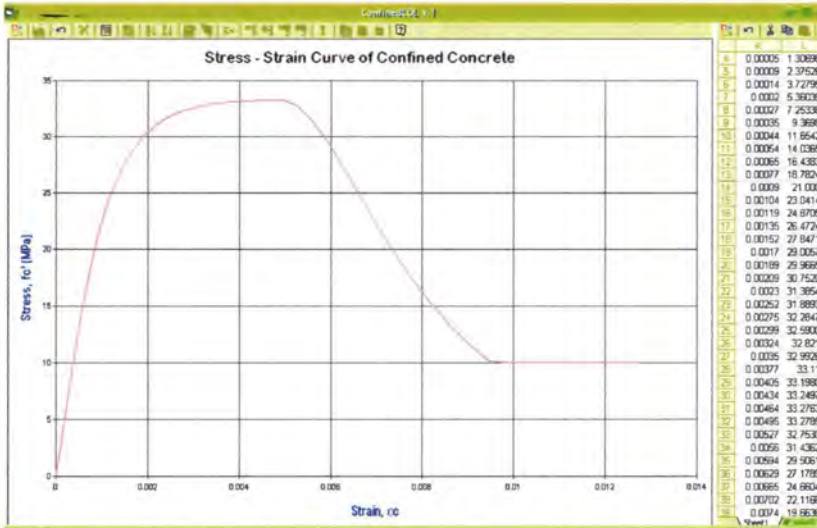
Gambar 5.41 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 6)



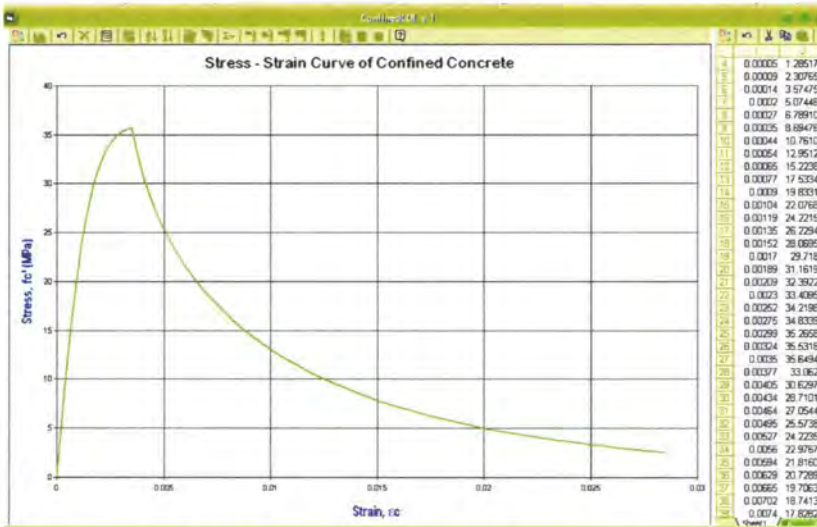
Gambar 5.42 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 6)



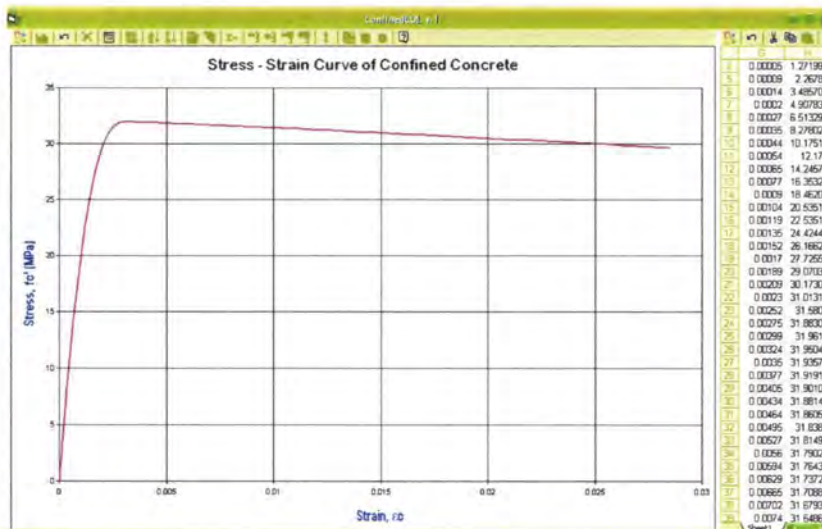
Gambar 5.43 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 6)



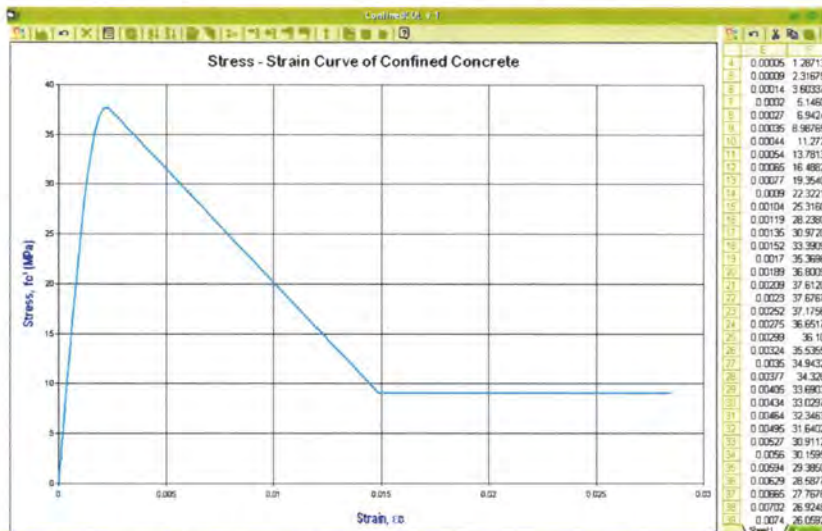
Gambar 5.44 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 6)



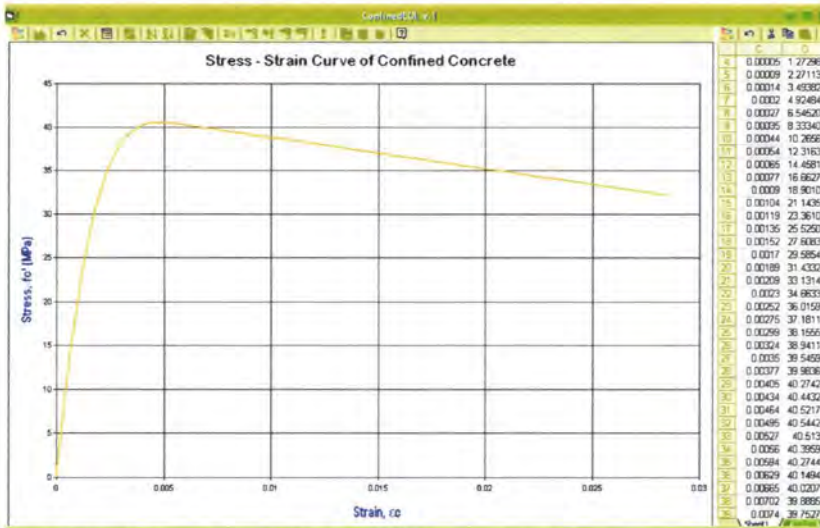
Gambar 5.45 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 6)



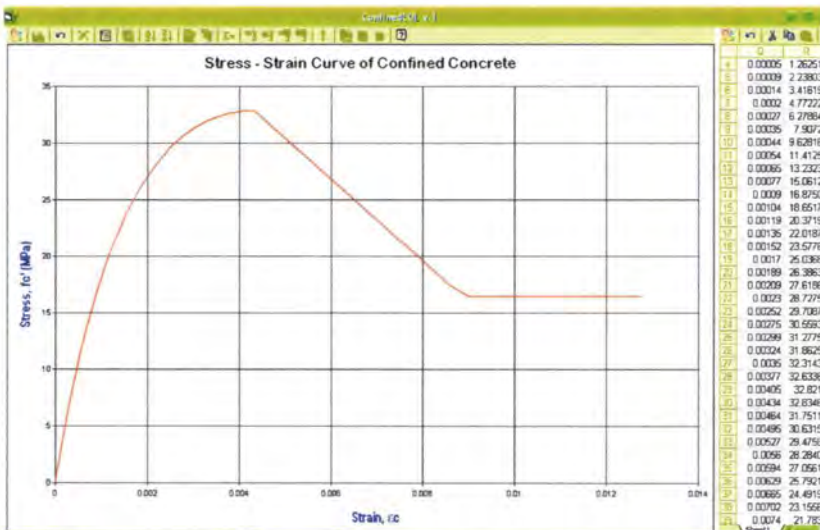
Gambar 5.46 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 6)



Gambar 5.47 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 6)



Gambar 5.48 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 6)



Gambar 5.49 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 6)

Dengan membandingkan kasus 2 (senggang 2 kaki) dengan kasus 6 (senggang 3 kaki), dapat dilihat pengaruh konfigurasi senggang terhadap bentuk kurva tegangan-regangannya, seperti yang telah ditampilkan melalui output program ConfinedCOL v.1 (gambar 5.41 sampai 5.49). Pengaruhnya adalah:

- Konfigurasi senggang 3 kaki memberikan nilai tegangan puncak (*peak stress*) yang lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan tabel 5.19.
- Konfigurasi senggang 3 kaki memberikan nilai regangan puncak yang lebih besar, seperti ditunjukkan tabel 5.20.
- Konfigurasi senggang 3 kaki memberikan nilai regangan batas yang lebih besar, dengan asumsi tegangan batas sama, seperti ditunjukkan tabel 5.21.

Perbedaan ini diakibatkan karena konfigurasi senggang 3 kaki memberikan ikatan yang lebih kuat terhadap tulangan logitudinal, sehingga nilai tegangan pengekan efektif di sekitar tulangan logitudinal akan bertambah. Selain itu, penambahan jumlah kaki senggang juga menambah rasio volumetrik tulangan pengekan.

Tabel 5.18 Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 6 (senggang 3 kaki).

Beton terkekang	Parameter kurva		
	f_{cc} (MPa)	e_{cc}	e_{cu}
Kent-Park	30	0.002	0.00739
Sheikh-Uzumeri	30.006	0.00324	0.00826
Mander-Priestley	35.215	0.00374	0.0125
Yong-Nawy	33.283	0.00492	0.00653
Cusson-Paultre	35.66	0.0036	0.00497
Diniz-Frangopol	31.962	0.003	0.0701
Kappos-Konstantinidis	37.796	0.00225	0.00765
Hong-Han	40.546	0.00518	0.0473
Kusuma-Tavio	32.881	0.00433	0.00637

Tabel 5.19 Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (sengkang 2 kaki) dan Kasus 6 (sengkang 3 kaki).

Metode pengekangan	f_{cc} (MPa) kaki = 3	f_{cc} (MPa) kaki = 2	Δf_{cc} (MPa)
Kent-Park	30	30	0
Sheikh-Uzumeri	30.006	30.0055	0.0005
Mander-Priestley	35.215	34.223	0.992
Yong-Nawy	33.283	32.627	0.656
Cusson-Paultre	35.66	34.261	1.399
Diniz-Frangopol	31.962	31.31	0.652
Kappos-Konstantinidis	37.796	36.746	1.05
Hong-Han	40.546	38.37	2.176
Kusuma-Tavio	32.881	32.304	0.577

Tabel 5.20 Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (sengkang 2 kaki) dan Kasus 6 (sengkang 3 kaki).

Metode pengekangan	e_{cc} kaki = 3	e_{cc} kaki = 2	Δe_{cc}
Kent-Park	0.002	0.002	0
Sheikh-Uzumeri	0.00324	0.00303	0.00021
Mander-Priestley	0.00374	0.00347	0.00027
Yong-Nawy	0.00492	0.0046	0.00032
Cusson-Paultre	0.0036	0.0033	0.0003
Diniz-Frangopol	0.003	0.00265	0.00035
Kappos-Konstantinidis	0.00225	0.00217	8E-05
Hong-Han	0.00518	0.00481	0.00037
Kusuma-Tavio	0.00433	0.00404	0.00029

Tabel 5.21 Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (seangkang 2 kaki) dan Kasus 6 (seangkang 3 kaki).

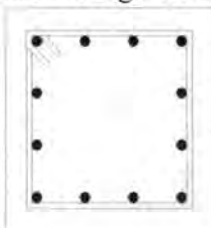
Metode pengekangan	e_{cu} kaki = 3	e_{cu} kaki = 2	Δe_{cu}
Kent-Park	0.00739	0.0064	0.00099
Sheikh-Uzumeri	0.00826	0.00705	0.00121
Mander-Priestley	0.0125	0.0099	0.0026
Yong-Nawy	0.00653	0.00607	0.00046
Cusson-Paultre	0.00497	0.0041	0.00087
Diniz-Frangopol	0.0701	0.0642	0.0059
Kappos-Konstantinidis	0.00765	0.0064	0.00125
Hong-Han	0.0473	0.03775	0.00955
Kusuma-Tavio	0.00637	0.0055	0.00087

V.2.6 Pengaruh jumlah dan ukuran tulangan longitudinal

Jumlah tulangan longitudinal sudah pasti akan menambah kapasitas penampang. Tapi untuk melihat apakah jumlah tulangan longitudinal mempunyai pengaruh pengekangan pada kurva tegangan-regangan, maka diberikan Kasus 7 yang akan dibandingkan dengan Kasus 2, dimana jumlah tulangan longitudinal ditambah menjadi 12 buah tulangan.

Kasus 7

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 12 D 20

Diameter seangkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi seangkang = 10 cm

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

$\rho_t = 2.36$ %

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang dengan:

- a. metode confined Kent-Park
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri
- c. metode confined Mander-Priestley
- d. metode confined Yong-Nawy
- e. metode confined Cusson-Paultre
- f. metode confined Diniz-Frangopol
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos
- h. metode confined Hong-Han
- i. metode confined Kusuma-Tavio

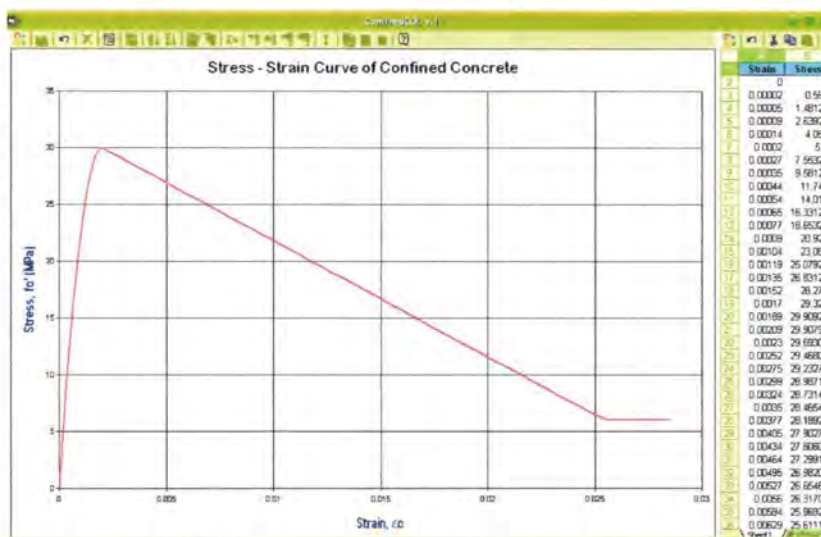
Dapatkan nilai:

- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan batas (ultimate) pada saat tegangan ultimate dianggap = $0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ MPa}$

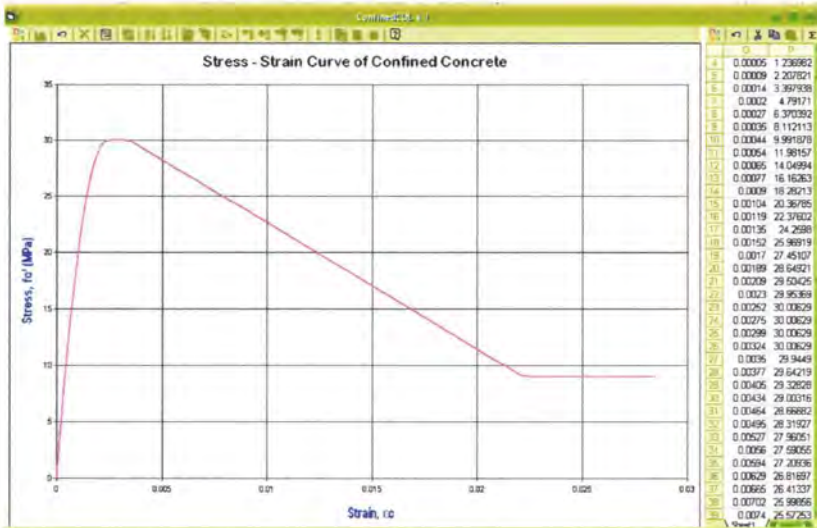
Penyelesaian:

- a. metode confined Kent-Park (gambar 5.50)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0064$
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri (gambar 5.51)
 - tegangan puncak = 30.007 MPa
 - regangan puncak = 0.00376
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00878$
- c. metode confined Mander-Priestley (gambar 5.52)
 - tegangan puncak = 34.785 MPa
 - regangan puncak = 0.0036
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0113$
- d. metode confined Yong-Nawy (gambar 5.53)
 - tegangan puncak = 33.274 MPa
 - regangan puncak = 0.0046
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00613$
- e. metode confined Cusson-Paultre (gambar 5.54)
 - tegangan puncak = 34.67 MPa
 - regangan puncak = 0.00338

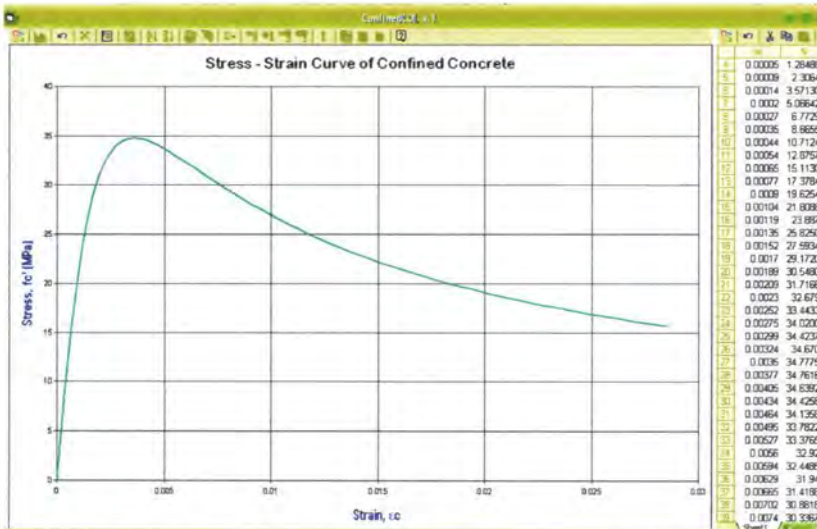
- regangan saat $0.85 f_c' = 0.00431$
- f. metode confined Diniz-Frangopol (gambar 5.55)
 - tegangan puncak = 31.31 MPa
 - regangan puncak = 0.00265
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0642$
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos (gambar 5.56)
 - tegangan puncak = 37.286 MPa
 - regangan puncak = 0.0022
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00704$
- h. metode confined Hong-Han (gambar 5.57)
 - tegangan puncak = 39.604 MPa
 - regangan puncak = 0.00502
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0431$
- i. metode confined Kusuma-Tavio (gambar 5.58)
 - tegangan puncak = 32.591 MPa
 - regangan puncak = 0.0042
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00576$



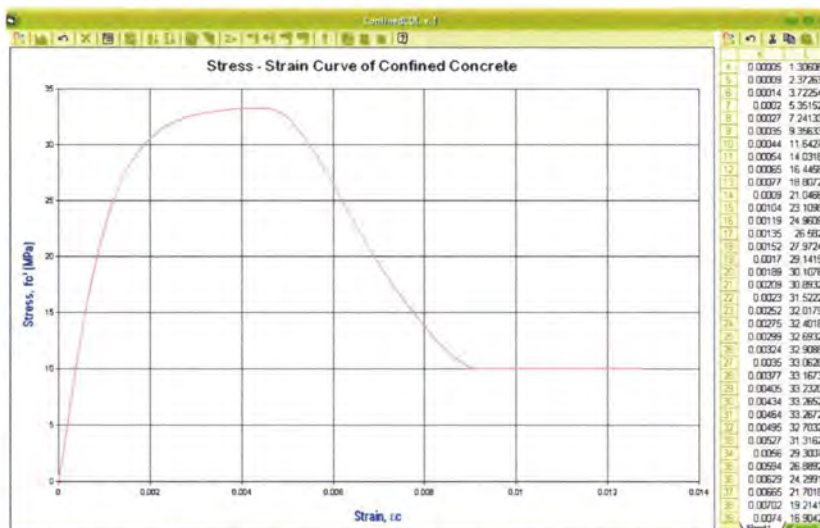
Gambar 5.50 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park (Kasus 7)



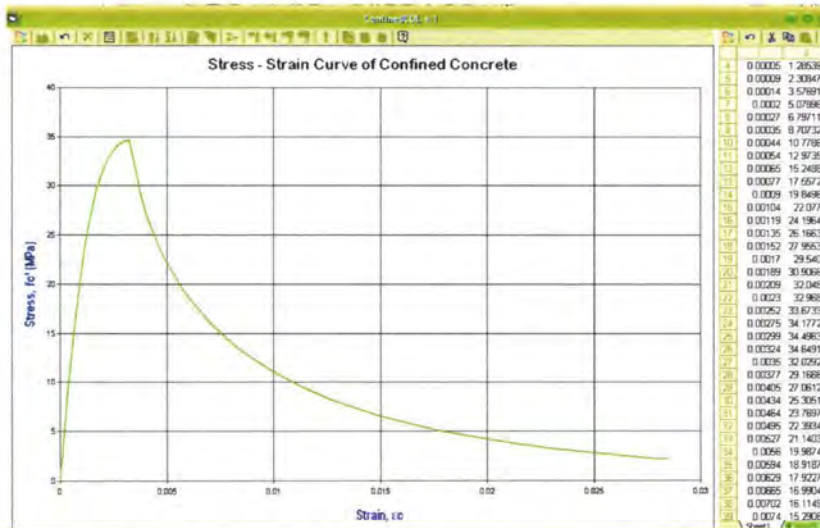
Gambar 5.51 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 7)



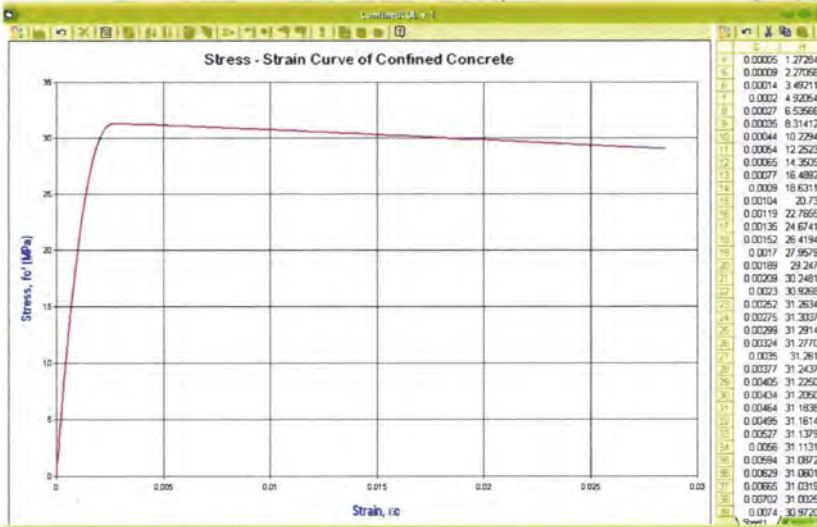
Gambar 5.52 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley (Kasus 7)



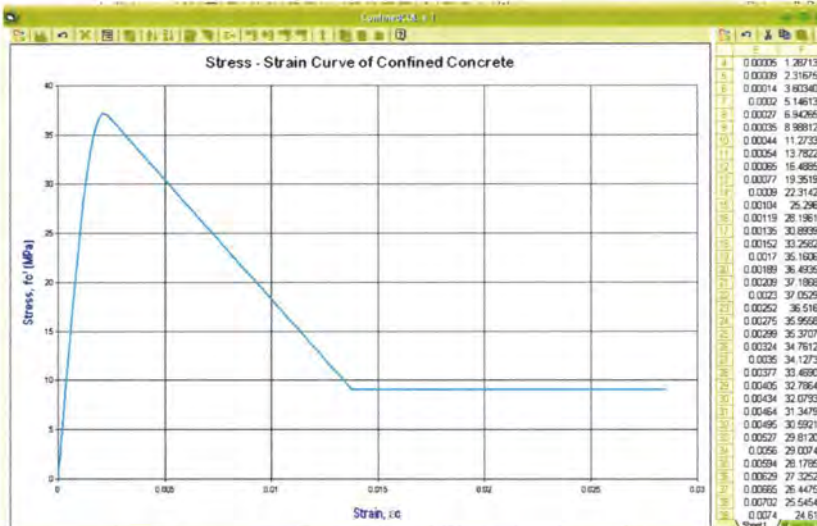
Gambar 5.53 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy (Kasus 7)



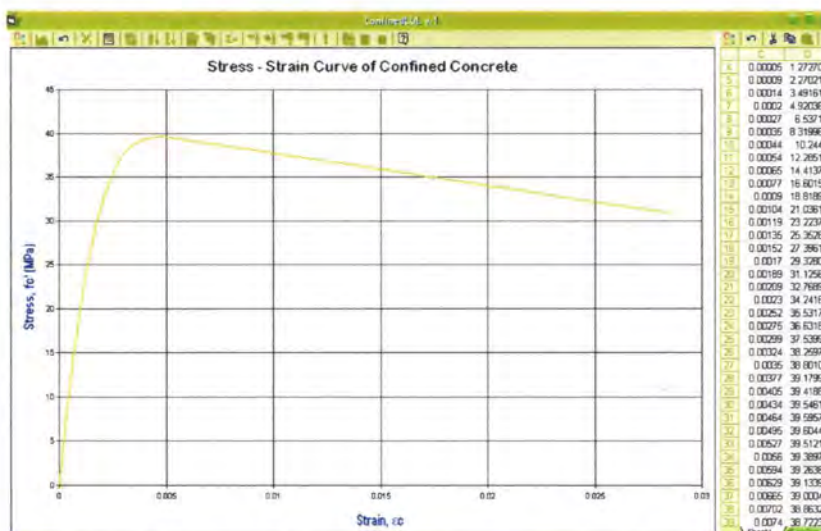
Gambar 5.54 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre (Kasus 7)



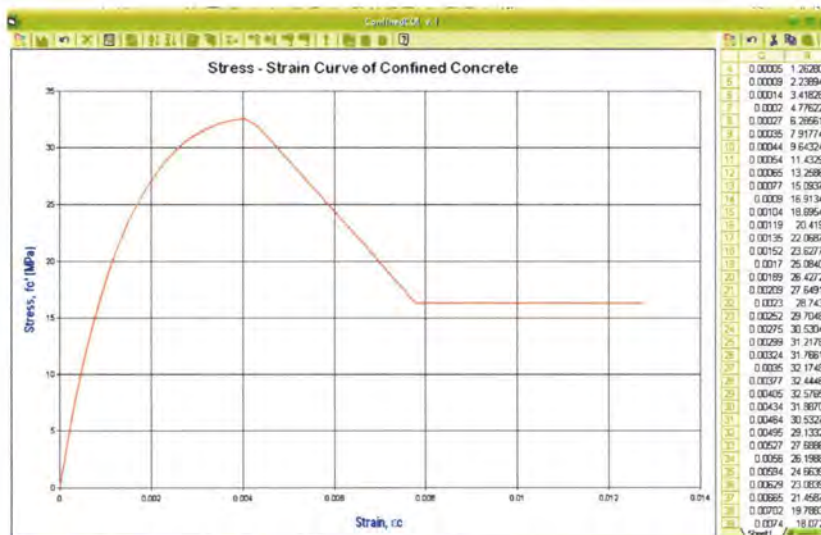
Gambar 5.55 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 7)



Gambar 5.56 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 7)



Gambar 5.57 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han (Kasus 7)



Gambar 5.58 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio (Kasus 7)

Dengan membandingkan kasus 2 (tulangan longitudinal $n = 8 \text{ D } 20$) dengan kasus 7 ($n = 12 \text{ D } 20$), dapat dilihat pengaruh jumlah tulangan longitudinal terhadap bentuk kurva tegangan-regangannya, seperti yang telah ditampilkan melalui output program ConfinedCOL v.1 (gambar 5.50 sampai 5.58). Pengaruhnya adalah:

- Tulangan longitudinal yang lebih banyak akan menghasilkan nilai tegangan puncak (*peak stress*) yang lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan tabel 5.23.
- Tulangan longitudinal yang lebih banyak akan memberikan nilai regangan puncak yang lebih besar, seperti ditunjukkan tabel 5.24.
- Tulangan longitudinal yang lebih banyak akan memberikan nilai regangan batas yang lebih besar, dengan asumsi tegangan batas sama, seperti ditunjukkan tabel 5.25.

Perbedaan ini disebabkan karena pada kenyataannya tulangan longitudinal juga dapat berfungsi sebagai pengekang inti beton apabila dikombinasikan dengan tulangan sengkang. Kombinasi antara keduanya akan meningkatkan efisiensi pengekangan.

Tabel 5.22 Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$, Kasus 7 (tulangan 12 D 20).

Beton terkekang	Parameter kurva		
	f_{cc} (MPa)	ϵ_{cc}	ϵ_{cu}
Kent-Park	30	0.002	0.0064
Sheikh-Uzumeri	30.007	0.00376	0.00878
Mander-Priestley	34.785	0.0036	0.0113
Yong-Nawy	33.274	0.0046	0.00613
Cusson-Paultre	34.67	0.00338	0.00431
Diniz-Frangopol	31.31	0.00265	0.0642
Kappos-Konstantinidis	37.286	0.0022	0.00704
Hong-Han	39.604	0.00502	0.0431
Kusuma-Tavio	32.591	0.00418	0.00576

Tabel 5.23 Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan 8 D 20) dan Kasus 7 (tulangan 12 D 20).

Metode pengekangan	f_{cc} (MPa) n = 12 D 20	f_{cc} (MPa) n = 8 D 20	Δf_{cc} (MPa)
Kent-Park	30	30	0
Sheikh-Uzumeri	30.007	30.0055	0.0015
Mander-Priestley	34.785	34.223	0.562
Yong-Nawy	33.274	32.627	0.647
Cusson-Paultre	34.67	34.261	0.409
Diniz-Frangopol	31.31	31.31	0
Kappos-Konstantinidis	37.286	36.746	0.54
Hong-Han	39.604	38.37	1.234
Kusuma-Tavio	32.591	32.304	0.287

Tabel 5.24 Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan 8 D 20) dan Kasus 7 (tulangan 12 D 20).

Metode pengekangan	e_{cc} n = 12 D 20	e_{cc} n = 8 D 20	Δe_{cc}
Kent-Park	0.002	0.002	0
Sheikh-Uzumeri	0.00376	0.00303	0.00073
Mander-Priestley	0.0036	0.00347	0.00013
Yong-Nawy	0.0046	0.0046	0
Cusson-Paultre	0.00338	0.0033	8E-05
Diniz-Frangopol	0.00265	0.00265	0
Kappos-Konstantinidis	0.0022	0.00217	3E-05
Hong-Han	0.00502	0.00481	0.00021
Kusuma-Tavio	0.00418	0.00404	0.00014

Tabel 5.25 Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan 8 D 20) dan Kasus 7 (tulangan 12 D 20).

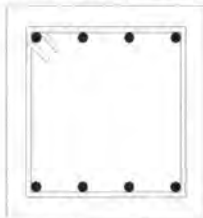
Metode pengekangan	e_{cu} n = 12 D 20	e_{cu} n = 8 D 20	Δe_{cu}
Kent-Park	0.0064	0.0064	0
Sheikh-Uzumeri	0.00878	0.00705	0.00173
Mander-Priestley	0.0113	0.0099	0.0014
Yong-Nawy	0.00613	0.00607	6E-05
Cusson-Paultre	0.00431	0.0041	0.00021
Diniz-Frangopol	0.0642	0.0642	0
Kappos-Konstantinidis	0.00704	0.0064	0.00064
Hong-Han	0.0431	0.03775	0.00535
Kusuma-Tavio	0.00576	0.0055	0.00026

V.2.7 Pengaruh konfigurasi tulangan longitudinal

Pada bagian ini, konfigurasi tulangan longitudinal akan dicek, apakah mempunyai pengaruh pengekangan pada kurva tegangan-regangan. Untuk itu diberikan Kasus 8 yang akan dibandingkan dengan Kasus 2, dimana penulangan longitudinal pada Kasus 8 hanya ditempatkan di kedua sisinya pada sejajar sumbu x (*two side along X-axis*).

Kasus 8

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 20

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 10 cm

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

$\rho_l = 1.57$ %

Gambarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang dengan:

- a. metode confined Kent-Park
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri
- c. metode confined Mander-Priestley
- d. metode confined Yong-Nawy
- e. metode confined Cusson-Paultre
- f. metode confined Diniz-Frangopol
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos
- h. metode confined Hong-Han
- i. metode confined Kusuma-Tavio

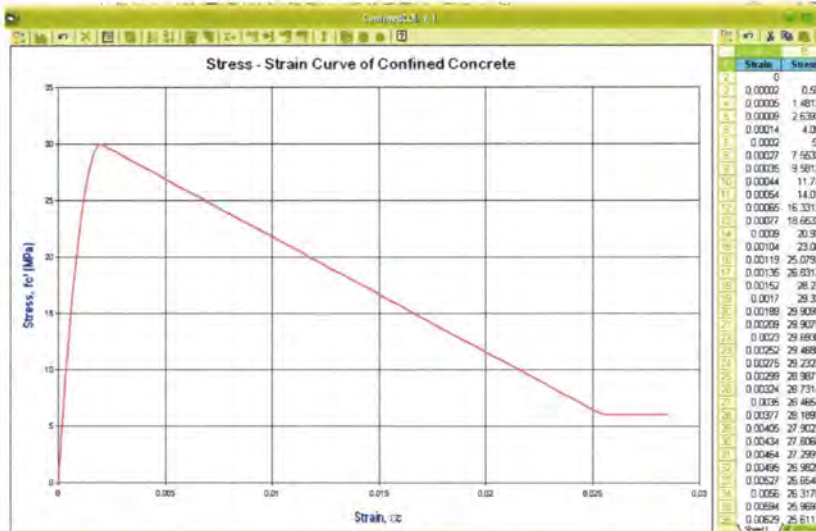
Dapatkan nilai:

- tegangan puncak
- regangan puncak
- regangan batas (ultimate) pada saat tegangan ultimate dianggap $= 0.85 f_c' = 0.85 \times 30 = 25.5 \text{ MPa}$

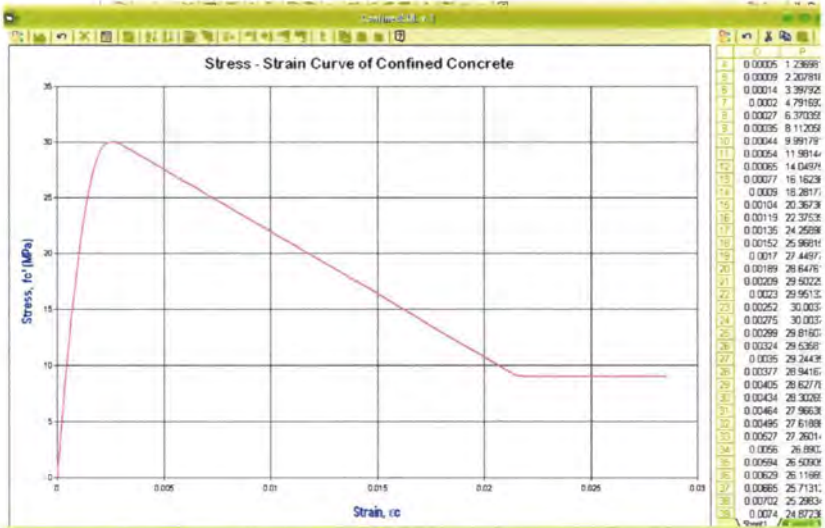
Penyelesaian:

- a. metode confined Kent-Park (gambar 5.59)
 - tegangan puncak = 30 MPa
 - regangan puncak = 0.002
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0064$
- b. metode confined Sheikh-Uzumeri (gambar 5.60)
 - tegangan puncak = 30.0037 MPa
 - regangan puncak = 0.00282
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00684$
- c. metode confined Mander-Priestley (gambar 5.61)
 - tegangan puncak = 33.72 MPa
 - regangan puncak = 0.00324
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0088$
- d. metode confined Yong-Nawy (gambar 5.62)
 - tegangan puncak = 32.627 MPa
 - regangan puncak = 0.00461
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00607$
- e. metode confined Cusson-Paultre (gambar 5.63)
 - tegangan puncak = 33.882 MPa

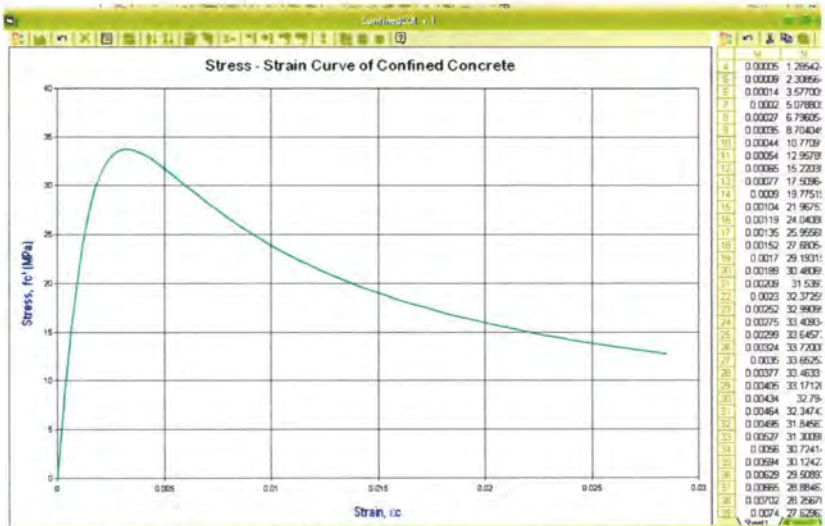
- regangan puncak = 0.00324
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0039$
- f. metode confined Diniz-Frangopol (gambar 5.64)
- tegangan puncak = 31.31 MPa
 - regangan puncak = 0.00265
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.0642$
- g. metode confined Konstantinidis-Kappos (gambar 5.65)
- tegangan puncak = 36.163 MPa
 - regangan puncak = 0.00213
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00584$
- h. metode confined Hong-Han (gambar 5.66)
- tegangan puncak = 37.226 MPa
 - regangan puncak = 0.00461
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.03306$
- i. metode confined Kusuma-Tavio (gambar 5.67)
- tegangan puncak = 32.018 MPa
 - regangan puncak = 0.0039
 - regangan saat $0.85 f_c' = 0.00534$



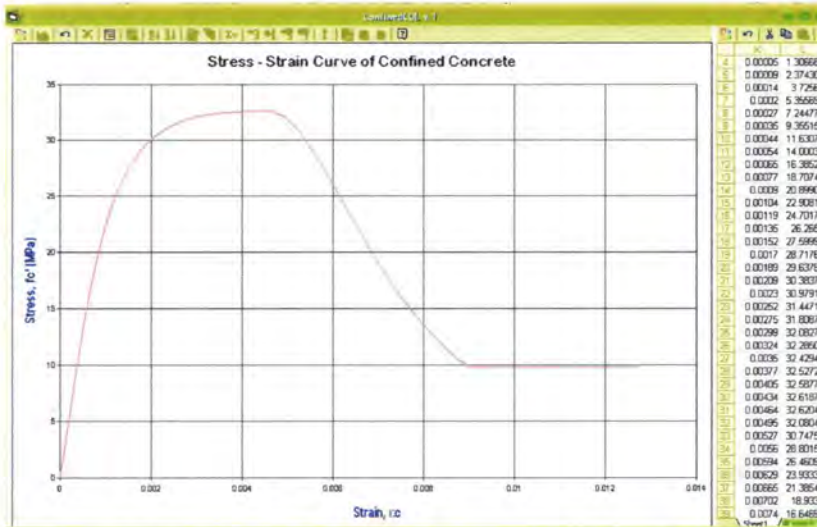
Gambar 5.59 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kent-Park ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



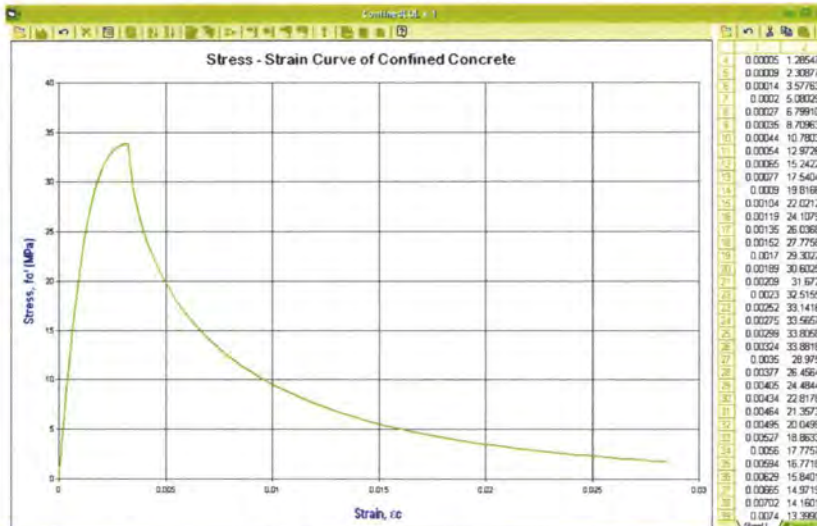
Gambar 5.60 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Sheikh-Uzumeri ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



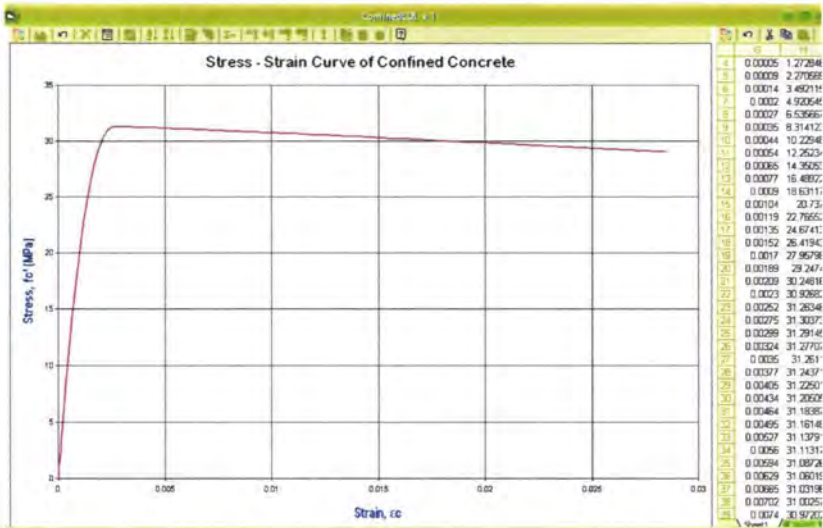
Gambar 5.61 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Mander-Priestley ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



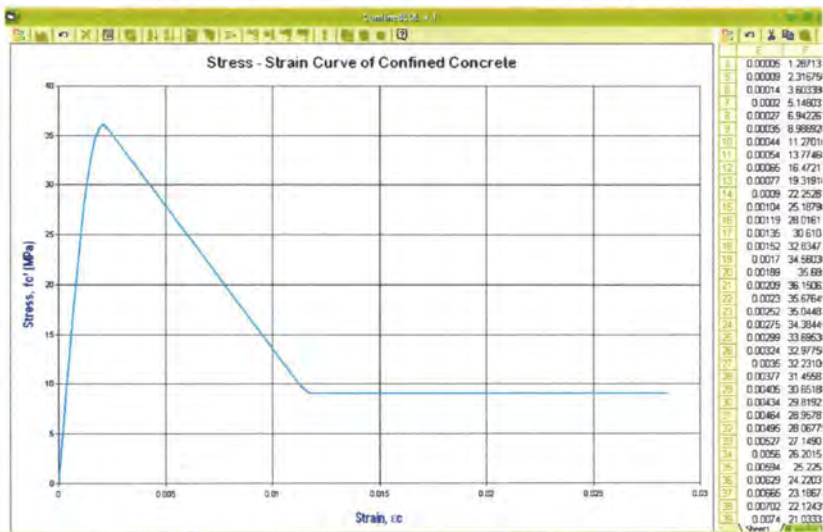
Gambar 5.62 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Yong-Nawy ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



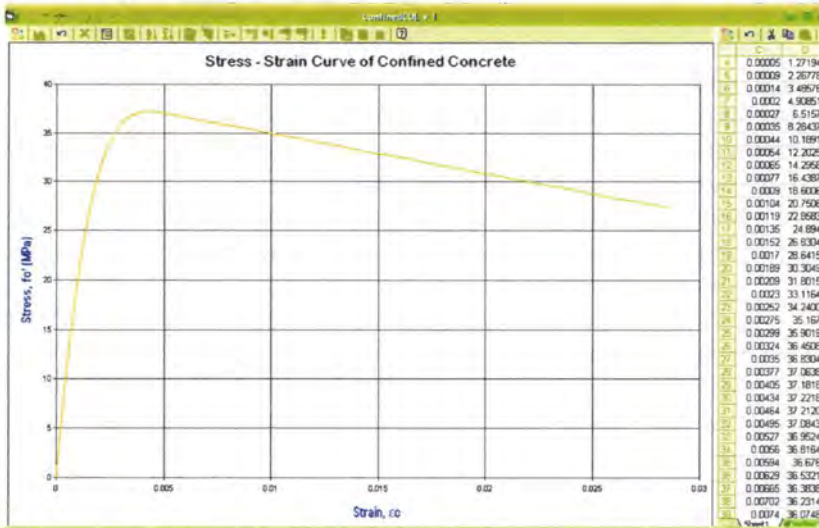
Gambar 5.63 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Cusson-Paultre ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



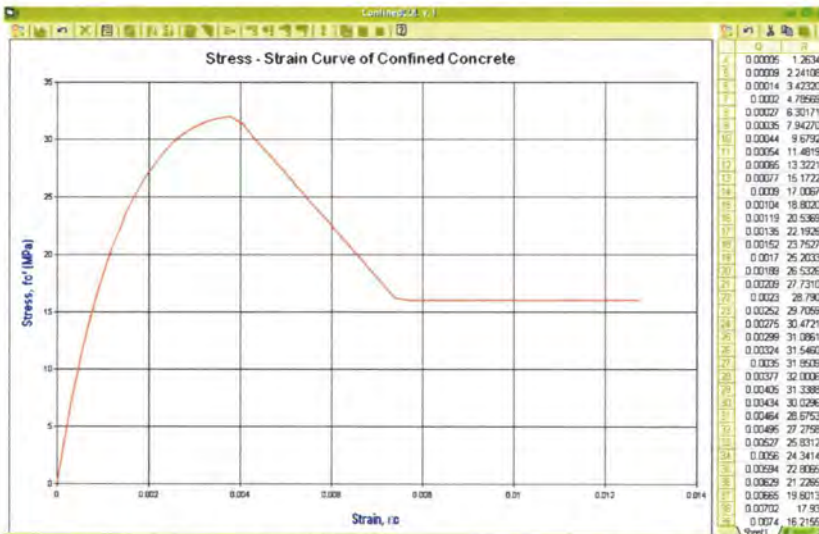
Gambar 5.64 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Diniz-Frangopol ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



Gambar 5.65 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kappos-Konstantinidis ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



Gambar 5.66 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Hong-Han ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)



Gambar 5.67 ConfinedCOL v.1 : kurva tegangan-regangan beton terkekang, metode confined Kusuma-Tavio ($f_c' = 30$ MPa, tulangan 2 sisi sumbu x)

Dengan membandingkan kasus 2 (tulangan sama di empat sisi) dengan kasus 8 (tulangan dua sisi pada sumbu x), dapat dilihat pengaruh konfigurasi tulangan longitudinal terhadap bentuk kurva tegangan-regangannya, seperti yang telah ditampilkan melalui output program ConfinedCOL v.1 (gambar 5.59 sampai 5.67). Pengaruhnya adalah:

- Semakin rapat jarak antar tulangan longitudinal maka nilai tegangan puncak (*peak stress*) akan lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan tabel 5.27.
- Semakin rapat jarak antar tulangan longitudinal maka nilai regangan puncak lebih besar, seperti ditunjukkan tabel 5.28.
- Semakin rapat jarak antar tulangan longitudinal maka nilai tegangan batas lebih besar, dengan asumsi tegangan batas sama, seperti ditunjukkan tabel 5.29.

Perbedaan ini disebabkan karena pada kenyataannya tulangan longitudinal dapat juga berfungsi sebagai pengekang inti beton. Apabila spasi antar tulangan longitudinal semakin rapat, maka akan menambah pengekangan terhadap inti beton.

Tabel 5.26 Rangkuman Parameter Kurva Beton Terkekang, beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 8 (tulangan 2 sisi, pada sumbu X).

Beton terkekang	Parameter kurva		
	f_{cc} (MPa)	e_{cc}	e_{cu}
Kent-Park	30	0.002	0.0064
Sheikh-Uzumeri	30.0037	0.00282	0.00684
Mander-Priestley	33.72	0.00324	0.0088
Yong-Nawy	32.627	0.0046	0.00607
Cusson-Paultre	33.882	0.00324	0.0039
Diniz-Frangopol	31.31	0.00265	0.0642
Kappos-Konstantinidis	36.163	0.00213	0.00584
Hong-Han	37.226	0.00461	0.03306
Kusuma-Tavio	32.018	0.0039	0.00534

Tabel 5.27 Selisih Nilai Tegangan Puncak Beton Terkekang, Δf_{cc} (MPa), mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan empat sisi) dan Kasus 8 (tulangan 2 sisi).

Metode pengekangan	f_{cc} (MPa) 4 sisi	f_{cc} (MPa) 2 sisi	Δf_{cc} (MPa)
Kent-Park	30	30	0
Sheikh-Uzumeri	30.0055	30.0037	0.0018
Mander-Priestley	34.223	33.72	0.503
Yong-Nawy	32.627	32.627	0
Cusson-Paultre	34.261	33.882	0.379
Diniz-Frangopol	31.31	31.31	0
Kappos-Konstantinidis	36.746	36.163	0.583
Hong-Han	38.37	37.226	1.144
Kusuma-Tavio	32.304	32.018	0.286

Tabel 5.28 Selisih Nilai Regangan Puncak Beton Terkekang, Δe_{cc} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan empat sisi) dan Kasus 8 (tulangan 2 sisi).

Metode pengekangan	e_{cc} 4 sisi	e_{cc} 2 sisi	Δe_{cc}
Kent-Park	0.002	0.002	0
Sheikh-Uzumeri	0.00303	0.00282	0.00021
Mander-Priestley	0.00341	0.00324	0.00017
Yong-Nawy	0.0046	0.0046	0
Cusson-Paultre	0.0033	0.00324	6E-05
Diniz-Frangopol	0.00265	0.00265	0
Kappos-Konstantinidis	0.00217	0.00213	4E-05
Hong-Han	0.00481	0.00461	0.0002
Kusuma-Tavio	0.00404	0.0039	0.00014

Tabel 5.29 Selisih Nilai Regangan Batas Beton Terkekang, Δe_{cu} , mutu beton $f_c' = 30$ MPa, Kasus 2 (tulangan empat sisi) dan Kasus 8 (tulangan 2 sisi).

Metode pengekangan	e_{cu} 4 sisi	e_{cu} 2 sisi	Δe_{cu}
Kent-Park	0.0064	0.0064	0
Sheikh-Uzumeri	0.00705	0.00684	0.00021
Mander-Priestley	0.0099	0.0088	0.0011
Yong-Nawy	0.00607	0.00607	0
Cusson-Paultre	0.0041	0.0039	0.0002
Diniz-Frangopol	0.0642	0.0642	0
Kappos-Konstantinidis	0.0064	0.00584	0.00056
Hong-Han	0.03775	0.03306	0.00469
Kusuma-Tavio	0.0055	0.00534	0.00016

V.2.8 Kesimpulan pengaruh pengekangan terhadap kurva tegangan-regangan beton

Setelah melihat pembahasan bab V.II.1 sampai V.II.7, dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya pengekangan terhadap beton akan berpengaruh pada bentuk kurva tegangan-regangannya, yang dapat dievaluasi melalui tiga parameter utama yaitu:

a. Tegangan puncak (*peak stress*).

Parameter ini berguna untuk melihat tegangan maksimal yang bisa dicapai oleh elemen beton. Adanya pengekangan lateral dapat menambah nilai tegangan puncak beton. Semakin tinggi tegangan puncak yang bisa dicapai oleh beton berarti semakin besar pula kapasitas tekan beton tersebut, karena semakin panjang pula bagian linier (area elastis) pada awal kurva tegangan sebelum terjadi tegangan puncak.

b. Regangan puncak.

Parameter ini berguna untuk melihat regangan yang bisa dicapai oleh beton saat terjadi tegangan puncak. Adanya

pengekangan lateral dapat memperbesar nilai regangan puncak beton. Semakin besar nilai regangan puncak akan semakin baik, karena hal ini berarti beton mampu memampat lebih besar saat tegangan puncak tercapai.

c. Regangan batas (*ultimate strain*).

