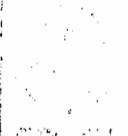


 INSTITUT PERTAMA TAWAAN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI YOGYAKARTA	
- 4 MAR 2006	
Kategori	1224/TS/Hd.3/2006
Klasifikasi	Rf 624.1834 HUS 05
Selensi Disposisi	

	PENGOLAHAN
---	----------------------------------

**ANALISIS EFEK P-DELTA PADA KOLOM BETON BERTULANG
DENGAN KELANGSINGAN GEDUNG BERBEDA**

TUGAS AKHIR SARJANA STRATA SATU

Oleh :

Hustaty Massolo

No. Mahasiswa : 10571 / TSS

NPM : 01 02 10571

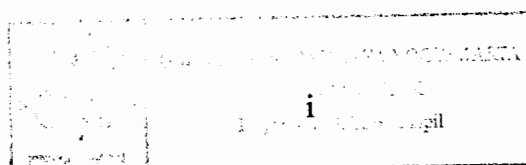


UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil

Tahun 2005



PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu

ANALISIS EFEK P-DELTA PADA KOLOM BETON BERTULANG DENGAN KELANGSINGAN GEDUNG BERBEDA

Oleh :

Hustaty Massolo

No. Mahasiswa : 10571 / TSS

NPM : 01 02 10571

telah diperiksa, disetujui dan diuji oleh pembimbing

Yogyakarta, ¹⁷ November 2005

Pembimbing I



(Ir. Junaedi Utomo, M.Eng)

Pembimbing II



(Ir. Haryanto Y.W, MT.)

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil



24/11/2005

(Ir. Wiryawan Sarjono P, MT.)

FAKULTAS
TEKNIK

PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu

ANALISIS EFEK P-DELTA PADA KOLOM BETON BERTULANG DENGAN KELANGSINGAN GEDUNG BERBEDA

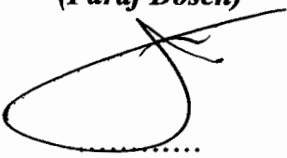
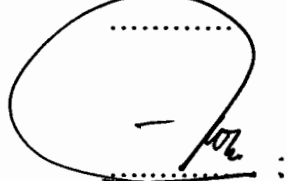
Oleh :

Hustaty Massolo

No. Mahasiswa : 10571 / TSS

NPM : 01.02.10571

telah diperiksa, dan disetujui oleh penguji

	(Nama Dosen)	(Paraf Dosen)	(Tanggal)
Ketua	: Ir. Junaedi Utomo, M.Eng		17/4/05
Anggota	: Ir. Pranawa Widagdo, MT.		21/11/05
Anggota	: Ir. G Adjie Wuryantoro		21/11/05

“Keberhasilan selalu menanti seseorang yang mampu mengatasi kegagalannya dan berani bangkit kembali.

Gagal hari ini bukan berarti gagal selamanya.

Cobalah melangkah dari suatu keyakinan bahwa hidup adalah kesempatan berjuang, tuk raih semua asa yang ada, karena Tuhan Maha tahu apa yang terbaik untukmu”.

Kupersembahkan skripsi ini untuk :

- *Tuhan Yesus, sebagai ungkapan rasa syukur atas limpahan berkatNya yang senantiasa mengalir dalam kehidupanku*
- *Bapak dan Ibu tercinta, sebagai ungkapan rasa hormat dan baktiku*
- *Kakak dan Adik-adikku yang kusayangi*
- *Seseorang yang setia menemani*
- *Sahabat-sahabatku*
- *Almamaterku*

KATA HANTAR

Segala hormat dan pujian penulis haturkan ke hadirat Tuhan Yesus yang telah melimpahkan kasihNya, dan yang telah menuntun serta membimbing selama pembuatan Tugas Akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Program Strata-I (S1) di Fakultas Teknik Program studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung ikut terlibat. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. A. Koesmargono, MCM, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Wiryawan Sardjono P, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Junaedi Utomo, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu, membimbing dan memberi motivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Haryanto Y.W., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu, membimbing dan memberi motivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Bapak, Ibu, Kak' Dian, 'dik Armal dan 'dik Muji, terima kasih atas segala dukungan baik moril, materiil maupun Doa serta Cinta yang begitu besar yang telah diberikan selama ini.
6. Keluarga besar Patibang dan Massolo yang selalu memberi nasehat dan semangat baik selama menempuh kuliah maupun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih juga atas dukungan Doanya, Tuhan memberkati.
7. Andreas Anang Widayanto, terima kasih atas dukungan, pengertian dan kasih yang diberikan hingga Tugas Akhir ini selesai.
8. Sahabat-sahabatku Detha, Dyah, Nora, Nanil, dan Betha, terimakasih atas segala bantuan dan dukungan selama penyusunan Tugas Akhir ini serta untuk kebersamaan yang indah yang telah dilalui selama kuliah. Reren, Rico, Reki, Nanang, Kadek, Adi, Mas Charles, terimakasih atas bantuan dan kerjasamanya selama penyusunan Tugas Akhir ini.
9. dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat khususnya bagi penyusun dan pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, November 2005

