



MILIK PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS STNEGERI YOGYAKARTA

Diterima : 02 AUG 2007

Inventarisasi : 1228/TS/Hd. 8/2007

Klasifikasi : P1 693.5 Kur 07

Subyek : Concrete

**PROGRAM BANTU
PERANCANGAN KOLOM BETON BERTULANG
DENGAN BEBAN BIAKSIAL
MENGUNAKAN C++ BUILDER**

TUGAS AKHIR SARJANA STRATA SATU

Oleh :

SPIRIDION CHOICE MARIA KURNIAWAN

No. Mahasiswa : 11424 / TSS

NPM : 03 02 11424



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

2007



i
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Programa Studi Teknik Sipil

PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu, dengan judul :

**PROGRAM BANTU
PERANCANGAN KOLOM BETON BERTULANG
DENGAN BEBAN BIAKSIAL
MENGUNAKAN C++ BUILDER**

Oleh :

SPIRIDION CHOICE MARIA KURNIAWAN

No. Mahasiswa : 11424 / TSS

NPM : 03 02 11424

telah diperiksa, disetujui dan diuji oleh Pembimbing

Yogyakarta, Juli 2007

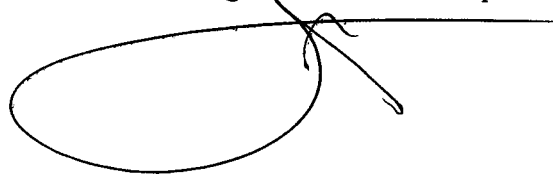
Pembimbing,



(Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.)

Disahkan oleh,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



(Ir. Junaedi Utomo, M.Eng.)

PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu, dengan topik

**PROGRAM BANTU
PERANCANGAN KOLOM BETON BERTULANG
DENGAN BEBAN BIAKSIAL
MENGUNAKAN C++ BUILDER**




Oleh :

SPIRODION CHOICE MARIA KURNIAWAN

No. Mahasiswa : 11424 / TSS

NPM : 03 02 11424

telah diperiksa, disetujui dan diuji oleh Penguji

	Nama Dosen	Paraf	Tanggal
Ketua	: Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.		24/3/19
Anggota	: Ir. J. Januar Sudjati, ST., MT		24/3-19
Anggota	: Ir. G. Adjie Wuryantoro		23-07-2019

**“Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan,
tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan.”
(Amsal 7:1)**

**“Satu-satunya hal yang dapat menghalangi masa depan kita
adalah keraguan kita akan hari ini.
Oleh karena itu, majulah terus
dengan keyakinan kuat dan penuh.”
-Franklin Delano Roosevelt-**

**“Anda harus menjadi orang yang ingin mengubah diri sendiri
untuk mampu mengubah dunia.”
-Mahatma Gandhi (Filosof)-**

*Tugas Akhir ini aku persembahkan untuk,
Mama Papa tercinta, Cik Tut & Mas Agus, Cik Prit & Mas Daniel,
Mba Nan & Mas Ari, Mas Dhany & Mba Desy,
Tante Eli tersayang.....*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala kasih dan karunia-Nya sehingga penyusun telah menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam rangka menyelesaikan pendidikan tinggi Strata-1 pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah agar penyusun dapat memperdalam pengetahuan teoritis yang diperoleh dari kuliah. Tugas akhir ini merupakan hasil Program Bantu Perencanaan Kolom Beton Bertulang Dengan Beban Biaksial Menggunakan C++ Builder.

