

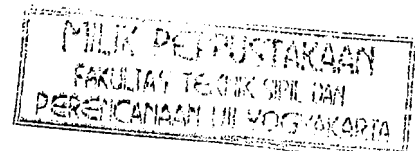
TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI PENGARUH PENGEKANGAN JEPIT DAN JEPIT FLEKSIBEL PADA STRUKTUR 10 LANTAI DENGAN DINDING GESER KOPEL SIMETRIS

The Comparison Study of Fixed Supports and Flexible Supports for a 10-Story Structure with Symetric Coupled Shear Walls



TA
624.176
Wic
S
2000



Disusun oleh:

Nama : Andhi Wicaksono
No. Mhs. : 95 310 149
NIRM : 950051013114120147

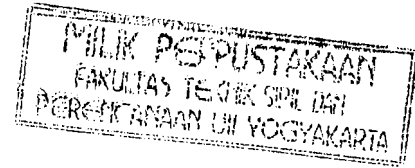
Nama : Dedi Darmawan
No. Mhs. : 95 310 187
NIRM : 950051013114120184

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000**

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI PENGARUH PENGEKANGAN JEPIT DAN JEPIT FLEKSIBEL PADA STRUKTUR 10 LANTAI DENGAN DINDING GESER KOPEL SIMETRIS

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil



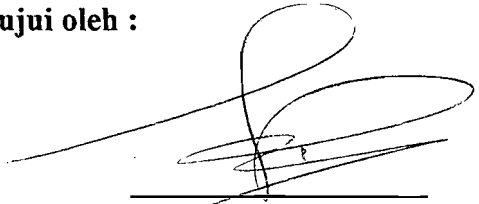
Nama : Andhi Wicaksono
No. Mhs. : 95 310 149
NIRM : 950051013114120147

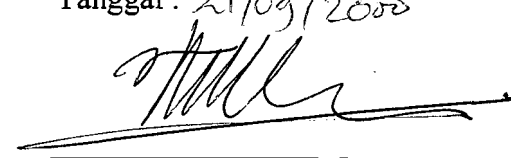
Nama : Dedi Darmawan
No. Mhs. : 95 310 187
NIRM : 950051013114120184

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D.
Dosen Pembimbing I

Ir. Fatkhurrohman N, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 21/09/2000


Tanggal : 17-09-2000

Kupersembahkan Karya sederhana ini kepada

Orang tua (Ibu & Bapak)

Adik Pindo Witoko

Nining Isti Utami

Atas segala doa' dan dorongannya sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini

Kupersembahkan Karya ini kepada

Orang tuaku (Ibu & Bapak)

Mas-Mas dan mbak²-mbak²ku serta adiku Dewi

Atas segala doa', dorongan, kasih sayang dan cintanya selama ini

“... Katakanlah, ”Apakah sama orang yang mengetahui dengan orang yang tidak mengetahui ?” Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.”

QS Az Zumar: 9

“... Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

QS Mujadilah: 11

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmanirrohiim

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa sholawat serta salam kami panjatkan kepada Rosulullah SAW beserta keluarga, sahabat serta pengikutnya sampai akhir jaman.

Tugas Akhir dengan judul “ STUDI KOMPARASI PENGARUH PENGEKANGAN JEPIT DAN JEPIT FLEKSIBEL PADA STRUKTUR 10 LANTAI DENGAN DINDING GESER KOPEL SIMETRIS ” ini diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari sumbangan saran dan pemikiran dari berbagai pihak yang sangat membantu, sehingga penyusun dapat menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penyusunan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Untuk itu dengan penuh rasa hormat, penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,

2. Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I,
4. Ir. Fatkhurrohman N, MT, selaku Dosen Pembimbing II,
5. staf dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
6. kedua orang tua dan saudara-saudara kami yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan, baik moral maupun material dalam penyusunan Tugas Akhir ini, dan
7. teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan ilmu, kemampuan dan pengalaman kami dalam penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penyusun harapkan guna perbaikan dan pengembangan selanjutnya.

Akhir kata, penyusun berharap semoga tulisan ini bermanfaat dan memberikan tambahan ilmu bagi pembaca. Semoga Allah meridhoi kita semua. Amiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullah.Wabarakatuh

Yogyakarta, Agustus 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
INTI SARI	xx
<hr/>	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Definisi Beton Bertulang	6
2.2 Definisi Struktur Dinding Geser	7
2.3 Asumsi Dukungan	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi Tahan Gempa	10
3.1.1 Gaya geser gempa dasar	10
3.1.2 Koefisien gempa dasar	11
3.1.3 Faktor keutamaan gedung	13
3.1.4 Faktor jenis struktur	13
3.1.5 Berat bangunan	13
3.2 Pengaruh Deformasi Tanah	14
3.3 Jenis-jenis Simpangan	15
3.4 Gaya Dalam Rencana Balok Penghubung Dinding Geser	17
3.5 Perencanaan Dinding Geser Kopel	19
3.5.1 Stabilitas dinding geser	19
3.5.2 Perencanaan lentur dinding geser	21
3.5.3 Perencanaan geser dinding geser	23
3.6 Hipotesis	26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	27
4.1 Tempat Penelitian	27
4.2 Data Yang Diperlukan	27

4.3 Model Struktur	29
4.4 Model Tanah	30
4.5 Tahapan Analisa.....	31
BAB V ANALISIS	37
5.1 Data Analisis	37
5.1.1 Denah struktur.....	37
5.1.2 Asumsi yang digunakan	37
5.1.3 Ukuran dinding geser	38
5.1.4 Parameter bahan.....	38
5.2 Perhitungan Pembebanan Struktur.....	39
5.2.1 Beban gravitasi pada balok	39
5.2.2 Perhitungan beban gravitasi portal ekuivalen	41
5.2.3 Perhitungan gaya geser dasar total akibat gempa	43
5.3 Kontrol Terhadap Waktu Getar Alami Struktur.....	47
5.4 Gaya-gaya Dalam Balok Penghubung.....	50
5.4.1 Momen rencana balok penghubung	50
5.4.2 Gaya geser rencana balok penghubung	58
5.5 Gaya-gaya Dalam Rencana Dinding Geser.....	66
5.5.1 Momen rencana dinding geser	66
5.5.2 Aksial rencana dinding geser	70
5.5.3 Gaya geser rencana dinding geser	73
5.5.4 Desain dinding geser	74

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	83
6.1 Umum.....	83
6.2 Gaya Geser Dasar.....	84
6.3 Simpangan Struktur	84
6.3.1 Simpangan absolut	84
6.3.2 Simpangan relatif.....	86
6.3.3 Simpangan antar tingkat.....	87
6.4 Gaya-gaya Dalam Balok Penghubung.....	89
6.4.1 Momen rencana balok penghubung.....	89
6.4.2 Gaya geser rencana balok penghubung.....	90
6.5 Gaya-gaya Dalam Dinding Geser Kopel.....	92
6.5.1 Momen rencana dinding geser	92
6.5.2 Gaya aksial rencana dinding geser.....	93
6.5.3 Gaya geser rencana dinding geser	95
6.6 Tulangan Dinding Geser	96
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	98
7.1 Kesimpulan	98
7.2 Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN	103

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 3.1 Koefisien β_x , β_z , dan β_θ untuk pondasi persegi.....	13
2. Gambar 3.2 Deformasi Struktur.....	15
3. Gambar 3.3 Model struktur dengan jenis-jenis simpangan	17
4. Gambar 3.4 Gaya geser rencana balok.....	18
5. Gambar 3.5 Bidang momen dinding geser akibat beban gempa	22
6. Gambar 3.6 Gaya geser dinding geser akibat beban gempa	24
7. Gambar 4.1 Denah Bangunan.	29
8. Gambar 4.2 Struktur dinding geser kopel dimodel sebagai portal ekivalen	30
9. Gambar 4.3 Bagan alir tahapan analisis penelitian.....	33
10. Gambar 4.4 Bagan alir perencanaan struktur dinding geser	34
11. Gambar 5.1 Dimensi dinding geser.....	38
12. Gambar 5.2 Perhitungan beban merata ekivalen	41
13. Gambar 5.3 Dinding geser sebagai portal ekivalen	42
14. Gambar 5.4 Analisa balok bertulangan rangkap.....	58
15. Gambar 5.5 Asumsi penampang balok persegi dan tulangan terpasang.....	60
16. Gambar 5.6 Asumsi penampang balok T dan tulangan terpasang.....	62
17. Gambar 5.7 Gaya geser pada penampang balok	65
18. Gambar 5.8 Momen rencana terpakai struktur dinding geser.....	69
19. Gambar 5.9 Gaya geser rencana terpakai struktur dinding geser	73

19. Gambar 5.10 Penempatan tulangan pada dinding geser	79
20. Gambar 6.1 Grafik simpangan absolut lawan lantai struktur	85
21. Gambar 6.2 Grafik simpangan relatif lawan lantai struktur	87
22. Gambar 6.3 Grafik simpangan antar tingkat lawan tingkat struktur	88
23. Gambar 6.4 Grafik perbandingan momen rencana balok tiap tingkat.....	90
24. Gambar 6.5 Grafik perbandingan gaya geser rencana balok penghubung .	91
25. Gambar 6.6 Grafik Perbandingan momen dinding geser tiap tingkat	93
26. Gambar 6.7 Grafik Perbandingan gaya aksial rencana dinding geser	94
27. Gambar 6.8 Grafik Perbandingan gaya geser dinding tiap tingkat struktur	96
28. Gambar L 1 Portal ekivalen struktur dengan dukungan jepit.....	121
29. Gambar L 2 Portal ekivalen struktur dengan dukungan jepit fleksibel.....	121

DAFTAR TABEL

1. Tabel 5.1.a Distribusi gaya geser horisontal struktur dengan dukungan jepit	46
2. Tabel 5.1.b Distribusi gaya geser horisontal struktur dengan dukungan jepit fleksibel.....	47
3. Tabel 5.2.a Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dengan dukungan jepit.....	48
4. Tabel 5.2.b Distribusi gaya geser horisontal koreksi dengan dukungan jepit.....	49
5. Tabel 5.3.a Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dengan dukungan jepit fleksibel.....	49
6. Tabel 5.3.b Distribusi gaya geser horisontal koreksi dengan dukungan jepit fleksibel.....	50
7. Tabel 5.4.a Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit lantai 1 sampai lantai 5	51
8. Tabel 5.4.b Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit lantai 6 sampai lantai 10	52
9. Tabel 5.4.c Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel lantai 1 sampai lantai 5.....	53

10. Tabel 5.4.d Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel lantai 6 sampai lantai 10.....	54
11. Tabel 5.5.a Luas tulangan tumpuan perlu pada balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit.....	56
12. Tabel 5.5.b Luas tulangan tumpuan perlu pada balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel.....	56
13. Tabel 5.6.a Tulangan dan momen nominal aktual balok penghubung dinding geser tinjauan jepit	63
14. Tabel 5.6.b Tulangan dan momen nominal aktual balok penghubung dinding geser tinjauan jepit fleksibel	63
15. Tabel 5.7.a Gaya geser rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit	64
16. Tabel 5.7.b Gaya geser rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel	64
17. Tabel 5.8.a Penulangan geser balok penghubung dinding geser tinjauan jepit.....	66
18. Tabel 5.8.b Penulangan geser balok penghubung dinding geser tinjauan jepit feksibel.....	66
19. Tabel 5.9.a Momen rencana struktur dinding geser dengan dukungan jepit.....	67
20. Tabel 5.9.b Momen rencana struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel.....	68
21. Tabel 5.10 Momen rencana struktur dinding geser yang digunakan dalam perencanaan.....	69

22. Tabel 5.11.a Aksial rencana dinding geser dengan dukungan jepit.....	71
23. Tabel 5.11.b Aksial rencana dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel	71
24. Tabel 5.12 Gaya geser rencana dinding geser	74
25. Tabel 5.13 Perhitungan tulangan lentur dinding geser untuk tiap tinjauan dukungan.....	80
26. Tabel 5.14 Perhitungan tulangan geser dinding geser tinjauan dukungan jepit	81
27. Tabel 5.15 Perhitungan tulangan geser dinding geser tinjauan dukungan jepit fleksibel.....	82
28. Tabel 6.1 Simpangan absolut untuk berbagai macam tinjauan.....	84
29. Tabel 6.2 Simpangan relatif untuk berbagai macam tinjauan.....	86
30. Tabel 6.3 Simpangan Antar tingkat untuk berbagai macam tinjauan	88
31. Tabel 6.4 Momen rencana balok penghubung	89
32. Tabel 6.5 Gaya geser rencana balok penghubung pada berbagai macam tinjauan.....	91
33. Tabel 6.6 Momen maksimum dinding geser pada kedua tinjauan.....	92
34. Tabel 6.7 Gaya aksial rencana dinding geser kopel	94
35. Tabel 6.8 Gaya geser rencana dinding geser kopel	95
36. Tabel 6.9 Rekapitulasi penulangan dinding geser pada kedua tinjauan dukungan.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

1. **Lampiran 1** *Input* Analisis Struktur Dinding Geser Kopel Simetris dengan Dukungan Jepit 103
 2. **Lampiran 2** *Output* Analisis Struktur Dinding Geser Kopel Simetris dengan Dukungan Jepit 104
 3. **Lampiran 3** *Input* Analisis Struktur Dinding Geser Kopel Simetris dengan Dukungan Jepit Fleksibel 112
 4. **Lampiran 4** *Output* Analisis Struktur Dinding Geser Kopel Simetris dengan Dukungan Jepit fleksibel 113
 5. **Lampiran 5** Gambar portal ekuivalen dari analisis struktur 121
-

DAFTAR NOTASI

A_v : luas tulangan geser horisontal

B : lebar bangunan

b_c : ketebalan dinding geser kritis

C : koefisien gempa dasar

E : modulus elastisitas tanah

F : gaya

G : modulus geser tanah

H_n : tinggi struktur permukaan yang dikekang

\hat{h} : tinggi efektif struktur

h_s : tinggi tingkat pertama

h_w : tinggi bangunan total

I : faktor keutamaan gedung

K : faktor jenis gedung

k : kekakuan struktur

k_x : kekakuan horizontal dukungan

k_θ : kekakuan rotasi dukungan

l_n : panjang bentang bersih balok

$M_{D,b}$: momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor

$M_{D,w}$: momen lentur dinding akibat beban mati

- $M_{E,b}$: momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor
- $M_{E,w}$: momen lentur dinding akibat beban gempa
- $M_{LR,b}$: momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya
- $M_{L,w}$: momen lentur dinding akibat beban hidup dengan memperhitungkan reduksinya
- $M_{nak,b}$: momen nominal aktual pada ujung balok
- $M'_{nak,b}$: momen nominal aktual pada ujung balok lainnya
- M_u : momen rencana terfaktor
- N_u : gaya aksial terfaktor
- S_2 : jarak vertikal antara tulangan horisontal
- \check{T} : waktu getar alami struktur
- T : periode getar alami pada struktur yang terkekang
- u : deformasi horisontal struktur maksimum
- u_o : deformasi lateral
- u_H : deformasi horisontal akibat tanah
- u_ϕ : deformasi akibat rotasi pondasi
- ν : *poisson's ratio*
- $V_{D,b}$: gaya geser akibat beban mati
- V_E : gaya geser akibat gempa tak berfaktor pada penampang dasar
- $V_{E,b}$: gaya geser akibat beban gempa
- V_g : geser akibat beban gravitasi
- $V_{L,b}$: gaya geser akibat beban hidup dengan memperhitungkan reduksinya

- V_n : kuat geser horisontal
 V_u : gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau
 W_t : berat total struktur
 \hat{W} : berat efektif struktur
 y_g : simpangan akibat tanah
 y_i : simpangan relatif lantai i
 y_t : simpangan absolut
 Δy : simpangan antar tingkat
 β_θ, β_x : koefisien dari rasio B/L
 ϕ_o : faktor penambahan kekuatan
 $\mu\phi$: perbandingan rasio daktilitas
 ω_N : faktor pembesaran dinamik

INTI SARI

Beban-beban yang bekerja (mati, hidup, dan gempa) pada struktur pada akhirnya akan disalurkan kedalam tanah. Untuk tujuan penyederhanaan, kelompok kolom pada satu dukungan umumnya dianggap dijepit secara kaku oleh tanah dasar. Model yang demikian menjadikan analisis lebih sederhana, karena gaya-gaya dalam yang bekerja pada ujung bawah kolom semuanya dianggap ditahan secara sempurna pada jepitan tanah. Namun demikian anggapan tersebut tidaklah tepat. Tanah umumnya bukanlah material yang dapat menjepit secara kaku kolom struktur bangunan, sehingga analisis struktur harus memperhitungkan pengaruh deformasi tanah.

