

TUGAS AKHIR

NOMOR: 1073/W.M./F.TS/SKR/2019

**DESAIN DAN EVALUASI KINERJA
SISTEM STRUKTUR PENAHAN BEBAN GEMPA
DARI BANGUNAN DENGAN KETIDAKBERATURAN
SUDUT DALAM MENGACU SNI 03-1726-2012**



**DISUSUN OLEH :
DOMINIKUS KARINTUS PATTY**

**NOMOR REGISTRASI :
211 13 003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDIRA
K U P A N G
2019**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat yang telah diberikan, sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik, guna memenuhi persyaratan mata kuliah dalam memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandira Kupang.

Penulisan Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari banyak pihak, untuk itu disampaikan banyak terima kasih kepada :

1. P. Dr. Philipus Tule, SVD, selaku Rektor Universitas Katolik Widya Mandira Kupang
2. Bapak Patrisius Batarus, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandira Kupang
3. Bapak Ir. Egidius Kalogo, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Mandira Kupang
4. Br. Sebastianus B. Henong, SVD, ST., MT. selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil
5. Bapak Ir. Rani Hendrikus, MS. selaku Dosen Pembimbing I yang membantu dalam proses penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Frederikus D. P. Ndouk, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing II yang membantu dalam proses penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Rius, Mama Yeni dan ade Andre serta semua keluarga yang selalu mendukung dan memberikan motivasi.
8. Frit, Sem, Mones, Roi, Endar dan semua teman-teman Civil Engineering 2013 yang dengan caranya masing-masing membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulisan Tugas Akhir ini masih memiliki kesalahan dan kekurangan dalam penulisanannya, sehingga segala masukan dari pembaca yang baik dan bermanfaat sangat diharapkan dalam penyempurnaan laporan ini.

Kupang, Juni 2019

LEMBARAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**DESAIN DAN EVALUASI KINERJA
SISTEM STRUKTUR PENAHAN BEBAN GEMPA
DARI BANGUNAN DENGAN KETIDAKBERATURAN
SUDUT DALAM MENGACU SNI 03-1726-2012**

DISUSUN OLEH :
DOMINIKUS KARINTUS PATTY


NOMOR REGISTRASI :
211 13 003

PEMBIMBING 1

DIPERIKSA OLEH :

PEMBIMBING 2


Ir. RANI HENDRIKUS, MS
NIDN : 08 0805 5801


FREDERIKUS D. P. NDOUK, ST, MT
NIDN : 08 2607 9002

DISETUJUI OLEH :
KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNWIRA KUPANG


Ir. EGIDIUS KALOGO, MT
NIDN : 08 0109 6303

DISAHKAN OLEH :
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNWIRA KUPANG



PATRISIUS BATARIUS, ST, MT
NIDN : 08 1503 7801

LEMBARAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR


**DESAIN DAN EVALUASI KINERJA
SISTEM STRUKTUR PENAHAN BEBAN GEMPA
DARI BANGUNAN DENGAN KETIDAKBERATURAN
SUDUT DALAM MENGACU SNI 03-1726-2012**

DISUSUN OLEH :
DOMINIKUS KARINTUS PATTY

NOMOR REGISTRASI :
211 13 003

DIPERIKSA OLEH :

PENGUJI 1



STEPHANUS OLA DEMON,ST,MT
NIDN : 08 0909 7401

PENGUJI 2



CHRISTIANI C. MANUBULU,ST,M.Eng
NIDN : 08 1906 9102

PENGUJI 3



Ir. RANI HENDRIKUS MS
NIDN : 08 0805 5801

DESAIN DAN EVALUASI KINERJA SISTEM STRUKTUR PENAHAN BEBAN GEMPA DARI BANGUNAN DENGAN KETIDAKBERATURAN SUDUT DALAM MENGACU SNI 03-1726-2012

