

## ABSTRAK

Lukman Lusianto, Dedy K. Wibowo

Skripsi

Evaluasi Faktor Overstrength Kolom dalam SNI 03-2847-02 pada Bangunan tidak beraturan dengan *VERTICAL SET-BACK* 50% yang direncanakan sebagai Sistem Rangka Penahan Momen Khusus (SRPMK) DI Wilayah 2 Peta Gempa Indonesia.

Peraturan Beton Indonesia yang baru, SNI 03-2847-2002 [1], telah diterbitkan untuk menggantikan SNI 03-2847-1992 dengan beberapa perubahan, salah satunya adalah perubahan pada nilai rasio jumlah momen nominal kolom terhadap balok (*overstrength factor*) dari sekitar 1,625 menjadi 1,2. Perubahan yang terjadi ini dirasa kurang cukup menjamin terpenuhinya kriteria strong column weak beam. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kecukupan nilai *overstrength factor* kolom pada suatu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di wilayah 2 peta gempa Indonesia. Struktur yang ditinjau adalah bangunan perkantoran beton bertulang 6- dan 10-lantai dengan denah vertical set back 50%. Pada penelitian ini, balok dan kolom didesain dengan menggunakan tulangan teoritis (diameter tulangan tidak dibulatkan) dengan tujuan tidak ada penambahan kekuatan akibat kelebihan bahan. Penelitian ini juga mengikuti syarat pembatasan waktu getar alami fundamental yang disarankan dalam SNI 03-1726-2002 [2] pasal 5.6. Metode pembebanan gempa yang digunakan adalah analisis respons spektrum. Sedangkan pemeriksaan kinerja struktur dilakukan dengan analisis statis *Pushover* nonlinier dan analisis dinamis *Time history* nonlinier dengan beban gempa periode ulang 50, 200, dan 500 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain tersebut belum menjamin terjadinya mekanisme keruntuhan dengan kondisi *strong column weak beam*.

Kata kunci :

*overstrength factor*, *strong column weak beam* , Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), kinerja struktur, bangunan tidak beraturan, vertical set back.

## **ABSTRACT**

Lukman Lusianto, Dedy K Wibowo:

Thesis

Evaluating Overstrength Column Factor on SNI 03-2847-2002 for Irregular Building Based with 50% Vertical Set-Back which is Planned as the Special Moment Resisting Frame System in Zone 2 of Indonesian Seismic Map

## **ABSTRACT**

The new Indonesian concrete building code, SNI 03-2847-2002, has been updated to SNI 03-2847-1992 with several changes. One of significant changes is the reduction of the nominal column beam moment strength ratios (column overstrength factor) from 1,625 to 1,2. This reduction seems not conservative enough to ensure strong column weak beam requirement. The purpose of this study is to evaluate the adequacy of overstrength factor used in the design of Special Moment Resisting Frame in zone 2 of the Indonesian seismic map to ensure the “strong column weak beam” requirements. The considered buildings are 6- and 10-stories reinforced concrete office building with 50% vertical set back. In this study, the longitudinal reinforcement for beams and columns are designed with the calculated theoretical areas. In this study, The limitation of the fundamental period as stated in SNI 03-1726-2002 clause 5.6. Earthquake loading method is response spectrum and their structural performance under 50-, 200-, and 500-years earthquake return periods are evaluated using static nonlinear Pushover analysis and dynamic nonlinear Time history analysis. The results show that design is not sufficient to maintain the criteria of strong column weak beam.

### **Keywords :**

overstrength factor, strong column weak beam, Special Moment Resisting Frames, structural performance,irregular building, vertical set back

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
FORMULIR PERSYARATAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR.....	iii
DATA SKRIPSI / TUGAS AKHIR.....	iv
BERITA ACARA PEMBIMBINGAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
ABSTRAK.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xxii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxvii
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	6
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.6. Metodologi Penelitian.....	9
1.7. Sistematika Penulisan .....	10
2. LANDASAN TEORI.....	12
2.1. Umum .....	12
2.2. Perilaku Umum Bangunan dengan <i>Vertical set-back</i> .....	12
2.3. Konsep Perencanaan Desain Kapasitas ( <i>Capacity Design</i> ).....	14
2.4. <i>Performance Based Design</i> .....	15
2.5. <i>Capacity Spectrum Method</i> .....	17
2.5.1. Kurva Kapasitas .....	17
2.5.2. Respons Spektrum Elastis ( <i>Demand</i> ) .....	19

