

SKRIPSI

**ANALISIS DAN DESAIN KORD PADA DIAFRAGMA
STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG
DENGAN BUKAAN DAN KETIDAKBERATURAN**



**NATALIA LIOE
NPM : 2015410094**

PEMBIMBING : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DESEMBER 2018
SKRIPSI**

**ANALISIS DAN DESAIN KORD PADA DIAFRAGMA
STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG
DENGAN BUKAAN DAN KETIDAKBERATURAN**



**NATALIA LIOE
NPM : 2015410094**

BANDUNG, DESEMBER 2018

PEMBIMBING



Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DESEMBER 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Natalia Lioe

NPM : 2015410094

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Analisis dan Desain Kord pada Diafragma Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Bukaannya dan Ketidakberaturan* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari ini terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Desember 2018



Natalia Lioe

NPM : 2015410094

ANALISIS DAN DESAIN KORD PADA DIAFRAGMA STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN BUKAAN DAN KETIDAKBERATURAN

Natalia Lioe
NPM : 2015410094

Pembimbing : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DESEMBER 2018**

ABSTRAK

Desain dan fungsi bangunan tidak dapat terhindar dari adanya ketidakberaturan dan bukaan pada struktur bangunan. Bagi Indonesia yang rawan terhadap gempa, bangunan harus didesain untuk menahan gaya seismik. Pada umumnya, elemen horizontal penahan gaya seismik adalah diafragma, kord dan kolektor. Peran diafragma sebagai elemen horizontal adalah untuk menghindari adanya defleksi yang tidak seragam pada gedung sesuai dengan sifat diafragma. Studi ini meneliti perilaku diafragma pada struktur gedung beton bertulang 6 lantai berbentuk L yang memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2, dengan variasi posisi dan ukuran bukaan. Diafragma yang ditinjau adalah pada lantai satu, tiga dan lima. Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETABS 2016 dengan menggunakan metode alternatif ASCE7-16. Deformasi pada diafragma dengan bukaan sebesar 21% dari luas lantai mencapai 13 kali lebih besar dibandingkan diafragma dengan bukaan sebesar 2% dari luas lantai walaupun deformasi yang terjadi sangat kecil. Untuk ukuran bukaan yang sama, posisi bukaan pada diafragma bangunan bentuk L yang terletak pada ujung-ujung bangunan menghasilkan momen resultan maksimum terbesar akibat gaya lateral tiap arah dibandingkan pada posisi bukaan lainnya. Momen resultan maksimum akibat gaya lateral pada arah sejajar sisi panjang bukaan, lebih kecil dibandingkan model dengan bukaan yang kecil, sedangkan pada arah tegak lurus sisi panjang bukaan lebih besar.

Kata Kunci: ketidakberaturan, diafragma, kord, bukaan, metode alternatif

ANALYSIS AND DESIGN OF CHORD DIAPHRAGM IN REINFORCED CONCRETE BUILDING STRUCTURES WITH OPENING AND IRREGULARITIES

Natalia Lioe
NPM : 2015410094

Advisor : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
DECEMBER 2018

ABSTRACT

Irregularities and openings are aspects that cannot be dismissed in terms of analyzing a building's design and functionality. Indonesia, being a region that is prone to earthquakes, requires buildings to be able to resist seismic forces. Generally, diaphragms, chords, and collectors are the main elements of buildings in resisting seismic forces. A diaphragm's main function varies according to its type. However fundamentally it acts as a horizontal element to eliminate the possibility of a non-uniform deflection of the building. This research examines the behavior of diaphragms in a six-story, L-shaped reinforced concrete building with a type-2 horizontal irregularity and varying sizes and positions of openings. The diaphragms that are analyzed can be found in story one, three, and five. ETABS 2016 software was used to analyze the building, with an alternative method of ASCE7-16. The deformation in the diaphragm with an opening size of 21% the area of the story is found to be 13 times larger than the deformation found in the diaphragm with an opening size of 2% the area of the area of the story. Given the same opening size, openings of the diaphragms located at the ends of the buildings will result in a larger resultant moment in comparison to other openings, due to the lateral force in each direction. Maximum resultant moment due to lateral force parallel to the longest edge of the opening is found to be larger than models with lateral force perpendicular to the longest edge. Larger openings will also result in a larger maximum resultant moment, compared to smaller openings.

Keyword: irregularities, diaphragm, chord, openings, alternative method

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia, berkat dan anugerah-Nya, yang senantiasa memberikan kesehatan, memberikan akal budi dan logika yang baik sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul *Analisis dan Desain Kord pada Diafragma Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Bukaannya dan Ketidakberaturan*. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis melalui banyak sekali kendala terutama akibat keterbatasan waktu dan pengetahuan, dan dalam proses tersebut penulis mendapatkan banyak sekali bantuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan sangat terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Lioe Tje Lin dan Kasrina Widjaja dan kedua saudari penulis Priscilia Lioe dan Ameilia Lioe yang setia memberikan semangat dan doanya selama penulis mengerjakan skripsi ini;
2. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu dengan penuh kesabaran memberikan pengetahuan memberikan pengarahan, bimbingan ilmu serta memberikan wawasan;
3. Dr. Paulus Karta Wijaya dan Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. selaku dosen penguji;
4. Buen Sian, Ir., M.T. Altho Sagara, S.T., M.T., dan Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T. selaku dosen yang telah memberi saran pada seminar judul dan seminar isi skripsi penulis;
5. Dr. Djoni Simanta, Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc. dan Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen ataupun asisten mata kuliah yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini;
6. Dosen-dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan bagi penulis

7. Yohanes dan Jane yang telah senantiasa menasehati, memberi saran, mendukung, mendoakan, saling mengingatkan dan menghibur penulis dalam proses penulisan skripsi.
8. Teman-teman seperjuangan skripsi yaitu Clarissa, Ivonne, Hanna, dan Vito, Yosua, Yohanes, dan Yunan, atas kebersamaan, dan semangat yang sangat mendukung bagi penulis dalam pengerjaan skripsi;
9. Teman-teman dekat penulis Angeline, Albert, Evan, Ericka, Jane, Jeanly, Regina yang senantiasa menemani dan menghibur penulis dalam proses pengerjaan skripsi;
10. Teman-teman angkatan 2015 Sipil Unpar, serta seluruh anggota dan pengurus Himpunan Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, yang selalu mendukung dan mendoakan seluruh rekan yang sedang menjalankan skripsi.
11. Staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendukung penulis menyediakan sarana dan prasarana selama masa perkuliahan;
12. Semua pihak yang telah membantu, memberi dukungan dan semangatnya untuk penulis selama pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini sama sekali tidak sempurna karena keterbatasan waktu dan pengetahuan penulis, oleh sebab itu, penulis dengan senang hati menerima saran dan kritik membangun agar dapat lebih baik lagi untuk kedepannya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberi manfaat untuk mahasiswa Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Bandung, Desember 2018