Dominikus Karintus Patty¹, Rani Hendrikus²

Email : DominikusK.Patty@yahoo.com

1. Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Mandira

2. Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Mandira

ABSTRAK

Bangunan yang memiliki ketidakberaturan biasanya akan membutuhkan perhitungan khusus agar dapat memikul beban gempa yang terjadi. Hal ini dikarenakan konfigurasi bangunan menyebabkan penerimaan beban horizontal maupun vertikal menjadi tidak merata. Pada bangunan dengan tipe ketidakberaturan sudut dalam akan menghasilkan letak titik pusat massa dan pusat kekakuan menjadi tidak sejajar sehingga menyebabkan gaya torsi. Gaya torsi mempengaruhi distribusi gaya dalam tersebut menjadi tidak merata dan dapat berpengaruh terhadap kinerja struktur dan pembesian pada balok, kolom dan join balok kolom. Untuk mengetahui perilaku struktur akibat beban gempa yang lebih besar daripada beban gempa rencana maka dilakukan analisa dengan *pushover analysis*. Analisa ini akan menggambarkan kondisi in-elastis struktur ketika mengalami sendi plastis pada balok dan kolom yang mengalami penurunan kinerja kekuatan. Berdasarkan analisa pada saat kondisi elastis bangunan yang didesain dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus mengalami kinerja yang baik karena status simpangan antar lantai yang berada di bawah ketentuan SNI 03-1726-2012. Setelah dilakukan desain kapasitas balok dan kolom sesuai SNI 03-2847-2013 untuk mendapatkan kebutuhan tulangan yang dipakai, maka selanjutnya dilakukan analisis dengan metode *ekivalent linearization* sesuai FEMA 440. Nilai *performance point* ditentukan dari hasil perpotongan antara *single demand* dan kurva kapasitas dari struktur yang telah dimodifikasi dalam format ADRS. Titik kinerja akan menghasilkan nilai gaya geser dasar pada arah-X sebesar 23419,20 kN dan pada arah-Y sebesar 24406,91 kN serta perpindahan dari lantai atap (*roof displacement*) pada arah-X sebesar 156,625 mm dan pada arah-Y sebesar 130,808 mm. Hasil tersebut menunjukkan kinerja struktur masih berada pada level *Immediate Occupancy* yang masih berada pada kondisi aman. Selanjutnya diperoleh nilai *drift maximum* pada arah-X telah melampaui ketentuan SNI, sedangkan pada arah-Y belum melampaui dengan jumlah step yang sama. Hal ini menunjukkan kapasitas struktur telah berkurang dan bangunan telah mengalami kerusakan yang memerlukan perbaikan.

Kata Kunci : Kinerja struktur, Kondisi In-elastis, *Performance Point*, *Pushover Analysis*, Sendi Plastis, Sudut Dalam