Parameter ini berguna untuk melihat regangan maksimum yang bisa dicapai oleh beton pada saat tegangan batas terjadi. Semakin besar nilai regangan ultimate akan semakin baik, karena hal ini berarti beton mampu memampat lebih besar saat tegangan ultimate tercapai. Adanya pengekangan lateral dapat memperbesar nilai regangan ultimate pada saat tegangan ultimate tertentu. Berdasarkan kurva tegangan-regangan beton terkekang yang sudah dilihat sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa pengekangan akan efektif pada daerah dengan nilai regangan besar, yaitu pada daerah sesudah regangan puncak (*descending branch*). Sifat dasar beton tak terkekang adalah semakin tinggi tegangan puncaknya, maka semakin kecil *range* (jangkauan) regangan hancurnya. Tetapi adanya pengekangan membuat *range* regangan hancur tetap besar walaupun tegangan puncak tinggi.

Untuk beton terkekang (*confined concrete*) nilai ketiga parameter kurva tegangan-regangan di atas dipengaruhi oleh parameter-parameter pengekangan, yaitu:

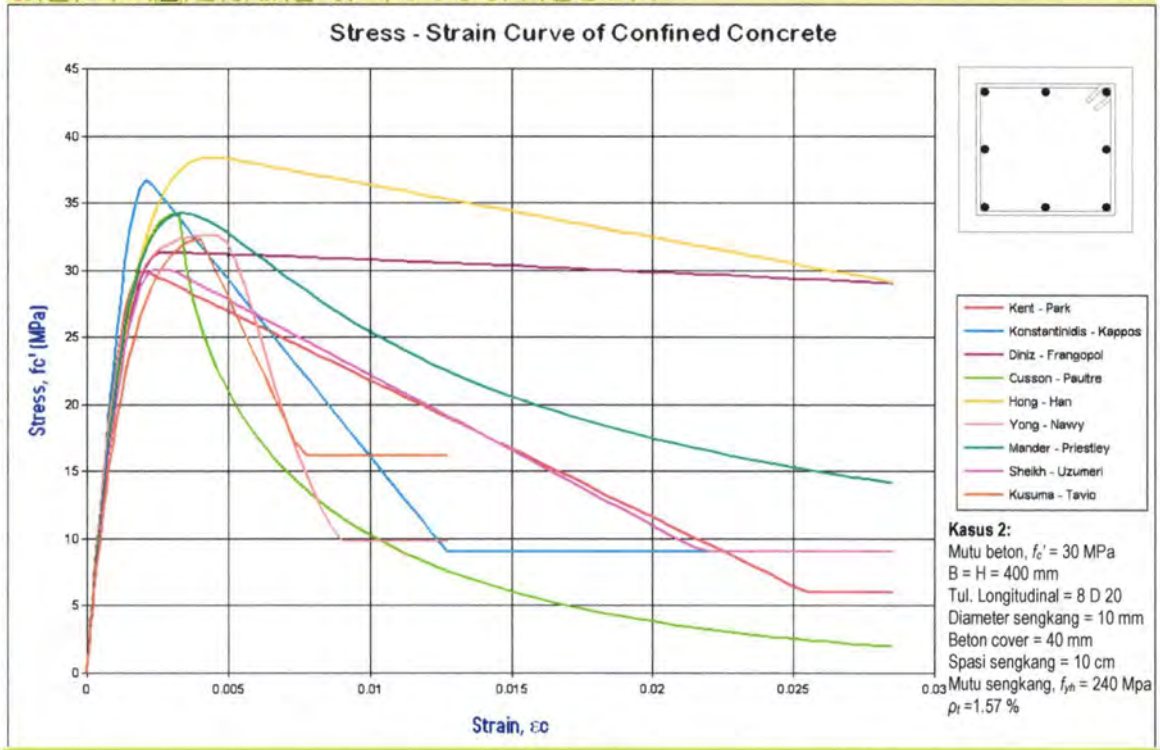
- a. diameter sengkang
- b. spasi antar sengkang
- c. mutu baja tulangan sengkang
- d. konfigurasi sengkang
- e. jumlah dan ukuran tulangan longitudinal
- f. konfigurasi tulangan longitudinal

Keenam parameter pengekangan di atas merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi bentuk kurva tegangan-regangan selain faktor utama yaitu mutu beton itu sendiri. Berikut ini dirangkumkan kesimpulan pengaruh keenam parameter pengekangan terhadap tiap usulan peneliti yang ada.

Tabel 5.30 Rangkuman pengaruh parameter pengekanan terhadap kurva tegangan-regangan beton $f_c = 30$ MPa terkekang, Kasus 2 sampai Kasus 8

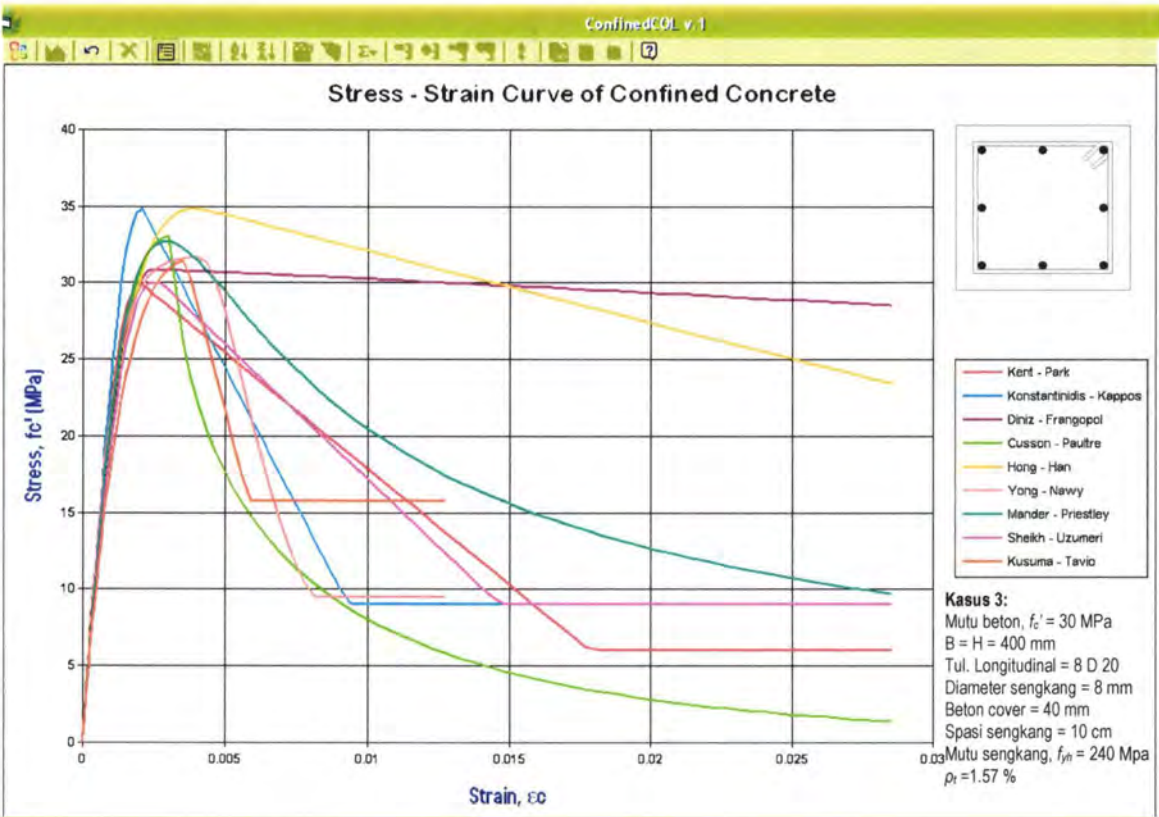
Metode pengekanan	Parameter kurva	Parameter pengekanan					
		Diameter Senggang	Spasi Senggang	Mutu Senggang	Konfigurasi Senggang	Jum. Tul Longitudinal	Konfigurasi Longitudinal
Kent-Park	Tegangan puncak	-	-	-	-	-	-
	Regangan puncak	-	-	-	-	-	-
	Regangan ultimate	+	+	-	+	-	-
Sheikh-Uzumeni	Tegangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan ultimate	+	+	+	+	+	+
Mander-Priestley	Tegangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan ultimate	+	+	+	+	+	+
Yong-Nawy	Tegangan puncak	+	+	+	+	+	-
	Regangan puncak	+	+	+	+	-	-
	Regangan ultimate	+	+	+	+	+	-
Cusson-Paultre	Tegangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan ultimate	+	+	+	+	+	+
Diniz-Frangopol	Tegangan puncak	+	+	+	+	-	-
	Regangan puncak	+	+	+	+	-	-
	Regangan ultimate	+	+	+	+	-	-
Kappos-Konstantinidis	Tegangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan ultimate	+	+	+	+	+	+
Hong-Han	Tegangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan ultimate	+	+	+	+	+	+
Kusuma-Tavio	Tegangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan puncak	+	+	+	+	+	+
	Regangan ultimate	+	+	+	+	+	+

Keterangan: + = berpengaruh ; - = tidak berpengaruh

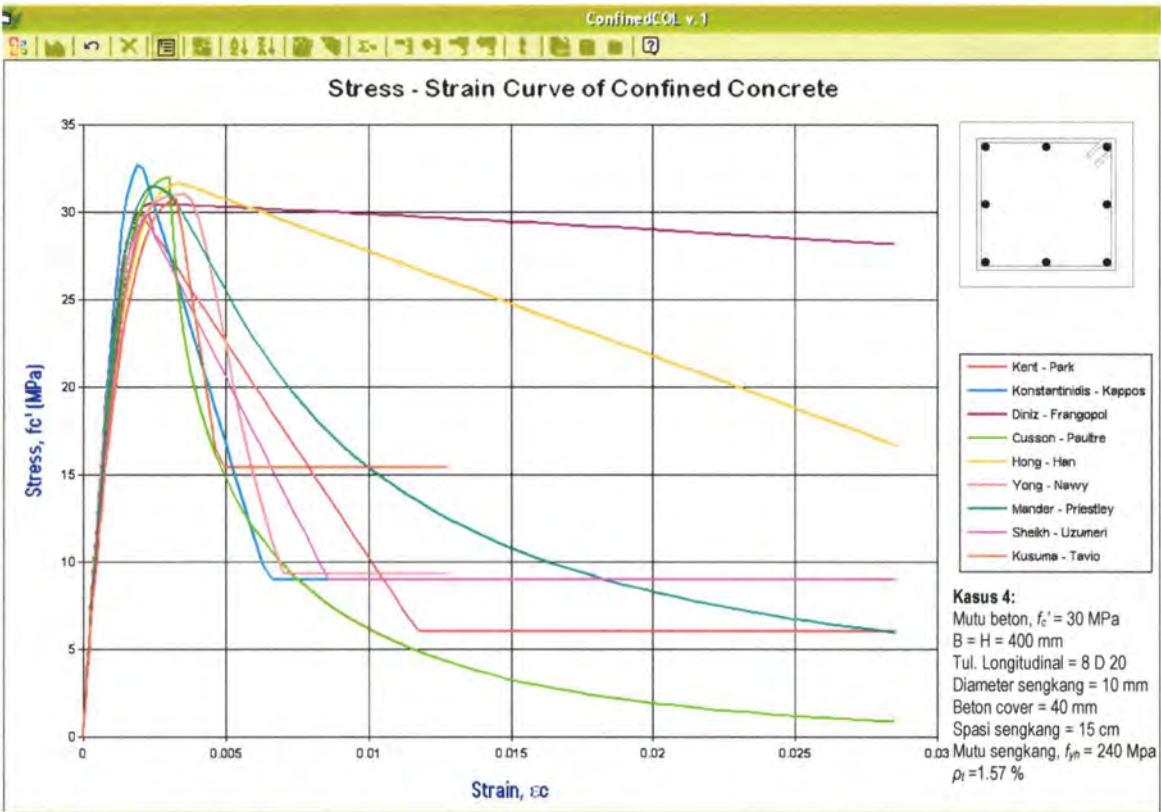


Gambar 5.68 ConfinedCOL v.1 : rancangan kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekangan (Kasus 2)



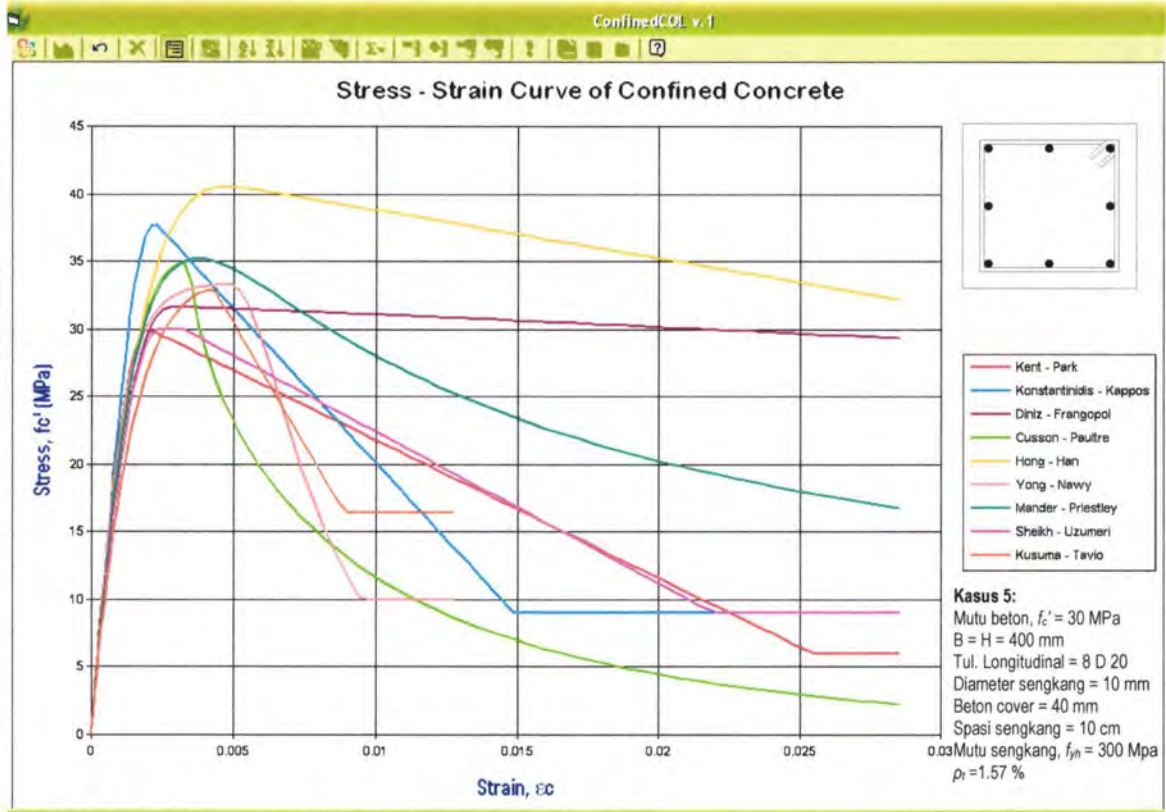


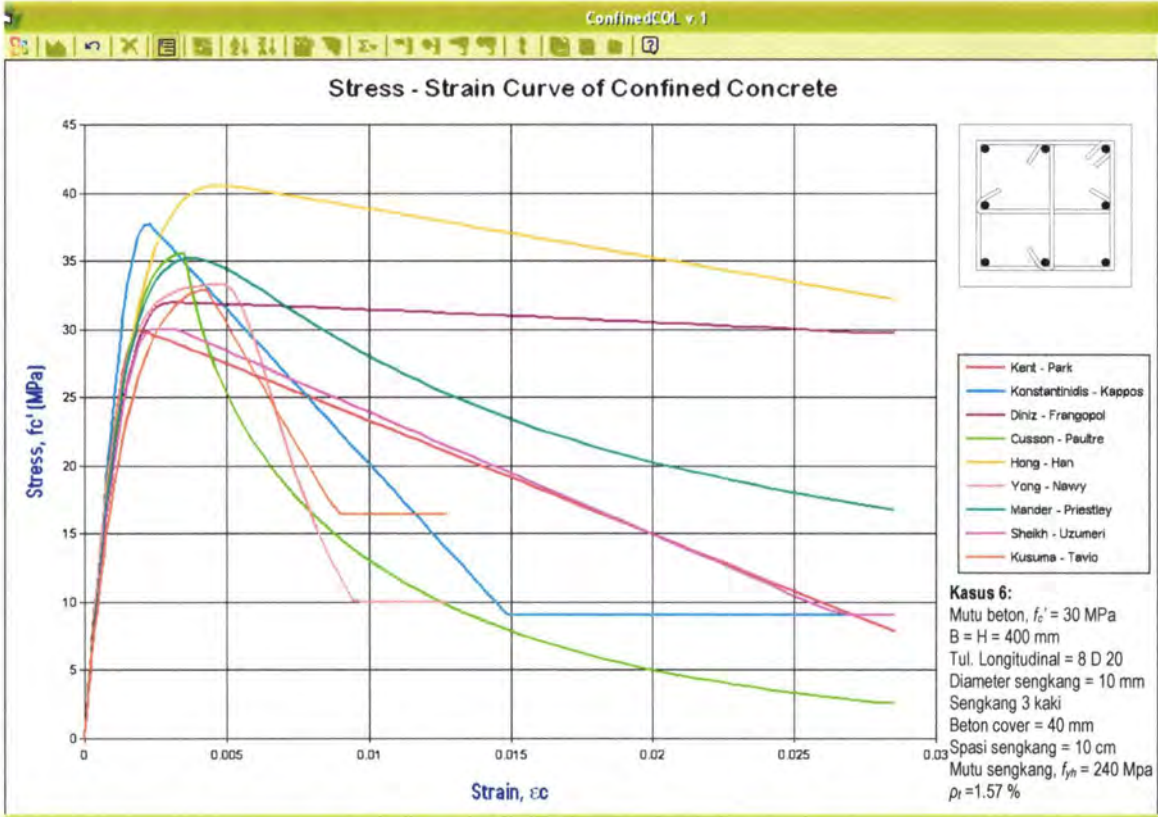
Gambar 5.69 ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekangan (Kasus 3)



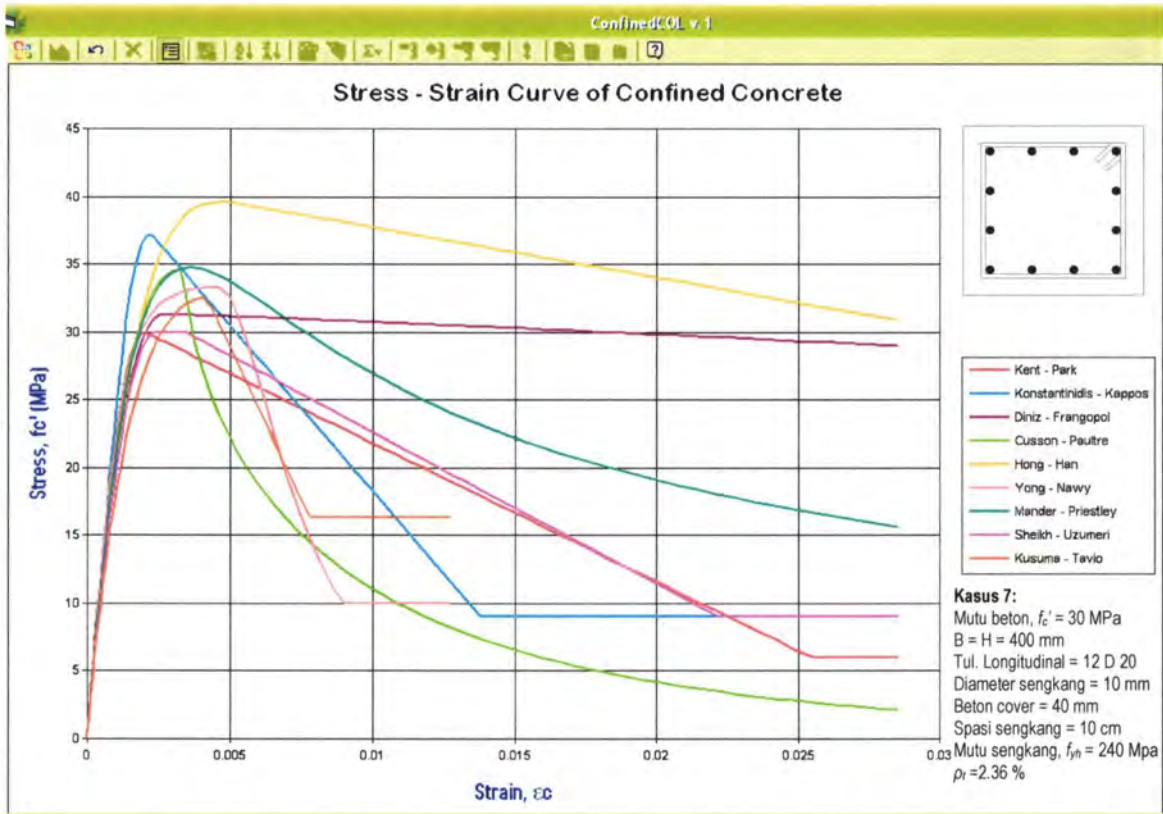
Gambar 5.70 ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekangan (Kasus 4)

Gambar 5.71 ConfinedCOL v.1 : rangkaman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekangan (Kasus 5)

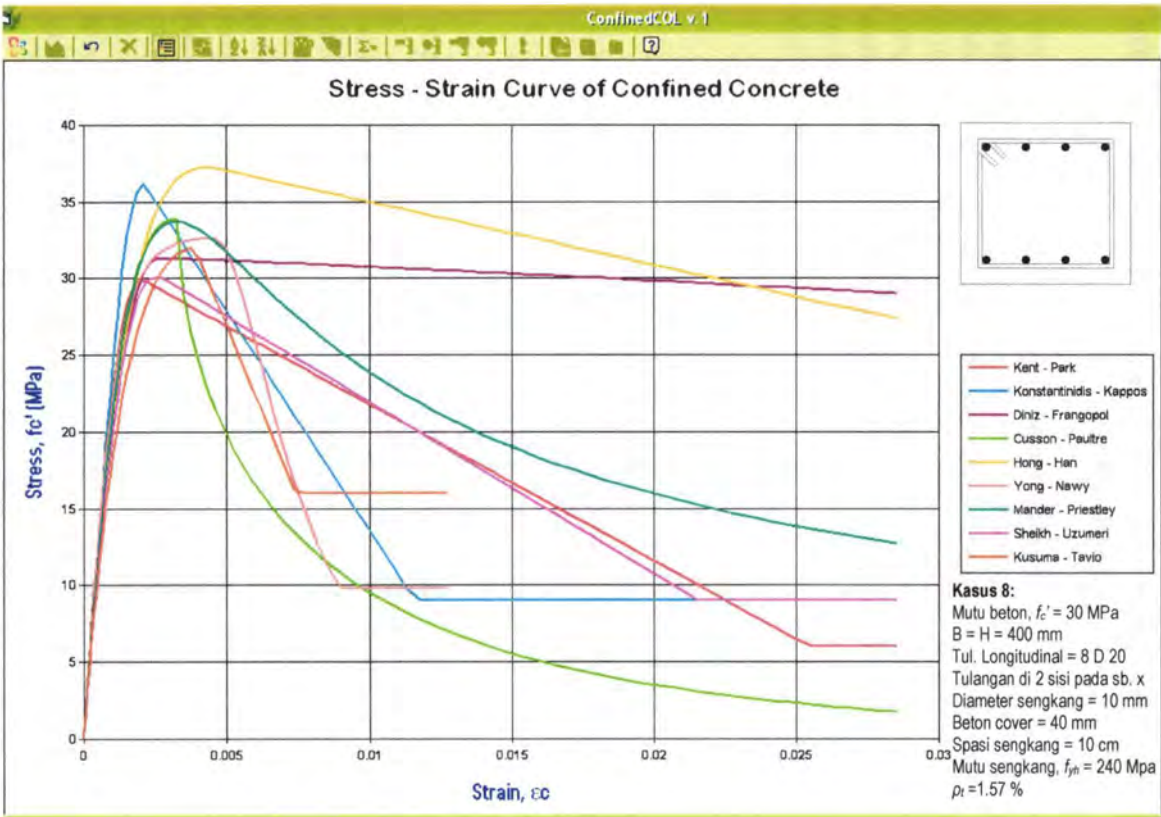




Gambar 5.72 ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekangan (Kasus 6)



Gambar 5.73 ConfinedCOL v.1 : rangkaian kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengembangan (Kasus 7)



Gambar 5.74 ConfinedCOL v.1 : rangkuman kurva tegangan-regangan beton terkekang untuk semua metode pengekangan (Kasus 8)

V.3 Pengaruh Kurva Tegangan – Regangan terhadap Luas Area Desak Beton

Pengaruh pengekangan (*confinement effect*) secara langsung mempengaruhi bentuk kurva tegangan-regangan. Selanjutnya, perubahan kurva ini akan mempengaruhi luas area desak beton (*compression area*). Luas area desak beton merupakan suatu area yang berada di bawah kurva tegangan-regangan, dimana batas atas berupa tinggi kurva dan batas kanan berupa regangan ultimate. Luas area desak beton akan mempengaruhi besarnya gaya beton tekan, C_c (*compression concrete*), seperti yang dirumuskan oleh persamaan:

$$C_c = A_c \cdot b$$

dengan A_c = luas area desak beton (N/mm)

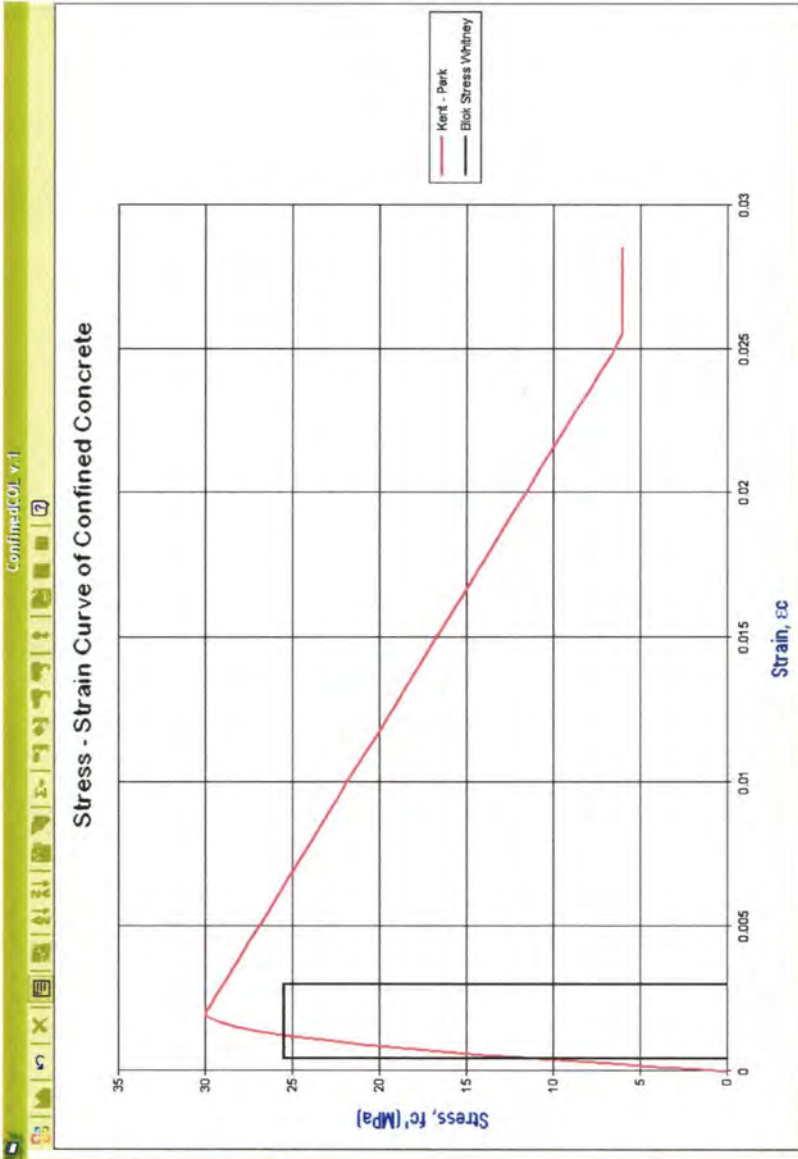
b = lebar penampang tertekan (mm)

Untuk penyerdehanaan perhitungan, biasanya luas desak beton A_c dihitung menggunakan persamaan *block stress* Whitney, yaitu:

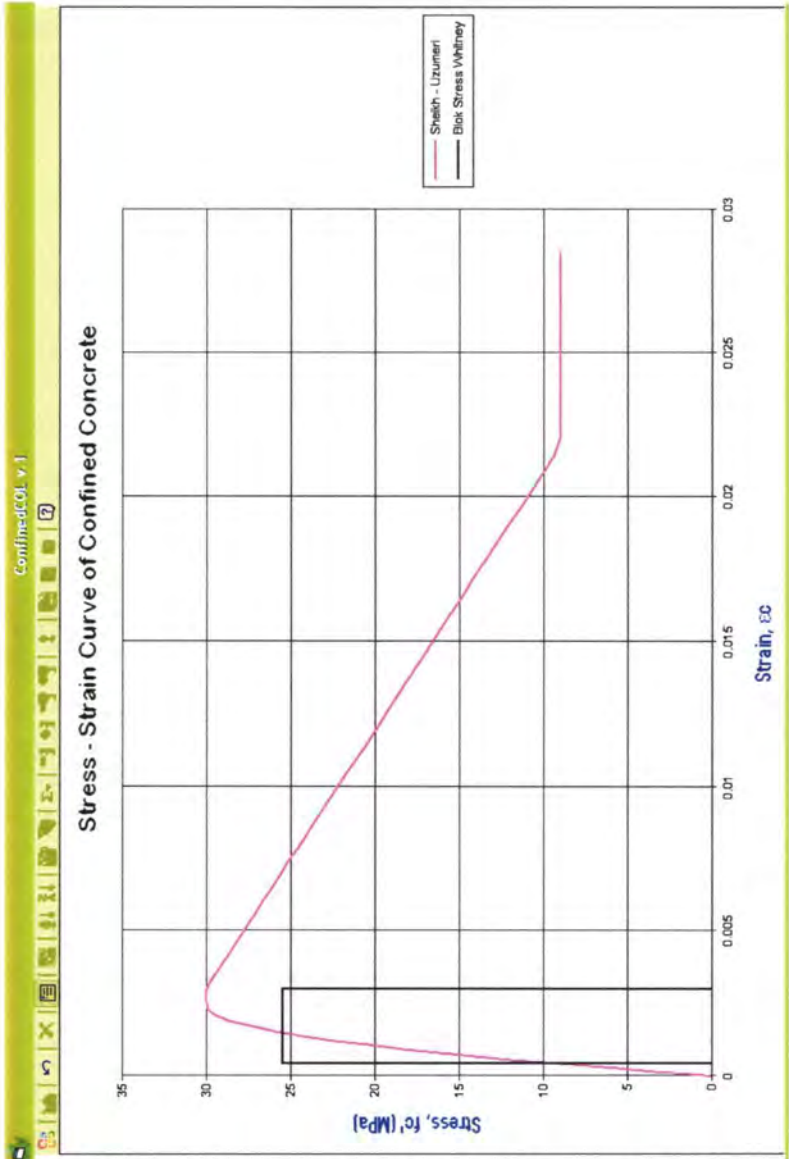
$$\begin{aligned} C_c &= A_c \cdot b \\ &= (0.85 \cdot f'_c \cdot a) b \end{aligned}$$

dengan $0.85 f'_c \cdot a$ merupakan faktor konversi dari luas desak beton berbentuk parabolik menjadi bentuk persegi (*block stress*).

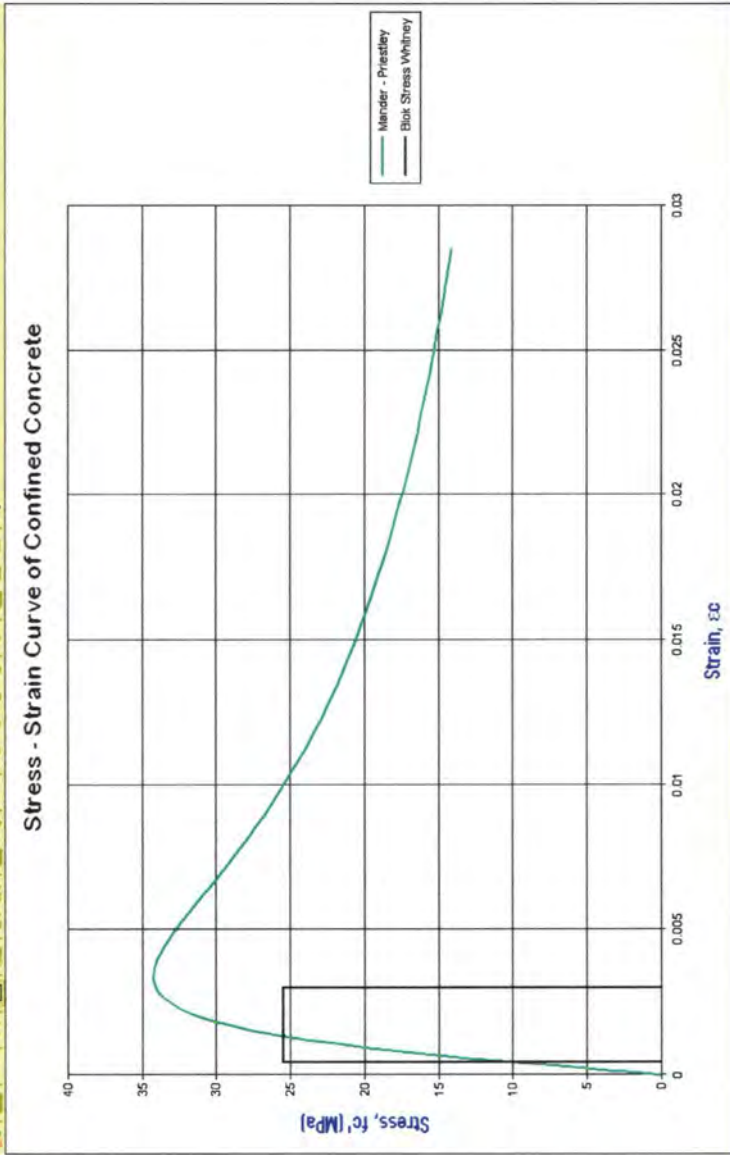
Dalam perhitungan program ConfinedCOL v.1, luas desak beton dihitung dengan pendekatan trapesium melalui iterasi, jadi tidak memakai konsep *block stress* lagi. Diharapkan luas desak beton hasil iterasi akan mendekati kondisi sesungguhnya dari luas area di bawah kurva tegangan-regangan. Gambar 5.75 sampai 5.83 akan memperlihatkan perbandingan antara luas area desak beton antara metode pengekangan dengan metode *block stress*, sehingga bisa dibandingkan luas area desak betonnya. Kasus yang dijadikan contoh adalah Kasus 2, yaitu kolom dengan mutu beton $f'_c = 30$ MPa, konfigurasi penampang seperti pada Kasus 2.



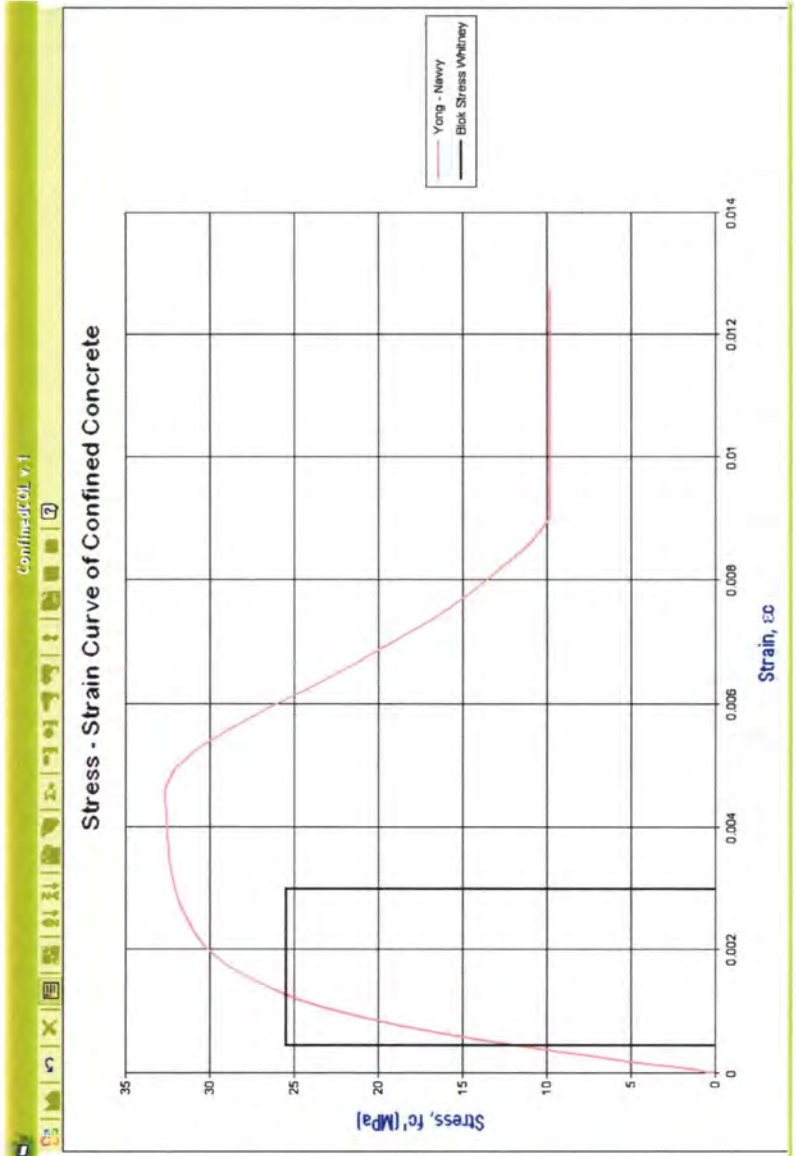
Gambar 5.75 Perbandingan area desak beton metode Confined Kent-Park dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)



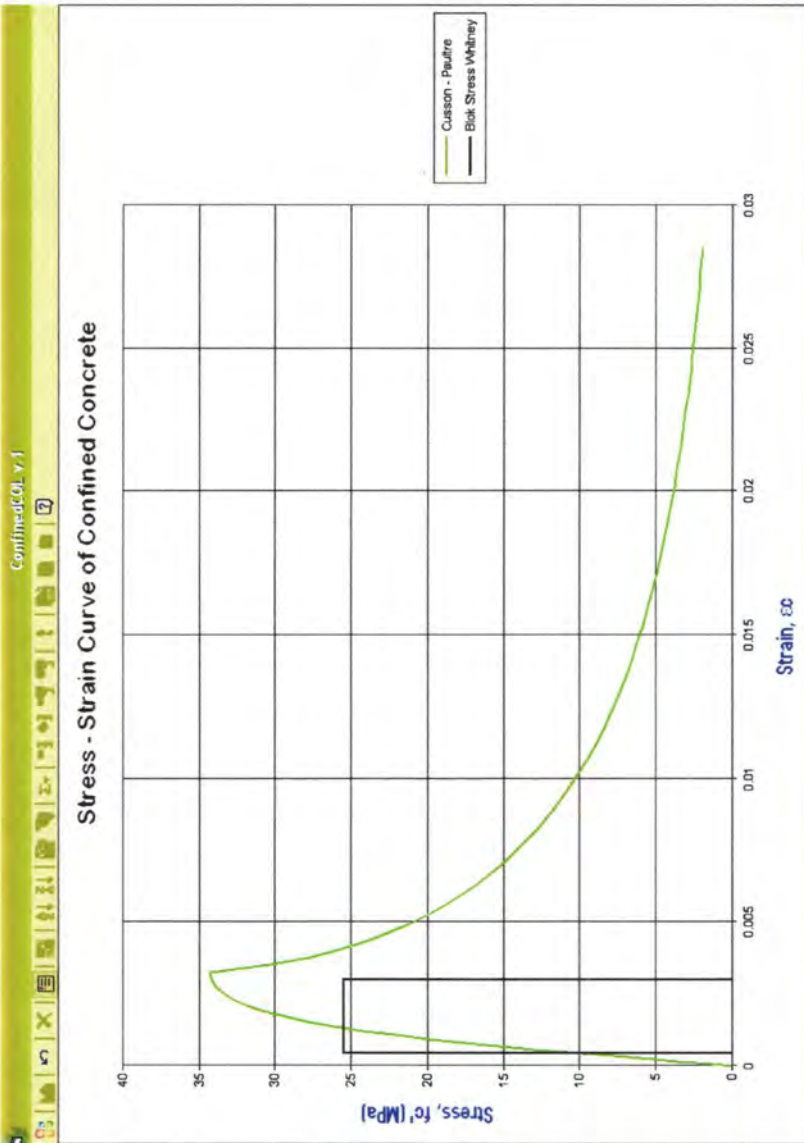
Gambar 5.76 Perbandingan area desak beton metode Confined Sheikh-Uzumeri dengan Blok Stress Whitney (Kasus 2)



Gambar 5.77 Perbandingan area desak beton metode Confined Mander-Priestley dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)



Gambar 5.78 Perbandingan area desak beton metode Confined Yong-Nawy dengan Blok Stress Whitney (Kasus 2)

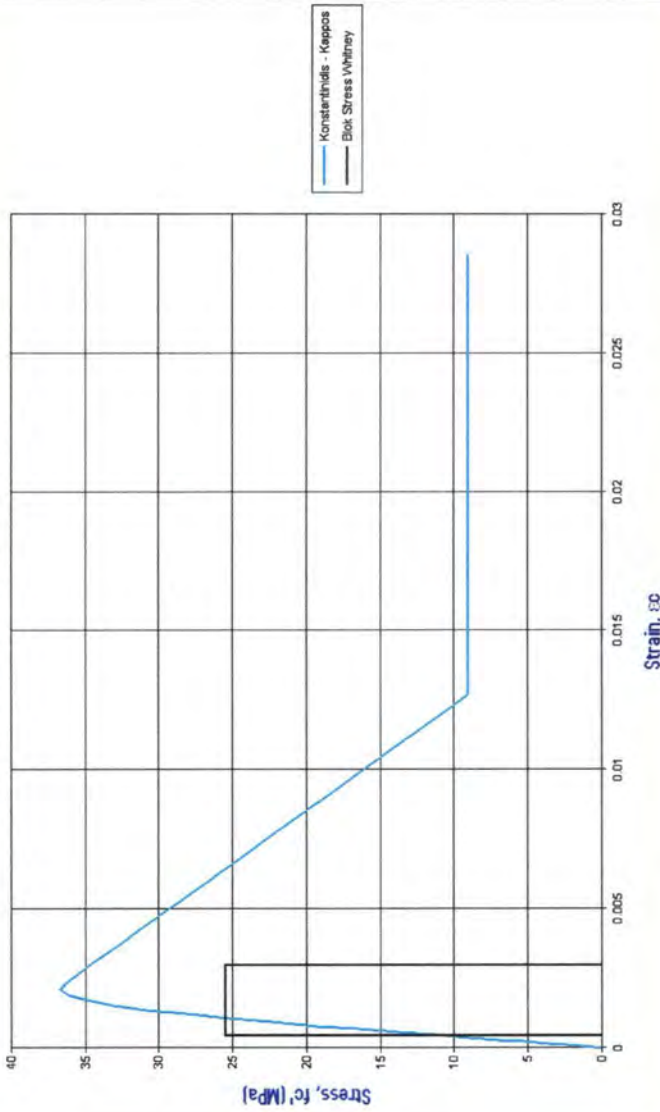


Gambar 5.79 Perbandingan area desak beton metode Confined Cusson-Paultre dengan Blok Stress Whitney (Kasus 2)

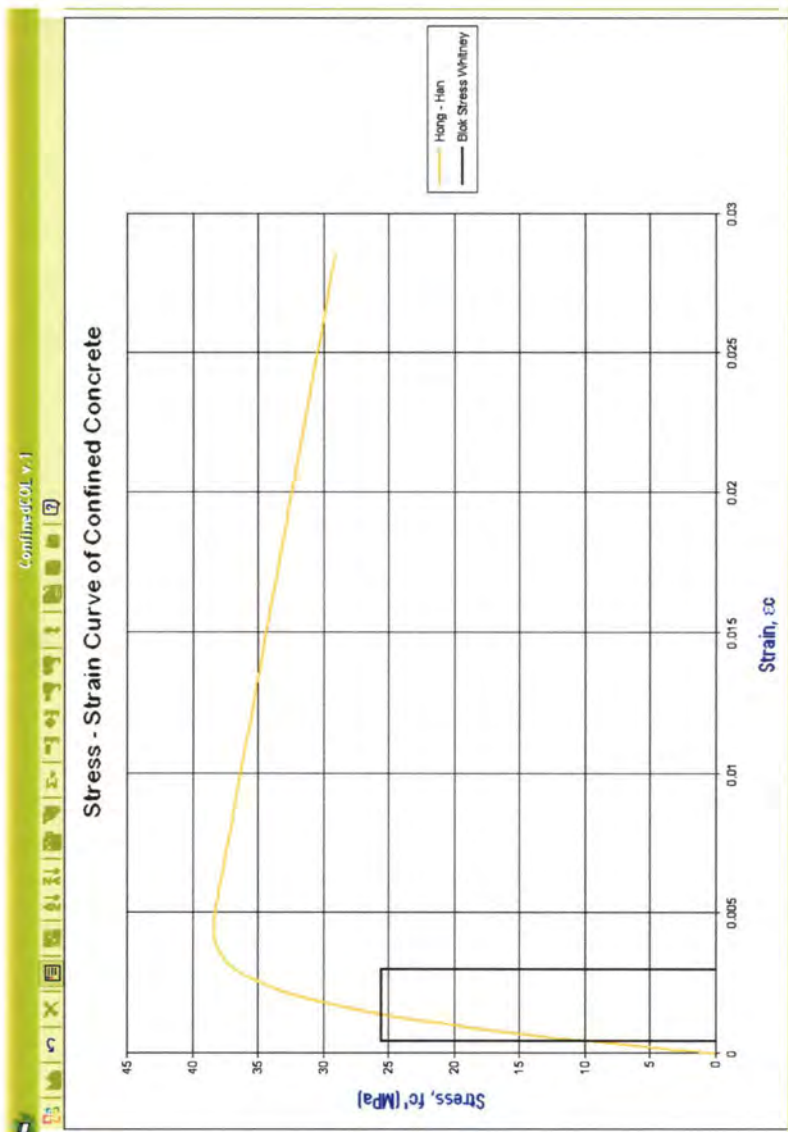


Gambar 5.80 Perbandingan area desak beton metode Confined Diniz-Frangopol dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)

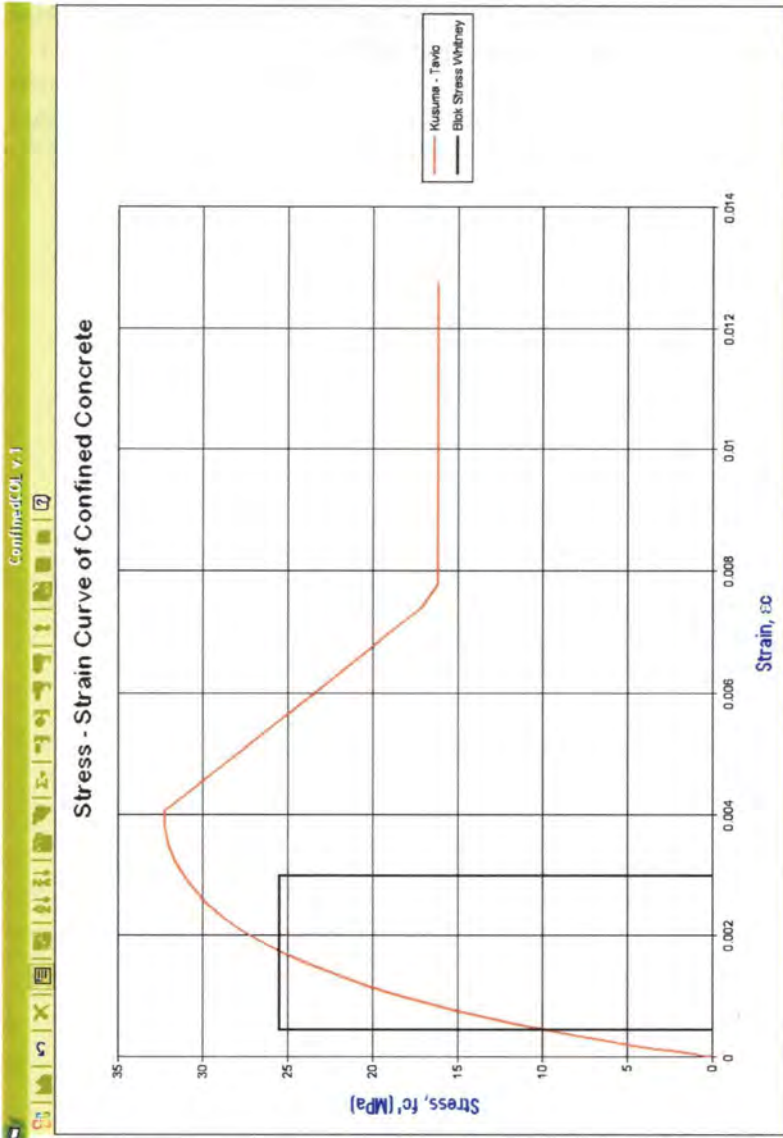
Stress - Strain Curve of Confined Concrete



Gambar 5.81 Perbandingan area desak beton metode Confined Konstantinidis-Kappos dengan Blok Stress Whitney (Kasus 2)



Gambar 5.82 Perbandingan area desak beton metode Confined Hong-Han dengan Block Stress Whitney (Kasus 2)



Gambar 5.83 Perbandingan area desak beton metode Confined Kusuma-Tavio dengan Blok Stress Whitney (Kasus 2)

Dari gambar 5.75 sampai 5.83 dapat dilihat bahwa beton yang terkekang mempunyai luas area desak beton (A_c), yang lebih besar daripada beton tak terkekang yang didekati oleh *block stress* Whitney. Penambahan luasan desak ini tentu saja akan memperbesar gaya tekan beton (C_c).



BAB VI

PENGARUH PENGEKANGAN TERHADAP KAPASITAS KOLOM

BAB VI

PENGARUH PENGEKANGAN TERHADAP KAPASITAS KOLOM

Pada Bab V sebelumnya, telah dijelaskan bahwa pengekan pada kolom beton dapat merubah bentuk kurva tegangan-regangannya, yang kemudian memperbesar luas area desak beton, yang selanjutnya berdampak pada penambahan gaya tekan beton (C_c). Bertambahnya gaya tekan beton ini akan menambah kemampuan nominal penampang beton tersebut terhadap gaya aksial (P) dan momen (M), yang artinya penambahan kapasitas kolom. Hal ini sesuai dengan perumusan kapasitas aksial dan momen penampang, yaitu:

$$P = C_c + \sum_{i=1}^n F_{c_i} + \sum_{i=1}^n F_{t_i}$$

dan

$$M = C_c \cdot y_a + \sum_{i=1}^n (F_{c_i} \cdot y_{bi}) + \sum_{i=1}^n (F_{t_i} \cdot y_{ci})$$

dimana,

$$\sum_{i=1}^n F_{c_i} = \text{jumlah gaya tulangan tekan}$$

$$\sum_{i=1}^n F_{t_i} = \text{jumlah gaya tarik tulangan longitudinal}$$

$$y_a = \text{jarak titik pusat } C_c \text{ ke garis netral}$$

$$y_{bi} = \text{jarak titik pusat tulangan tekan ke-} i$$

$$y_{ci} = \text{jarak titik pusat tulangan tarik ke-} i$$

VI.1 Pengekangan pada Beton Mutu Normal (*Normal-Strength Concrete / NSC*)

Untuk mengevaluasi adanya penambahan kapasitas aksial dan momen akibat pengekanan pada beton normal (NSC), maka diberikan Kasus 8 untuk melihat perbedaan kapasitas antara beton tak terkekang dengan beton terkekang melalui penggambaran diagram interaksi P-M program ConfinedCOL v.1.