Dalam penelitian ini telah dihitung seberapa besar perbedaan simpangan dan gaya-gaya dalam pada struktur 10 lantai dengan dinding geser kopel simetris dua tinjauan pengekangan, yaitu jepit dan jepit fleksibel (akibat adanya deformasi tanah).

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, sesuai dengan hipotesis awal, yaitu simpangan yang terjadi pada struktur dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel lebih besar dibanding struktur dengan dukungan jepit untuk semua jenis simpangan (absolut, relatif dan antar tingkat). Gaya-gaya dalam (momen, aksial, dan gaya geser) yang terjadi pada struktur dengan dukungan jepit fleksibel lebih kecil dibanding struktur dengan dukungan jepit. Hal ini disebabkan bahwa struktur dengan dukungan jepit fleksibel (terjadi deformasi tanah) tanah bukanlah suatu material yang kaku tetapi memiliki fleksibilitas.

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang uraian latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan tugas akhir yang akan dijelaskan sebagai berikut ini.

1.1 Latar Belakang Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam mendirikan bangunan adalah keterbatasan dan mahalnya lahan, bentuk pemecahan yang dapat dilakukan adalah dengan membangun gedung-gedung bertingkat banyak. Hal ini mengakibatkan pembangunan gedung bertingkat semakin berkembang khususnya dikota-kota besar yang memiliki keterbatasan akan lahan.

Gedung bertingkat tinggi sangat terpengaruh oleh gaya-gaya lateral akibat gempa bumi. Indonesia terletak pada jalur gempa dunia dan berada diantara empat sistem tektonik yang aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo Australia, lempeng Philipina, dan lempeng Pasifik. Oleh karena itu gaya gempa sangat berpengaruh pada perencanaan gedung bertingkat banyak di Indonesia.

Salah satu elemen struktur yang umum dipakai untuk menahan gaya horisontal dalam struktur gedung bertingkat banyak dengan konstruksi beton bertulang adalah struktur dinding geser (*shear wall*). Pemberian dinding geser

pada bangunan akan mengurangi defleksi lateral pada bagian struktur vertikal, menjamin tidak berpindahya sendi plastis yang direncanakan pada struktur sebelum runtuh dan melindungi komponen non struktur (Dowrick, 1987 : 302).

Beban-beban yang bekerja pada struktur pada akhirnya akan disalurkan kedalam tanah. Untuk tujuan penyederhanaan kolom bangunan umumnya dianggap dijepit secara kaku oleh tanah dasar. Model analisis yang dipakai menjadi lebih sederhana karena gaya-gaya dalam yang bekerja pada ujung bawah kolom semuanya dianggap ditahan secara sempurna pada jepitan tanah. Namun demikian anggapan tersebut tidaklah tepat. Tanah umumnya bukanlah material yang dapat menjepit secara kaku kolom struktur bangunan, sehingga analisis struktur harus memperhitungkan pengaruh tanah sebab tanah bersifat fleksibel yang akan mengakibatkan rotasi dan translasi pada pondasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada peneliti merumuskan masalah yaitu seberapa besar perbandingan simpangan dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur dinding geser pada dua kondisi pengekangan, yakni jepit dan jepit fleksibel akibat deformasi tanah yang menyebabkan rotasi dan translasi pondasi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah :

1. model struktur adalah struktur beton bertulang 10 lantai,
2. struktur dinding geser kopel simetris dari dasar sampai puncak bangunan,

3. struktur dinding geser kopel ditinjau pada dukungan jepit dan jepit fleksibel (anggapan terjadi rotasi dan translasi pondasi),
4. bangunan berada di wilayah gempa Indonesia III, pada kondisi tanah lunak,
5. pusat kekakuan struktur dianggap berhimpitan dengan pusat masa (struktur simetris),
6. analisis struktur menggunakan program bantu *SAP90 version 5.20* (Wahana Komputer, 1998),
7. beban yang berkerja adalah beban mati (W_D), beban hidup (W_L), dan beban gempa (W_G), dan
8. analisis beban gempa menggunakan analisa beban statik ekuivalen (LPMB, 1983).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah membandingkan simpangan dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur dinding geser kopel dengan tinjauan dukungan jepit penuh dan jepit fleksibel pada struktur beton bertulang 10 lantai, sehingga dapat dipakai sebagai acuan untuk desain struktur dinding geser kopel.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah pengaruh rotasi dan translasi pondasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

simpangan dan gaya-gaya dalam yang terjadi, sehingga hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam perencanaan bangunan tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran lengkap tentang penelitian yang dilakukan, maka sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang uraian tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang keterangan-keterangan yang didapat dalam pustaka yang disajikan dengan sistematis, mengenai masalah-masalah yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III : LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori yang akan dijadikan landasan sebagai tuntunan dalam memecahkan masalah dalam penelitian ini.

BAB IV : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan.

BAB V : ANALISIS

Bab ini berisi tentang perhitungan dengan menggunakan rumus matematika yang menjadi jawaban atas permasalahan penelitian dan hasil perhitungannya disajikan dalam bentuk tabel.

BAB VI : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari analisis yang disajikan dalam bentuk tabel dan gambar.

BAB VII : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang merupakan pernyataan singkat dan tepat beserta saran-saran yang dapat diajukan, dengan didasari adanya berbagai kenyataan dari hasil penelitian.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang uraian-uraian keterangan yang didapat dalam pustaka yang disajikan dengan sistematis, mengenai masalah-masalah yang berkaitan dengan struktur dinding geser. Kajian pustaka pada penelitian ini menguraikan definisi beton bertulang, dan definisi dinding geser sebagai berikut ini.

2.1 Definisi Beton Bertulang

Menurut SK-SNI-T-15-1991-03 (Yayasan LPMB, 1991), beton bertulang adalah beton yang terdiri dari beton dan baja, dimana jumlah dan luas tulangan baja tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Beton ditujukan untuk menahan tekan dan baja tulangan ditujukan untuk menahan tarik, sedangkan kuat tarik beton diabaikan. Kekuatan geser dapat terdiri dari beton dan baja tulangan atau baja tulangan saja. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa direncanakan agar terjadi sendi plastis pada daerah tertentu agar terjadi pemancaran energi. Pada daerah yang memungkinkan terjadi sendi plastis, maka kuat geser beton diabaikan dan hanya baja tulangan saja yang diperhitungkan untuk menahan geser.

2.2 Definisi Struktur Dinding Geser

Menurut SK-SNI-T-15-1991-03 (Yayasan LPMB, 1991), dinding geser adalah komponen struktur yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya lateral.

Tujuan utama adanya dinding geser pada hakekatnya adalah untuk mengendalikan simpangan antar tingkat yang cukup besar yang umumnya terjadi pada tingkat-tingkat bawah struktur portal terbuka.

Struktur dinding geser kopel adalah dua atau lebih struktur dinding yang dihubungkan oleh *coupling beam* atau balok kopel. Balok kopel ini seringkali juga terbentuk oleh adanya struktur dinding dengan lubang-lubang sehingga terbentuklah dua atau lebih dinding geser. Paulay dan Priestley (1992) mengatakan bahwa suatu system struktur sekaligus kemampuan desipasi energi yang baik akan tercapai apabila lubang-lubang tersebut tertata secara teratur sehingga terbentuklah *coupled walls* dengan balok-balok penghubung yang secara keseluruhan akan berperilaku *strong columns and weak beams*.

Balok-balok penghubung (*coupling beams*) secara teoritis akan menjadi balok yang relatif pendek, tipis dan tinggi (*deep beams*). Balok semacam ini akan berpotensi rusak terhadap bahaya geser. Hal ini terjadi karena sewaktu dinding melentur akibat gaya horizontal, pada ujung-ujung balok akan timbul momen yang cukup besar. Karena bentang balok relatif pendek maka gaya geser yang terjadi pada masing-masing ujung balok akan sangat besar. Gaya geser yang besar inilah yang sangat potensial menyebabkan rusak geser pada balok penghubung.

Penelitian Haryono dan Husnadi (1995) tentang “Studi Komparatif Pemakaian Struktur dinding geser pada Gedung Hotel Melia Purasani Yogyakarta” membahas tentang keuntungan dan kerugian pemakaian dinding geser kopel pada struktur bertingkat banyak ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan dan simpangan horizontal. Tinjauan penelitian ini portal lintang tanpa dinding geser dan portal lintang dengan dinding geser kopel. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah kekakuan tingkat dari struktur yang menggunakan dinding geser jauh lebih besar sehingga daya tahan struktur terhadap gaya horizontal juga semakin besar. Program analisis struktur yang digunakan adalah *mikrofeap*.

Penelitian Syafrudin dan Iryawan (1999), menganalisis mengenai perencanaan penulangan struktur dinding geser dengan program bantu *SAP90 2D*, serta efektifitas dinding geser dalam menahan beban gempa dengan beban gempa berupa beban statik ekuivalen. Hasil yang didapat adalah dalam perancangan dinding geser, rasio antara tinggi dan lebar dari dinding geser mempunyai aspek rasio yang lebih kecil sehingga dinding geser mempunyai kekakuan yang lebih dan perilaku dari dinding geser lebih didominasi geser.

Dalam perencanaan tampang struktur dinding geser juga harus memperhatikan kestabilan, untuk itu anggapan sebagai kolom adalah yang terbaik (Penelis dan Kappos, 1997:361).

Perancangan memerlukan data gaya aksial, momen dan gaya geser untuk menentukan dimensi dan tulangan lentur. Selain itu harus diperhatikan daktilitas dan kekakuan geser yang lebih besar dari kekuatan lentur untuk memperkecil kemungkinan kegagalan akibat geser (Dowrick, 1987:303).

Struktur dinding geser pada umumnya mempunyai kekuatan yang cukup besar sehingga dapat menahan beban horisontal yang cukup. Kadang-kadang direncanakan seluruh beban horisontal dibebankan pada struktur dinding geser, ada juga suatu bangunan yang sebagian gaya horisontalnya akan ditahan oleh struktur dinding geser (Widodo, 1995).

2.3 Asumsi Dukungan

Perletakan jepit adalah perletakan yang dapat meneruskan segala macam gaya yakni, gaya tekan, gaya tarik, dan momen (Wahana Komputer, 1998: 11). Perletakan jepit penuh tidak memungkinkan terjadi rotasi (Gideon, 1993).

Perletakan jepit fleksibel adalah suatu perletakan yang hanya dapat meneruskan sebagian gaya (gaya tekan, gaya tarik, momen) dan memungkinkan tumpuan ini dapat sedikit berotasi (Gideon, 1993).

BAB III

LANDASAN TEORI

Landasan teori adalah teori untuk pemecahan masalah yang bersifat kualitatif dan kuantitatif, misalnya persamaan matematika, rumus, bagan alir, yang terhimpun dalam sebuah metode untuk pemecahan masalah. Bab ini berisi tentang struktur bangunan bertingkat tinggi tahan gempa, pengaruh deformasi tanah, dan simpangan serta gaya-gaya dalam pada struktur dinding geser dari penelitian yang akan dijelaskan dibawah ini.

3.1 Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi Tahan Gempa

Beban gempa umumnya terjadi pada jenis struktur bangunan bertingkat banyak dan mempunyai balok yang relatif pendek. Pada bentang balok tersebut, momem balok dan kolom akibat dominasi beban gempa adalah yang sangat berpengaruh. Karena itu beban gempa merupakan salah satu beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan, karena beban gempa tersebut dapat menimbulkan kerusakan struktur terutama pada bangunan tinggi yang berada di wilayah rawan gempa.

3.1.1 Gaya geser gempa dasar (V)

Gaya geser dasar adalah gaya geser yang bekerja pada dasar bangunan yang besarnya ditentukan oleh persamaan berikut,

$$V = C.I.K.W_t \quad (3.1)$$

dengan : C = koefisien gempa dasar,

I = faktor keutamaan gedung,

K = faktor jenis gedung, dan

W_t = berat total struktur.

3.1.2 Koefisien gempa dasar (C)

Koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu memikul beban gempa yang menyebabkan kerusakan pada struktur. Koefisien C tergantung pada frekwensi terjadinya gerakan tanah yang berbeda-beda pada tiap wilayah gempa, waktu getar alami struktur, dan kondisi tanah setempat.

Koefisien gempa dasar dapat ditentukan sesuai dengan wilayah gempa dimana bangunan berada, dengan memakai waktu getar alami struktur. Untuk struktur “ *Frame Wall* “, rumus pendekatan untuk mencari waktu getar alami struktur dengan dukungan jepit sempurna (terkekang penuh) yakni,

$$T = \frac{0,09.H_n}{\sqrt{B}} \quad (3.2)$$

dengan : T = waktu getar alami struktur,

H_n = Tinggi struktur permukaan yang dikekang, dan

B = lebar bangunan.

Menurut Wolf (1985) yang dikemukakan oleh Dowrick (1987), periode getar efektif struktur dengan memperhitungkan pengaruh tanah dukungan (\hat{T}) adalah

$$\hat{T} = T \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{k}{k_x} \cdot \left(1 + \frac{k_x \cdot \hat{h}^2}{k_\theta}\right)\right)} \quad (3.3)$$

dengan :
$$k = \frac{4.\pi^2.\hat{W}}{g.T^2} \quad (3.4)$$

$$k_{\theta} = \frac{G.\beta_{\theta}.B.L^2}{1-\nu} \quad (3.5)$$

$$k_x = 2.G.(1+\nu).\beta_x.\sqrt{B.L} \quad (3.6)$$

$$G = \frac{E}{\{2.(1+\nu)\}} \quad (3.7)$$

dimana : T = periode getar alami pada struktur yang terkekang,

k = kekakuan struktur ketika dukungan terkekang,

k_x = kekakuan horizontal dukungan,

k_{θ} = kekakuan rotasi dukungan,

\hat{h} = tinggi efektif struktur ($0.7 \times h$),

\hat{W} = berat efektif struktur ($0.7 \times W$),

G = modulus geser tanah,

E = modulus elastisitas tanah,

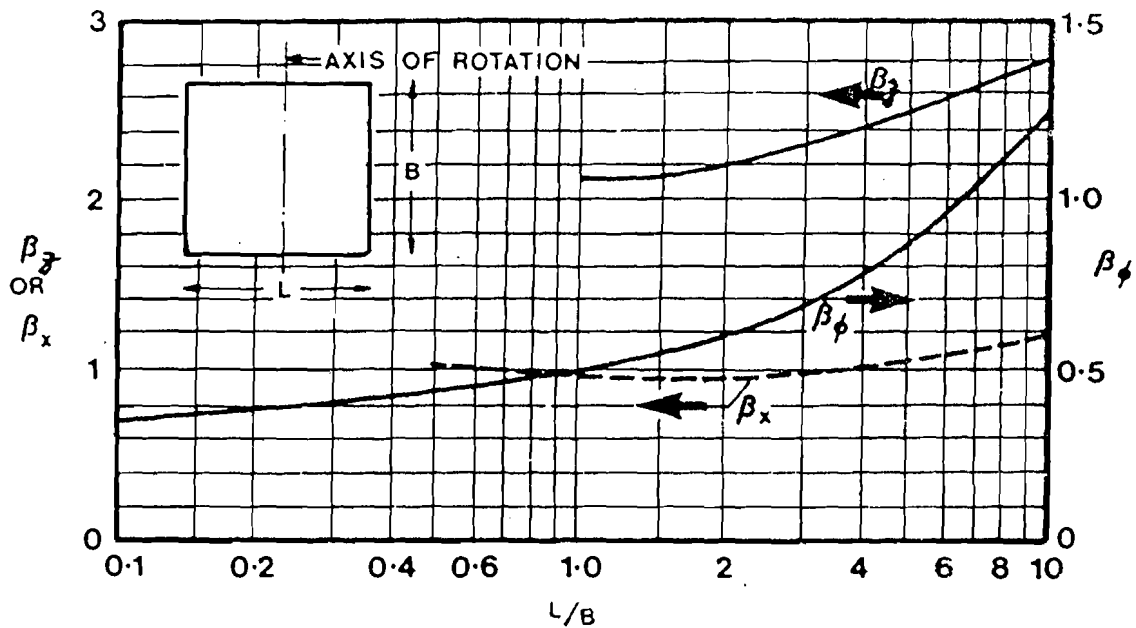
ν = *poison's ratio*,

B, L – dimensi pondasi, dan

β_{θ}, β_x = koefisien dari rasio B/L (Gambar 3.1).