DAFTAR ISI

LEMBARAN JUDUL

LEMBARAN PENGESAHAN

LEMBARAN PERSETUJUAN

LEMBARAN PERSEMBAHAN

MOTTO

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xii

BAB I PENDAHULUAN I-1

1.1 Latar Belakang..... I-1

1.2 Rumusan Masalah..... I-2

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian..... I-2

1.3.1 Maksud..... I-2

1.3.2 Tujuan Penelitian..... I-3

1.4 Manfaat Penelitian I-3

1.5 Batasan Masalah I-3

1.6 Keterkaitan Dengan Penelitian Terdahulu I-4

BAB II LANDASAN TEORI II-1

2.1 Defenisi Coakan Sudut (Ketidakberaturan Sudut Dalam)..... II-1

2.2 Sistem Struktur II-1

2.3 Struktur Bangunan Gedung Tidak Beraturan II-2

2.3.1 Ketidakberaturan Horizontal II-2

2.3.1.1 Ketidakberaturan Torsi..... II-2

2.3.1.2 Ketidakberaturan Sudut Dalam II-2

2.3.1.3 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma II-3

2.3.1.4 Ketidakberaturan Elemen Vertikal..... II-3

2.3.1.5 Ketidakberaturan Non Paralel Sistem Struktur II-4

2.3.2 Ketidakberaturan Vertikal II-4

2.3.2.1 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak..... II-4

2.3.2.2 Ketidakberaturan Massa Bangunan II-5

2.3.2.3 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Bangunan II-5

2.3.2.4	Ketidakteraturan Diskontinuitas Sistem Struktur Dalam Arah Vertikal	II-6
2.3.2.5	Ketidakteraturan Diskontinuitas Kuat Lateral Elemen Struktur Vertikal	II-6
2.4	Estimasi Dimensi Struktur	II-7
2.4.1	Balok	II-7
2.4.2	Kolom	II-7
2.5	Pengaturan Level Beban Gempa	II-8
2.5.1	Spektrum Respon Desain	II-8
2.5.1.1	Wilayah Gempa	II-8
2.5.1.2	Kelas Situs	II-9
2.5.1.3	Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Resiko-Tertarget (MCER)	II-10
2.5.1.4	Parameter Percepatan Spektra Desain	II-11
2.5.1.5	Prosedur Pembuatan Respon Spektra Desain	II-11
2.5.2	Koefisien Gempa (C_s)	II-12
2.5.3	Faktor Modifikasi Respon (R)	II-12
2.5.4	Kategori Desain Seismik	II-13
2.5.5	Fungsi Bangunan dan Faktor Keutamaan	II-15
2.5.6	Gaya Geser Torsi	II-15
2.5.7	Pengaruh P-Delta	II-16
2.6	Metode Analisis	II-17
2.6.1	Metode Statik Ekuivalen	II-17
2.6.1.1	Konsep Dasar Metode Statik Ekuivalen	II-17
2.6.1.2	Geser Dasar Seismik	II-18
2.6.1.3	Koefisien Respon Seismik	II-18
2.6.1.4	Periode Fundamental Struktur	II-19
2.6.1.5	Distribusi Vertikal Gaya Gempa	II-20
2.6.1.6	Distribusi Horisontal Gaya Gempa	II-20
2.6.2	Metode Respon Spektrum (Metode Dinamis)	II-20
2.6.2.1	Analisa Ragam Spektrum Respon	II-21
2.6.2.2	Parameter Respon Terkombinasi	II-21
2.6.2.3	Skala Nilai Desain Untuk Respon Terkombinasi	II-22
2.6.2.4	Simpangan Antar Lantai	II-22

2.6.3	Pembebanan Pada Struktur	II-24
2.6.3.1	Beban Vertikal (Beban Gravitasi)	II-24
2.6.3.2	Beban Horisontal (Gempa)	II-25
2.6.4	Kombinasi Pembebanan	II-25
2.6.5	Aplikasi Program ETABS 2016	II-27
2.6.5.1	Pembuatan Model Struktur	II-27
2.6.5.2	Pendefinisian	II-27
2.6.5.3	Analisis Model.....	II-28
2.6.5.4	Penampilan Gaya-Gaya Dalam dan Respon Struktur	II-28
2.7	Pendetailan Elemen Struktur	II-28
2.7.1	Desain Balok.....	II-28
2.7.2	Desain Kolom.....	II-28
2.7.3	Desain Kapasitas	II-29
2.7.3.1	Faktor Peningkat Kuat Lentur Balok.....	II-29
2.7.3.2	Faktor Pengaruh Beban Dinamis pada Kolom	II-29
2.7.4	Perencanaan Balok.....	II-30
2.7.4.1	Perencanaan Lentur	II-30
2.7.4.2	Analisa Penampang.....	II-30
2.7.4.3	Evaluasi Pergoyangan Struktur.....	II-32
2.7.4.4	Evaluasi Kelangsingan Kolom.....	II-32
2.7.4.5	Perencanaan lentur	II-33
2.7.5	Hubungan Balok-Kolom (Join).....	II-33
2.7.6	Konsep Pendetailan Elemen Struktur SRPMK.....	II-35
2.7.6.1	Detailing Komponen Struktur Lentur SRPMK.....	II-35
2.7.6.2	Detailing Komponen Struktur SRPMK yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial.....	II-38
2.7.6.3	Detailing Hubungan Balok Kolom (HBK).....	II-41
2.8	Analisis Beban Dorong (<i>PUSHOVER</i>)	II-42
2.8.1	Analisis Beban Dorong (<i>Static Pushover Analysis</i>).....	II-42
2.8.2	Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)	II-43
2.8.3	Mekanisme Sendi Plastis	II-45
2.8.4	Kriteria Struktur Tahan Gempa.....	II-46
BAB III RANCANGAN PENELITIAN.....		III-1
3.1	Umum.....	III-1
3.2	Model Struktur	III-2

