

**PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG BERTINGKAT 10
DENGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DAN PRATEGANG**

Laporan Tugas Akhir

Oleh:

WIRANATA BRIAN

120214259



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Juni 2016**

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG BERTINGKAT 10
DENGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DAN PRATEGANG**

Oleh:

WIRANATA BRIAN

NPM : 120214259

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, 14 Juli 2016

Pembimbing



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

Disahkan oleh:

Program Studi Teknik Sipil

Ketua

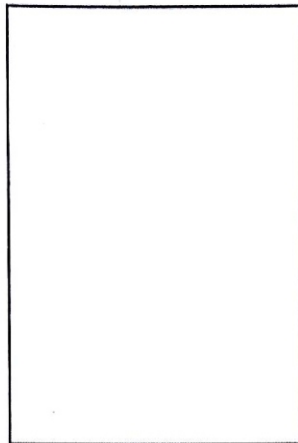


(Johanes Januar Sudjati, S.T., M.T.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG BERTINGKAT 10
DENGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DAN PRATEGANG**

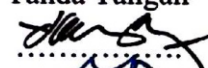




Oleh:

WIRANATA BRIAN

NPM : 120214259

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.		17/7/2016
Anggota	: Johanes Januar Sudjati, S.T., M.T.		15/7-16
Anggota	: Ir. Wiryawan Sarjono P, M.T.		14/07/2016.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG BERTINGKAT 10 DENGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DAN PRATEGANG

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batan dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 7 Juni 2016

Yang membuat pernyataan



(Wiranata Brian)

KATA HANTAR

Alasan utama penulis mengambil topik beton prategang adalah karena rasa iri terhadap berbagai perencana-perencana handal yang ada baik di Indonesia maupun di luar negeri yang mampu merancang suatu gedung dengan nilai estetika yang tinggi tetapi juga kuat dari segi struktur, dimana salah satu faktor estetika tersebut adalah bentangan yang lebar tetapi tidak membutuhkan struktur berdimensi super.

Patut diingatkan juga bagi siapapun yang akan menggunakan laporan Tugas Akhir ini sebagai referensi untuk meneliti dan memahami lebih lanjut tentang perhitungan yang penulis lakukan, karena tidak terdapat jaminan apapun bahwa apa yang dituliskan pada laporan Tugas Akhir ini bersifat mutlak benar.

Tidak lupa, penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyusun laporan Tugas Akhir dan membantu penulis selama masa perkuliahan sehingga dapat diselesaikan dengan baik, antara lain kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta, dan selaku Dosen Pembimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak J. Januar Sudjati, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, dan selaku Dosen Pengajar mata kuliah Struktur Beton I, Struktur Beton II, dan Mekanika Bahan, dan Analisis Struktur II bagi penulis.

3. Bapak Dinar G. J, S.T., M.Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir Perminatn Studi Struktur, dan selaku Dosen Pengajar mata kuliah Analnsisi Struktur dengan Komputer bagi penulis.
4. Bapak Ir. Haryanto Y. W, M.T. selaku Dosen Pembimbing dalam Kerja Praktik dan Pengajar mata kuliah Analisis Struktur I, dan Praktik Perancangan Bangunan Gedung bagi penulis.
5. Bapak Fx. Pranoto Dirhan, S.T., MURP. dan Bapak Dr.Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng. yang telah membantu banyak penulis dalam memberikan saran, ide, dan memberikan referensi tambahan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Anastasia Yunika, S.T., M.Eng. yang telah membantu penulis memperoleh lokasi Kerja Praktik, sehingga penulis mampu menyelesaikan Kerja Praktik dan mengambil Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen dan Staff di Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membimbing dan membantu selama masa perkuliahan penulis.
8. Papa dan Mama serta keluarga yang selalu menyemangati penulis dari awal hidup hingga selesainya studi penulis pada tingkat Strata-1.
9. Seluruh rekan-rekan dari angkatan 2010 hingga 2014, *partner* kerja, dan semua pihak yang telah membantu penulis berupa semangat dan saran, terutama untuk Sherly Oktavia Sutarto, Yohan Aryanto, Aristya Dhaneswara, Ibnu Rahman, Gideon Budi Kusuma, Mega Christina, Peter Ciayadi, Cynthia Debby Heriyani, Daniel Krisna M, Roy Arnol

Purba, Bpk. Bambang Teguh, Mas Freedy, Tim ARS, dan masih banyak lagi yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu.

Akhir kata, penulis mengingatkan kembali bahwa laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, sehingga bagi yang akan menggunakan laporan Tugas Akhir ini sebagai referensi harap untuk mencermati lebih lanjut, dan penulis juga mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun.