Natalia Lioe
NPM : 2015410094

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	v
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1. Latar Belakang	1-1
1.2. Inti Permasalahan	1-3
1.3. Tujuan Penelitian	1-3
1.4. Pembatasan Masalah	1-3
1.5. Metode Penelitian.....	1-7
1.6. Diagram Alir	1-8
1.7. Sistematika Penulisan	1-9
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1. Peraturan Ketahanan Gempa berdasarkan SNI 1726:2012.....	2-1
2.1.1. Gempa Rencana	2-1
2.1.2. Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan.....	2-1
2.1.3. Klasifikasi Situs	2-2
2.1.4. Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan .	2-4
2.1.5. Parameter Percepatan Spektral Desain.....	2-5
2.1.6. Kategori Desain Seismik.....	2-7

2.1.7. Sistem Struktur	2-8
2.1.8. Faktor Redundansi, ρ , untuk kategori desain seismik D sampai F.....	2-9
2.1.9. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen	2-9
2.1.10. Perioda Fundamental Pendekatan.....	2-10
2.2. Peraturan Pembebanan Berdasarkan SNI 1727:2013.....	2-12
2.2.1. Beban Mati	2-12
2.2.2. Beban Hidup	2-12
2.2.3. Beban Gempa	2-12
2.3. Kombinasi Beban	2-12
2.3.1. Kombinasi Untuk Metoda Ultimit.....	2-12
2.3.2. Pengaruh Beban Gempa	2-13
2.4. Peraturan Beton Berdasarkan SNI 2847:2013.....	2-14
2.4.2. Persyaratan Desain Kolom	2-14
2.4.3. Persyaratan Desain Balok.....	2-15
2.5. Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal pada Struktur.....	2-17
2.6. Peningkatan gaya akibat ketidakberaturan untuk kategori desain seismik D hingga F.....	2-23
2.7. Diafragma	2-23
2.7.1. Fungsi Diafragma	2-23
2.7.2. Komponen Diafragma	2-25
2.7.3. Gaya Desain Diafragma (SNI 1726:2012)	2-26
2.7.4. Gaya Desain Diafragma (Alternatif ASCE 7 - 16).....	2-26
2.7.5. Aplikasi Gaya Desain Diafragma	2-29
2.7.6. Detailing Kord	2-29
BAB 3 PERENCANAAN STRUKTUR	3-1
3.1. Data Bangunan	3-1

3.2. Data Material.....	3-1
3.3. Data Pembebanan.....	3-2
3.3.1. Beban Mati	3-2
3.3.2. Beban Hidup	3-2
3.3.3. Beban Gempa	3-3
3.3.4. Kombinasi Pembebanan.....	3-5
3.4. Dimensi Penampang.....	3-6
3.4.1. Dimensi Pelat	3-6
3.4.2. Dimensi Kolom dan Balok.....	3-6
3.5. Pemeriksaan Struktur	3-7
3.5.1. Tinggi dan Massa Struktur.....	3-7
3.5.2. Rasio Partisipasi Modal	3-8
3.5.3. Sumbu Utama Struktur.....	3-13
3.5.4. Pemeriksaan Eksentrisitas	3-14
3.5.5. Pemeriksaan <i>Story Drift</i>	3-16
3.5.6. Faktor Skala Gempa.....	3-17
3.5.7. Pemeriksaan Ketidakberaturan Horizontal	3-18
3.5.8. Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal	3-19
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1. Analisis dan Desain Gaya Diafragma	4-1
4.2. Pemodelan Gaya Desain Diafragma	4-2
4.3. Analisis Momen Resultan Akibat Gaya Diafragma.....	4-9
4.3.1. Analisis Hasil Kontur pada <i>Section Cut</i>	4-9
4.3.2. Analisis Hasil Deformasi Arah Y	4-14
4.3.3. Perbandingan Hasil Momen Maksimum Akibat Gaya Desain Diafragma F_{px}	4-17

4.3.4. Analisis Pengaruh Posisi Bukaannya terhadap Momen Resultan pada sekitar Bukaannya	4-26
4.3.5. Analisis Pengaruh Ukuran Bukaannya terhadap Momen Resultan pada sekitar Bukaannya	4-28
4.4. Desain Penulangan Kord Pada Diafragma	4-30
4.4.1. Desain Kord pada Diafragma	4-30
4.4.2. Desain Geser pada Diafragma	4-32
4.4.3. Perhitungan <i>Confinement</i> pada Diafragma.....	4-34
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1. Kesimpulan.....	5-1
5.2. Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....	xxiv

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_g	=	luas bruto penampang beton
A_T	=	<i>tributary area</i> untuk <i>preliminary design</i> kolom
$A_{s,min}$	=	luas tulangan minimum longitudinal pada balok
A_{sh}	=	luas penampang total tulangan sengkang persegi
A_{st}	=	luas tulangan memanjang
A_x	=	faktor amplifikasi torsi dalam arah X
A_y	=	faktor amplifikasi torsi dalam arah Y
b_c	=	dimensi inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan transversal yang membentuk luas A_{sh}
b_w	=	lebar badan penampang persegi
c	=	panjang sisi kolom
C_d	=	faktor pembesaran defleksi
C_{pi}	=	koefisien percepatan desain diafragma pada 80% dari ketinggian lantai di atas tanah
C_{px}	=	koefisien percepatan desain diafragma di tingkat x
C_s	=	faktor modifikasi respons
C_{s2}	=	koefisien respons seismik pada mode yang lebih tinggi
$C_{t, x}$	=	parameter perioda pendekatan
C_u	=	koefisien untuk batas atas perioda
d	=	jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik
E	=	modulus elastisitas
E_h	=	pengaruh beban gempa horizontal
E_v	=	pengaruh beban gempa vertikal
F	=	beban air
F_a	=	koefisien situs
f_c'	=	kuat tekan beton
fd	=	faktor skala gaya gempa
F_i	=	gaya desain yang diterapkan di tingkat i
F_{px}	=	gaya desain diafragma
F_v	=	koefisien situs