3.2.1	Data umum bangunan	III-2
3.2.2	Data bahan.....	III-2
3.2.3	Data Dimensi Struktur	III-2
3.2.4	Pembebanan Pada Struktur	III-2
3.3	Diagram Alir Penelitian	III-4
3.4	Penjelasan Diagram Alir	III-5
3.4.1	Preliminary Desain	III-5
3.4.1.1	Evaluasi Kualitatif Bangunan	III-5
3.4.1.2	Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS)	III-6
3.4.1.3	Penentuan Faktor Redudansi	III-7
3.4.1.4	Analisis Dinamis dengan Program ETABS.....	III-7
3.4.1.5	Analisis Statik Ekuivalen	III-10
3.4.1.6	Evaluasi Akurasi Analisis Dinamis	III-11
3.4.1.7	Evaluasi Kinerja Struktur.....	III-12
3.4.1.8	Waktu Getar Struktur (To).....	III-12
3.4.1.9	Evaluasi Simpangan Antar Lantai (Δ_a)	III-12
3.4.1.10	Efek P-delta (θ).....	III-12
3.4.1.11	Evaluasi Kuantitatif Bangunan	III-13
3.4.1.12	Penentuan Metode Analisis Akhir	III-13
3.4.2	Final Desain	III-14
3.4.2.1	Output Gaya Dalam	III-14
3.4.2.2	Desain Balok	III-14
3.4.2.2.1	Desain Tulangan Memanjang Balok.....	III-14
3.4.2.2.2	Desain Tulangan Geser Balok.....	III-16
3.4.2.2.3	Detailing Balok	III-18
3.4.2.3	Desain Kolom	III-18
3.4.2.3.1	Desain Tulangan Memanjang Kolom.....	III-18
3.4.2.3.2	Desain Tulangan Geser Kolom	III-20
3.4.2.3.3	Detailing Elemen Struktur Kolom.....	III-22
3.4.2.3.4	Evaluasi Hubungan Balok Kolom	III-22
3.4.3	Analisis Respon In-elastis	III-23
3.4.3.1	Analisa <i>Pushover</i> dengan ETABS.....	III-23
3.4.3.2	Evaluasi Respons In-elastik.....	III-25
3.5	Kesimpulan dan Saran.....	III-25
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		IV-1

4.1	Data Umum Bangunan	IV-1
4.1.1	Pemodelan Struktur.....	IV-1
4.1.2	Data Bangunan	IV-2
4.2	Data Dimensi Struktur.....	IV-2
4.3	Pembebanan Pada Struktur.....	IV-4
4.3.1	Beban Mati	IV-4
4.3.2	Beban Hidup	IV-5
4.3.3	Beban Gempa.....	IV-6
4.4	Preliminari Desain.....	IV-7
4.5	Evaluasi Ketidakberaturan Kualitatif.....	IV-8
4.5.1	Evaluasi Ketidakberaturan Horisontal.....	IV-8
4.5.2	Evaluasi Ketidakberaturan Vertikal	IV-9
4.6.	Kategori Desain Seismik (KDS)	IV-10
4.7	Faktor Redudansi (ρ).....	IV-11
4.8	Kombinasi Pembebanan.....	IV-11
4.9	Analisis Statik Ekuivalen	IV-13
4.10	Analisis Dinamis Program ETABS	IV-15
4.10.1	Membuat Model Baru	IV-15
4.10.2	Penggambaran Model Struktur.....	IV-15
4.10.3	Pendefinisian Material	IV-16
4.10.4	Definisi Dimensi Elemen Struktur	IV-16
4.10.5	Penentuan Beban.....	IV-17
4.10.6	Kombinasi Pembebanan	IV-18
4.10.7	<i>Assign</i> Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup	IV-18
4.10.8	<i>Run</i> Analisis	IV-18
4.10.9	Penampilan Respon Struktur.....	IV-19
4.11	Faktor Partisipasi Massa (FPM).....	IV-19
4.12	Gaya Geser Dasar.....	IV-20
4.13	Evaluasi Kinerja Struktur.....	IV-20
4.13.1	Waktu Getar struktur (T_0).....	IV-20
4.13.2	Evaluasi Simpangan Antar Lantai Tingkat Desain (Δ).....	IV-21
4.13.3	Evaluasi efek P-Delta	IV-23
4.14	Evaluasi Ketidakberaturan Kuantitatif	IV-24
4.14.1	Ketidakteraturan Horisontal.....	IV-24