Kasus 8

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 19, diameter nominal tulangan = 19.1 mm ($\rho_t = 1.43$ %)

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 10 cm

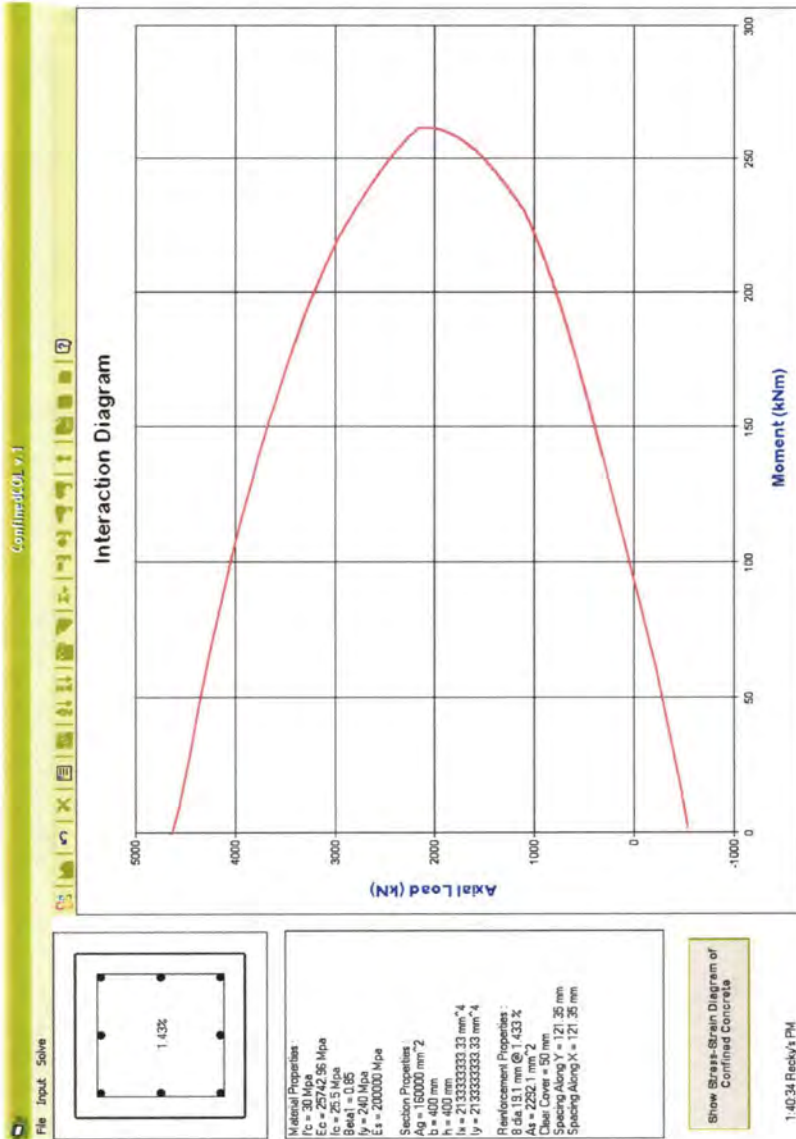
Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

Ditanyakan:

1. Gambarkan diagram interaksi Aksial-Momennya untuk menunjukkan kapasitas nominal penampang beton tak terkekang (*unconfined concrete*):
 - a. dengan program ConfinedCOL v.1
 - b. dengan program PCACOL version 3.00
2. Bandingkan kapasitas nominal beton terkekang dengan tak terkekang melalui diagram interaksi Aksial-Momennya:
 - a. dengan metode confined Kent-Park
 - b. metode confined Sheikh-Uzumeri
 - c. metode confined Mander-Priestley
 - d. metode confined Yong-Nawy
 - e. metode confined Cusson-Paultre
 - f. metode confined Diniz-Frangopol
 - g. metode confined Konstantinidis-Kappos
 - h. metode confined Hong-Han
 - i. metode confined Kusuma-Tavio

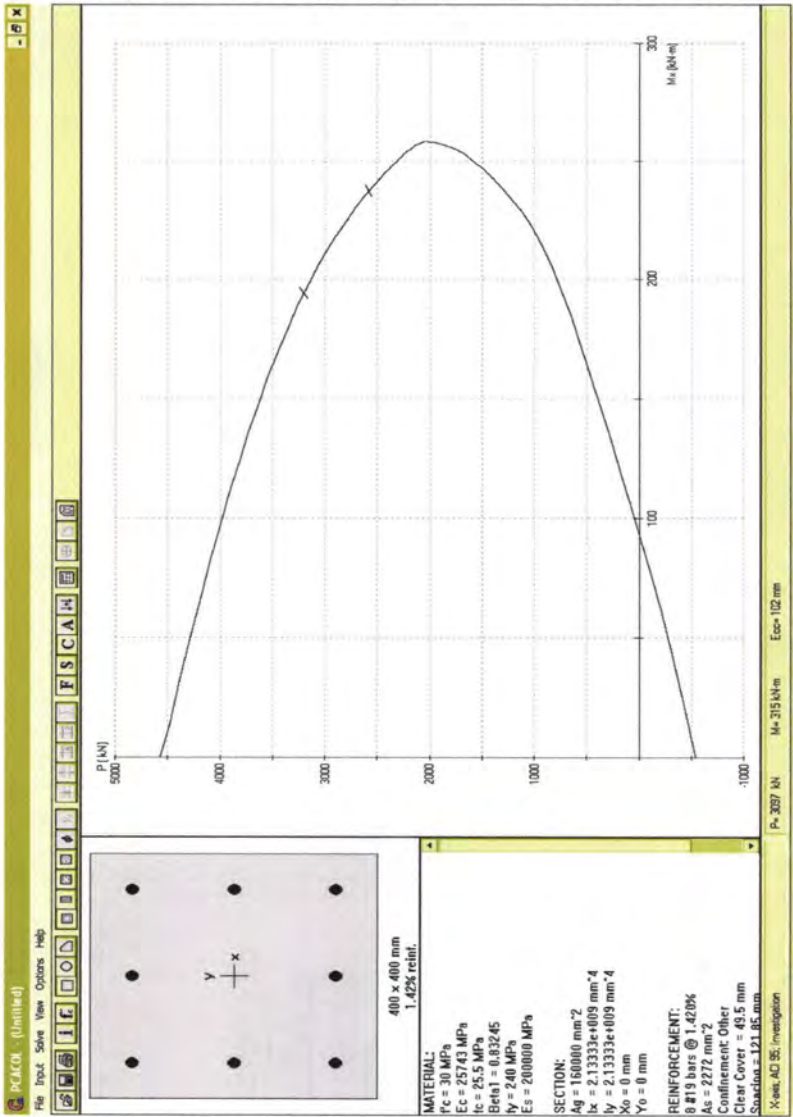
Penyelesaian:

- 1.a. Kapasitas nominal penampang dengan ConfinedCOL v.1



Gambar 6.1 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 8)

b. Kapasitas nominal penampang dengan PCACOL v 3.00

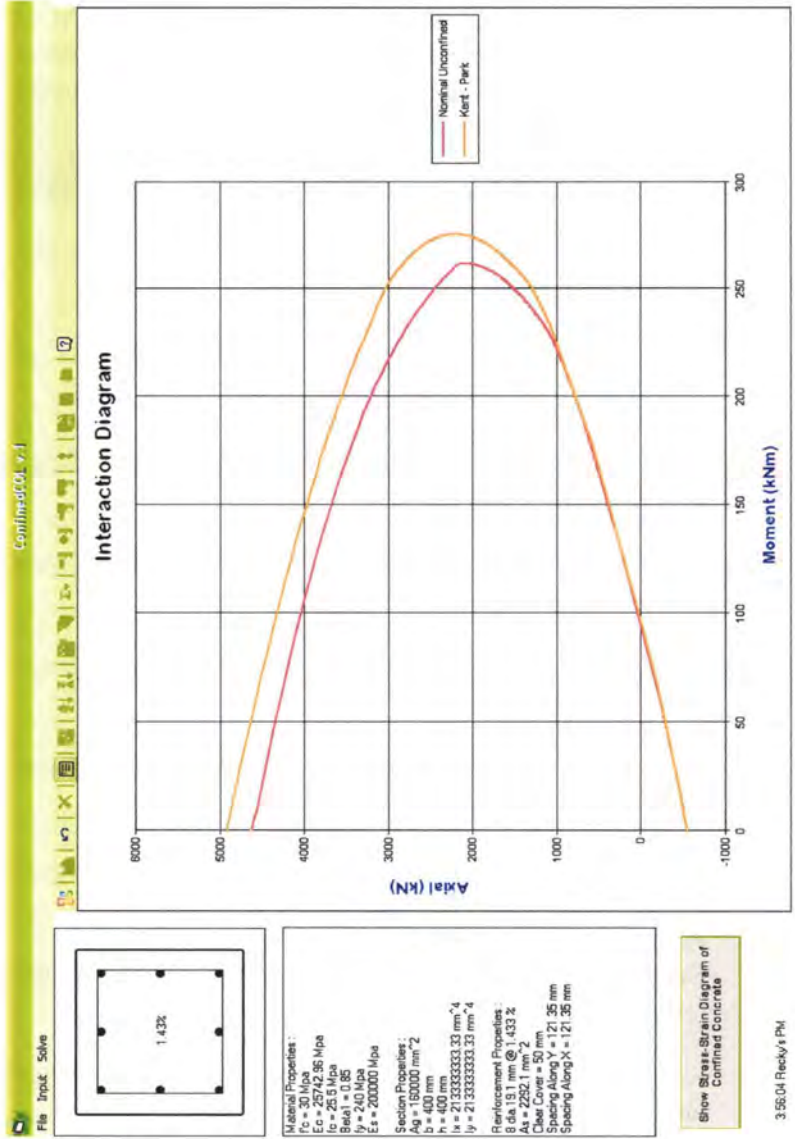


Gambar 6.2 PCACOL version 3.00 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 8)

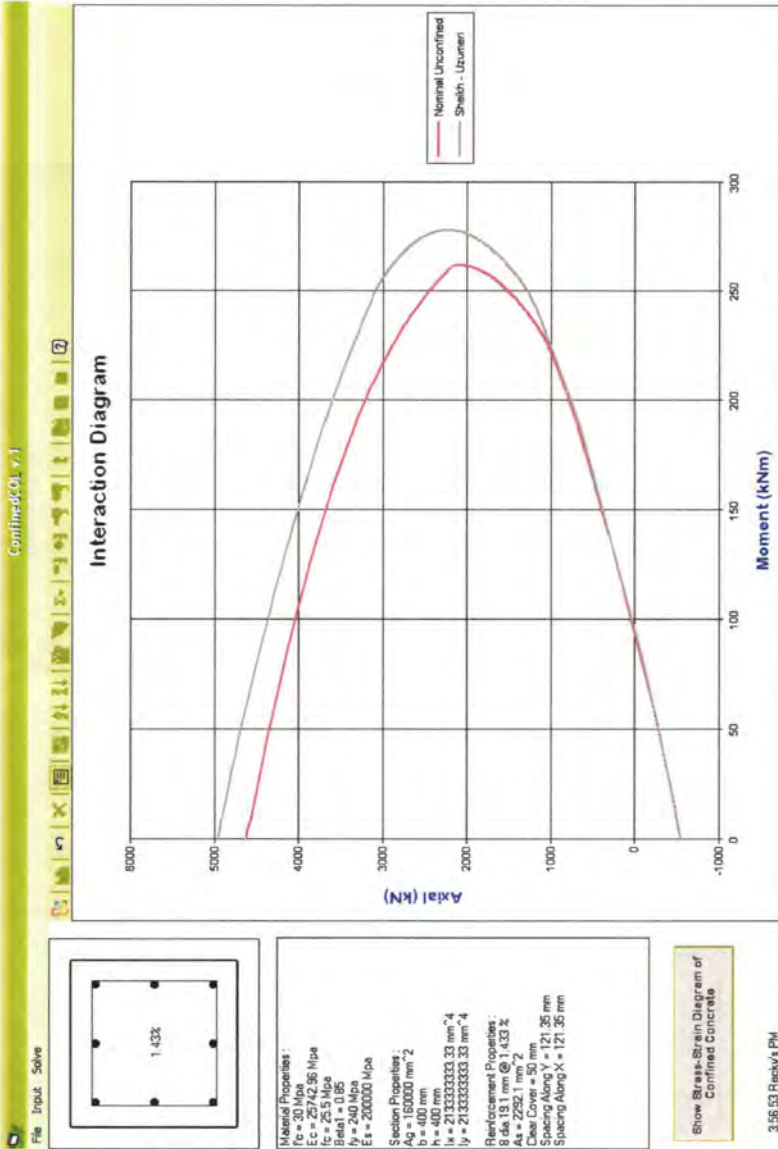
Dari kesamaan hasil diagram interaksi PCACOL version 3.00 dengan ConfinedCOL v.1, dapat dikatakan bahwa output program ConfinedCOL v.1 adalah valid. Kapasitas nominal beton tak terkekang adalah sebagai berikut:

- Aksial maksimum (P_{maks}) = 4630 kN (saat $M = 0$ kNm)
- Momen maksimum (M_{maks}) = 262 kNm (saat $P = 2090$ kN)

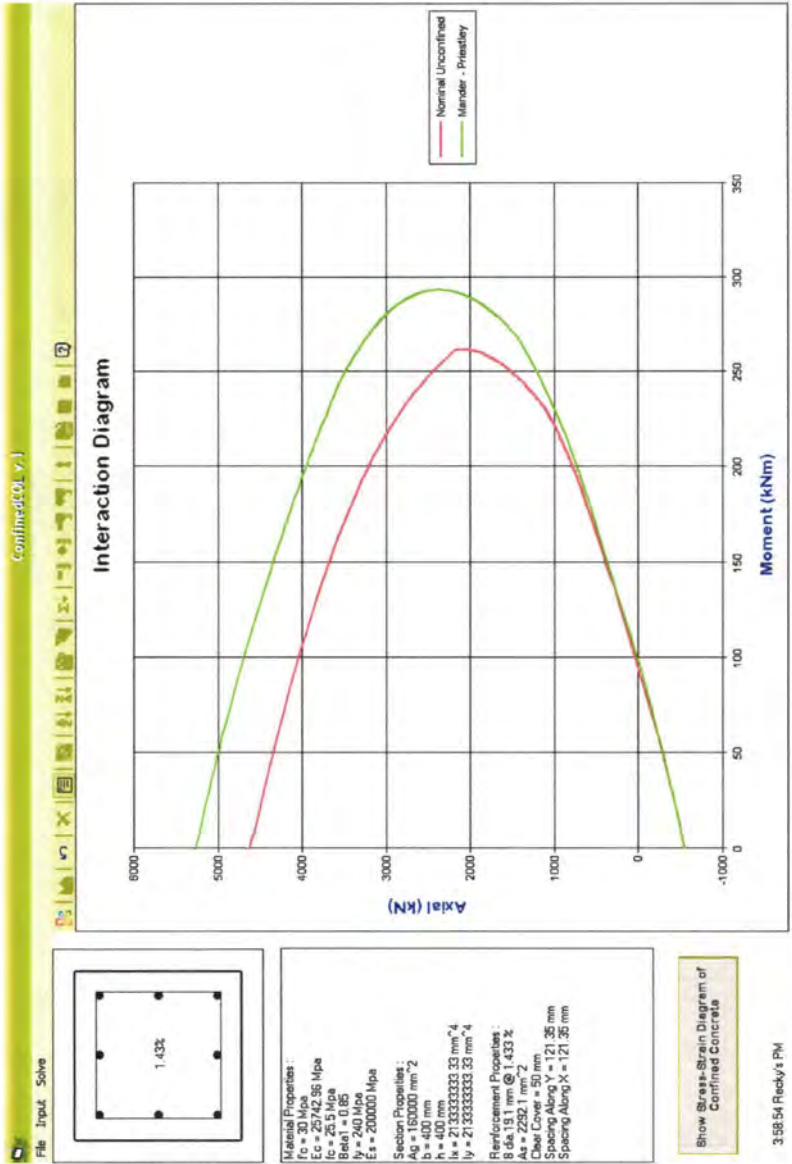
- 2.a. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Kent-Park:
 $P_{maks} = 4910$ kN ; $M_{maks} = 276$ kNm
- b. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Sheikh-Uzumeri:
 $P_{maks} = 4960$ kN ; $M_{maks} = 278$ kNm
- c. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Mander-Priestley:
 $P_{maks} = 5260$ kN ; $M_{maks} = 294$ kNm
- d. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Yong-Nawy:
 $P_{maks} = 5480$ kN ; $M_{maks} = 303$ kNm
- e. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Cusson-Paultre:
 $P_{maks} = 5485$ kN ; $M_{maks} = 301$ kNm
- f. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Diniz-Frangopol:
 $P_{maks} = 4964$ kN ; $M_{maks} = 279$ kNm
- g. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Kappos-Konstantinidis:
 $P_{maks} = 5385$ kN ; $M_{maks} = 299$ kNm
- h. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Hong-Han:
 $P_{maks} = 5400$ kN ; $M_{maks} = 300$ kNm
- i. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Kusuma-Tavio:
 $P_{maks} = 5615$ kN ; $M_{maks} = 304$ kNm



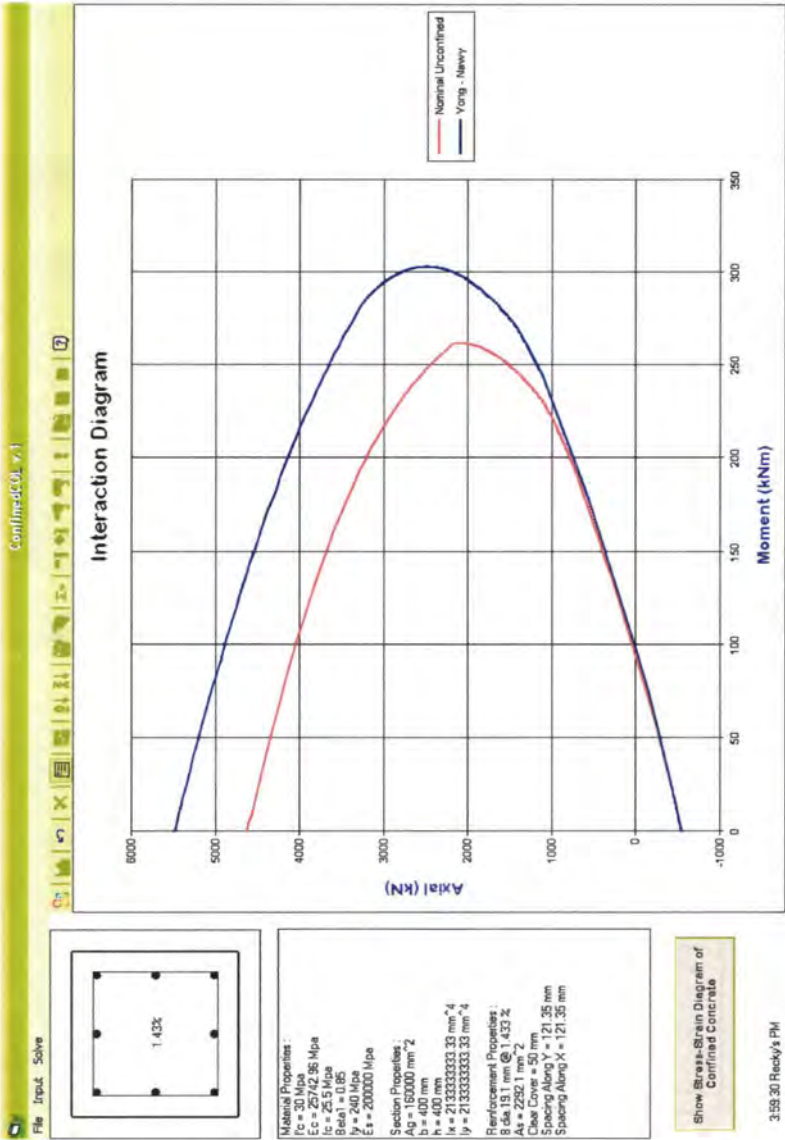
Gambar 6.3 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kent-Park (Kasus 8)



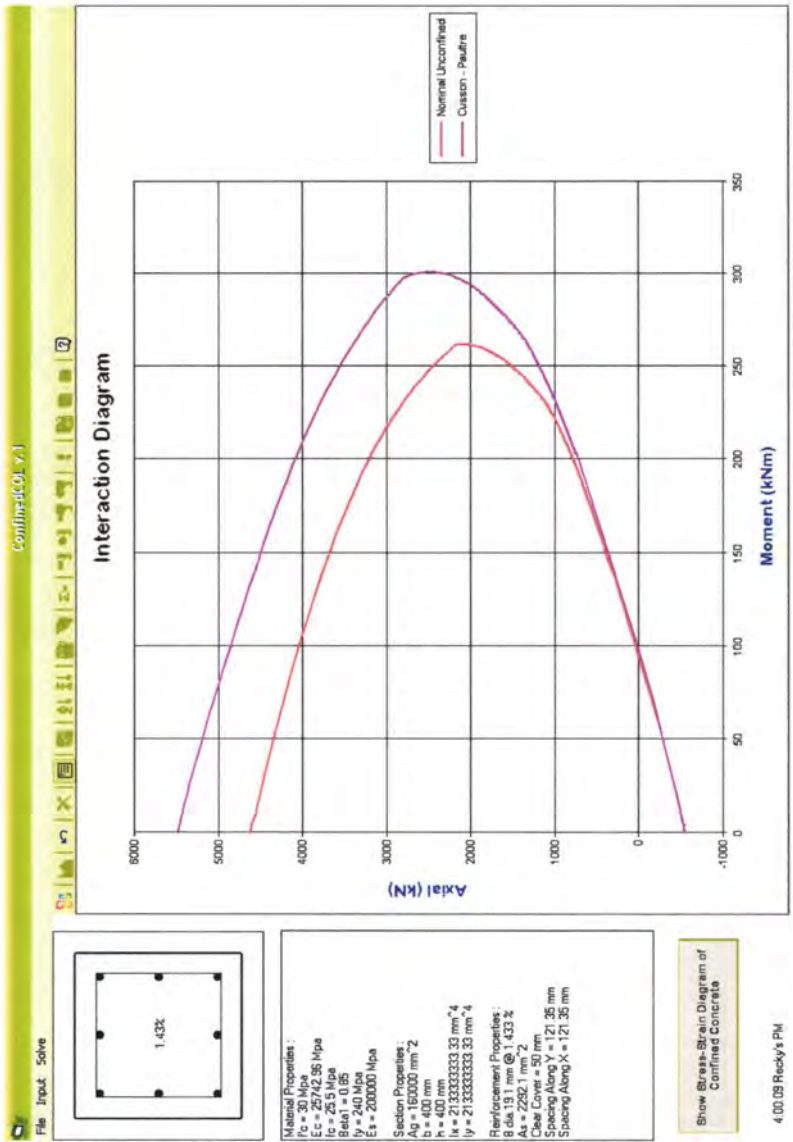
Gambar 6.4 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 8)



Gambar 6.5 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Mander-Priestley (Kasus 8)

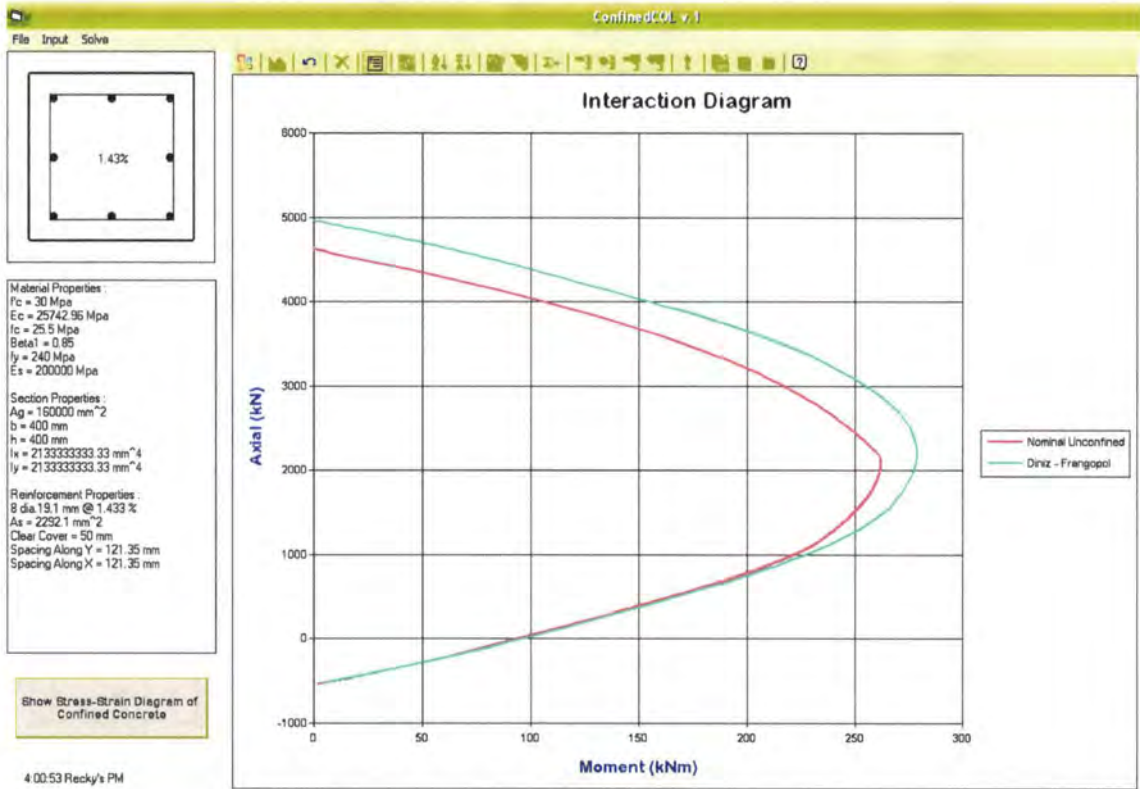


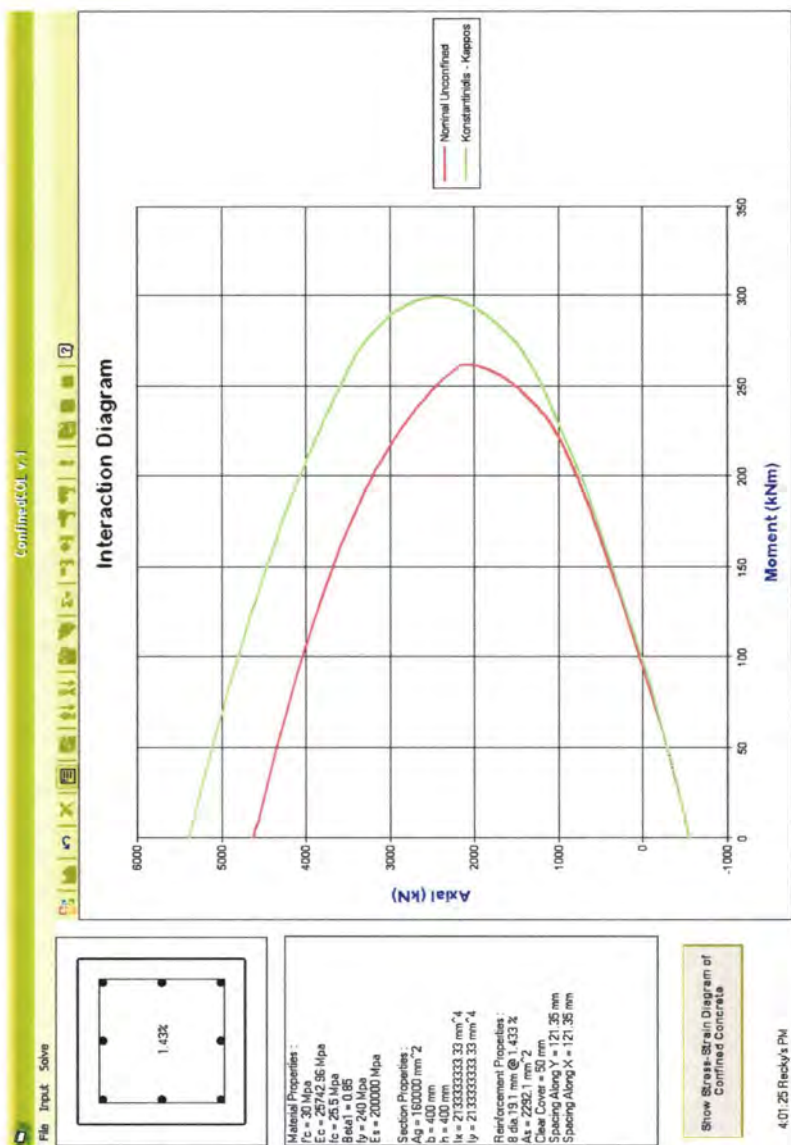
Gambar 6.6 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Yong-Nawy (Kasus 8)



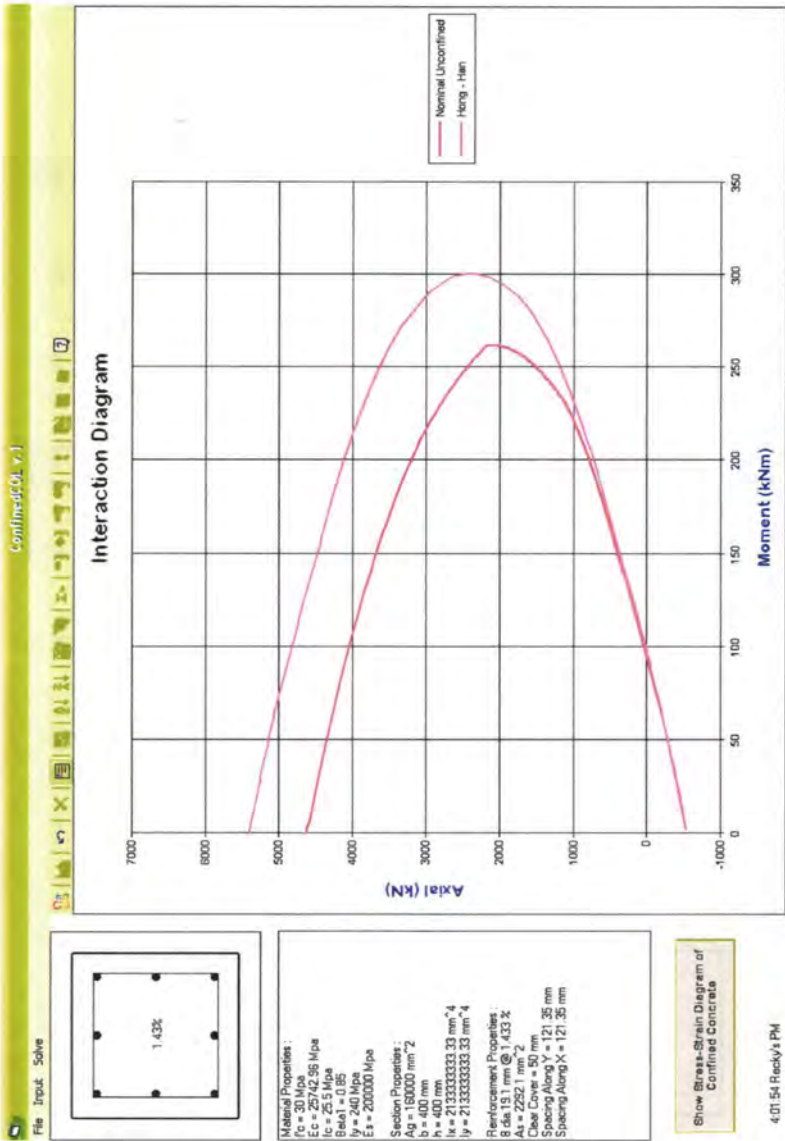
Gambar 6.7 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Cusson-Paultre (Kasus 8)

Gambar 6.8 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Dini-Frangopol (Kasus 8)

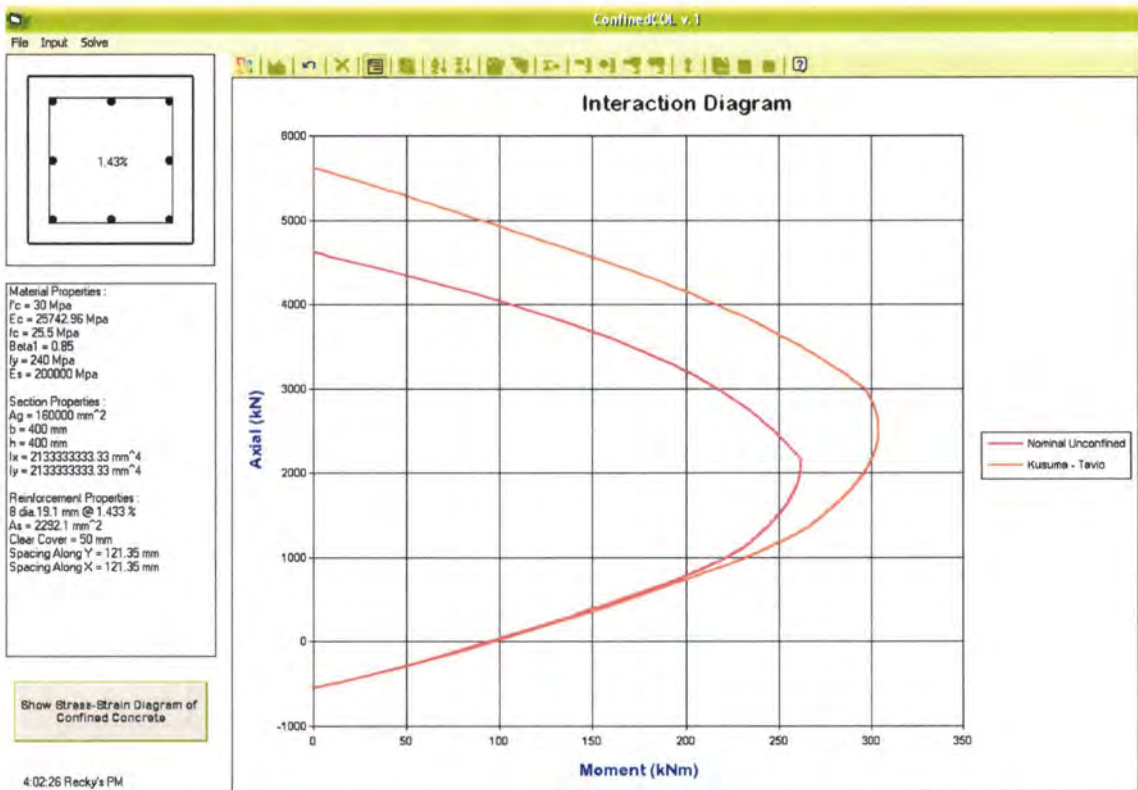




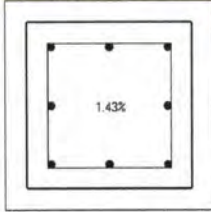
Gambar 6.9 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 8)



Gambar 6.10 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Hong-Han (Kasus 8)



Gambar 6.11 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi. Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kusuma-Tawio (Kasus 8)



Material Properties :
 $f_c = 30 \text{ Mpa}$
 $E_c = 25742.95 \text{ Mpa}$
 $f_c = 25.5 \text{ Mpa}$
 $\text{Beta1} = 0.85$
 $f_y = 240 \text{ Mpa}$
 $E_s = 200000 \text{ Mpa}$

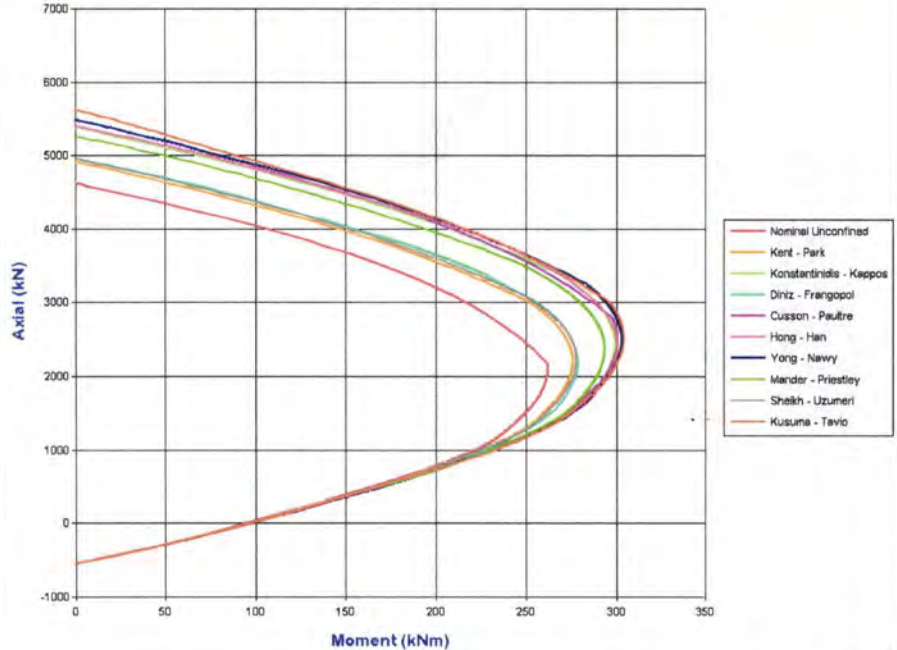
Section Properties
 $A_g = 160000 \text{ mm}^2$
 $b = 400 \text{ mm}$
 $h = 400 \text{ mm}$
 $I_x = 2133333333.33 \text{ mm}^4$
 $I_y = 2133333333.33 \text{ mm}^4$

Reinforcement Properties
 $B \text{ dia } 19.1 \text{ mm } @ 1.433 \%$
 $A_s = 2292.1 \text{ mm}^2$
 $\text{Clear Cover} = 50 \text{ mm}$
 $\text{Spacing Along Y} = 121.35 \text{ mm}$
 $\text{Spacing Along X} = 121.35 \text{ mm}$

Show Stress-Strain Diagram of Confined Concrete

4:05:58 Recky's PM

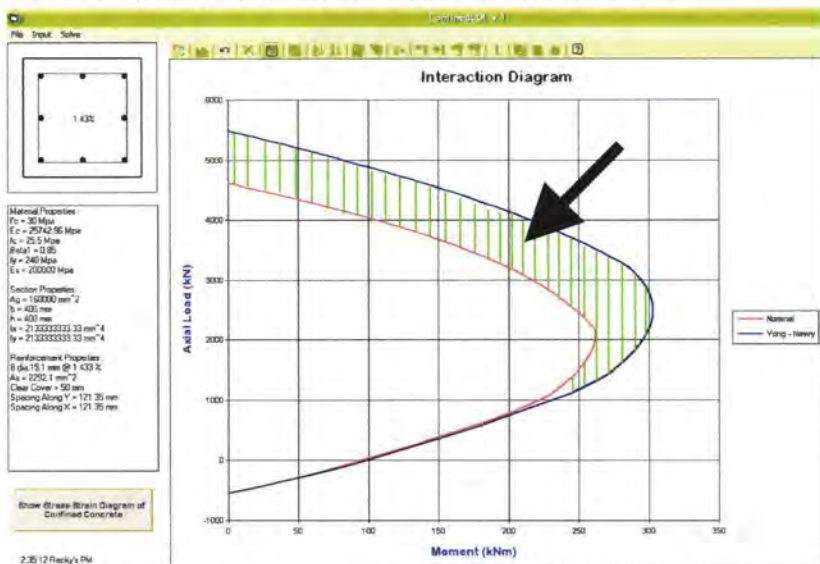
Interaction Diagram



Gambar 6.12 ConfinedCOL v.1 : perbandingan diagram interaksi aksial-momen nominal beton terkekang dan tak terkekang (Kasus 8)

Dengan membandingkan diagram interaksi Aksial-Momen beton tak terkekang dengan beton terkekang, dapat dibuktikan bahwa penambahan luas area desak beton akan menambah kapasitas nominal kolom, baik kemampuan aksial maupun momennya.

Penambahan kapasitas aksial dan momen ini sebagian besar terjadi pada *daerah tekan* diagram interaksi, yaitu area yang diarsir seperti yang ditunjukkan gambar 6.13 di bawah.



Gambar 6.13 Penambahan kapasitas kolom pada daerah tekan

Dengan adanya penambahan kapasitas ini, kolom beton bertulang terkekang diharapkan mampu menahan beban berlebih baik akibat aksial maupun momen. Adanya penambahan kapasitas kolom ini bisa menjadi bahan pertimbangan bagi para perencana (khususnya perencanaan daerah dengan resiko gempa tinggi) dalam merencanakan elemen kolom, sehingga diperoleh hasil yang lebih efisien dan ekonomis.

Tabel 6.1 menunjukkan persentase penambahan kapasitas nominal kolom beton terkekang terhadap beton tak terkekang, perihal nilai momen maksimum dan aksial maksimumnya.

Tabel 6.1 Peningkatan nilai momen dan aksial beton terkekang terhadap beton tak terkekang ($f'_c = 30$ MPa, Kasus 8)

Metode pengekangan	Nilai nominal confined		Selisih terhadap nominal unconfined		Peningkatan	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	276	4910	14	280	5.34	6.05
Sheikh-Uzumeri	278	4960	16	330	6.11	7.13
Mander-Priestley	294	5260	32	630	12.21	13.61
Yong-Nawy	303	5480	41	850	15.65	18.36
Cusson-Paultre	301	5485	39	855	14.89	18.47
Diniz-Frangopol	279	4965	17	335	6.49	7.24
Kappos-Konstantinidis	299	5385	37	755	14.12	16.31
Hong-Han	300	5400	38	770	14.50	16.63
Kusuma-Tavio	304	5615	42	985	16.03	21.27

Catatan : Nilai nominal untuk beton unconfined:

- $P_{maks} = 4630$ kN
- $M_{maks} = 262$ kNm

Adanya penambahan kapasitas ini menunjukkan bahwa kesembilan metode pengekangan yang ada pada program ConfinedCOL v.1 bisa diterapkan untuk beton mutu normal (*Normal-Strength Concrete / NSC*), seperti yang ditunjukkan oleh analisa penampang kolom Kasus 8.

VI.2 Pengekangan pada Beton Mutu Tinggi (*High-Strength Concrete / HSC*)

Untuk melihat apakah metode-pengekangan di atas dapat diterapkan juga pada beton mutu tinggi (*High-Strength Concrete / HSC*), maka diberikan Kasus 9 sebagai pembandingan, dimana mutu beton yang dipakai pada Kasus 9 adalah mutu beton tinggi (HSC).

Kasus 9

Diberikan mutu beton, $f_c' = 60$ MPa (Beton mutu tinggi). Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$B = H = 400$ mm

Tul. longitudinal = 8 D 19, diameter nominal tulangan = 19.1 mm ($\rho_t = 1.43$ %)

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Spasi sengkang = 10 cm

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ MPa

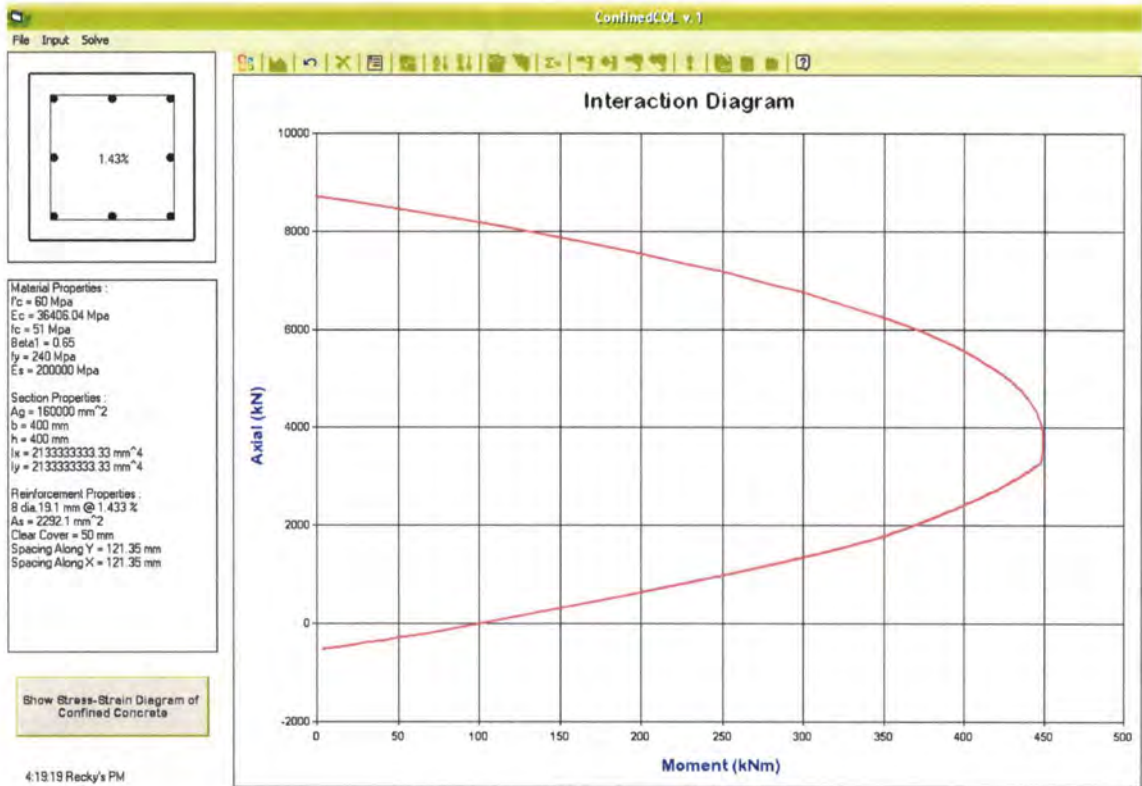
Ditanyakan:

1. Gambarkan diagram interaksi Aksial-Momennya untuk menunjukkan kapasitas nominal penampang beton tak terkekang (*unconfined concrete*):
 - a. dengan program ConfinedCOL v.1
 - b. dengan program PCACOL version 3.00
2. Bandingkan kapasitas nominal beton terkekang dengan tak terkekang melalui diagram interaksi Aksial-Momennya:
 - a. dengan metode confined Kent-Park
 - b. metode confined Sheikh-Uzumeri
 - c. metode confined Mander-Priestley
 - d. metode confined Yong-Nawy
 - e. metode confined Cusson-Paultre
 - f. metode confined Diniz-Frangopol
 - g. metode confined Konstantinidis-Kappos
 - h. metode confined Hong-Han
 - i. metode confined Kusuma-Tavio

Penyelesaian:

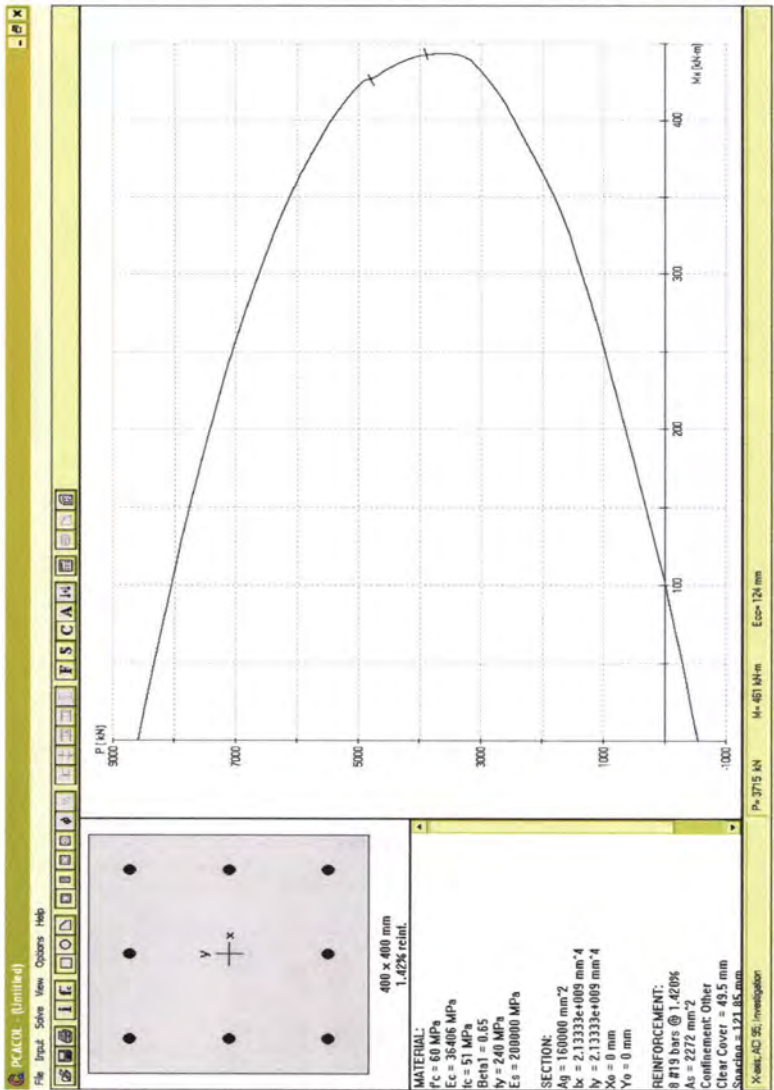
- 1.a. Kapasitas nominal penampang dengan ConfinedCOL v.1

Gambar 6.14 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 9)



4:19:19 Recky's PM

b. Kapasitas nominal penampang dengan PCACOL v 3.00



Gambar 6.15 PCACOL version 3.00 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton tak terkekang (Kasus 9)

Dari kesamaan hasil diagram interaksi PCACOL version 3.00 dengan ConfinedCOL v.1, dapat dikatakan bahwa output program ConfinedCOL v.1 adalah valid. Kapasitas nominal beton tak terkekang adalah sebagai berikut:

- Aksial maksimum (P_{maks}) = 8710 kN (saat $M = 0$ kNm)
- Momen maksimum (M_{maks}) = 450 kNm (saat $P = 3675$ kN)

2.a. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Kent-Park:

$$P_{maks} = 9285 \text{ kN} ; M_{maks} = 494 \text{ kNm}$$

b. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Sheikh-Uzumeri:

$$P_{maks} = 9220 \text{ kN} ; M_{maks} = 484 \text{ kNm}$$

c. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Mander-Priestley:

$$P_{maks} = 9950 \text{ kN} ; M_{maks} = 521 \text{ kNm}$$

d. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Yong-Nawy:

$$P_{maks} = 10160 \text{ kN} ; M_{maks} = 531 \text{ kNm}$$

e. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Cusson-Paultre:

$$P_{maks} = 10240 \text{ kN} ; M_{maks} = 520 \text{ kNm}$$

f. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Diniz-Frangopol:

$$P_{maks} = 9290 \text{ kN} ; M_{maks} = 495 \text{ kNm}$$

g. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Kappos-Konstantinidis:

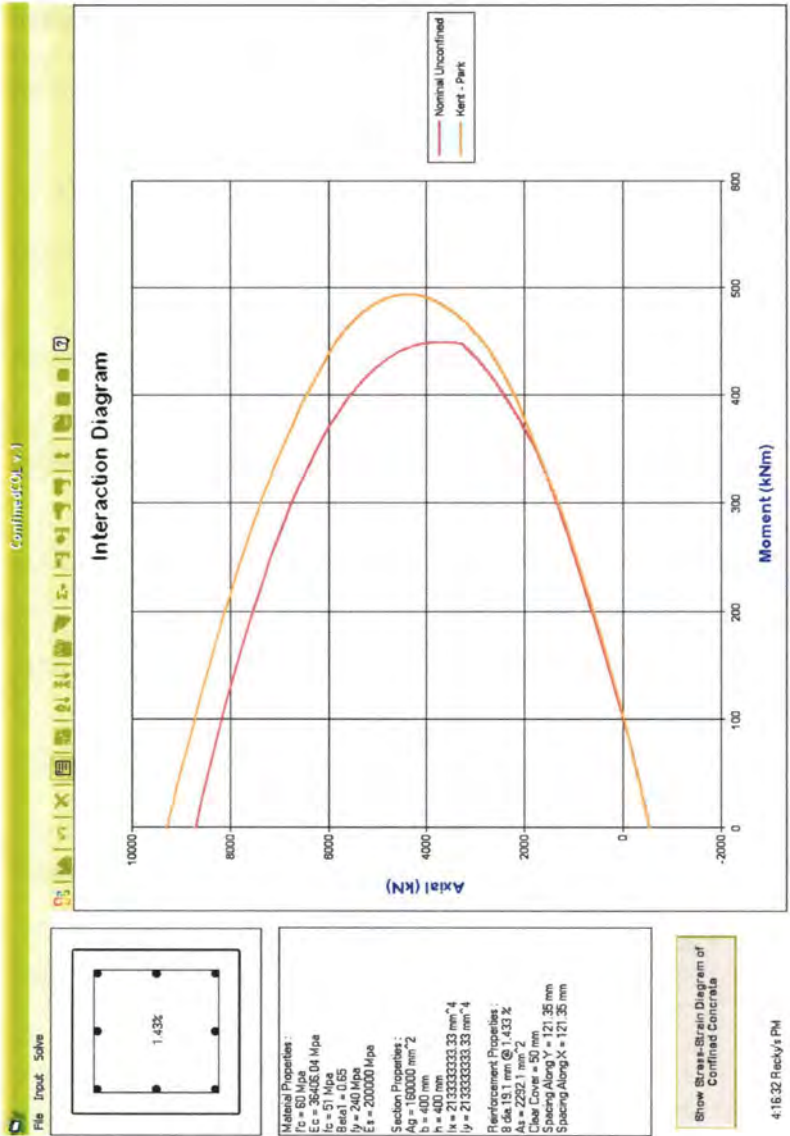
$$P_{maks} = 9595 \text{ kN} ; M_{maks} = 503 \text{ kNm}$$

h. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Hong-Han:

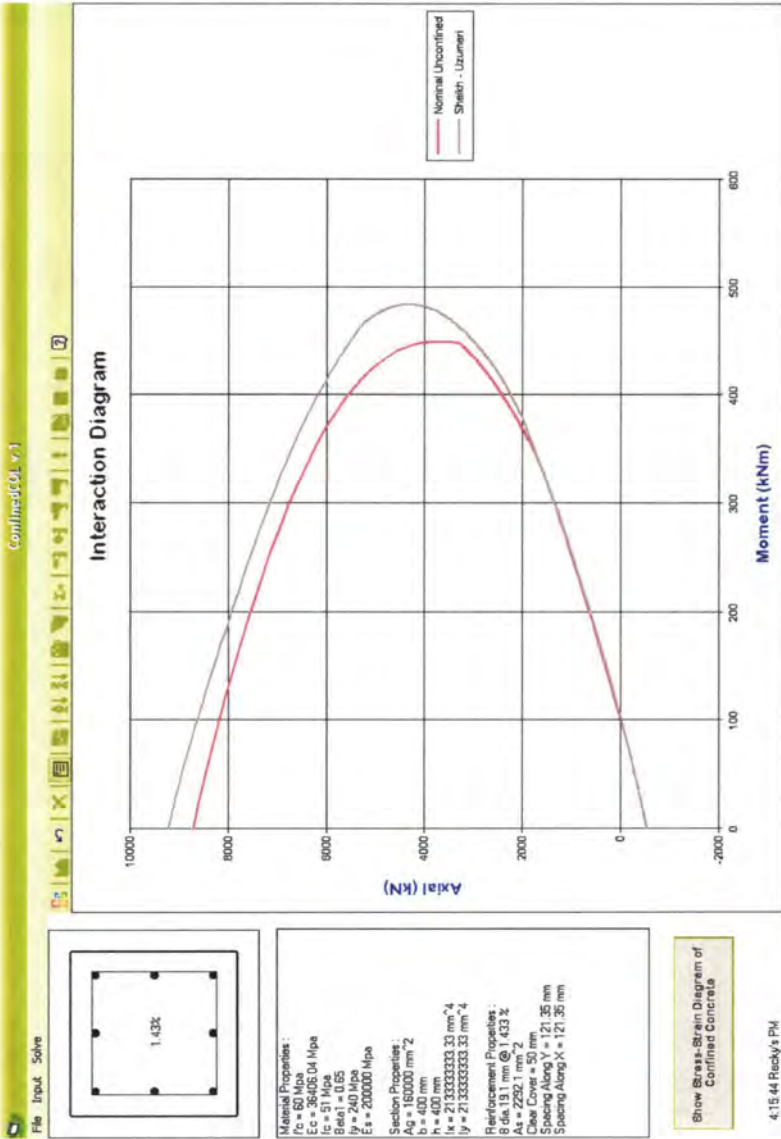
$$P_{maks} = 9855 \text{ kN} ; M_{maks} = 522 \text{ kNm}$$

i. Kapasitas nominal penampang beton terkekang dengan metode Kusuma-Tavio:

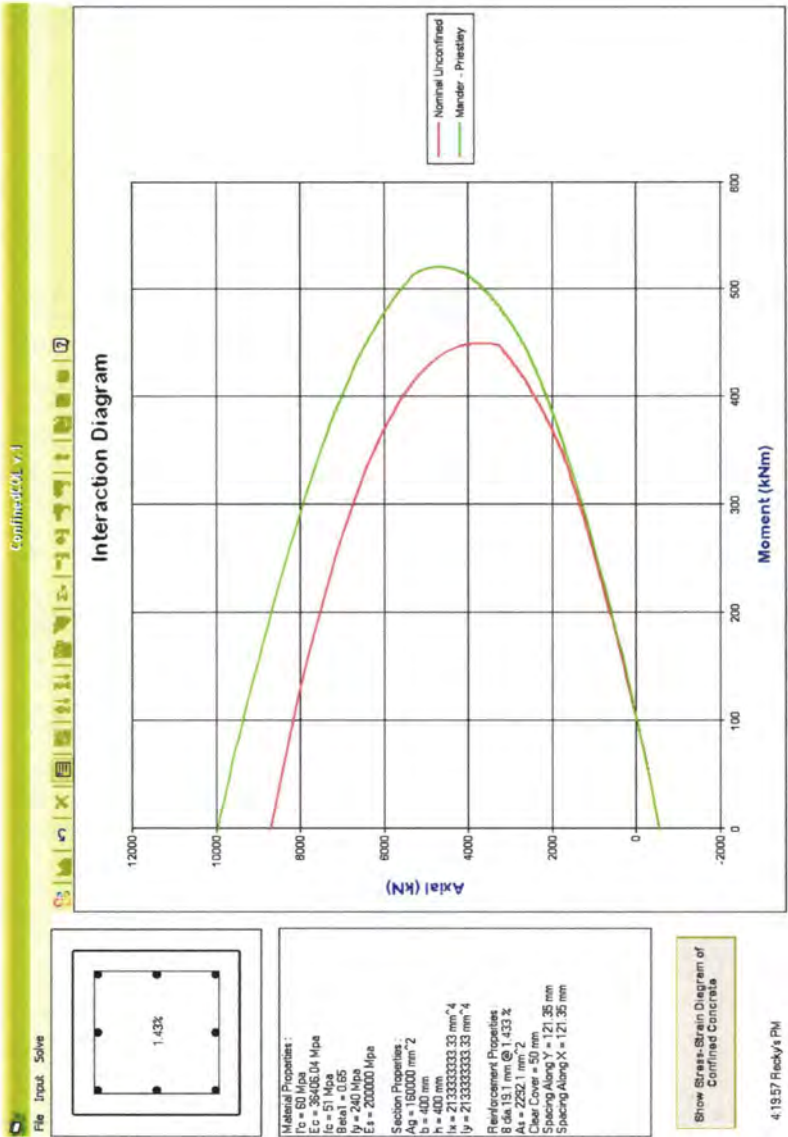
$$P_{maks} = 10400 \text{ kN} ; M_{maks} = 519 \text{ kNm}$$



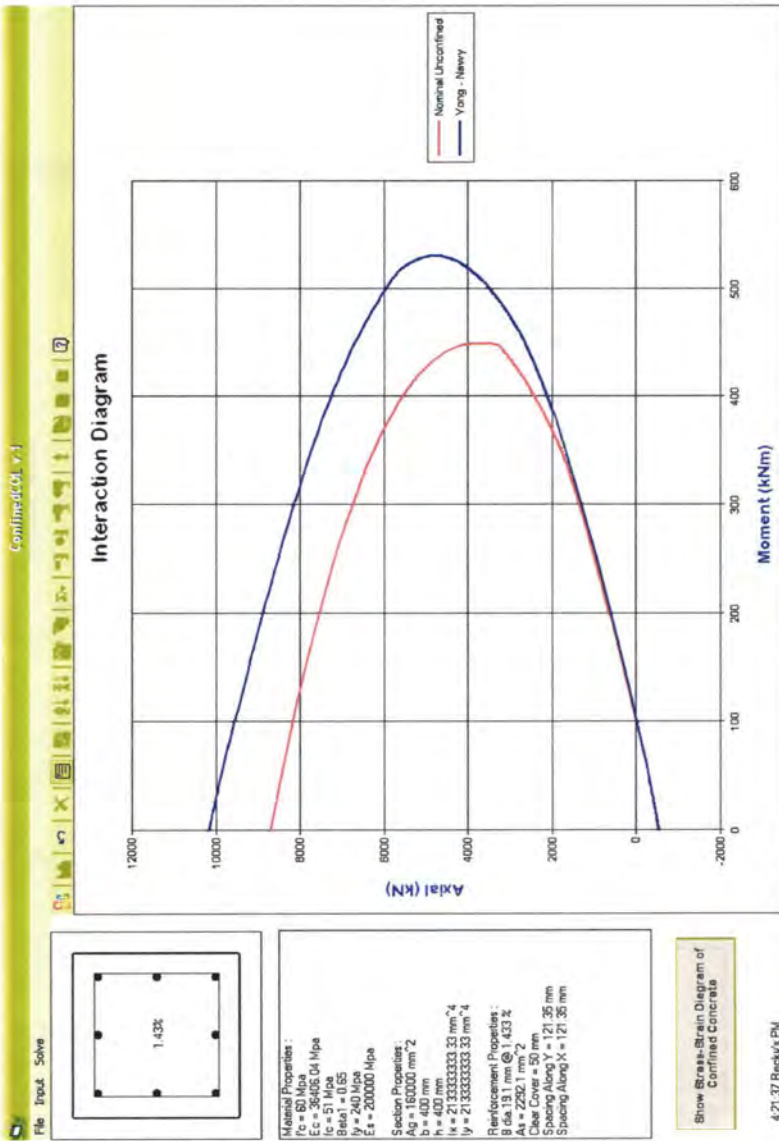
Gambar 6.16 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kent-Park (Kasus 9)



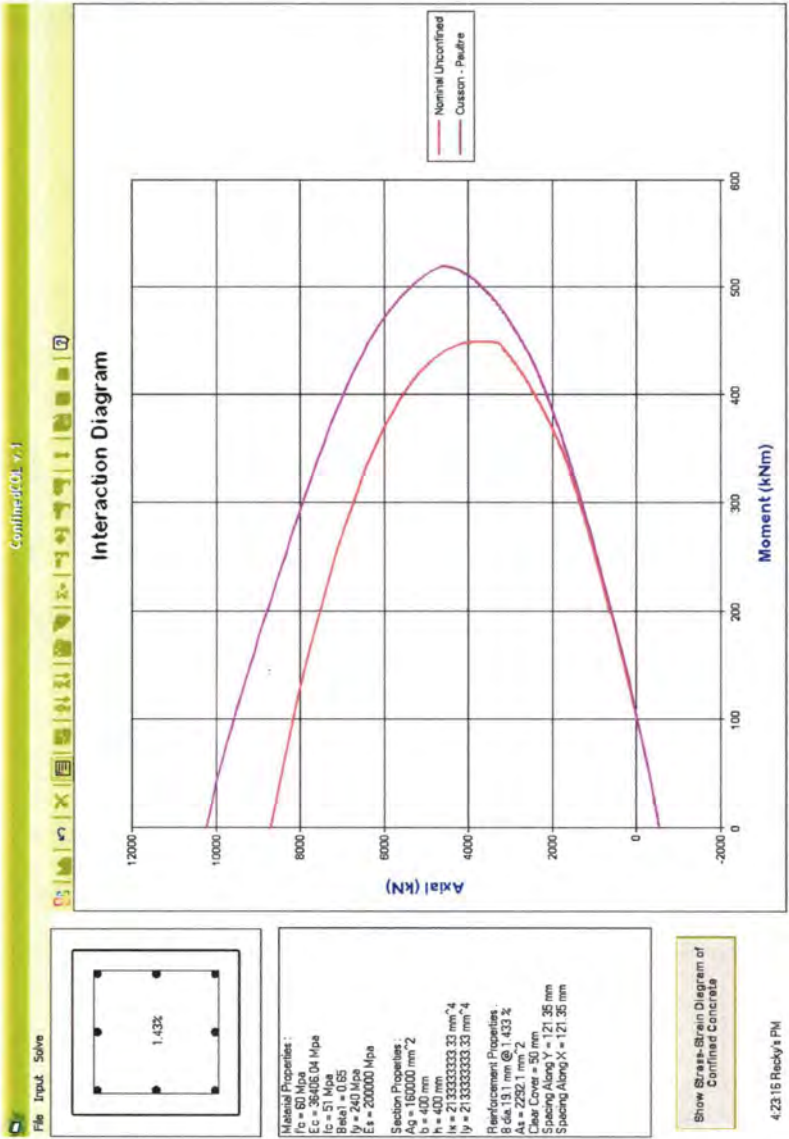
Gambar 6.17 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Sheikh-Uzumeri (Kasus 9)



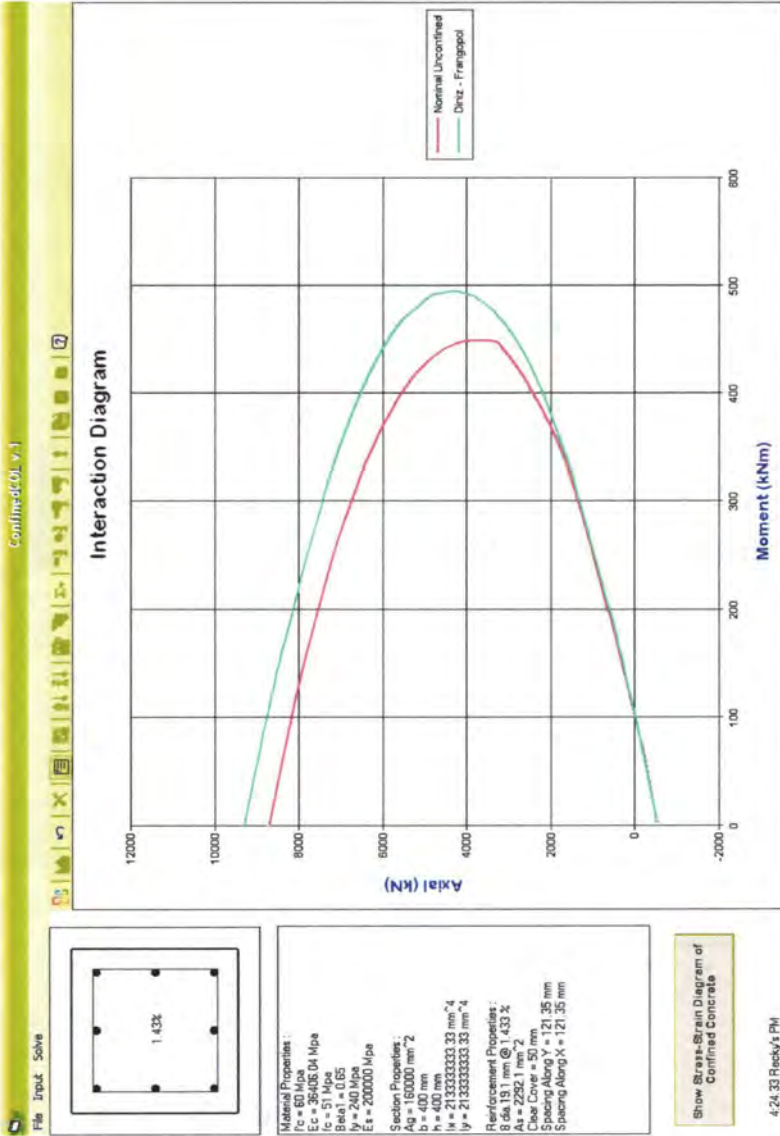
Gambar 6.18 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Mander-Priestley (Kasus 9)



Gambar 6.19 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Yong-Nawy (Kasus 9)



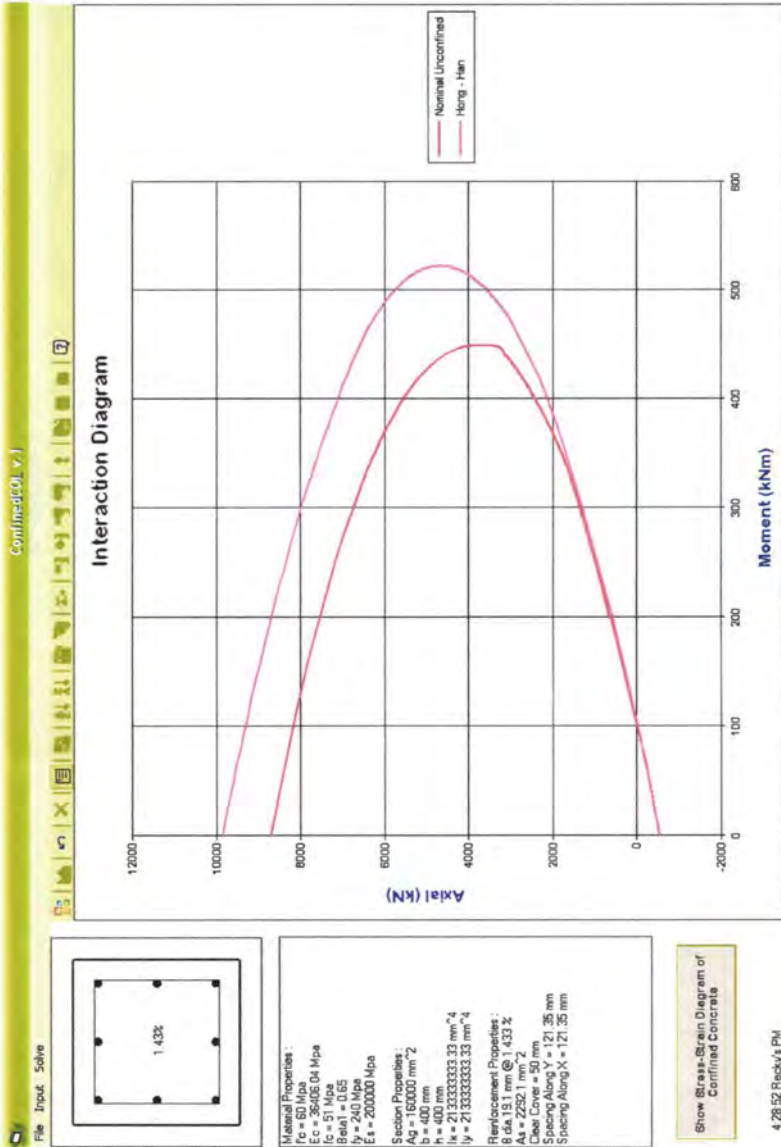
Gambar 6.20 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Cusson-Paultre (Kasus 9)



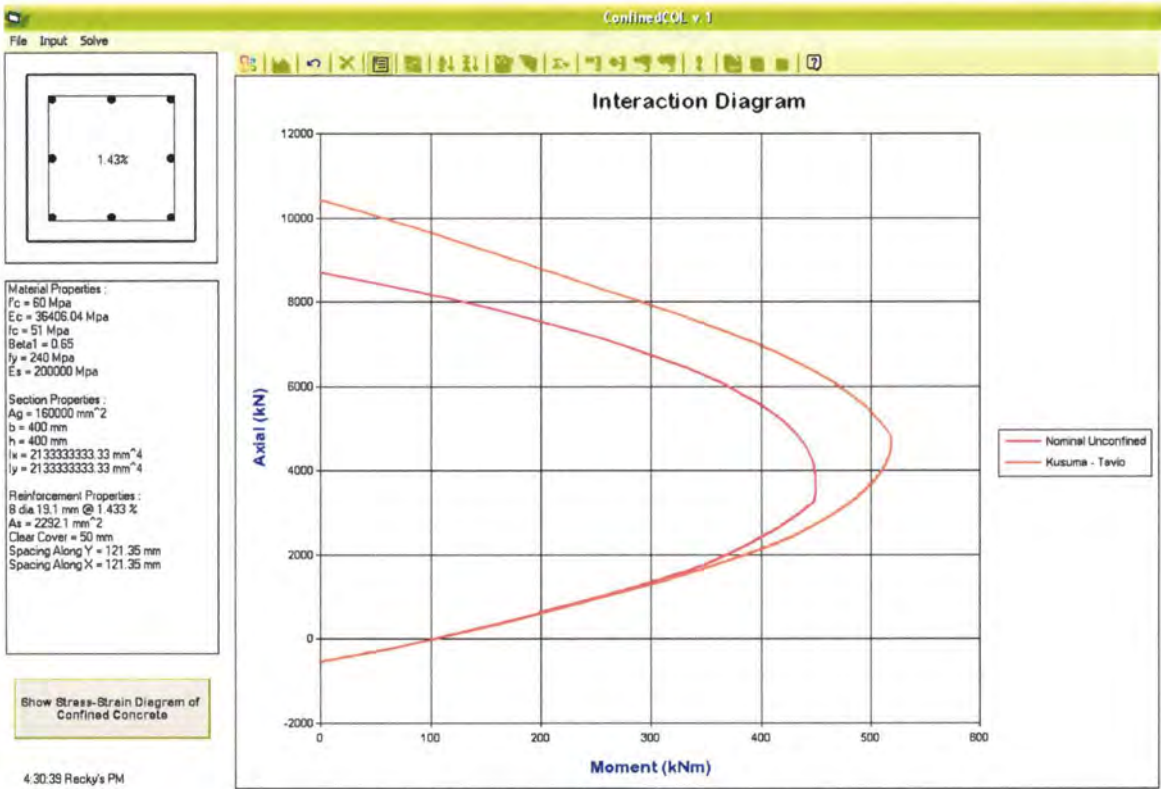
Gambar 6.21 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Diniz-Frangopol (Kasus 9)



Gambar 6.22 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Kappos-Konstantinidis (Kasus 9)

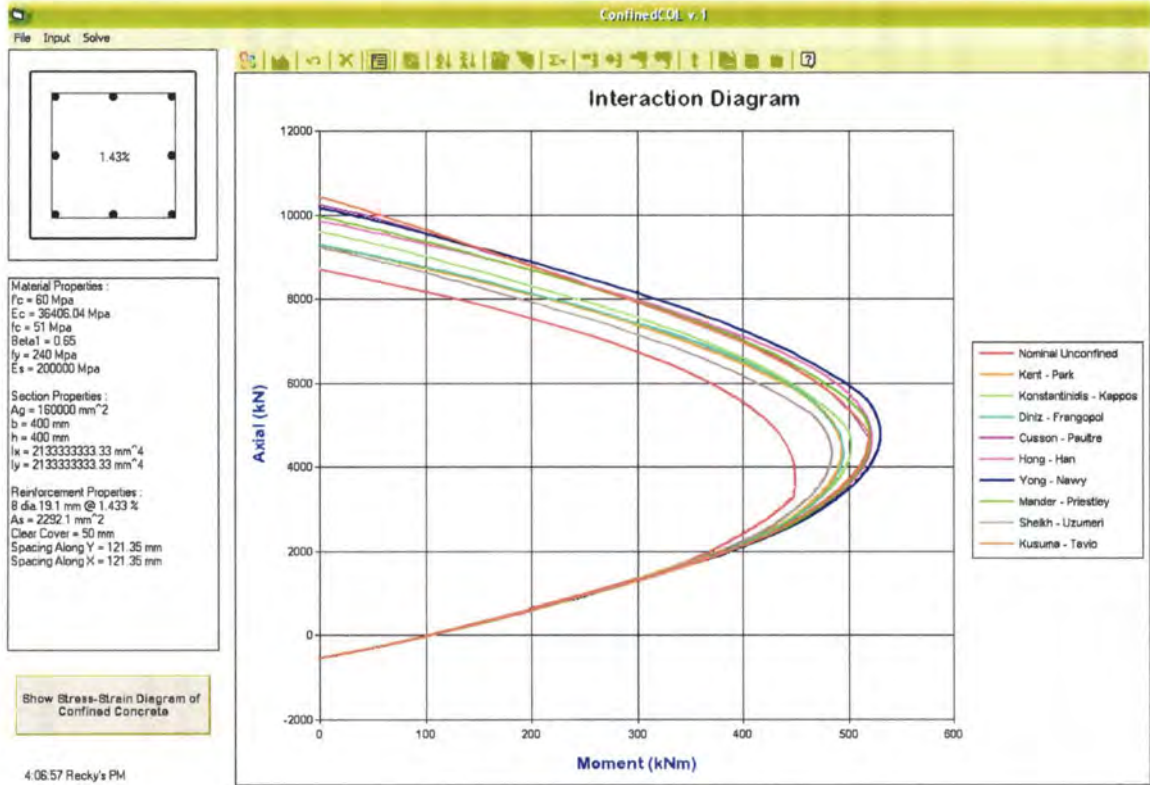


Gambar 6.23 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode confined Hong-Han (Kasus 9)



Gambar 6.24 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang metode Kusuma-Tawio (Kasus 9)

Cambar 6.25 ConfinedCOL v.1 : perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang dan tak terkekang (Kasus 9)



Tabel 6.2 menunjukkan persentase penambahan kapasitas nominal kolom beton terkekang terhadap beton tak terkekang untuk Kasus 9 ($f_c' = 60$ MPa), perihal nilai momen maksimum dan aksial maksimumnya.

Tabel 6.2 Peningkatan nilai momen dan aksial beton terkekang terhadap beton tak terkekang ($f_c' = 60$ MPa, Kasus 9)

Metode pengeangan	Nilai nominal confined		Selisih terhadap nominal unconfined		Peningkatan	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	494	9285	44	575	9.78	6.60
Sheikh-Uzumeri	484	9220	34	510	7.56	5.86
Mander-Priestley	521	9950	71	1240	15.78	14.24
Yong-Nawy	531	10160	81	1450	18.00	16.65
Cusson-Paultre	520	10240	70	1530	15.56	17.57
Diniz-Frangopol	495	9290	45	580	10.00	6.66
Kappos-Konstantinidis	503	9595	53	885	11.78	10.16
Hong-Han	522	9855	72	1145	16.00	13.15
Kusuma-Tavio	519	10400	69	1690	15.33	19.40

Catatan : Nilai nominal untuk beton unconfined:

$$- P_{maks} = 8710 \text{ kN}$$

$$- M_{maks} = 450 \text{ kNm}$$

Adanya penambahan kapasitas ini menunjukkan bahwa kesembilan metode pengeangan yang ada pada program ConfinedCOL v.1 bisa juga diterapkan untuk beton mutu tinggi (*High-Strength Concrete / HSC*), seperti yang ditunjukkan oleh analisa penampang kolom Kasus 9.

Jika Kasus 8 dan Kasus 9 dibandingkan, maka akan diketahui apabila mutu beton dinaikkan *dua kalinya* maka akan diperoleh peningkatan kapasitas momen dan aksial maksimum seperti yang ditunjukkan tabel 6.3 berikut:

Tabel 6.3 Peningkatan nilai momen dan aksial beton tak terkekang bila mutu beton dinaikkan dua kalinya ($f_c' = 30$ MPa menjadi $f_c' = 60$ MPa)

Kapasitas nominal beton tak terkekang				Selisih		Kenaikan	
Kasus 9 $f_c' = 60$ MPa		Kasus 8 $f_c' = 30$ MPa					
Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
450	8710	262	4630	188	4080	71.76	88.12

Untuk beton terkekang, peningkatan kapasitas yang terjadi apabila mutu beton dinaikkan menjadu *dua kalinya* adalah sebagai berikut:

Tabel 6.4 Peningkatan nilai momen dan aksial beton terkekang bila mutu beton dinaikkan dua kalinya ($f_c' = 30$ MPa menjadi $f_c' = 60$ MPa)

Metode pengeangan	Kapasitas nominal beton terkekang				Selisih		Kenaikan	
	Kasus 9 $f_c' = 60$ MPa		Kasus 8 $f_c' = 30$ MPa					
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	494	9285	276	4910	218	4375	78.99	89.10
Sheikh-Uzumeri	484	9220	278	4960	206	4260	74.10	85.89
Mander-Priestley	521	9950	294	5260	227	4690	77.21	89.16
Yong-Nawy	531	10160	303	5480	228	4680	75.25	85.40
Cusson-Paultre	520	10240	301	5485	219	4755	72.76	86.69
Diniz-Frangopol	495	9290	279	4965	216	4325	77.42	87.11
Kappos-Konstantinidis	503	9595	299	5385	204	4210	68.23	78.18
Hong-Han	522	9855	300	5400	222	4455	74.00	82.50
Kusuma-Tavio	519	10400	304	5615	215	4785	70.72	85.22

VI.3 Studi Parametrik Kontribusi Pengekangan terhadap Kapasitas Penampang

Dari pembahasan Bab V sebelumnya telah kita ketahui bahwa ada enam parameter utama yang mempengaruhi efektifitas pengekangan, yang juga berarti berpengaruh terhadap kapasitas nominal penampang beton terkekang. Keenam parameter tersebut anatar lain diameter sengkang, spasi antar sengkang, mutu baja tulangan sengkang, konfigurasi sengkang, jumlah dan ukuran tulangan longitudinal serta konfigurasi tulangan longitudinal.

Dari keenam parameter yang ada di atas, yang diperkirakan mempunyai pengaruh yang besar adalah yang berhubungan langsung dengan sengkang (diameter sengkang, spasi antar sengkang, mutu baja tulangan sengkang dan konfigurasi sengkang), sementara dua parameter lainnya tentang tulangan longitudinal (jumlah dan ukuran tulangan longitudinal serta konfigurasi tulangan longitudinal) dianggap memberikan pengaruh yang lebih kecil. Dari keempat parameter yang berhubungan dengan sengkang di atas, akan dilakukan studi parametrik untuk membandingkan keefektifitasan pengekangan parameter-parameter tersebut, kecuali parameter mutu baja sengkang. Parameter ini tidak dibandingkan karena berhubungan dengan kualitas baja, bukan kuantitasnya.

VI.3.1 Perbandingan efektifitas diameter sengkang dengan spasi sengkang

Untuk membandingkan keefektifitasan diameter sengkang dan spasi sengkang dalam meningkatkan kapasitas nominal penampang beton terkekang diberikan Kasus 10 dan Kasus 11, yang mempunyai perbedaan dalam ukuran/diameter sengkang serta spasi antar sengkangnya. Patokan yang sama antara Kasus 10 dan Kasus 11 adalah konfigurasi penampangnya serta rasio volumetrik tulangan transversalnya (ρ_v). Rasio volumetrik dicoba pada nilai yang sama yaitu sebesar 1%.

Kasus 10

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$$B = H = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. longitudinal} = 8 \text{ D } 20 (\rho_t = 1.57 \%)$$

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\rho_v = 1 \%$$

$$A_{sh} = 0.25 \pi (10^2) = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Beton cover, } d_1 = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja, } f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar inti beton terkekang, } b_c &= B - 2 d_1 \\ &= 400 - 2 (40) \\ &= 320 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sengkang, } V_{sh} &= A_{sh} \cdot 4 b_c \\ &= 78.54 \times 4 \times 320 = 100531.2 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume inti beton terkekang, } V_{cc} &= V_{sh} / \rho_v \\ &= 100531.2 / 0.01 \\ &= 10053120 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi sengkang} &= V_{cc} / b_c^2 = 10053120 / 320^2 \\ &= 98.175 \text{ mm} \end{aligned}$$

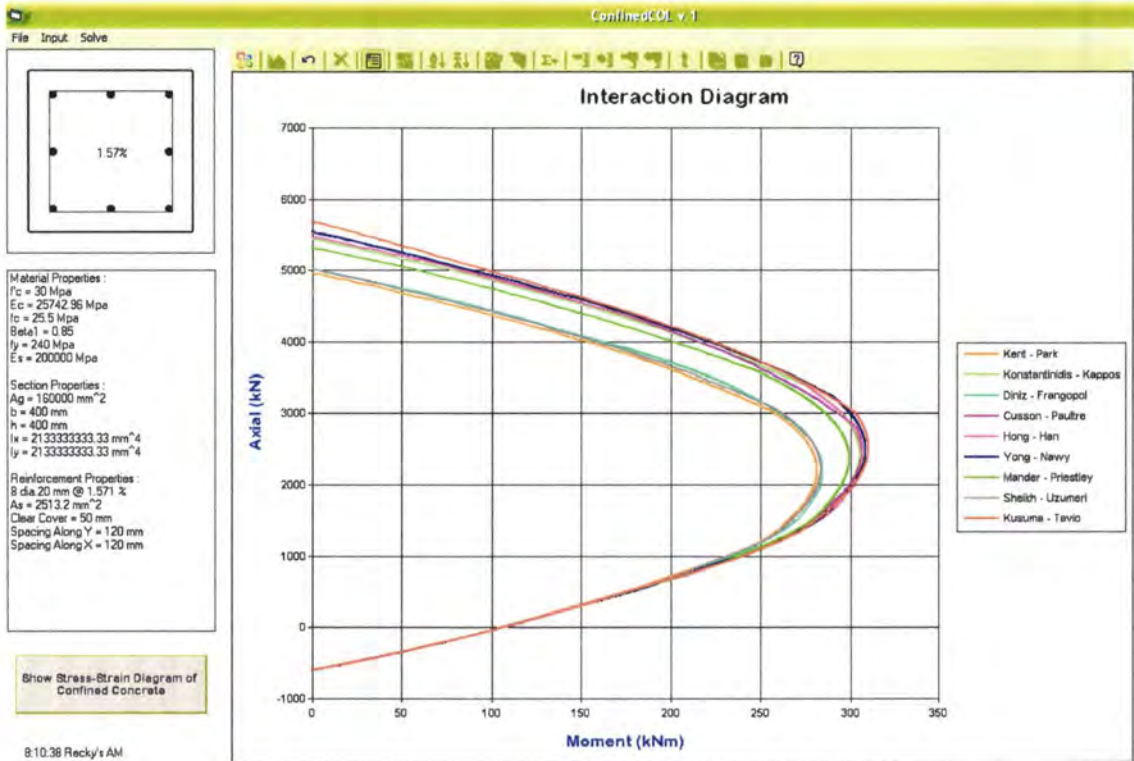
Ditanyakan:

Gambarkan diagram interaksi Aksial-Momennya untuk menunjukkan kapasitas nominal penampang beton terkekang (*confined concrete*) dengan metode:

- dengan metode confined Kent-Park
- metode confined Sheikh-Uzumeri
- metode confined Mander-Priestley
- metode confined Yong-Nawy
- metode confined Cusson-Paultre
- metode confined Diniz-Frangopol
- metode confined Konstantinidis-Kappos
- metode confined Hong-Han
- metode confined Kusuma-Tavio

Penyelesaian :

Gambar 6.26 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang, sengkang Ø10 – 98,175 mm (Kasus 10)



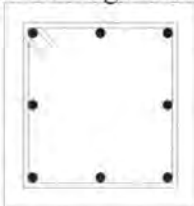
Gambar 6.26 menunjukkan kapasitas nominal penampang beton terkekang untuk Kasus 10. Tabel 6.5 di bawah adalah rangkuman nilai momen dan aksial maksimum Kasus 10.

Tabel 6.5 Nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk sengkang $\varnothing 10 - 98.175 \text{ mm}$ (Kasus 10)

Metode pengekangan	Kasus 10 $\varnothing 10 - 98.175 \text{ mm}$	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)
Kent-Park	281.3	4966
Sheikh-Uzumeri	283.4	5013
Mander-Priestley	299.2	5320
Yong-Nawy	308.6	5538
Cusson-Paultre	306.7	5545
Diniz-Frangopol	284	5018
Kappos-Konstantinidis	305.2	5445
Hong-Han	306.8	5471
Kusuma-Tavio	310.2	5680

Kasus 11

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30 \text{ MPa}$. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$$B = H = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. longitudinal} = 8 \text{ D } 20 (\rho_t = 1.57 \%)$$

$$\text{Diameter sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$\rho_v = 1 \%$$

$$A_{sh} = 0.25 \pi (8^2) = 50.2655 \text{ mm}^2$$

$$\text{Beton cover, } d_1 = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja, } f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar inti beton terkekang, } b_c &= B - 2 d_1 \\ &= 400 - 2 (40) \\ &= 320 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sengkang, } V_{sh} &= A_{sh} \cdot 4 b_c \\ &= 50.2655 \times 4 \times 320 = 64339.81755 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume inti beton terkekang, } V_{cc} = V_{sh} / \rho_v$$

$$= 64339.81755 / 0.01$$

$$= 6433981.755 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi sengkang} &= V_{cc} / b_c^2 = 6433981.755 / 320^2 \\ &= 62.832 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditanyakan:

Gambarkan diagram interaksi Aksial-Momennya untuk menunjukkan kapasitas nominal penampang beton terkekang (*confined concrete*) dengan metode:

- dengan metode confined Kent-Park
- metode confined Sheikh-Uzumeri
- metode confined Mander-Priestley
- metode confined Yong-Nawy
- metode confined Cusson-Paultre
- metode confined Diniz-Frangopol
- metode confined Konstantinidis-Kappos
- metode confined Hong-Han
- metode confined Kusuma-Tavio

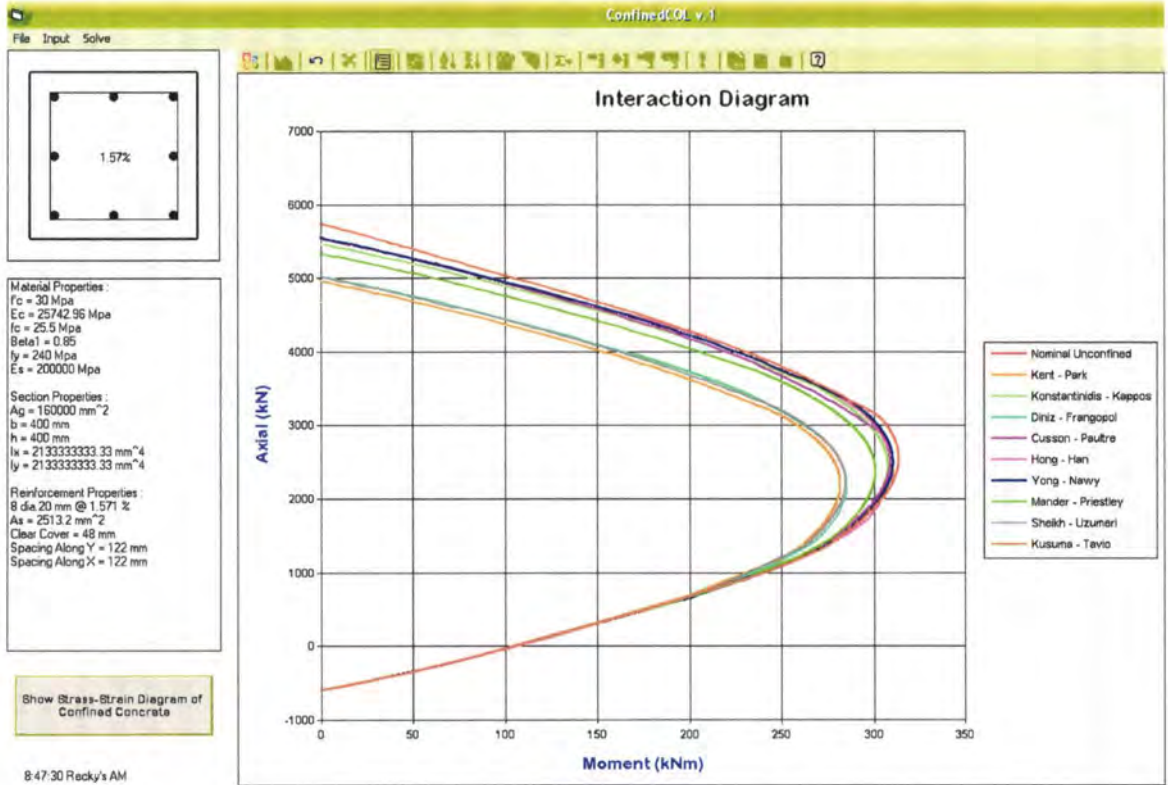
Penyelesaian :

Hasil analisa Kasus 11 menunjukkan hasil seperti yang ditunjukkan tabel 6.6 dan gambar 6.27 berikut:

Tabel 6.6 Nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk sengkang Ø8 – 62.832 mm (Kasus 11)

Metode pengekangan	Kasus 11 Ø8 - 62.832 mm	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)
Kent-Park	282	4966
Sheikh-Uzumeri	284.8	5018
Mander-Priestley	301	5338
Yong-Nawy	310.4	5554
Cusson-Paultre	308.8	5560
Diniz-Frangopol	285.4	5025
Kappos-Konstantinidis	307.6	5468
Hong-Han	310.86	5535
Kusuma-Tavio	313.68	5731

Gambar 6.27 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang, sengkang Ø8 – 62,832 mm (Kasus 11)



Hasil analisa Kasus 10 dan Kasus 11 sebelumnya dapat dibandingkan kapasitas kolomnya seperti pada tabel 6.7 di bawah:

Tabel 6.7 Perbandingan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk Kasus 10 dan Kasus 11

Metode pengekangan	Kapasitas nominal beton terkekang				Selisih		Kena
	Kasus 11 Ø8 - 62.832 mm		Kasus 10 Ø10- 98.175 mm				
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)
Kent-Park	282	4966	281.3	4966	0.7	0	0.25
Sheikh-Uzumeri	284.8	5018	283.4	5013	1.4	5	0.49
Mander-Priestley	301	5338	299.2	5320	1.8	18	0.60
Yong-Nawy	310.4	5554	308.6	5538	1.8	16	0.58
Cusson-Paultre	308.8	5560	306.7	5545	2.1	15	0.68
Diniz-Frangopol	285.4	5025	284	5018	1.4	7	0.49
Kappos-Konstantinidis	307.6	5468	305.2	5445	2.4	23	0.79
Hong-Han	310.86	5535	306.8	5471	4.1	64	1.32
Kusuma-Tavio	313.68	5731	310.2	5680	3.5	51	1.12

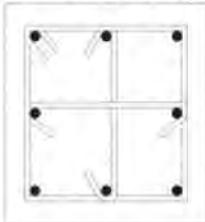
Dari tabel 6.7 di atas dapat kita lihat bahwa kapasitas nominal Kasus 11 lebih besar daripada Kasus 10, padahal diameter sengkang pada Kasus 10 *lebih besar* daripada diameter sengkang yang digunakan di Kasus 11. Kapasitas nominal Kasus 11 menjadi lebih besar karena spasi antar sengkang pada kasus 11 dibuat *lebih rapat* sampai 3/5 kali spasi sengkang Kasus 10. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh spasi antar sengkang lebih dominan terhadap penambahan kapasitas penampang beton terkekang dibandingkan dengan memperbesar diameter sengkang.

VI.3.2 Perbandingan efektifitas spasi sengkang dengan konfigurasi sengkang

Untuk membandingkan keefektifitasan spasi sengkang dan konfigurasi sengkang dalam meningkatkan kapasitas nominal penampang beton terkekang diberikan Kasus 12 yang akan dibandingkan dengan Kasus 10. Kasus 10 dan Kasus 12 mempunyai perbedaan dalam spasi antar sengkang dan konfigurasi sengkangnya. Patokan yang sama antara Kasus 10 dan Kasus 12 adalah diameter sengkang serta rasio volumetrik tulangan transversalnya (ρ_v). Rasio volumetrik dicoba pada nilai yang sama yaitu sebesar 1%.

Kasus 12

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa. Potongan penampang kolom adalah sebagai berikut :



$$B = H = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. longitudinal} = 8 \text{ D } 20 (\rho_l = 1.57 \%)$$

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm (3 kaki)}$$

$$\rho_v = 1 \%$$

$$A_{sh} = 0.25 \pi (10^2) = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Beton cover, } d_1 = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu baja, } f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar inti beton terkekang, } b_c &= B - 2 d_1 \\ &= 400 - 2 (40) \\ &= 320 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sengkang, } V_{sh} &= A_{sh} \cdot 6 b_c \\ &= 78.54 \times 6 \times 320 = 150796.8 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

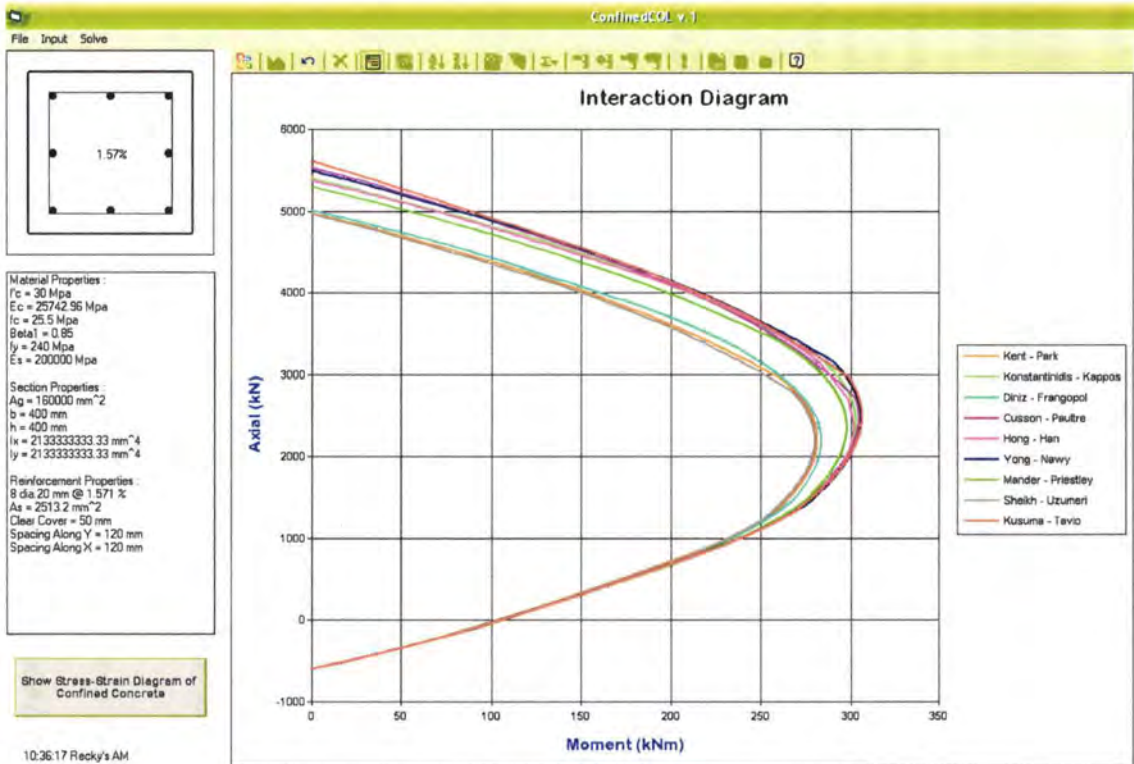
$$\begin{aligned} \text{Volume inti beton terkekang, } V_{cc} &= V_{sh} / \rho_v \\ &= 150796.8 / 0.01 \\ &= 15079680 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi sengkang} &= V_{cc} / b_c^2 = 15079680 / 320^2 \\ &= 147.2625 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditanyakan: Pertanyaan sama dengan Kasus 10 sebelumnya.

Penyelesaian :

Gambar 6.28 ConfinedCOL v.1 : diagram interaksi Aksial-Momen nominal beton terkekang, sengkang $3\phi 10 - 147.2625$ mm (Kasus 12)



Tabel 6.8 Nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk sengkang 3Ø10 – 147.2625 mm (Kasus 12)

Metode pengeangan	Kasus 12 3 Ø10 - 147.2625 mm	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)
Kent-Park	281.4	4966
Sheikh-Uzumeri	280	4961
Mander-Priestley	297.8	5292
Yong-Nawy	306	5494
Cusson-Paultre	304.7	5528
Diniz-Frangopol	283.5	5006
Kappos-Konstantinidis	303	5408
Hong-Han	302	5379
Kusuma-Tavio	306.5	5610

Tabel 6.9 Perbandingan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang untuk Kasus 10 dan Kasus 12

Metode pengeangan	Kapasitas nominal beton terkekang				Selisih		Kenaikan	
	Kasus 10 2 Ø10- 98.175 mm		Kasus 12 3Ø10- 147.2625 mm					
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	282	4966	281.4	4966	0.6	0	0.21	0.00
Sheikh-Uzumeri	284.8	5018	280	4961	4.8	57	1.71	1.15
Mander-Priestley	301	5338	297.8	5292	3.2	46	1.07	0.87
Yong-Nawy	310.4	5554	306	5494	4.4	60	1.44	1.09
Cusson-Paultre	308.8	5560	304.7	5528	4.1	32	1.35	0.58
Diniz-Frangopol	285.4	5025	283.5	5006	1.9	19	0.67	0.38
Kappos-Konstantinidis	307.6	5468	303	5408	4.6	60	1.52	1.11
Hong-Han	310.86	5535	302	5379	8.9	156	2.93	2.90
Kusuma-Tavio	313.68	5731	306.5	5610	7.2	121	2.34	2.16

Dari tabel 6.9 sebelumnya dapat kita lihat bahwa kapasitas nominal Kasus 10 lebih besar daripada Kasus 12, padahal konfigurasi sengkang pada Kasus 12 (3 kaki) *lebih banyak* daripada konfigurasi sengkang yang digunakan di Kasus 10 (2 kaki). Kapasitas nominal Kasus 12 menjadi lebih kecil karena spasi antar sengkang pada kasus 12 dibuat *lebih renggang* sampai 3/2 kali spasi sengkang Kasus 10. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh spasi antar sengkang lebih dominan terhadap penambahan kapasitas penampang beton terkekang dibandingkan dengan merubah konfigurasi sengkang.

VI.4 Peningkatan Kapasitas Aksial-Momen terhadap Peningkatan Persentase Tulangan Longitudinal

Agar bisa melihat persentase kenaikan nilai aksial dan momen dalam hubungannya dengan penambahan prosentase tulangan longitudinal, maka akan diberikan Kasus 13 sebagai berikut:

Kasus 13

Diberikan mutu beton, $f_c' = 30$ MPa.