2.5.3. <i>Performance Point</i> .....	21
2.6. Analisis Dinamis <i>Time History</i> Nonlinier.....	21
3. PROSEDUR PERENCANAAN .....	23
3.1. Umum .....	23
3.2. Informasi Perencanaan.....	23
3.3. Pembebanan dan Analisis Struktur .....	25
3.3.1. Beban Mati dan Hidup .....	25
3.3.2. Beban Gempa Rencana .....	26
3.4. Contoh Perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	31
3.4.1. Perencanaan Balok.....	31
3.4.2. Perencanaan Kolom .....	39
3.5. Analisis <i>Moment-Curvature</i> dengan Menggunakan Program ESDAP.....	56
3.6. Analisis <i>Nonlinear Static Pushover</i> dengan Program ETABS v9.07 .....	60
3.6.1. Pemodelan Struktur.....	60
3.6.2. <i>Input Hinge Properties</i> .....	61
3.6.3. Kondisi Pembebanan.....	70
3.6.4. Kinerja Struktur.....	72
3.7. Analisis Dinamis <i>Time History Non-Linier</i> dengan RUAUMOKO 3D .....	75
3.7.1. Pemodelan Struktur.....	75
3.7.2. <i>Input Hinge Properties</i> .....	76
3.7.3. Kondisi Pembebanan.....	83
3.7.4. Kinerja Struktur.....	85
4. ANALISIS .....	86
4.1. Umum .....	86
4.2. <i>Output Performance Point</i> dari Analisis <i>Pushover</i> .....	86
4.3. Simpangan ( <i>Displacement</i> ) dan Simpangan Antar Tingkat ( <i>Drift Ratio</i> ) ....	88
4.4. Lokasi Sendi Plastis .....	90
4.5. Evaluasi Tingkat Kinerja .....	116
5. DISKUSI, KESIMPULAN DAN SARAN.....	118
5.1. Diskusi .....	118
5.2. Kesimpulan .....	120
5.3. Saran.....	120
DAFTAR PUSTAKA .....	122
LAMPIRAN.....	124

## DAFTAR TABEL

3.1.	Data Struktur yang Ditinjau .....	25
3.2.	Kinerja Batas Layan Gedung 6 Lantai (arah X dan Y) .....	29
3.3.	Kinerja Batas Layan Gedung 10 Lantai (arah X dan Y).....	29
3.4.	Kinerja Batas <i>Ultimate</i> Gedung 6 Lantai (arah X dan Y).....	30
3.5.	Kinerja Batas <i>Ultimate</i> Gedung 10 Lantai (arah X dan Y).....	30
3.6.	Momen Tumpuan Balok B6.....	31
3.7.	Gaya Lintang Balok B36.....	35
3.8.	$M_E$ Masing-Masing Arah Gempa (kNm) .....	41
3.9.	Nilai $\alpha$ Masing-Masing Arah Gempa.....	41
3.10.	Gaya Normal Kolom .....	44
3.11.	Kombinasi Gaya Normal Kolom pada Potongan Bawah.....	45
3.12.	Kombinasi Gaya Normal Kolom pada Potongan Atas .....	45
3.13.	Momen Kolom (Arah X).....	46
3.14.	Momen Kolom (Arah Y).....	46
3.15.	Kombinasi Momen Kolom pada Potongan Bawah (Metode <i>Uniaxial</i> ) .....	46
3.16.	Kombinasi Momen Kolom pada Potongan Atas (Metode <i>Uniaxial</i> ).....	46
3.17.	Kombinasi Momen dan Gaya Aksial Kolom pada Potongan Bawah .....	48
3.18.	Kombinasi Momen dan Gaya Aksial Kolom pada Potongan Atas .....	48
3.19.	$M_{pr+}$ dan $M_{pr-}$ Balok yang Merangka pada Kolom.....	52
3.20.	$M_{pr}$ Kolom Potongan Atas dan Bawah .....	53
3.21.	Gaya Geser Kolom dari Hasil Analisis Struktur .....	54

