

# ANALISIS KELAYAKAN STRUKTUR BANGUNAN PUBLIK 5 LANTAI DI KOTA JAKARTA

Agustinus Putra N.S.

NRP: 1321004

Pembimbing: Cindrawaty Lesmana, S.T., MSc. (Eng.), Ph.D.

## ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat menjadi alasan banyaknya pembangunan gedung di Indonesia. Mengingat Indonesia merupakan negara rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik, tentunya teknologi dalam menganalisis suatu struktur bangunan telah berkembang dengan memperhatikan risiko terhadap efek-efek bila terjadi bencana. Analisis kelayakan struktur diperlukan untuk meninjau desain awal terhadap kondisi yang diinginkan pada perencanaan dengan melakukan beberapa identifikasi yang sesuai dengan ketentuan standar yang telah ditentukan. Analisis kelayakan dilakukan dengan cara pengamatan visual dan pengambilan benda uji seperti *core drill test*, *hammer test*, dan *ultrasonic pulse velocity* (UPV)

Tujuan penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah menganalisis kelayakan struktur bangunan eksisting dengan meninjau tingkat kerusakan dan simpangan yang terjadi. Analisis kelayakan struktur untuk pemodelan struktur dilakukan berdasarkan investigasi visual, denah arsitektur, data hasil pengujian kuat tekan beton, dan data hasil pengujian *rebar*.

Hasil pengamatan visual adalah terdapat retak pada pelat beton dan balok beton. Pengujian beton *coring* menunjukkan mutu beton pada elemen struktur balok dan kolom di bawah standar mutu beton bangunan gempa yang ditetapkan SNI 2847:2013. Hasil analisis dinamik respon spektrum menunjukkan bahwa kontrol simpangan antar lantai pada arah-x dan arah-y tidak memenuhi persyaratan. Hasil analisis *pushover* menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang terjadi pada bangunan publik 5 lantai sudah mencapai pada tingkat kerusakan yang parah dimana struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan hancur. Hasil kelayakan struktur bangunan publik 5 lantai tidak aman untuk menahan gaya gempa,

Kata kunci: bangunan publik, kelayakan struktur, investigasi visual, pengujian beton, analisis respon spektrum dinamik, analisis *pushover*.

# **FEASIBILITY ANALYSIS OF 5 FLOORS PUBLIC BUILDING STRUCTURES IN JAKARTA**

**Agustinus Putra N.S.  
NRP: 1321004**

**Supervisor: Cindrawaty Lesmana, S.T., MSc. (Eng.), Ph.D.**

## **ABSTRACT**

*The economic growth is one of the reason that many buildings to be built in Indonesia nowadays. Indonesia is located on three active tectonic plates, Indo-Australia Plate, The Eurasia Plate, and The Pacific Plate so Indonesia is a country that prone to Earthquakes, surely technology to analyze the structure of the building has grown and see to the risk of the effects in the event of disaster. A feasibility analysis of structures is required to review the first design into the desired conditions by doing some identification based on standard. The feasibility analysis can be done by visual observation and taking of sample such as core drill test, hammer test, and ultrasonic pulse velocity (UPV).*

*The purpose of the research is to analyze the feasibility of existing building structures by observing the level of vulnerability and deviation that occurred. The feasibility analysis of structure has done based on investigation, architecture plan, the results of the strength of concrete testing and the testing results of rebar.*

*The visual observation indicates that some crack can be found on concrete slab and concrete beam. Concrete coring test shows that the quality of concrete for beam and column are under the standard for earthquake building based on SNI 2847:2013. The result of dynamic response spectrum analysis shows that some story drift on x-direction and y-direction do not the requirements. Pushover analysis shows that the level of damage in 5 floors public building has reached the level of devastation which the structure is not able to withstand shear forces and destroyed. The result of feasibility structure for 5 floors public building is unsafe to withstand earthquakes forces.*

*Keyword: Public building, feasibility structures, visual investigation, concrete test, dynamic spectrum response analysis, pushover analysis.*