Penampang kolom adalah sebagai berikut :

$B = H = 400$ mm

Diameter sengkang = 10 mm (2 kaki)

Beton cover = 40 mm

Mutu baja, $f_{yh} = 240$ Mpa

Spasi sengkang = 10 cm

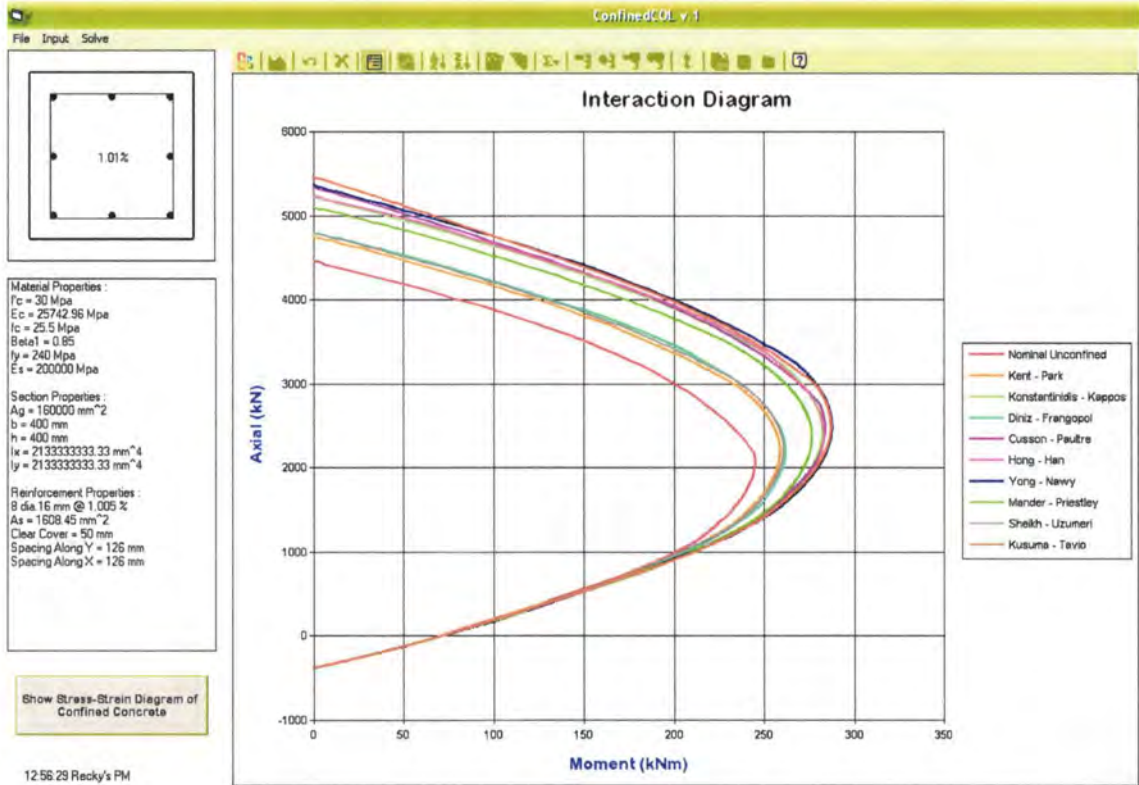
Ditanyakan:

Buatlah ringkasan peningkatan nilai P dan M untuk penampang kolom dengan tulangan longitudinal sebagai berikut :

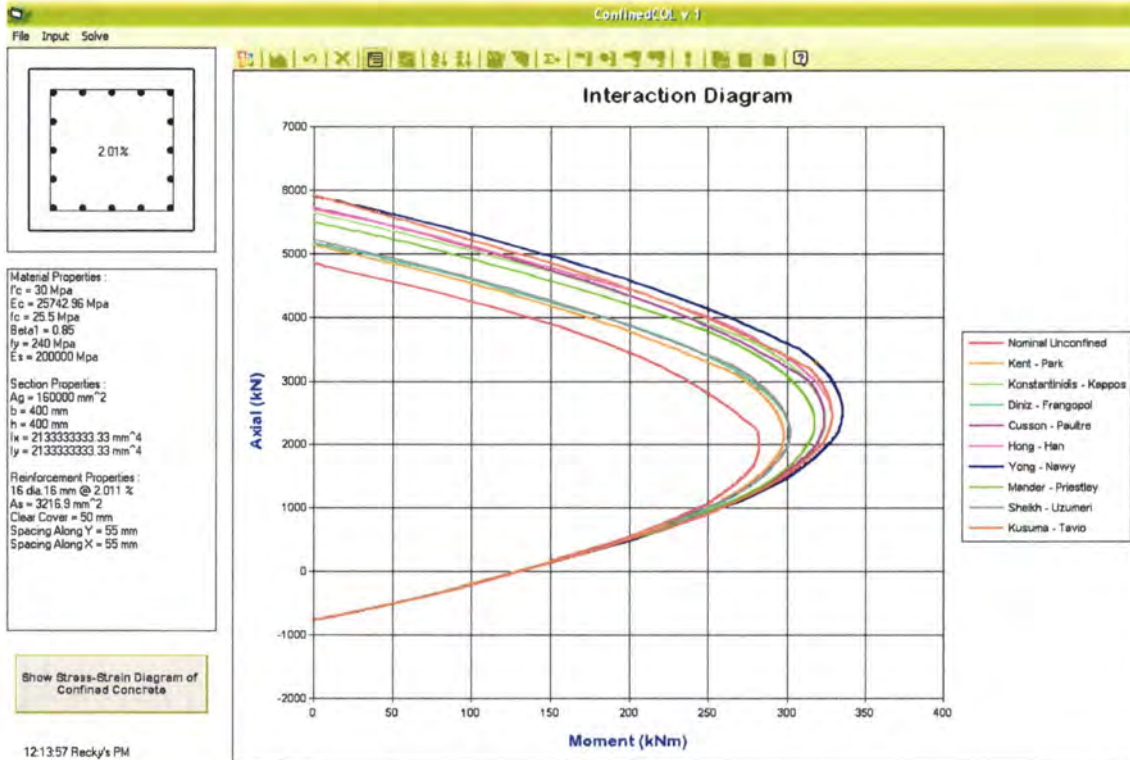
- 8 D 16 ($\rho_t = 1.01$ %)
- 16 D 16 ($\rho_t = 2.01$ %)
- 24 D 16 ($\rho_t = 3.02$ %)
- 32 D 16 ($\rho_t = 4.02$ %)
- 40 D 16 ($\rho_t = 5.03$ %)

Penyelesaian:

Gambar 6.29 ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi aksial-
Momen nominal Kasus 13 untuk $p_1 = 1.01\%$

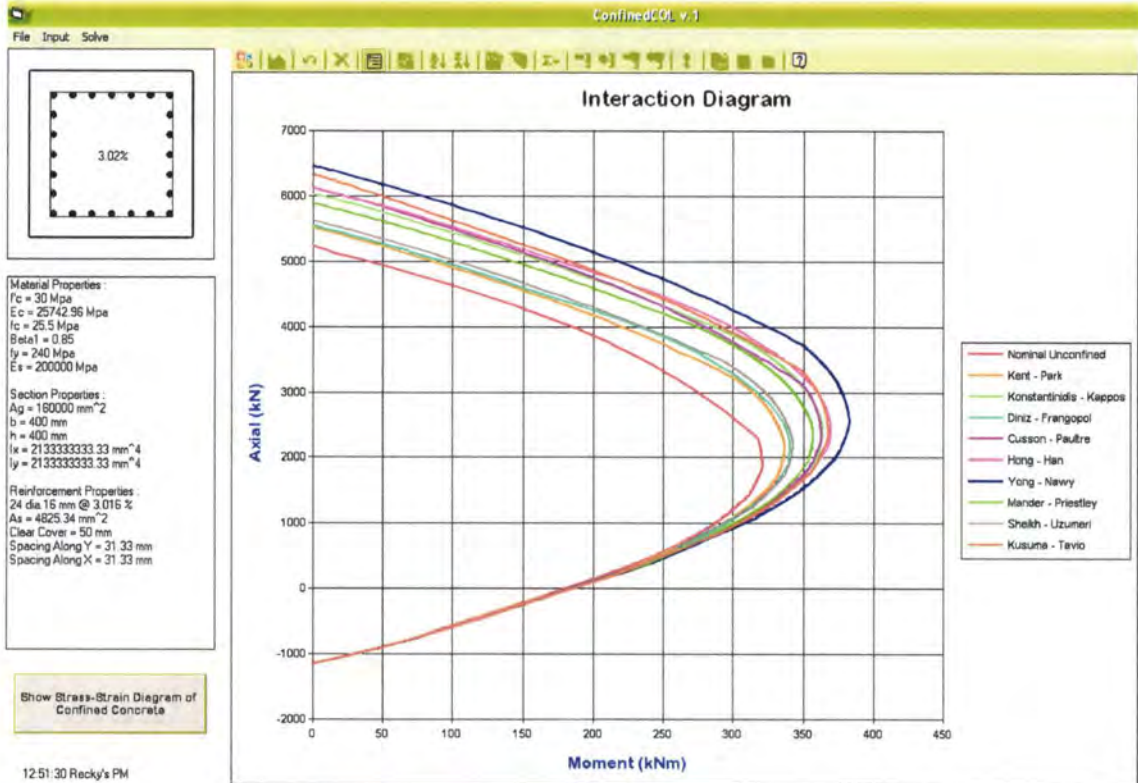


12.56.29 Recky's PM

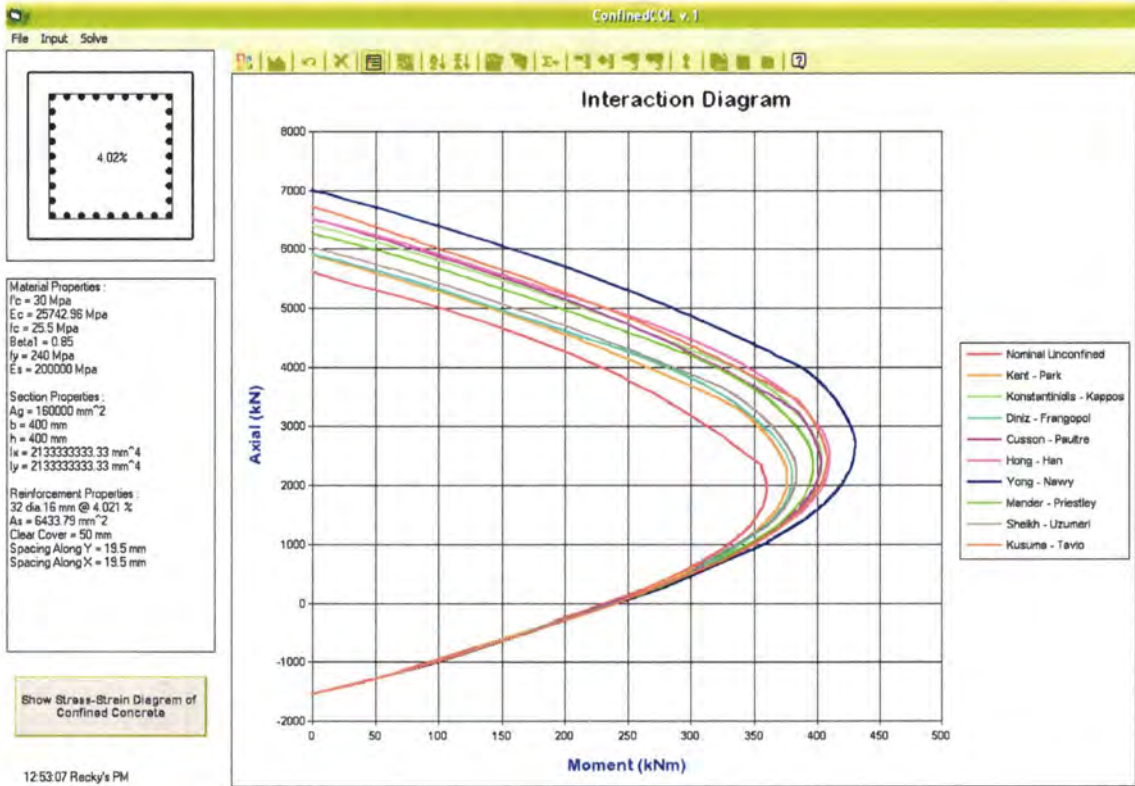


Gambar 6.30 ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal Kasus 13 untuk $p_c = 2.01 \%$

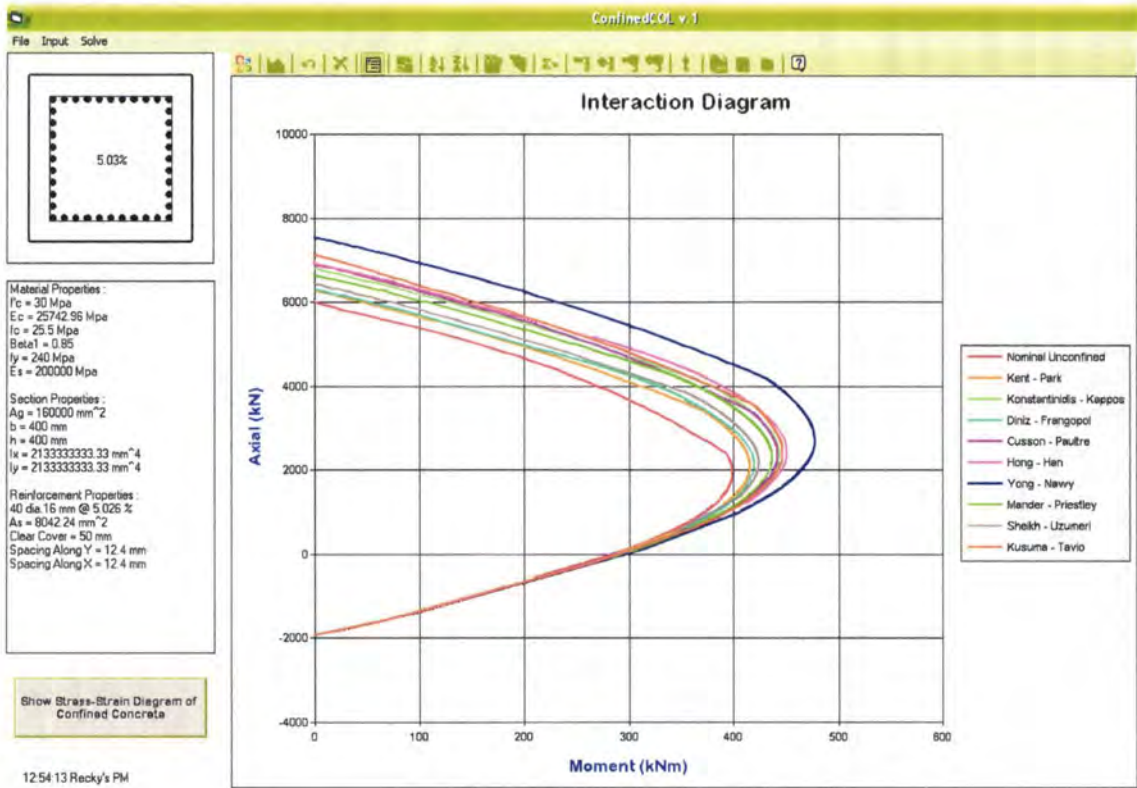
Gambar 6.31 ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi aksial-
Momen nominal Kasus 13 untuk $p_1 = 3.02\%$



Gambar 6.32 ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi Aksial-Momen nominal Kasus 13 untuk $\rho_1 = 4.02\%$



Gambar 6.33 ConfinedCOL v.1 : Perbandingan diagram interaksi aksial-
Momen nominal Kasus 13 untuk $p_1 = 5.03\%$



Sebagai catatan, penempatan tulangan longitudinal pada gambar 6.32 ($\rho_t = 4.02\%$) dan gambar 6.33 ($\rho_t = 5.03\%$) sebenarnya tidak memenuhi syarat spasi antar tulangan longitudinal yang disyaratkan oleh SNI 03-2847-2002. Namun demikian konfigurasi tulangan dengan persentase besar ini tetap dipakai untuk tujuan studi saja (tidak bisa dipakai dilapangan).

Nilai kapasitas aksial maksimum dan momen maksimum untuk setiap penambahan persentase tulangan longitudinal ditunjukkan oleh tabel-tabel berikut:

Tabel 6.10 Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton tak terkekang (Kasus 13)

Persentase tulangan longitudinal (%)	Nilai nominal beton tak terkekang (nominal unconfined)	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)
1.01	245.1	4466
2.01	282.5	4852
3.02	321	5238
4.02	360.6	5624
5.03	399.2	6010

Tabel 6.11 Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 1.01\%$ (Kasus 13)

Metode pengekangan	Nilai nominal confined		Selisih terhadap nominal unconfined		Peningkatan	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	259	4750	13.9	284	5.67	6.3
Sheikh-Uzumeri	261	4795	15.9	329	6.49	7.3
Mander-Priestley	276.7	5095	31.6	629	12.89	14.0
Yong-Nawy	287.8	5350	42.7	884	17.42	19.7
Cusson-Paultre	284	5320	38.9	854	15.87	19.1
Diniz-Frangopol	261.8	4797	16.7	331	6.81	7.4
Kappos-Konstantinidis	282.6	5218	37.5	752	15.30	16.8
Hong-Han	283.34	5230	38.24	764	15.60	17.1
Kusuma-Tavio	287.3	5452	42.2	986	17.22	22.0

Tabel 6.12 Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 2.01\%$ (Kasus 13)

Metode pengekgangan	Nilai nominal confined		Selisih terhadap nominal unconfined		Peningkatan	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	298	5130	15.5	278	5.49	5.73
Sheikh-Uzumeri	302	5218	19.5	366	6.90	7.54
Mander-Priestley	317.6	5502	35.1	650	12.42	13.40
Yong-Nawy	335.2	5911	52.7	1059	18.65	21.83
Cusson-Paultre	323.5	5730	41	878	14.51	18.10
Diniz-Frangopol	301.7	5171	19.2	319	6.80	6.57
Kappos-Konstantinidis	324	5637	41.5	785	14.69	16.18
Hong-Han	328.4	5704	45.9	852	16.25	17.56
Kusuma-Tavio	328.4	5912	45.9	1060	16.25	21.85

Tabel 6.13 Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_t = 3.02\%$ (Kasus 13)

Metode pengekgangan	Nilai nominal confined		Selisih terhadap nominal unconfined		Peningkatan	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	337.2	5516	16.2	278	5.05	5.31
Sheikh-Uzumeri	342.9	5622	21.9	384	6.82	7.33
Mander-Priestley	357	5885	36	647	11.21	12.35
Yong-Nawy	383	6463	62	1225	19.31	23.39
Cusson-Paultre	363	6122	42	884	13.08	16.88
Diniz-Frangopol	340.4	5546	19.4	308	6.04	5.88
Kappos-Konstantinidis	363.8	6033	42.8	795	13.33	15.18
Hong-Han	369.4	6117	48.4	879	15.08	16.78
Kusuma-Tavio	368	6322	47	1084	14.64	20.69

Tabel 6.14 Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_l = 4.02\%$ (Kasus 13)

Metode pengekangan	Nilai nominal confined		Selisih terhadap nominal unconfined		Peningkatan	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	376.3	5901	15.7	277	4.35	4.9
Sheikh-Uzumeri	383.8	6032	23.2	408	6.43	7.2
Mander-Priestley	397	6269	36.4	645	10.09	11.4
Yong-Nawy	430.3	7008	69.7	1384	19.33	24.6
Cusson-Paultre	403	6512	42.4	888	11.76	15.7
Diniz-Frangopol	380.1	5924	19.5	300	5.41	5.3
Kappos-Konstantinidis	403.5	6417	42.9	793	11.90	14.1
Hong-Han	410.1	6516	49.5	892	13.73	15.8
Kusuma-Tavio	408.3	6721	47.7	1097	13.23	19.5

Tabel 6.15 Ringkasan nilai momen maksimum dan aksial maksimum beton terkekang dengan $\rho_l = 5.03\%$ (Kasus 13)

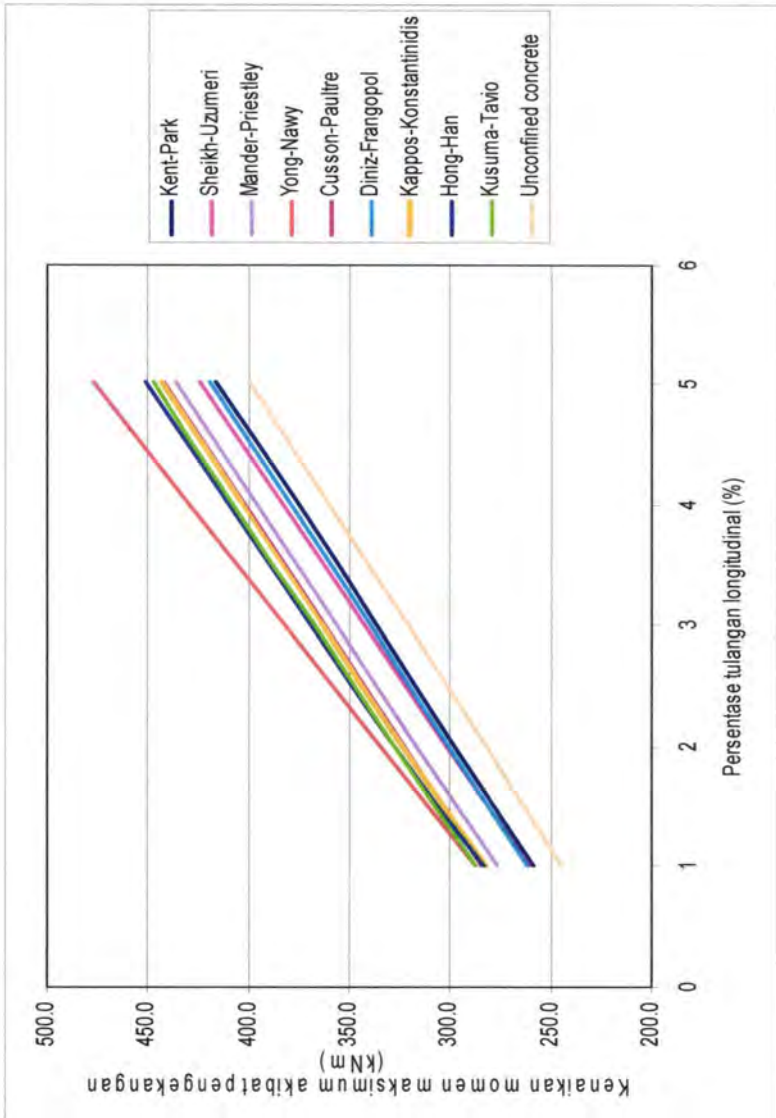
Metode pengekangan	Nilai nominal confined		Selisih terhadap nominal unconfined		Peningkatan	
	Mmaks (kNm)	Pmaks (kN)	Δ Mmaks (kNm)	Δ Pmaks (kN)	% M (%)	% P (%)
Kent-Park	416.1	6282	16.9	272	4.23	4.5
Sheikh-Uzumeri	424.5	6435	25.3	425	6.34	7.0
Mander-Priestley	436.9	6650	37.7	640	9.44	10.6
Yong-Nawy	477.6	7548	78.4	1538	19.64	25.5
Cusson-Paultre	442.2	6904	43	894	10.77	14.8
Diniz-Frangopol	419.8	6294	20.6	284	5.16	4.7
Kappos-Konstantinidis	443.5	6796	44.3	786	11.10	13.0
Hong-Han	451.2	6908	52	898	13.03	14.9
Kusuma-Tavio	447.1	7114	47.9	1104	12.00	18.3

Tabel 6.16 Kenaikan nilai momen maksimum untuk setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)

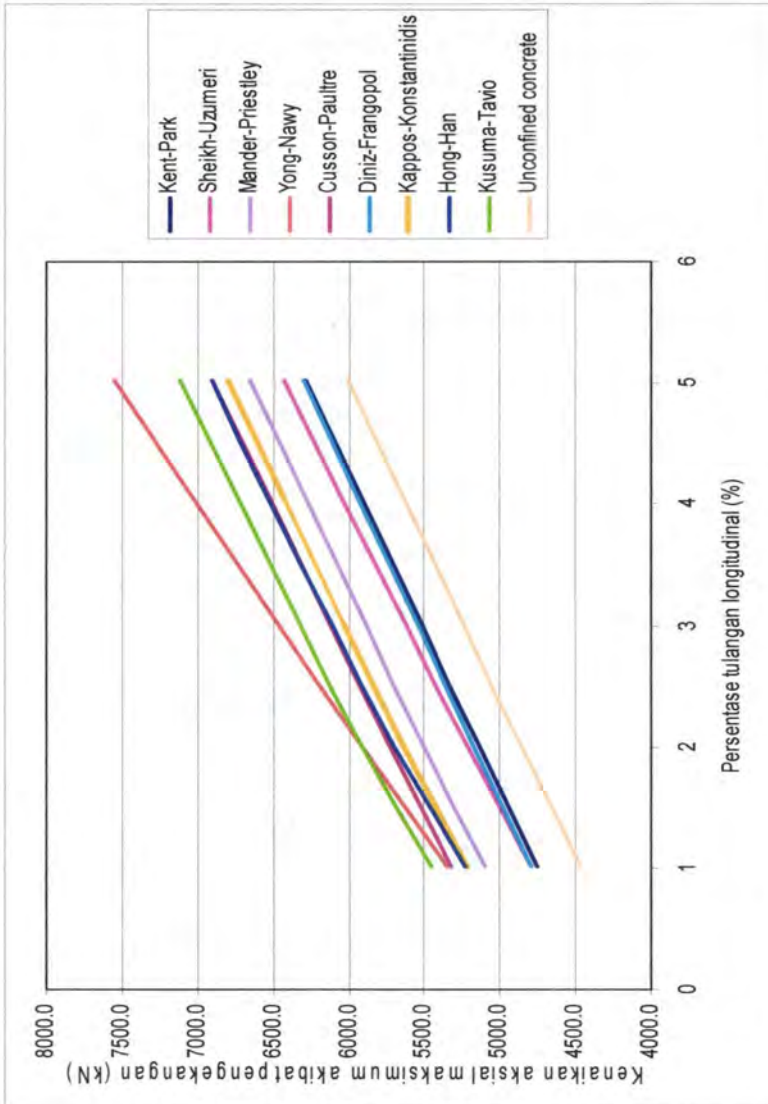
Keterangan	Kenaikan Mmaks akibat pengekanan (kNm)				
	rasio tulangan longitudinal (%)				
	1.01	2.01	3.02	4.02	5.03
Unconfined concrete	245.1	282.5	321	360.6	399.2
Kent-Park	259.0	298.0	337.2	376.3	416.1
Sheikh-Uzumeri	261.0	302.0	342.9	383.8	424.5
Mander-Priestley	276.7	317.6	357.0	397.0	436.9
Yong-Nawy	287.8	335.2	383.0	430.3	477.6
Cusson-Paultre	284.0	323.5	363.0	403.0	442.2
Diniz-Frangopol	261.8	301.7	340.4	380.1	419.8
Kappos-Konstantinidis	282.6	324.0	363.8	403.5	443.5
Hong-Han	283.3	328.4	369.4	410.1	451.2
Kusuma-Tavio	287.3	328.4	368.0	408.3	447.1

Tabel 6.17 Kenaikan nilai aksial maksimum untuk setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)

Keterangan	Kenaikan Pmaks akibat pengekanan (kNm)				
	rasio tulangan longitudinal (%)				
	1.01	2.01	3.02	4.02	5.03
Unconfined concrete	4466	4852	5238	5624	6010
Kent-Park	4750.0	5130.0	5516.0	5901.0	6282.0
Sheikh-Uzumeri	4795.0	5218.0	5622.0	6032.0	6435.0
Mander-Priestley	5095.0	5502.0	5885.0	6269.0	6650.0
Yong-Nawy	5350.0	5911.0	6463.0	7008.0	7548.0
Cusson-Paultre	5320.0	5730.0	6122.0	6512.0	6904.0
Diniz-Frangopol	4797.0	5171.0	5546.0	5924.0	6294.0
Kappos-Konstantinidis	5218.0	5637.0	6033.0	6417.0	6796.0
Hong-Han	5230.0	5704.0	6117.0	6516.0	6908.0
Kusuma-Tavio	5452.0	5912.0	6322.0	6721.0	7114.0



Gambar 6.34 Persentase kenaikan Momen nominal maksimum untuk setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)



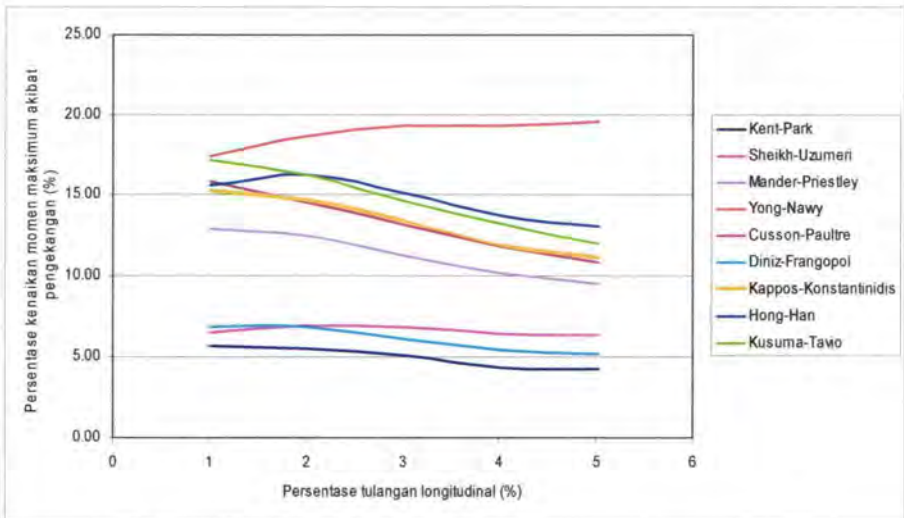
Gambar 6.35 Persentase kenaikan Aksial nominal maksimum setiap kenaikan persentase tulangan longitudinal (Kasus 13)

Gambar 6.34 menunjukkan hubungan antara kenaikan momen maksimum untuk beton terkekang dan tidak terkekang terhadap penambahan persentase tulangan longitudinal. Dari gambar tersebut dapat kita simpulkan bahwa penambahan persentase tulangan longitudinal akan menambah nilai momen maksimum kolom. Semua metode pengekangan yang ada menunjukkan penambahan nilai momen maksimum yang konstan (linier) dengan gradien kemiringan garis yang hampir sama, kecuali metode pengekangan usulan Yong-Nawy, yang menunjukkan gradien kemiringan yang lebih besar.

Gambar 6.35 menunjukkan hubungan antara kenaikan aksial maksimum untuk beton terkekang dan tidak terkekang terhadap penambahan persentase tulangan longitudinal. Dari gambar tersebut dapat kita simpulkan bahwa penambahan persentase tulangan longitudinal akan menambah nilai aksial maksimum kolom. Perilaku penambahan aksial maksimum ini sama seperti penambahan momen maksimumnya, kecuali metode pengekangan usulan Yong-Nawy, yang menunjukkan gradien kemiringan yang lebih besar daripada metode-metode lainnya.

Tabel 6.18 Ringkasan persentase kenaikan kapasitas momen maksimum akibat pengekangan (Kasus 13)

Metode pengekangan	Persentase kenaikan Mmaks akibat pengekangan (%)				
	rasio tulangan longitudinal (%)				
	1.01	2.01	3.02	4.02	5.03
Kent-Park	5.67	5.49	5.05	4.35	4.23
Sheikh-Uzumeri	6.49	6.90	6.82	6.43	6.34
Mander-Priestley	12.89	12.42	11.21	10.09	9.44
Yong-Nawy	17.42	18.65	19.31	19.33	19.64
Cusson-Paultre	15.87	14.51	13.08	11.76	10.77
Diniz-Frangopol	6.81	6.80	6.04	5.41	5.16
Kappos-Konstantinidis	15.30	14.69	13.33	11.90	11.10
Hong-Han	15.60	16.25	15.08	13.73	13.03
Kusuma-Tavio	17.22	16.25	14.64	13.23	12.00



Gambar 6.36 Persentase kenaikan Momen nominal maksimum beton terkekang terhadap Momen nominal maksimum beton tak terkekang (Kasus 13)

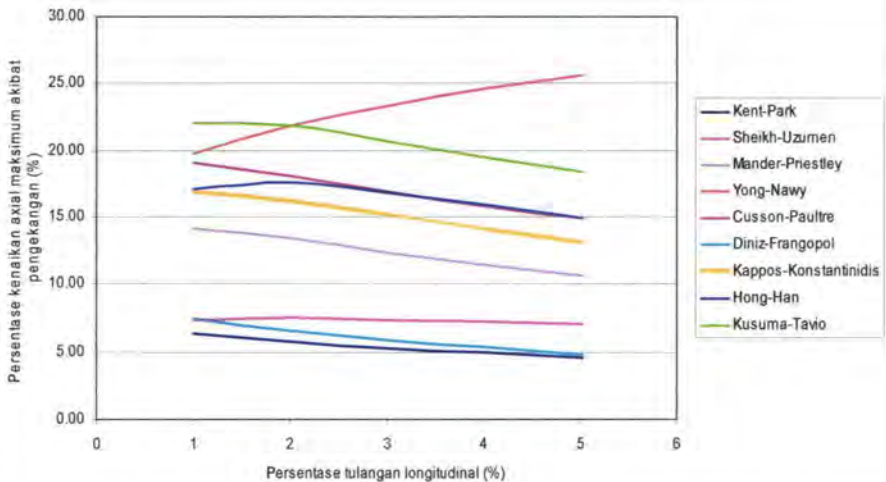
Gambar 6.36 menunjukkan hubungan antara persentase kenaikan momen maksimum akibat pengekanan (sumbu vertikal) dengan persentase tulangan longitudinal (sumbu horisontal). Yang dimaksud dengan dengan persentase kenaikan momen maksimum akibat pengekanan adalah rasio dari selisih antara momen nominal maksimum beton terkekang dengan momen nominal maksimum beton tak terkekang terhadap nilai momen nominal maksimum beton tak terkekang.

Dari gambar 6.36 dapat kita lihat bahwa metode pengekanan usulan Kent-Park, Mander-Priestley, Cusson-Paultre, Diniz-Frangopol, Kappos-Konstantinidis dan Kusuma-Tawo menunjukkan grafik yang menurun. Penurunan ini terjadi karena penambahan persentase tulangan longitudinal akan menambah momen maksimum beton terkekang, juga akan menambah nilai momen maksimum beton tak terkekang (*unconfined*). Yang terjadi disini adalah penambahan momen maksimum beton terkekang tidak sebesar penambahan momen

maksimum beton tak terkekang pada saat persentase tulangan longitudinalnya bertambah, sehingga *selisihnya* menunjukkan penurunan. Pada saat tulangan 1%, selisih antara keduanya cukup besar. Ketika tulangan mencapai 2%, selisih antara kedua mulai mengecil, demikian seterusnya. Hal ini tidak berarti bahwa pengekangan menunjukkan hasil yang buruk, karena pada kenyataannya pengekangan akan menambah kapasitas momen yang cukup banyak. Kenyataan di lapangan juga menunjukkan bahwa persentase tulangan longitudinal yang baik adalah berkisar 1% sampai dengan 2% atau 3%, tetapi paling sering mendekati 1%. Metode Sheikh-Uzumeri dan Hong-Han menunjukkan peningkatan selisih momen maksimum beton terkekang dengan beton tak terkekang pada saat tulangan longitudinal mencapai 2%, dan apabila lebih besar daripada itu selisihnya akan kembali menurun. Lain halnya dengan metode oleh Yong-Nawy, penambahan persentase tulangan longitudinal akan terus meningkatkan selisih momen maksimum beton terkekang dan tidak terkekang (tanpa ada penurunan selisih).

Tabel 6.19 Ringkasan persentase kenaikan kapasitas aksial maksimum akibat pengekangan (Kasus 13)

Metode pengekangan	Persentase kenaikan Pmaks akibat pengekangan (%)				
	rasio tulangan longitudinal (%)				
	1.01	2.01	3.02	4.02	5.03
Kent-Park	6.36	5.73	5.31	4.93	4.53
Sheikh-Uzumeri	7.37	7.54	7.33	7.25	7.07
Mander-Priestley	14.08	13.40	12.35	11.47	10.65
Yong-Nawy	19.79	21.83	23.39	24.61	25.59
Cusson-Paultre	19.12	18.10	16.88	15.79	14.88
Diniz-Frangopol	7.41	6.57	5.88	5.33	4.73
Kappos-Konstantinidis	16.84	16.18	15.18	14.10	13.08
Hong-Han	17.11	17.56	16.78	15.86	14.94
Kusuma-Tavio	22.08	21.85	20.69	19.51	18.37



Gambar 6.37 Persentase kenaikan Aksial nominal maksimum beton terkekang terhadap Aksial nominal maksimum beton tak terkekang (Kasus 13)

Gambar 6.37 menunjukkan hubungan antara persentase kenaikan aksial maksimum akibat pengekangan (sumbu vertikal) dengan persentase tulangan longitudinal (sumbu horisontal). Yang dimaksud dengan dengan persentase kenaikan aksial maksimum akibat pengekangan adalah rasio dari selisih antara aksial nominal maksimum beton terkekang dengan aksial nominal maksimum beton tak terkekang terhadap nilai aksial nominal maksimum beton tak terkekang.

Sama halnya dengan momen, selisih aksial maksimum antara beton terkekang dengan beton tak terkekang menunjukkan perilaku yang sama (gambar 6.37). Metode pengekangan usulan Kent-Park, Mander-Priestley, Cusson-Paultre, Diniz-Frangopol, Kappos-Konstantinidis dan Kusuma-Tavio juga menunjukkan penurunan yang disebabkan penambahan aksial maksimum beton terkekang tidak sebesar penambahan aksial maksimum beton tak terkekang pada saat persentase tulangan longitudinalnya bertambah, sehingga *selisihnya* menunjukkan penurunan. Metode

Sheikh-Uzumeri dan Hong-Han menunjukkan peningkatan selisih aksial maksimum beton terkekang dengan beton tak terkekang pada saat tulangan longitudinal mencapai 2%, dan apabila lebih besar daripada itu selisihnya akan kembali menurun. Lain halnya dengan metode oleh Yong-Nawy, penambahan persentase tulangan longitudinal akan terus meningkatkan selisih aksial maksimum beton terkekang dan tidak terkekang.

BAB VII

PENUTUP

BAB VII PENUTUP

VII.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Efek (pengaruh) pengekanan lateral pada kolom beton bertulang adalah dengan urutan sebagai berikut:
 - a. Pengekanan mula-mula akan merubah bentuk kurva tegangan regangan. Perubahan ini dapat dilihat dari nilai tegangan puncak, regangan puncak dan nilai regangan ultimate (pada saat tegangan ultimate tertentu).
 - b. Karena bentuk kurva tegangan-regangan berubah, maka luasan di bawah kurva pun ikut berubah, yang artinya besar gaya desak beton (C_c) ikut berubah.
 - c. Perubahan nilai C_c akan diikuti oleh perubahan kapasitas kolom dalam menerima beban aksial (P) dan momen (M). Perubahan nilai P dan M ini akan mengubah bentuk diagram interaksi aksial-momen.
2. Perubahan bentuk diagram interaksi aksial-momen untuk beton terkekang (*confined concrete*) sebagian besar terjadi hanya pada daerah tekan beton.
3. Perbedaan mendasar dalam menganalisa kapasitas penampang kolom beton bertulang yang terkekang dengan yang tidak terkekang adalah pada nilai regangan ultimatanya (ϵ_{cu}). Nilai regangan ultimate ini sangat menentukan posisi garis netral.
4. Parameter-parameter pengekanan yang paling dominan dalam mempengaruhi besar kecilnya efek pengekanan terhadap beton antara lain:
 - a. Diameter sengkang. Semakin besar diameter tulangan sengkang, kapasitas kolom akan bertambah. Hal ini diakibatkan karena semakin besar diameter sengkang, maka rasio volumetrik tulangan pengekanan juga semakin

besar, yang berakibat bertambahnya nilai tegangan pengekang efektif. Selain itu, diameter yang lebih besar akan menghasilkan kekakuan yang lebih besar, sehingga sengkang sulit melendut, yang artinya tegangan pengekang efektif bertambah.

- b. Spasi antar sengkang. Semakin rapat jarak antar tulangan sengkang, kapasitas kolom akan bertambah. Hal ini diakibatkan karena semakin rapat jarak antar sengkang, maka rasio volumetrik tulangan pengekang juga semakin besar, yang berakibat bertambahnya nilai tegangan pengekang efektif.
 - c. Mutu baja tulangan sengkang. Semakin tinggi kuat leleh bajanya maka semakin besar nilai tegangan pengekang efektifnya. Variabel ini dianggap penting karena menentukan kuat batas ultimate dari tegangan pengekang lateral.
 - d. Konfigurasi sengkang. Konfigurasi sengkang yang baik akan memberikan ikatan yang lebih kuat terhadap tulangan logitudinal, sehingga nilai tegangan pengekang efektif di sekitar tulangan longitudinal akan bertambah. Selain itu, penambahan jumlah kaki sengkang akibat konfigurasinya juga menambah rasio volumetrik tulangan pengekang.
 - e. Jumlah dan ukuran tulangan longitudinal. Pada kenyataannya tulangan longitudinal juga dapat berfungsi sebagai pengekang inti beton apabila dikombinasikan dengan tulangan sengkang. Kombinasi antara keduanya akan meningkatkan efisiensi pengekangan.
 - f. Konfigurasi tulangan longitudinal. Konfigurasi tulangan longitudinal yang lebih rapat akan menghasilkan pengekangan yang lebih baik karena dapat menambah menambah efek pengekangan terhadap inti beton.
5. Kesembilan metode pengekangan yang dirangkum dalam program ConfinedCOL v.1 dapat dipakai baik untuk beton mutu normal (NSC) maupun beton mutu tinggi(NSC).

6. Perubahan jarak/spasi antar sengkang lebih dominan pengaruhnya daripada perubahan diameter sengkang, dalam hal penambahan kapasitas nominal penampang beton terkekang.
7. Perubahan jarak/spasi antar sengkang lebih dominan pengaruhnya daripada perubahan konfigurasi sengkang, dalam hal penambahan kapasitas nominal penampang beton terkekang.

VII.2 Saran

Setelah melakukan analisa terhadap penampang kolom beton bertulang dengan memperhitungkan pengaruh pengekangan lateral, penulis memberikan beberapa saran antara lain:

1. Perlu dilakukan studi perbandingan lebih lanjut untuk melengkapi program ConfinedCOL v.1 dengan usulan-usulan metode pengekangan lain yang jumlahnya sangat banyak. Hal ini bertujuan agar para perencana mempunyai lebih banyak pilihan metode yang diyakininya dalam merencanakan kolom beton terkekang.
2. Selain menambahkan metode pengekangan, ada baiknya jika program ConfinedCOL v.1 dikembangkan untuk menganalisa penampang kolom lingkaran (*circle*) dan kolom segiempat, juga untuk kolom komposit dan tiang pancang pratekan.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Cusson, D., and Paultre, P. 1994. "*High-Strength Concrete Columns Confined by Rectangular Ties*", Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 120, No. 3, 783-804.

Cusson, D., and Paultre, P. 1995. "*Stress-Strain Model for Confined High-Strength Concrete*", Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 121, No. 3, 468-477.

Fanella, D. A., Munshi J. A., and Rabbat, B. G. 1999. "*Notes on ACI 318-99 Building Code Requirements for Structural Concrete – with Design Applications*", Portland Cement Association, Skokie, IL.

Kappos, A. J., and Konstantinidis, D. 1999. "*Statistical Analysis of Confined High Strength Concrete*", Materials and Structures, V. 32, 734-748.

Kiousis, P. D., Ehsani, M. R., Hong Mei, and Saadatmanesh, H. 2001. "*Confinement effects on High-Strength Concrete.*" ACI Structural Journal, 98, 548-553.

Mander, J. B., Priestley, M. J. N., and Park, R. 1988. "*Theoretical stress-strain model for confined concrete.*" Journal of Structural Engineering ASCE, 114(8), 1804-1825.

Nilson, A. H., Winter, G. 1991. "*Design of Concrete Structure*", McGraw-Hill International Edition, New York.

Park and Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structure*. A Wiley-Interscience Publication : USA.

Piscesa, Bambang. 2006. "Studi Komparatif Desain Penampang Elemen Beton Akibat Kombinasi Aksial dan Lentur Berdasarkan Unified Design Provision (ACI 318-2002) dan Limit State Method (SNI 2002)". Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS.

Popovics, S. 1973. "A numerical approach to the complete stress strain curve for concrete." *Cement and concrete research*, 3(5), 583-599.

Saatcioglu, M., and Ozcebe, G. 1987. "Confinement of Concrete Columns for seismic Loading." *ACI Structural Journal*, 84, 308-315.

Saatcioglu, M., and Ravzi, S. R. 1999. "Confinement Model for High-Strength Concrete." *Journal of Structural Engineering.*, ASCE, 125, 281-289.

Sheikh, S. A., and Uzumeri, S. M. 1982. "Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columns", *Journal of the Structural Division, ASCE*, V. 108, ST12, 2703-2722.

Tabsh, S. W. 2007. "Stress-Strain Model for High-Strength Concrete Confined by Welded WireFabric." *Journal of Materials in Civil Engineering.*, ASCE, 19(4), 286-294.

Whitney, C. S. 1937. "Design of Reinforced Concrete Members Under Flexure or Combined Flexure and Direct Compression", *ACI Journal March-April*, in: *Jirsa, J.O. (2004). "Landmark Series", Concrete International, May 2004.*

Wiryanto Dewobroto. 2003. "Aplikasi SAIN dan TEKNIK dengan VISUAL BASIC 6.0". PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Wiryanto Dewobroto. 2005. "Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0 (Analisis dan Desain Penampang Beton

Bertulang sesuai SNI 03-2847-2002)". PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Yong Y K, Nour M G, Nawy E G. 1988. "*Behaviour of laterally confined high-strength concrete under axial loads.*" J. Struct. Eng., 114, 333–351.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

LAMPIRAN A
LISTING PROGRAM
ConfinedCOL V.1

LAMPIRAN A
LISTING PROGRAM ConfinedCOL v.1

Mainform.frm (Form 1)

Private Sub Command1_Click()

```
Form10.Show
If Form2.Check16.Value = 1 Then
    Call plotWhitney(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)
    diagram = "whitney"
Elseif diagram = "whitney" And Form2.Check16.Value = 0 Then
    Call plotWhitney(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)
End If
If Form2.Check13.Value = 1 Then
    Call PlotUnconT
    diagram = "thor"
Elseif diagram = "thor" And Form2.Check13.Value = 0 Then
    Call PlotUnconT
End If
If Form2.Check14.Value = 1 Then
    Call PlotUnconPP
    diagram = "popov"
Elseif diagram = "popov" And Form2.Check14.Value = 0 Then
    Call PlotUnconPP
End If
If Form2.Check4.Value = 1 Then
    Call PlotKP
    diagram = "kentpark"
Elseif diagram = "kentpark" And Form2.Check4.Value = 0 Then
    Call PlotKP
End If
If Form2.Check5.Value = 1 Then
    Call plotDiFr
    diagram = "dinisfrangopol"
```

```

ElseIf diagram = "dinisfrangopol" And Form2.Check5.Value = 0
Then
    Call plotDiFr
End If
If Form2.Check6.Value = 1 Then
    Call plotKoKa
    diagram = "konstantinkappos"
ElseIf diagram = "konstantinkappos" And Form2.Check6.Value = 0
Then
    Call plotKoKa
End If
If Form2.Check7.Value = 1 Then
    Call plotCuPa
    diagram = "cussonpaultre"
ElseIf diagram = "cussonpaultre" And Form2.Check7.Value = 0 Then
    Call plotCuPa
End If
If Form2.Check8.Value = 1 Then
    Call plotHoHa
    diagram = "honghan"
ElseIf diagram = "honghan" And Form2.Check8.Value = 0 Then
    Call plotHoHa
End If
If Form2.Check9.Value = 1 Then
    Call plotYoNa
    diagram = "youngnawy"
ElseIf diagram = "youngnawy" And Form2.Check9.Value = 0 Then
    Call plotYoNa
End If
If Form2.Check10.Value = 1 Then
    Call plotMaPr
    diagram = "mander"
ElseIf diagram = "mander" And Form2.Check10.Value = 0 Then
    Call plotMaPr
End If
If Form2.Check11.Value = 1 Then
    Call plotShUz
    diagram = "uzumeri"
ElseIf diagram = "uzumeri" And Form2.Check11.Value = 0 Then

```

```

    Call plotShUz
End If
If Form2.Check12.Value = 1 Then
    Call plotKuTa
    diagram = "tavio"
ElseIf diagram = "tavio" And Form2.Check12.Value = 0 Then
    Call plotKuTa
End If
If Form2.Check15.Value = 1 Then
    Call PlotUnconKP
    diagram = "unkp"
ElseIf diagram = "unkp" And Form2.Check15.Value = 0 Then
    Call PlotUnconKP
End If
End Sub

```

```

Private Sub CussonPaultre_Click()
    Form12.Show
End Sub

```

```

Private Sub DinizFrangopol_Click()
    Form11.Show
End Sub

```

```

Private Sub ExecuteAxialMoment_Click()
    akProgressBar1.Visible = True
    Form1.ListBox1.Clear
    Form1.ListBox1.AddItem "Material Properties :"
    Form1.ListBox1.AddItem "fc = " & fc1 & " Mpa"
    Form1.ListBox1.AddItem "Ec = " & ec1 & " Mpa"
    Form1.ListBox1.AddItem "fc = " & fcmax1 & " Mpa"
    Form1.ListBox1.AddItem "Beta1 = " & b11
    Form1.ListBox1.AddItem "fy = " & fy1 & " Mpa"
    Form1.ListBox1.AddItem "Es = " & es & " Mpa"
    Form1.ListBox1.AddItem ""
    Form1.ListBox1.AddItem "Section Properties :"
    Form1.ListBox1.AddItem "Ag = " & Ag & " mm^2"
    Form1.ListBox1.AddItem "b = " & b1 & " mm"
    Form1.ListBox1.AddItem "h = " & h1 & " mm"

```



```

Form1.ListBox1.AddItem "Ix = " & Ix & " mm^4"
Form1.ListBox1.AddItem "Iy = " & Iy & " mm^4"
If Tulangan = "sisi2X" Then
  Form1.ListBox1.AddItem ""
  Form1.ListBox1.AddItem "Reinforcement Properties : "
  Form1.ListBox1.AddItem n & " dia."&dia&"mm"&"@"&Rho & "% "
  Form1.ListBox1.AddItem "As = " & As1 & " mm^2"
  Form1.ListBox1.AddItem "Clear Cover = " & ccov & " mm"
  Form1.ListBox1.AddItem "Spacing = " & spasi3 & " mm"
Elseif Tulangan = "sisi2Y" Then
  Form1.ListBox1.AddItem ""
  Form1.ListBox1.AddItem "Reinforcement Properties : "
  Form1.ListBox1.AddItem n & "dia."&dia &"mm"&"@"&Rho & "% "
  Form1.ListBox1.AddItem "As = " & As1 & " mm^2"
  Form1.ListBox1.AddItem "Clear Cover = " & ccov & " mm"
  Form1.ListBox1.AddItem "Spacing = " & spasi3 & " mm"
Elseif Tulangan = "sisi4" Then
  Form1.ListBox1.AddItem ""
  Form1.ListBox1.AddItem "Reinforcement Properties : "
  Form1.ListBox1.AddItem n & " dia."&dia&"mm"&"@"&Rho & "% "
  Form1.ListBox1.AddItem "As = " & As1 & " mm^2"
  Form1.ListBox1.AddItem "Clear Cover = " & ccov & " mm"
  Form1.ListBox1.AddItem "Spacing Along Y = " & spasi3 & " mm"
  Form1.ListBox1.AddItem "Spacing Along X = " & spasi5 & " mm"
End If

```

Pb = 0

```

If penampang = "Persegi" And Tulangan = "sisi2X" Then
  Call Sisi2XPb(fc1, fy1, usy, es, b11, b1, h1, astul, n)
  Call Sisi2X(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n)
  If Form2.Check4.Value = 1 Then
    Call Sisi2XKP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatas,
fcbatas)
    metode = "KP"
  Elseif metode = "KP" And Form2.Check4.Value = 0 Then
    Call Sisi2XKP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatas,
fcbatas)
  End If
  If Form2.Check5.Value = 1 Then

```

```

    Call Sisi2XDiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasdifr, fcbatasdifr)
    metode = "DF"
    ElseIf metode = "DF" And Form2.Check5.Value = 0 Then
        Call Sisi2XDiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasdifr, fcbatasdifr)
    End If
    If Form2.Check6.Value = 1 Then
        Call Sisi2XKoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbataskoka, fcbataskoka)
        metode = "KK"
        ElseIf metode = "KK" And Form2.Check6.Value = 0 Then
            Call Sisi2XKoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbataskoka, fcbataskoka)
        End If
        If Form2.Check7.Value = 1 Then
            Call Sisi2XCuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatascupa, fcbatascupa)
            metode = "CP"
            ElseIf metode = "CP" And Form2.Check7.Value = 0 Then
                Call Sisi2XCuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatascupa, fcbatascupa)
            End If
            If Form2.Check8.Value = 1 Then
                Call Sisi2XHoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatashoha, fcbatashoha)
                metode = "HH"
                ElseIf metode = "HH" And Form2.Check8.Value = 0 Then
                    Call Sisi2XHoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatashoha, fcbatashoha)
                End If
                If Form2.Check9.Value = 1 Then
                    Call Sisi2XYoNa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasyona, fcbatasyona)
                    metode = "YN"
                    ElseIf metode = "YN" And Form2.Check9.Value = 0 Then
                        Call Sisi2XYoNa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasyona, fcbatasyona)
                    End If

```

```

If Form2.Check10.Value = 1 Then
    Call Sisi2XMaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasmapr, fcbatasmapr)
    metode = "MP"
ElseIf metode = "MP" And Form2.Check10.Value = 0 Then
    Call Sisi2XMaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasmapr, fcbatasmapr)
End If
If Form2.Check11.Value = 1 Then
    Call Sisi2XShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasshuz, fcbatasshuz)
    metode = "SU"
ElseIf metode = "SU" And Form2.Check11.Value = 0 Then
    Call Sisi2XShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasshuz, fcbatasshuz)
End If
If Form2.Check12.Value = 1 Then
    Call Sisi2XKuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbataskuta, fcbataskuta)
    metode = "KT"
ElseIf metode = "KT" And Form2.Check12.Value = 0 Then
    Call Sisi2XKuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbataskuta, fcbataskuta)
End If
ElseIf penampang = "Persegi" And Tulangan = "sisi2Y" Then
    Call Sisi2YPb(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n)
    Call Sisi2Y(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n)
If Form2.Check4.Value = 1 Then
    Call Sisi2YKP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatas,
    fcbatas)
    metode = "KP"
ElseIf metode = "KP" And Form2.Check4.Value = 0 Then
    Call Sisi2YKP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatas,
    fcbatas)
End If
If Form2.Check6.Value = 1 Then
    Call Sisi2YKoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
    ecbataskoka, fcbataskoka)
    metode = "KK"

```

```

ElseIf metode = "KK" And Form2.Check6.Value = 0 Then
    Call Sisi2YKoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
ecbataskoka, fcbataskoka)
End If
If Form2.Check5.Value = 1 Then
    Call Sisi2YDiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
ecbatasdifr, fcbatasdifr)
    metode = "DF"
ElseIf metode = "DF" And Form2.Check5.Value = 0 Then
    Call Sisi2YDiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
ecbatasdifr, fcbatasdifr)
End If
If Form2.Check7.Value = 1 Then
    Call Sisi2YCuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
ecbatascupa, fcbatascupa)
    metode = "CP"
ElseIf metode = "CP" And Form2.Check7.Value = 0 Then
    Call Sisi2YCuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
ecbatascupa, fcbatascupa)
End If
If Form2.Check8.Value = 1 Then
    Call Sisi2YHoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatashoha, fcbatashoha)
    metode = "HH"
ElseIf metode = "HH" And Form2.Check8.Value = 0 Then
    Call Sisi2YHoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatashoha, fcbatashoha)
End If
If Form2.Check9.Value = 1 Then
    Call Sisi2Yyona(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasyona, fcbatasyona)
    metode = "YN"
ElseIf metode = "YN" And Form2.Check9.Value = 0 Then
    Call Sisi2Yyona(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasyona, fcbatasyona)
End If
If Form2.Check10.Value = 1 Then
    Call Sisi2YMaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasmapr, fcbatasmapr)

```

```

    metode = "MP"
    Elseif metode = "MP" And Form2.Check10.Value = 0 Then
        Call Sisi2YMaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbatasmapr, fcbatasmapr)
    End If
    If Form2.Check11.Value = 1 Then
        Call Sisi2YShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbatasshuz, fcbatasshuz)
        metode = "SU"
    Elseif metode = "SU" And Form2.Check11.Value = 0 Then
        Call Sisi2YShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbatasshuz, fcbatasshuz)
    End If
    If Form2.Check12.Value = 1 Then
        Call Sisi2YKuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbataskuta, fcbataskuta)
        metode = "KT"
    Elseif metode = "KT" And Form2.Check12.Value = 0 Then
        Call Sisi2YKuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbataskuta, fcbataskuta)
    End If
    Elseif penampang = "Persegi" And Tulangan = "sisi4" Then
        Call Sisi4Pb(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)
        Call Sisi4(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)
    If Form2.Check4.Value = 1 Then
        Call Sisi4KP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatas,
        fcbatas)
        metode = "KP"
    Elseif metode = "KP" And Form2.Check4.Value = 0 Then
        Call Sisi4KP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatas,
        fcbatas)
    End If
    If Form2.Check6.Value = 1 Then
        Call Sisi4KoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
        ecbataskoka, fcbataskoka)
        metode = "KK"
    Elseif metode = "KK" And Form2.Check6.Value = 0 Then
        Call Sisi4KoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
        ecbataskoka, fcbataskoka)