4.14.1.1 Tipe-1a, ketidak beraturan torsi dan Tipe 1b, ketidakberaturan torsi berlebihan.....	IV-24
4.14.1.2 Ketidakberaturan Sudut Dalam	IV-25
4.14.1.3 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	IV-25
4.14.1.4 Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang	IV-26
4.14.1.5 Ketidakberaturan Sistem Non Pararel.....	IV-26
4.14.2 Evaluasi Ketidakberaturan Vertikal	IV-26
4.14.2.1 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak dan tingkat Lunak Berlebihan	IV-26
4.14.2.2 Ketidakberaturan Geometri Vertikal	IV-27
4.14.2.3 Ketidakberaturan Diskontinuitas Arah Bidang Dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal	IV-28
4.14.2.4 Ketidakberaturan Diskontinuitas Dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat.....	IV-29
4.15 Evaluasi Metode Analisis Akhir	IV-30
4.16 <i>Final</i> Desain	IV-30
4.17 <i>Output</i> Gaya Dalam Momen Balok ETABS.....	IV-30
4.18 Desain Balok	IV-31
4.18.1 Desain Tulangan Memanjang Balok	IV-31
4.18.2 Desain Tulangan Geser Balok.....	IV-35
4.18.3 Desain Detailling Balok.....	IV-39
4.19 Desain Kolom	IV-40
4.19.1 Desain Tulangan Memanjang Kolom.....	IV-41
4.19.1.1 Evaluasi Pergoyangan Kolom.....	IV-41
4.19.1.2 Gaya Aksial Pada Kolom (Pu).....	IV-42
4.19.1.3 Momen Desain Kolom (Mu)	IV-45
4.19.1.4 Evaluasi Kelangsingan Kolom.....	IV-45
4.19.1.5 Faktor Pembesaran Momen.....	IV-46
4.19.1.6 Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom	IV-47
4.19.2 Tulangan Geser Kolom.....	IV-48
4.19.2.1 Penulangan Geser Kolom Daerah lo.....	IV-50
4.19.2.2 Penulangan Geser Kolom Luar Daerah lo.....	IV-51
4.19.3 Evaluasi Hubungan Balok Kolom.....	IV-53
4.20 Analisa Pushover Dengan ETABS.....	IV-54
4.20.1 Umum	IV-54

4.20.2	Proses Analisis Dengan ETABS.....	IV-54
4.20.3	Definisi Kasus Beban Statik Non-Linear(<i>Nonlinear Static Load Case</i>)....	IV-60
4.20.4	Pola Beban Gravitasi.....	IV-60
4.20.5	Pembebanan Akibat Beban Lateral	IV-61
4.20.6	Prosedur <i>Running</i>	IV-62
4.21	Peninjauan Respons In-Elastis	IV-62
4.21.1	Titik Kinerja Performance Point	IV-63
4.21.2	<i>Performance Level</i>	IV-64
4.21.3	Simpangan antar tingkat (Drift).....	IV-65
4.21.4	Mekanisme Pembentukan Sendi Plastis.....	IV-67
4.21.4.1	Sendi Plastis Pada Arah (B-T)	IV-67
4.21.4.2	Sendi Plastis Pada Arah (U-S).....	IV-69
BAB V	PENUTUP	V-1
5.1	KESIMPULAN	V-1
5.1.1	Sistem Struktur Bangunan.....	V-1
5.1.2	Metode Analisis Desain	V-1
5.1.3	Kinerja Struktur Pada Kondisi Elastis	V-1
5.1.4	Kebutuhan Tulangan Balok	V-2
5.1.5	Kebutuhan Tulangan Kolom	V-3
5.1.6	Kinerja Struktur Pada Kondisi In-Elastis	V-3
5.2	SARAN.....	V-4
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemodelan Coakan.....	II-1
Gambar 2.2	Ketidakteraturan Torsi.....	II-2
Gambar 2.3	Kriteria Ketidakteraturan Sudut Dalam	II-3
Gambar 2.4	Kriteria Ketidakteraturan Diskontinuitas.....	II-3
Gambar 2.5	Kriteria Ketidakteraturan Elemen Vertikal.....	II-4
Gambar 2.6	Kriteria Ketidakteraturan Non Paralel Sistem Struktur	II-4
Gambar 2.7	Kriteria Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak.....	II-4
Gambar 2.8	Kriteria Ketidakteraturan Massa Bangunan	II-5
Gambar 2.9	Kriteria Ketidakteraturan Geometri Vertikal Bangunan	II-5
Gambar 2.10	Kriteria Ketidakteraturan Diskontinuitas Arah Vertikal.....	II-6
Gambar 2.11	Ketidakteraturan Diskontinuitas Kuat Lateral Elemen Struktur Vertikal.....	II-6
Gambar 2.12	Gempa Maksimum Yang di Pertimbangkan Resiko-Tertarget MCER (S_s)	II-8
Gambar 2.13	Gempa Maksimum Yang di Pertimbangkan Resiko-Tertarget MCER (S_1)	II-9
Gambar 2.14	Spektrum Respon Desain	II-11
Gambar 2.15	Hubungan R , R_d , Ω_0 , dan C_d	II-13
Gambar 2.16	Gaya torsi yang terjadi pada lantai bangunan	II-15
Gambar 2.17	Koefisien amplifikasi torsi	II-16
Gambar 2.18	Efek P-Delta.....	II-16
Gambar 2.19	Model Gaya Dinamis Lateral	II-18
Gambar 2.20	Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	II-23
Gambar 2.21	Persyaratan Tulangan Lentur.....	II-30
Gambar 2.22	Diagram tegangan dan regangan pada balok.....	II-31
Gambar 2.23	Momen Desain Kolom.....	II-33
Gambar 2.24	Geser Pada Hubungan Balok-Kolom.....	II-34
Gambar 2.25	Ketentuan Dimensi Penampang Balok	II-35
Gambar 2.26	Persyaratan Tulangan Lentur	II-36
Gambar 2.27	Persyaratan Sambungan Lewatan	II-36
Gambar 2.28	Persyaratan Tulangan Transversal.....	II-38
Gambar 2.29	Sengkang Tertutup (Hoops) Tunggal Dan Rangkap.....	II-38
Gambar 2.30	Persyaratan Geometri Kolom	II-39