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN .....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN .....	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR .....	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN LITERATUR .....	5
2.1 Bencana .....	5
2.2 Gempa Bumi .....	5
2.3 Struktur Bangunan Beton Bertulang .....	6
2.3.1 Beton Bertulang.....	6
2.3.2 Kualitas Beton .....	7
2.3.3 Komponen Struktur Bertulang .....	7
2.3.4 Struktur Bangunan Tahan Gempa .....	11
2.4 Kelayakan Struktur Bangunan .....	13
2.5 Pembebanan .....	17
2.5.1 Beban Mati .....	18
2.5.2 Beban Hidup.....	18
2.5.3 Beban Gempa .....	19
2.6 Analisis Bangunan Tahan Gempa .....	35
2.7 Analisis <i>Pushover</i> .....	37
2.7.1 Sendi Plastis .....	40
2.7.2 Target Perpindahan .....	41
2.7.3 Metode Koefisien Perpindahan FEMA 356.....	42
BAB III METODE PENELITIAN.....	47
3.1 Pengantar Studi Kasus.....	47
3.2 Tahap Pengerjaan Tugas Akhir .....	47
3.3 Investigasi Bagunan .....	49
3.4 Pengujian Lapangan .....	53
3.5 Data Struktur .....	55

3.5.1 Data Material.....	55
3.5.2 Komponen Struktur.....	55
3.6 Pembebanan .....	65
3.6.1 Beban Mati (SDL).....	65
3.6.2 Beban Hidup (LL).....	66
3.6.3 Beban Gempa .....	67
3.7 Pemodelan Gedung .....	68
BAB IV ANALISIS STRUKTUR DAN PEMBAHASAN .....	91
4.1 Analisis Dinamik Respon Spektrum .....	91
4.1.1 Partisipasi Massa Ragam.....	91
4.1.2 <i>Mode Shape</i> .....	92
4.1.3 Waktu Getar Alami .....	93
4.1.4 Gaya Geser Dasar Seismik.....	94
4.1.5 Gaya Gempa Antar Tingkat .....	95
4.1.6 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (Gaya Geser).....	99
4.1.7 Simpangan Antar Lantai Gedung.....	100
4.1.8 Analisis Komponen Struktur.....	101
4.1.8.1 Kualitas Beton .....	101
4.1.8.2 Persyaratan Komponen Struktur Terhadap Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	103
4.1.8.3 Pemeriksaan <i>Strength Ratio</i> Kolom.....	104
4.1.8.4 Pemeriksaan Kapasitas Desain Balok.....	107
4.2 Analisis <i>Pushover</i> .....	111
4.2.1 Kurva Kapasitas.....	111
4.2.2 Target Perpindahan.....	114
4.2.3 Tingkat Kerusakan .....	124
4.3 Pembahasan.....	127
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	129
5.1 Simpulan.....	129
5.2 Saran.....	130
DAFTAR PUSTAKA .....	131
LAMPIRAN .....	133