```

```

End If
If Form2.Check5.Value = 1 Then
    Call Sisi4DiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatasdifr,
fcbatasdifr)
    metode = "DF"
    ElseIf metode = "DF" And Form2.Check5.Value = 0 Then
        Call Sisi4DiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n, ecbatasdifr,
fcbatasdifr)
    End If
    If Form2.Check7.Value = 1 Then
        Call Sisi4CuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
ecbatascupa, fcbatascupa)
        metode = "CP"
        ElseIf metode = "CP" And Form2.Check7.Value = 0 Then
            Call Sisi4CuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n,
ecbatascupa, fcbatascupa)
        End If
        If Form2.Check8.Value = 1 Then
            Call Sisi4HoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatashoha, fcbatashoha)
            metode = "HH"
            ElseIf metode = "HH" And Form2.Check8.Value = 0 Then
                Call Sisi4HoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatashoha, fcbatashoha)
            End If
            If Form2.Check9.Value = 1 Then
                Call Sisi4YoNa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasyona, fcbatasyona)
                metode = "YN"
                ElseIf metode = "YN" And Form2.Check9.Value = 0 Then
                    Call Sisi4YoNa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasyona, fcbatasyona)
                End If
                If Form2.Check10.Value = 1 Then
                    Call Sisi4MaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasmapr, fcbatasmapr)
                    metode = "MP"
                    ElseIf metode = "MP" And Form2.Check10.Value = 0 Then

```

```

    Call Sisi4MaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
    ecbatasmapr, fcbatasmapr)
    End If
    If Form2.Check11.Value = 1 Then
        Call Sisi4ShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbatasshuz, fcbatasshuz)
        metode = "SU"
    ElseIf metode = "SU" And Form2.Check11.Value = 0 Then
        Call Sisi4ShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbatasshuz, fcbatasshuz)
    End If
    If Form2.Check12.Value = 1 Then
        Call Sisi4KuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbataskuta, fcbataskuta)
        metode = "KT"
    ElseIf metode = "KT" And Form2.Check12.Value = 0 Then
        Call Sisi4KuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
        ecbataskuta, fcbataskuta)
    End If
    End If
    For i = 1 To 20
        For j = 1 To 20
            Form1.Spreadsheet1.Worksheets(3).Cells(i, j) = ""
        Next j
    Next i
    akProgressBar1.Visible = False
End Sub

```

```

Private Sub Exit_Click()

```

```

    End

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()

```

```

    Timer1.Interval = 1000

```

```

    Form1.TwoX.Enabled = False

```

```

    Form1.TwoY.Enabled = False

```

```

    Form1.Fourside.Enabled = False

```

```

    Form1.KentPark.Enabled = False

```

```

    Form1.DinizFrangopol.Enabled = False

```

```
Form1.KonstantinidisKappos.Enabled = False
Form1.CussonPaultre.Enabled = False
Form1.HongHan.Enabled = False
Form1.YoungNawy.Enabled = False
Form1.ManderPriestley.Enabled = False
Form1.SheikhUzumeri.Enabled = False
Form1.KusumaTavio.Enabled = False
Form1.Command1.Enabled = False
Form1.ChartSpace1.Charts(0).Axes(1).Scaling.Minimum = 0
```

End Sub

Private Sub Fourside_Click()

```
Form5.Show
```

End Sub

Private Sub TwoX_Click()

```
Form6.Show
```

End Sub

Private Sub TwoY_Click()

```
Form7.Show
```

End Sub

Private Sub General_Click()

```
Form2.Show
```

End Sub

Private Sub HongHan_Click()

```
Form13.Show
```

End Sub

Private Sub KentPark_Click()

```
Form9.Show
```

End Sub

Private Sub KonstantinidisKappos_Click()

```
Form8.Show
```

End Sub


```
Private Sub KusumaTavio_Click()  
    Form20.Show  
End Sub
```

```
Private Sub ManderPriestley_Click()  
    Form16.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Material_Click()  
    Form3.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Rectangular_Click()  
    Form4.Show  
End Sub
```

```
Private Sub SheikhUzumeri_Click()  
    Form17.Show  
End Sub
```

```
Private Sub YoungNawy_Click()  
    Form14.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()  
    Form1.Label1.Caption = Time  
End Sub
```

```
Private Sub LoadPlotting_Click()  
    Form18.Show  
End Sub
```

General.frm (Form 2)

Private Sub Command1_Click()

```
Form2.Visible = False
If Form2.Check4.Value = 1 Then
    Form1.KentPark.Enabled = True
Else
    Form1.KentPark.Enabled = False
End If
If Form2.Check5.Value = 1 Then
    Form1.DinizFrangopol.Enabled = True
Else
    Form1.DinizFrangopol.Enabled = False
End If
If Form2.Check6.Value = 1 Then
    Form1.KonstantinidisKappos.Enabled = True
Else
    Form1.KonstantinidisKappos.Enabled = False
End If
If Form2.Check7.Value = 1 Then
    Form1.CussonPaultre.Enabled = True
Else
    Form1.CussonPaultre.Enabled = False
End If
If Form2.Check8.Value = 1 Then
    Form1.HongHan.Enabled = True
Else
    Form1.HongHan.Enabled = False
End If
If Form2.Check9.Value = 1 Then
    Form1.YoungNawy.Enabled = True
Else
    Form1.YoungNawy.Enabled = False
End If
If Form2.Check10.Value = 1 Then
    Form1.ManderPriestley.Enabled = True
Else
    Form1.ManderPriestley.Enabled = False
```

```

End If
If Form2.Check11.Value = 1 Then
    Form1.SheikhUzumeri.Enabled = True
Else
    Form1.SheikhUzumeri.Enabled = False
End If
If Form2.Check12.Value = 1 Then
    Form1.KusumaTavio.Enabled = True
Else
    Form1.KusumaTavio.Enabled = False
End If
'menampilkan form10 untuk polt diagram tegangan-regangan
If Form2.Check1.Value = 1 Or Form2.Check2.Value = 1 Or
Form2.Check3.Value = 1 Or Form2.Check4.Value = 1 Or
Form2.Check5.Value = 1 Or Form2.Check6.Value = 1 Or
Form2.Check7.Value = 1 Or Form2.Check8.Value = 1 Or
Form2.Check9.Value = 1 Or Form2.Check10.Value = 1 Or
Form2.Check11.Value = 1 Or Form2.Check12.Value = 1 Or
Form2.Check13.Value = 1 Or Form2.Check14.Value = 1 Or
Form2.Check15.Value = 1 Or Form2.Check16.Value = 1 Then
    Form1.Command1.Enabled = True
Else
    Form1.Command1.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Form2.Visible = False
End Sub

```

Material.frm (Form 3)

Private Sub Command1_Click()

```
fc1 = Val(fc)
ec1 = Round(ec, 2)
fcmax1 = fcmax
fy1 = Val(fy)
usy1 = usy
b11 = Round(bet1, 3)
Form3.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = fc1
Text2.Text = ec1
Text3.Text = fcmax1
Text4.Text = b11
Text6.Text = fy1
Text8.Text = usy1
Form3.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Text1_Change()

```
fc = Val(Text1.Text)
ec = 4700 * Val(fc) ^ 0.5
Text2.Text = Round(ec, 3)
fcmax = 0.85 * Val(fc)
Text3.Text = fcmax
If fc <= 30 Then
    bet1 = 0.85
ElseIf Val(fc) > 58 Then
    bet1 = 0.65
Else
    bet1 = 0.85 - (((Val(fc) - 30) / 7) * 0.05)
End If
Text4.Text = Round(bet1, 3)
```

End Sub

```
Private Sub Text2_Change()
```

```
    Text2.Text = Round(ec, 2)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Text6_Change()
```

```
    fy = Val(Text6.Text)
```

```
    es = Text7.Text
```

```
    usy = Val(fy) / es
```

```
    Text8.Text = Round(usy, 4)
```

```
End Sub
```

Section.frm (Form 4)

Private Sub Command1_Click()

```
Form1.Picture1.Cls
b1 = b
h1 = h
Ag = b1 * h1
Ix = Round(((b1 * h1 ^ 3) / 12), 2)
Iy = Round(((h1 * b1 ^ 3) / 12), 2)
scl = b1 / 2000
b2 = b1 / scl
h2 = h1 / scl
xst = (2500 - b2) / 2
yst = (2500 - h2) / 2
Form1.Picture1.ScaleMode = 0
Form4.Visible = False
Form1.Picture1.CurrentX = xst
Form1.Picture1.CurrentY = yst
Form1.Picture1.DrawWidth = 2
Form1.Picture1.Line -(b2 + xst, yst), , B
Form1.Picture1.Line -(b2 + xst, h2 + yst), , B
Form1.Picture1.Line -(xst, h2 + yst), , B
Form1.Picture1.Line -(xst, yst), , B
penampang = "Persegi"
Form1.TwoX.Enabled = True
Form1.TwoY.Enabled = True
Form1.Fourside.Enabled = True
```

End Sub

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = b1
Text2.Text = h1
Form4.Visible = False
```

End Sub

```
Private Sub Text1_Change()
```

```
    b = Val(Text1.Text)
```

```
    Text2.Text = Round(b, 0)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Change()
```

```
    h = Val(Text2.Text)
```

```
End Sub
```

FourSideEqual.frm (Form 5)

Private Sub Command1_Click()

Call RectaSection

spasi2 = 0

spasi1 = 0

spasi4 = 0

spasi5 = 0

n1 = n

'persyaratan jumlah tulangan

If n Mod 4 <> 0 Then

Msg = "Jumlah tulangan harus kelipatan 4"

Title = "Evaluasi jumlah tulangan"

qa = Round(n / 4, 0)

qa = qa * 4

n = InputBox(Msg, Title, qa)

End If

dia1 = dia

deck1 = deck

hoops1 = hoops

ccov = deck1 + hoops1

As1 = Round(((0.25 * 3.1415 * n * dia1 ^ 2), 2)

astul = As1 / n

Rho = Round((As1 * 100 / Ag), 3)

Form5.Visible = False

For i = 1 To ((n / 4) + 1)

spasi2 = spasi2 + spasi1

yc = yst+(deck / scl)+(hoops / scl)+(0.5 * dia / scl) + (spasi2 / scl)

xc = xst+(deck / scl)+(hoops / scl)+(0.5 * dia / scl)

ycl = yst+(deck / scl)+(hoops / scl)+(0.5 * dia / scl)+(spasi2 / scl)

xc1 = xst + (b / scl) - ((deck / scl) + (hoops / scl)+(0.5 * dia / scl))

spasi1 = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / (((n / 4) + 1) - 1)

Form1.Picture1.CurrentX = xc

Form1.Picture1.CurrentY = yc

Form1.Picture1.DrawWidth = 1

Form1.Picture1.FillColor = vbBlack

Form1.Picture1.FillStyle = 0

Form1.Picture1.Circle (xc, yc), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , , 1


```

Form1.Picture1.Circle (xc1, yc1), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , , 1
Next i
spasi2 = 0
spasi4 = (b - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / (((n / 4) + 1) - 1)
For i = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
spasi2 = spasi2 + spasi4
xc = xst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl) + (spasi2 / scl)
yc = yst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl)
xc1 = xst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl) + (spasi2 / scl)
yc1 = yst + (h / scl) - ((deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl))
spasi4 = (b - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / (((n / 4) + 1) - 1)
Form1.Picture1.CurrentX = xc
Form1.Picture1.CurrentY = yc
Form1.Picture1.DrawWidth = 1
Form1.Picture1.FillColor = vbBlack
Form1.Picture1.FillStyle = 0
Form1.Picture1.Circle (xc, yc), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , , 1
Form1.Picture1.Circle (xc1, yc1), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , , 1
Next i
xxc = xst + (deck / scl) + (hoops / scl)
yyc = yst + (deck / scl) + (hoops / scl)
Form1.Picture1.CurrentX = xxc
Form1.Picture1.CurrentY = yyc
Form1.Picture1.Line -(b2 + xxc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl),
yyc), , B
Form1.Picture1.Line -(b2 + xxc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl),
h2 + yyc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl)), , B
Form1.Picture1.Line -(xxc, h2 + yyc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops /
scl)), , B
Form1.Picture1.Line -(xxc, yyc), , B
Form1.Picture1.CurrentX = 1080
Form1.Picture1.CurrentY = 1190
t = Format(Rho, ".00") + "%o"
Form1.Picture1.Print t
spasi3 = Round(spasi1, 2) - dia
spasi5 = Round(spasi4, 2) - dia
Tulangan = "sisi4"

```

End Sub

Private Sub Command2_Click()

Text1.Text = n1

Text2.Text = dia1

Text3.Text = deck1

Text4.Text = hoops1

Form5.Visible = False

End Sub

Private Sub Text1_Change()

n = Text1.Text

End Sub

Private Sub Text2_Change()

dia = Text2.Text

End Sub

Private Sub Text3_Change()

deck = Text3.Text

End Sub

Private Sub Text4_Change()

hoops = Text4.Text

End Sub

TwoSideX.frm (Form 6)

Private Sub Command1_Click()

Call RectaSection

spasi2 = 0

spasi1 = 0

n1 = n

'persyaratan jumlah tulangan

If n Mod 2 <> 0 Then

Msg = "Jumlah tulangan harus genap"

Title = "Evaluasi jumlah tulangan"

qa = Round(n / 2, 0)

qa = qa * 2

n = InputBox(Msg, Title, qa)

End If

dial = dia

deck1 = deck

hoops1 = hoops

ccov = deck1 + hoops1

As1 = Round((0.25 * 3.1415 * n * dial ^ 2), 2)

astul = As1 / n

Rho = Round((As1 * 100 / Ag), 3)

Form6.Visible = False

For i = 1 To (n / 2)

spasi2 = spasi2 + spasi1

xc = xst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl) + (spasi2 / scl)

yc = yst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl)

xc1 = xst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl) + (spasi2 / scl)

yc1 = yst + (h / scl) - ((deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl))

Form1.Picture1.CurrentX = xc

Form1.Picture1.CurrentY = yc

spasi1 = (b - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 2) - 1)

Form1.Picture1.DrawWidth = 1

Form1.Picture1.FillColor = vbBlack

Form1.Picture1.FillStyle = 0

```

Form1.Picture1.Circle (xc, yc), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , , 1
Form1.Picture1.Circle (xc1, yc1), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , , 1
Next i
xxc = xst + (deck / scl) + (hoops / scl)
yyc = yst + (deck / scl) + (hoops / scl)
Form1.Picture1.CurrentX = xxc
Form1.Picture1.CurrentY = yyc
Form1.Picture1.DrawWidth = 1
Form1.Picture1.FillColor = vbBlack
Form1.Picture1.FillStyle = 0
Form1.Picture1.Line -(b2 + xxc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl),
yyc)
Form1.Picture1.Line -(b2 + xxc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl),
h2 + yyc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl))
Form1.Picture1.Line -(xxc, h2 + yyc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops /
scl))
Form1.Picture1.Line -(xxc, yyc)
Form1.Picture1.CurrentX = 1080
Form1.Picture1.CurrentY = 1190
t = Format(Rho, ".00") + "%"
Form1.Picture1.Print t
spasi3 = Round(spasi1, 2) - dia
Tulangan = "sisi2X"

```

End Sub

Private Sub Command2_Click()

```

Text1.Text = n1
Text2.Text = dia1
Text3.Text = deck1
Text4.Text = hoops1
Form6.Visible = False

```

End Sub

Private Sub Text1_Change()

```
n = Text1.Text
```

End Sub

Private Sub Text2_Change()

```
dia = Text2.Text
```

End Sub

Private Sub Text3_Change()

 deck = Text3.Text

End Sub

Private Sub Text4_Change()

 hoops = Text4.Text

End Sub

TwoSideY.frm (Form 7)

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = n1
Text2.Text = dia1
Text3.Text = deck1
Text4.Text = hoops1
Form7.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Text1_Change()

```
n = Text1.Text
```

End Sub

Private Sub Text2_Change()

```
dia = Text2.Text
```

End Sub

Private Sub Text3_Change()

```
deck = Text3.Text
```

End Sub

Private Sub Text4_Change()

```
hoops = Text4.Text
```

End Sub

Private Sub Command1_Click()

```
Call RectaSection
spasi2 = 0
spasi1 = 0
n1 = n
'persyaratan jumlah tulangan
If n Mod 2 <> 0 Then
Msg = "Jumlah tulangan harus genap"
Title = "Evaluasi jumlah tulangan"
qa = Round(n / 2, 0)
qa = qa * 2
n = InputBox(Msg, Title, qa)
```

```

End If
dia1 = dia
deck1 = deck
hoops1 = hoops
ccov = deck1 + hoops1
As1 = Round((0.25 * 3.1415 * n * dia1 ^ 2), 2)
astul = As1 / n
Rho = Round((As1 * 100 / Ag), 3)
Form7.Visible = False
For i = 1 To (n / 2)
spasi2 = spasi2 + spasi1
yc = yst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl) + (spasi2 / scl)
xc = xst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl)
yc1 = yst + (deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl) + (spasi2 / scl)
xc1 = xst + (b / scl) - ((deck / scl) + (hoops / scl) + (0.5 * dia / scl))
Form1.Picture1.CurrentX = xc
Form1.Picture1.CurrentY = yc
spasi1 = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 2) - 1)
Form1.Picture1.DrawWidth = 1
Form1.Picture1.FillColor = vbBlack
Form1.Picture1.FillStyle = 0
Form1.Picture1.Circle (xc, yc), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , 1
Form1.Picture1.Circle (xc1, yc1), (0.5 * dia / scl), vbBlack, , 1
Next i
xxc = xst + (deck / scl) + (hoops / scl)
yyc = yst + (deck / scl) + (hoops / scl)
Form1.Picture1.CurrentX = xxc
Form1.Picture1.CurrentY = yy
Form1.Picture1.DrawWidth = 1
Form1.Picture1.FillColor = vbBlack
Form1.Picture1.FillStyle = 0
Form1.Picture1.Line -(b2 + xxc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl), yy)
Form1.Picture1.Line -(b2 + xxc - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl), h2 + yy - (2 * deck / scl) - (2 * hoops / scl))

```

```
Form1.Picture1.Line -(xxc, h2 + yyc - (2 * deck / scle) - (2 * hoops /  
scle))
```

```
Form1.Picture1.Line -(xxc, yyc)
```

```
Form1.Picture1.CurrentX = 1080
```

```
Form1.Picture1.CurrentY = 1190
```

```
t = Format(Rho, ".00") + "%"
```

```
Form1.Picture1.Print t
```

```
spasi3 = Round(spasi1, 2) - dia
```

```
Tulangan = "sisi2Y"
```

```
End Sub
```


KonstantinidisKapposInput.frm (Form 8)

Private Sub Command1_Click()

```
If Option2.Value = True Then
    If legKoKa <= 2 Then
        Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"
        Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"
        qa = 3
        legKoKa = InputBox(Msg, Title, qa)
        Text5.Text = legKoKa
    End If
ElseIf Option1.Value = True Then
    legKoKa = 2
End If
fyw1 = Val(fyw)
shkoka1 = Val(shkoka)
persenkoka1 = Val(persenkoka)
jumpiaskoka1 = Val(jumpiaskoka)
legKoKa1 = Val(legKoKa)
Form8.Visible = False
Form1.Command1.Enabled = True
End Sub
```

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = fyw1
Text2.Text = shkoka1
Text3.Text = persenkoka1
Text4.Text = jumpiaskoka1
Text5.Text = legKoKa1
Form8.Visible = False
End Sub
```

Private Sub Form_Load()

```
Text5.Visible = False
End Sub
```

Private Sub Option1_Click()

```
Text5.Visible = False
```

```
Option1.ForeColor = vbBlack
Option2.ForeColor = &H80000015
Label6.ForeColor = &H80000015
Text5.Text = 0
Option2.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
Text5.Visible = True
Option2.ForeColor = vbBlack
Label6.ForeColor = vbBlack
Option1.ForeColor = &H80000015
Option1.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
fyw = Text1.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Change()
shkoka = Text2.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text3_Change()
persenkoka = Text3.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text4_Change()
jumpsaskoka = Text4.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Change()
legKoKa = Text5.Text
End Sub
```

KentParkMethod.frm (Form 9)

Private Sub Command1_Click()

```
If Option2.Value = True Then
    If legKP <= 2 Then
        Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"
        Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"
        qa = 3
        legKP = InputBox(Msg, Title, qa)
        Text4.Text = legKP
    End If
Elseif Option1.Value = True Then
    legKP = 2
End If
    jumpias1 = Val(jumPias)
    sh1 = Val(sh)
    persen1 = Val(persen1)
    legKP1 = Val(legKP)
    Form9.Visible = False
    Form1.Command1.Enabled = True
End Sub
```

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = sh1
Text2.Text = persen1
Text3.Text = jumpias1
Text4.Text = legKP1
Form9.Visible = False
End Sub
```

Private Sub Form_Load()

```
Text4.Visible = False
End Sub
```

Private Sub Option1_Click()

```
Form9.Text4.Visible = False
Option1.ForeColor = vbBlack
```

```
Option2.ForeColor = &H80000015
Label4.ForeColor = &H80000015
Text4.Text = 0
Option2.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
Form9.Text4.Visible = True
Option2.ForeColor = vbBlack
Label4.ForeColor = vbBlack
Option1.ForeColor = &H80000015
Option1.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
sh = Text1.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Change()
persen = Val(Text2.Text)
persen1 = persen / 100
End Sub
```

```
Private Sub Text3_Change()
jumPias = Val(Text3.Text)
End Sub
```

```
Private Sub Text4_Change()
legKP = Text4.Text
End Sub
```

DinizFrangopol.frm (Form 11)

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = fyhDiFr1  
Text2.Text = shDiFr1  
Text3.Text = persenDiFr1  
Text4.Text = jumpiasDiFr1  
Text5.Text = legDiFr1  
Form11.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Form_Load()

```
Text5.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Option1_Click()

```
Text5.Visible = False  
Option1.ForeColor = vbBlack  
Option2.ForeColor = &H80000015  
Label6.ForeColor = &H80000015  
Text5.Text = 0  
Option2.Value = False
```

End Sub

Private Sub Option2_Click()

```
Text5.Visible = True  
Option2.ForeColor = vbBlack  
Label6.ForeColor = vbBlack  
Option1.ForeColor = &H80000015  
Option1.Value = False
```

End Sub

Private Sub Text5_Change()

```
legDiFr = Text5.Text
```

End Sub

Private Sub Text1_Change()

```
fyhDiFr = Text1.Text
```

End Sub

Private Sub Text2_Change()

shDiFr = Text2.Text

End Sub

Private Sub Text3_Change()

persenDiFr = Text3.Text

End Sub

Private Sub Text4_Change()

jumpiasDiFr = Text4.Text

End Sub

Private Sub Command1_Click()

If Option2.Value = True Then

If legDiFr <= 2 Then

Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"

Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"

qa = 3

legDiFr = InputBox(Msg, Title, qa)

Text5.Text = legDiFr

End If

ElseIf Option1.Value = True Then

legDiFr = 2

End If

fyhDiFr1 = Val(fyhDiFr)

shDiFr1 = Val(shDiFr)

persenDiFr1 = Val(persenDiFr)

jumpiasDiFr1 = Val(jumpiasDiFr)

legDiFr1 = Val(legDiFr)

Form11.Visible = False

Form1.Command1.Enabled = True

End Sub

CussonPaultre.frm (Form 12)

```
Private Sub Command1_Click()  
If Option2.Value = True Then  
    If legCuPa <= 2 Then  
        Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"  
        Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"  
        qa = 3  
        legCuPa = InputBox(Msg, Title, qa)  
        Text5.Text = legCuPa  
    End If  
Elseif Option1.Value = True Then  
legCuPa = 2  
End If  
    fyhCuPa1 = Val(fyhCuPa)  
    shCuPa1 = Val(shCuPa)  
    persenCuPa1 = Val(persenCuPa)  
    jumpiasCuPa1 = Val(jumpiasCuPa)  
    legCuPa1 = Val(legCuPa)  
    Form12.Visible = False  
    Form1.Command1.Enabled = True  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Text1.Text = fyhCuPa1  
Text2.Text = shCuPa1  
Text3.Text = persenCuPa1  
Text4.Text = jumpiasCuPa1  
Text5.Text = legCuPa1  
Form12.Visible = False  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
Text5.Visible = False  
End Sub
```

```
Private Sub Option1_Click()  
Text5.Visible = False
```

```
Option1.ForeColor = vbBlack
Option2.ForeColor = &H80000015
Label6.ForeColor = &H80000015
Text5.Text = 0
Option2.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
Text5.Visible = True
Option2.ForeColor = vbBlack
Label6.ForeColor = vbBlack
Option1.ForeColor = &H80000015
Option1.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Change()
legCuPa = Text5.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
fyhCuPa = Text1.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Change()
shCuPa = Text2.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text3_Change()
persenCuPa = Text3.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text4_Change()
jumpiasCuPa = Text4.Text
End Sub
```


HongHan.frm (Form 13)

Private Sub Command1_Click()

```
If Option2.Value = True Then
    If legHoHa <= 2 Then
        Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"
        Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"
        qa = 3
        legHoHa = InputBox(Msg, Title, qa)
        Text5.Text = legHoHa
    End If
ElseIf Option1.Value = True Then
    legHoHa = 2
End If
fyhHoHa1 = Val(fyhHoHa)
shHoHa1 = Val(shHoHa)
persenHoHa1 = Val(persenHoHa)
jumpsiasHoHa1 = Val(jumpsiasHoHa)
legHoHa1 = Val(legHoHa)
Form13.Visible = False
Form1.Command1.Enabled = True
```

End Sub

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = fyhHoHa1
Text2.Text = shHoHa1
Text3.Text = persenHoHa1
Text4.Text = jumpsiasHoHa1
Text5.Text = legHoHa1
Form13.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Form_Load()

```
Text5.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Option1_Click()

```
Text5.Visible = False
Option1.ForeColor = vbBlack
Option2.ForeColor = &H80000015
Label6.ForeColor = &H80000015
Text5.Text = 0
Option2.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
Text5.Visible = True
Option2.ForeColor = vbBlack
Label6.ForeColor = vbBlack
Option1.ForeColor = &H80000015
Option1.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Change()
legHoHa = Text5.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
fyhHoHa = Text1.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Change()
shHoHa = Text2.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text3_Change()
persenHoHa = Text3.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text4_Change()
jumpiasHoHa = Text4.Text
End Sub
```

YongNourNawy.frm (Form 14)

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = fyhYoNaI  
Text2.Text = shYoNaI  
Text3.Text = persenYoNaI  
Text4.Text = jumpiasYoNaI  
Text5.Text = legYoNaI  
Form14.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Form_Load()

```
Text5.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Option1_Click()

```
Text5.Visible = False  
Option1.ForeColor = vbBlack  
Option2.ForeColor = &H80000015  
Label6.ForeColor = &H80000015  
Text5.Text = 0  
Option2.Value = False
```

End Sub

Private Sub Option2_Click()

```
Text5.Visible = True  
Option2.ForeColor = vbBlack  
Label6.ForeColor = vbBlack  
Option1.ForeColor = &H80000015  
Option1.Value = False
```

End Sub

Private Sub Text5_Change()

```
legYoNa = Text5.Text
```

End Sub

Private Sub Text1_Change()

```
fyhYoNa = Text1.Text
```

End Sub

Private Sub Text2_Change()

shYoNa = Text2.Text

End Sub

Private Sub Text3_Change()

persenYoNa = Text3.Text

End Sub

Private Sub Text4_Change()

jumpiasYoNa = Text4.Text

End Sub

Private Sub Command1_Click()

If Option2.Value = True Then

If legYoNa <= 2 Then

Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"

Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"

qa = 3

legYoNa = InputBox(Msg, Title, qa)

Text5.Text = legYoNa

End If

Elseif Option1.Value = True Then

legYoNa = 2

End If

fyhYoNa1 = Val(fyhYoNa)

shYoNa1 = Val(shYoNa)

persenYoNa1 = Val(persenYoNa)

jumpiasYoNa1 = Val(jumpiasYoNa)

legYoNa1 = legYoNa

Form14.Visible = False

Form1.Command1.Enabled = True

End Sub

ManderPriestley.frm (Form 16)

```
Private Sub Command1_Click()
If Option2.Value = True Then
    If legMaPr <= 2 Then
        Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"
        Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"
        qa = 3
        legMaPr = InputBox(Msg, Title, qa)
        Text5.Text = legMaPr
    End If
ElseIf Option1.Value = True Then
    legMaPr = 2
End If
    fyhMaPr1 = Val(fyhMaPr)
    shMaPr1 = Val(shMaPr)
    persenMaPr1 = Val(persenMaPr)
    jumpiasMaPr1 = Val(jumpiasMaPr)
    legMaPr1 = Val(legMaPr)
    Form16.Visible = False
    Form1.Command1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Text1.Text = fyhMaPr1
    Text2.Text = shMaPr1
    Text3.Text = persenMaPr1
    Text4.Text = jumpiasMaPr1
    Text5.Text = legMaPr1
    Form16.Visible = False
End Sub

Private Sub Form_Load()
Text5.Visible = False
End Sub

Private Sub Option1_Click()
Text5.Visible = False
```

```
Option1.ForeColor = vbBlack
Option2.ForeColor = &H80000015
Label6.ForeColor = &H80000015
Text5.Text = 0
Option2.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
Text5.Visible = True
Option2.ForeColor = vbBlack
Label6.ForeColor = vbBlack
Option1.ForeColor = &H80000015
Option1.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Change()
legMaPr = Text5.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
fyhMaPr = Text1.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Change()
shMaPr = Text2.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text3_Change()
persenMaPr = Text3.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text4_Change()
jumpiasMaPr = Text4.Text
End Sub
```

SheikhUzumeri.frm (Form 17)

Private Sub Command1_Click()

```
If Option2.Value = True Then
    If legShuZ <= 2 Then
        Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"
        Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"
        qa = 3
        legShuZ = InputBox(Msg, Title, qa)
        Text5.Text = legShuZ
    End If
Elseif Option1.Value = True Then
    legShuZ = 2
End If
fyhShUz1 = Val(fyhShUz)
shShUz1 = Val(shShUz)
persenShUz1 = Val(persenShUz)
jumpiasShUz1 = Val(jumpiasShUz)
legShuZ1 = Val(legShuZ)
Form17.Visible = False
Form1.Command1.Enabled = True
End Sub
```

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = fyhShUz1
Text2.Text = shShUz1
Text3.Text = persenShUz1
Text4.Text = jumpiasShUz1
Text5.Text = legShuZ1
Form17.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Form_Load()

```
Text5.Visible = False
End Sub
```

Private Sub Option1_Click()

```
Text5.Visible = False
```

```
Option1.ForeColor = vbBlack
Option2.ForeColor = &H80000015
Label6.ForeColor = &H80000015
Text5.Text = 0
Option2.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
Text5.Visible = True
Option2.ForeColor = vbBlack
Label6.ForeColor = vbBlack
Option1.ForeColor = &H80000015
Option1.Value = False
End Sub
```

```
Private Sub Text1_Change()
fyhShUz = Text1.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Change()
shShUz = Text2.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text3_Change()
persenShUz = Text3.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text4_Change()
jumpiasShUz = Text4.Text
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Change()
legShuZ = Text5.Text
End Sub
```



PlotLoadFactored.frm (Form 18)

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
Form18.Visible = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
i = List2.ListCount
```

```
Pload(i) = Val(Text1.Text)
```

```
Mxload(i) = Val(Text2.Text)
```

```
List2.AddItem Pload(i)
```

```
List3.AddItem i + 1
```

```
List4.AddItem Mxload(i)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
Form18.Visible = False
```

```
For i = 0 To 20
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(2).Cells(i + 2, 1) = ""
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(2).Cells(i + 2, 2) = ""
```

```
Next i
```

```
For i = 0 To List2.ListCount - 1
```

```
Pload(i) = Val(List2.List(i))
```

```
Mxload(i) = Val(List4.List(i))
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(2).Cells(i + 2, 1) = Pload(i)
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(2).Cells(i + 2, 2) = Mxload(i)
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
```

```
If List2.ListIndex >= 0 Then
```

```
List2.RemoveItem List2.ListIndex
```

```
List3.RemoveItem List3.ListIndex
```

```
List4.RemoveItem List4.ListIndex
```

```
End If
```

```
List3.Clear
```

```
For i = 0 To List2.ListCount - 1
```

```
List3.AddItem i + 1
```

Next i
End Sub

Private Sub List2_Click()
List3.TopIndex = List2.TopIndex
List4.TopIndex = List2.TopIndex
List3.ListIndex = List2.ListIndex
List4.ListIndex = List2.ListIndex
End Sub

Private Sub List3_Click()
List2.TopIndex = List3.TopIndex
List4.TopIndex = List3.TopIndex
List2.ListIndex = List3.ListIndex
List4.ListIndex = List3.ListIndex
End Sub

Private Sub List4_Click()
List2.TopIndex = List4.TopIndex
List3.TopIndex = List4.TopIndex
List2.ListIndex = List4.ListIndex
List3.ListIndex = List4.ListIndex
End Sub

KusumaTavio.frm (Form 20)

Private Sub Command1_Click()

```
If Option2.Value = True Then
    If legKuTa <= 2 Then
        Msg = "Jumlah kaki sengkang harus > 2"
        Title = "Evaluasi jumlah kaki sengkang"
        qa = 3
        legKuTa = InputBox(Msg, Title, qa)
        Text5.Text = legKuTa
    End If
Elseif Option1.Value = True Then
    legKuTa = 2
End If
    fyhKuTa1 = Val(fyhKuTa)
    shKuTa1 = Val(shKuTa)
    persenKuTa1 = Val(persenKuTa)
    jumpiasKuTa1 = Val(jumpiasKuTa)
    legKuTa1 = Val(legKuTa)
    Form20.Visible = False
    Form1.Command1.Enabled = True
End Sub
```

Private Sub Form_Load()

```
Text5.Visible = False
End Sub
```

Private Sub Option1_Click()

```
Text5.Visible = False
Option1.ForeColor = vbBlack
Option2.ForeColor = &H80000015
Label6.ForeColor = &H80000015
Text5.Text = 0
Option2.Value = False
End Sub
```

Private Sub Option2_Click()

```
Text5.Visible = True
```

```
Option2.ForeColor = vbBlack
Label6.ForeColor = vbBlack
Option1.ForeColor = &H80000015
Option1.Value = False
```

End Sub

Private Sub Command2_Click()

```
Text1.Text = fyhKuTa1
Text2.Text = shKuTa1
Text3.Text = persenKuTa1
Text4.Text = jumpiasKuTa1
Text5.Text = legKuTa1
Form20.Visible = False
```

End Sub

Private Sub Text1_Change()

```
fyhKuTa = Text1.Text
```

End Sub

Private Sub Text2_Change()

```
shKuTa = Text2.Text
```

End Sub

Private Sub Text3_Change()

```
persenKuTa = Text3.Text
```

End Sub

Private Sub Text4_Change()

```
jumpiasKuTa = Text4.Text
```

End Sub

Private Sub Text5_Change()

```
legKuTa = Text5.Text
```

End Sub

RectangularSection.bas (Module 1)

Option Explicit

Global Const pi = 3.141592654

Global xst, yst, spasi1, spasi2, xc, yc, xc1, yc1, Pload(20), Mxload(20)
As Double

Global n, n1, dia1, deck1, hoops1, dia, deck, hoops As Double

Global b, b1, h1, h, sclc, b2, h2, Ag, Ix, Iy As Double

Global ec, fcmx, bet1, ey, usc, usy, Rho, As1 As Double

Global fc, fy, fc1, ec1, fcmx1, fy1, usy1, b11, ccov, agcomp, jarak,
fc085, regA, regU, deltaregA As Double

Global spasi3, es, astul, C, Z, p, M, Ph, i, j, Po, Ixrc, Iyrc As Double

Global penampang, Tulangan, metode, diagram As String

Global space Pb, Pb1, Mb1, cb1, Mb, P01, Cb, es2, As Double

Global Pmax, Mmax, cmax, pmaxc, mmmaxc, cmaxc, Pbend, Mbend,
Cbend, Mtot, ftot, Pcont, Mcont, Ccont, PbendACI, MbendACI As
Double

Global ptaci, mtaci, ctaci, Pnmax, Mnmax, Pnmaxc, Mnmaxc, pnt, mnt,
cnt, Pnoo, Mnoo, Pno1, Mno1 As Double

Global Pribend, Mnbend, aphi, bphi, alpha, esc(100), acos1 As Double

Sub RectaSection()

Form1.Picture1.Cls

b1 = b

h1 = h

Ag = b1 * h1

Ix = Round(((b1 * h1 ^ 3) / 12), 2)

Iy = Round(((h1 * b1 ^ 3) / 12), 2)

sclc = b1 / 2000

b2 = b1 / sclc

h2 = h1 / sclc

xst = (2500 - b2) / 2

yst = (2500 - h2) / 2

Form1.Picture1.ScaleMode = 0

Form4.Visible = False

Form1.Picture1.CurrentX = xst

Form1.Picture1.CurrentY = yst

```
Form1.Picture1.DrawWidth = 2
Form1.Picture1.Line -(b2 + xst, yst), , B
Form1.Picture1.Line -(b2 + xst, h2 + yst), , B
Form1.Picture1.Line -(xst, h2 + yst), , B
Form1.Picture1.Line -(xst, yst), , B
penampang = "Persegi"
```

End Sub

Sub plotWhitney(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)

```
fc085 = 0.85 * fc1
```

```
regU = 0.003
```

```
deltaregA = b11 * regU
```

```
regA = regU - deltaregA
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(1, 25) = regA
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(2, 25) = regA
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(3, 25) = regU
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(4, 25) = regU
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(1, 26) = 0
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(2, 26) = fc085
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(3, 26) = fc085
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(4, 26) = 0
```

End Sub

Plotting.bas (Module 2)

Function Sisi2X(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a As Double

Z = 0.003 / usy1

d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((0.85 * fc1 * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 1000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.05

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.01

Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 10

Else

Z = Z - 20

End If

'hitung garis netral c

C = (0.003 / (0.003 - (Z * usy))) * d2

'hitung e2

es1 = (C - d1) * 0.003 / C

'hitung es1

es2 = Z * usy1

'hitung fs2

If es2 * es > fy1 Then

fs2 = fy1 * astul * n1 / 2

Elseif es2 * es < -fy1 Then

fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2

Else

fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2

End If

'hitung fs1

If es1 * es > fy1 Then

```

fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
Elseif es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else
fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2
End If
'hitung a
a = b11 * C
If a > h1 Then
a = h1
Else
a = b11 * C
End If
'hitung cc
cc = 0.85 * fc1 * a * b1
'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000
'Hitung M
M = (cc * ((h1 / 2) - (a / 2)) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

' If p > Po Then
'   p = Po
' Else
'   p = p
'End If
If p >= Po Then
pmaxc = p
mmaxc = M
cmaxc = Round(C, 0)
Pnmaxc = Round(p, 3)
Mnmaxc = Round(M, 3)
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
pmaxc = Round(pmaxc * Ph, 3)
mmaxc = Round(mmaxc * Ph, 3)
End If
If p < 0 And Pbend = 0 Then
Pbend = p
Mbend = M

```



```

Pnbend = Round(p, 3)
Mnbend = Round(M, 3)
Cbend = Round(C, 0)
Call PhiACI02(es2, usy1)
PbendACI = Round(Pbend * Ph, 3)
MbendACI = Round(Mbend * Ph, 3)
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
Pbend = Round(Pbend * Ph, 3)
Mbend = Round(Mbend * Ph, 3)
End If
If Form2.Check1.Value = 1 Then
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
Else
Ph = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 1) = p * Ph
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 2) = M * Ph
If Form2.Check2.Value = 1 Then
Call PhiACI02(es2, usy1)
Else
Ph = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 3) = p * Ph
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 4) = M * Ph
If Form2.Check3.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 5) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 6) = M
If i = 200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600

```

```

ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 1000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i

```

End Function

Function Sisi2Y(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)

```
Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
```

```
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot As Double
```

```
Z = 0.003 / usy1
```

```
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
```

```
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)
```

```
Po = ((0.85 * fc1 * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
```

```
Pbend = 0
```

```
Mbend = 0
```

```
Cbend = 0
```

```
For i = 1 To 1000
```

```
'hitung z
```

```
If Z > -1 Then
```

```
Z = Z - 0.05
```

```
ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
```

```
Z = Z - 0.01
```

```
ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
```

```
Z = Z - 10
```

```
Else
```

```
Z = Z - 20
```

```
End If
```

```
'hitung garis netral c
```

```
C = (0.003 / (0.003 - (Z * usy1))) * d2
```

```
'hitung e2
```

```
es1 = (C - d1) * 0.003 / C
```

```
'hitung es1
```

```
es2 = Z * usy1
```

```
'hitung fs2
```

```
If es2 * es > fy1 Then
```

```
fs2 = fy1 * astul * 2
```

```
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
```

```

    fs2 = -fy1 * astul * 2
    Else
    fs2 = es2 * es * astul * 2
    End If
'hitung fs1
    If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * 2
    ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * 2
    Else
    fs1 = es1 * es * astul * 2
    End If
'hitung a
a = b11 * C
If a > h1 Then
a = h1
Else
a = b11 * C
End If
'hitung cc
cc = 0.85 * fc1 * a * b1
ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
    For j = 1 To (n / 2) - 2
        d(j) = d1 + spasi1 * j
        e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
        If e(j) * es > fy1 Then
            f(j) = fy1 * astul * 2
        ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
            f(j) = -fy1 * astul * 2
        Else
            f(j) = e(j) * es * astul * 2
        End If
        ftot = ftot + f(j)
        Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
    Next j
Else
ftot = 0

```

```

Mtot = 0
End If
'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
'Hitung M
M = (Mtot + cc * ((h1 / 2) - (a / 2)) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 /
2) - d2)) / 1000000

'If p > Po Then
'p = Po
'Else
'p = p
'End If
If p >= Po Then
pmaxc = p
mmaxc = M
cmaxc = Round(C, 0)
Pnmaxc = Round(p, 3)
Mnmaxc = Round(M, 3)
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
pmaxc = Round(pmaxc * Ph, 3)
mmaxc = Round(mmaxc * Ph, 3)
End If
If p < 0 And Pbend = 0 Then
Pbend = p
Mbend = M
Pnbend = Round(p, 3)
Mnbend = Round(M, 3)
Cbend = Round(C, 0)
Call PhiACI02(es2, usy1)
PbendACI = Round(Pbend * Ph, 3)
MbendACI = Round(Mbend * Ph, 3)
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
Pbend = Round(Pbend * Ph, 3)
Mbend = Round(Mbend * Ph, 3)
End If
If Form2.Check1.Value = 1 Then
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)

```

```

Else
Ph = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 1) = p * Ph
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 2) = M * Ph
If Form2.Check2.Value = 1 Then
Call PhiACI02(es2, usy1)
Else
Ph = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 3) = p * Ph
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 4) = M * Ph
If Form2.Check3.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 5) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 6) = M
If i = 200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 1000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function

```

```

Function Sisi4(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)
Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), flot, Mtot, space As Double
Z = 0.003 / usy1

```

```

d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)
Po = ((0.85 * fc1 * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 1000
'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.05
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If
If i = 36 Then
    wawa = 0
End If
'hitung garis netral c
C = (0.003 / (0.003 - (Z * usy1))) * d2
'hitung e2
es1 = (C - d1) * 0.003 / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
    If es2 * es > fy1 Then
        fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
    Elseif es2 * es < -fy1 Then
        fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
    Else
        fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
    End If
'hitung fs1
    If es1 * es > fy1 Then
        fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
    Elseif es1 * es < -fy1 Then

```

```

    fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
    Else
    fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
    End If
'hitung a
a = b11 * C
If a > h1 Then
a = h1
Else
a = b11 * C
End If
'hitung cc
cc = 0.85 * fc1 * a * b1
ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
    For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
        d(j) = d1 + space * j
        e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
        If e(j) * es > fy1 Then
            f(j) = fy1 * astul * 2
        ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
            f(j) = -fy1 * astul * 2
        Else
            f(j) = e(j) * es * astul * 2
        End If
        ftot = ftot + f(j)
        Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
    Next j
Else
    ftot = 0
    Mtot = 0
End If
'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
'Hitung M
M = (Mtot + cc * ((h1 / 2) - (a / 2)) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000

```

```

If p > Po Then
pmaxc = p
mmaxc = M
cmaxc = Round(C, 0)
Pnmaxc = Round(p, 3)
Mnmaxc = Round(M, 3)
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
pmaxc = Round(pmaxc * Ph, 3)
mmaxc = Round(mmaxc * Ph, 3)
End If
If p > Po Then
pmaxc = p
mmaxc = M
cmaxc = Round(C, 0)
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
pmaxc = Round(pmaxc * Ph, 3)
mmaxc = Round(mmaxc * Ph, 3)
End If
If p < 0 And Pbend = 0 Then
Pbend = p
Mbend = M
Pnbend = Round(p, 3)
Mnbend = Round(M, 3)
Cbend = Round(C, 0)
Call PhiACI02(es2, usy1)
PbendACI = Round(Pbend * Ph, 3)
MbendACI = Round(Mbend * Ph, 3)
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
Pbend = Round(Pbend * Ph, 3)
Mbend = Round(Mbend * Ph, 3)
End If
If Form2.Check1.Value = 1 Then
Call PhiSNI(Z, Po, Pb)
Else
Ph = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 1) = p * Ph
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 2) = M * Ph
If Form2.Check2.Value = 1 Then

```



```

Call PhiACI02(es2, usy1)
Else
Ph = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 3) = p * Ph
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 4) = M * Ph
If Form2.Check3.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 5) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 6) = M
If i = 200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 1000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function

```

Function PhiSNI(Z, Po, Pb)

```

Dim fca, Pb1 As Double
fca = 0
Pb1 = 0
P01 = 0.1 * fc1 * Ag / 1000
If P01 < 0.65 * Pb Then
fca = P01
Else
fca = 0.65 * Pb
End If

```

```

If fca < 0 Then
  Pb1 = 0
  If p * 0.65 < Pb1 Then
    Ph = 0.65 + ((0.15 * p * 0.65) / -P01)
  Else
    Ph = 0.65
  End If
  If Ph > 0.8 Then
    Ph = 0.8
  ElseIf Ph < 0.65 Then
    Ph = 0.65
  End If
Else
  If p * 0.65 < fca Then
    Ph = 0.8 - ((0.15 * p * 0.65) / fca)
  Else
    Ph = 0.65
  End If
  If Ph > 0.8 Then
    Ph = 0.8
  ElseIf Ph < 0.65 Then
    Ph = 0.65
  End If
End If

```

End Function

Function PhiAC102(es2, usy1)

```

Dim fca As Double
  bphi = 0.25 / (0.005 - usy1)
  aphi = 0.65 - (bphi * usy1)
  Ph = aphi + (bphi * -es2)
  If Ph > 0.9 Then
    Ph = 0.9
  ElseIf Ph < 0.65 Then
    Ph = 0.65
  End If

```

End Function

Function Sisi2XPb(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a As Double

d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

Po = ((0.85 * fc1 * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

'hitung z

Z = -1

'hitung garis netral c

C = (0.003 / (0.003 - (Z * usy1))) * d2

'hitung e2

es1 = (C - d1) * 0.003 / C

'hitung es1

es2 = Z * usy1

' hitung fs2

If es2 * es > fy1 Then

fs2 = fy1 * astul * n1 / 2

Elseif es2 * es < -fy1 Then

fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2

Else

fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2

End If

'hitung fs1

If es1 * es > fy1 Then

fs1 = fy1 * astul * n1 / 2

Elseif es1 * es < -fy1 Then

fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2

Else

fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2

End If

'hitung a

a = b11 * C

If a > h1 Then

a = h1

Else

a = b11 * C

End If

'hitung cc

cc = 0.85 * fc1 * a * b1

'hitung P

$$p = (cc + fs1 + fs2) / 1000$$

'Hitung M

$$M = (cc * ((h1 / 2) - (a / 2)) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000$$

$$Pb = \text{Round}(p, 3)$$

$$Mb = \text{Round}(M, 3)$$

$$Cb = \text{Round}(C, 0)$$

Call PhiACI02(es2, usy1)

$$Pb1 = \text{Round}(Pb * Ph, 3)$$

$$Mb1 = \text{Round}(Mb * Ph, 3)$$

End Function

Function Sisi2YPb(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double

Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot As Double

$$d1 = \text{deck1} + \text{hoops1} + (\text{dial} / 2)$$

$$d2 = h - \text{deck1} - \text{hoops1} - (\text{dial} / 2)$$

$$Po = ((0.85 * fc1 * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000$$

$$Z = -1$$

'hitung garis netral c

$$C = (0.003 / (0.003 - (Z * usy1))) * d2$$

'hitung e2

$$es1 = (C - d1) * 0.003 / C$$

'hitung es1

$$es2 = Z * usy1$$

'hitung fs2

If es2 * es > fy1 Then

$$fs2 = fy1 * astul * 2$$

ElseIf es2 * es < -fy1 Then

$$fs2 = -fy1 * astul * 2$$

Else

$$fs2 = es2 * es * astul * 2$$

End If

'hitung fs1

If es1 * es > fy1 Then

$$fs1 = fy1 * astul * 2$$

ElseIf es1 * es < -fy1 Then

$$fs1 = -fy1 * astul * 2$$

Else

```

    fs1 = es1 * es * astul * 2
    End If
'hitung a
a = b11 * C
If a > h1 Then
a = h1
Else
a = b11 * C
End If
'hitung cc
cc = 0.85 * fc1 * a * b1
ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
    For j = 1 To (n / 2) - 2
        d(j) = d1 + spasi1 * j
        e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
        If e(j) * es > fy1 Then
            f(j) = fy1 * astul * 2
        ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
            f(j) = -fy1 * astul * 2
        Else
            f(j) = e(j) * es * astul * 2
        End If
        ftot = ftot + f(j)
        Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
    Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If
'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
'Hitung M
M = (Mtot + cc * ((h1 / 2) - (a / 2)) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000
Pb = Round(p, 3)
Mb = Round(M, 3)
Cb = Round(C, 0)

```

```

Call PhiACI02(es2, usy1)
Pb1 = Round(Pb * Ph, 3)
Mb1 = Round(Mb * Ph, 3)

```

End Function

Function Sisi4Pb(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), c(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)
Po = ((0.85 * fc1 * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
Z = -1

```

'hitung garis netral c

```
C = (0.003 / (0.003 - (Z * usy1))) * d2
```

'hitung e2

```
es1 = (C - d1) * 0.003 / C
```

'hitung es1

```
es2 = Z * usy1
```

'hitung fs2

```
  If es2 * es > fy1 Then
```

```
    fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
```

```
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
```

```
    fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
```

```
  Else
```

```
    fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
```

```
  End If
```

'hitung fs1

```
  If es1 * es > fy1 Then
```

```
    fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
```

```
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
```

```
    fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
```

```
  Else
```

```
    fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
```

```
  End If
```

'hitung a

```
a = b11 * C
```

```
If a > h1 Then
```

```
a = h1
```

```

Else
a = b11 * C
End If
'hitung cc
cc = 0.85 * fc1 * a * b1
ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
    d(j) = d1 + space * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else
      f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    ftot = ftot + f(j)
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
  Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If
'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
'Hitung M
M = (Mtot + cc * ((h1 / 2) - (a / 2)) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000
Pb = Round(p, 3)
Mb = Round(M, 3)
Cb = Round(C, 0)
Call PhiACI02(es2, usy1)
Pb1 = Round(Pb * Ph, 3)
Mb1 = Round(Mb * Ph, 3)
End Function

```

KentParkModule.bas (Module 3)

Option Explicit

Global sh, sh1, persen, persen1, legKP, legKP1 As Double
Global fcc, fccmax, fps, Z1, ecc, e50u, e50h, e50c, e20c, ps, b_hoop, shinc As Double
Global V_trans, V_core, hoops_inc, a1, a2 As Double
Global ec11, ecn, delta, luasan1, luasan2, luasan As Double
Global jumPias As Integer
Global fcbatas, ecbatas, dec, dec1, luaseksak, luasPdktn As Double
Global eksak1, eksak2, luasPdktn1, luasPdktn2 As Double
Global TtkB1, TtkB2, TtkB, titikbrt, intTb1, IntTb2 As Double

Sub HitungKP()

'Menghitung variabel-variabel untuk kalkulasi fcc
'keterangan : b_hoop = lebar inti beton terkekang diukur dari sisi terluar sengkang
 hoops_inc = diameter sengkang dalam inchi
 fps = mutu beton fc' dalam Psi
 shinc = spasi antar sengkang dalam inchi
b_hoop = (h - 2 * deck1) / 25.4
hoops_inc = hoops1 / 25.4
fps = fc1 / 0.00689
shinc = sh1 / 2.54
V_trans = 0.25 * pi * hoops_inc ^ 2 * (4 + (legKP1 - 2)) * b_hoop
V_core = shinc * b_hoop * b_hoop
ps = V_trans / V_core
e50h = Round(((0.75 * ps * ((b_hoop / shinc) ^ 0.5))), 14)
e50u = Round(((3 + (0.002 * fps)) / (fps - 1000)), 14)
e50c = Round((e50u + e50h), 14)
Z1 = Round((0.5 / (e50h + e50u - 0.002)), 14)
e20c = Round(((0.8 / Z1) + 0.002), 14)
Ag = h ^ 2
fcbatas = persen1 * fc1
ecbatas = (((fcbatas / fc1) - 1) / (-Z1)) + 0.002
End Sub

Sub PlotKP()

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Kent-Park

ecc = -0.00001

For i = 1 To 75

ecc = ecc + i * 0.00001

Call fcc1(ecc)

If Form2.Check4.Value = 1 Then

ecc = ecc

fcc = fcc

Else

ecc = 0

fcc = 0

End If

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 1) = ecc

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 2) = fcc

If i = 15 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 20

Elseif i = 30 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 40

Elseif i = 45 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 60

Elseif i = 60 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 80

Elseif i = 75 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 100

End If

Next i

End Sub

Function fcc1(ecc)

Call HitungKP

If ecc <= 0.002 Then

fcc = fc1 * ((2 * ecc / 0.002) - ((ecc / 0.002) ^ 2))

Elseif ecc >= 0.002 And ecc <= e20c Then

fcc = fc1 * (1 - (Z1 * (ecc - 0.002)))

Else: fcc = 0.2 * fc1

End If

End Function

Function fcn2(ecn)

Call HitungKP

 $fcn2 = fc1 * (1 - (Z1 * (ecn - 0.002)))$ **End Function****Function fcn1(ecn)** $fcn1 = fc1 * ((2 * ecn / 0.002) - ((ecn / 0.002) ^ 2))$ **End Function****Function Sisi2XKP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatas, fcbatas)**

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, titikberat, ec11, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double

Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungKP

 $Z = ecbatas / usy1$ $d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)$ $d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)$ $Po = ((fcbatas * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000$

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.1

ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.02

ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 2

Else

Z = Z - 10

End If

'hitung garis netral c

$C = (ecbatas / (ecbatas - (Z * usy))) * d2$

ReDim m2(jumPias)

ReDim X2(jumPias)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatas

delta = (ecbatas - ec11) / jumPias

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumPias

ecn = ec11 + delta * j

If ecn >= 0.002 And ecn <= e20c Then

m2(j) = 2 * fcn2(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

Elseif ecn <= 0.002 Then

m2(j) = 2 * fcn1(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

End If

Next j

'luasan = luasan2

Dim SumM2 As Double

SumM2 = 0

luasan = 0

For j = 1 To jumPias

SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2

luasan = luasan + m2(j)

Next j

luasan = luasan * delta / 2

TBgab = SumM2 / luasan

TBgab1 = TBgab * C / ecbatas

a = C - TBgab1

Else

delta = ecbatas / jumPias

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumPias

ecn = delta * j

If ecn >= 0.002 And ecn <= e20c Then