3.22.	Koordinat Titik A, B, C, D, dan E .....	68
3.23.	Koordinat Titik IO, LS, dan CP .....	68
3.24.	Tipe Bangunan Berdasarkan ATC-40 (1997) .....	73
4.1.	Rangkuman Lokasi sendi Plastis Bangunan 6- lantai .....	113
4.2.	Rangkuman Lokasi sendi Plastis Bangunan 6- lantai .....	114
4.3.	Evaluasi Persyaratan Strong Column Weak Beam bangunan 6- dan 10- lantai .....	115
4.4.	Matriks <i>Performance</i> Bangunan 6- dan 10-Lantai Berdasarkan <i>Drift Ratio</i> .....	116
4.5.	Matriks <i>Performance</i> Bangunan 6- dan 10-Lantai Berdasarkan <i>Damage Index</i> .....	116

## DAFTAR GAMBAR

1.1.	Struktur dengan <i>Vertical Set-Back</i> .....	2
1.2.	<i>Side Sway Mechanism</i> .....	3
1.3.	<i>Soft Story Mechanism</i> .....	3
1.4.	Denah Struktur Bangunan 6- dan 10- Lantai .....	6
1.5.	<i>Response Spectrum</i> Gempa Rencana (SNI 1726 – 02).....	8
1.6.	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	9
2.1.	Perpindaham Bangunan Tanpa <i>Vertical Set-Back</i> .....	13
2.2.	Terjadinya Perpindaham Bangunan dengan <i>Vertical Set-Back</i> .....	13
2.3.	Matriks Kinerja Struktur untuk Berbagai Tingkat Intensitas Gempa (ACMC,1999) .....	17
2.4.	Bangunan dengan Beban Lateral $F_i$ .....	18
2.5.	Kurva Kapasitas .....	18
2.6.	Spektrum Kapasitas.....	19
2.7.	Respons Spektrum Elastis .....	19
2.8.	Perubahan Format Respons Percepatan Menjadi ADRS .....	20
2.9.	Reduksi <i>Response Spectrum</i> Menjadi <i>Demand Spectrum</i> .....	20
2.10.	Penentuan <i>Performance Point</i> .....	21
3.1.	Denah Struktur Bangunan 6- dan 10-lantai.....	24
3.2.	Elevasi Bangunan 6- dan 10-lantai .....	24
3.3.	Respons Spektrum Gempa Rencana (SNI 1726-02).....	26
3.4.	<i>Input</i> Beban Gempa Respons Spektrum pada Program ETABS v9.07 .....	27
3.5.	<i>Input</i> Arah Beban Gempa Respons Spektrum $0^\circ$ pada Program ETABS v9.07 .....	27
3.6.	Denah Lokasi Balok yang Digunakan Sebagai Contoh .....	31

3.7.	Gaya Geser pada Penampang Kritis dan Daerah Sendi Plastis Tumpuan Kiri .....	37
3.8.	Gaya Geser pada Penampang Kritis dan Daerah Sendi Plastis Tumpuan Kanan .....	38
3.9.	Lokasi Kolom yang Digunakan Sebagai Contoh .....	40
3.10.	Diagram Momen Kolom yang Ditinjau Akibat Beban Gempa 0° .....	40
3.11.	Letak Balok dan Kolom yang Ditinjau .....	42
3.12.	Grafik untuk Mencari Besarnya $\phi$ .....	47
3.13.	Grafik Hubungan antara $M_n-N_n$ Kolom Potongan Bawah .....	49
3.14.	Grafik Hubungan antara $M_n-N_n$ Kolom Potongan Atas .....	49
3.15.	Kesetimbangan Gaya – Gaya pada Kondisi <i>Balance</i> Kolom C13 .....	50
3.16.	<i>Input</i> Data Program ESDAP untuk Momen Positif .....	58
3.17.	<i>Input</i> Data Program ESDAP untuk Momen Negatif .....	58
3.18.	Kurva <i>Moment-Curvature</i> dari Program ESDAP yang Telah Digabungkan untuk Momen Positif dan Momen Negatif .....	59
3.19.	Kurva <i>Moment-Curvature</i> bilinear .....	59
3.20.	Model Struktur Gedung 6 Lantai pada ETABS v9.07 .....	60
3.21.	Model Struktur Gedung 10 Lantai pada ETABS v9.07 .....	60
3.22.	Posisi Sumbu Lokal Balok pada ETABS v9.07 .....	61
3.23.	Penentuan Letak Titik A,B,C,D,E pada Kurva <i>Moment- Curvature</i> .....	63
3.24.	<i>Input Hinge Properties</i> pada Program ETABS v9.07 untuk Balok Interior Lantai 5, Bangunan 6 Lantai .....	66
3.25.	Posisi Sumbu Lokal Kolom pada ETABS v 9.07 .....	67
3.26.	<i>Option</i> untuk Menentukan <i>Frame Hinge P-M-M Interaction Surface</i> Secara Otomatis .....	69
3.27.	<i>Input Hinge Properties</i> pada Program ETABS v9.07 .....	69