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bangunan Akibat Gempa di Padang .....	2
Gambar 2.1 Representasi Rasio Kapasitas Kolom .....	8
Gambar 2.2 Mekanisme Keruntuhan <i>Beam Sideway Mechanism</i> .....	13
Gambar 2.3 Mekanisme Keruntuhan <i>Column Sideway Mechanism</i> .....	13
Gambar 2.4 Alat Uji Palu Beton .....	14
Gambar 2.5 Alat Uji UPV .....	15
Gambar 2.6 Peralatan yang Digunakan .....	17
Gambar 2.7 Peta $MCE_R (S_s)$ .....	20
Gambar 2.8 Peta $MCE_R (S_1)$ .....	20
Gambar 2.9 Spektrum Respon Desain .....	28
Gambar 2.10 Kurva Kapasitas .....	38
Gambar 2.11 Ilustrasi Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja .....	39
Gambar 2.12 Posisi Sumbu Lokal Balok Struktur .....	40
Gambar 2.13 Posisi Sumbu Lokal Kolom Struktur .....	40
Gambar 2.14 Metode <i>Displacement Coefficient</i> (FEMA 356) .....	43
Gambar 2.15 Identifikasi Kurva <i>Force-Displacement</i> .....	46
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	53
Gambar 3.2 Pengujian Konfigurasi Tulangan dengan <i>R-bar</i> Meter .....	53
Gambar 3.3 Pengambilan Sampel Beton Oleh Puskim.....	53
Gambar 3.4 Sampel Pengujian Kuat Tekan Beton Inti.....	54
Gambar 3.5 Pengujian Kuat Tekan Inti Beton Oleh Puskim .....	54
Gambar 3.6 Denah Struktur Lantai 2 .....	56
Gambar 3.7 Denah Struktur Lantai 3 .....	57
Gambar 3.8 Denah Struktur Lantai 4 .....	58
Gambar 3.9 Denah Struktur Lantai Atap .....	59
Gambar 3.10 <i>Input</i> Lokasi yang Ditentukan .....	67
Gambar 3.11 Nilai Parameter untuk Respon Spektrum .....	68
Gambar 3.12 Respon Spektra .....	68
Gambar 3.13 Tampilan Satuan yang Digunakan .....	69
Gambar 3.14 Tampilan <i>Input X Grid</i> Data dan <i>Y Grid</i> Data .....	69
Gambar 3.15 Tampilan <i>Input Story</i> Data .....	69
Gambar 3.16 Tampilan Memilih <i>Define &gt; Material Properties</i> .....	70
Gambar 3.17 Tampilan <i>Input Material Property Data</i> untuk Data B1 .....	70
Gambar 3.18 Tampilan <i>Input Material Property Data</i> untuk Data lainnya .....	70
Gambar 3.19 Tampilan Data Balok .....	71
Gambar 3.20 Tampilan Data Kolom .....	71
Gambar 3.21 Tampilan Data Pelat .....	72
Gambar 3.22 Tampilan <i>Static Load Case Names</i> .....	73
Gambar 3.23 Tampilan Menentukan Sumber Massa .....	73
Gambar 3.24 Tampilan <i>Draw Line</i> dan <i>Input Properties</i> Kolom .....	74
Gambar 3.25 Tampilan Penentuan Kolom pada <i>Joint</i> yang dipilih .....	74
Gambar 3.26 Tampilan Kolom Tampak 3D .....	74
Gambar 3.27 Tampilan <i>Draw Line</i> dan <i>Input Properties</i> Balok .....	75