```
m2(j) = 2 * fcn2(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
```

```
Elseif ecn <= 0.002 Then
```

```
m2(j) = 2 * fcn1(ecn)
```

```
X2(j) = ecn - delta / 2
```

```
End If
```

```
Next j
```

```
'luasan = luasan2
```

```
SumM2 = 0
```

```
luasan = 0
```

```
For j = 1 To jumPias
```

```
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
```

```
luasan = luasan + m2(j)
```

```
Next j
```

```
luasan = luasan * delta / 2
```

```
TBgab = SumM2 / luasan
```

```
TBgab1 = TBgab * C / ecbatas
```

```
a = C - TBgab1
```

```
End If
```

```
'hitung e2
```

```
es1 = (C - d1) * ecbatas / C
```

```
'hitung es1
```

```
es2 = Z * usy1
```

```
'hitung fs2
```

```
If es2 * es > fy1 Then
```

```
fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Elseif es2 * es < -fy1 Then
```

```
fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Else
```

```
fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
```

```
End If
```

```
'hitung fs1
```

```
If es1 * es > fy1 Then
```

```
fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Elseif es1 * es < -fy1 Then
```

```
fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Else
```

```
fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2  
End If
```

```
'hitung cc  
If C > h1 Then  
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatas - ec11)  
Else  
cc = luasan * b1 * C / ecbatas  
End If
```

```
'hitung P  
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000  
'Hitung M  
M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /  
1000000
```

```
If C >= h1 Then  
curv = ecbatas / h1  
Else  
curv = ecbatas / C  
End If
```

```
If Form2.Check4.Value = 1 Then  
p = p  
M = M  
Else  
p = 0  
M = 0  
End If  
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 7) = p  
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 8) = M  
If i = 400 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 200  
Elseif i = 800 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 400  
Elseif i = 1200 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 600  
Elseif i = 1600 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 800
```

```

ElseIf i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i

```

End Function

Function Sisi2YKP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatas, fcbatas)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungKP

```

Z = ecbatas / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

```

```

Po = ((fcbatas * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

```

```

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.05
ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If

```

```

'hitung garis netral c
C = (ecbatas / (ecbatas - (Z * usy))) * d2

```

```

ReDim m2(jumPias)
ReDim X2(jumPias)
If C > h1 Then
    ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatas
    delta = (ecbatas - ec11) / jumPias
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumPias
        ecn = ec11 + delta * j
        If ecn >= 0.002 And ecn <= e20c Then
            m2(j) = 2 * fcn2(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= 0.002 Then
            m2(j) = 2 * fcn1(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    Dim SumM2 As Double
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumPias
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatas
    a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatas / jumPias
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumPias
        ecn = delta * j
        If ecn >= 0.002 And ecn <= e20c Then
            m2(j) = 2 * fcn2(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= 0.002 Then
            m2(j) = 2 * fcn1(ecn)

```

```

X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumPias
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatas
a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatas / C

```

```

'hitung es1
es2 = Z * usy1

```

```

' hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * 2
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * 2
Else
    fs2 = es2 * es * astul * 2
End If

```

```

'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * 2
ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * 2
Else
    fs1 = es1 * es * astul * 2
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then
    cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatas - ec11)

```



```
Else  
cc = luasan * b1 * C / ecbatas  
End If
```

```
ftot = 0  
Mtot = 0  
If ((n / 4) + 1) > 2 Then  
  For j = 1 To (n / 2) - 2  
    d(j) = d1 + spasi1 * j  
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003  
    If e(j) * es > fy1 Then  
      f(j) = fy1 * astul * 2  
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then  
      f(j) = -fy1 * astul * 2  
    Else  
      f(j) = e(j) * es * astul * 2  
    End If  
    ftot = ftot + f(j)  
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))  
  Next j
```

```
Else  
ftot = 0  
Mtot = 0  
End If
```

'hitung P

```
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
```

'Hitung M

```
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))  
/ 1000000
```

```
If Form2.Check4.Value = 1 Then
```

```
p = p  
M = M  
Else  
p = 0  
M = 0  
End If
```

```

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 7) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 8) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
Elseif i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function

```

Function Sisi4KP(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatas, fcbatas)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungKP

```

Z = ecbatas / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

```

```

Po = ((fcbatas * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0

```

```

For i = 1 To 2000
'hitung z
If Z > -1 Then

```

```

Z = Z - 0.05
ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If
If i = 36 Then
    wawa = 0
End If

```

'hitung garis netral c

```
C = (ecbatas / (ecbatas - (Z * usy))) * d2
```

```
ReDim m2(jumPias)
```

```
ReDim X2(jumPias)
```

```
If C > h1 Then
```

```
    ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatas
```

```
    delta = (ecbatas - ec11) / jumPias
```

```
    luasan2 = 0
```

```
    luasan1 = 0
```

```
    For j = 1 To jumPias
```

```
        ecn = ec11 + delta * j
```

```
        If ecn >= 0.002 And ecn <= e20c Then
```

```
            m2(j) = 2 * fcn2(ecn)
```

```
            X2(j) = ecn - delta / 2
```

```
        ElseIf ecn <= 0.002 Then
```

```
            m2(j) = 2 * fcn1(ecn)
```

```
            X2(j) = ecn - delta / 2
```

```
        End If
```

```
    Next j
```

```
    Dim SumM2 As Double
```

```
    SumM2 = 0
```

```
    luasan = 0
```

```
    For j = 1 To jumPias
```

```
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
```

```
        luasan = luasan + m2(j)
```

```
    Next j
```

```
    luasan = luasan * delta / 2
```

```

TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatas
a = C - TBgab1
Else
delta = ecbatas / jumPias
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumPias
ecn = delta * j
If ecn >= 0.002 And ecn <= e20c Then
m2(j) = 2 * fcn2(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= 0.002 Then
m2(j) = 2 * fcn1(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumPias
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatas
a = C - TBgab1
End If

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatas / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Else

```

```

    fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
    End If
'hitung fs1
    If es1 * es > fy1 Then
        fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
    ElseIf es1 * es < -fy1 Then
        fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
    Else
        fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
    End If

'hitung cc
    If C > h1 Then
        cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatas - ec11)
    Else
        cc = luasan * b1 * C / ecbatas
    End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
    For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
        d(j) = d1 + space * j
        e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
        If e(j) * es > fy1 Then
            f(j) = fy1 * astul * 2
        ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
            f(j) = -fy1 * astul * 2
        Else
            f(j) = e(j) * es * astul * 2
        End If
        ftot = ftot + f(j)
        Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
    Next j
Else
    ftot = 0
    Mtot = 0
End If

```

'hitung P

$$p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000$$

'Hitung M

$$M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000$$

If Form2.Check4.Value = 1 Then

p = p

M = M

Else

p = 0

M = 0

End If

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 7) = p

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 8) = M

If i = 400 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 200

ElseIf i = 800 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 400

ElseIf i = 1200 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 600

ElseIf i = 1600 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 800

ElseIf i = 2000 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 1000

End If

Next i

End Function

KonstantinidisKappos.bas (Module 6)

Option Explicit

Global shkoka, shkoka1, fyw, fyw1, legKoKa, legKoKa1 As Double

Global bckoka, bikoka1, bikoka, alfa, V_transkoka, V_corekoka,

pwkoka, fcckoka, wwkoka As Double

Global eclkoka, ecclkoka, e050fcc, ElasKoka, ElasLkoka, rasioE As Double

Global fcc1k, fc30koka, ec30koka, ecck, ecbataskoka, fcbataskoka,

jumpiaskoka As Double

Global persenkoka, persenkoka1, jumpiaskoka1 As Double

Sub HitungKoKa()

bckoka = h1 - 2 * deck1 - hoops1

bikoka = h1 - 2 * deck1 - 2 * hoops1 - dia1

If Tulangan = "sisi2X" Or Tulangan = "sisi2Y" Then

bikoka1 = bikoka / (n1 / 2 - 1)

alfa = (1 - ((2 * (n1 / 2 - 1) * bikoka1 ^ 2) + (2 * (bikoka ^ 2)))) / (6 * bckoka ^ 2) * ((1 - (shkoka1 * 10) / (2 * bckoka)) ^ 2)

ElseIf Tulangan = "sisi4" Then

bikoka1 = bikoka / (n1 / 4)

alfa = (1 - (n1 * bikoka1 ^ 2) / (6 * bckoka ^ 2)) * ((1 - (shkoka1 * 10) / (2 * bckoka)) ^ 2)

End If

V_transkoka = 0.25 * pi * (hoops1 ^ 2) * (4 + (legKoKa1 - 2)) * bckoka

V_corekoka = shkoka1 * 10 * (bckoka ^ 2)

pwkoka = V_transkoka / V_corekoka

fcckoka = 0.85 * fc1 + 10.3 * ((alfa * pwkoka * fyw1) ^ 0.4)

wwkoka = pwkoka * fyw1 / fc1

eclkoka = 0.7 * (fc1 ^ 0.31) / 1000

ecclkoka = (1 + 32.8 * ((alfa * wwkoka) ^ 1.9)) * eclkoka

e050fcc = eclkoka + 0.091 * ((alfa * wwkoka) ^ 0.8)

ElasKoka = 4700 * (fc1 ^ 0.5) '22000 * ((fc1 / 10) ^ 0.3)

ElasLkoka = fcckoka / ecclkoka

rasioE = ElasKoka / (ElasKoka - ElasLkoka)

fc30koka = 0.3 * fc1

```

ec30koka = (2 - 2 * fc30koka / fcckoka) * (e050fcc - ecclkoka) +
ecclkoka
fcbataskoka = persenkoka1 * fc1 / 100
ecbataskoka = (2 - 2 * fcbataskoka / fcckoka) * (e050fcc - ecclkoka) +
ecclkoka

```

End Sub

Sub plotKoKa()

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Konstantinidis -
Kappos

```

ecck = -0.00001
For i = 1 To 75
    ecck = ecck + i * 0.00001
    Call fcc1KoKa(ecck)
    If Form2.Check6.Value = 1 Then
        ecck = ecck
        fcc1k = fcc1k
    Else
        ecck = 0
        fcc1k = 0
    End If
    Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 5) = ecck
    Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 6) = fcc1k
    If i = 15 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 20
    ElseIf i = 30 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 40
    ElseIf i = 45 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 60
    ElseIf i = 60 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 80
    ElseIf i = 75 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 100
    End If
Next i

```

End Sub

Function fcc1KoKa(ecck)

Call HitungKoKa


```

If ecck <= ecclkoka Then
    fcc1k = (fcckoka * (ecck / ecclkoka) * rasioE) / (rasioE - 1 + ((ecck /
ecclkoka) ^ rasioE))
Elseif ecck >= ecclkoka And ecck <= ec30koka Then
    fcc1k = fcckoka * (1 - 0.5 * (ecck - ecclkoka) / (e050fcc - ecclkoka))
Else:
    fcc1k = 0.3 * fc1
End If
End Function

```

Function fcn1KoKa(ecn)

```

fcn1KoKa = (fcckoka * (ecn / ecclkoka) * rasioE) / (rasioE - 1 + ((ecn /
ecclkoka) ^ rasioE))
End Function

```

Function fcn2KoKa(ecn)

```

fcn2KoKa = fcckoka * (1 - 0.5 * (ecn - ecclkoka) / (e050fcc - ecclkoka))
End Function

```

Function Sisi2XKoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbataskoka, fcbataskoka)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungKoKa

```

Z = ecbataskoka / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

```

```

'Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Po = ((fcbataskoka * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

```

'hitung z

```

If Z > -1 Then
Z = Z - 0.1
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.02
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 2
Else
Z = Z - 10
End If

```

'hitung garis netral c

```

C = (ecbataskoka / (ecbataskoka - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiaskoka)
ReDim X2(jumpiaskoka)
If C > h1 Then
    ec11 = ((C - h1) / C) * ecbataskoka
    delta = (ecbataskoka - ec11) / jumpiaskoka
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiaskoka
        ecn = ec11 + delta * j
        If ecn >= eccllkoa And ecn <= ec30koka Then
            m2(j) = 2 * fcn2KoKa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccllkoa Then
            m2(j) = 2 * fcn1KoKa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    'luasan = luasan2
    Dim SumM2 As Double
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiaskoka
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan

```

```

TBgab1 = TBgab * C / ecbataskoka
a = C - TBgab1
Else
delta = ecbataskoka / jumpiaskoka
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiaskoka
ecn = delta * j
If ecn >= ecclkoka And ecn <= ec30koka Then
m2(j) = 2 * fcn2KoKa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= ecclkoka Then
m2(j) = 2 * fcn1KoKa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
'luasan = luasan2
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiaskoka
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbataskoka
a = C - TBgab1
End If

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbataskoka / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else

```

```

    fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else
    fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then
    cc = luasan * b1 * h1 / (ecbataskoka - ec11)
Else
    cc = luasan * b1 * C / ecbataskoka
End If

```

```

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000

```

```

'Hitung M
M = cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2) /
1000000

```

```

If Form2.Check6.Value = 1 Then
    p = p
    M = M
Else
    p = 0
    M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 11) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 12) = M
If i = 400 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 800 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 1200 Then

```

```

Form1.akProgressBar1.Value = 600
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i

```

End Function

Function Sisi2YKoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbataskoka, fcbataskoka)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungKoKa

```

Z = ecbataskoka / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

Po = ((fcbataskoka * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

```

```

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.05
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If

```

'hitung garis netral c

$C = (ecbataskoka / (ecbataskoka - (Z * usy))) * d2$

ReDim m2(jumpiaskoka)

ReDim X2(jumpiaskoka)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbataskoka

delta = (ecbataskoka - ec11) / jumpiaskoka

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiaskoka

ecn = ec11 + delta * j

If ecn >= ecclkoka And ecn <= ec30koka Then

m2(j) = 2 * fcn2KoKa(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

ElseIf ecn <= ecclkoka Then

m2(j) = 2 * fcn1KoKa(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

End If

Next j

Dim SumM2 As Double

SumM2 = 0

luasan = 0

For j = 1 To jumpiaskoka

SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2

luasan = luasan + m2(j)

Next j

luasan = luasan * delta / 2

TBgab = SumM2 / luasan

TBgab1 = TBgab * C / ecbataskoka

a = C - TBgab1

Else

delta = ecbataskoka / jumpiaskoka

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiaskoka

ecn = delta * j

If ecn >= ecclkoka And ecn <= ec30koka Then

m2(j) = 2 * fcn2KoKa(ecn)

```

X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= ecclKoka Then
m2(j) = 2 * fcn1KoKa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiaskoka
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbataskoka
a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbataskoka / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
fs2 = fy1 * astul * 2
Elseif es2 * es < -fy1 Then
fs2 = -fy1 * astul * 2
Else
fs2 = es2 * es * astul * 2
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
fs1 = fy1 * astul * 2
Elseif es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * 2
Else
fs1 = es1 * es * astul * 2
End If

```

```
'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbataskoka - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbataskoka
End If
```

```
ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To (n / 2) - 2
    d(j) = d1 + spasil * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else
      f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    ftot = ftot + f(j)
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
  Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If
```

```
'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
```

```
'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000
```

```
If Form2.Check6.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
```



```

p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 11) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 12) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
ElseIf i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function

```

Function Sisi4KoKa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbataskoka, fcbataskoka)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungKoKa

```

Z = ecbataskoka / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbataskoka * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0

```

```

For i = 1 To 2000
'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.05
ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If

'hitung garis netral c
C = (ecbataskoka / (ecbataskoka - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiaskoka)
ReDim X2(jumpiaskoka)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbataskoka
delta = (ecbataskoka - ec11) / jumpiaskoka
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiaskoka
ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= ecclkoka And ecn <= ec30koka Then
m2(j) = 2 * fcn2KoKa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= ecclkoka Then
m2(j) = 2 * fcn1KoKa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiaskoka
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j

```

```

luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbataskoka
a = C - TBgab1
Else
delta = ecbataskoka / jumpiaskoka
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiaskoka
ecn = delta * j
If ecn >= ecclkoka And ecn <= ec30koka Then
m2(j) = 2 * fcn2KoKa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= ecclkoka Then
m2(j) = 2 * fcn1KoKa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiaskoka
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbataskoka
a = C - TBgab1
End If

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbataskoka / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)

```

```

Else
fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
ElseIf es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Else
fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbataskoka - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbataskoka
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
d(j) = d1 + space * j
e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
If e(j) * es > fy1 Then
f(j) = fy1 * astul * 2
ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
f(j) = -fy1 * astul * 2
Else
f(j) = e(j) * es * astul * 2
End If
ftot = ftot + f(j)
Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If

```

'Hitung P

p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

'Hitung M

M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000

If Form2.Check6.Value = 1 Then

p = p

M = M

Else

p = 0

M = 0

End If

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 11) = p

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 12) = M

If i = 400 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 200

ElseIf i = 800 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 400

ElseIf i = 1200 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 600

ElseIf i = 1600 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 800

ElseIf i = 2000 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 1000

End If

Next i

End Function

DinizFrangopolModule.bas (Module 7)

Option Explicit

Global shDiFr, fyhDiFr, persenDiFr, jumpiasDiFr, legDiFr, legDiFr1,
eccDF, fccDF As Double

Global shDiFr1, fyhDiFr1, persenDiFr1, jumpiasDiFr1, KDiFr,
fcbatasdifr, ecbatasdifr As Double

Global deDiFr, CfDiFr, bcDiFr, AshDiFr, flDiFr, fleDiFr, EcDiFr,
eccDiFr, fccDiFr, ADiFr, lambdaDiFr As Double

Global ecaDiFr, ecbDiFr, fciterasiDiFr, selisihDiFr As Double

Sub HitungDiFr()

deDiFr = h1

CfDiFr = 1 - shDiFr * 10 / deDiFr

bcDiFr = (h1 - 2 * deck1 - hoops1)

AshDiFr = (2 + (legDiFr1 - 2)) * 0.25 * pi * hoops1 ^ 2

flDiFr = AshDiFr * fyhDiFr1 / (deDiFr * shDiFr1 * 10)

fleDiFr = flDiFr * CfDiFr

EcDiFr = 4700 * (fc1 ^ 0.5) ^ 0.006895

eccDiFr = 0.0000001027 * fc1 + 0.0296 * fleDiFr / fc1 + 0.00195

fccDiFr = fc1 + (1.15 + 21 / fc1) * fleDiFr

ADiFr = EcDiFr * eccDiFr / fccDiFr

lambdaDiFr = 1 + (25 * fleDiFr / fc1) * (1 - Exp((fc1 / 44.79) ^ 9))

KDiFr = 0.17 * fc1 * Exp(-0.01 * fleDiFr / lambdaDiFr)

fcbatasdifr = persenDiFr1 * fc1 / 100

ecaDiFr = 1

ecbDiFr = eccDiFr

Do

ecbatasdifr = (ecaDiFr + ecbDiFr) / 2

fciterasiDiFr = fccDiFr * Exp(-KDiFr * (ecbatasdifr - eccDiFr) ^
1.15)

selisihDiFr = fciterasiDiFr - fcbatasdifr

If selisihDiFr < 0 Then

ecaDiFr = ecbatasdifr

Else

ecbDiFr = ecbatasdifr

End If

Loop Until Abs(selisihDiFr) < 0.0001

End Sub

Sub plotDiFr()

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Diniz - Frangopol

eccDF = -0.00001

For i = 1 To 75

eccDF = eccDF + i * 0.00001

Call fcc1DF(eccDF)

If Form2.Check5.Value = 1 Then

eccDF = eccDF

fccDF = fccDF

Else

eccDF = 0

fccDF = 0

End If

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 7) = eccDF

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 8) = fccDF

If i = 15 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 20

Elseif i = 30 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 40

Elseif i = 45 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 60

Elseif i = 60 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 80

Elseif i = 75 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 100

End If

Next i

End Sub**Function fcc1DF(eccDF)**

Call HitungDiFr

If eccDF <= eccDiFr Then

fccDF = fccDiFr * (1 - (1 - eccDF / eccDiFr) ^ ADiFr)

Elseif eccDF >= eccDiFr Then

fccDF = fccDiFr * Exp(-KDiFr * (eccDF - eccDiFr) ^ 1.15)

End If

End Function

Function fcn1DiFr(ecn)

$$\text{fcn1DiFr} = \text{fccDiFr} * (1 - (1 - \text{ecn} / \text{eccDiFr}) ^ \text{ADiFr})$$
End Function**Function fcn2DiFr(ecn)**

$$\text{fcn2DiFr} = \text{fccDiFr} * \text{Exp}(-\text{KDiFr} * (\text{ecn} - \text{eccDiFr}) ^ 1.15)$$
End Function**Function Sisi2XDiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasdifr, fcbatasdifr)**

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double

Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungDiFr

Z = ecbatasdifr / usy1

d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

'Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Po = ((fcbatasdifr * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.1

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.02

Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 2

Else

Z = Z - 10

End If

'hitung garis netral c


```

C = (ecbatasdifr / (ecbatasdifr - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasDiFr)
ReDim X2(jumpiasDiFr)
If C > h1 Then
    ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasdifr
    delta = (ecbatasdifr - ec11) / jumpiasDiFr
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasDiFr
        ecn = ec11 + delta * j
        If ecn >= eccDiFr Then
            m2(j) = 2 * fcn2DiFr(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccDiFr Then
            m2(j) = 2 * fcn1DiFr(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    Dim SumM2 As Double
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasDiFr
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatasdifr
    a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatasdifr / jumpiasDiFr
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasDiFr
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccDiFr Then
            m2(j) = 2 * fcn2DiFr(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccDiFr Then

```

```

    m2(j) = 2 * fcn1DiFr(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasDiFr
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasdifr
a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasdifr / C

```

```

'hitung es1
es2 = Z * usy1

```

```

'hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
Elseif es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else
    fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
End If

```

```

'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
Elseif es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else
    fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then

```

```

cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasdifr - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasdifr
End If

```

```

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000

```

```

'Hitung M
M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /
1000000

```

```

If Form2.Check5.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 13) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 14) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
ElseIf i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function

```

```

Function Sisi2YDiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasdifr, fcbatasdifr)
Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double

```

Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot As Double
 Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
 Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
 Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungDiFr

Z = ecbatasdifr / usy1
 d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
 d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbatasdifr * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
 Pband = 0
 Mbend = 0
 Cband = 0
 For i = 1 To 2000

'hitung z
 If Z > -1 Then
 Z = Z - 0.05
 ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
 Z = Z - 0.01
 ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
 Z = Z - 5
 Else
 Z = Z - 10
 End If

'hitung garis netral c
 C = (ecbatasdifr / (ecbatasdifr - (Z * usy))) * d2
 ReDim m2(jumpiasDiFr)
 ReDim X2(jumpiasDiFr)
 If C > h1 Then
 ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasdifr
 delta = (ecbatasdifr - ec11) / jumpiasDiFr
 luasan2 = 0
 luasan1 = 0
 For j = 1 To jumpiasDiFr
 ecn = ec11 + delta * j

```

If ecn >= eccDiFr Then
    m2(j) = 2 * fcn2DiFr(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= eccDiFr Then
    m2(j) = 2 * fcn1DiFr(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasDiFr
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasdifr
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatasdifr / jumpiasDiFr
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasDiFr
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccDiFr Then
            m2(j) = 2 * fcn2DiFr(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccDiFr Then
            m2(j) = 2 * fcn1DiFr(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasDiFr
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j

```

```

luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasdifr
a = C - TBgab1
End If

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasdifr / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
  If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * 2
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * 2
  Else
    fs2 = es2 * es * astul * 2
  End If
'hitung fs1
  If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * 2
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * 2
  Else
    fs1 = es1 * es * astul * 2
  End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasdifr - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasdifr
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To (n / 2) - 2
    d(j) = d1 + spasi1 * j
  
```

```

e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
If e(j) * es > fy1 Then
f(j) = fy1 * astul * 2
ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
f(j) = -fy1 * astul * 2
Else
f(j) = e(j) * es * astul * 2
End If
ftot = ftot + f(j)
Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check5.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 13) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 14) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
ElseIf i = 1600 Then

```

```

Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i

```

End Function

Function Sisi4DiFr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasdifr, fcbatasdifr)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungDiFr

```

Z = ecbatasdifr / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

```

```

Po = ((fcbatasdifr * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0

```

```

For i = 1 To 2000
'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.2
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 5
Else
Z = Z - 10
End If

```


'hitung garis netral c

C = (ecbatasdifr / (ecbatasdifr - (Z * usy))) * d2

ReDim m2(jumpiasDiFr)

ReDim X2(jumpiasDiFr)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasdifr

delta = (ecbatasdifr - ec11) / jumpiasDiFr

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiasDiFr

ecn = ec11 + delta * j

If ecn >= eccDiFr Then

m2(j) = 2 * fcn2DiFr(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

Elseif ecn <= eccDiFr Then

m2(j) = 2 * fcn1DiFr(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

End If

Next j

Dim SumM2 As Double

SumM2 = 0

luasan = 0

For j = 1 To jumpiasDiFr

SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2

luasan = luasan + m2(j)

Next j

luasan = luasan * delta / 2

TBgab = SumM2 / luasan

TBgab1 = TBgab * C / ecbatasdifr

a = C - TBgab1

Else

delta = ecbatasdifr / jumpiasDiFr

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiasDiFr

ecn = delta * j

If ecn >= eccDiFr Then

m2(j) = 2 * fcn2DiFr(ecn)

```

    X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= eccDiFr Then
    m2(j) = 2 * fcn1DiFr(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasDiFr
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasdifr
a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasdifr / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Elseif es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Else
    fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Elseif es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Else
    fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasdifr - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasdifr
End If

```

```

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
    d(j) = d1 + space * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else
      f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    ftot = ftot + f(j)
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
  Next j
Else
  ftot = 0
  Mtot = 0
End If

```

```

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

```

```

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000

```

```

If Form2.Check5.Value = 1 Then
  p = p
  M = M
Else

```

```
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 13) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 14) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
Elseif i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function
```



CussonPaultreModule.bas (Module 8)

Option Explicit

Global Const e = 2.7182818

Global shCuPa, shCuPa1, fyhCuPa, fyhCuPa1, legCuPa, legCuPa1 As Double

Global bcCuPa, biCuPa1, biCuPa, V_transcupa, V_corecupa, ptcupa, eccCP, fcc1CP As Double

Global KeCuPa, AshCuPa, fleCuPa, ec0CuPa, eo50CuPa, fccCuPa, eccCuPa As Double

Global ecc50CuPa, ehccCuPa, EcCuPa, kCuPa, k2CuPa, k1CuPa, fcbatascupa, ecbatascupa As Double

Global persenCuPa, persenCuPa1, jumpiasCuPa, jumpiasCuPa1 As Double

Global ecaCuPa, ecbCuPa, selisihCuPa, fciterasiCuPa As Double

Sub HitungCuPa()

bcCuPa = h1 - 2 * deck1 - hoops1

biCuPa = h1 - 2 * deck1 - 2 * hoops1 - dia1

V_transcupa = 0.25 * pi * (hoops1 ^ 2) * (4 + (legCuPa1 - 2)) * bcCuPa

V_corecupa = shCuPa1 * 10 * (bcCuPa ^ 2)

ptcupa = (0.25 * pi * (dia1 ^ 2) * n1) / (bcCuPa ^ 2)

If Tulangan = "sisi2X" Or Tulangan = "sisi2Y" Then

biCuPa1 = biCuPa / (n1 / 2 - 1)

KeCuPa = (1 - ((2 * (n1 / 2 - 1) * biCuPa1 ^ 2) + (2 * (biCuPa ^ 2)) / (6 * bcCuPa ^ 2))) * (1 - (shCuPa1 * 10) / (2 * bcCuPa)) ^ 2 / (1 - ptcupa)

ElseIf Tulangan = "sisi4" Then

biCuPa1 = biCuPa / (n1 / 4)

KeCuPa = (1 - (n1 * biCuPa1 ^ 2) / (6 * bcCuPa ^ 2)) * (1 - (shCuPa1 * 10) / (2 * bcCuPa)) ^ 2 / (1 - ptcupa)

End If

AshCuPa = (2 + (legCuPa1 - 2)) * 0.25 * pi * hoops1 ^ 2

fleCuPa = KeCuPa * fyhCuPa * AshCuPa / (shCuPa1 * 10 * bcCuPa)

ec0CuPa = 0.003

eo50CuPa = 0.004

fccCuPa = (1 + 2.1 * ((fleCuPa / fc1) ^ 0.7)) * fc1

```

eccCuPa = ec0CuPa + 0.21 * ((fleCuPa / fc1) ^ 1.7)
ecc50CuPa = eo50CuPa + 0.15 * ((fleCuPa / fc1) ^ 1.1)
ehccCuPa = 0.5 * eccCuPa * (1 - fleCuPa / fccCuPa)
EcCuPa = 4700 * (fc1 ^ 0.5) '3320 * (fc1 ^ 0.5) + 6900
kCuPa = EcCuPa / (EcCuPa - fccCuPa / eccCuPa)
k2CuPa = 0.58 + 16 * (fleCuPa / fc1) ^ 1.4
k1CuPa = -0.69314718 / ((ecc50CuPa - eccCuPa) ^ k2CuPa)
fcbatascupa = persenCuPa1 * fc1 / 100
ecaCuPa = 1
ecbCuPa = eccCuPa
Do
  ecbatascupa = (ecaCuPa + ecbCuPa) / 2
  fciterasiCuPa = fccCuPa * Exp(k1CuPa * (ecbatascupa - eccCuPa) ^
k2CuPa)
  selisihCuPa = fciterasiCuPa - fcbatascupa
  If selisihCuPa < 0 Then
    ecaCuPa = ecbatascupa
  Else
    ecbCuPa = ecbatascupa
  End If
Loop Until Abs(selisihCuPa) < 0.0001
End Sub

```

Sub plotCuPa()

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Konstantinidis -

Kappos

```

eccCP = -0.00001
For i = 1 To 75
  eccCP = eccCP + i * 0.00001
  Call fcc1CuPa(eccCP)
  If Form2.Check7.Value = 1 Then
    eccCP = eccCP
    fcc1CP = fcc1CP
  Else
    eccCP = 0
    fcc1CP = 0
  End If

```

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 9) =
eccCP

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 10) = fcc1CP

```
If i = 15 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 20
ElseIf i = 30 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 40
ElseIf i = 45 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 60
ElseIf i = 60 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 80
ElseIf i = 75 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 100
End If
Next i
```

End Sub

Function fcc1CuPa(eccCP)

```
Call HitungCuPa
If eccCP <= eccCuPa Then
    fcc1CP = fccCuPa * (kCuPa * eccCP / eccCuPa) / (kCuPa - 1 +
(eccCP / eccCuPa) ^ kCuPa)
ElseIf eccCP >= eccCuPa Then
    fcc1CP = fccCuPa * Exp(k1CuPa * (eccCP - eccCuPa) ^ k2CuPa)
End If
```

End Function

Function fcn1CuPa(ecn)

```
fcn1CuPa = fccCuPa * (kCuPa * ecn / eccCuPa) / (kCuPa - 1 + (ecn /
eccCuPa) ^ kCuPa)
```

End Function

Function fcn2CuPa(ecn)

```
fcn2CuPa = fccCuPa * Exp(k1CuPa * (ecn - eccCuPa) ^ k2CuPa)
```

End Function

Function Sisi2XCuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatascupa, fcbatascupa)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungCuPa

Z = ecbatascupa / usy1

d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

'Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Po = ((fcbatascupa * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.1

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.02

Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 2

Else

Z = Z - 10

End If

'hitung garis netral c

C = (ecbatascupa / (ecbatascupa - (Z * usy))) * d2

ReDim m2(jumpiasCuPa)

ReDim X2(jumpiasCuPa)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatascupa

delta = (ecbatascupa - ec11) / jumpiasCuPa

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiasCuPa

ecn = ec11 + delta * j

If ecn >= eccCuPa Then


```

    m2(j) = 2 * fcn2CuPa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= eccCuPa Then
    m2(j) = 2 * fcn1CuPa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasCuPa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatascupa
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatascupa / jumpiasCuPa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasCuPa
        ecn = delta * j
    If ecn >= eccCuPa Then
        m2(j) = 2 * fcn2CuPa(ecn)
        X2(j) = ecn - delta / 2
    ElseIf ecn <= eccCuPa Then
        m2(j) = 2 * fcn1CuPa(ecn)
        X2(j) = ecn - delta / 2
    End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasCuPa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2

```

```
TBgab = SumM2 / luasan  
TBgab1 = TBgab * C / ecbatascupa  
a = C - TBgab1
```

```
End If
```

```
'hitung e2
```

```
es1 = (C - d1) * ecbatascupa / C
```

```
'hitung es1
```

```
es2 = Z * usy1
```

```
'hitung fs2
```

```
  If es2 * es > fy1 Then
```

```
    fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
```

```
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
```

```
    fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
```

```
  Else
```

```
    fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
```

```
  End If
```

```
'hitung fs1
```

```
  If es1 * es > fy1 Then
```

```
    fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
```

```
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
```

```
    fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
```

```
  Else
```

```
    fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2
```

```
  End If
```

```
'hitung cc
```

```
  If C > h1 Then
```

```
    cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatascupa - ec11)
```

```
  Else
```

```
    cc = luasan * b1 * C / ecbatascupa
```

```
  End If
```

```
'hitung P
```

```
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000
```

```
'Hitung M
```

```
M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /  
1000000
```

```

If Form2.Check7.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 15) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 16) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600
ElseIf i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function

```

Function Sisi2YCuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatascupa, fcbatascupa)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), f1ot, Mtot As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungCuPa

```

Z = ecbatascupa / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

```

Po = ((fcbatascupa * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

 'hitung z

 If Z > -1 Then

 Z = Z - 0.05

 Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

 Z = Z - 0.01

 Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

 Z = Z - 10

 Else

 Z = Z - 20

 End If

 'hitung garis netral c

 C = (ecbatascupa / (ecbatascupa - (Z * usy))) * d2

 ReDim m2(jumpiasCuPa)

 ReDim X2(jumpiasCuPa)

 If C > h1 Then

 ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatascupa

 delta = (ecbatascupa - ec11) / jumpiasCuPa

 luasan2 = 0

 luasan1 = 0

 For j = 1 To jumpiasCuPa

 ecn = ec11 + delta * j

 If ecn >= eccCuPa Then

 m2(j) = 2 * fcn2CuPa(ecn)

 X2(j) = ecn - delta / 2

 Elseif ecn <= eccCuPa Then

 m2(j) = 2 * fcn1CuPa(ecn)

 X2(j) = ecn - delta / 2

 End If

 Next j

 Dim SumM2 As Double

 SumM2 = 0

 luasan = 0

```

For j = 1 To jumpiasCuPa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatascupa
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatascupa / jumpiasCuPa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasCuPa
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccCuPa Then
            m2(j) = 2 * fcn2CuPa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccCuPa Then
            m2(j) = 2 * fcn1CuPa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasCuPa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatascupa
    a = C - TBgab1
End If

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatascupa / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2

```

```

If es2 * es > fy1 Then
fs2 = fy1 * astul * 2
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
fs2 = -fy1 * astul * 2
Else
fs2 = es2 * es * astul * 2
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
fs1 = fy1 * astul * 2
ElseIf es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * 2
Else
fs1 = es1 * es * astul * 2
End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatascupa - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatascupa
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
For j = 1 To (n / 2) - 2
d(j) = d1 + spasi1 * j
e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
If e(j) * es > fy1 Then
f(j) = fy1 * astul * 2
ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
f(j) = -fy1 * astul * 2
Else
f(j) = e(j) * es * astul * 2
End If
ftot = ftot + f(j)
Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j

```

```
Else  
ftot = 0  
Mtot = 0  
End If
```

```
'hitung P  
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
```

```
'Hitung M  
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))  
/ 1000000
```

```
If Form2.Check7.Value = 1 Then
```

```
p = p  
M = M  
Else  
p = 0  
M = 0  
End If
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 15) = p  
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 16) = M
```

```
If i = 400 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 200  
ElseIf i = 800 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 400  
ElseIf i = 1200 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 600  
ElseIf i = 1600 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 800  
ElseIf i = 2000 Then  
Form1.akProgressBar1.Value = 1000  
End If  
Next i
```

```
End Function
```

```
Function Sisi4CuPa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,  
ebatascupa, fbatascupa)
```

```
Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
```

Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double

Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double

Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungCuPa

Z = ecbatascupa / usy1

d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbatascupa * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.05

ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.01

ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 10

Else

Z = Z - 20

End If

'hitung garis netral c

C = (ecbatascupa / (ecbatascupa - (Z * usy))) * d2

ReDim m2(jumpiasCuPa)

ReDim X2(jumpiasCuPa)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatascupa

delta = (ecbatascupa - ec11) / jumpiasCuPa

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiasCuPa


```

ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= eccCuPa Then
    m2(j) = 2 * fcn2CuPa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= eccCuPa Then
    m2(j) = 2 * fcn1CuPa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasCuPa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatascupa
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatascupa / jumpiasCuPa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasCuPa
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccCuPa Then
            m2(j) = 2 * fcn2CuPa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccCuPa Then
            m2(j) = 2 * fcn1CuPa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasCuPa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    
```

```

Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatascupa
a = C - TBgab1
End If

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatascupa / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Elseif es2 * es < -fy1 Then
fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Else
fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Elseif es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Else
fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatascupa - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatascupa
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2

```

```

d(j) = d1 + space * j
e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
If e(j) * es > fy1 Then
f(j) = fy1 * astul * 2
ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
f(j) = -fy1 * astul * 2
Else
f(j) = e(j) * es * astul * 2
End If
ftot = ftot + f(j)
Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check7.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 15) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 16) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 200
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 600

```

```
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1000
End If
Next i
End Function
```

HongHanModule.bas (Module 9)

Option Explicit

Global shHoHa, shHoHa1, fyhHoHa, fyhHoHa1, legHoHa, legHoHa1
As Double

Global bcHoHa, biHoHa1, biHoHa, V_transHoHa, V_coreHoHa,
ptHoHa, psHoHa, eccHH, fcc1HH As Double

Global KeHoHa, fcoHoHa, EsHoHa, k3HoHa, ec0HoHa, fhccHoHa,
fleHoHa, fccHoHa, eccHoHa As Double

Global ElasCHoHa, alpaHoHa, EdesHoHa, fcbatashoha, ecbatashoha As
Double

Global persenHoHa, persenHoHa1, jumpiasHoHa, jumpiasHoHa1 As
Double

Sub HitungHoHa()

bcHoHa = h1 - 2 * deck1 - hoops1

biHoHa = h1 - 2 * deck1 - 2 * hoops1 - dia1

V_transHoHa = 0.25 * pi * (hoops1 ^ 2) * (4 + (legHoHa - 2)) *

bcHoHa

V_coreHoHa = shHoHa1 * 10 * (bcHoHa ^ 2)

psHoHa = V_transHoHa / V_coreHoHa

ptHoHa = (0.25 * pi * (dia1 ^ 2) * n1) / (bcHoHa ^ 2)

If Tulangan = "sisi2X" Or Tulangan = "sisi2Y" Then

biHoHa1 = biHoHa / (n1 / 2 - 1)

KeHoHa = (1 - ((2 * (n1 / 2 - 1) * biHoHa1 ^ 2) + (2 * (biHoHa ^
2))) / (6 * bcHoHa ^ 2)) * (1 - (shHoHa1 * 10) / (2 * bcHoHa)) ^ 2 /
(1 - ptHoHa)

ElseIf Tulangan = "sisi4" Then

biHoHa1 = biHoHa / (n1 / 4)

KeHoHa = (1 - (n1 * biHoHa1 ^ 2) / (6 * bcHoHa ^ 2)) * (1 -
(shHoHa1 * 10) / (2 * bcHoHa)) ^ 2 / (1 - ptHoHa)

End If

fcoHoHa = 0.85 * fc1

EsHoHa = 200000

k3HoHa = 40 / fcoHoHa

If k3HoHa >= 1 Then

k3HoHa = 1

Else

```

    k3HoHa = k3HoHa
End If
ec0HoHa = 0.0028 - 0.0008 * k3HoHa
fhccHoHa = EsHoHa * (0.45 * ec0HoHa + 0.73 * ((KeHoHa *
psHoHa / fcoHoHa) ^ 0.7))
If fhccHoHa >= fyhHoHa1 Then
    fhccHoHa = fyhHoHa1
Else
    fhccHoHa = fhccHoHa
End If
fleHoHa = KeHoHa * psHoHa * fhccHoHa
eccHoHa = ec0HoHa + 0.015 * (fleHoHa / fcoHoHa) ^ 0.56
fccHoHa = (1 + 4.1 * (fleHoHa / fcoHoHa) ^ 0.7) * fcoHoHa
ElasCHoHa = 4700 * (fc1 ^ 0.5) '3320 * (fcoHoHa ^ 0.5) + 6900
alpaHoHa = ElasCHoHa * eccHoHa / fccHoHa
EdesHoHa = 0.026 * (fcoHoHa ^ 3) / (fleHoHa ^ 0.4)
fcbatashoha = persenHoHa1 * fc1 / 100
ecbatashoha = (fccHoHa - fcbatashoha) / EdesHoHa + eccHoHa
End Sub

```

Sub plotHoHa()

```

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Hong - Han (2005)
eccHH = -0.00001
For i = 1 To 75
    eccHH = eccHH + i * 0.00001
    Call fcc1HoHa(eccHH)
    If Form2.Check8.Value = 1 Then
        eccHH = eccHH
        fcc1HH = fcc1HH
    Else
        eccHH = 0
        fcc1HH = 0
    End If
    Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 3) =
eccHH
    Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 4) =
fcc1HH
    If i = 15 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 20
    End If

```

```

ElseIf i = 30 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 40
ElseIf i = 45 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 60
ElseIf i = 60 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 80
ElseIf i = 75 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 100
End If
Next i
End Sub

```

Function fcc1HoHa(eccHH)

```

Call HitungHoHa
If eccHH <= eccHoHa Then
    fcc1HH = fccHoHa * (1 - (1 - (eccHH / eccHoHa)) ^ alpaHoHa)
Else
    fcc1HH = fccHoHa - EdesHoHa * (eccHH - eccHoHa)
End If
End Function

```

Function fcn1HoHa(ecn)

```

    fcn1HoHa = fccHoHa * (1 - (1 - (ecn / eccHoHa)) ^ alpaHoHa)
End Function

```

Function fcn2HoHa(ecn)

```

    fcn2HoHa = fccHoHa - EdesHoHa * (ecn - eccHoHa)
End Function

```

Function Sisi2XHoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatashoha, fcbatashoha)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

```

    Call HitungHoHa

```

```

    Z = ecbatashoha / usy1

```

d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Po = ((fcbatashoha * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.1
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.02
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 2
Else
Z = Z - 10
End If

'hitung garis netral c
C = (ecbatashoha / (ecbatashoha - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasHoHa)
ReDim X2(jumpiasHoHa)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatashoha
delta = (ecbatashoha - ec11) / jumpiasHoHa
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasHoHa
ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= eccHoHa Then
m2(j) = 2 * fcn2HoHa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= eccHoHa Then
m2(j) = 2 * fcn1HoHa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If


```

Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasHoHa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatashoha
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatashoha / jumpiasHoHa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasHoHa
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccHoHa Then
            m2(j) = 2 * fcn2HoHa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        ElseIf ecn <= eccHoHa Then
            m2(j) = 2 * fcn1HoHa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasHoHa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatashoha
    a = C - TBgab1
End If

```

'hitung e2

$es1 = (C - d1) * ecbatashoha / C$

'hitung es1

$es2 = Z * usy1$

'hitung fs2

If $es2 * es > fy1$ Then

$fs2 = fy1 * astul * n1 / 2$

Elseif $es2 * es < -fy1$ Then

$fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2$

Else

$fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2$

End If

'hitung fs1

If $es1 * es > fy1$ Then

$fs1 = fy1 * astul * n1 / 2$

Elseif $es1 * es < -fy1$ Then

$fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2$

Else

$fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2$

End If

'hitung cc

If $C > h1$ Then

$cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatashoha - ec11)$

Else

$cc = luasan * b1 * C / ecbatashoha$

End If

'hitung P

$p = (cc + fs1 + fs2) / 1000$

'Hitung M

$M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /$

1000000

If Form2.Check8.Value = 1 Then

$p = p$

$M = M$

Else

$p = 0$

```

M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 9) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 10) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
ElseIf i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
ElseIf i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

Function Sisi2YHoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatashoha, fcbatashoha)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mitot As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungHoHa

```

Z = ecbatashoha / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

```

```

Po = ((fcbatashoha * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

```

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.08

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.04

Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 5

Else

Z = Z - 10

End If

'hitung garis netral c

C = (ecbatashoha / (ecbatashoha - (Z * usy))) * d2

ReDim m2(jumpiasHoHa)

ReDim X2(jumpiasHoHa)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatashoha

delta = (ecbatashoha - ec11) / jumpiasHoHa

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiasHoHa

ecn = ec11 + delta * j

If ecn >= eccHoHa Then

m2(j) = 2 * fcn2HoHa(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

Elseif ecn <= eccHoHa Then

m2(j) = 2 * fcn1HoHa(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

End If

Next j

Dim SumM2 As Double

SumM2 = 0

luasan = 0

For j = 1 To jumpiasHoHa

SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2

luasan = luasan + m2(j)

Next j

luasan = luasan * delta / 2

TBgab = SumM2 / luasan

```

TBgab1 = TBgab * C / ccbatashoha
a = C - TBgab1
Else
delta = ccbatashoha / jumpiasHoHa
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasHoHa
ecn = delta * j
If ecn >= eccHoHa Then
m2(j) = 2 * fcn2HoHa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= eccHoHa Then
m2(j) = 2 * fcn1HoHa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasHoHa
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ccbatashoha
a = C - TBgab1
End If

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ccbatashoha / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
fs2 = fy1 * astul * 2
Elseif es2 * es < -fy1 Then
fs2 = -fy1 * astul * 2
Else
fs2 = es2 * es * astul * 2

```

```

End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
fs1 = fy1 * astul * 2
ElseIf es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * 2
Else
fs1 = es1 * es * astul * 2
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatashoha - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatashoha
End If

```

```

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
For j = 1 To (n / 2) - 2
d(j) = d1 + spasi1 * j
e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
If e(j) * es > fy1 Then
f(j) = fy1 * astul * 2
ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
f(j) = -fy1 * astul * 2
Else
f(j) = e(j) * es * astul * 2
End If
ftot = ftot + f(j)
Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j

```

```

Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If

```

```

'hitung P

```

$$p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000$$

Hitung M

$$M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000$$

If Form2.Check8.Value = 1 Then

p = p

M = M

Else

p = 0

M = 0

End If

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 9) = p

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 10) = M

If i = 400 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 400

ElseIf i = 800 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 800

ElseIf i = 1200 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 1200

ElseIf i = 1600 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 1600

ElseIf i = 2000 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 2000

End If

Next i

End Function

Function Sisi4HoHa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatashoha, fcbatashoha)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double

Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double

Dim titikberat, ecl1, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double

Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungHoHa

```

Z = ecbatashoha / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbatashoha * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

```

```

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.08
ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.04
ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 5
Else
Z = Z - 10
End If

```

```

'hitung garis netral c
C = (ecbatashoha / (ecbatashoha - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasHoHa)
ReDim X2(jumpiasHoHa)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatashoha
delta = (ecbatashoha - ec11) / jumpiasHoHa
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasHoHa
ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= eccHoHa Then
m2(j) = 2 * fcn2HoHa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= eccHoHa Then
m2(j) = 2 * fcn1HoHa(ecn)

```



```

    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasHoHa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatashoha
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatashoha / jumpiasHoHa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasHoHa
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccHoHa Then
            m2(j) = 2 * fcn2HoHa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        ElseIf ecn <= eccHoHa Then
            m2(j) = 2 * fcn1HoHa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasHoHa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatashoha
    a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatashoha / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
  If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  Else
    fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
  End If
'hitung fs1
  If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  Else
    fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
  End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatashoha - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatashoha
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
    d(j) = d1 + space * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    End If
  Next j
End If

```

```

Else
f(j) = e(j) * es * astul * 2
End If
ftot = ftot + f(j)
Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check8.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 9) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 10) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
ElseIf i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
ElseIf i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

YongNourNawyModule.bas (Module 10)

Option Explicit

Global shYoNa, shYoNa1, fyhYoNa, fyhYoNa1, legYoNa, legYoNa1
As Double

Global bcYoNa, biYoNa1, biYoNa, V_transYoNa, V_coreYoNa,
psYoNa, eccYN, fcc1YN As Double

Global AgYoNa, AsYoNa, pYoNa, KsYoNa, fccYoNa, eccYoNa,
fiYoNa, eiYoNa, f2iYoNa, e2iYoNa As Double

Global EcYoNa, AYoNa, BYoNa, CYoNa, DYoNa, EciYoNa,
Ec2iYoNa, XYoNa, XbatasYoNa1, XbatasYoNa2 As Double

Global fcbatasyona, ecbatasyona, ecbatasYoNa1, ecbatasYoNa2,
AAYoNa, BBYoNa, CCYoNa, ra As Double

Global persenYoNa, persenYoNa1, jumpiasYoNa, jumpiasYoNa1 As
Double

Global ecaYoNa, ecbYoNa, selisihYoNa, fciterasiYoNa As Double

Sub HitungYoNa()

bcYoNa = h1 - 2 * deck1 - hoops1

biYoNa = h1 - 2 * deck1 - 2 * hoops1 - dial

biYoNa1 = biYoNa / (n1 / 2 - 1)

V_transYoNa = 0.25 * pi * (hoops1 ^ 2) * (4 + (legYoNa1 - 2)) *
bcYoNa

V_coreYoNa = shYoNa1 * 10 * (bcYoNa ^ 2)

psYoNa = V_transYoNa / V_coreYoNa

AgYoNa = b1 * h1

AsYoNa = (4 + (legYoNa1 - 2)) * bcYoNa * hoops1

pYoNa = AsYoNa / AgYoNa

KsYoNa = 1 + 0.11 * (1 - 0.254 * shYoNa1 * 10 / biYoNa) *

(psYoNa + n1 * hoops1 * pYoNa / (0.31496 * shYoNa1 * 10 * dial1))
* fyhYoNa1 / (fc1 ^ 0.5)

fccYoNa = KsYoNa * fc1

eccYoNa = 0.00265 + 0.0035 * (1 - 0.734 * shYoNa1 * 10 / biYoNa)
* ((145 * psYoNa * fyhYoNa1) ^ (2 / 3)) / (145 * fc1) ^ 0.5

fiYoNa = fccYoNa * (0.25 * fc1 / fccYoNa + 0.4)

eiYoNa = KsYoNa * (1.4 * eccYoNa / KsYoNa + 0.0003)

f2iYoNa = fccYoNa * (0.025 * fc1 / 1000 - 0.065)

If f2iYoNa <= 0.3 * fccYoNa Then

```

    f2iYoNa = 0.3 * fccYoNa
Else
    f2iYoNa = f2iYoNa
End If
c2iYoNa = 2 * eiYoNa - eccYoNa
EcYoNa = 4700 * (fc1 ^ 0.5)
AYoNa = EcYoNa * eccYoNa / fccYoNa
BYoNa = ((AYoNa - 1) ^ 2) / 0.55 - 1
EciYoNa = fiYoNa / eiYoNa
Ec2iYoNa = f2iYoNa / c2iYoNa
CYoNa = ((c2iYoNa - eiYoNa) / eccYoNa) * ((c2iYoNa * EciYoNa)
/ (fccYoNa - fiYoNa) - (4 * eiYoNa * Ec2iYoNa) / (fccYoNa -
f2iYoNa))
DYoNa = (eiYoNa - c2iYoNa) * (EciYoNa / (fccYoNa - fiYoNa) - (4
* Ec2iYoNa) / (fccYoNa - f2iYoNa))
fcbatasyona = persenYoNa1 * fc1 / 100
ecaYoNa = 0.1
ecbYoNa = eccYoNa
Do
    ecbatasyona = (ecaYoNa + ecbYoNa) / 2
    fciterasiYoNa = ((CYoNa * (ecbatasyona / eccYoNa) + DYoNa *
(ecbatasyona / eccYoNa) ^ 2) / (1 + (CYoNa - 2) * (ecbatasyona /
eccYoNa) + (DYoNa + 1) * (ecbatasyona / eccYoNa) ^ 2)) *
    fccYoNa
    selisihYoNa = fciterasiYoNa - fcbatasyona
    If selisihYoNa < 0 Then
        ecaYoNa = ecbatasyona
    Else
        ecbYoNa = ecbatasyona
    End If
Loop Until Abs(selisihYoNa) < 0.0001
End Sub