Gambar 2.31	Persyaratan Tulangan Geser dan Sambungan Lewatan Pada Kolom ..	II-39
Gambar 2.32	Persyaratan Kekangan Untuk Sengkang Tertutup Persegi.....	II-41
Gambar 2.33	Persyaratan Tulangan Memanjang pada Join	II-42
Gambar 2.34	Kurva Pushover.....	II-42
Gambar 2.35	Modifikasi Kurva Kapasitas menjadi Spektrum Kapasitas	II-43
Gambar 2.36	Lokasi Target Perpindahan Menggunakan MADRS	II-45
Gambar 2.37	Sendi Plastis terjadi pada balok dan kolom	II-45
Gambar 2.38	Kurva Level Kinerja	II-46
Gambar 3.1	Frame AS 1	III-3
Gambar 3.2	Denah Struktur Lantai Tipikal	III-3
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian.....	III-4
Gambar 3.4	Diagram Alir Penelitian (lanjutan)	III-5
Gambar 3.5	Diagram alir Penentuan Kategori Desain Seismik	III-6
Gambar 3.6	Diagram Alir Metode Analisis Dinamis.....	III-9
Gambar 3.7	Diagram Alir Perhitungan Analisis Statik Ekuivalen	III-10
Gambar 3.8	Diagram Alir Penentuan Metode Analisis	III-13
Gambar 3.9	Prosedur Desain Tulangan Memanjang Balok	III-15
Gambar 3.10	Diagram Alir Perhitungan Tulangan Geser Balok	III-17
Gambar 3.11	Diagram Alir Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom	III-19
Gambar 3.12	Diagram Alir Perhitungan Tulangan Geser Kolom.....	III-21
Gambar 3.13	Diagram Alir Analysis Pushover Dengan ETABS	III-23
Gambar 4.1	Denah Lantai Tipikal Struktur Bangunan	IV-1
Gambar 4.2	Frame Potongan (a) Memanjang dan (b) Melintang Struktur Gedung ..	IV-1
Gambar 4.3	Gambar Respons Spektrum Gempa Rencana	IV-7
Gambar 4.4	<i>Model Initialization Option</i>	IV-15
Gambar 4.5	<i>Grid System Data</i>	IV-15
Gambar 4.6	<i>Story Data</i>	IV-16
Gambar 4.7	<i>Material Property Data</i>	IV-16
Gambar 4.8	<i>Frame Section Property Data</i>	IV-17
Gambar 4.9	<i>Define load patern</i>	IV-17
Gambar 4.10	<i>Spektrum Function</i>	IV-17
Gambar 4.11	<i>Load Combination Data</i>	IV-18
Gambar 4.12	<i>Frame load assignment</i>	IV-18
Gambar 4.13	<i>Analyze Option</i>	IV-19
Gambar 4.14	Simpangan Antar Lantai Yang Terjadi Pada Bangunan.....	IV-22