Hustaty Massolo

NPM : 01 02 10571

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA HANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiv
INTISARI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Keaslian TGA.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Beban.....	7
2.2. Redistribusi Momen.....	8
2.3. Efek P-delta.....	9
2.3.1. Uraian Umum.....	9
2.3.2. Fasilitas Analisis Efek P-delta dalam SAP 2000.....	12
BAB III LANDASAN TEORI.....	14
3.1. Analisis Pembebanan.....	14
3.2. Beban Gempa.....	14

3.2.1. Beban geser dasar akibat gempa.....	15
3.2.2. Pembagian beban geser dasar horisontal total akibat gempa.....	17
3.3. Perencanaan Pelat Lantai.....	17
3.4. Perencanaan Balok.....	18
3.5. Redistribusi Momen.....	20
3.6. Perencanaan Kolom.....	21
3.6.1. Kuat Lentur.....	21
3.6.2. Diagram interaksi kolom.....	22
3.7. Analisis Efek P-delta.....	23
3.7.1. Metode Pembesaran Momen.....	24
3.7.2. Iterasi Efek P-Delta (Metode Wood).....	27
3.7.3. Iterasi Efek P-Delta (SAP 2000).....	31
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Data Perencanaan.....	33
4.1.1. Estimasi Tebal Pelat Lantai.....	34
4.1.2. Estimasi balok struktur.....	39
4.1.3. Estimasi kolom struktur.....	41
4.2. Perhitungan Gaya-gaya yang Bekerja Pada Struktur.....	45
4.2.1. Pembebanan Portal.....	45
4.2.2. Perhitungan Beban Gempa.....	48
4.2.3. Analisis Gempa.....	50
4.2.4. Redistribusi Momen.....	54
4.3. Perencanaan Balok.....	64
4.3.1. Penulangan Lentur.....	64
4.3.2. Perhitungan momen kapasitas balok.....	73
4.4. Kolom.....	90
4.4.1. Analisis Efek P-delta pada Kolom.....	90
4.4.2. Mencari Nilai-nilai Beban Aksial <i>Ultimate</i> (<i>Pu</i>) dan Momen <i>Ultimate</i> (<i>Mu</i>).....	91

4.4.3. Diagram Interaksi Kolom.....	95
4.4.4. Kontrol Simpangan Antar Lantai (Kinerja Batas Layan).....	113
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	115
5.1. Kesimpulan.....	119
5.2. Saran.....	120
 DAFTAR PUSTAKA.....	122
LAMPIRAN	

Daftar Gambar

No. Urut	No. Gambar	Nama Gambar	Halaman
1	1.1.	Efek P – delta	3
2	3.1.	Respons spektrum gempa rencana	17
3	3.2.	Diagram Interaksi Kolom	24
4	3.4.	Bentuk Portal Bergoyang dan Tidak Bergoyang	26
5	3.5.	Bagan Alir Analisis Efek P-delta yang Disederhanakan	31
6	4.1.	Pelat Lantai	34
7	4.2.	<i>Tributary Area</i> pada Kolom (Lantai 1)	42
8	4.3.	Penampang Tulangan Tumpuan	73
9	4.4.	Momen Hasil Analisis Linier dan Non-Linier (Efek P-delta)	90
10	4.5.	Sketsa Regangan dan Tegangan Kolom Penampang 75/75 (Kondisi <i>Balanced</i>)	97
11	4.6.	Sketsa Regangan dan Tegangan Kolom Penampang 75/75 (Kondisi tekan menentukan)	100
12	4.7.	Sketsa Regangan dan Tegangan Kolom Penampang 75/75 (Kondisi tarik menentukan)	103
13	4.8.	Sketsa Regangan dan Tegangan Kolom Penampang 75/75 (Kondisi Lentur Murni)	107
14	4.9.	Diagram Interaksi Kolom C75/75 (Portal Melintang)	111
15	4.10.	Diagram Interaksi Kolom C75/75 (Portal Memanjang)	112
16	4.11.	Diagram Interaksi Kolom C60/60 (Portal Melintang)	115
17	4.12.	Diagram Interaksi Kolom C60/60 (Portal Memanjang)	116