3.1.3 Faktor keutamaan gedung (I)

Tingkat kepentingan suatu struktur terhadap bahaya gempa yang berbeda-beda tergantung pada fungsi bangunannya. Semakin penting fungsi bangunan semakin besar perlindungan yang harus diberikan. Faktor keutamaan gedung ini dipergunakan untuk memperbesar beban gempa rencana agar struktur dapat memikul beban gempa dengan perioda ulang yang panjang.



Gambar 3.1 Koefisien β_x , β_z , dan β_θ untuk pondasi persegi (Whitman, 1967)

3.1.4 Faktor jenis struktur (K)

Faktor jenis struktur (K) dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin daktilitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktilitas yang tersedia pada saat terjadi gempa. Semakin tinggi nilai K , maka semakin rendah kemampuan daktilitasnya.

3.1.5 Berat bangunan (W_t)

Berat bangunan (W_t) merupakan berat total dari seluruh struktur bangunan yang direncanakan ditambah dengan beban hidup.

Gaya geser yang didistribusikan pada masing-masing lantai tingkat, dihitung dengan rumus,

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V \quad (3.8)$$

dengan syarat : $H / B < 3$, maka gaya geser horizontal didistribusikan sesuai tinggi, dan

$H / B > 3$, maka 10 % dari gaya geser yang bekerja pada lantai puncak dan 90 % didistribusikan keseluruhan tingkat.

3.2 Pengaruh Deformasi Tanah

Analisis struktur umumnya menganggap dukungan adalah jepit penuh. Anggapan ini juga berarti bahwa tanah dibawah pondasi adalah suatu material yang kaku dan menjepit penuh bangunan atas sehingga antara tanah dan pondasi bangunan seolah-olah menjadi satu kesatuan yang kaku, sehingga dengan anggapan ini gelombang energi gempa dari tanah langsung mengenai struktur atas dan semua energi akan diserap oleh struktur atas (Widodo, 1998). Deformasi horisontal struktur maksimum (u_T) yang dihasilkan adalah,

$$u = u_o \quad (3.9)$$

dimana u_o adalah deformasi lateral.

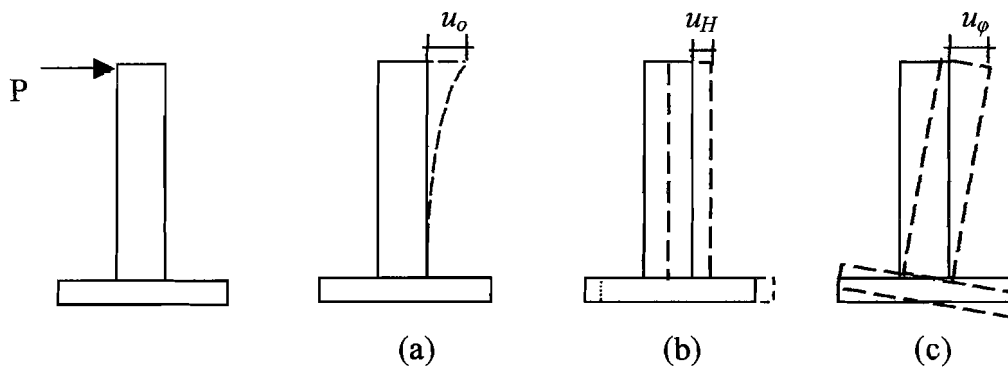
Secara umum dapat dikatakan bahwa tanah bukanlah suatu material yang kaku tetapi memiliki fleksibilitas. Kondisi seperti ini gelombang energi gempa tidak langsung mengenai bangunan atas, tetapi dari tanah dasar gelombang gempa akan melewati pondasi bangunan sebagai suatu interaksi antara tanah dan pondasi. Sehingga sebagian dari gelombang energi gempa akan dipantulkan lagi kedalam tanah. Deformasi horisontal struktur maksimum (u_T) yang dihasilkan terdiri dari 3

komponen deformasi, yakni deformasi lentur, horisontal dan deformasi akibat rotasi pondasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat rumus,

$$u_T = u_o + u_H + u_\phi, \quad (3.10)$$

dimana u_H adalah deformasi horisontal (Gambar 3.2.b) dan u_ϕ adalah deformasi akibat rotasi pondasi (Gambar 3.2.c). Biasanya $u_\phi \gg u_H$ (Scarlat, 1996 : 43).

Rotasi pondasi dapat mempengaruhi simpangan dan juga periode getar struktur (Widodo, 1998).



Gambar 3.2 Deformasi Struktur ;(a) deformasi lentur, (b) deformasi geser, (c) deformasi akibat rotasi pondasi.

3.3 Jenis-jenis Simpangan

Jenis-jenis simpangan yang terjadi pada stuktur umumnya ada 3 macam, yaitu simpangan relatif, simpangan absolut, dan simpangan antar tingkat. Jenis-jenis simpangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan akan diuraikan sebagai berikut ini.

1. Simpangan relatif.

Simpangan relatif adalah simpangan suatu massa yang diperoleh dari menjumlahkan simpangan antar tingkat dengan tidak menyertakan pergeseran dukungan akibat pengaruh tanah.

$$y_i = \sum \Delta y_i \quad (3.11)$$

dimana : y_i = simpangan relatif lantai i , dan

Δy = simpangan antar tingkat.

2. Simpangan absolut.

Simpangan absolut merupakan penjumlahan antara simpangan relatif tiap lantai dengan simpangan akibat tanah. Simpangan absolut dihitung dengan rumus:

$$y_t = y_i + y_g \quad (3.12)$$

dimana : y_t = simpangan absolut,

y_i = simpangan relatif lantai ke- i , dan

y_g = simpangan akibat tanah.

Simpangan absolut memiliki pengaruh terhadap kemungkinan terjadinya benturan antara bangunan yang berdekatan (*structural pounding*). *Structural pounding* ini dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada bangunan bahkan dapat menyebabkan kerusakan total, oleh karenanya *structural pounding* ini perlu diperhatikan agar dapat memaksimalkan penggunaan lahan.

3. Simpangan antar tingkat.

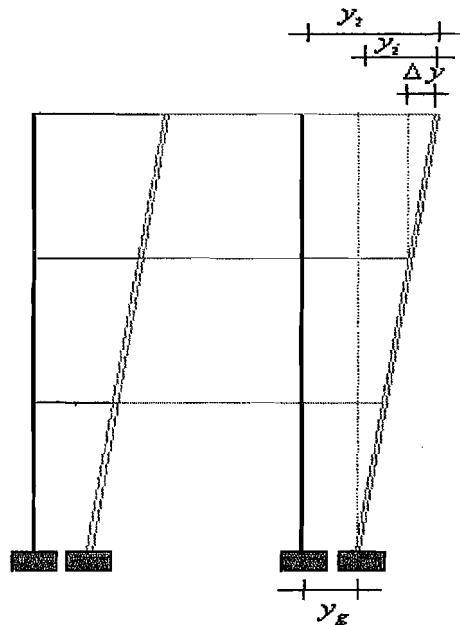
Simpangan antar tingkat adalah simpangan yang terjadi pada tiap tingkat, simpangan ini dihitung dengan cara simpangan absolut lantai atas dikurangi simpangan absolut dibawahnya. Simpangan antar tingkat yang berlebihan sangat mungkin terjadi pada tingkat yang lemah. Terjadinya distribusi kekakuan struktur secara vertikal yang tidak merata akan menyebabkan adanya suatu tingkat yang lemah tersebut. Simpangan antar tingkat dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta y = y_t + y_{t-1} \quad (3.13)$$

dimana : Δy = simpangan antar tingkat,

y_i = simpangan absolut lantai ke- i ,

y_{i-1} = simpangan absolut lantai ke- $i-1$.



Gambar 3.3 Model struktur dengan jenis-jenis simpangan

3.4 Gaya Dalam Rencana Balok Penghubung Dinding Geser

Kuat lentur perlu bagi balok penghubung dinding geser yang dinyatakan oleh momen lentur perlu $M_{u,b}$, harus ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa, yakni :

$$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{LR,b}, \quad (3.14a)$$

$$M_{u,b} = 1,05 (M_{D,b} + M_{LR,b} + M_{E,b}), \quad (3.14b)$$

$$M_{u,b} = 0,9 (M_{D,b} + M_{E,b}), \quad (3.14c)$$

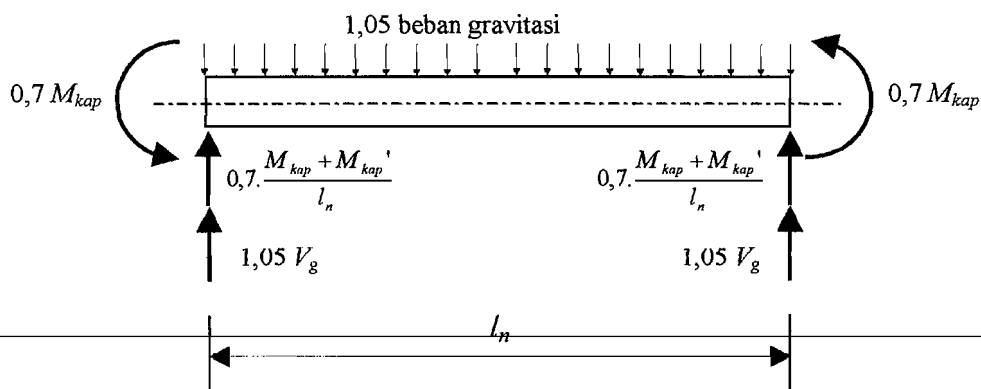
dimana : $M_{D,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor,

$M_{LR,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya, dan

$M_{E,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor.

Sesuai dengan konsep desain kapasitas, kuat geser balok portal yang dibebani oleh beban gravitasi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadi sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok portal tersebut, dengan tanda yang berlawanan (positif dan negatif), menurut persamaan berikut (lihat pula Gambar 3.4) :

$$V_{u,b} = 0,7 \cdot \phi_0 \cdot \left(\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b}'}{l_n} \right) + 1,05 \cdot V_g \quad (3.15)$$



Gambar 3.4 Gaya geser rencana balok.

dimana : $M_{nak,b}$ = momen nominal aktual pada ujung balok,

$M_{nak,b}'$ = momen nominal aktual pada ujung balok lainnya,

ϕ_0 = faktor penambahan kekuatan yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk $f_y < 400$ Mpa, dan 1,40 untuk $f_y > 400$ Mpa,

l_n = panjang bentang bersih balok, dan

V_g = geser akibat beban gravitasi,

tetapi tidak perlu lebih besar dari

$$V_{u,b} < 1,05 \left(V_{D,b} + V_{LR,b} + \frac{4}{K} V_{E,b} \right) \quad (3.16)$$

dimana : $V_{D,b}$ = gaya geser akibat beban mati,

$V_{LR,b}$ = gaya geser akibat beban hidup dengan memperhitungkan reduksinya,

$V_{E,b}$ = gaya geser akibat beban gempa, dan

K = faktor jenis struktur.

3.5 Perencanaan Dinding Geser Kopel

Peristiwa tekuk pada dinding geser dapat dihindari dengan memakai elemen pembatas (*boundary element*) yang berfungsi untuk mengakukan dinding geser. Menurut SK-SNI-T-15-1991-03, elemen pembatas diperlukan bila pada dinding geser dimana tegangan akibat gaya terfaktor termaksud pengaruh gempa pada serat terluar mencapai nilai maksimum dan melampaui nilai $0,2f'c$ (Yayasan LPMB, 1991).

Dinding geser kopel adalah dinding geser yang dihubungkan oleh balok yang pendek dan juga merupakan penahan gempa yang efektif dengan ketegaran yang besar. Dalam perhitungan analisis struktur, dinding geser kopel dianggap menjadi portal ekuivalen (lihat Gambar 4.2).

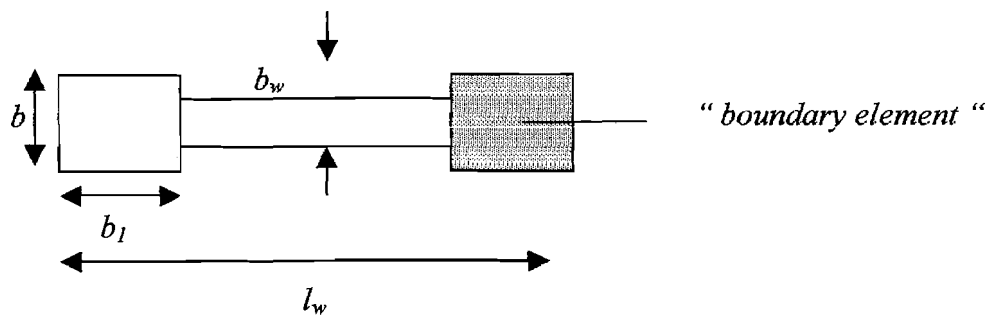
3.5.1 Stabilitas dinding geser

Stabilitas dinding geser sangat perlu untuk menjamin kestabilan dinding geser dalam menerima beban. Jika tidak dilakukan peninjauan terhadap stabilitas dinding geser maka sangatlah mungkin dinding geser runtuh sebelum mengalami

regangan plastis yang disebut kegagalan prematur. Langkah-langkah untuk mengontrol stabilitas struktur sebagai berikut.

1. Batasan dimensi dinding geser untuk menghindari terjadinya tekuk pada dinding geser, maka tebal dinding geser diambil

$$b_w = \frac{h_s}{20} \geq 150 \text{ mm} \quad (3.17)$$



2. Panjang total dinding geser (l_w),

$$\frac{h_w}{l_w} \leq 9 \quad (3.18)$$

3. Dimensi "boundary element",

jika $b \geq b_w$, maka $b_1 \geq \frac{b_c \cdot l_w}{10 \cdot b}$ (3.19a)

jika $b \geq b_c$, maka $b_1 \geq \frac{b_c^2}{b}$ (3.19b)

jika $b \geq h_s / 16$, maka $b_1 \geq h_s / 16$, (3.19c)

dengan

$$b_c = 0,017 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu \phi} \quad \text{jika digunakan 2 lapis tulangan,} \quad (3.20a)$$

$$b_c = 0,022 \cdot l_w \cdot \sqrt{\mu \phi} \quad \text{jika digunakan 1 lapis tulangan,} \quad (3.20b)$$

dimana : h_w = tinggi bangunan total,

h_s = tinggi tingkat pertama,

b_c = ketebalan dinding geser kritis, dan

$\mu\phi$ = perbandingan rasio daktilitas.