3.28.	<i>Input Pushover Case</i> untuk Beban Gravitasi .....	71
3.29.	<i>Input Pushover Case</i> Beban Lateral Gempa Arah X Positif.....	72
3.30.	Contoh <i>Input</i> pada Program ETABS v 9.07 untuk Mengetahui <i>Performance Point</i> Struktur .....	73
3.31.	Faktor <i>Peak Ground Acceleration</i> yang Digunakan (Susila, I.G.M, 2000) .....	74
3.32.	Model Struktur 6 Lantai pada Program RUAUMOKO 3D .....	75
3.33.	Model Struktur 10 Lantai dengan pada Program RUAUMOKO 3D.....	76
3.34.	Posisi Sumbu Lokal Balok Struktur pada Program RUAUMOKO 3D (Carr, 2001).....	76
3.35.	Idealisasi Balok Anak dan balok Induk .....	77
3.36.	Reaksi yang terjadi pada balok .....	77
3.37.	Equivalent joint Load.....	77
3.38.	Equivalent joint Load dan Perjanjian Tanda.....	77
3.39.	<i>Bi-Linear Hysteresis Rules</i> .....	78
3.40.	Penampang Balok B36 Lantai 4.....	79
3.41.	Posisi Sumbu Lokal Elemen Kolom Struktur pada Program RUAUMOKO 3D (Carr, 2001) .....	81
3.42.	Penampang Kolom C13 lantai 1 bangunan 6 lantai .....	82
3.43.	Respon Spectrum Gempa El Centro 18 Mei 1940 North South .....	84
3.44.	Rekaman Gempa El Centro 18 mei 1940 North – South Asli .....	84
3.45.	Rekaman Gempa El Centro 18 Mei 1940 North – South yang telah dimodifikasi terhadap periode ulang 500 tahun sesuai SNI 1726-02 .....	85
4.1.	Arah Pembebanan dengan Analisis <i>Pushover</i> pada Bangunan.....	86
4.2.	<i>Pushover Curve</i> dan <i>Performance Point</i> Bangunan 6- dan 10-Lantai Gempa Periode Ulang 50, 200, 500 Tahun (Arah Y) .....	87

4.3.	<i>Displacement</i> dan <i>Drift Ratio</i> Bangunan 6 Lantai (Arah Y).....	88
4.4.	<i>Displacement</i> dan <i>Drift Ratio</i> Bangunan 6 Lantai (Arah Y).....	89
4.5	Notasi Portal Bangunan 6 lantai.....	91
4.6.	Lokasi sendi Plastis Pada Portal A (Eksterior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 6 Lantai .....	92
4.7	Lokasi sendi Plastis Pada Portal B (Interior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 6 Lantai .....	93
4.8	Lokasi sendi Plastis Pada Portal C (Interior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 6 Lantai .....	94
4.9	Lokasi sendi Plastis Pada Portal D ((Interior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 6 Lantai .....	95
4.10	Lokasi sendi Plastis Pada Portal E (Eksterior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 6 Lantai .....	96
4.11	Notasi Portal Bangunan 10 lantai.....	97
4.12.	Lokasi sendi Plastis Pada Portal A (Eksterior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 10 Lantai .....	98
4.13	Lokasi sendi Plastis Pada Portal B (Interior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 10 Lantai .....	101
4.14	Lokasi sendi Plastis Pada Portal C (Interior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 10 Lantai .....	104
4.15	Lokasi sendi Plastis Pada Portal D ((Interior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 10 Lantai .....	107
4.16	Lokasi sendi Plastis Pada Portal E (Eksterior) Gempa 50, 200, 500 Tahun Bangunan 10 Lantai .....	110
5.1.	Periode 50 tahun bangunan 6-lantai.....	118
5.2.	Periode 200 tahun bangunan 6-lantai.....	119
5.3.	Periode 500 tahun bangunan 6-lantai .....	119
5.4.	Periode 50 tahun bangunan 10-lantai .....	120
5.5.	Periode 200 tahun bangunan 10-lantai.....	121