Gambar 4.15	Momen <i>Output</i> ETABS B-68 Lantai 1 <i>frame</i> As-A	IV-31
Gambar 4.16	Tipe Tulangan Balok B-68, Lantai 1 <i>Frame</i> As-A.....	IV-33
Gambar 4.17	Mpr Balok B-18, lantai 2 <i>frame</i> As-1 akibat gempa kiri	IV-35
Gambar 4.18	Mpr Balok B-18, lantai 2 <i>frame</i> As-1 akibat gempa kanan	IV-35
Gambar 4.19	Gaya geser kombinasi gravitasi + gempa kiri	IV-36
Gambar 4.20	Gaya Geser Kombinasi Gravitasi + Gempa Kanan.....	IV-37
Gambar 4.21	Bidang Gaya Geser Kombinasi Gravitasi + Gempa Kiri dan Kanan.....	IV-38
Gambar 4.22	Hasil Desain Tulangan Balok Tipe B-18 Lantai 2 <i>Frame</i> As-1	IV-40
Gambar 4.23	Hasil Desain Tulangan Balok Memanjang dan Geser	IV-40
Gambar 4.24	Nomor Pada <i>Joint</i> , Balok, Kolom.....	IV-41
Gambar 4.25	Beban P akibat gravitasi (<i>frame</i> elevasi-2)	IV-43
Gambar 4.26	Reaksi Perletakan Akibat Momen Gempa Kiri (<i>frame</i> elevasi-2)	IV-43
Gambar 4.27	Gaya Normal Akibat Gempa Kiri	IV-44
Gambar 4.28	Rekapitulasi Beban Aksial (Pu)	IV-44
Gambar 4.29	Diagram Interaksi sp-Column Lt 1-5.....	IV-48
Gambar 4.30	Hasil Desain Tulangan Kolom Tipe C26, Lantai 1 <i>Frame</i> As-2.....	IV-53
Gambar 4.31	Denah Tipe Tulangan Memanjang D22	IV-55
Gambar 4.32	Pengelompokan Tipe Tulangan Balok.....	IV-55
Gambar 4.33	Penentuan Tipe Tulangan Balok	IV-56
Gambar 4.34	Penentuan Tipe Tulangan Kolom	IV-56
Gambar 4.35	Penentuan Tipe Tulangan Sengkang Kolom	IV-57
Gambar 4.36	Pemodelan Tegangan Regangan.....	IV-58
Gambar 4.37	Pemodelan Sendi Plastis Balok.....	IV-59
Gambar 4.38	Pemodelan Sendi Plastis Kolom	IV-60
Gambar 4.39	Penentuan Load Case Data Gravitasi	IV-61
Gambar 4.40	<i>Pushover Case-X</i> dan <i>Case-Y</i>	IV-62
Gambar 4.41	Prosedur <i>Running</i> Beban Gravitasi dan Beban Lateral	IV-62
Gambar 4.42	Kurva <i>Performance Point</i> Arah-X (Akibat <i>Push-X</i>).....	IV-63
Gambar 4.43	Kurva <i>Performance Point</i> Arah-X (Akibat <i>Push-Y</i>).....	IV-64
Gambar 4.44	Distribusi Sendi Plastis Step-25 Arah-X.....	IV-67
Gambar 4.45	Distribusi Sendi Plastis Step-31 Arah-X.....	IV-68
Gambar 4.46	Distribusi Stabilitas Struktur Step-31 <i>Frame</i> AS-5 Arah-X	IV-68
Gambar 4.47	Distribusi Sendi Plastis Step-10 <i>Frame</i> Elevasi-6 Arah-Y.....	IV-69
Gambar 4.48	Distribusi Sendi Plastis Step-12 <i>Frame</i> Elevasi-6 Arah-Y.....	IV-69
Gambar 4.49	Distribusi Sendi Plastis Step-25 <i>Frame</i> Elevasi-G Arah-Y	IV-70

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Keterkaitan Dengan Penelitian Terdahulu.....	I-4
Tabel 2.1	Estimasi Dimensi Balok Induk.....	II-7
Tabel 2.2	Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah lendutan tidak dihitung	II-7
Tabel 2.3	Klasifikasi Situs.....	II-9
Tabel 2.4	Koefisien Situs, F_a	II-10
Tabel 2.5	Koefisien Situs, F_v	II-10
Tabel 2.6	SDC berdasarkan nilai S_{D1} pada daerah gempa sangat kuat	II-13
Tabel 2.7	SDC berdasarkan nilai S_{DS} pada daerah gempa kecil – kuat	II-13
Tabel 2.8	SDC berdasarkan nilai S_{D1} pada daerah gempa kecil – kuat.....	II-14
Tabel 2.9	Hubungan Kategori desain seismik dan Resiko Kegempaan	II-14
Tabel 2.10	Faktor koefisien modifikasi respon. Faktor kuat lebih sistem, faktor pembesaran defleksi dan batas tinggi sistem struktur	II-14
Tabel 2.11	Fungsi Bangunan dan Factor Kepentingan (I_e)	II-15
Tabel 2.12	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	II-19
Tabel 2.13	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	II-19
Tabel 2.14	Simpangan Antarlantai Ijin, Δ_A	II-24
Tabel 2.15	Persamaan panjang penyaluran untuk masing-masing tipe Tulangan.....	II-37
Tabel 2.16	Tingkat kerusakan struktur akibat terbentuknya sendi plastis dalam program ETABS	II-45
Tabel 4.1	Rekapitulasi Dimensi Struktur	IV-4
Tabel 4.2	Rekap Beban Tambahan	IV-5
Tabel 4.3	Penentuan Nilai Percepatan Spektrum Desain (S_a).....	IV-6
Tabel 4.4	Evaluasi Kualitatif Ketidakberaturan Horizontal.....	IV-8
Tabel 4.5	Evaluasi Kualitatif Ketidakberaturan Vertikal.....	IV-9
Tabel 4.6	Kombinasi Pembebanan.....	IV-12
Tabel 4.7	Faktor Partisipasi Massa.....	IV-19
Tabel 4.8	Nilai Akhir Respon Spektrum dan Statik Ekuivalen Arah (U-S) dan Arah (B-T).....	IV-20
Tabel 4.9	Evaluasi Waktu Getar Bangunan	IV-21
Tabel 4.10	Perhitungan Simpangan Antar Lantai Utara Selatan (U-S)	IV-21
Tabel 4.11	Perhitungan Simpangan Antar Lantai Utara Selatan (B-T).....	IV-22
Tabel 4.12	Evaluasi Efek P-Delta Arah-X	IV-23