Yogyakarta, 7 Juni 2016

Wiranata Brian

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iv
KATA HANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi
INTISARI	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah dan Batasan Maslaah	2
1.3 Keaslian Tugas Akhir	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Tugas Akhir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beban Struktur	4
2.2 Pelat	5
2.3 Kolom	5
2.4 Balok	6
2.5 Balok Prategang	6

BAB III LANDASAN TEORI

3.1	Perencanaan Pembebanan	7
3.2	Perencanaan Beban Gempa	8
3.2.1	Faktor Keutamaan Gempa	8
3.2.2	Klasifikasi Situs	11
3.2.3	Penentuan Spektral Respons Percepatan Gempa.....	12
3.2.4	Kategori Desain Seismik	16
3.2.5	Periode Fundamental Pendekatan.....	17
3.2.6	Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen	19
3.3	Perencanaan Struktur Atas Beton Bertulang	21
3.3.1	Kekuatan Desain	21
3.3.2	Perencanaan Pelat	22
3.3.3	Perencanaan Balok.....	25
3.3.4	Perencanaan Kolom	26
3.3.5	Perencanaan Tulangan Transversal	28
3.4	Perencanaan Struktur Atas Prategang	30
3.4.1	Analisa Tegangan pada Beton Prategang	30
3.4.2	Analisis Kekuatan Beton Prategang	32

BAB IV ANALISIS STRUKTUR

4.1	Permodelan Struktur pada ETABS.....	33
4.1.1	Permodelan Struktur	33
4.1.2	Input Material dan <i>Frame Section</i> pada ETABS	34
4.2	Kombinasi Pembebanan	36
4.3	Analisis Beban Gempa	37
4.3.1	Perhitungan Koefisien Seismik.....	39
4.3.2	<i>Base Shear</i> Gempa.....	41
4.3.3	Partisipasi Massa	41
4.3.4	Simpangan Antar Lantai	42
4.3.5	Berat dan Beban Efektif Bangunan	44
4.3.6	Pengaruh P-Delta	45

4.4	Perencanaan Pelat.....	46
4.4.1	Perencanaan Pelat Satu Arah.....	46
4.4.2	Perencanaan Pelat Dua Arah.....	55
4.5	Perencanaan Tangga.....	65
4.6	Perencanaan Balok.....	72
4.6.1	Tulangan Longitudinal.....	73
4.6.2	Tulangan Transversal.....	79
4.7	Perencanaan Kolom.....	88
4.7.1	Pemeriksaan Kelangsingan Kolom.....	89
4.7.2	Tulangan Longitudinal.....	101
4.7.3	Tulangan Transversal.....	110
4.8	Hubungan Balok Kolom.....	121
4.9	Perencanaan Balok Prategang.....	123
4.9.1	Estimasi Dimensi Balok Prategang.....	123
4.9.2	Perhitungan <i>Moment Coefficient</i>	125
4.9.3	Analisis Balok Prategang.....	133
4.9.4	Perhitungan Tulangan Geser.....	148
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	152
5.2	Saran.....	154
 DAFTAR PUSTAKA.....		
156		
 LAMPIRAN.....		
158		

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	9
Tabel 3.2	Klasifikasi situs	12
Tabel 3.3	Faktor keutamaan gempa.....	12
Tabel 3.4	Koefisien situs, F_A	13
Tabel 3.5	Koefisien situs, F_V	14
Tabel 3.6	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.....	17
Table 3.7	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik	17
Tabel 3.8	Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	18
Tabe 3.9	Nilai parameter perioda pendekatan C_i dan x	18
Tabel 3.10	Faktor reduksi kekuatan ϕ	21
Tabel 3.11	Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	23
Tabel 3.12	Tebal minimum pelat tanpa balok interior	24
Tabel 4.1	Data lantai pada permodelan struktur.....	34
Tabel 4.2	Parameter analisis gempa	37
Tabel 4.3	Spetrum respon desain.....	38
Tabel 4.4	Perbandingan gaya geser dasar.....	41
Tabel 4.5	Jumlah partisipasi massa	42

Tabel 4.6	Simpangan antar lantai ijin arah-x.....	43
Tabel 4.7	Simpangan antar lantai jin arah-y.....	43
Tabel 4.8	Berat dan beban bangunan.....	44
Tabel 4.9	Pemeriksaan koefisien stabilitas (θ) arah-x	45
Tabel 4.10	Pemeriksaan koefisien stabilitas (θ) arah-y	45
Tabel 4.11	Gaya geser dan moment balok B248 lantai 3 (550x400).....	73
Tabel 4.12	<i>Output</i> hasil analisis ETABS C57 K 600x700 lantai 3	101
Tabel 4.13	Rekap momen nominal kolom balok.....	105
Tabel 4.14	Nilai momen satu-satuan	127
Tabel 4.15	Momen hasil analisis ETABS	130
Tabel 4.16	Rekap hasil perhitungan <i>range</i> nilai F bagian tengah	130
Tabel 4.17	Rekap hasil perhitungan <i>range</i> nilai F bagian ujung.....	130
Tabel 4.18	Rekap perhitungan.....	147
Tabel 4.19	Rekap perhitungan rasio $\frac{V_u d_p}{M_u}$	150
Tabel 4.20	Rekap perhitungan V_c	150
Tabel 4.21	Rekap perhitungan tulangan geser.....	150
Tabel 6.1	Konfigurasi tulangan balok B55x40.....	153
Tabel 6.2	Konfigurasi tulangan balok prategang B100x50.....	153