Gambar 3.28 Tampilan Penentuan Balok pada <i>Joint</i> ke <i>Joint</i> yang Dipilih .....	75
Gambar 3.29 Tampilan Balok Tampak 3D .....	75
Gambar 3.30 Tampilan <i>Draw Area</i> dan <i>Input Properties</i> Pelat .....	76
Gambar 3.31 Tampilan Penentuan Pelat .....	76
Gambar 3.32 Tampilan Pelat Tampak 3D .....	76
Gambar 3.33 <i>Input</i> Beban Mati Pada Pelat .....	77
Gambar 3.34 Tampilan Beban Mati Tambahan (SDL) Pada Pelat.....	77
Gambar 3.35 Tampilan Beban Hidup ( <i>LIVE</i> ) Pada Pelat .....	78
Gambar 3.36 Tampilan Tahapan Pembebanan Pada Balok.....	78
Gambar 3.37 <i>Input</i> Beban Mati Pada Balok Lantai 2,3, dan 4 .....	78
Gambar 3.38 Tampilan Beban Dinding Pada Balok Tampak 3D.....	79
Gambar 3.39 <i>Input</i> Beban Hidup Pada Tangga .....	79
Gambar 3.40 Tampilan Beban Hidup Pada Tangga Tampak 3D .....	79
Gambar 3.41 Tampilan Pembuatan <i>Static Load Case</i> EX dan EY .....	80
Gambar 3.42 <i>Input</i> Data Beban Lateral Arah X .....	80
Gambar 3.43 <i>Input</i> Data Beban Lateral Arah Y .....	81
Gambar 3.44 <i>Input</i> Data Respons Spektrum dan Respons Spektrum .....	81
Gambar 3.45 Tampilan Pembuatan Respons Spektrum.....	82
Gambar 3.46 Tampilan <i>Input Case</i> Gempa Dinamik Arah X.....	82
Gambar 3.47 Tampilan <i>Input Case</i> Gempa Dinamik Arah Y.....	83
Gambar 3.48 Tampilan <i>Input</i> Kombinasi Pembebanan .....	84
Gambar 3.49 <i>Run Analysis</i> .....	84
Gambar 3.50 Tampilan Pembuatan <i>Hinge Properties</i> .....	85
Gambar 3.51 Tampilan Pembuatan Sendi Plastis Pada Balok.....	85
Gambar 3.52 Sendi Plastis Dipilih Momen M3 Pada Balok.....	86
Gambar 3.53 Sendi Plastis Dipilih <i>Shear</i> V2 Pada Balok .....	86
Gambar 3.54 Tampilan Pembuatan Sendi Plastis Pada Kolom .....	86
Gambar 3.55 Sendi Plastis Dipilih P-M2-M3 Pada Kolom .....	87
Gambar 3.56 <i>Assign Frame Hinge</i> Pada Balok .....	87
Gambar 3.57 <i>Assign Frame Hinge</i> Pada Kolom .....	87
Gambar 3.58 <i>Input</i> Sendi Plastis Pada Balok dan Kolom .....	88
Gambar 3.59 Tampilan Pembuatan <i>Static Non-Linear/Pushover Cases</i> .....	88
Gambar 3.60 <i>Input Static Nonlinear Case</i> Data untuk Kasus 1 .....	88
Gambar 3.61 <i>Input Static Nonlinear Case</i> Data untuk Kasus 2 .....	89
Gambar 3.62 <i>Input Static Nonlinear Case</i> Data untuk Kasus 2 .....	89
Gambar 3.63 <i>Run Static Nonlinear Analysis</i> .....	89
Gambar 4.1 Persyaratan $0,85 V_{sx} \leq V_{dx}$ (Arah X) .....	99
Gambar 4.2 Persyaratan $0,85 V_{sx} \leq V_{dx}$ (Arah Y) .....	100
Gambar 4.3 Hasil P-M-M <i>Ratio</i> Tampak 3D.....	104
Gambar 4.4 Hasil P-M-M <i>Ratio</i> Tampak 2D.....	105
Gambar 4.5 Diagram Interaksi Kolom 2-B.....	106
Gambar 4.6 Diagram Interaksi Kolom 3-B.....	106
Gambar 4.7 Kurva Kapasitas <i>Pushover PUSH 2</i> .....	112
Gambar 4.8 Analisis Tingkat Kerusakan <i>PUSH 2</i> .....	112
Gambar 4.9 Kurva Kapasitas <i>Pushover PUSH 3</i> .....	113
Gambar 4.10 Analisis Tingkat Kerusakan <i>PUSH 3</i> .....	114
Gambar 4.11 Kurva <i>Pushover</i> Menentukan Nilai Gaya Geser Dasar <i>Vy</i> <i>PUSH 2</i> .....	116

Gambar 4.12 Kurva <i>Pushover</i> Menentukan $K_e$ dan $K_i$ Pada <i>PUSH 2</i> .....	116
Gambar 4.13 Nilai $T_{eff}/T_i$ .....	117
Gambar 4.14 Respon Spektra untuk Menentukan Nilai $T_s$ Pada <i>PUSH 2</i> .....	118
Gambar 4.15 Respon Spektra untuk Menentukan Nilai $S_a$ Pada <i>PUSH 2</i> .....	120
Gambar 4.16 Kurva <i>Pushover</i> Menentukan Nilai Gaya Geser Dasar $V_y$ <i>PUSH 3</i> .....	120
Gambar 4.17 Nilai $T_{eff}/T_i$ .....	121
Gambar 4.18 Respon Spektra untuk Menentukan Nilai $S_a$ Pada <i>PUSH 3</i> .....	123
Gambar 4.19 Kurva <i>Pushover</i> menentukan $K_e$ dan $K_i$ pada <i>PUSH 3</i> .....	123
Gambar 4.20 Tingkat Kerusakan Struktur Gedung X Pada <i>PUSH 2 Step 4</i> .....	125
Gambar 4.21 Tingkat Kerusakan Struktur Gedung X Pada <i>PUSH 2 Step 7</i> .....	125
Gambar 4.22 Tingkat Kerusakan Struktur Gedung X Pada <i>PUSH 3 Step 7</i> .....	126
Gambar 4.23 Tingkat Kerusakan Struktur Gedung X Pada <i>PUSH 3 Step 11</i> .....	126
Gambar 4.24 Tingkat Kerusakan Struktur Gedung X Pada <i>PUSH 3 Step 12</i> .....	127
Gambar 4.25 Posisi Balok Retak .....	128