Daftar Tabel

No. Urut	No. Tabel	Nama Tabel	Halaman
1	4.1.	Estimasi awal Ukuran Balok	41
2	4.2.	Estimasi awal ukuran Kolom	44
3	4.3.	Perhitungan Beban Gempa	49
4	4.4.	Berat dan Massa Lantai Portal Melintang (Arah X)	50
5	4.5.	Berat dan Massa Lantai Portal Memanjang (Arah Y)	50
6	4.6.	Gaya Geser Tingkat Tiap Lantai (Portal Melintang)	53
7	4.7.	Gaya Geser Tingkat Tiap Lantai (Portal Memanjang)	53
8	4.8.	Gaya Gempa Portal Melintang (Arah X)	54
9	4.9.	Gaya Gempa Portal Memanjang (Arah Y)	54
10	4.10.	Momen – momen Balok Sebelum Redistribusi (Arah Melintang)	55
11	4.11.	Momen – momen Balok Setelah Redistribusi (Arah Melintang)	57
12	4.12.	Momen – momen Balok Sebelum Redistribusi (Arah Memanjang)	59
13	4.13.	Momen – momen Balok Setelah Redistribusi (Arah Memanjang)	61
14	4.14.	Kondisi sebelum redistribusi momen : Penulangan Lentur (Tumpuan) Arah Melintang	80
15	4.15.	Penulangan Lentur (Tumpuan) Arah Melintang	80
16	4.16.	Momen Kapasitas Positif Balok Arah Melintang	81
17	4.17.	Momen Kapasitas Negatif Balok Arah Melintang	82
18	4.18.	Momen Kapasitas Positif Balok Arah Memanjang	82
19	4.19.	Momen Kapasitas Negatif Balok Arah Memanjang	83
20	4.20.	Kondisi setelah redistribusi momen : Penulangan Lentur (Tumpuan) Arah Melintang	85
21	4.21.	Penulangan Lentur (Tumpuan) Arah Melintang	86

22	4.22.	Momen Kapasitas Positif Balok Arah Melintang	86
23	4.23.	Momen Kapasitas Negatif Balok Arah Melintang	87
24	4.24.	Momen Kapasitas Positif Balok Arah Memanjang	88
25	4.25.	Momen Kapasitas Negatif Balok Arah Memanjang	89
26	4.26.	Faktor Pembesaran Momen	91
27	4.27.	Taksiran Kebutuhan Tulangan Penampang Kolom	96
28	4.28.	Kontrol Simpangan Antar Lantai Sebelum Perubahan Dimensi Tampang	113
29	4.29.	Kontrol Simpangan Antar Lantai Sesudah Perubahan Dimensi Tampang	117
30	4.30.	Kontrol Simpangan Antar Lantai (inelastik) Sebelum dan Sesudah Perubahan Dimensi Tampang	117

Daftar Lampiran

No. Urut	No. Lampiran	Nama Lampiran	Halaman
1	Lampiran 1	Denah Tampak Atas Atap dan Lantai (Pembebanan Portal)	123
2	Lampiran 2	Gambar Penomoran Joint dan Frame Portal Memanjang	124
3	Lampiran 3	Gambar Penomoran Joint dan frame Portal Melintang	125
		Kondisi sebelum perubahan dimensi tampang kolom :	
4	Lampiran 4	Gambar <i>Frame Section</i> Portal Memanjang	126
5	Lampiran 5	Gambar Diagram Momen 3-3 dan Momen 2-2 (DL) Portal Memanjang	127
6	Lampiran 6	Gambar Diagram Momen 3-3 dan Momen 2-2 (LL) Portal Memanjang	129
7	Lampiran 7	Gambar Diagram Momen 3-3 dan Momen 2-2 (E) Portal Memanjang	131
8	Lampiran 8	Gambar <i>Frame Section</i> Portal Melintang	133
9	Lampiran 9	Gambar Diagram Momen 3-3 (DL) Portal Melintang	134
10	Lampiran 10	Gambar Diagram Momen 3-3 (LL) Portal Melintang	135
11	Lampiran 11	Gambar Diagram Momen 3-3 (E) Portal Melintang	136
12	Lampiran 12	<i>Output</i> Balok Melintang (ditinjau)	137
13	Lampiran 13	<i>Output</i> Balok Memanjang (ditinjau)	148
14	Lampiran 14	<i>Output</i> Kolom Portal Melintang (ditinjau)	163
15	Lampiran 15	<i>Output</i> Kolom Portal Memanjang (ditinjau)	167
		Kondisi sesudah perubahan dimensi tampang kolom :	
16	Lampiran 16	Gambar <i>Frame Section</i> Portal Memanjang	171
17	Lampiran 17	Gambar <i>Frame Section</i> Portal Melintang	172
18	Lampiran 18	<i>Output</i> Kolom Portal Melintang (ditinjau)	173
19	Lampiran 19	<i>Output</i> Kolom Portal Memanjang (ditinjau)	175