F_y, f_y	=	tegangan leleh material baja
g	=	percepatan gravitasi
Y_c	=	berat isi
H	=	beban tanah
h_i	=	tinggi lantai pada tingkat ke i
h_n	=	ketinggian struktur, di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur
h_x	=	tinggi tingkat pada tingkat x
I_e	=	faktor keutamaan gempa
KDS	=	Kategori Desain Seismik
MCE_R	=	<i>Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake</i>
MEP	=	<i>Mechanical, Electrical, and Plumbing</i>
M_u	=	Momen <i>in-plane</i> pada <i>section-cut</i>
N	=	jumlah tingkat
R	=	koefisien modifikasi respons
R_s	=	faktor reduksi gaya diafragma
Ω_0	=	faktor kuat lebih sistem
S_1	=	parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1 detik
S_a	=	spektrum respons percepatan desain
S_{D1}	=	parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik
S_{DS}	=	parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek
S_{M1}	=	parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik
S_{MS}	=	parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek
S_S	=	parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek
SRPMB	=	Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa
SRPMK	=	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus
SRPMM	=	Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah
T	=	perioda getar fundamental struktur
T_a	=	perioda fundamental pendekatan

T_s, T_0	=	parameter perioda untuk respons spektrum desain elastik
W	=	berat seismik efektif
w_i	=	tributari berat sampai tingkat i
w_{px}	=	tributari berat sampai diafragma di tingkat x (tidak termasuk elemen vertikal kolom dan dinding geser)
V, V_s	=	gaya geser dasar seismik statik
V_c	=	kuat geser beton
V_n	=	kapasitas geser nominal
V_s	=	gaya geser pada tulangan
V_t, V_{dyn}	=	gaya geser dasar seismik dinamik
V_u	=	gaya geser pada diafragma
z_i	=	ketinggian lantai hingga tingkat ke i diukur dari elevasi dasar
z_s	=	faktor bentuk mode
α_f	=	rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar pelat yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel yang di sebelahnya (jika ada) pada setiap sisi balok
α_{fm}	=	nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel
β	=	rasio dimensi panjang terhadap pendek: bentang bersih untuk pelat dua arah
Δ	=	simpangan antar lantai tingkat desain
Δ_a	=	simpangan antar lantai yang diijinkan
$\delta_{avg}, \Delta_{avg}$	=	perpindahan rata-rata tingkat diukur dari posisi awal
$\delta_{max}, \Delta_{max}$	=	perpindahan maksimum tingkat diukur dari posisi awal
ϕ	=	faktor reduksi kekuatan
Ω_0	=	faktor kuat lebih
ρ	=	faktor redundansi
ρ_{beton}	=	massa jenis beton
ρ_t	=	rasio tulangan
Γ_{m1}	=	faktor kontribusi modal pertama
Γ_{m2}	=	faktor kontribusi modal terbesar

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tegangan yang Terjadi pada Lantai Diafragma akibat Gempa	1-1
Gambar 1.2 Peran Diafragma dalam Struktur Bangunan	1-2
Gambar 1.3 Perilaku Kord pada Diafragma	1-2
Gambar 1.4 Denah Tipikal Bangunan	1-4
Gambar 1.5 Model Bangunan Tiga Dimensi.....	1-4
Gambar 1.6 Denah Tipikal Model Bangunan A.....	1-5
Gambar 1.7 Denah Tipikal Model Bangunan B	1-5
Gambar 1.8 Denah Tipikal Model Bangunan C	1-6
Gambar 1.9 Denah Tipikal Model Bangunan D.....	1-6
Gambar 1.10 Denah Tipikal Model Bangunan E	1-6
Gambar 1.11 Denah Tipikal Model Bangunan F	1-7
Gambar 2.1 Spektrum Respons Desain (Gambar 1 SNI 1726:2012).....	2-6
Gambar 2.2 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b (Sumber: FEMA 451B).....	2-18
Gambar 2.3 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal 2 (Sumber: FEMA 451B). 2-19	
Gambar 2.4 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal 3 (Sumber: FEMA 451B). 2-19	
Gambar 2.5 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal 4 (Sumber: FEMA 451B). 2-19	
Gambar 2.6 Ilustrasi Ketidakberaturan Horizontal 5.....	2-20
Gambar 2.7 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal 1a dan 1b	2-21
Gambar 2.8 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal 2.....	2-22
Gambar 2.9 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal 3.....	2-22
Gambar 2.10 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal 4	2-22
Gambar 2.11 Ilustrasi Ketidakberaturan Vertikal 5	2-22
Gambar 2.2 Fungsi Diafragma	2-24
Gambar 2.3 Tekan dan Tarik pada Kord	2-25
Gambar 2.4 Ilustrasi Aplikasi Gaya Desain Diafragma	2-29
Gambar 3.1 Spektrum Respons Desain Elastik	3-4
Gambar 3.2 Hasil Pemeriksaan <i>Story Drift</i> Arah X	3-16
Gambar 3.3 Hasil Pemeriksaan <i>Story Drift</i> Arah Y	3-17
Gambar 4.1 Gaya <i>Joint Load</i> F_{px} Arah X Model A.....	4-3
Gambar 4.2 Gaya <i>Joint Load</i> F_{px} Arah Y Model A.....	4-3