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batasan Kecepatan Rambat untuk Homogenitas Beton .....	15
Tabel 2.2 Macam-Macam Beban Pada Struktur Bangunan .....	18
Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata, $L_o$ , dan Beban Hidup Terpusat Minimum .....	19
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs .....	21
Tabel 2.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa .....	22
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa .....	25
Tabel 2.7 Koefisien Situs, $F_a$ .....	25
Tabel 2.8 Koefisien Situs, $F_v$ .....	26
Tabel 2.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek .....	28
Tabel 2.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik .....	28
Tabel 2.11 Faktor R, $C_d$ , $\Omega_o$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	30
Tabel 2.12 Kombinasi Pembebanan SNI 1726-2012 .....	31
Tabel 2.13 Koefisien untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung .....	34
Tabel 2.14 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_r$ dan $x$ .....	34
Tabel 2.15 Simpangan Antar Lantai Ijin .....	37
Tabel 2.16 Tingkat Kerusakan Struktur .....	41
Tabel 2.17 Nilai Faktor Modifikasi $C_0^1$ .....	43
Tabel 2.18 Nilai Faktor Modifikasi $C_2$ .....	44
Tabel 2.19 Nilai Faktor Massa Efektif .....	46
Tabel 3.1 Hasil Observasi Gedung X .....	49
Tabel 3.2 Komponen Struktur Kolom .....	60
Tabel 3.3 Komponen Struktur Balok .....	62
Tabel 3.4 Nilai Kuat Tekan Beton Inti Setiap Komponen Struktur .....	64
Tabel 3.5 Beban Hidup Pada Gedung X .....	66
Tabel 4.1 <i>Participating Mass Ratio</i> Gedung X .....	91
Tabel 4.2 Ragam Gerak Struktur Bangunan Gedung X .....	92
Tabel 4.3 Waktu Getar Alami Gedung X .....	93
Tabel 4.4 Perbandingan Waktu Getar Alami $T_{min}$ , $T_{etabs}$ , $T_{max}$ .....	93
Tabel 4.5 Berat Struktur Gedung X .....	94
Tabel 4.6 Gaya Geser Statik Antar Tingkat Gedung X Arah X .....	97
Tabel 4.7 Gaya Geser Statik Antar Tingkat Gedung X Arah Y .....	98
Tabel 4.8 Nilai 0,85 $V_{statik}$ Antar Tingkat Arah X .....	98
Tabel 4.9 Nilai 0,85 $V_{statik}$ Antar Tingkat Arah Y .....	98
Tabel 4.10 Gaya Geser Dinamik Antar Tingkat Arah X .....	99
Tabel 4.11 Gaya Geser Dinamik Antar Tingkat Arah Y .....	99
Tabel 4.12 Faktor Skala .....	100
Tabel 4.13 Kontrol Simpangan Arah X .....	101
Tabel 4.14 Kontrol Simpangan Arah Y .....	101
Tabel 4.15 Nilai Kuat Tekan Beton Inti untuk Setiap Komponen Struktur .....	102



Tabel 4.16 Hasil Analisis Komponen Struktur Desain Komponen Struktur Balok Terhadap Syarat Kondisi Komponen Struktur SRPMK.....	103
Tabel 4.17 Hasil Analisis Komponen Struktur Desain Komponen Struktur Kolom Terhadap Syarat Kondisi Komponen Struktur SRPMK.....	103
Tabel 4.18 Analisis Kapasitas Desain Komponen Struktur Balok .....	107
Tabel 4.19 Analisis Kapasitas Desain Lentur Balok .....	108
Tabel 4.20 Analisis Kapasitas Desain Geser Balok Anak .....	110
Tabel 4.21 Analisis Kapasitas Desain Geser Torsi Balok Anak .....	111
Tabel 4.22 Nilai Faktor Modifikasi $C_0$ .....	115
Tabel 4.23 Interpolasi Nilai $V_y$ dan $T_{eff}/T_i$ untuk <i>PUSH 2</i> .....	117
Tabel 4.24 Nilai Faktor Modifikasi $C_2$ .....	119
Tabel 4.25 Interpolasi Nilai $V_y$ dan $T_{eff}/T_1$ untuk <i>PUSH 3</i> .....	122
Tabel 4.26 Nilai Koefisien untuk Mencari Target Perpindahan <i>PUSH 3</i> .....	123