Pada kesempatan ini penyusun juga ingin menyampaikan terimakasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada semua pihak yang terlibat, sehingga tugas akhir ini dapat tersusun dengan baik. Ucapan terimakasih penyusun tujukan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. A.M Ade Lisantono, M.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta
2. Bapak Ir. Junaedi Utomo, M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta
3. Bapak Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T., selaku Ketua PPS Struktur
4. Bapak Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng,Ph.D., selaku dosen Pembimbing
5. Papa Mama yang telah memberikan doa dan semangat

6. Tante Eli dan keluarga, Mbak Prita, Mbak Nancy, Mas Dhani, Mas Ari, Mas Daniel, Mbak Desi yang telah memberikan motivasi
7. Kekasihku sayang yang senantiasa memberi semangat yang luar biasa.
8. Semua pihak yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir
Penyusun berharap tugas akhir ini berguna bagi semua pihak yang memerlukannya.

Yogyakarta, Juli 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iv
KATA HANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pendahuluan	4
2.2. Beton.....	5
2.2.1. Kekuatan beton terhadap gaya desak.....	5
2.2.2. Kekuatan beton terhadap gaya tarik.....	7
2.3. Baja Tulangan.....	7
2.4. Lindungan Beton	9
2.5. Peraturan Beton Bertulang.....	9
2.6. C++ Builder.....	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1. Pendahuluan	11
3.2. Jenis-Jenis Kolom.....	11
3.3. Kolom Biaksial.....	12
3.4. Analisis Kekuatan Penampang Kolom	13
3.4.1. Kuat beban aksial nominal	13
3.4.2. Hubungan beban aksial dengan momen.....	13
3.5. Analisis Kolom Segiempat Biaksial	15
4.1. Analisis penampang kolom segiempat biaksial.....	15
4.2. Gaya aksial dan momen dengan <i>Gauss Quadrature</i>	18
4.3. Luasan beton desak.....	21
4.4. Titik berat bidang beton desak	23
4.5. Regangan baja kolom biaksial.....	23
4.6. Diagram interaksi kolom biaksial.....	24
3.6. Faktor Reduksi Kekuatan (Φ) untuk Kolom.....	26
3.7. Batasan Jumlah dan Jarak Tulangan.....	27

3.8. Metode Iterasi.....	27
BAB IV PROGRAM DIAGRAM INTERAKSI KOLOM BIAKSIAL.....	29
4.1. Pendahuluan	29
4.2. Inisialisasi.....	30
4.3. Pengolahan	31
4.6.1. <i>Routine</i> gaya desak beton	31
4.6.2. <i>Routine</i> gaya baja	33
4.6.3. <i>Routine</i> ΦP_n , ΦM_{nx} dan ΦM_{ny}	34
4.6.4. <i>Routine</i> inkrement sudut kemiringan	35
4.4. Pasca Pengolahan	37
4.4.1. Pengecekan hasil hitungan	37
4.4.2. Mencetak hasil dengan diagram	38
4.5. Program diagram interaksi kolom biaksial	38
4.5.1. Umum	38
4.5.2. Data masukan	39
4.5.3. Data keluaran	40
4.6. Aplikasi dan Verifikasi Program.....	40
4.6.1. Kasus 1 kondisi uniaksial arah sumbu x	42
4.6.2. Kasus 2 kondisi beton desak berbentuk segitiga.....	53
4.6.3. Kasus 3 kondisi beton desak berbentuk segiempat.....	63
4.6.4. Kasus 4 kondisi beton desak berbentuk segilima	74
4.6.5. Kasus 5 kondisi uniaksial arah sumbu y	87
4.6.6. Verifikasi studi kasus	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	100
5.1. Kesimpulan.....	100
5.2. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN	103