5.6. Periode 500 tahun bangunan 10- lantai ..... 121

## DAFTAR NOTASI

$a$	= tinggi blok tekan
$A_{ch}$	= luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan geser
$A_g$	= luas bruto penampang
$A_s$	= luas tulangan tarik non-prategang
$A_{sh}$	= luas tulangan geser dalam rentang spasi $s$ dan tegak lurus terhadap dimensi $h_c$
$A_v$	= luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan tarik lentur dalam rentang jarak $s$
$b$	= lebar penampang
$c$	= jarak garis netral dari serat tekan terluar
$c_{bal}$	= jarak garis netral dari serat tekan terluar pada kondisi <i>balance</i>
$C_c$	= gaya tekan pada beton
$C_s$	= gaya tekan pada tulangan tekan
$d$	= tinggi efektif penampang
$d_b$	= diameter nominal batang tulangan
$D$	= pembebanan balok akibat beban mati
$DI$	= <i>damage index</i>
$E$	= modulus elastisitas baja
$E_c$	= modulus elastisitas beton
$EI$	= kekakuan ( <i>stiffness</i> )
$f_c'$	= kuat tekan beton yang disyaratkan
$f_y$	= adalah kuat leleh tulangan yang disyaratkan
$F(t)$	= gaya dinamis yang diberikan pada massa struktur
$g$	= percepatan gravitasi
$h$	= tinggi penampang
$h_c$	= dimensi penampang inti kolom diukur dari sumbu-sumbu tulangan pengekang
$h_n$	= tinggi bersih kolom
$I$	= faktor keutamaan

$I_{\text{gross}}$	= momen inersia
$L$	= pembebanan balok akibat beban hidup
$l_p$	= panjang sendi plastis ( <i>plastic hinge length</i> )
$l_n$	= bentang bersih balok
$M_c$	= momen pada muka join yang berhubungan dengan kuat lentur nominal kolom yang merangka pada join tersebut, yang dihitung untuk beban aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur terendah
$M_D$	= momen lentur akibat beban mati tak terfaktor
$M_E$	= momen lentur akibat beban gempa tak terfaktor
$M$	= momen ( <i>moment</i> )
$M_{c, k}$	= kuat momen lentur nominal kolom yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang kolom yang ditinjau dengan memperhatikan gaya aksial terfaktor yang terjadi pada kolom
$M_g$	= momen pada muka join yang berhubungan dengan kuat lentur nominal balok (termasuk pelat yang berada dalam kondisi tarik) yang merangka pada join tersebut
$M_n$	= kuat momen nominal pada suatu penampang
$M_{\text{nak, b}}$	= kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau
$M_L$	= momen lentur akibat beban hidup tak terfaktor
$M_{\text{pr}}$	= kuat momen lentur nominal dari suatu komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang didasarkan pada tegangan tarik $1,25 f_y$
$M_{\text{prb-a}}$	= $M_{\text{pr}}$ kolom di ujung atas kolom untuk mendapatkan $V_{e,b}$
$M_{\text{prb-b}}$	= $M_{\text{pr}}$ kolom di ujung bawah kolom untuk mendapatkan $V_{e,b}$
$M_{\text{pr1}}$	= $M_{\text{pr}}$ balok di ujung sebelah kiri balok
$M_{\text{pr2}}$	= $M_{\text{pr}}$ balok di ujung sebelah kanan balok
$M_{\text{pr3}}$	= $M_{\text{pr}}$ kolom di ujung atas kolom untuk mendapatkan $V_{e,k}$
$M_{\text{pr4}}$	= $M_{\text{pr}}$ kolom di ujung bawah kolom untuk mendapatkan $V_{e,k}$