## DAFTAR NOTASI

$\alpha$	Rasio kekakuan pasca leleh dengan kekakuan elastik efektif
$\Phi$	Faktor reduksi
$\delta_{xe}$	Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan
$\rho_e$	Faktor redundansi
$\delta t$	Target peralihan/target perpindahan
$\theta$	Sudut retak torsi
$C_0$	Faktor modifikasi untuk mengkonversi <i>spectral displacement</i> struktur SDOF ekuivalen menjadi <i>roof displacement</i> struktur sistem MDOF
$C_1$	Faktor modifikasi untuk menghubungkan peralihan inelastik maksimum dengan peralihan respons elastik linier
$C_2$	Faktor modifikasi untuk memperlihatkan <i>pinched hysteresis shape</i> , degradasi kekakuan, dan penurunan kekuatan pada respon peralihan maksimum
$C_3$	Faktor modifikasi untuk memperlihatkan kenaikan peralihan akibat efek p-delta.
$C_s$	Koefisien respons seismik yang ditentukan
$C_{vx}$	Faktor distribusi vertikal
$C_m$	Faktor massa efektif
CP	<i>Collapse prevention</i>
$C_d$	Faktor amplifikasi defleksi
DL	<i>Dead load</i>
E	Pengaruh beban gempa
$E_h$	Pengaruh beban gempa horizontal
$E_v$	Pengaruh beban gempa vertikal
$f$	Faktor skala perbesaran
$f_{yv}$	Kuat leleh tulangan sengkang
$f_c'$	Nilai mutu beton
$F_x$	Gaya gempa lateral
$g$	Percepatan gravitasi bumi
$h_n$	Ketinggian struktur
$I_e$	Faktor keutamaan gempa
IO	<i>Immediate occupancy</i>
$k$	Eksponen yang terkait dengan perioda struktur
LS	<i>Life safety</i>
LL	<i>Live load</i>
$M$	Momen lentur yang terjadi
$M_n$	Kekuatan lentur nominal pada penampang
$M_u$	Momen terfaktor pada penampang
$M_{max}$	Momen lentur maksimum yang mampu ditahan kolom
$P$	Gaya aksial yang terjadi
$P_{max}$	Gaya aksial maksimum yang mampu ditahan kolom

$P_n$	Beban aksial
$P_{nb}$	Beban aksial pada kondisi <i>balance</i>
$Q_s$	Pengaruh gaya seismik horizontal
$R$	Faktor modifikasi respons
$s$	Spasi antara tulangan sengkang
$SDL$	<i>Superimposed dead load</i>
$S_a$	Akselerasi spektrum respons pada waktu getar alami fundamental efektif dan rasio redaman pada arah yang ditinjau
$S_s$	Waktu getar pendek 0,2
$S_I$	Waktu getar 1 detik
$S_{Ds}$	Parameter percepatan spektrum respon desain dalam rentang periode pendek
$S_{DI}$	Parameter percepatan spektrum respons desain pada periode sebesar 1,0 detik
$T$	Periode fundamental struktur
$T_e$	Waktu getar efektif
$T_s$	Waktu getar karakteristik respons spektrum
$V$	Gaya dasar seismik
$V_n$	Kekuatan geser nominal pada penampang
$V_c$	Gaya geser yang dipikul oleh beton
$V_s$	Gaya geser yang dipikul oleh tulangan sengkang
$V_y$	Gaya geser dasar pada saat leleh
$W$	Berat seismik efektif
$w_i$	Bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat $i$
$w_x$	Bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat $x$

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1 Denah Arsitektur .....	132
Lampiran L.2 Hasil Pengujian .....	137
Lampiran L.3 Analisis Kapasitas Desain Balok Anak .....	160
Lampiran L.4 Surat Pengantar .....	164