DAFTAR GAMBAR

Gb. 2.1.	Berbagai kuat tekan benda uji beton.....	6
Gb. 2.2.	Diagram regangan-tegangan batang tulangan baja.....	8
Gb. 3.1.	Jenis-jenis kolom.....	12
Gb. 3.2.	Hubungan beban aksial dengan momen.....	14
Gb. 3.3.	Diagram interaksi untuk desak aksial dan momen pada satu sumbu.....	15
Gb. 3.4.	Keadaan regangan-tegangan kolom biaksial.....	16
Gb. 3.5.	Ekuivalensi blok tegangan.....	17
Gb. 3.6.	Contoh transformasi dengan <i>jacobian matrix</i>	21
Gb. 3.7.	Regangan baja kolom biaksial.....	23
Gb. 3.8.	Diagram interaksi kolom biaksial 3 sumbu ($P_n - M_{nx} - M_{ny}$).....	25
Gb. 3.9.	Diagram interaksi kolom biaksial 2 sumbu ($M_{nx} - M_{ny}$).....	25
Gb. 3.10.	Penentuan nilai tengah m interval metode <i>bisection</i>	28
Gb. 4.1.	Pembagian fungsional kode program.....	30
Gb. 4.2.	Tampilan depan program diagram interaksi kolom biaksial.....	39
Gb. 4.3.	Form data masukan program diagram interaksi kolom biaksial.....	39
Gb. 4.4.	Grafik diagram interaksi kolom biaksial.....	40
Gb. 4.5.	Penampang kolom untuk validasi.....	41
Gb. 4.6.	Penampang kolom kasus 1.....	42
Gb. 4.7.	Luasan beton desak kasus 1.....	43
Gb. 4.8.	Penampang kolom kasus 2.....	53
Gb. 4.9.	Luasan beton desak kasus 2.....	53
Gb. 4.10.	Penampang kolom kasus 3.....	63
Gb. 4.11.	Luasan beton desak kasus 3.....	64
Gb. 4.12.	Penampang kolom kasus 4.....	74
Gb. 4.13.	Luasan beton desak kasus 4.....	74
Gb. 4.14.	Penampang kolom kasus 5.....	87
Gb. 4.15.	Luasan beton desak kasus 5.....	87
Gb. 4.16.	Grafik verifikasi momen arah sumbu x (M_{ux}).....	99
Gb. 4.17.	Grafik verifikasi momen arah sumbu y (M_{uy}).....	99

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Keterangan kode program inialisasi.....	31
Tabel 4.2. Keterangan kode program <i>routine</i> gaya desak beton	33
Tabel 4.3. Keterangan kode program <i>routine</i> gaya baja	34
Tabel 4.4. Keterangan kode program <i>routine</i> gaya nominal kolom	35
Tabel 4.5. Keterangan kode program <i>routine</i> inkremen sudut kemiringan	36
Tabel 4.6. Keterangan kode program <i>routine</i> pengecekan hasil hitungan.....	38
Tabel 4.7. Hasil perhitungan <i>jacobian matrix</i> kasus 1.....	45
Tabel 4.8. Hasil perhitungan X_c, Y_c, C_c, M_{cx} dan M_{cy} kasus 1	46
Tabel 4.9. Hasil perhitungan, Y_{sn}, ε_s , dan f_s kasus 1	50
Tabel 4.10. Hasil perhitungan X_s, Y_s, N_{st}, M_{sx} , dan M_{sy} kasus 1	51
Tabel 4.11. Hasil perhitungan <i>jacobian matrix</i> kasus 2.....	56
Tabel 4.12. Hasil perhitungan X_c, Y_c, C_c, M_{cx} dan M_{cy} kasus 2	57
Tabel 4.13. Hasil perhitungan, Y_{sn}, ε_s , dan f_s kasus 2.....	61
Tabel 4.14. Hasil perhitungan X_s, Y_s, N_{st}, M_{sx} , dan M_{sy} kasus 2.....	61
Tabel 4.15. Hasil perhitungan <i>jacobian matrix</i> kasus 3.....	66
Tabel 4.16. Hasil perhitungan X_c, Y_c, C_c, M_{cx} dan M_{cy} kasus 3	68
Tabel 4.17. Hasil perhitungan, Y_{sn}, ε_s , dan f_s kasus 3	71
Tabel 4.18. Hasil perhitungan X_s, Y_s, N_{st}, M_{sx} , dan M_{sy} kasus 3	72
Tabel 4.19. Hasil perhitungan <i>jacobian matrix</i> luasan 1 kasus 4.....	77
Tabel 4.20. Hasil perhitungan <i>jacobian matrix</i> luasan 2 kasus 4.....	79
Tabel 4.21. Hasil perhitungan X_c, Y_c, C_c, M_{cx} dan M_{cy} kasus 4	81
Tabel 4.22. Hasil perhitungan, Y_{sn}, ε_s , dan f_s kasus 4.....	84
Tabel 4.23. Hasil perhitungan X_s, Y_s, N_{st}, M_{sx} , dan M_{sy} kasus 4.....	84
Tabel 4.24. Hasil perhitungan <i>jacobian matrix</i> kasus 5.....	90
Tabel 4.25. Hasil perhitungan X_c, Y_c, C_c, M_{cx} dan M_{cy} kasus 5	91
Tabel 4.26. Hasil perhitungan, Y_{sn}, ε_s , dan f_s kasus 5.....	95
Tabel 4.27. Hasil perhitungan X_s, Y_s, N_{st}, M_{sx} , dan M_{sy} kasus 5	96
Tabel 4.28. Perbedaan ketelitian hasil program dengan manual.....	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 01. <i>Flowchart</i>	103
Lampiran 02. Simbol Dalam <i>Flowchart</i>	112
Lampiran 03. <i>Grapical User Interface</i>	113