Gambar 4.3 Gaya <i>Joint Load</i> F_{px} Arah X Model B	4-4
Gambar 4.4 Gaya <i>Joint Load</i> F_{py} Arah Y Model B	4-4
Gambar 4.3 Gaya <i>Joint Load</i> F_{px} Arah X Model C	4-5
Gambar 4.6 Gaya <i>Joint Load</i> F_{py} Arah Y Model C	4-5
Gambar 4.7 Gaya <i>Joint Load</i> F_{px} Arah X Model D	4-6
Gambar 4.8 Gaya <i>Joint Load</i> F_{py} Arah Y Model D	4-6
Gambar 4.9 Gaya <i>Joint Load</i> F_{px} Arah X Model E	4-7
Gambar 4.10 Gaya <i>Joint Load</i> F_{py} Arah Y Model E	4-7
Gambar 4.11 Gaya <i>Joint Load</i> F_{px} Arah X Model F.....	4-8
Gambar 4.12 Gaya <i>Joint Load</i> F_{py} Arah Y Model F.....	4-8
Gambar 4.13 Kontur Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai 1 Model A.....	4-9
Gambar 4.14 Kontur Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai 1 Model B	4-9
Gambar 4.15 Kontur Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai 1 Model C	4-10
Gambar 4.16 Kontur Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai 1 Model D.....	4-10
Gambar 4.17 Kontur Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai 1 Model E	4-10
Gambar 4.18 Kontur Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai 1 Model F	4-11
Gambar 4.19 Kontur Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai 1 Model A.....	4-11
Gambar 4.20 Kontur Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai 1 Model B	4-12
Gambar 4.21 Kontur Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai 1 Model C.....	4-12
Gambar 4.22 Kontur Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai 1 Model D.....	4-12
Gambar 4.23 Kontur Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai 1 Model E	4-13
Gambar 4.24 Kontur Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai 1 Model F	4-13
Gambar 4.25 Deformasi Akibat Gaya Lateral Desain Diafragma Arah Y ($E_y + F_{py}$) Model A	4-14
Gambar 4.26 Deformasi Akibat Gaya Lateral Desain Diafragma Arah Y ($E_y + F_{py}$) Model B.....	4-14
Gambar 4.27 Deformasi Akibat Gaya Lateral Desain Diafragma Arah Y Model C	4-15
Gambar 4.28 Deformasi Akibat Gaya Lateral Desain Diafragma Arah Y Model D	4-15
Gambar 4.29 Deformasi Akibat Gaya Lateral Desain Diafragma Arah Y Model E	4-16

Gambar 4.30 Deformasi Akibat Gaya Lateral Desain Diafragma Arah Y Model F	4-16
Gambar 4.31 Ilustrasi Perhitungan Tabel 4.4	4-17
Gambar 4.32 Ilustrasi Posisi Momen Resultan Maksimum Akibat $E_x + F_{px}$	4-18
Gambar 4.33 Ilustrasi Posisi Momen Resultan Maksimum Akibat $E_y + F_{py}$	4-18
Gambar 4.34 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai1.....	4-19
Gambar 4.35 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai3.....	4-19
Gambar 4.36 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_x + F_{px}$ pada Lantai5.....	4-20
Gambar 4.37 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_x + F_{px}$ Keseluruhan.....	4-21
Gambar 4.38 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Terhadap Adanya Perubahan Dimensi Kolom	4-22
Gambar 4.39 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai1.....	4-23
Gambar 4.40 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai3.....	4-23
Gambar 4.41 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_y + F_{py}$ pada Lantai5.....	4-24
Gambar 4.42 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_y + F_{py}$ Keseluruhan.....	4-25
Gambar 4.31 Posisi <i>Section-cut</i> X3.....	4-30
Gambar 4.44 Ilustrasi Tulangan Kord Terpasang	4-32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa (Tabel 1 SNI 1726:2012)	2-1
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa (Tabel 2 SNI 1726:2012)	2-2
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs.....	2-3
Tabel 2.4 Koefisien Situs, F_a	2-4
Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_v	2-5
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (Sumber: Tabel 6 SNI 1726:2012)	2-7
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik (Sumber: Tabel 7 SNI 1726:2012)	2-7
Tabel 2.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	2-8
Tabel 2.9 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	2-11
Tabel 2.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	2-11
Tabel 2.11 Persyaratan Tebal Selimut Minimum.....	2-15
Tabel 2.12 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur	2-17
Tabel 2.13 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur	2-20
Tabel 2.14 Faktor Reduksi untuk Desain Gaya Diafragma, R_s	2-27
Tabel 2.15 Faktor Bentuk Mode, z_s	2-28
Tabel 3.1 Parameter Respons Spektra	3-3
Tabel 3.2 Kombinasi Pembebanan	3-5
Tabel 3.3 Dimensi Kolom	3-6
Tabel 3.4 Dimensi Balok.....	3-6
Tabel 3.5 Massa Struktur.....	3-7
Tabel 3.6 Rasio Partisipasi Modal Model A	3-8
Tabel 3.7 Rasio Partisipasi Modal Model B.....	3-9
Tabel 3.8 Rasio Partisipasi Modal Model C.....	3-10
Tabel 3.9 Rasio Partisipasi Modal Model D	3-11
Tabel 3.10 Rasio Partisipasi Modal Model E.....	3-12
Tabel 3.11 Rasio Partisipasi Modal Model F	3-13
Tabel 3.12 Rasio Partisipasi Modal Model A	3-14
Tabel 3.13 Rasio Partisipasi Modal Model B.....	3-14

Tabel 3.14 Rasio Partisipasi Modal Model C	3-15
Tabel 3.15 Rasio Partisipasi Modal Model D	3-15
Tabel 3.16 Rasio Partisipasi Modal Model E	3-15
Tabel 3.17 Rasio Partisipasi Modal Model F	3-16
Tabel 3.18 Faktor Skala Gempa	3-17
Tabel 3.19 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Horizontal.....	3-19
Tabel 3.20 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal.....	3-20
Tabel 4.1 Gaya Desain Diafragma F_{px}	4-1
Tabel 4.2 Gaya Gempa Desain CQC Arah X	4-2
Tabel 4.3 Gaya Gempa Desain CQC Arah Y	4-2
Tabel 4.4 Hasil Deformasi Relatif	4-17
Tabel 4.5 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_x + F_{px}$	4-18
Tabel 4.6 Perbandingan Momen Resultan Maksimum Akibat $E_y + F_{py}$	4-22
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Momen Sekitar Bukaannya Akibat F_{px} Arah X	4-26
Tabel 4.8 Perbandingan Rasio Rata-rata Selisih Momen Resultan Sekitar Bukaannya Arah X	4-26
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Momen Sekitar Bukaannya Akibat F_{px} Arah Y	4-27
Tabel 4.10 Perbandingan Rasio Rata-rata Selisih Momen Resultan Sekitar Bukaannya Arah X	4-27
Tabel 4.11 Perbandingan Selisih Momen Resultan Terhadap Model A Arah X....	4-28
Tabel 4.12 Perbandingan Rasio Selisih Momen Resultan Sekitar Bukaannya Besar Terhadap Bukaannya Kecil Arah X	4-29
Tabel 4.13 Perbandingan Selisih Momen Resultan Terhadap Model A Arah Y	4-29
Tabel 4.14 Perbandingan Selisih Momen Resultan Sekitar Bukaannya Besar Terhadap Bukaannya Kecil	4-29
Tabel 4.15 Contoh Hasil <i>Section-cut</i> Arah X	4-30
Tabel 4.16 Hasil Desain Tulangan Kord Maksimum Arah Y	4-31
Tabel 4.17 Hasil Desain Tulangan Kord Maksimum Arah X	4-31
Tabel 4.18 Hasil Desain Tulangan Kord Maksimum Arah Y	4-34