Tabel 4.13	Evaluasi Efek P-Delta Arah-Y	IV-23
Tabel 4.14	Evaluasi Ketidakberaturan Torsi Arah U-S.....	IV-24
Tabel 4.15	Evaluasi Ketidakberaturan Torsi Arah B-T.....	IV-24
Tabel 4.16	Evaluasi Ketidakberaturan Sudut Dalam Arah-X	IV-25
Tabel 4.17	Evaluasi Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	IV-26
Tabel 4.18	Tipe-1a (Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak) Arah X.....	IV-27
Tabel 4.19	Tipe-1b (Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan) Arah-Y..	IV-27
Tabel 4.20	Ketidakteraturan Geometri Vertikal.....	IV-28
Tabel 4.21	Evaluasi Ketidakberaturan Gaya Geser Vertikal Tingkat Berlebihan Arah-X	IV-28
Tabel 4.22	Evaluasi Ketidakberaturan Gaya Geser Vertikal Tingkat Berlebihan Arah -Y	IV-28
Tabel 4.23	Evaluasi Ketidakberaturan Gaya Geser Tingkat Berlebihan Arah X	IV-29
Tabel 4.24	Evaluasi Ketidakberaturan Gaya Geser Tingkat Berlebihan Arah Y	IV-29
Tabel 4.25	Mn Balok Tipe B-68, Lantai 1 Frame As-A	IV-32
Tabel 4.26	Desain Prototype Tulangan Memanjang.....	IV-34
Tabel 4.27	Rekapitulasi Tulangan Memanjang Balok.....	IV-34
Tabel 4.28	Evaluasi Pergoyangan Kolom	IV-41
Tabel 4.29	Evaluasi kelangsingan kolom	IV-46
Tabel 4.30	Evaluasi Faktor Pembesaran Momen Kolom Langsing	IV-46
Tabel 4.31	Evaluasi Momen Ujung Kolom	IV-47
Tabel 4.32	Evaluasi Jumlah Tulangan Kolom dengan SpColumn	IV-48
Tabel 4.33	Nilai Momen Nominal Untuk Setiap Kondisi Beban P	IV-49
Tabel 4.34	Mpr dan Ve Dari Setiap Kondisi Beban P	IV-49
Tabel 4.35	Evaluasi Ada Tidaknya Kontribusi Vc.....	IV-49
Tabel 4.36	Gaya Geser Desain Untuk Setiap P.....	IV-50
Tabel 4.37	Tulangan Memanjang dan Geser AS-2 C23	IV-51
Tabel 4.38	Tulangan Memanjang dan Geser AS-2 C26	IV-52
Tabel 4.39	Rekapitulasi Tipe Tulangan Kolom Memanjang dan Geser.....	IV-52
Tabel 4.40	Titik Kinerja (<i>Performance Point</i>)	IV-64
Tabel 4.41	Tingkat Kinerja (<i>Performance Level</i>).....	IV-64
Tabel 4.42	Pola Perpindahan <i>Performance Point</i> Arah-X (Step-11)	IV-65
Tabel 4.43	Pola Perpindahan <i>Performance Point</i> Arah-Y (Step-9)	IV-65
Tabel 4.44	Perpindahan Mencapai <i>Drift Max</i> Arah-X (Step-25)	IV-66
Tabel 4.45	Perpindahan Mencapai <i>Drift Max</i> Arah-Y (Step-25).....	IV-66