Dari persamaan (3.19) diambil nilai b dan b_l yang terbesar.

4. Kontrol luas “*boundary element*” yang terjadi (A_{wb}).

$$A_{wb} \geq \frac{b_c \cdot I_w}{10} \text{ atau } A_{wb} \geq b_c^2 \quad (3.21)$$

3.5.2 Perencanaan lentur dinding geser

Tulangan lentur berfungsi menahan tegangan tarik yang terjadi akibat momen lentur. Tulangan lentur terdapat pada bagian elemen pembatas (*boundary element*) dinding geser. Pemasangan tulangan lentur pada bagian elemen pembatas selain memperhatikan beban juga kemampuan dalam menyerap energi bila terjadi sendi plastis.

Kuat lentur perlu bagi dinding geser yang dinyatakan oleh momen lentur perlu $M_{u,w}$, harus memenuhi persyaratan lentur untuk kondisi pembebanan tanpa gempa maupun dengan beban gempa, yakni :

$$M_{u,w} = 1,2 M_{D,w} + 1,6 M_{L,w}, \quad (3.22a)$$

$$M_{u,w} = 1,05 (M_{D,w} + M_{LR,w} + M_{E,w}), \quad (3.22b)$$

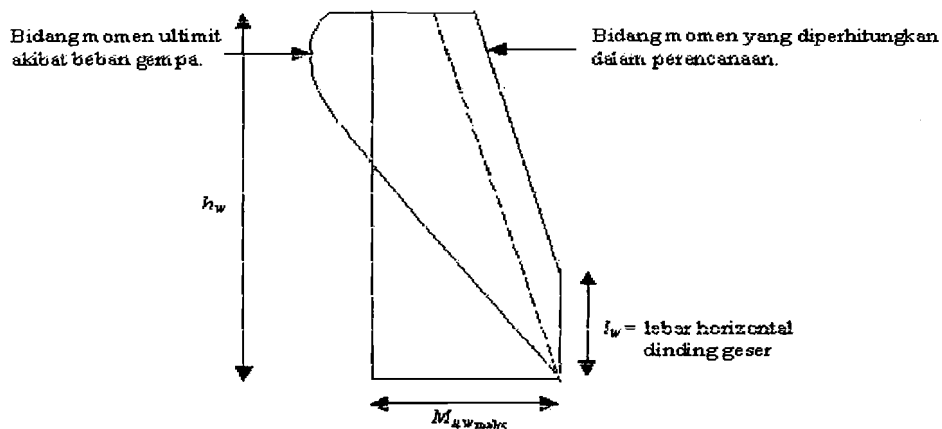
$$M_{u,w} = 0,9 (M_{D,w} + M_{E,w}), \quad (3.22c)$$

dimana : $M_{D,w}$ = momen lentur dinding akibat beban mati,

$M_{LR,w}$ = momen lentur dinding akibat beban hidup dengan memperhitungkan reduksinya, dan

$M_{E,w}$ = momen lentur dinding akibat beban gempa.

Untuk menjamin agar saat terjadi gempa kuat dinding geser tetap berperilaku elastis kecuali pada penampang dasar dimana sendi plastis dapat terbentuk, maka bidang momen akibat beban gempa harus digeser keatas sejauh lebar horizontal dinding geser (Paulay, 1986), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5. bidang momen yang telah dimodifikasi ini selanjutnya dipakai untuk menghitung kuat lentur perlu menurut persamaan 3.26.



Gambar 3.5 Bidang momen dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan.

Perencanaan lentur dinding geser terdiri dari 5 langkah sebagai berikut.

1. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan (ρ),

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} \quad (3.23a)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b, \quad (3.23b)$$

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y, \quad (3.23c)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right\} > \rho_{min} \quad (3.23d)$$

dengan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (3.24)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (3.25)$$

dimana β_1 adalah konstanta yang merupakan fungsi dari kuat tekan beton.

2. Menghitung luas tulangan tarik yang dibutuhkan berdasarkan rumus

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b_w \cdot d. \quad (3.26)$$

3. Penulangan sengkang pada *boundary element*

$$\rho_s = 0,12 \cdot \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \quad (3.27)$$

$$\rho_s = 0,3 \cdot \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \cdot \frac{f'_c}{f_y} \quad (3.28)$$

rasio penulangan untuk kedua persamaan diambil nilai yang terbesar.

3.5.3 Perencanaan geser dinding geser

Kuat geser perlu bagi dinding geser pada penampang dasar sehubungan dengan adanya perbesaran dinamik sewaktu struktur berespon inelastik terhadap gempa kuat, maka untuk desain geser ini dihitung dengan persamaan dibawah ini,

$$V_u = V_{\text{wall}} = \omega_N \cdot \phi_0 \cdot V_E \quad (3.29)$$

$$\text{dengan : } \omega_N = 0,1 \cdot N + 0,9 \quad N \leq 5 \quad (3.30)$$

$$\omega_N = \omega_5 + (N - 5) \cdot (\omega_{15} - \omega_5) / 10 \quad 5 < N < 15 \quad (3.31)$$

$$\omega_N = 1,8 \quad N > 15 \quad (3.32)$$

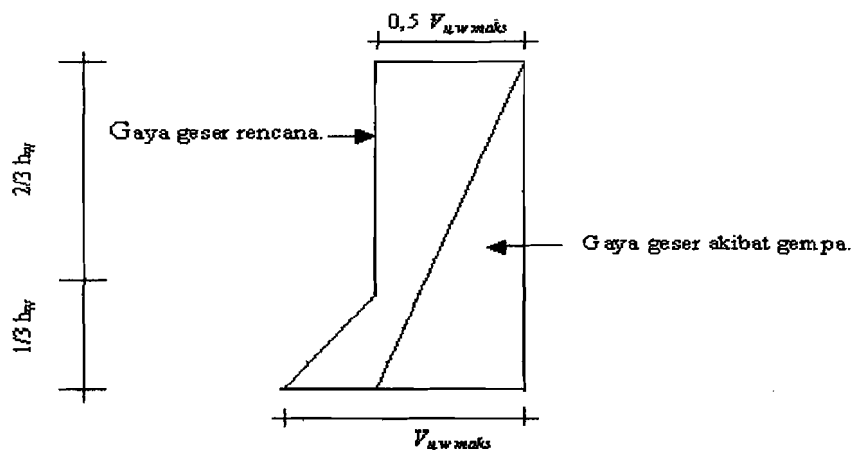
dimana : V_{wall} = gaya geser rencana dinding,

V_E = gaya geser akibat gempa tak berfaktor pada penampang dasar,

ω_N = faktor pembesaran dinamik, dan

ϕ_0 = faktor penambahan kekuatan yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk $f_y < 400$ Mpa, dan 1,40 untuk $f_y > 400$ Mpa.

Untuk menjamin agar dinding geser memiliki kuat geser yang cukup sepanjang tinggi dinding, maka bidang gaya geser perlu akibat beban gempa sepanjang tinggi dinding harus dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari $V_{u,w maks}$ pada dasar sampai $0,5 V_{u,w maks}$ pada $1/3$ tinggi dinding geser, dan nilainya tetap sebesar $0,5 V_{u,w maks}$ sampai puncak dinding geser (lihat Gambar 3.6).



Gambar 3.6 Gaya geser dinding geser akibat beban gempa yang diperhitungkan dalam perancangan.

Dasar-dasar perencanaan penampang dinding geser akibat geser menurut pedoman SK SNI T 15-1991-03 dan ACI harus didasarkan pada:

$$V_u \leq \phi \cdot V_n, \quad (3.33)$$

dengan :

$$V_n = V_c + V_s, \quad (3.34)$$

dimana: V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau,

V_n = kuat geser horisontal, dan

$$\phi = 0,6.$$

Menurut Dowrick (1987: 309) geser minimum beton V_c diambil nilai yang terkecil berdasarkan persamaan serbagai berikut,

$$V_{c1} = 0,25 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d + \left(\frac{N_u}{4l_w} \right) \quad (3.35)$$

$$V_{c2} = \left[\frac{f'_c}{20} + \frac{l_w \cdot \left(\sqrt{f'_c} + \frac{2 \cdot N_u}{l_w \cdot b_w} \right)}{10 \cdot \left(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} \right)} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (3.36)$$

dimana ; N_u = gaya aksial terfaktor, dan

M_u = momen rencana terfaktor.

Kekuatan geser nominal V_s dari tulangan horisontal adalah:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f'_c \cdot d}{S_2} \quad (3.37)$$

dengan :

$$A_v = \frac{(V_u - (\phi \cdot V_c)) \cdot S_2}{\phi \cdot f_y \cdot d} \quad (3.38)$$

dimana; A_v = luas tulangan geser horisontal, dan

S_2 = jarak vertikal antara tulangan horisontal.

Pada daerah sendi plastis yakni sejauh $2h$ dari muka kolom kontribusi beton dalam menahan geser diabaikan ($V_c = 0$), dengan tujuan untuk pencapaian suatu elemen yang daktail.

Harga perbandingan minimum yang diijinkan untuk tulangan geser horisontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal adalah:

$$\rho_h = \frac{A_v}{A_g} \geq \rho_{min}, \text{ dan} \quad (3.39)$$

rasio penulangan geser dalam arah vertikal berlaku:

$$\rho_n = 0,0025 + 0,5 \left[2,5 - (h_i / l_w) \right] (\rho_b - 0,0025) \geq \rho_{min} \quad (3.40)$$

3.6 Hipotesis

Berdasarkan landasan teori diatas, dapat ditarik hipotesis dari perbandingan pengkangan jepit dan jepit fleksibel pada struktur dinding geser kopel sebagai berikut.

1. Simpangan yang terjadi akan lebih besar bila analisis menyertakan pengaruh tanah (jepit fleksibel) sebab simpangan yang terjadi bukan hanya akibat deformasi lentur dinding melainkan juga disebabkan oleh deformasi tanah.
2. Gaya-gaya dalam pada struktur dengan dukungan jepit fleksibel akan lebih kecil dibanding pada struktur dengan dukungan jepit, sebab tinjauan dengan adanya rotasi pondasi akan memperbesar periode getar struktur.

Dengan besarnya periode getar struktur, gaya geser dasar yang terjadi akan lebih kecil.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan metodologi penelitian yakni, pelaksana penelitian, waktu rencana penelitian, model struktur, model pondasi, dan tahapan analisa yang akan diuraikan dibawah ini.

4.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada daerah gempa 3 dan terletak pada kondisi tanah lunak.

4.2 Data Yang Diperlukan

Penelitian tugas akhir ini, ditinjau struktur dinding geser kopel simetris dengan pembebanan gempa statik ekuivalen. Data-data yang diperlukan sebagai berikut ini.

1. Beban yang bekerja adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
2. Struktur dinding geser kopel adalah struktur beton bertulang 10 lantai.
3. Asumsi dukungan struktur jepit dan jepit fleksibel. Untuk dukungan jepit fleksibel sebelumnya dilakukan perhitungan modulus geser G sesuai kondisi tanah lunak dengan modulus elastisitas $E = 50.000 \text{ kN.m}^{-2}$ (Scarlat, 1996) dan rasio poisson $\nu = 0,3$ untuk menentukan konstanta pegas sebagai asumsi dari tanah yang meliputi kekakuan horisontal dukungan

(k_x), kekakuan vertikal dukungan (k_z), dan kekakuan rotasi dukungan (k_θ) (Wolf, 1985). Urutan perhitungan untuk menentukan kekakuan dukungan adalah,

$$G = \frac{E}{\{2 \cdot (1 + \nu)\}}$$

$$= \frac{50.000}{2 \cdot (1 + 0,3)}$$

$$= 19230,77 \text{ kN.m}^{-2},$$

$$k_x = 2 \cdot G \cdot (1 + \nu) \cdot \beta_x \cdot \sqrt{B \cdot L}$$

$$k_x = 2 \cdot 19230,77 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,1 \cdot \sqrt{2 \cdot 15}$$

$$= 301247,41 \text{ kN.m}^{-1},$$

$$k_z = \frac{G}{(1 - \nu)} \cdot \beta_x \cdot \sqrt{B \cdot L}$$

$$k_z = \frac{19230,77}{(1 - 0,3)} \cdot 2,7 \cdot \sqrt{2 \cdot 15}$$

$$= 406277,74 \text{ kN.m}^{-1}, \text{ dan}$$

$$k_\theta = \frac{G \cdot \beta_\theta \cdot B \cdot L^2}{1 - \nu}$$

$$k_\theta = \frac{19230,77 \cdot 1,05 \cdot 2 \cdot 15^2}{1 - 0,3}$$

$$= 12980769,75 \text{ kN.m}^{-1}.$$

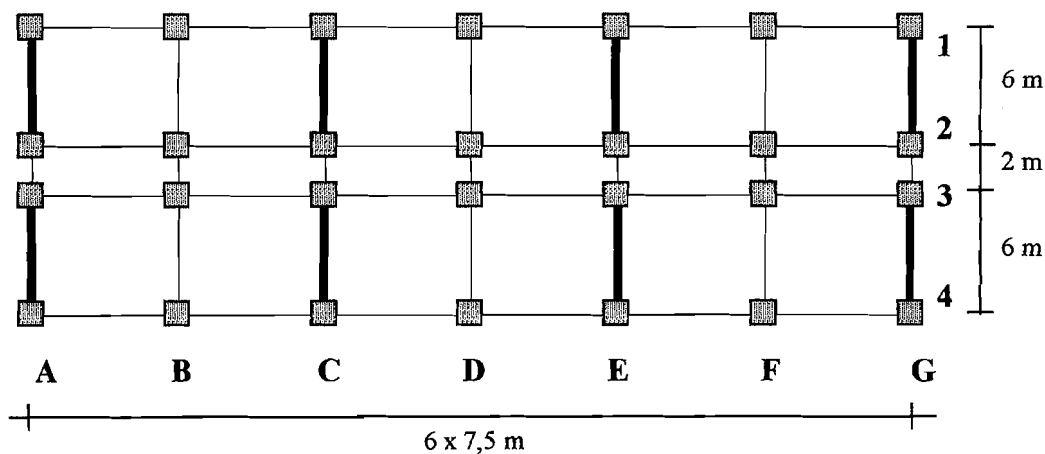
4. Koefisien gaya gempa dasar C , sesuai dengan respon spektra pada wilayah gempa 3 pada kondisi tanah lunak.
5. Faktor jenis struktur $K = 1$, dan faktor keutamaan gedung $I = 1,0$.

Data penulisan tugas akhir ini mengacu pada buku-buku, pendapat para ahli dan teori-teori yang berhubungan dengan dinding geser.