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN BEBAN GEMPA DAN STATIK EKIVALEN	L1-1
LAMPIRAN 2 CONTOH PERHITUNGAN FAKTOR SKALA DAN EKSENTRISITAS	L2-1
LAMPIRAN 3 PEMERIKSAAN KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL DAN VERTIKAL	L3-1
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN GAYA DESAIN DIAFRAGMA	L4-1
LAMPIRAN 5 PERBANDINGAN MOMEN RESULTAN HASIL ETABS DENGAN PERHITUNGAN MANUAL	L5-1
LAMPIRAN 6 HASIL <i>SECTION-CUT</i> PADA DIAFRAGMA.....	L6-1

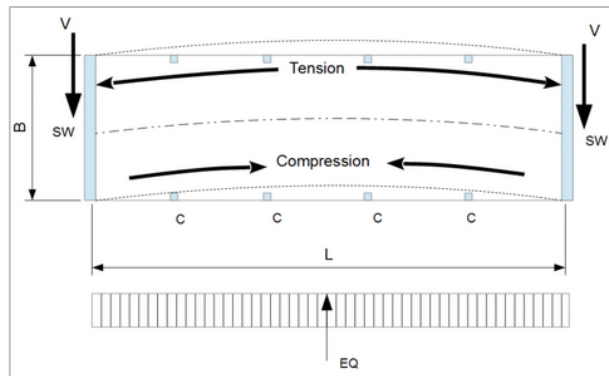
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan desain arsitektur yang semakin bervariasi menyebabkan kemungkinan sebuah struktur mempunyai ketidakberaturan dan salah satunya yaitu ketidakberaturan horizontal. Terlebih lagi dengan adanya kebutuhan bukaan pada lantai gedung untuk berbagai fasilitas seperti lift, tangga, dan eskalator.

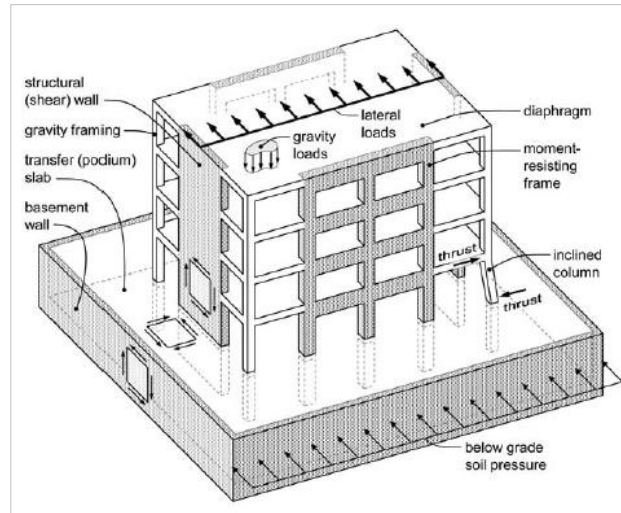
Indonesia memiliki sebagian besar daerah yang rawan mengalami kejadian gempa karena letak geografis yang berada di pertemuan lempeng-lempeng bumi, seperti pulau Sumatera dan Jawa. Gempa yang terjadi pada masa kini tidak hanya merusak struktur bangunan yang tidak direncanakan untuk tahan gempa, tetapi struktur bangunan yang direncanakan tahan gempa pada masa dahulu juga mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil pengamatan para ahli, defleksi yang terjadi pada gedung pada kenyataannya akan bervariasi sesuai dengan sifat diafragma (kaku, semi-kaku, fleksibel).



Gambar 1.1 Tegangan yang Terjadi pada Lantai Diafragma akibat Gempa
(Sumber : Suyono Nt, 2017)

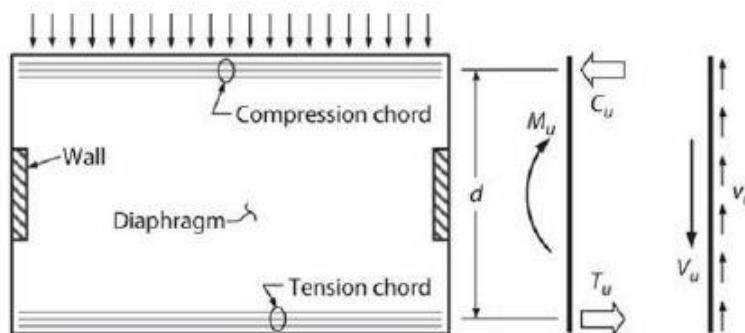
Dengan penjelasan di atas, dapat dilihat bahwa peraturan perancangan gedung tahan gempa dibutuhkan perhitungan gaya diafragma desain. Dengan perkembangan ilmu pengetahuan di dunia yang semakin maju, beberapa peraturan di dunia juga terus diperbaharui. Begitu pula peraturan SNI 1726 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung telah diperbaharui pada tahun 2012 dengan mempertimbangkan desain gaya

diafragma. Dalam peraturan tersebut telah ditetapkan gaya desain diafragma, kord dan kolektor yang merupakan elemen-elemen struktur baru. Dengan adanya perubahan yang sesuai dengan kebutuhan ketahanan gempa di Indonesia tersebut, tentunya pada perancangan diafragma yang dilakukan dengan peraturan sebelumnya, kord dan kolektor tidak diperhitungkan.



Gambar 1.2 Peran Diafragma dalam Struktur Bangunan
(Sumber : NEHRP *Seismic Design Technical Brief No. 3*)

Dalam satu struktur bangunan gedung tahan gempa, elemen-elemen struktur bangunan untuk menahan gaya seismik terdiri dari elemen vertikal, horizontal dan pondasi. Diafragma, kord dan kolektor merupakan elemen-elemen horizontal yang mentransfer gaya lateral dari sistem pelat lantai kepada elemen-elemen vertikal. Kord merupakan elemen pada diafragma untuk menahan gaya tekan dan gaya tarik seperti pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Perilaku Kord pada Diafragma
(Sumber : NEHRP *Seismic Design Technical Brief No. 3*)

Untuk diafragma yang memiliki bukaan, pada praktik secara umumnya, tulangan yang seharusnya pada bukaan ditempatkan di kedua sisi bukaan, tanpa analisis khusus lainnya. Terlebih lagi, dalam beberapa kasus, bagian dari diafragma mengalami tegangan aksial karena perilaku global maupun perilaku lokal pada sekitar bukaan.