DAFTAR NOTASI

a	= luas beton desak ekivalen
A_c	= luas beton desak
A_g	= luas kasar beton pada penampang beton
A_s	= luas tulangan baja
A_{st}	= luas tulangan memanjang
B	= lebar penampang kolom
β_1	= konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat desak beton
c	= jarak dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral diukur tegak lurus;
C_c	= gaya aksial beton desak kolom
D	= diameter tulangan
d_s	= tebal selimut beton
E_c	= modulus elastisitas beton
E_s	= modulus elastisitas baja
ϵ_d	= regangan pada titik D = 0,003
ϵ_e	= kesalahan relatif
ϵ_i	= regangan pada titik i
f'_c	= kekuatan desak beton silinder standar umur 28 hari
f_s	= tegangan tulangan longitudinal
f_y	= tegangan leleh tulangan longitudinal
H	= tinggi penampang kolom
H_i	= bilangan berat pada titik X
H_j	= bilangan berat pada titik Y
H_k	= bilangan berat pada titik X dan Y ($H_i.H_j$) = 1
i	= nomor titik Gauss dalam arah X
j	= nomor titik Gauss dalam arah Y
$ J $	= <i>Jacobian Matrix</i>
K_{xba}	= jarak horisontal perpotongan perpanjangan garis netral dengan garis lebar penampang kolom
K_{yha}	= jarak vertikal perpotongan perpanjangan garis netral dengan garis tinggi Penampang kolom
M_{cy}	= momen lentur akibat gaya aksial beton desak terhadap sumbu y
M_{cx}	= momen lentur akibat gaya aksial beton desak terhadap sumbu x
M_{nx}	= momen nominal kolom terhadap sumbu x
M_{ny}	= momen nominal kolom terhadap sumbu y
M_{sx}	= momen lentur akibat gaya aksial baja terhadap sumbu x
M_{sy}	= momen lentur akibat gaya aksial baja terhadap sumbu y
M_{ux}	= momen ultimit kolom terhadap sumbu x