4.3 Model Struktur

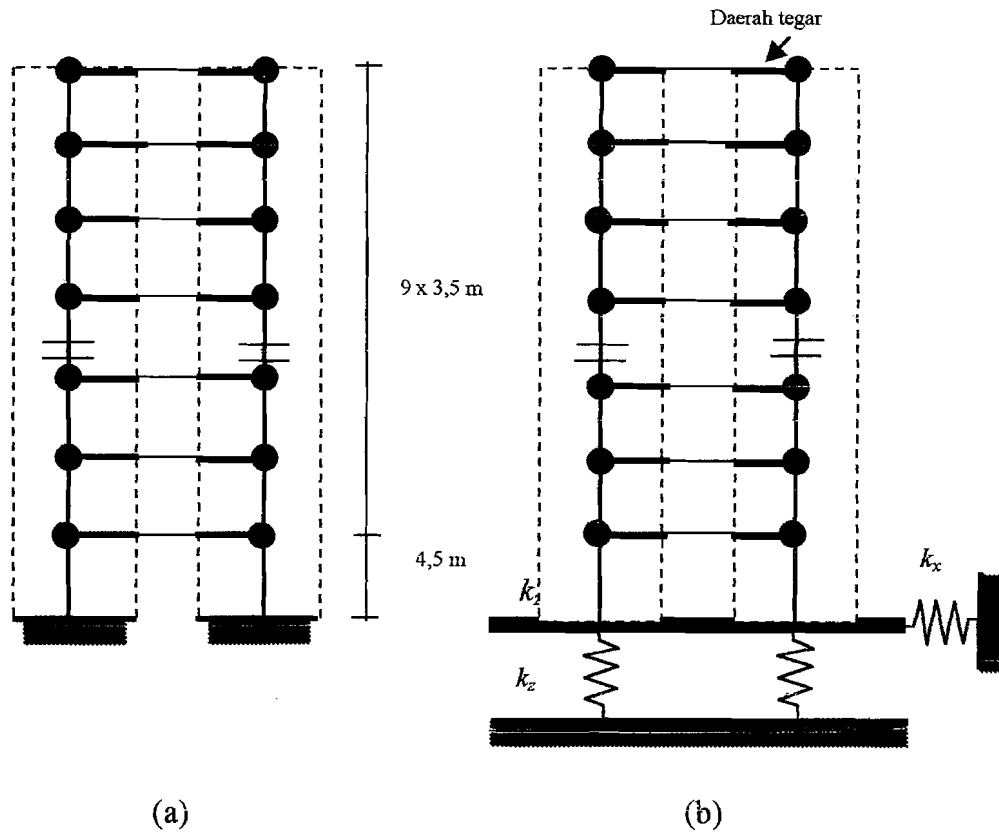
Struktur yang dijadikan model dalam analisis adalah struktur beton bertulang dengan dinding geser kopel 10 lantai (Gambar 4.1) berukuran $14 \times 45 \text{ m}^2$, dengan tinggi 36 m diukur dari dasar pondasi. Pada penelitian ini ditinjau pada dua kondisi, yaitu :

1. struktur dianggap terjepit sempurna pada dasar pondasi (*fixed*), dan
2. struktur dianalisis dengan pengaruh rotasi dan translasi pada pondasi, dasar pondasi terletak 1 meter dibawah muka tanah (*flex*).



Gambar 4.1 Denah Bangunan.

Dalam analisis struktur dinding kopel dimodel sebagai portal ekuivalen yang mempunyai daerah tegar (lihat Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Struktur dinding geser kopel dimodel sebagai portal ekuivalen; (a) dukungan jepit, (b) dukungan jepit fleksibel.

4.4 Model Tanah

Model tanah yang digunakan diasumsikan bahwa seluruh media tanah yang ditinjau dianggap hanya terdiri atas satu jenis tanah yang mempunyai properti tanah yang sama, dan bersifat isotropik. Tanah bersifat isotropik artinya tanah mempunyai sifat-sifat teknis yang seragam seperti modulus elastisitas (E_s), *poison's ratio* (ν), dan modulus geser (G) untuk setiap arah dan dihasilkan dari tanah yang homogen (Bowles, 1986).

Pada struktur dengan dukungan jepit penuh (*fix*) tanah diasumsikan menahan penuh struktur (Gambar 4.2.a). Pada struktur dengan dukungan jepit fleksibel (*flex*) akibat adanya rotasi dan translasi pondasi, sehingga gaya geser dan

gaya berat yang bekerja menimbulkan simpangan akibat adanya kekakuan tanah menurut persamaan,

$$F = k_x \cdot x \quad (4.1)$$

dan

$$W = k_z \cdot z \quad (4.2)$$

dimana : F = gaya geser,

W = gaya berat,

k_x, k_z = kekakuan tanah, dan

x, z = simpangan arah horisontal dan vertikal.

Menurut Wolf (1985), yang dikemukakan oleh Dowrick (1987), tanah dibawah pondasi dimodel sebagai *springs* vertikal dan horisontal yang diletakkan didasar dukungan struktur sebagai idealisasi kekakuan rotasi dukungan (Gambar 4.2.b), dengan :

$$k_x = 2.G.(1 + \nu) \cdot \beta_x \cdot \sqrt{B.L}, \text{ dan} \quad (4.3)$$

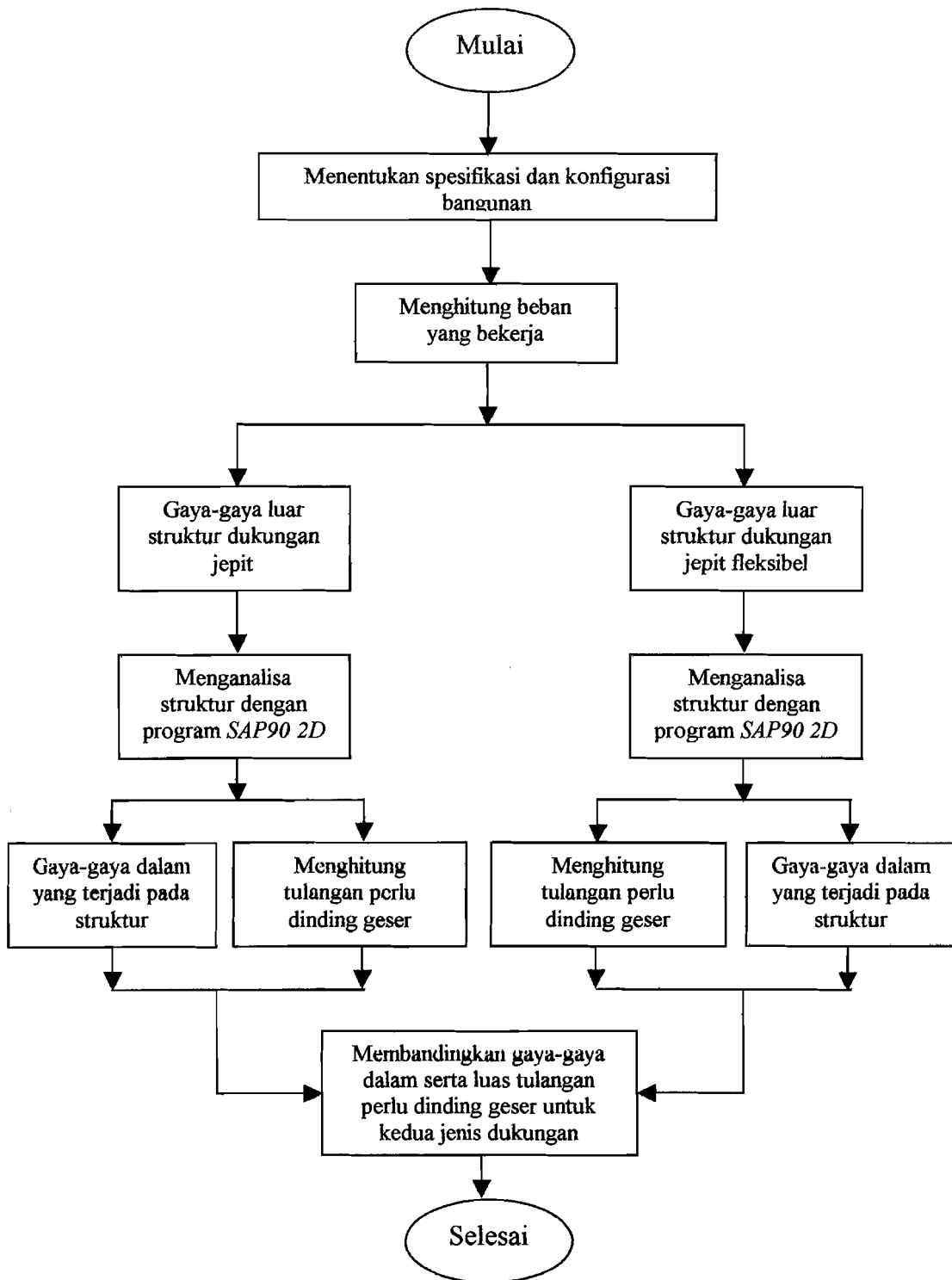
$$k_z = \frac{G}{(1 - \nu)} \cdot \beta_x \cdot \sqrt{B.L} \quad (4.4)$$

4.5 Tahapan Analisis

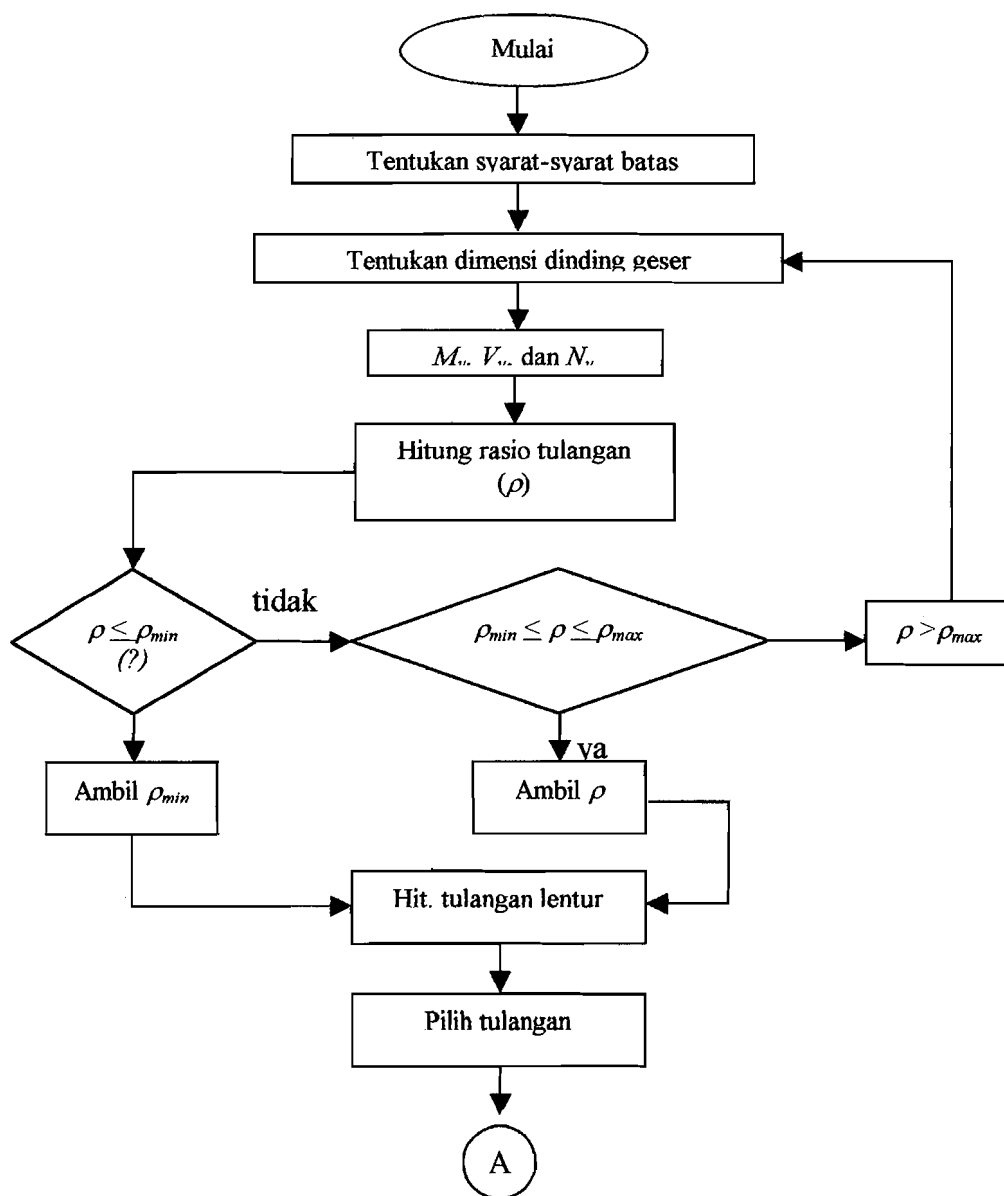
Tahapan analisis penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 mempunyai urutan sebagai berikut ini.

1. Menentukan spesifikasi dan konfigurasi struktur bangunan .
2. Menghitung beban yang bekerja.

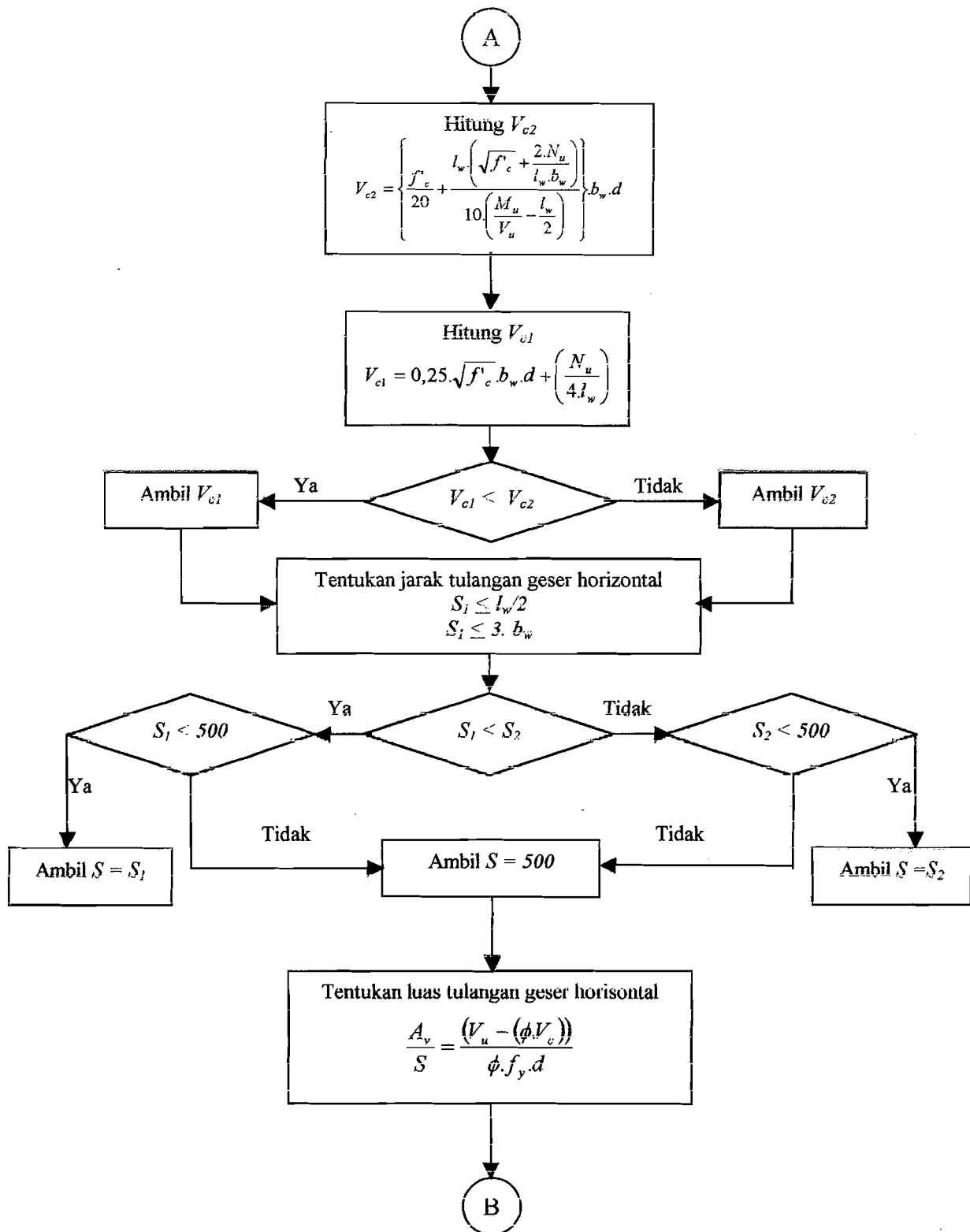
3. Menganalisa struktur dinding geser kopel pada portal C dengan dukungan yakni jepit penuh (*fix*) dan jepit fleksibel akibat rotasi dan translasi pada pondasi (*flex*) menggunakan program bantu *SAP90 2D*.
4. Menganalisa perbedaan gaya-gaya dalam dan simpangan yang terjadi pada struktur dinding geser kopel.
5. Menganalisis rasio tulangan dinding geser.
6. Desain struktur dinding geser kopel simetris dengan tahapan perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