Terlepas dari itu, studi mengenai diafragma semakin banyak dilakukan dewasa ini. Desain kord pada diafragma untuk bangunan gedung yang memiliki ketidakberaturan horizontal sudah banyak analisis yang dilakukan, namun dengan adanya bukaan belum banyak dilakukan.

1.2. Inti Permasalahan

Untuk mengetahui perilaku diafragma pada struktur yang memiliki ketidakberaturan horizontal, perlu dilakukan analisis terhadap struktur yang memiliki variasi bukaan. Dengan memperhatikan adanya bukaan, desain diafragma pada umumnya hanya ditempatkan tulangan tambahan pada kedua sisi bukaan, namun belum diatur dengan jelas mengenai diafragma dengan bukaan pada peraturan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian terhadap kebutuhan kord, termasuk penulangan lentur dan geser pada diafragma dengan bukaan.

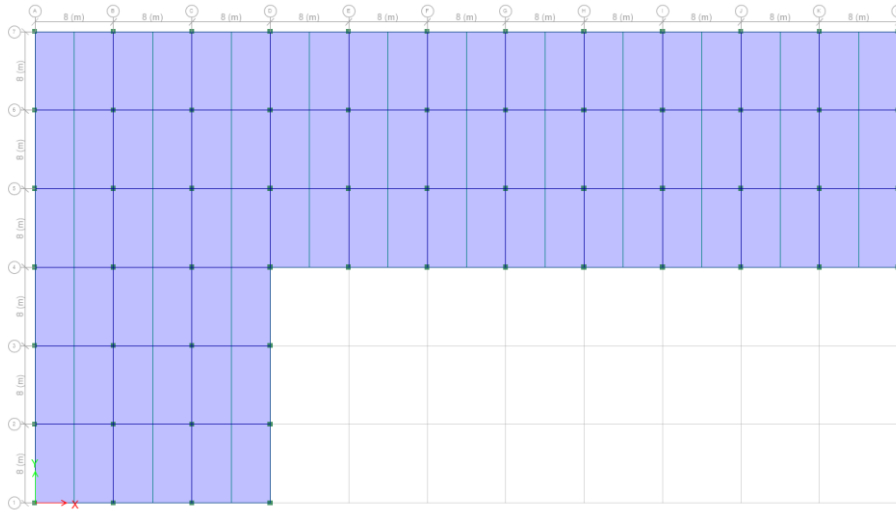
1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan skripsi ini adalah:

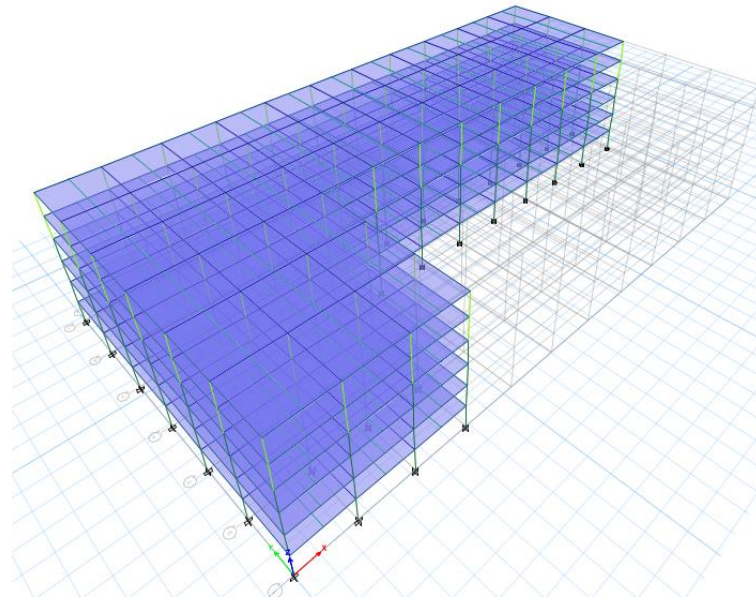
1. Untuk mengevaluasi deformasi dan momen resultan sebidang pada diafragma dengan variasi posisi dan ukuran bukaan pada struktur yang memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2.
2. Mendesain tulangan kord diafragma pada struktur yang menggunakan metode alternatif ASCE7-16.

1.4. Pembatasan Masalah

1. Pemodelan dan analisis menggunakan bantuan peranti lunak ETABS 2016 dengan metode analisis respons spektrum.
2. Pemodelan gedung struktur beton bertulang 3 dimensi dengan jumlah lantai sebanyak 6 dengan ketinggian setiap lantai 3,5 meter dan terdiri dari 6 dan 9 bentang panjang masing-masing 8 meter.