$M_{u,k}$	= momen terfaktor pada penampang kolom
$M_y$	= momen saat terjadi pelelehan pertama
$M_u$	= momen saat terjadi kondisi ultimit
$n$	= jumlah tingkat
$n_t$	= jumlah tulangan
$N_D$	= gaya aksial akibat beban mati tak terfaktor
$N_E$	= gaya aksial akibat beban gempa tak terfaktor
$N_L$	= gaya aksial akibat beban hidup tak terfaktor
$N_{u,b}$	= nilai maksimum dari kombinasi gaya aksial balok akibat beban luar yang bersesuaian
$N_{u,k}$	= gaya aksial terfaktor pada penampang kolom
$PF_1$	= <i>modal participation factor</i> untuk <i>mode</i> pertama
$Q_n$	= pembebanan nominal pada struktur gedung
$R$	= faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan
$R_n$	= kapasitas nominal struktur gedung
$s$	= jarak tulangan geser terpasang
$S_a$	= <i>spectral acceleration</i>
$S_d$	= <i>spectral displacement</i>
$T$	= waktu getar alami dari struktur bangunan
$T_t$	= gaya tarik pada tulangan
$T_1$	= Waktu getar alami fundamental
$V$	= <i>base shear</i>
$V_1$	= gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik ragam yang pertama saja
$V_c$	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
$V_D$	= gaya geser akibat beban mati tak terfaktor
$V_e$	= gaya geser rencana balok
$V_{e,b}$	= kuat geser kolom yang didapat dari balok yang merangka pada kolom
$V_{e,d}$	= gaya geser rencana pada potongan sejarak $d$ dari ujung balok
$V_{e,k}$	= kuat geser perlu kolom

$V_E$	= gaya geser akibat beban gempa tak terfaktor
$V_L$	= gaya geser akibat beban hidup tak terfaktor
$V_s$	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser
$V_t$	= Gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respons yang telah dilakukan
$V_{u,bmax}$	= nilai maksimum dari kombinasi gaya geser balok akibat beban luar yang bersesuaian
$V_{u,k}$	= gaya geser terfaktor pada penampang kolom
$W$	= berat bangunan
$y$	= simpangan massa
$\Sigma M_c$	= jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut
$\Sigma M_g$	= jumlah momen pada pusat hubungan balok-kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal balok-balok yang merangka pada hubungan balok-kolom tersebut
$\Sigma M_{kap,b}$	= jumlah momen kapasitas balok pada pusat join
$\Sigma M_{v,k}$	= jumlah momen rencana kolom pada pusat join
$\alpha$	= faktor distribusi momen nominal balok ke kolom
$\alpha_1$	= <i>modal mass coefficient</i> untuk <i>mode</i> pertama
$\beta_{eff}$	= <i>effective damping ratio</i> akibat perubahan kekakuan struktur setelah terjadi sendi plastis
$\beta_1$	= sebuah faktor yang diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan $f_c$ lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 MPa, harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 MPa di atas 30 MPa, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,65.
$\Delta$	= perpindahan pada titik paling atas
$\phi$	= <i>curvature</i>
$\gamma$	= faktor beban
$\mu_m$	= daktilitas yang terjadi

$\mu_u$	=	<i>ultimate ductility</i>
$\rho$	=	rasio tulangan tarik non-prategang
$\phi$	=	faktor reduksi kekuatan
$\phi_{i1}$	=	amplitudo pada lantai ke-i pada <i>mode</i> pertama
$\phi_o$	=	faktor penambahan kekuatan yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan, diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan $f_y \leq 400$ MPa dan 1,40 untuk tulangan dengan $f_y > 400$ MPa
$\omega_d$	=	koefisien pembesaran dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan
$\zeta$	=	koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung, bergantung pada Wilayah Gempa
$\theta$	=	rotasi ( <i>rotation</i> )
[C]	=	matriks <i>damping</i>
[M]	=	matriks massa diagonal
[K]	=	matriks kekakuan
[ $\ddot{u}$ ]	=	matriks percepatan
[ $\dot{u}$ ]	=	matriks kecepatan
[u]	=	matriks perpindahan

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Perhitungan Massa Bangunan
2. Rekapitulasi Tulangan Balok dan Kolom
3. *Displacement* dan *Drift Ratio*
4. *Error* ESDAP yang Ditemukan
5. *Nominal Overstrength Factor* (OF) Kolom
6. Grafik Plot *Displacement* dari Program Ruaumoko 3D (Dynaplot)
7. Pola Keruntuhan Bangunan 6 Lantai pada Periode Ulang Gempa 500 tahun dan Bangunan 10 Lantai pada Periode Ulang Gempa 50 tahun