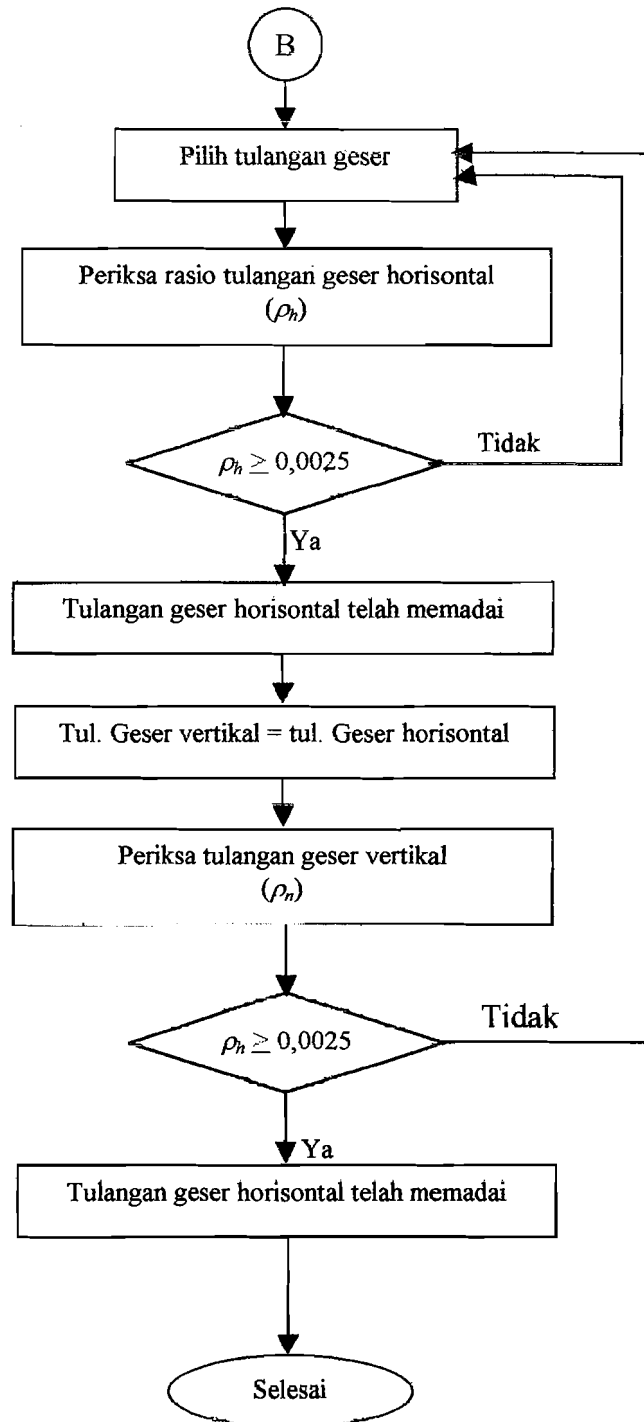
Gambar 4.3 Bagan alir tahapan analisis penelitian



Gambar 4.4 Bagan alir perencanaan struktur dinding geser.



Gambar 4.4 (Lanjutan)



Gambar 4.4 (Lanjutan)

BAB V

ANALISIS

Bab ini berisi tentang perhitungan dengan menggunakan rumus matematika yang menjadi jawaban atas permasalahan penelitian dan hasil perhitungannya disajikan dalam bentuk tabel. Analisis ini terdiri dari data analisis, perhitungan pembebanan struktur, kontrol terhadap waktu getar alami struktur, gaya-gaya dalam balok penghubung, dan gaya-gaya dalam dinding geser yang akan diuraikan sebagai berikut ini.

5.1 Data Analisis

Data analisis terdiri dari denah struktur, asumsi yang digunakan, ukuran dinding geser, dan parameter bahan.

5.1.1 Denah struktur

Struktur yang dipakai dalam analisis ini adalah struktur beton bertulang 10 lantai dengan denah pada Gambar 4.1, dan keterangan lainnya telah dibahas pada bab terdahulu.

5.1.2 Asumsi yang digunakan

Untuk mempermudah dalam melakukan analisis mekanika digunakan beberapa asumsi sebagai berikut ini.

Kolom = $60 \times 60 \text{ cm}^2$.

Balok = $30 \times 60 \text{ cm}^2$.

Balok dukungan = $100 \times 200 \text{ cm}^2$.

Tebal dinding geser = 25 cm.

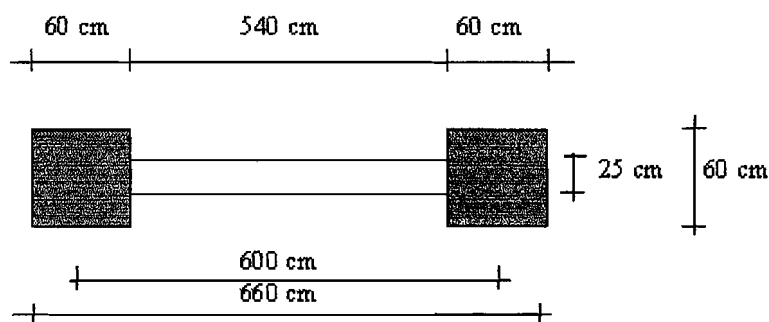
Tebal pelat atap = 10 cm.

Tebal pelat lantai = 12 cm.

Penghitungan beban mati dinding tembok dihitung penuh sepanjang portal.

5.1.3 Ukuran dinding geser

Dinding geser digunakan simetris dari dasar sampai puncak bangunan dan menyatu dengan portal.



Gambar 5.1 Dimensi dinding geser.

5.1.4 Parameter bahan

Parameter bahan yang digunakan yakni:

f_y (kuat leleh baja karakteristik) = 400 MPa,

f'_c (kuat leleh beton) = 30 MPa,

E_s (modulus elastis baja) = 200.000 MPa,

$$E_c \text{ (modulus elastisitas beton)} = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 25,700 \text{ MPa.}$$

5.2 Perhitungan Pembebanan Struktur

Beban mati pelat atap tiap m^2

$$\text{pelat} = 0,1 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN.m}^{-3} = 2,40 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$\text{Plafon} = 0,20 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$w_{D \text{ atap}} = 2,60 \text{ kN.m}^{-2}$$

Beban hidup pelat atap tiap m^2 ($w_{L \text{ atap}}$) = 1,00 kN.m^{-2}

Beban mati pelat lantai tiap m^2

$$\text{Pelat} = 0,12 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN.m}^{-3} = 2,88 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$\text{Plafon} = 0,20 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$\text{Pasir} = 0,02 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN.m}^{-3} = 0,36 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$\text{Spesi} = 0,02 \text{ m} \cdot 21 \text{ kN.m}^{-3} = 0,42 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$\text{Tegel} = 0,01 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN.m}^{-3} = 0,24 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$w_{D \text{ lantai}} = 4,10 \text{ kN.m}^{-2}$$

Beban hidup pelat lantai tiap m^2 ($w_{L \text{ lantai}}$) = 2,50 kN.m^{-2}

5.2.1 Beban gravitasi pada balok

1. Beban gravitasi pada balok atap.

A. Beban mati untuk tiap m^{-1} (untuk beban segitiga, $q_{eq} = 2/3 \cdot q$)

beban mati q_1

$$\text{pelat} = 2 \cdot 2/3 \cdot 3 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ kN.m}^{-2} = 9,60 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$\text{balok} = 0,3 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN.m}^{-3} = 4,32 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$q_1 = 14,72 \text{ kN.m}^{-1}$$

beban mati ekivalen $q_1 = 14,72 \text{ kN.m}^{-1}$,

beban mati q_2

$$\text{pelat} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ kN.m}^{-2} = 3,20 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$\text{balok} = 0,3 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN.m}^{-3} = 4,32 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$q_2 = 7,79 \text{ kN.m}^{-1}$$

beban mati ekivalen $q_2 = 7,79 \text{ kN.m}^{-1}$.

B. Beban hidup untuk tiap m^{-1} :

$$w \text{ hidup atap} = 1,00 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$\text{koefisien reduksi} = 0,6$$

$$\text{beban hidup ekivalen } q_1 = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ kN.m}^{-2} \cdot 0,6 = 2,40 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$\text{beban hidup ekivalen } q_2 = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ kN.m}^{-2} \cdot 0,6 = 0,80 \text{ kN.m}^{-1}$$

2. Beban gravitasi pada balok lantai.

A. Beban mati untuk tiap m^{-1} (untuk beban segitiga, $q_{eq} = \frac{2}{3} \cdot q$)

beban mati q_3

$$\text{pelat} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \text{ m} \cdot 4,10 \text{ kN.m}^{-2} = 16,40 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$\text{balok} = 0,3 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN.m}^{-3} = 4,32 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$q_3 = 20,72 \text{ kN.m}^{-1}$$

beban mati ekivalen $q_3 = 20,72 \text{ kN.m}^{-1}$,

beban mati q_4

$$\text{pelat} = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \text{ m} \cdot 4,10 \text{ kN.m}^{-2} = 5,48 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$\text{balok} = 0,3 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN.m}^{-3} = 4,32 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$q_4 = 9,80 \text{ kN.m}^{-1}$$

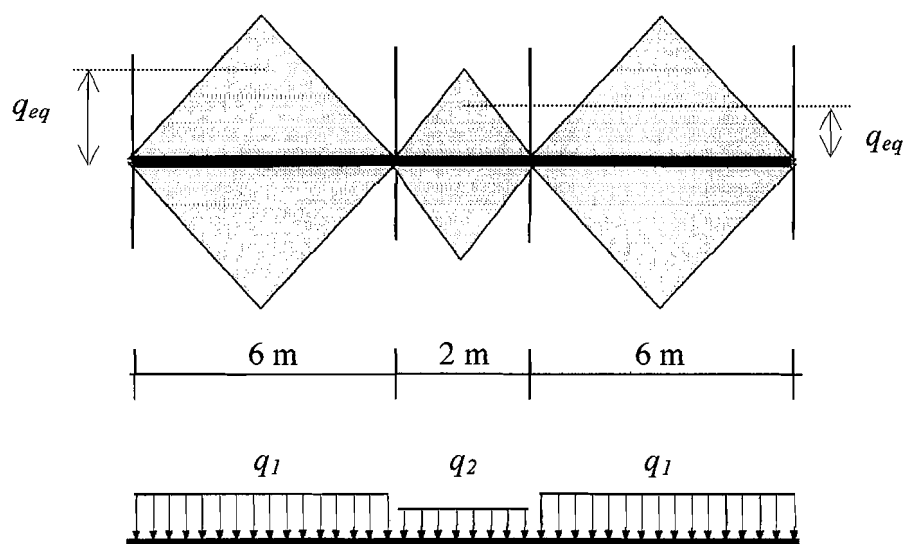
beban mati ekivalen $q_4 = 9,80 \text{ kN.m}^{-1}$.

B. beban hidup untuk tiap m^{-1} :

- w hidup lantai = $2,50 \text{ kN.m}^{-2}$
- koefisien reduksi = $0,6$

beban hidup ekivalen $q_3 = 2. \frac{2}{3}. 3 \text{ m}. 2,50 \text{ kN.m}^{-2} . 0,6 = 6,00 \text{ kN.m}^{-1}$

beban hidup ekivalen $q_4 = 2. \frac{2}{3}. 3 \text{ m}. 2,50 \text{ kN.m}^{-2} . 0,6 = 2,00 \text{ kN.m}^{-1}$.



Gambar 5.2 Perhitungan beban merata ekivalen.

5.2.2 Perhitungan beban gravitasi portal ekivalen

Pada portal ekivalen beban merata balok (Gambar 5.2) dijadikan beban titik pada kolom untuk tiap tingkat (dapat dilihat pada gambar 5.3).

$$\begin{aligned}
 P_1 \text{ beban mati} &= q_1 \text{ beban mati} \times L_1 \\
 &= 14,72 \text{ kN.m}^{-1} \times 6 \text{ m} \\
 &= 88,32 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 \text{ beban hidup} &= q_1 \text{ beban hidup} \times L_1 \\
 &= 2,35 \text{ kN.m}^{-1} \times 6 \text{ m} \\
 &= 14,1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

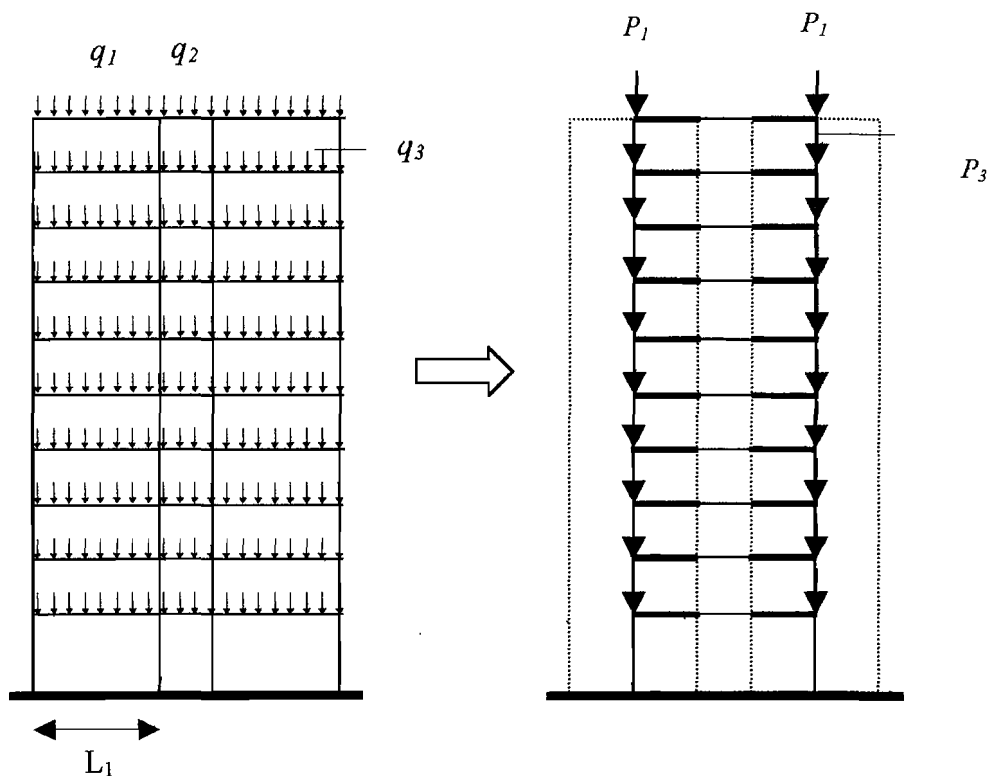
P_{aksial}

$$\text{dinding geser} = \frac{2,07 \cdot 3,5 \cdot 24 \cdot 2}{24} = 173,88 \text{ kN}$$

$$P_{aksial} = 173,88 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 \text{ beban mati} &= q_3 \text{ beban mati} \times L_1 + P_{aksial} \\
 &= 20,72 \text{ kN.m}^{-1} \times 6 \text{ m} + 173,88 \text{ kN} \\
 &= 298,2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_3 \text{ beban hidup} &= q_3 \text{ beban hidup} \times L_1 \\
 &= 6,00 \text{ kN.m}^{-1} \times 6 \text{ m} \\
 &= 36,00 \text{ kN.}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.3 Dinding geser sebagai portal ekuivalen dengan beban gravitasi.