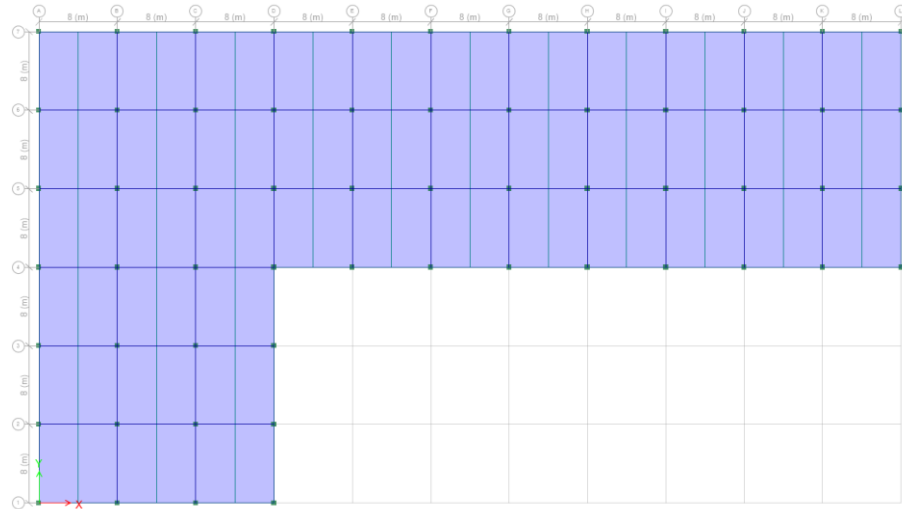
Gambar 1.4 Denah Tipikal Bangunan



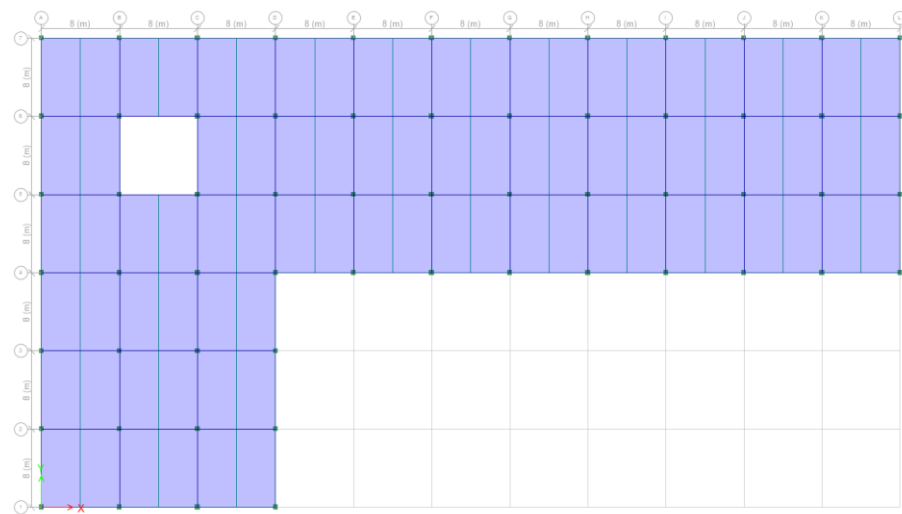
Gambar 1.5 Model Bangunan Tiga Dimensi

3. Fungsi bangunan adalah mall dengan lantai pertama berfungsi sebagai lobi dan koridor, lantai dua dan seterusnya berfungsi sebagai koridor.
4. Lokasi bangunan terletak di kota Bandung dengan situs tanah sedang (SD).
5. Lantai dimodelkan sebagai diafragma semi-kaku.
6. Lantai yang akan ditinjau untuk desain diafragma adalah lantai 1, lantai 3, dan lantai 5.
7. Menggunakan penampang berbentuk persegi untuk kolom dan persegi panjang untuk balok, dengan mutu beton $f_c' = 35$ MPa.

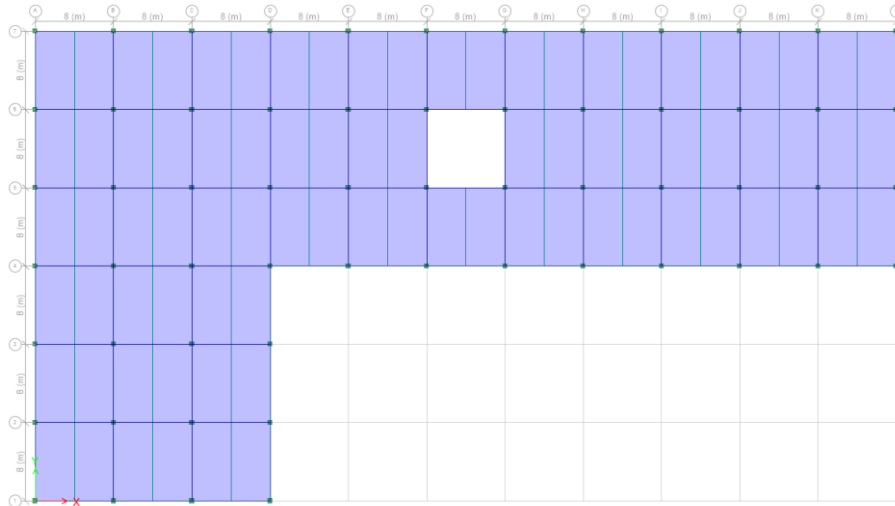
8. Menggunakan tulangan dengan mutu baja $f_y = 420$ MPa.
9. Variasi posisi bukaan berbentuk persegi dengan 8×8 meter dengan lokasi bukaan yang berbeda-beda pada model B, C, D, dan E. Untuk variasi ukuran bukaan yang besar menggunakan 8×72 meter pada model F. Denah model seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



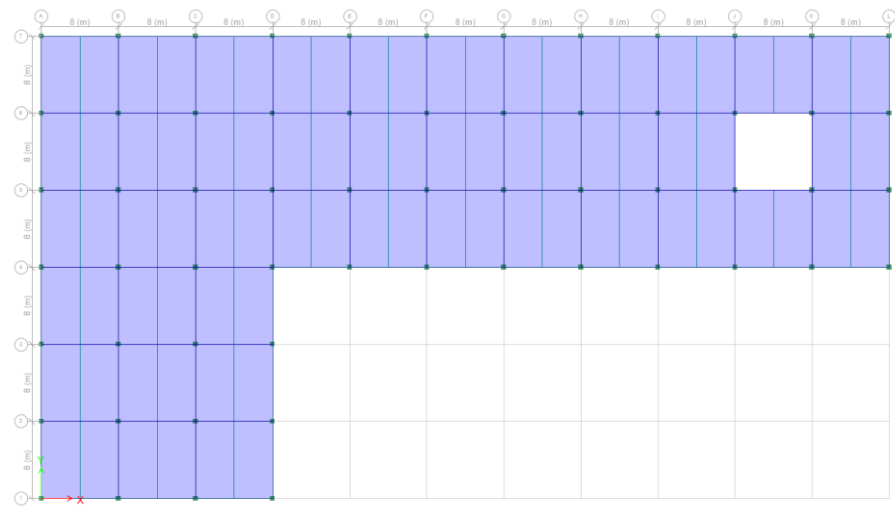
Gambar 1.6 Denah Tipikal Model Bangunan A



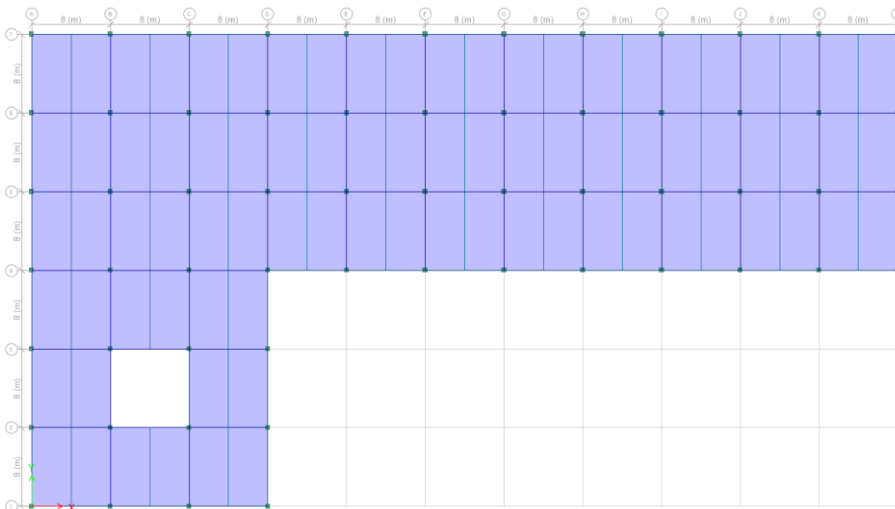
Gambar 1.7 Denah Tipikal Model Bangunan B