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Spektrum respons desain	16
Gambar 3.2	Variasi ϕ dengan regangan tarik neto dalam baja tarik terluar, ε_t dan $\frac{c}{d_t}$ untuk tulangan mutu 420 dan untuk baja prategang..	22
Gambar 4.1	Model struktur pada ETABS	33
Gambar 4.2	Input material beton $f'_c = 30MPa$	34
Gambar 4.3	<i>Property modification</i> pada balok (kiri) dan kolom (kanan)....	35
Gambar 4.4	Grafik respon spektrum	39
Gambar 4.5	Simpangan antar lantai	44
Gambar 4.6	Contoh plat satu arah	46
Gambar 4.7	Sketsa penulangan plat satu arah	55
Gambar 4.8	Contoh plat dua arah.....	56
Gambar 4.9	Sketsa penulangan plat dua arah.....	64
Gambar 4.10	Denah tangga	65
Gambar 4.11	Input beban mati (atas) dan hidup (bawah) pada SAP2000	66
Gambar 4.12	Sketsa hasil perhitungan penulangan balok.....	88
Gambar 4.13	Faktor panjang efektif K.....	95
Gambar 4.14	Faktor panjang efektif K.....	100
Gambar 4.15	Diagram interaksi arah-x kolom 60x70 lantai 3	105
Gambar 4.16	Diagram interaksi arah-y kolom 60x70 lantai 3	105
Gambar 4.17	Diagram interaksi arah-x kolom 60x70 lantai 5	106
Gambar 4.18	Diagram interaksi arah-y kolom 60x70 lantai 5	106

Gambar 4.19	Diagram interaksi kolom arah-x kolom 60x70 lantai 2.....	107
Gambar 4.20	Diagram interaksi kolom arah-y kolom 60x70 lantai 2.....	107
Gambar 4.21	Contoh penulangan geser kolom	112
Gambar 4.22	Sketsa tulangan kolom hasil perhitungan	120
Gambar 4.23	Sketsa hubungan balok B248 dan kolom C57.....	121
Gambar 4.24	Profil balok prategang	123
Gambar 4.25	Sketsa alur tendon.....	126
Gambar 4.26	Diagram <i>range</i> nilai gaya prategang F	131
Gambar 4.27	Sketsa tulangan balok prategang hasil perhitungan.....	151

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Gambar Rencana Struktur

Lampiran A.1 Denah Plat dan Kolom yang Dirancang (Lantai 2)	157
Lampiran A.2 Denah Balok yang Dirancang (Lantai 3).....	158
Lampiran A.3 Denah Balok Prategang yang Dirancang (Lantai Skylounge)..	159
Lampiran A.4 Detail Penulangan Kolom.....	160
Lampiran A.4 Detail Penulangan Balok	161
Lampiran A.5 Detail Penulangan Balok Prategang	162
Lampiran A.6 Detail Plat Satu Arah	163
Lampiran A.7 Detail Plat Dua Arah	164
Lampiran A.8 Detail Tulangan Tangga	165

Lampiran B. Data Output ETABS

Lampiran B.1 Kolom C57 Lantai 3	167
Lampiran B.2 Balok B55x40 Lantai 3.....	173
Lampiran B.3 Balok Prategang B100x50 Lantai Skylounge.....	188

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

A_{ch}	= luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal
A_g	= luas total penampang
A_j	= luas penampang efektif pada joint
A_{p1}	= luas penampang 1 buah kabel tendon
A_{ps}	= luas penampang total tendon
A_{st}	= luas tulangan pada daerah tarik
A_{st}'	= luas tulangan pada daerah tekan
C_s	= koefisien respons seismik
D	= beban mati
DF	= faktor distribusi momen
d	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal
d_s	= jarak dari serat tarik terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal
E	= modulus elastisitas
e	= nilai eksentrisitas tendon terhadap titik perubahan alur yang menghasilkan gaya yang berbeda
F	= gaya prategangan
F_{pu}	= gaya maksimal yang dapat diterima 1 buah tendon
f'_c	= kekuatan tekan beton atau mutu beton