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

a	=	tinggi blok ekivalen daerah desak beton
A_g	=	luas bruto penampang
A_s	=	luas tulangan tekan
A_s'	=	luas tulangan tarik non-pratekan
b	=	lebar muka tekan komponen struktur
b_e	=	lebar efektif badan balok
b_f	=	berat efektif pelat
b_w	=	lebar badan balok
c	=	jarak dari serat tekan terluar ke garis netral
C_1	=	faktor respons gempa untuk waktu getar alami pertama
C_c	=	gaya tekan beton
C_s	=	gaya tekan tulangan baja tekan
d	=	jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
d'	=	jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan
DF	=	faktor distribusi
DL	=	beban mati
E	=	beban gempa
E_c	=	modulus elastisitas beton
E_s	=	modulus tulangan sengkang
f_c	=	kuat tekan beton
f_y	=	kuat leleh tulangan baja non-pratekan
F_i	=	gaya geser tingkat ke- i
g	=	percepatan gravitasi
h	=	tebal atau tinggi total komponen struktur
H	=	gaya lateral pada kolom
I	=	faktor keutamaan gedung
I	=	momen inersia penampang
I_b	=	momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok
I_s	=	momen inersia terhadap sumbu titik pusat bruto pelat
l_n	=	panjang bentang bersih diukur dari muka ke muka kolom
M_n	=	kuat momen nominal suatu penampang
M_u	=	momen terfaktor pada penampang
M_{kap}	=	momen kapasitas balok
n	=	jumlah lantai
P_n	=	kuat beban aksial nominal
R	=	faktor reduksi gempa
T_1	=	waktu getar alami
W_t	=	berat total bangunan
α	=	rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat
α_m	=	nilai rata-rata α
β	=	rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah

- β_1 = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekuivalen beton
 ε_s = regangan tarik baja
 ε_y = regangan luluh baja
 ρ = rasio tulangan tarik non-pratekan
 ρ' = rasio tulangan tekan non-pratekan
 ρ_g = rasio tulangan kolom
 ζ = koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung



INTISARI

ANALISIS EFEK P – DELTA PADA KOLOM BETON BERTULANG DENGAN KELANGSINGAN GEDUNG BERBEDA, Hustaty Massolo, No.Mhs : 10571, tahun 2005, PPS Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Analisis struktur yang biasa dipakai dalam praktek didasarkan pada analisis linier yang tidak memperhitungkan pengaruh deformasi (Efek P-delta) yang mungkin terjadi terhadap keseimbangan struktur. Dengan adanya deformasi lateral, akan terjadi momen tambahan yang akan mengakibatkan distribusi gaya-gaya dalam struktur dari hasil analisis linier tidak sesuai lagi.

Dalam tulisan ini, momen tambahan yang dihasilkan oleh gaya aksial dan gaya horisontal (dalam hal ini, gaya gempa) yang bekerja bersamaan sehingga menimbulkan deformasi ke samping, yang dikenal sebagai Efek P-delta, telah diperhitungkan dalam analisis struktur. Analisis dilakukan dengan meninjau dua portal simetris (*open frame* 2 dimensi) yang berbeda kelangsingan, dalam hal ini kolom C12 sebagai kolom tinjauan terhadap masing-masing portal, dimana konfigurasi, material serta design elemen-elemen strukturnya dibuat dan ditentukan sendiri oleh penulis setelah melalui perhitungan menggunakan peraturan baru (SNI 2002). Metode analisis yang digunakan ialah menggunakan proses iterasi dengan asumsi kondisi konvergen dicapai pada iterasi ke 5. Dalam tulisan ini, disajikan juga perhitungan redistribusi momen (20%) tumpuan balok untuk tujuan design balok – kolom yang lebih ekonomis. Hasil analisis struktur digambarkan dalam Diagram Interaksi Kolom

Diagram Interaksi Kolom memperlihatkan bahwa terdapat pengurangan momen rencana pada kondisi setelah redistribusi momen negatif (tumpuan balok) dan penambahan momen rencana pada kondisi setelah memperhitungkan Efek P-delta yang nantinya perubahan momen rencana yang mempengaruhi kebutuhan tulangan, meskipun kedua hal itu tidak memberikan perubahan berarti, sehingga design kolomnya bisa dikatakan sama dengan kondisi awal. Ini bisa saja terjadi mengingat peraturan baru yang dipakai dalam perhitungan cenderung memberi batasan yang sangat ketat terutama mengenai fleksibilitas struktur.

Dari keseluruhan analisis baik terhadap besarnya nilai “pembesaran momen” yang terjadi maupun terhadap kontrol kinerja batas layan yang memberikan hasil nilai simpangan antar lantai yang terjadi relatif kecil dari batas simpangan maksimal yang boleh terjadi, disimpulkan bahwa Efek P-delta pada struktur yang ditinjau tidak signifikan.

Kata kunci : analisis, *Open frame* (2 dimensi), Efek P-delta, Iterasi.