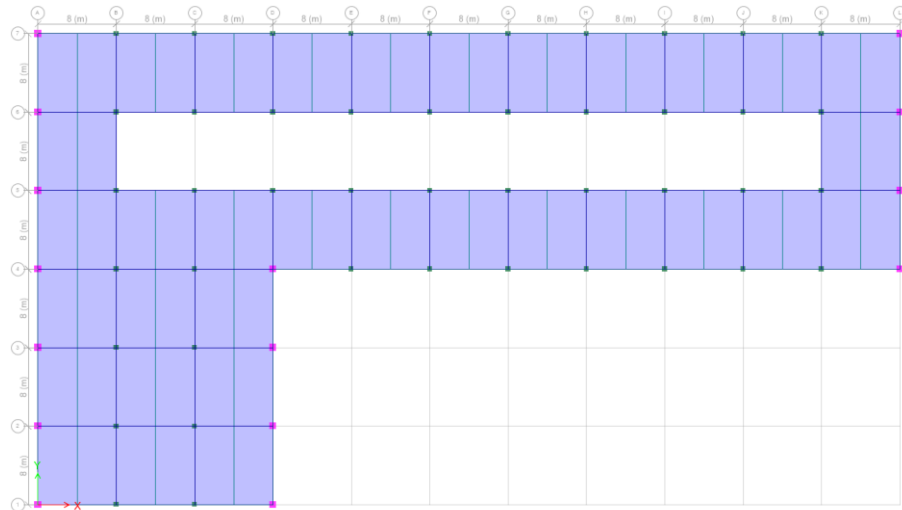
Gambar 1.8 Denah Tipikal Model Bangunan C



Gambar 1.9 Denah Tipikal Model Bangunan D



Gambar 1.10 Denah Tipikal Model Bangunan E



Gambar 1.11 Denah Tipikal Model Bangunan F

10. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah:

- a. SNI 1726:2012. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- b. SNI 2847:2013 (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia
- c. SNI 1727:2013 (2013). *Peraturan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- d. ASCE (2016), *Minimum design loads for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-16)*. American Society of Civil Engineers. Reston, VA. Amerika.

1.5. Metode Penelitian

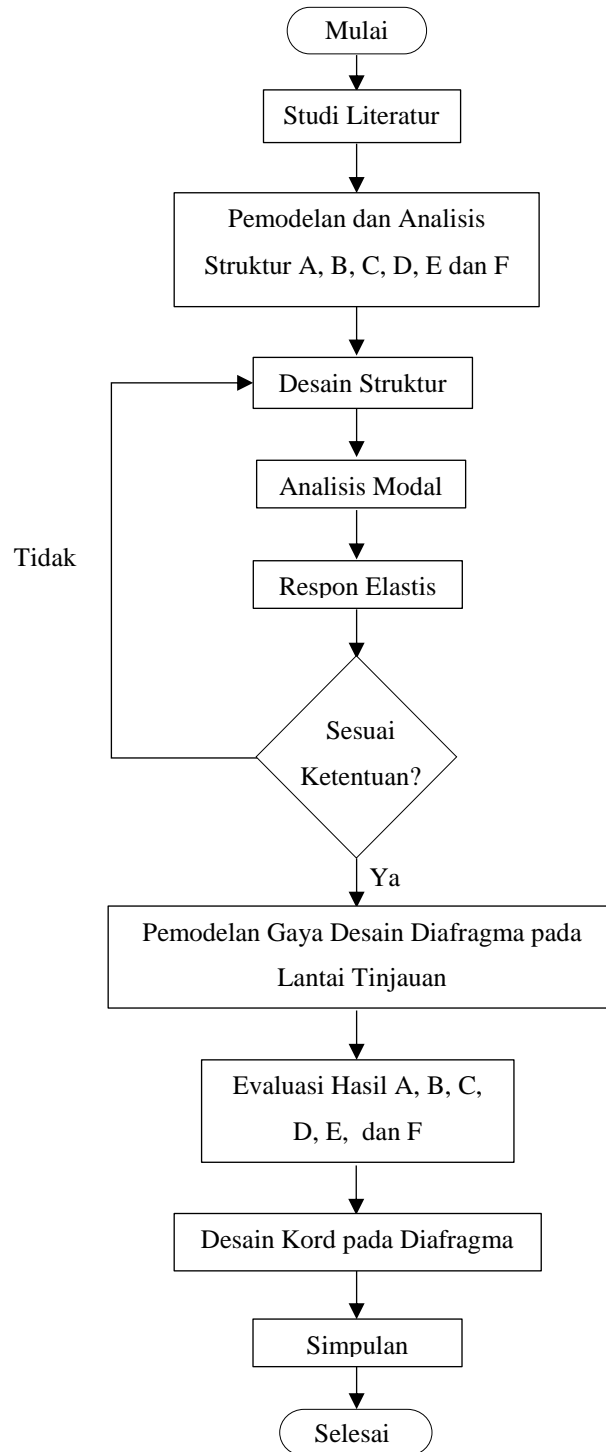
1. Studi Pustaka

Dalam skripsi ini digunakan referensi berdasarkan buku-buku, skripsi, *paper*, dan peraturan-peraturan.

2. Studi Analisis

Bangunan didesain dengan bantuan peranti lunak ETABS 2016.

1.6. Diagram Alir



1.7. Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan skripsi.

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini berisi tentang studi literatur mengenai teori dasar dan peraturan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

BAB 3 PERENCANAAN STRUKTUR

Bab ini berisi tentang perencanaan dan pemodelan struktur rangka beton bertulang menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 2016 dan pemeriksaan syarat struktur bangunan tahan gempa.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil respons struktur dan analisis struktur menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS 2016

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil pembahasan yang telah dilakukan dan juga saran-saran dari hasil pembahasan.