- M_{uy} = momen ultimit kolom terhadap sumbu y
 n = jumlah titik Gauss dalam arah X dan Y ($m \times l$)
 nb = jumlah tulangan arah lebar kolom
 nh = jumlah tulangan arah tinggi kolom
 ηk = bilangan berat *gauss quadrature* arah sumbu η
 N_{st} = gaya aksial baja kolom
 P_n = kekuatan nominal untuk kolom dengan pengikat
 P_u = kekuatan ultimit untuk kolom dengan pengikat
 ϕ = faktor reduksi kekuatan kolom yang nilainya sebesar 0.65 untuk pengikat sengkang dan 0.7 untuk pengikat spiral
 ζk = bilangan berat *gauss quadrature* arah sumbu ζ
 $\sigma_c(i, j)$ = tegangan beton pada titik Gauss dengan koordinat (i,j) atau f'_c
 $\sigma_s(i, j)$ = tegangan pada titik Gauss dengan koordinat (i,j) atau f_s
 σ = tegangan beton
 θ = sudut kemiringan garis netral
 W_c = berat isi beton
 x = eksentrisitas gaya aksial terhadap sumbu x
 $X_c(i, j)$ = eksentrisitas gaya aksial beton desak pada titik (i,j) terhadap sumbu x
 $X_s(i, j)$ = eksentrisitas gaya aksial baja pada titik (i,j) terhadap sumbu x
 x_{st} = jarak baja tulangan arah sumbu x pada koordinat kartesius
 y = eksentrisitas gaya aksial terhadap sumbu y
 $Y_c(i, j)$ = eksentrisitas gaya aksial beton desak pada titik (i,j) terhadap sumbu y
 $Y_s(i, j)$ = eksentrisitas gaya aksial baja pada titik (i,j) terhadap sumbu y
 Y_{sn} = jarak baja tegak lurus terhadap garis netral
 y_{st} = jarak baja tulangan arah sumbu y pada koordinat kartesius
 Z_d = jarak titik D terhadap garis yang sejajar garis netral dan melewati pusat berat O
 Z_i = jarak titik I terhadap garis yang sejajar garis netral dan melewati pusat berat O
 Z_n = jarak garis netral ke pusat berat O
 $|\Delta|$ = selisih absolut

INTISARI

PROGRAM BANTU PERANCANGAN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN BEBAN BIAKSIAL MENGGUNAKAN C++ BUILDER, Spiridion Choice M Kurniawan, N.P.M 11424, tahun 2007, PPS Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Di sebagian besar bangunan, efek lentur biaksial pada kolom seringkali dianalisa dengan menyederhanakan cara perhitungan. Penyederhanaan ini biasanya menggunakan cara perhitungan uniaksial sehingga memberikan hasil yang kurang tepat. Masalah yang ditemui dalam analisis kolom biaksial adalah perubahan bentuk dan besar luasan. Hal ini dikarenakan kemiringan sudut (θ) dan kedalaman garis netral (c). Untuk mengatasi permasalahan ini maka di gunakan metode *Gauss Quadrature* untuk menyelesaikan integral ganda sepanjang daerah tertekan penampang.

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk membuat program yang berdasarkan pada teori *Gauss Quadrature* untuk mendapatkan nilai pasangan beban dan momen biaksialnya. Kemudian membuat diagram interaksi (*Mux - Muy*) kolom penampang tersebut. Diagram interaksi kolom dibuat dengan mencari beberapa pasangan beban dan momen biaksialnya dengan mengubah – ubah nilai eksentrisitas. Nilai eksentrisitas diubah dengan merubah sudut (θ) dan letak garis netral (c) penampang. Program dibuat dalam bahasa C++ untuk kolom beton bertulang penampang segiempat.

Penampang segiempat dipilih karena kolom pada umumnya memiliki penampang segiempat. Dalam tugas akhir ini akan di tinjau beberapa kasus bentuk luasan beton tertekan yang kemudian di bandingkan antara hasil hitungan manual dengan program. Dari hasil verifikasi antara kedua hasil hitungan di peroleh kesalahan relatif (ϵ_e) hitungan manual dengan hasil keluaran program adalah tidak lebih dari 0,26% dengan selisih absolut ($|\Delta|$) terbesar adalah 0,3. Sehingga program sudah berjalan sebagai mana mestinya.

Kata Kunci: Kolom Beton Bertulang, Biaksial, *Gauss Quadrature*, Penampang, sudut, garis netral