5.2.3 Perhitungan gaya geser dasar horisontal total akibat gempa

A. Berat bangunan total (W_t).

a. Berat lantai 10 (atap).

beban mati :

$$\text{pelat atap} = 0,10 \cdot (15,0 \times 14,0) \cdot 24 = 504,00 \text{ kN}$$

$$\text{balok} = (0,6 - 0,1) \cdot 0,3 \cdot (4 \cdot 15 + 14 + 2 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 14) + 2) \cdot 24 = 324,00 \text{ kN}$$

$$\text{kolom} = 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1,75 \cdot (4) \cdot 24 = 60,48 \text{ kN}$$

$$\text{dinding geser} = 2,07 \cdot 1,75 \cdot 24 \cdot 2 = 173,88 \text{ kN}$$

$$\text{dinding} = 60,0 \cdot 1,75 \cdot 2,50 = 242,50 \text{ kN}$$

$$\text{plafon} = (15,0 \cdot 14,0) \cdot 0,2 = 42,00 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_{m10} = 1381,90 \text{ kN}$$

beban hidup :

$$qh \text{ atap} = 1,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{koefisien reduksi} = 0,3$$

$$W_{h10} = 0,3 \cdot 14 \text{ m} \cdot 15 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} = 63,00 \text{ kN}$$

$$\text{berat total lantai 10 } (W_{t10}) = W_{m10} + W_{h10}$$

$$= 1381,90 + 63,00$$

$$= 1444,90 \text{ kN.}$$

b. Berat lantai 9 (W_9).

beban mati :

$$\text{pelat lantai} = 0,12 \cdot (15,0 \cdot 14,0) \cdot 24 = 604,80 \text{ kN}$$

$$\text{pasir} = 0,02 \cdot (15,0 \cdot 14,0) \cdot 18 = 75,60 \text{ kN}$$

$$\text{spesi} = 0,02 \cdot (15,0 \cdot 14,0) \cdot 21 = 88,20 \text{ kN}$$

tegel	$= 0,01 \cdot (15,0 \cdot 14,0) \cdot 24$	$= 50,40 \text{ kN}$
balok	$= (0,6 - 0,12) \cdot 0,3 \cdot (4 \cdot 15 + 14 + 2(\frac{1}{2} \cdot 14) + 2) \cdot 24$	$= 311,04 \text{ kN}$
kolom	$= 0,6 \cdot 0,6 \cdot 3,50 \cdot (4) \cdot 24$	$= 120,96 \text{ kN}$
dinding geser	$= 2,07 \cdot 3,5 \cdot 24 \cdot 2$	$= 347,76 \text{ kN}$
dinding	$= 60 \cdot 3,50 \cdot 2,50$	$= 525,00 \text{ kN}$
plafon	$= (15,0 \cdot 14,0) \cdot 0,2$	$= 42,00 \text{ kN}$
		<hr/>
		$\Sigma W_{m9} = 2028,80 \text{ kN}$

beban hidup :

$$q_h \text{ atap} = 2,50 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$\text{koefisien reduksi} = 0,3$$

$$W_{h9} = 0,3 \cdot 14,0 \text{ m} \cdot 15,0 \text{ m} \cdot 2,50 \text{ kN.m}^{-2} = 157,50 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{berat total lantai 9 } (W_{t9}) &= W_{m9} + W_{h9} \\ &= 2028,80 + 157,50 \\ &= 2186,30 \text{ kN.} \end{aligned}$$

Berat total lantai 8,7,6,5,4, 3, 2, 1 sama dengan berat total lantai 9.

Berat total struktur (W_t)

$$\begin{aligned} W_t &= W_{10} + W_9 + W_8 + W_7 + W_6 + W_5 + W_4 + W_3 + W_2 + W_1 \\ &= 1444,90 + 2186,30 (9) \\ &= 21121,60 \text{ kN.} \end{aligned}$$

B. Koefisien gempa dasar (C).

Koefisien gempa dasar didapatkan dari plot waktu getar struktur (T) pada grafik koefisien gempa dasar zona 3 kondisi tanah lunak (PPTGIUG, 1981).

Waktu getar struktur untuk perkiraan awal dihitung berdasarkan persamaan

(3.2) untuk struktur terjepit (T) dan persamaan (3.3) untuk struktur dengan dukungan jepit fleksibel (\hat{T}) pada masing-masing kondisi Pengekangan sebagai berikut.

1) Dukungan jepit,

$$T = \frac{0,09.H_n}{\sqrt{B}} = \frac{0,09.36}{\sqrt{14}}$$

$$= 0,866 \text{ s},$$

dari grafik koefisien gempa dasar, dengan $T = 0,866 \text{ s}$ didapat $C = 0,07$.

2) Dukungan jepit fleksibel,

$$\hat{T} = T \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{k}{k_x} \left(1 + \frac{k_x \cdot \hat{h}^2}{k_\theta}\right)\right)}$$

$$k = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot \hat{W}}{g \cdot T^2}$$

$$= \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 1507162,3}{9,81 \cdot 0,866^2}$$

$$= 8087512,548 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$= 79338,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1},$$

$$\hat{T} = 0,866 \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{79338,5}{301247,41} \left(1 + \frac{301247,41 \cdot 25,2^2}{12980769,75}\right)\right)}$$

$$\hat{T} = 1,03 \text{ s},$$

dari grafik koefisien gempa dasar, dengan $T = 1,03 \text{ s}$ didapat $C = 0,069$.

D. Faktor keutamaan gedung (I) dan faktor jenis struktur (K).

Untuk bangunan perkantoran yang menggunakan struktur rangka beton bertulang dengan daktilitas penuh, $I = 1,0$ dan $K = 1,0$.



E. Gaya geser horisontal total akibat gempa (V).

1) struktur dengan dukungan jepit

$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot K \cdot Wt \\ &= 0,07 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 21121,8031 \text{ kN} \\ &= 1478,5262 \text{ kN,} \end{aligned}$$

2) struktur dengan dukungan jepit fleksibel

$$\begin{aligned} V &= C \cdot I \cdot K \cdot Wt \\ &= 0,069 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 21121,8031 \text{ kN} \\ &= 1457,404 \text{ kN.} \end{aligned}$$

F. Distribusi gaya geser horisontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung.

Rasio $H_t / L = 36 / 14 = 2,6 < 3$, maka distribusi gaya geser horisontal akibat gempa dihitung berdasarkan rumus :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1.a Distribusi gaya geser horisontal struktur dengan dukungan jepit.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i \cdot h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	36.0	52015.540	184.853
9	2186.3	32.5	71055.560	252.518
8	2186.3	29.0	63403.430	225.324
7	2186.3	25.5	55751.290	198.130
6	2186.3	22.0	48099.150	170.935
5	2186.3	18.5	40447.010	143.741
4	2186.3	15.0	32794.880	116.547
3	2186.3	11.5	25142.740	89.352
2	2186.3	8.0	17490.600	62.158
1	2186.3	4.5	9838.463	34.964
Σ			416038.600	1478.526

Tabel 5.1.b Distribusi gaya geser horisontal struktur dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	36.0	52015.540	182.213
9	2186.3	32.5	71055.560	248.911
8	2186.3	29.0	63403.430	222.105
7	2186.3	25.5	55751.290	195.299
6	2186.3	22.0	48099.150	168.493
5	2186.3	18.5	40447.010	141.687
4	2186.3	15.0	32794.880	114.882
3	2186.3	11.5	25142.740	88.076
2	2186.3	8.0	17490.600	61.270
1	2186.3	4.5	9838.463	34.464
Σ			416038.600	1457.404

5.3 Kontrol Terhadap Waktu Getar Alami Struktur

Simpangan relatif struktur (deformasi lateral total) akibat gempa didapat dari perhitungan pada program *SAP90*.

Waktu getar struktur yang sebenarnya dapat dihitung berdasarkan besar simpangan dengan rumus waktu *Reyleigh* (T_n) sebagai berikut ini,

$$T_n = 6,30 \cdot \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}}, \text{ dimana } T_{awal} \approx T_n,$$

dengan d_i adalah simpangan horisontal yang didapatkan dari analisis struktur.

Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dapat dilihat pada Tabel 5.2.a dan

Tabel 5.3.a untuk masing-masing tinjauan.

Tabel 5.2.a Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dengan dukungan jepit.

Lantai	W_i (kN)	d_i (m)	$W_i \cdot d_i^2$	F_i (kN)	$F_i \cdot d_i$ (kN.m)
10	1444.9	0.011293	0.184267708	184.850	2.087553963
9	2186.3	0.010117	0.223778429	252.520	2.554730676
8	2186.3	0.008883	0.172517853	225.320	2.001555757
7	2186.3	0.007594	0.126082818	198.130	1.504599220
6	2186.3	0.006267	0.085868546	170.940	1.071254032
5	2186.3	0.004933	0.053203102	143.740	0.709076326
4	2186.3	0.003635	0.028888404	116.550	0.423648709
3	2186.3	0.002427	0.012878174	89.353	0.216859124
2	2186.3	0.001375	0.004133521	62.158	0.085467841
1	2186.3	5.56E-04	0.000675386	34.964	0.019433058
Σ			0.892293940	1478.500	10.674178710

Waktu *Reyleigh* struktur dengan dukungan jepit adalah

$$T_n = 6,30 \cdot \sqrt{\frac{0,80229394}{9,81 \cdot 10,67417871}}$$

$$= 0,581558 \text{ s.}$$

Karena waktu getar awal belum mendekati dari waktu *Reyleigh* maka perhitungan distribusi gaya gempa diulangi dengan T terpakai adalah $T - \text{Reyleigh}$, sampai didapatkan $T - \text{Reyleigh} \approx T - \text{Reyleigh}$ sebelumnya. Setelah dilakukan beberapa hitungan,

$T = 0.8344$ s, didapat $C = 0.07$, maka

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$

$$= 0,07 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 21121,8031 \text{ kN}$$

$$= 1478.526 \text{ kN.}$$

Setelah didapatkan gaya geser dasar yang baru, gaya geser tersebut didistribusikan sepanjang tingkat gedung (dapat dilihat pada Tabel 5.2.b).

Tabel 5.2.b Distribusi gaya geser horizontal koreksi dengan dukungan jepit.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i \cdot h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	36.0	52015.540	96.124
9	2186.3	32.5	71055.560	131.309
8	2186.3	29.0	63403.430	117.168
7	2186.3	25.5	55751.290	103.027
6	2186.3	22.0	48099.150	88.886
5	2186.3	18.5	40447.010	74.745
4	2186.3	15.0	32794.880	60.604
3	2186.3	11.5	25142.740	46.463
2	2186.3	8.0	17490.600	32.322
1	2186.3	4.5	9838.463	18.181
Σ			416038.600	768.834

Tabel 5.3.a Kontrol terhadap waktu getar alami struktur dengan dukungan jepit Fleksibel.

Lantai	W_i (kN)	d_i (m)	$W_i \cdot d_i^2$	F_i (kN)	$F_i \cdot d_i$ (kN.m)
10	1444.9	0.277815	111.51723	182.213	50.6215046
9	2186.3	0.251192	137.95147	248.911	62.5245021
8	2186.3	0.224513	110.20409	222.105	49.8655496
7	2186.3	0.197780	85.52231	195.300	38.6263548
6	2186.3	0.171013	63.94005	168.494	28.8146131
5	2186.3	0.144242	45.48814	141.688	20.4373460
4	2186.3	0.117510	30.19008	114.882	13.4997955
3	2186.3	0.090873	18.05445	88.076	8.0037548
2	2186.3	0.064396	9.06635	61.270	3.9455718
1	2186.3	0.038162	3.18402	34.464	1.3152392
Σ			615.11822	1478.5	277.6542321

Waktu *Reyleigh* struktur dengan dukungan jepit fleksibel adalah

$$T_n = 6,30 \cdot \sqrt{\frac{615,11822}{9,81 \cdot 277,65232}}$$

$$= 2.6405 \text{ s.}$$

Karena waktu getar awal belum mendekati dari waktu *Reyleigh* maka perhitungan distribusi gaya gempa diulangi dengan T terpakai adalah $T - Reyleigh$, sampai didapatkan $T - Reyleigh \approx T - Reyleigh$ sebelumnya.

Setelah dilakukan beberapa hitungan,

$$T = 2.6405 \text{ s, didapat } C = 0,035, \text{ maka}$$

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot Wt$$

$$= 0,035 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 21121,8031 \text{ kN}$$

$$= 739.263 \text{ kN.}$$

Distribusi gaya geser dasar dapat dilihat pada Tabel 5.3.b.

Tabel 5.3.b Distribusi gaya geser horizontal koreksi dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i \cdot h_i$ (kN.m)	F_i (kN)
10	1444.9	0.10931	17.2662506	92.427
9	2186.3	0.09891	21.3926888	126.260
8	2186.3	0.08848	17.1195874	112.660
7	2186.3	0.07803	13.3118352	99.065
6	2186.3	0.06755	9.9762064	85.468
5	2186.3	0.05706	7.1188312	71.871
4	2186.3	0.04658	4.7446799	58.274
3	2186.3	0.03614	2.8563484	44.676
2	2186.3	0.02577	1.4520355	31.079
1	2186.3	0.01549	0.5250612	17.482
Σ			95.7635252	739.260

5.4 Gaya-Gaya Dalam Balok Penghubung

5.4.1 Momen rencana balok penghubung

Momen rencana balok dihitung berdasarkan ke-3 pembebanan. Hasil-hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.4, masing-masing adalah berdasarkan tinjauan yang dilakukan dalam penelitian.