- f_{se} = tegangan efektif yang bekerja pada tendon
 f_{ps} = tegangan tendon saat penampang mencapai lentur nominal
 f_{pu} = tegangan ultimit tendon
 f_{p1} = tegangan yang terjadi akibat gaya prategang pada 1 tendon
 f_y = kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan
 f_{ys} = kekuatan leleh tulangan sengkang yang disyaratkan
 h_n = ketinggian struktur
 I = momen inersia
 I_e = faktor keutamaan gempa
 k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan
 L = beban hidup
 l = panjang bentangan total (as ke as)
 l_n = panjang bentangan bersih
 l_o = panjang dari muka joint dengan tulangan sengkang khusus
 M_{cr} = momen retak
 M_{fi} = momen yang terjadi karena penarikan prategang yang ditinjau berdasarkan gaya prategang awal dan *moment coefficient*
 M_f = momen yang terjadi karena prategang yang ditinjau berdasarkan gaya prategang awal, *loss coefficient* dan *moment coefficient*
 M_n = kekuatan lentur pada penampang
 M_{nb} = kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint

M_{nc}	= kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint
M_u	= momen terfaktor pada penampang
M_y	= momen arah y
M_x	= momen arah x
T	= perioda fundamental struktur
P_n	= kemampuan menahan gaya aksial nominal
P_o	= gaya aksial yang terjadi pada saat tidak terjadi momen pada struktur tekan
P_u	= gaya aksial terfaktor pada penampang
P_x	= total beban rencana vertical tidak terfaktor pada dan diatas tingkat x
Q	= indeks stabilitas untuk suatu tingkat
Q_{DL}	= beban mati rencana
Q_{LL}	= beban hidup rencana
Q_U	= total beban rencana terfaktor
R	= koefisien modifikasi respons
r	= radius girasi
S	= jarak as ke as antar tulangan geser
S_{DS}	= parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek
S_{D1}	= parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik
T_0	= $0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

V = gaya lateral desain total di dasar struktur

V_c = gaya geser beton

V_E = gaya geser akibat gempa

V_n = kekuatan geser nominal

V_u = gaya geser total rencana terfaktor

y_i = jarak dari sumbu pusat penampang ke permukaan atas

y_b = jarak dari sumbu pusat penampang ke permukaan bawah

Δ_e = simpangan antar lantai

β = *moment coefficient* pada prategang

ϕ = faktor reduksi

θ = koefisien stabilitas

σ = tegangan pada permukaan yang ditinjau sesuai dengan kondisi prategang

ρ = rasio penulangan terhadap penampang

ρ_p = rasio tendon terhadap penampang

δ_{ex} = simpangan lantai terhadap *base*

δ = defleksi yang terjadi pada penampang

Ψ = faktor kekangan pada kolom

INTISARI

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS GEDUNG BERTINGKAT 10 DENGAN STRUKTUR BETON BERTULANG DAN BETON PRATEGANG, Wiranata Brian, NPM 12.02.14259, tahun 2016, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Tuntutan desain suatu gedung oleh arsitek sering kali kurang memperhatikan kemampuan struktur dikarenakan nilai estetika yang ingin dipertahankan. Bentangan panjang merupakan salah satu bagian yang dapat menunjang nilai estetika yang diinginkan oleh seorang arsitek dimana tidak ada kolom ditengah-tengah suatu ruang, maka dari itu digunakan beton prategang hasil adopsi dari struktur jembatan yang disematkan kedalam struktur gedung dan memiliki beberapa perbedaan perhitungan. Sayangnya, di Indonesia masih jarang suatu proyek gedung menggunakan beton prategang, padahal di luar negeri sudah banyak yang menerapkan dan memberikan hasil yang sangat menarik baik dari sisi estetika maupun arsitektural.

Perencanaan gedung bertingkat 10 lantai ini dilakukan dengan peninjauan beberapa komponen struktur yakni kolom, balok, balok prategang, pelat lantai, dan tangga. Sistem struktur yang digunakan adalah jenis SRPMK. Bangunan terletak pada KDS D. Pembebanan yang digunakan meliputi beban mati, hidup, dan gempa. Perencanaan struktur beton bertulang dan beton prategang mengacu pada SNI 2847:2013 dan ACI 318-11, untuk pembebanan mengacu pada SNI 1727:2013, dan perencanaan kegempaan mengacu pada SNI 1726:2012. Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa, mutu baja deform 400 MPa, mutu baja polos 240 MPa, dan mutu tendon yang digunakan adalah *grade* 270 (1860 MPa). Dalam analisis digunakan program bantu ETABS 9.5.

Kata kunci : SRPMK, Balok, Kolom, Pelat, Balok Prategang