Sub plotYoNa()
'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Yong - Nawy
eccYN = -0.00001
For i = 1 To 50
    eccYN = eccYN + i * 0.00001
    Call fcc1YoNa(eccYN)

```

If Form2.Check9.Value = 1 Then

eccYN = eccYN

fcc1YN = fcc1YN

Else

eccYN = 0

fcc1YN = 0

End If

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 11) = eccYN

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 12) = fcc1YN

If i = 15 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 20

ElseIf i = 30 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 40

ElseIf i = 45 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 60

ElseIf i = 60 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 80

ElseIf i = 75 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 100

End If

Next i

End Sub

Function fcc1YoNa(eccYN)

Call HitungYoNa

If eccYN <= eccYoNa Then

fcc1YN = ((AYoNa * (eccYN / eccYoNa) + BYoNa * (eccYN / eccYoNa) ^ 2) / (1 + (AYoNa - 2) * (eccYN / eccYoNa) + (BYoNa + 1) * (eccYN / eccYoNa) ^ 2)) * fccYoNa

ElseIf eccYN >= eccYoNa Then

fcc1YN = ((CYoNa * (eccYN / eccYoNa) + DYoNa * (eccYN / eccYoNa) ^ 2) / (1 + (CYoNa - 2) * (eccYN / eccYoNa) + (DYoNa + 1) * (eccYN / eccYoNa) ^ 2)) * fccYoNa

If fcc1YN <= 0.3 * fccYoNa Then

fcc1YN = 0.3 * fccYoNa

Else

fcc1YN = fcc1YN

End If
End If
End Function

Function fcn1YoNa(ecn)

XYoNa = ecn / eccYoNa
fcn1YoNa = ((AYoNa * XYoNa + BYoNa * XYoNa ^ 2) / (1 +
(AYoNa - 2) * XYoNa + (BYoNa + 1) * XYoNa ^ 2)) * fccYoNa
End Function

Function fcn2YoNa(ecn)

XYoNa = ecn / eccYoNa
fcn2YoNa = ((CYoNa * XYoNa + DYoNa * XYoNa ^ 2) / (1 +
(CYoNa - 2) * XYoNa + (DYoNa + 1) * XYoNa ^ 2)) * fccYoNa
End Function

Function Sisi2XYoNa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasyona, fcbatasyona)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungYoNa

Z = ecbatasyona / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Po = ((fcbatasyona * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.1

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

```

Z = Z - 0.02
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 2
Else
Z = Z - 10
End If

```

'hitung garis netral c

```

C = (ecbatasyona / (ecbatasyona - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasYoNa)
ReDim X2(jumpiasYoNa)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasyona
delta = (ecbatasyona - ec11) / jumpiasYoNa
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasYoNa
ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= eccYoNa Then
m2(j) = 2 * fcn2YoNa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= eccYoNa Then
m2(j) = 2 * fcn1YoNa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasYoNa
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasyona
a = C - TBgab1
Else
delta = ecbatasyona / jumpiasYoNa

```



```

luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasYoNa
ecn = delta * j
If ecn >= eccYoNa Then
    m2(j) = 2 * fcn2YoNa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= eccYoNa Then
    m2(j) = 2 * fcn1YoNa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasYoNa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasyona
a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasyona / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else
    fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * n1 / 2

```

```

Elseif es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else
fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasyona - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasyona
End If

```

```

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000

```

```

'Hitung M
M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /
1000000

```

```

If Form2.Check9.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 17) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 18) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000

```

End If
Next i
End Function

Function Sisi2Yyona(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasyona, fcbatasyona)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungYoNa

Z = ecbatasyona / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbatasyona * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.05
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If

'hitung garis netral c
C = (ecbatasyona / (ecbatasyona - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasYoNa)

```

ReDim X2(jumpiasYoNa)
If C > h1 Then
    ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasyona
    delta = (ecbatasyona - ec11) / jumpiasYoNa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasYoNa
        ecn = ec11 + delta * j
        If ecn >= eccYoNa Then
            m2(j) = 2 * fcn2YoNa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccYoNa Then
            m2(j) = 2 * fcn1YoNa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    Dim SumM2 As Double
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasYoNa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatasyona
    a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatasyona / jumpiasYoNa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasYoNa
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccYoNa Then
            m2(j) = 2 * fcn2YoNa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        Elseif ecn <= eccYoNa Then
            m2(j) = 2 * fcn1YoNa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatasyona
    a = C - TBgab1
End If

```

```

End If
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasYoNa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasyona
a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasyona / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1

```

```

' hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * 2
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * 2
Else
    fs2 = es2 * es * astul * 2
End If

```

```

'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * 2
ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * 2
Else
    fs1 = es1 * es * astul * 2
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then
    cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasyona - ec11)
Else

```

```
cc = luasan * b1 * C / ecbatasyona  
End If
```

```
ftot = 0
```

```
Mtot = 0
```

```
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
```

```
For j = 1 To (n / 2) - 2
```

```
    d(j) = d1 + spasi1 * j
```

```
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
```

```
    If e(j) * es > fy1 Then
```

```
        f(j) = fy1 * astul * 2
```

```
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
```

```
        f(j) = -fy1 * astul * 2
```

```
    Else
```

```
        f(j) = e(j) * es * astul * 2
```

```
    End If
```

```
    ftot = ftot + f(j)
```

```
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
```

```
Next j
```

```
Else
```

```
ftot = 0
```

```
Mtot = 0
```

```
End If
```

```
'hitung P
```

```
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
```

```
'Hitung M
```

```
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))  
/ 1000000
```

```
If Form2.Check9.Value = 1 Then
```

```
    p = p
```

```
    M = M
```

```
Else
```

```
    p = 0
```

```
    M = 0
```

```
End If
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 17) = p
```

```

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 18) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i

```

End Function

Function Sisi4YoNa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasyona, fcbatasyona)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), c(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungYoNa

```

Z = ecbatasyona / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbatasyona * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
Pbend = 0
Mband = 0
Cband = 0

```

```

For i = 1 To 2000
'hitung z
If Z > -1 Then

```

```

Z = Z - 0.05
ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If

```

'hitung garis netral c

```

C = (ecbatasyona / (ecbatasyona - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasYoNa)
ReDim X2(jumpiasYoNa)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasyona
delta = (ecbatasyona - ec11) / jumpiasYoNa
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasYoNa
ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= eccYoNa Then
m2(j) = 2 * fcn2YoNa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= eccYoNa Then
m2(j) = 2 * fcn1YoNa(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasYoNa
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasyona
a = C - TBgab1

```



```

Else
    delta = ecбатыона / jumpiasYoNa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasYoNa
        ecn = delta * j
        If ecn >= eccYoNa Then
            m2(j) = 2 * fcn2YoNa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        ElseIf ecn <= eccYoNa Then
            m2(j) = 2 * fcn1YoNa(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasYoNa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecбатыона
    a = C - TBgab1

```

End If

'hitung e2

es1 = (C - d1) * ecбатыона / C

'hitung es1

es2 = Z * usy1

'hitung fs2

If es2 * es > fy1 Then

fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)

ElseIf es2 * es < -fy1 Then

fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)

Else

fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)

End If

'hitung fs1

```

If es1 * es > fy1 Then
fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Elseif es1 * es < -fy1 Then
fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
Else
fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
End If

```

```

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasyona - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasyona
End If

```

```

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
    d(j) = d1 + space * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    Elseif e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else
      f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    ftot = ftot + f(j)
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
  Next j
Else
  ftot = 0
  Mtot = 0
End If

```

```

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

```

Hitung M

$$M = (M_{tot} + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) / 1000000$$

If Form2.Check9.Value = 1 Then

p = p

M = M

Else

p = 0

M = 0

End If

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 17) = p

Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 18) = M

If i = 400 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 400

Elseif i = 800 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 800

Elseif i = 1200 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 1200

Elseif i = 1200 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 1600

Elseif i = 2000 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 2000

End If

Next i

End Function

ManderModule.bas (Module 11)

Option Explicit

Global shMaPr, shMaPr1, fyhMaPr, fyhMaPr1, legMaPr, legMaPr1 As Double

Global bcMaPr, biMaPr1, biMaPr, V_transMaPr, V_coreMaPr, psMaPr, pccMaPr, eccMP, fcc1MP As Double

Global KeMaPr, fleMaPr, fccMaPr, eccMaPr, ecoMaPr, EsecMaPr, EcMaPr As Double

Global rMaPr, aMaPr, bMaPr, cMaPr, ecbatasmapr, fcbatasmapr, eca, ecb, selisih, fciterasi As Double

Global persenMaPr, persenMaPr1, jumpiasMaPr1, jumpiasMaPr As Double

Sub HitungMaPr()

bcMaPr = h1 - 2 * deck1 - hoops1

biMaPr = h1 - 2 * deck1 - 2 * hoops1 - dial

V_transMaPr = 0.25 * pi * (hoops1 ^ 2) * (4 + (legMaPr1 - 2)) *

bcMaPr

V_coreMaPr = shMaPr1 * 10 * (bcMaPr ^ 2)

psMaPr = V_transMaPr / V_coreMaPr

pccMaPr = (0.25 * pi * (dial ^ 2) * n1) / (bcMaPr ^ 2 - 0.25 * pi * (dial ^ 2) * n1)

If Tulangan = "sisi2X" Or Tulangan = "sisi2Y" Then

biMaPr1 = biMaPr / (n1 / 2 - 1)

KeMaPr = ((1 - ((2 * (n1 / 2 - 1) * biMaPr1 ^ 2) + (2 * (biMaPr ^ 2))) / (6 * bcMaPr ^ 2)) * ((1 - (shMaPr1 * 10) / (2 * bcMaPr)) ^ 2)) / (1 - pccMaPr)

ElseIf Tulangan = "sisi4" Then

biMaPr1 = biMaPr / (n1 / 4)

KeMaPr = ((1 - (n1 * biMaPr1 ^ 2) / (6 * bcMaPr ^ 2)) * ((1 - (shMaPr1 * 10) / (2 * bcMaPr)) ^ 2)) / (1 - pccMaPr)

End If

fleMaPr = 0.5 * KeMaPr * psMaPr * fyhMaPr1

fccMaPr = fc1 * (-1.254 + 2.254 * ((1 + 7.94 * fleMaPr / fc1) ^ 0.5) - 2 * fleMaPr / fc1)

ecoMaPr = 0.002

eccMaPr = ecoMaPr * (1 + 5 * (fccMaPr / fc1 - 1))

```

EsecMaPr = fccMaPr / eccMaPr
EcMaPr = 4700 * (fc1 ^ 0.5) '5000 * (fc1 ^ 0.5)
rMaPr = EcMaPr / (EcMaPr - EsecMaPr)
fcbatasmapr = persenMaPr1 * fc1 / 100
eca = 1
ecb = eccMaPr
Do
    ecbatasmapr = (eca + ecb) / 2
    fciterasi = fccMaPr * (ecbatasmapr / eccMaPr) * rMaPr / (rMaPr - 1
    + (ecbatasmapr / eccMaPr) ^ rMaPr)
    selisih = fciterasi - fcbatasmapr
    If selisih < 0 Then
        eca = ecbatasmapr
    Else
        ecb = ecbatasmapr
    End If
Loop Until Abs(selisih) < 0.0001
End Sub

```

Sub plotMaPr()

```

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Mander - Priestley
eccMP = -0.00001
For i = 1 To 75
    eccMP = eccMP + i * 0.00001
    Call fcc1MaPr(eccMP)
    If Form2.Check10.Value = 1 Then
        eccMP = eccMP
        fcc1MP = fcc1MP
    Else
        eccMP = 0
        fcc1MP = 0
    End If
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 13) =
eccMP
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 14) =
fcc1MP
    If i = 15 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 20
    ElseIf i = 30 Then

```

```

Form1.akProgressBar1.Value = 40
Elseif i = 45 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 60
Elseif i = 60 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 80
Elseif i = 75 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 100
End If
Next i
End Sub

```



Function fcc1MaPr(eccMP)

```

Call HitungMaPr
fcc1MP = (fccMaPr * (eccMP / eccMaPr) * rMaPr) / (rMaPr - 1 +
((eccMP / eccMaPr) ^ rMaPr))

```

End Function

Function fcn1MaPr(ecn)

```

fcn1MaPr = (fccMaPr * (ecn / eccMaPr) * rMaPr) / (rMaPr - 1 +
((ecn / eccMaPr) ^ rMaPr))

```

End Function

Function Sisi2XMaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasmapr, fcbatasmapr)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungMaPr

```

Z = ecbatasmapr / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

```

```

'Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Po = ((fcbatasmapr * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0

```

```

Cband = 0
For i = 1 To 2000

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.1
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.02
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 2
Else
Z = Z - 10
End If

'hitung garis netral c
C = (ecbatasmapr / (ecbatasmapr - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasMaPr)
ReDim X2(jumpiasMaPr)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasmapr
delta = (ecbatasmapr - ec11) / jumpiasMaPr
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasMaPr
ecn = ec11 + delta * j
m2(j) = 2 * fcn1MaPr(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasMaPr
SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasmapr
a = C - TBgab1

```

```

Else
  delta = ecbatasmapr / jumpiasMaPr
  luasan2 = 0
  luasan1 = 0
  For j = 1 To jumpiasMaPr
    ecn = delta * j
    m2(j) = 2 * fcn1MaPr(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
  Next j
  SumM2 = 0
  luasan = 0
  For j = 1 To jumpiasMaPr
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
  Next j
  luasan = luasan * delta / 2
  TBgab = SumM2 / luasan
  TBgab1 = TBgab * C / ecbatasmapr
  a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasmapr / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2
If es2 * es > fy1 Then
  fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
ElseIf es2 * es < -fy1 Then
  fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else
  fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
End If
'hitung fs1
If es1 * es > fy1 Then
  fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
ElseIf es1 * es < -fy1 Then
  fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
Else

```



```
fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2  
End If
```

```
'hitung cc  
If C > h1 Then  
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasmapr - ec11)  
Else  
cc = luasan * b1 * C / ecbatasmapr  
End If
```

```
'hitung P  
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000
```

```
'Hitung M  
M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /  
1000000
```

```
If Form2.Check10.Value = 1 Then
```

```
p = p  
M = M
```

```
Else
```

```
p = 0  
M = 0
```

```
End If
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 19) = p
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 20) = M
```

```
If i = 400 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 400
```

```
Elseif i = 800 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 800
```

```
Elseif i = 1200 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
```

```
Elseif i = 1600 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
```

```
Elseif i = 2000 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
```

```
End If
```

```
Next i
```

```
End Function
```

**Function Sisi2YMaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbatasmapr, fcbatasmapr)**

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double

Dim d(100), c(100), f(100), ftot, Mtot As Double

Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double

Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungMaPr

Z = ecbatasmapr / usy1

d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbatasmapr * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.05

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.01

Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 10

Else

Z = Z - 20

End If

'hitung garis netral c

C = (ecbatasmapr / (ecbatasmapr - (Z * usy))) * d2

ReDim m2(jumpiasMaPr)

ReDim X2(jumpiasMaPr)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasmapr

delta = (ecbatasmapr - ec11) / jumpiasMaPr

```

luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasMaPr
    ecn = ec11 + delta * j
    m2(j) = 2 * fcn1MaPr(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasMaPr
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasmapr
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatasmapr / jumpiasMaPr
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasMaPr
        ecn = delta * j
        m2(j) = 2 * fcn1MaPr(ecn)
        X2(j) = ecn - delta / 2
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasMaPr
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatasmapr
    a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasmapr / C
'hitung es1
es2 = Z * usyl
'hitung fs2
  If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * 2
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * 2
  Else
    fs2 = es2 * es * astul * 2
  End If
'hitung fs1
  If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * 2
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * 2
  Else
    fs1 = es1 * es * astul * 2
  End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasmapr - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasmapr
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To (n / 2) - 2
    d(j) = d1 + spasi1 * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else

```

```

        f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    ftot = ftot + f(j)
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check10.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 19) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 20) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
ElseIf i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
ElseIf i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

Function Sisi4MaPr(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasmapr, fcbatasmapr)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungMaPr

$Z = \text{ecbatasmapr} / \text{usy1}$
 $d1 = \text{deck1} + \text{hoops1} + (\text{dia1} / 2)$
 $d2 = h - \text{deck1} - \text{hoops1} - (\text{dia1} / 2)$

$Po = ((\text{fcbatasmapr} * Ag) + (\text{fy1} * As1)) * 0.8 / 1000$
 $\text{space} = (h - (2 * \text{deck}) - (2 * \text{hoops}) - \text{dia}) / ((n / 4))$
 $Pbend = 0$
 $Mbend = 0$
 $Cbend = 0$

For i = 1 To 2000
 'hitung z
 If Z > -1 Then
 Z = Z - 0.05
 ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
 Z = Z - 0.01
 ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
 Z = Z - 2
 Else
 Z = Z - 20
 End If

'hitung garis netral c
 $C = (\text{ecbatasmapr} / (\text{ecbatasmapr} - (Z * \text{usy}))) * d2$
ReDim m2(jumpiasMaPr)
ReDim X2(jumpiasMaPr)
If C > h1 Then
 $\text{ec11} = ((C - h1) / C) * \text{ecbatasmapr}$

```

delta = (ecbatasmapr - ec11) / jumpiasMaPr
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasMaPr
    ecn = ec11 + delta * j
    m2(j) = 2 * fcn1MaPr(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasMaPr
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasmapr
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatasmapr / jumpiasMaPr
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasMaPr
        ecn = delta * j
        m2(j) = 2 * fcn1MaPr(ecn)
        X2(j) = ecn - delta / 2
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasMaPr
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatasmapr
    a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasmapr / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
  If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  Else
    fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
  End If
'hitung fs1
  If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  Else
    fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
  End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasmapr - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasmapr
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
    d(j) = d1 + space * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    End If
  Next j
End If

```



```

Else
    f(j) = e(j) * es * astul * 2
End If
ftot = ftot + f(j)
Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j
Else
    ftot = 0
    Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000
'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check10.Value = 1 Then
    p = p
    M = M
Else
    p = 0
    M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 19) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 20) = M
If i = 400 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 400
ElseIf i = 800 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 800
ElseIf i = 1200 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 1200
ElseIf i = 1600 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 1600
ElseIf i = 2000 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

SheikhUzumeriModule.bas (Module 12)

Option Explicit

Global shShUz, shShUz1, fyhShUz, fyhShUz1, legShuZ, legShuZ1 As

Double

Global bcShUz, biShUz1, biShUz, V_transShUz, V_coreShUz, psShUz,
eccSU, fcc1SU As Double

Global KsShUz, fcoShUz, AccShUz, PoccShUz, fcbatasshuz,
ecbatasshuz As Double

Global fccShUz, ecc1ShUz, ecoShUz, ecc2ShUz, ecc3ShUz, ZShUz,
fcc30ShUz As Double

Global persenShUz, persenShUz1, jumpiasShUz1, jumpiasShUz As
Double

Sub HitungShUz()

bcShUz = h1 - 2 * deck1 - hoops1

biShUz = h1 - 2 * deck1 - 2 * hoops1 - dia1

V_transShUz = 0.25 * pi * (hoops1 ^ 2) * (4 + (legShuZ1 - 2)) *

bcShUz

V_coreShUz = shShUz1 * 10 * (bcShUz ^ 2)

psShUz = V_transShUz / V_coreShUz

fcoShUz = fc1 '0.85 * fc1

AccShUz = bcShUz ^ 2

PoccShUz = fcoShUz * AccShUz

If Tulangan = "sisi2X" Or Tulangan = "sisi2Y" Then

biShUz1 = (biShUz + biShUz / (n1 / 2 - 1)) / 2

ElseIf Tulangan = "sisi4" Then

biShUz1 = biShUz / (n1 / 4)

End If

KsShUz = 1 + (bcShUz ^ 2 / (140 * PoccShUz)) * ((1 - (n1 *
biShUz1 ^ 2) / (5.5 * bcShUz ^ 2)) * ((1 - shShUz1 * 10 / (2 *
bcShUz)) ^ 2)) * (psShUz * fyhShUz1) ^ 0.5

If KsShUz <= 1 Then

KsShUz = 1

Else

KsShUz = KsShUz

End If

fccShUz = KsShUz * fcoShUz

```

ecc1ShUz = 80 * KsShUz * fc1 / 1000000
ecoShUz = 0.0022
ecc2ShUz = ecoShUz * (1 + (248 / biShUz1)) * (1 - 5 * (shShUz1 * 10 / bcShUz) ^ 2) * psShUz * fyhShUz1 / (fc1 ^ 0.5)
ZShUz = 0.5 / ((3 / 4) * psShUz * (bcShUz / (shShUz1 * 10)) ^ 0.5)
fcc30ShUz = 0.3 * fccShUz
ecc3ShUz = ecc2ShUz + (1 - fcc30ShUz / fccShUz) / ZShUz
fcbatasshuz = persenShUz1 * fc1 / 100
ecbatasshuz = ecc2ShUz + (1 - fcbatasshuz / fccShUz) / ZShUz

```

End Sub

Sub plotShUz()

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Sheikh - Uzumeri

```
eccSU = -0.00001
```

```
For i = 1 To 75
```

```
eccSU = eccSU + i * 0.00001
```

```
Call fcc1ShUz(eccSU)
```

```
If Form2.Check11.Value = 1 Then
```

```
eccSU = eccSU
```

```
fcc1SU = fcc1SU
```

```
Else
```

```
eccSU = 0
```

```
fcc1SU = 0
```

```
End If
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 15) = eccSU
```

```
Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 16) = fcc1SU
```

```
If i = 15 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 20
```

```
ElseIf i = 30 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 40
```

```
ElseIf i = 45 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 60
```

```
ElseIf i = 60 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 80
```

```
ElseIf i = 75 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 100
```

```
End If
```

Next i

End Sub

Function fcc1ShUz(eccSU)

Call HitungShUz

If eccSU <= ecc1ShUz Then

 fcc1SU = fccShUz * (2 * eccSU / ecc1ShUz - (eccSU / ecc1ShUz) ^ 2)

ElseIf eccSU >= ecc1ShUz And eccSU <= ecc2ShUz Then

 fcc1SU = KsShUz * fcoShUz

ElseIf eccSU >= ecc2ShUz And eccSU <= ecc3ShUz Then

 fcc1SU = fccShUz * (1 - ZShUz * (eccSU - ecc2ShUz))

Else:

 fcc1SU = 0.3 * fccShUz

End If

End Function

Function fcn1ShUz(ecn)

 fcn1ShUz = fccShUz * (2 * ecn / ecc1ShUz - (ecn / ecc1ShUz) ^ 2)

End Function

Function fcn2ShUz(ecn)

 fcn2ShUz = KsShUz * fcoShUz

End Function

Function fcn3ShUz(ecn)

 fcn3ShUz = fccShUz * (1 - ZShUz * (ecn - ecc2ShUz))

End Function

Function Sisi2XShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasshuz, fcbatasshuz)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double

Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungShUz

Z = ecbatasshuz / usy1

d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

'Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Po = ((fcbatasshuz * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.1

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.02

Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 2

Else

Z = Z - 10

End If

'hitung garis netral c

C = (ecbatasshuz / (ecbatasshuz - (Z * usy))) * d2

ReDim m2(jumpiasShUz)

ReDim X2(jumpiasShUz)

If C > h1 Then

ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasshuz

delta = (ecbatasshuz - ec11) / jumpiasShUz

luasan2 = 0

luasan1 = 0

For j = 1 To jumpiasShUz

ecn = ec11 + delta * j

If ecn >= ecc2ShUz And ecn <= ecc3ShUz Then

m2(j) = 2 * fcn3ShUz(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

Elseif ecn >= ecc1ShUz And ecn <= ecc2ShUz Then

m2(j) = 2 * fcn2ShUz(ecn)

X2(j) = ecn - delta / 2

Elseif ecn <= ecc1ShUz Then

m2(j) = 2 * fcn1ShUz(ecn)

```

    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasShUz
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasshuz
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatasshuz / jumpiasShUz
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasShUz
        ecn = delta * j
        If ecn >= ecc2ShUz And ecn <= ecc3ShUz Then
            m2(j) = 2 * fcn3ShUz(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        ElseIf ecn >= ecc1ShUz And ecn <= ecc2ShUz Then
            m2(j) = 2 * fcn2ShUz(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        ElseIf ecn <= ecc1ShUz Then
            m2(j) = 2 * fcn1ShUz(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasShUz
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan

```

```

    TBgab1 = TBgab * C / ecbatasshuz
    a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasshuz / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
'hitung fs2
    If es2 * es > fy1 Then
        fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
    ElseIf es2 * es < -fy1 Then
        fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
    Else
        fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
    End If

```

```

'hitung fs1
    If es1 * es > fy1 Then
        fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
    ElseIf es1 * es < -fy1 Then
        fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
    Else
        fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2
    End If

```

```

'hitung cc
    If C > h1 Then
        cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasshuz - ec11)
    Else
        cc = luasan * b1 * C / ecbatasshuz
    End If

```

```

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000

```

```

'Hitung M
M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /
1000000

```

```

If Form2.Check11.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 21) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 22) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

Function Sisi2YShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasshuz, fcbatasshuz)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungShUz

```

Z = ecbatasshuz / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

```

Po = ((fcbatasshuz * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000


```

Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

```

```

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.05
ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If

```

```

'hitung garis netral c

```

```

C = (ecbatasshuz / (ecbatasshuz - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasShUz)
ReDim X2(jumpiasShUz)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbatasshuz
delta = (ecbatasshuz - ec11) / jumpiasShUz
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasShUz
ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= ecc2ShUz And ecn <= ecc3ShUz Then
m2(j) = 2 * fcn3ShUz(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn >= ecc1ShUz And ecn <= ecc2ShUz Then
m2(j) = 2 * fcn2ShUz(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
ElseIf ecn <= ecc1ShUz Then
m2(j) = 2 * fcn1ShUz(ecn)
X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double

```

```

SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasShUz
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasshuz
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbatasshuz / jumpiasShUz
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasShUz
        ecn = delta * j
        If ecn >= ecc2ShUz And ecn <= ecc3ShUz Then
            m2(j) = 2 * fcn3ShUz(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        ElseIf ecn >= ecc1ShUz And ecn <= ecc2ShUz Then
            m2(j) = 2 * fcn2ShUz(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        ElseIf ecn <= ecc1ShUz Then
            m2(j) = 2 * fcn1ShUz(ecn)
            X2(j) = ecn - delta / 2
        End If
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasShUz
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbatasshuz
    a = C - TBgab1
End If

```

```

'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbatasshuz / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1
' hitung fs2
  If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * 2
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * 2
  Else
    fs2 = es2 * es * astul * 2
  End If
'hitung fs1
  If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * 2
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * 2
  Else
    fs1 = es1 * es * astul * 2
  End If

'hitung cc
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasshuz - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasshuz
End If

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To (n / 2) - 2
    d(j) = d1 + spasil * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else

```

```

    f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    ftot = ftot + f(j)
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
Next j
Else
ftot = 0
Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check11.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 21) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 22) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

Function Sisi4ShUz(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbatasshuz, fcbatasshuz)

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double

Dim d(100), e(100), f(100), fitot, Mtot, space As Double

Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double

Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double

Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungShUz

$Z = \text{ecbatasshuz} / \text{usy1}$

$d1 = \text{deck1} + \text{hoops1} + (\text{dia1} / 2)$

$d2 = h - \text{deck1} - \text{hoops1} - (\text{dia1} / 2)$

$Po = ((\text{fcbatasshuz} * Ag) + (\text{fy1} * As1)) * 0.8 / 1000$

$\text{space} = (h - (2 * \text{deck}) - (2 * \text{hoops}) - \text{dia}) / ((n / 4))$

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

If Z > -1 Then

Z = Z - 0.05

Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then

Z = Z - 0.01

Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then

Z = Z - 10

Else

Z = Z - 20

End If

'hitung garis netral c

$C = (\text{ecbatasshuz} / (\text{ecbatasshuz} - (Z * \text{usy}))) * d2$

ReDim m2(jumpiasShUz)

ReDim X2(jumpiasShUz)

If C > h1 Then

$\text{ec11} = ((C - h1) / C) * \text{ecbatasshuz}$

```

delta = (ecbatasshuz - ec11) / jumpiasShUz
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasShUz
ecn = ec11 + delta * j
If ecn >= ecc2ShUz And ecn <= ecc3ShUz Then
    m2(j) = 2 * fcn3ShUz(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn >= ecc1ShUz And ecn <= ecc2ShUz Then
    m2(j) = 2 * fcn2ShUz(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn <= ecc1ShUz Then
    m2(j) = 2 * fcn1ShUz(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
End If
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasShUz
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbatasshuz
a = C - TBgab1
Else
delta = ecbatasshuz / jumpiasShUz
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasShUz
ecn = delta * j
If ecn >= ecc2ShUz And ecn <= ecc3ShUz Then
    m2(j) = 2 * fcn3ShUz(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Elseif ecn >= ecc1ShUz And ecn <= ecc2ShUz Then
    m2(j) = 2 * fcn2ShUz(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2

```

```

If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbatasshuz - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbatasshuz
End If

```

```

ftot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
    d(j) = d1 + space * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else
      f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    ftot = ftot + f(j)
    Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
  Next j
Else
  ftot = 0
  Mtot = 0
End If

```

```

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

```

```

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

```

```

If Form2.Check11.Value = 1 Then
p = p
M = M
Else
p = 0

```

```
M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 21) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 22) = M
If i = 400 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 800 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 1200 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
Elseif i = 1600 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
Elseif i = 2000 Then
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function
```


KusumaTavioModule.bas (Module 13)

Option Explicit

Global shKuTa, shKuTa1, fyhKuTa, fyhKuTa1, legKuTa, legKuTa1 As Double

Global bcKuTa, biKuTa1, biKuTa, V_transKuTa, V_coreKuTa, psKuTa, eccKT, fcc1KT As Double

Global KeKuTa, fleKuTa, fccKuTa, eccKuTa, EdesKuTa, EcKuTa As Double

Global KbKuTa, ecbataskuta, fcbataskuta, fc50KuTa, ec50KuTa As Double

Global persenKuTa, persenKuTa1, jumpiasKuTa1, jumpiasKuTa As Double

Sub HitungKuTa()

bcKuTa = h1 - 2 * deck1 - hoops1

biKuTa = h1 - 2 * deck1 - 2 * hoops1 - dia1

V_transKuTa = 0.25 * pi * (hoops1 ^ 2) * (4 + (legKuTa1 - 2)) * bcKuTa

V_coreKuTa = shKuTa1 * 10 * (bcKuTa ^ 2)

psKuTa = V_transKuTa / V_coreKuTa

If Tulangan = "sisi2X" Or Tulangan = "sisi2Y" Then

biKuTa1 = biKuTa / (n1 / 2 - 1)

KeKuTa = ((1 - ((2 * (n1 / 2 - 1) * biKuTa1 ^ 2) + (2 * (biKuTa ^ 2))) / (6 * bcKuTa ^ 2)) * ((1 - (shKuTa1 * 10) / (2 * bcKuTa)) ^ 2))

Elseif Tulangan = "sisi4" Then

biKuTa1 = biKuTa / (n1 / 4)

KeKuTa = ((1 - (n1 * biKuTa1 ^ 2) / (6 * bcKuTa ^ 2)) * ((1 - (shKuTa1 * 10) / (2 * bcKuTa)) ^ 2))

End If

fleKuTa = 0.5 * KeKuTa * psKuTa * fyhKuTa1

fccKuTa = fc1 * (1 + 3.7 * fleKuTa / fc1)

eccKuTa = 0.0029 + 0.055 * fleKuTa / fc1

EdesKuTa = 12.2 * fc1 ^ 2 / (psKuTa * fyhKuTa1)

EcKuTa = 4700 * (fc1 ^ 0.5)

KbKuTa = EcKuTa * eccKuTa / fccKuTa

fc50KuTa = 0.5 * fccKuTa

ec50KuTa = (fccKuTa - fc50KuTa) / EdesKuTa + eccKuTa

fcbataskuta = persenKuTa1 * fc1 / 100

ecbataskuta = (fccKuTa - fcbataskuta) / EdesKuTa + eccKuTa

End Sub

Sub plotKuTa()

'Memplot tegangan dan regangan dengan metode Mander - Priestley

eccKT = -0.00001

For i = 1 To 50

eccKT = eccKT + i * 0.00001

Call fcc1KuTa(eccKT)

If Form2.Check12.Value = 1 Then

eccKT = eccKT

fcc1KT = fcc1KT

Else

eccKT = 0

fcc1KT = 0

End If

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 17) = eccKT

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 18) = fcc1KT

If i = 15 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 20

ElseIf i = 30 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 40

ElseIf i = 45 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 60

ElseIf i = 60 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 80

ElseIf i = 75 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 100

End If

Next i

End Sub

Function fcc1KuTa(eccKT)

Call HitungKuTa

If eccKT <= eccKuTa Then

```

    fcc1KT = fccKuTa * ((KbKuTa * eccKT / eccKuTa - (eccKT /
    eccKuTa) ^ 2) / (1 + (KbKuTa - 2) * eccKT / eccKuTa))
Elseif eccKT >= eccKuTa And eccKT <= ec50KuTa Then
    fcc1KT = fccKuTa - EdesKuTa * (eccKT - eccKuTa)
Else
    fcc1KT = 0.5 * fccKuTa
End If
End Function

```

Function fcn1KuTa(ecn)

```

    fcn1KuTa = fccKuTa * ((KbKuTa * ecn / eccKuTa - (ecn / eccKuTa)
    ^ 2) / (1 + (KbKuTa - 2) * ecn / eccKuTa))

```

End Function

Function fcn2KuTa(ecn)

```

    fcn2KuTa = fccKuTa - EdesKuTa * (ecn - eccKuTa)

```

End Function

Function Sisi2XKuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbataskuta, fcbataskuta)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, a, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

```

Call HitungKuTa

Z = ecbataskuta / usy1

d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)

d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

Po = ((0.85 * fc1 * (Ag - As1)) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Po = ((fcbataskuta * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000

Pbend = 0

Mbend = 0

Cbend = 0

For i = 1 To 2000

'hitung z

```

If Z > -1 Then
Z = Z - 0.1
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.02
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 2
Else
Z = Z - 10
End If

```

'hitung garis netral c

```
C = (ecbataskuta / (ecbataskuta - (Z * usy))) * d2
```

```
ReDim m2(jumpiasKuTa)
```

```
ReDim X2(jumpiasKuTa)
```

```
If C > h1 Then
```

```
    ec11 = ((C - h1) / C) * ecbataskuta
```

```
    delta = (ecbataskuta - ec11) / jumpiasKuTa
```

```
    luasan2 = 0
```

```
    luasan1 = 0
```

```
    For j = 1 To jumpiasKuTa
```

```
        ecn = ec11 + delta * j
```

```
        m2(j) = 2 * fcn1KuTa(ecn)
```

```
        X2(j) = ecn - delta / 2
```

```
    Next j
```

```
    Dim SumM2 As Double
```

```
    SumM2 = 0
```

```
    luasan = 0
```

```
    For j = 1 To jumpiasKuTa
```

```
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
```

```
        luasan = luasan + m2(j)
```

```
    Next j
```

```
    luasan = luasan * delta / 2
```

```
    TBgab = SumM2 / luasan
```

```
    TBgab1 = TBgab * C / ecbataskuta
```

```
    a = C - TBgab1
```

```
Else
```

```
    delta = ecbataskuta / jumpiasKuTa
```

```
    luasan2 = 0
```

```
    luasan1 = 0
```

```

For j = 1 To jumpiasKuTa
    ecn = delta * j
    m2(j) = 2 * fcn1KuTa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Next j
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasKuTa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbataskuta
a = C - TBgab1
End If

```

'hitung e2

```
es1 = (C - d1) * ecbataskuta / C
```

'hitung es1

```
es2 = Z * usy1
```

'hitung fs2

```
If es2 * es > fy1 Then
```

```
fs2 = fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Elseif es2 * es < -fy1 Then
```

```
fs2 = -fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Else
```

```
fs2 = es2 * es * astul * n1 / 2
```

```
End If
```

'hitung fs1

```
If es1 * es > fy1 Then
```

```
fs1 = fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Elseif es1 * es < -fy1 Then
```

```
fs1 = -fy1 * astul * n1 / 2
```

```
Else
```

```
fs1 = es1 * es * astul * n1 / 2
```

```
End If
```

'hitung cc

```
If C > h1 Then
cc = luasan * b1 * h1 / (ecbataskuta - ec11)
Else
cc = luasan * b1 * C / ecbataskuta
End If
```

```
'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2) / 1000
```

```
'Hitung M
M = (cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2)) /
1000000
```

```
If Form2.Check12.Value = 1 Then
```

```
p = p
M = M
```

```
Else
```

```
p = 0
M = 0
```

```
End If
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 23) = p
```

```
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 24) = M
```

```
If i = 400 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 400
```

```
Elseif i = 800 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 800
```

```
Elseif i = 1200 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 1200
```

```
Elseif i = 1600 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 1600
```

```
Elseif i = 2000 Then
```

```
Form1.akProgressBar1.Value = 2000
```

```
End If
```

```
Next i
```

```
End Function
```

```
Function Sisi2YKuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1, ecbataskuta, fcbataskuta)
```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
Dim d(100), e(100), f(100), flot, Mtot As Double
Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungKuTa

Z = ecbataskuta / usy1
d1 = deck1 + hoops1 + (dial / 2)
d2 = h - deck1 - hoops1 - (dial / 2)

Po = ((fcbataskuta * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
Pbend = 0
Mbend = 0
Cbend = 0
For i = 1 To 2000

'hitung z
If Z > -1 Then
Z = Z - 0.05
Elseif Z <= -1 And Z > -10 Then
Z = Z - 0.01
Elseif Z <= -10 And Z > -50 Then
Z = Z - 10
Else
Z = Z - 20
End If

'hitung garis netral c
C = (ecbataskuta / (ecbataskuta - (Z * usy))) * d2
ReDim m2(jumpiasKuTa)
ReDim X2(jumpiasKuTa)
If C > h1 Then
ec11 = ((C - h1) / C) * ecbataskuta
delta = (ecbataskuta - ec11) / jumpiasKuTa
luasan2 = 0
luasan1 = 0
For j = 1 To jumpiasKuTa

```

    ecn = ec11 + delta * j
    m2(j) = 2 * fcn1KuTa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasKuTa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbataskuta
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbataskuta / jumpiasKuTa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasKuTa
        ecn = delta * j
        m2(j) = 2 * fcn1KuTa(ecn)
        X2(j) = ecn - delta / 2
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasKuTa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbataskuta
    a = C - TBgab1
End If
'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbataskuta / C
'hitung es1
es2 = Z * usy1

```


' hitung fs2

If $es2 * es > fy1$ Then

$fs2 = fy1 * astul * 2$

Elseif $es2 * es < -fy1$ Then

$fs2 = -fy1 * astul * 2$

Else

$fs2 = es2 * es * astul * 2$

End If

' hitung fs1

If $es1 * es > fy1$ Then

$fs1 = fy1 * astul * 2$

Elseif $es1 * es < -fy1$ Then

$fs1 = -fy1 * astul * 2$

Else

$fs1 = es1 * es * astul * 2$

End If

' hitung cc

If $C > h1$ Then

$cc = luasan * b1 * h1 / (ecbataskuta - ec11)$

Else

$cc = luasan * b1 * C / ecbataskuta$

End If

$ftot = 0$

$Mtot = 0$

If $((n / 4) + 1) > 2$ Then

For $j = 1$ To $(n / 2) - 2$

$d(j) = d1 + spasi1 * j$

$e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003$

If $e(j) * es > fy1$ Then

$f(j) = fy1 * astul * 2$

Elseif $e(j) * es < -fy1$ Then

$f(j) = -fy1 * astul * 2$

Else

$f(j) = e(j) * es * astul * 2$

End If

$ftot = ftot + f(j)$

$Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))$

```

    Next j
Else
    ftot = 0
    Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check12.Value = 1 Then
    p = p
    M = M
Else
    p = 0
    M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 23) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 24) = M
If i = 400 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 800 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 1200 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 1200
Elseif i = 1600 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 1600
Elseif i = 2000 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

```

Function Sisi4KuTa(fc1, fy1, usy1, es, b11, b1, h1, astul, n1,
ecbataskuta, fcbataskuta)

```

Dim es1, es2, cc, fs1, fs2, d1, d2, i, j, a As Double
 Dim d(100), e(100), f(100), ftot, Mtot, space As Double
 Dim titikberat, ec11, ecn, delta As Double
 Dim TBas, TBds, TBgab, TBgab1 As Double
 Dim luasan1, luasan2, luasan As Double

Call HitungKuTa

Z = ecbataskuta / usy1
 d1 = deck1 + hoops1 + (dia1 / 2)
 d2 = h - deck1 - hoops1 - (dia1 / 2)

Po = ((fcbataskuta * Ag) + (fy1 * As1)) * 0.8 / 1000
 space = (h - (2 * deck) - (2 * hoops) - dia) / ((n / 4))
 Pband = 0
 Mbend = 0
 Cband = 0

For i = 1 To 2000
 'hitung z
 If Z > -1 Then
 Z = Z - 0.05
 ElseIf Z <= -1 And Z > -10 Then
 Z = Z - 0.01
 ElseIf Z <= -10 And Z > -50 Then
 Z = Z - 10
 Else
 Z = Z - 20
 End If

'hitung garis netral c
 C = (ecbataskuta / (ecbataskuta - (Z * usy))) * d2
 ReDim m2(jumpiasKuTa)
 ReDim X2(jumpiasKuTa)
 If C > h1 Then
 ec11 = ((C - h1) / C) * ecbataskuta
 delta = (ecbataskuta - ec11) / jumpiasKuTa
 luasan2 = 0
 luasan1 = 0

```

For j = 1 To jumpiasKuTa
    ecn = ec11 + delta * j
    m2(j) = 2 * fcn1KuTa(ecn)
    X2(j) = ecn - delta / 2
Next j
Dim SumM2 As Double
SumM2 = 0
luasan = 0
For j = 1 To jumpiasKuTa
    SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
    luasan = luasan + m2(j)
Next j
luasan = luasan * delta / 2
TBgab = SumM2 / luasan
TBgab1 = TBgab * C / ecbataskuta
a = C - TBgab1
Else
    delta = ecbataskuta / jumpiasKuTa
    luasan2 = 0
    luasan1 = 0
    For j = 1 To jumpiasKuTa
        ecn = delta * j
        m2(j) = 2 * fcn1KuTa(ecn)
        X2(j) = ecn - delta / 2
    Next j
    SumM2 = 0
    luasan = 0
    For j = 1 To jumpiasKuTa
        SumM2 = SumM2 + m2(j) * X2(j) * delta / 2
        luasan = luasan + m2(j)
    Next j
    luasan = luasan * delta / 2
    TBgab = SumM2 / luasan
    TBgab1 = TBgab * C / ecbataskuta
    a = C - TBgab1
End If
'hitung e2
es1 = (C - d1) * ecbataskuta / C
'hitung es1

```

```

es2 = Z * usy1
' hitung fs2
  If es2 * es > fy1 Then
    fs2 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  ElseIf es2 * es < -fy1 Then
    fs2 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  Else
    fs2 = es2 * es * astul * ((n / 4) + 1)
  End If
'hitung fs1
  If es1 * es > fy1 Then
    fs1 = fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  ElseIf es1 * es < -fy1 Then
    fs1 = -fy1 * astul * ((n / 4) + 1)
  Else
    fs1 = es1 * es * astul * ((n / 4) + 1)
  End If

'hitung cc
  If C > h1 Then
    cc = luasan * b1 * h1 / (ecbataskuta - cc11)
  Else
    cc = luasan * b1 * C / ecbataskuta
  End If

fitot = 0
Mtot = 0
If ((n / 4) + 1) > 2 Then
  For j = 1 To ((n / 4) + 1) - 2
    d(j) = d1 + space * j
    e(j) = ((C - d(j)) / C) * 0.003
    If e(j) * es > fy1 Then
      f(j) = fy1 * astul * 2
    ElseIf e(j) * es < -fy1 Then
      f(j) = -fy1 * astul * 2
    Else
      f(j) = e(j) * es * astul * 2
    End If
    fitot = fitot + f(j)
  
```

```

        Mtot = Mtot + f(j) * ((h1 / 2) - d(j))
    Next j
Else
    ftot = 0
    Mtot = 0
End If

'hitung P
p = (cc + fs1 + fs2 + ftot) / 1000

'Hitung M
M = (Mtot + cc * (h1 / 2 - a) + fs1 * ((h1 / 2) - d1) + fs2 * ((h1 / 2) - d2))
/ 1000000

If Form2.Check12.Value = 1 Then
    p = p
    M = M
Else
    p = 0
    M = 0
End If
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 23) = p
Form1.Spreadsheet1.Worksheets(1).Cells(i, 24) = M
If i = 400 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 400
Elseif i = 800 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 800
Elseif i = 1200 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 1200
Elseif i = 1600 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 1600
Elseif i = 2000 Then
    Form1.akProgressBar1.Value = 2000
End If
Next i
End Function

```

Unconfined.bas (Module 15)

Option Explicit

Global fccUnKP, eccUnKP, fcinch, Zu, e20u As Double

Global fccUnPP, eccUnPP, nPopo, ecPopo As Double

Global fccUnT, eccUnT, kThor, eccThor, nThor, ModThor As Double

Sub PlotUnconKP()

eccUnKP = -0.000001

For i = 1 To 100

eccUnKP = eccUnKP + i * 0.000001

Call fcc1UnKP(eccUnKP)

If Form2.Check15.Value = 1 Then

eccUnKP = eccUnKP

fccUnKP = fccUnKP

Else

eccUnKP = 0

fccUnKP = 0

End If

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 19) = eccUnKP

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 20) = fccUnKP

If i = 15 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 20

Elseif i = 30 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 40

Elseif i = 45 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 60

Elseif i = 60 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 80

Elseif i = 75 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 100

End If

Next i

End Sub

Function fcc1UnKP(eccUnKP)

```

fcinch = fc1 / 0.00689
e50u = (3 + 0.002 * fcinch) / (fcinch - 1000)
e20u = 1.6 * (e50u - 0.002) + 0.002
Zu = 0.5 / (e50u - 0.002)
If eccUnKP <= 0.002 Then
    fccUnKP = fc1 * ((2 * eccUnKP / 0.002) - ((eccUnKP / 0.002) ^ 2))
Elseif eccUnKP >= 0.002 And eccUnKP <= e20u Then
    fccUnKP = fc1 * (1 - (Zu * (eccUnKP - 0.002)))
Else: fccUnKP = 0.2 * fc1
End If
End Function

```

Sub PlotUnconPP()

```

eccUnPP = -0.00001
For i = 1 To 35
    eccUnPP = eccUnPP + i * 0.00001
    Call fcc1UnPP(eccUnPP)
    If Form2.Check14.Value = 1 Then
        eccUnPP = eccUnPP
        fccUnPP = fccUnPP
    Else
        eccUnPP = 0
        fccUnPP = 0
    End If
    Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 21) =
eccUnPP
    Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 22) =
fccUnPP
    If i = 15 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 20
    Elseif i = 30 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 40
    Elseif i = 45 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 60
    Elseif i = 60 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 80
    Elseif i = 75 Then
        Form1.akProgressBar1.Value = 100
    End If

```


Next i

End Sub

Function fcc1UnPP(eccUnPP)

nPopo = 0.8 + (fc1 / 17)

ecPopo = 0.0005 * (fc1 ^ 0.4)

fccUnPP = fc1 * (eccUnPP / ecPopo) * nPopo / (nPopo - 1 + (eccUnPP / ecPopo) ^ nPopo)

End Function

Sub PlotUnconT()

eccUnT = -0.00001

For i = 1 To 35

eccUnT = eccUnT + i * 0.00001

Call fcc1UnT(eccUnT)

If Form2.Check13.Value = 1 Then

eccUnT = eccUnT

fccUnT = fccUnT

Else

eccUnT = 0

fccUnT = 0

End If

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 23) = eccUnT

Form10.Spreadsheet1.Workbooks(1).ActiveSheet.Cells(i + 1, 24) = fccUnT

If i = 15 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 20

Elseif i = 30 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 40

Elseif i = 45 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 60

Elseif i = 60 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 80

Elseif i = 75 Then

Form1.akProgressBar1.Value = 100

End If

Next i

End Sub

Function fcc1UnT(eccUnT) $n_{Thor} = 0.8 + (fc1 / 17)$ $Mod_{Thor} = 4700 * (fc1 \wedge 0.5) '3320 * (fc1 \wedge 0.5) + 6900$ $ecc_{Thor} = (fc1 / Mod_{Thor}) * n_{Thor} / (n_{Thor} - 1)$ If $ecc_{UnT} / ecc_{Thor} \leq 1$ Then $k_{Thor} = 1$ $fcc_{UnT} = (fc1 * ecc_{UnT} / ecc_{Thor}) * n_{Thor} / (n_{Thor} - 1 + (ecc_{UnT} / ecc_{Thor}) \wedge (n_{Thor} * k_{Thor}))$ Elseif $ecc_{UnT} / ecc_{Thor} > 1$ Then $k_{Thor} = 0.67 + fc1 / 62$ $fcc_{UnT} = (fc1 * ecc_{UnT} / ecc_{Thor}) * n_{Thor} / (n_{Thor} - 1 + (ecc_{UnT} / ecc_{Thor}) \wedge (n_{Thor} * k_{Thor}))$

End If

End Function

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield with a white emblem inside, followed by the letters 'ITS' in a blue, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

LAMPIRAN B
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA PEMBIMBING : TAVIO, ST, MT, PhD / Ir. Iman Wimbadi, MS
NAMA MAHASISWA : RECKY TIRTAJAYA NRP : 3104100012
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang
TANGGAL PROPOSAL : 18 Juli 2007

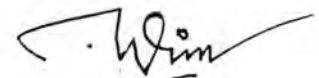
NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	2 Nov 07	Mencoba membuat sendiri diagram interaksi aksial - Momen, dan mempelajari program PISCESA col. 105.		TE
2.	12 Nov 07	Kolom yang ditinjau: ~ Kolom persegi ($b=h$) Tulangan: ~ Sama di ke-4 sisi ~ Sama di 2 sisi pd sb X ~ Sama di 2 sisi pd sb Y		TE
3.	18 Nov 07	Design Code : ~ SNI 2847-2002 ~ ACI 318-2002 ~ Nominal strength		TE
4.	21 Nov 07	* Menghitung luas area di bawah kurva tegangan-regangan dengan pendekatan numerik (aturan trapesium) → untuk beton dengan pengekangan		TE
5.	26 Nov 07	* Menghitung luas area di bawah kurva tegangan-regangan (buat listing program).		TE
6.	28-02-08	* Menganalisa posisi titik berat lasan terhadap garis netral		TE
7.	19-03-08	* Membuat listing program mencari posisi titik berat.		TE

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA PEMBIMBING : Tawio, ST, MT, Ph.D / Ir. Iman Wimbadi, MSc
NAMA MAHASISWA : Recky Tirtajaya NRP : 3104 100 012
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisis penampang kolom beton bertulang menggunakan VISUAL BASIC 6.0 dengan memperhitungkan efek pengekangan.
TANGGAL PROPOSAL : 18 Juli 2007

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
8.	3 - 04 - 08	Membuat listing program γ menghitung gaya desak beton (C_c) untuk $c > h$ dan $c < h$.		E
9.	21 - 04 - 08	* Menyelesaikan satu contoh listing program untuk diagram interaksi P-M beton terkekang.		E
10.	24 - 04 - 08	* mengevaluasi output diagram interaksi γ metode Kent-Park		E
11.	29 - 04 - 08	* melanjutkan listing program untuk metode pengekangan lainnya.		E
12.	4 - 05 - 08	* Melanjutkan listing program diagram interaksi γ metode lainnya. (Yong-Nawy, Cusson, dll)		E
13.	12 - 05 - 08	* menambah metode pengekangan		E
14.	7 - 06 - 08	* Evaluasi tampilan program		E
15.	16 - 06 - 08	* perbaiki metodologi dan tinjauan pustaka		E
16.	25 - 06 - 08	* perbaiki laporan		E

17. 30-06-08 * Perbaiki abstrak
 * Studi hanya γ Penampang square
 * Bisakah dipakai untuk HSC dan NWC



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Palu, 21 April 1987, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Tatwan Asi Kartika Jaya KODAM VII/WRB Palu, SDN 10 Palu, SMPN 1 Palu dan SMAN 2 Palu. Setelah lulus dari SMAN pada tahun 2004, Penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa baru melalui jalur PMDK Reguler dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2004

dan terdaftar dengan NRP. 3104 100 012.

Di Jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil judul Tugas Akhir pada Bidang Studi Struktur. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan Seminar yang diselenggarakan oleh Jurusan. Penulis juga pernah mengikuti beberapa kompetisi yang diadakan di ITS, seperti Lomba Beton Ringan (2007) dan *Business Plan Competition* (2008). Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email: rhe_smileup@yahoo.com.