Tabel 5.4.a Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit lantai 1 sampai lantai 5.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1,2M_D+1,6M_L$	$0,9(M_D + M_E)$		$1,05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos. Maks	Momen Neg. Maks
		M_D	M_L	M_E kiri	M_E kanan		E kiri	E kanan	E Kiri	E kanan		
1	tump kiri	-3.19	-0.63	133.33	-133.33	-4.848	117.117	-122.88	135.975	-144.02	135.975	-144.020
	lapangan	1.80	0.35	0	0	2.720	1.62	1.62	2.2575	2.2575		
	tump kanan	-3.19	-0.63	-133.33	133.33	-4.848	-122.88	117.117	-144.02	135.975		
2	tump kiri	-3.15	-0.62	196.56	-196.56	-4.784	174.06	-179.75	202.419	-210.36	202.419	-210.360
	lapangan	1.84	0.36	0	0	2.784	1.656	1.656	2.31	2.31		
	tump kanan	-3.15	-0.62	-196.56	196.56	-4.784	-179.75	174.06	-210.36	202.419		
3	tump kiri	-3.13	-0.62	233.48	-233.48	-4.760	207.306	-212.96	241.206	-249.1	241.206	-249.100
	lapangan	1.86	0.36	0	0	2.808	1.674	1.674	2.331	2.331		
	tump kanan	-3.13	-0.62	-233.48	233.48	-4.760	-212.96	207.306	-249.1	241.206		
4	tump kiri	-3.13	-0.62	249.96	-249.96	-4.748	222.147	-227.78	258.521	-266.4	258.521	-266.400
	lapangan	1.86	0.37	0	0	2.824	1.674	1.674	2.3415	2.3415		
	tump kanan	-3.13	-0.62	-249.96	249.96	-4.748	-227.78	222.147	-266.4	258.521		
5	tump kiri	-3.12	-0.61	250.79	-250.79	-4.732	222.894	-228.53	259.403	-267.26	259.403	-267.260
	lapangan	1.87	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.12	-0.61	-250.79	250.79	-4.732	-228.53	222.894	-267.26	259.403		

Tabel 5.4.b Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit lantai 6 sampai lantai 10.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1,2M_D + 1,6M_L$	$0,9 (M_D + M_E)$		$1,05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos.	Momen Neg.
		M_D	M_L	M_E kiri	M_E kanan		E kiri	E kanan	E Kiri	E kanan	Maks	Maks
6	tump kiri	-3.11	-0.61	240.19	-240.19	-4.732	213.354	-218.988	248.273	-256.127	248.273	-256.127
	lapangan	1.88	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.11	-0.61	-240.19	240.19	-4.732	-218.988	213.354	-256.127	248.273		
7	tump kiri	-3.11	-0.61	222.14	-222.14	-4.732	197.109	-202.743	229.320	-237.174	229.320	-237.174
	lapangan	1.88	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.11	-0.61	-222.14	222.14	-4.732	-202.743	197.109	-237.174	229.320		
8	tump kiri	-3.12	-0.61	200.79	-200.79	-4.720	177.903	-183.519	206.913	-214.746	206.913	-214.746
	lapangan	1.88	0.37	0	0	2.848	1.692	1.692	2.363	2.363		
	tump kanan	-3.12	-0.61	-200.79	200.79	-4.720	-183.519	177.903	-214.746	206.913		
9	tump kiri	-3.11	-0.62	180.85	-180.85	-4.724	159.966	-165.564	185.976	-193.809	185.976	-193.809
	lapangan	1.89	0.37	0	0	2.860	1.701	1.701	2.373	2.373		
	tump kanan	-3.11	-0.62	-180.85	180.85	-4.724	-165.564	159.966	-193.809	185.976		
10	tump kiri	-2.42	-0.23	168.02	-168.02	-3.272	149.040	-153.396	173.639	-179.204	173.639	-179.204
	lapangan	1.59	0.17	0	0	2.180	1.431	1.431	1.848	1.848		
	tump kanan	-2.42	-0.23	-168.02	168.02	-3.272	-153.396	149.040	-179.204	173.639		

Tabel 5.4.c Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel lantai 1 sampai lantai 5.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1,2M_D + 1,6M_L$	$0,9 (M_D + M_E)$		$1,05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos. Maks	Momen Neg. Maks
		M_D	M_L	M_E kiri	M_E kanan		E kiri	E kanan	E Kiri	E kanan		
1	tump kiri	-3.17	-0.62	97.85	-97.85	-4.796	85.212	-90.918	98.763	-106.722	98.763	-106.722
	lapangan	1.82	0.36	0	0	2.760	1.638	1.638	2.289	2.289		
	tump kanan	-3.17	-0.62	-97.85	97.85	-4.796	-90.918	85.212	-106.722	98.763		
2	tump kiri	-3.15	-0.62	119.93	-119.93	-4.772	105.102	-110.772	121.968	-129.885	121.968	-129.885
	lapangan	1.85	0.36	0	0	2.796	1.665	1.665	2.321	2.321		
	tump kanan	-3.15	-0.62	-119.93	119.93	-4.772	-110.772	105.102	-129.885	121.968		
3	tump kiri	-3.14	-0.62	131.51	-131.51	-4.760	115.533	-121.185	134.138	-142.034	134.558	-142.034
	lapangan	1.86	0.37	0	0	2.824	1.674	1.674	2.342	2.342		
	tump kanan	-3.14	-0.62	-131.91	131.91	-4.760	-121.545	115.893	-142.454	134.558		
4	tump kiri	-3.13	-0.61	134.87	-134.87	-4.732	118.566	-124.200	137.687	-145.541	137.687	-145.541
	lapangan	1.87	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-134.87	134.87	-4.732	-124.200	118.566	-145.541	137.687		
5	tump kiri	-3.13	-0.61	131.89	-131.89	-4.732	115.884	-121.518	134.558	-142.412	134.558	-142.412
	lapangan	1.87	0.37	0	0	2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-131.89	131.89	-4.732	-121.518	115.884	-142.412	134.558		

Tabel 5.4.d Momen rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel lantai 6 sampai lantai 10.

Lantai	Lokasi	Momen Lentur (kN.m)				$1,2M_D + 1,6M_L$	$0,9 (M_D + M_E)$		$1,05(M_D+M_{LR}+M_E)$		Momen Pos. Maks	Momen Neg. Maks
		M_D	M_L	M_E kiri	M_E kanan		E kiri	E kanan	E Kiri	E kanan		
6	tump kiri	-3.13	-0.61	124.30	-124.30	4.732	109.053	-114.687	126.588	-134.442	126.588	-134.442
	lapangan	1.87	0.37	0	0	-2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-124.30	124.30	4.732	-114.687	109.053	-134.442	126.588		
7	tump kiri	-3.13	-0.61	113.81	-113.81	4.732	99.612	-105.246	115.574	-123.428	115.574	-123.428
	lapangan	1.87	0.37	0	0	-2.836	1.683	1.683	2.352	2.352		
	tump kanan	-3.13	-0.61	-113.81	113.81	4.732	-105.246	99.612	-123.428	115.574		
8	tump kiri	-3.12	-0.61	102.27	-102.27	4.720	89.235	-94.851	103.467	-111.300	103.467	-111.300
	lapangan	1.88	0.37	0	0	-2.848	1.692	1.692	2.363	2.363		
	tump kanan	-3.12	-0.61	-102.27	102.27	4.720	-94.851	89.235	-111.300	103.467		
9	tump kiri	-3.11	-0.62	91.87	-91.87	4.708	79.884	-85.482	92.547	-100.380	92.547	-100.380
	lapangan	1.89	0.37	0	0	-2.860	1.701	1.701	2.373	2.373		
	tump kanan	-3.11	-0.62	-91.87	91.87	4.708	-85.482	79.884	-100.380	92.547		
10	tump kiri	-2.42	-0.23	85.29	-85.29	3.272	74.583	-78.939	86.772	-92.337	86.772	-92.337
	lapangan	1.59	0.17	0	0	-2.180	1.431	1.431	1.848	1.848		
	tump kanan	-2.42	-0.23	-85.29	85.29	3.272	-78.939	74.583	-92.337	86.772		

Untuk menentukan luas tulangan perlu, contoh perhitungan yang diambil adalah balok penghubung lantai 1 pada struktur dinding geser kopel dengan tinjauan dukungan jepit. Untuk balok-balok yang lainnya disajikan dalam bentuk tabel.

Balok Lantai 1,

$$M^- \text{ tumpuan} = 144,02 \text{ kN.m, dan}$$

$$M^+ \text{ tumpuan} = 135,975 \text{ kN.m.}$$

Tulangan tumpuan negatif,

$$\rho'/\rho = 135,975 / 144,02 = 0,97 ; \text{ dipakai } \rho'/\rho = 1,$$

$$M_u = T_s 2. (d - d'), \text{ diambil nilai } d = 520 \text{ mm, dan } d' = 80 \text{ mm}$$

$$\left(\frac{M_u}{b_w \cdot d} \right) 10^{-3} = \phi \cdot f_y \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$$

$$\rho = \frac{\left(\frac{M_u}{b_w \cdot d} \right) 10^{-3}}{\phi \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{d'}{d} \right)}$$

$$\rho = \frac{\left(\frac{144,02}{300 \cdot 520^2} \right) 10^{-3}}{0,8 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{80}{520} \right)}$$

$$= 0,0066, \text{ dengan syarat: } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035, \text{ dan } \rho_{maks} = 0,0244, \text{ jadi}$$

$$A_s = A_s' = \rho \cdot b_w \cdot d = 0,0066 \cdot 300 \cdot 520 = 1023 \text{ mm}^2.$$

Tulangan tumpuan positif,

$$\rho'/\rho = 144,018 / 135,975 = 1,02 ; \text{ dipakai } \rho'/\rho = 1,$$

$M_u = T_s 2 \cdot (d - d')$, diambil nilai $d = 520 \text{ mm}$, dan $d' = 80 \text{ mm}$

$$\left(\frac{M_u}{b_w \cdot d} \right) \cdot 10^{-3} = \phi \cdot f_y \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$$

$$\rho = \frac{\left(\frac{M_u}{b_w \cdot d} \right) \cdot 10^{-3}}{\phi \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} = \frac{\left(\frac{135,975}{300 \cdot 520^2} \right) \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{80}{520} \right)}$$

$$= 0,00619$$

dengan syarat: $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

$$A_s = A_s' = \rho \cdot b_w \cdot d = 0,00619 \cdot 300 \cdot 520 = 965,7 \text{ mm}^2.$$

Tulangan terpasang (A_s ; A_s') diambil berdasarkan harga maksimum dari 2 jenis tulangan tumpuan. Untuk balok-balok yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.5.a Luas tulangan tumpuan perlu pada balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit.

Balok Lantai	Momen neg	$Mn/(b_w \cdot d^2)$	ρ	A_s	$A_s' = A_s$
	Momen pos				
1	144.018	2.21921	0.00656	1023	1023
	135.975	2.09528	0.00619	966	
2	210.357	3.24145	0.00958	1494	1494
	202.419	3.11913	0.00922	1438	
3	249.102	3.83848	0.01134	1769	1769
	241.206	3.71681	0.01098	1713	
4	266.396	4.10497	0.01213	1892	1892
	258.521	3.98362	0.01177	1836	
5	267.257	4.11824	0.01217	1898	1898
	259.403	3.99721	0.01181	1842	
6	256.127	3.94673	0.01166	1819	1819
	248.273	3.82571	0.01130	1763	

Tabel 5.5.a (Lanjutan)

Balok Lantai	Momen neg	$Mn/(b_w d^2)$	ρ	As	$As' = As$
	Momen pos				
7	237.174	3.65468	0.01080	1684	1684
	229.320	3.53365	0.01044	1629	
8	214.746	3.30908	0.00978	1525	1525
	206.913	3.18838	0.00942	1470	
9	193.809	2.98646	0.00882	1376	1376
	185.976	2.86575	0.00847	1321	
10	179.204	2.76140	0.00816	1273	1273
	173.639	2.67565	0.00791	1233	

Tabel 5.5.b Luas tulangan tumpuan perlu pada balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel.

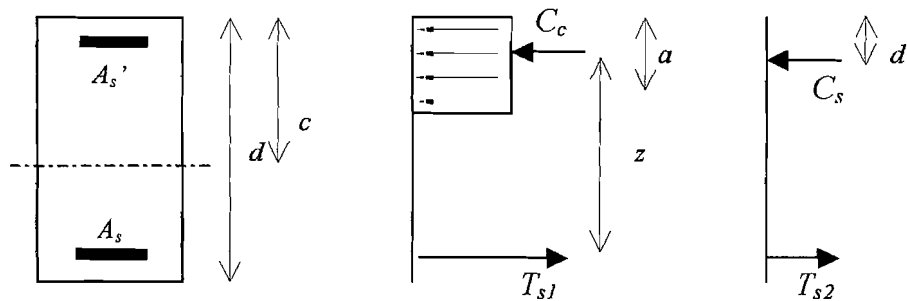
Balok Lantai	Momen neg	$Mn/(b_w d^2)$	ρ	As	$As' - As$
	Momen pos				
1	106.722	1.64451	0.00486	758,0	758,0
	98.763	1.52187	0.0045	701.4	
2	129.885	2.00143	0.00591	922.5	922.5
	121.968	1.87944	0.00555	866.3	
3	142.034	2.18864	0.00647	1009,0	1009,0
	134.558	2.07344	0.00613	955.7	
4	145.541	2.24268	0.00663	1034,0	1034,0
	145.541	2.24268	0.00663	1034,0	
5	142.412	2.19446	0.00648	1011,0	1011,0
	134.558	2.07344	0.00613	955.7	
6	134.442	2.07165	0.00612	954.8	954.8
	126.588	1.95063	0.00576	899.1	
7	123.428	1.90194	0.00562	876.6	876.6
	115.574	1.78091	0.00526	820.8	
8	111.300	1.71505	0.00507	790.5	790.5
	103.467	1.59435	0.00471	734.9	
9	100.370	1.54663	0.00457	712.9	712.9
	92.558	1.42625	0.00421	657.4	
10	92.337	1.42285	0.00420	655.8	655.8
	86.772	1.33709	0.00395	616.3	

5.4.2 Gaya geser rencana balok penghubung

Gaya geser rencana balok ($V_{u,b}$) dihitung dengan persamaan (3.14),

$$V_{u,b} = 0,7 \cdot \phi_0 \cdot \left(\frac{M_{nak,b} + M_{nak,b}'}{l_n} \right) + 1,05 \cdot V_g$$

Sebelum dapat menghitung gaya geser rencana balok, sebelumnya dihitung momen nominal aktual balok (M_{nak}).



Gambar 5.4 Analisa balok bertulangan rangkap.

dengan menganggap tulangan baja tarik telah leleh, maka harus diperiksa,

$$C_c + C_s = T_s, \text{ dengan}$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s,$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a, \text{ dan}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y.$$

Maka momen nominal aktual adalah :

$$M_n = 0,85 \cdot f_y \cdot b_w \cdot a \cdot (d - 0,5 \cdot a) + A_s' \cdot f_y \cdot (d - d')$$

Untuk contoh perhitungan diambil balok penghubung struktur dinding geser lantai 1 dengan tinjauan dukungan jepit, adapun urutan perhitungannya adalah sebagai berikut.

- Momen nominal aktual positif (asumsi balok persegi),

tulangan atas (A_s') = 1256,6 mm² , tulangan bawah (A_s) = 1256,6 mm²,

anggapan tulangan baja desak telah luluh ($f_s' = f_y$),

nilai a didapatkan dari persamaan kesetimbangan (mengacu Gambar 5.4),

$$C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_y = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{(A_s \cdot A_s') f_y}{(0,85 \cdot f_c') b} ,$$

$$A_s = A_s' ,$$

maka $a = 0$ mm.

Anggapan tulangan desak telah luluh salah, ($f_s \neq f_y$)

Persamaan kesetimbangan,

$$C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_s = A_s \cdot f_y$$

sedangkan, $a = \beta_1 \cdot c$ dan $f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s = (E_s) \cdot 0,003 \cdot (c - d')/c$

dengan substitusi didapat :

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c + 0,003 \cdot E_s \cdot A_s' \cdot (c - d')/c ,$$

$$A_s \cdot f_y \cdot c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c^2 + c \cdot (0,003) \cdot E_s \cdot A_s' + d' \cdot (0,003) \cdot E_s \cdot A_s'$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1) \cdot c^2 + (0,003 \cdot E_s \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - d' \cdot (0,003) \cdot E_s \cdot A_s' = 0$$

dimasukkan nilai $E_s = 200000$ MPa,

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot d' \cdot A_s' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 0,85) \cdot c^2 + (600 \cdot 1256,6 - 1256,6 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 60 \cdot 1256,6 = 0$$

$$6502,5 \cdot c^2 + 251320 \cdot c - 45237600 = 0$$

$$c = 66,30 \text{ mm.}$$

Kontrol tegangan tulangan tekan

$$f_s' = 600. (66,30 - 60) / 66,30 = 57,014 \text{ MPa} < f_y$$

dengan demikian berarti anggapan yang digunakan benar.

$$a = 0,85. 66,30 = 56,35 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85. f_c'. b. a = 0,85. 30. 300. 56,35. 10^{-3} = 431.116 \text{ kN}$$

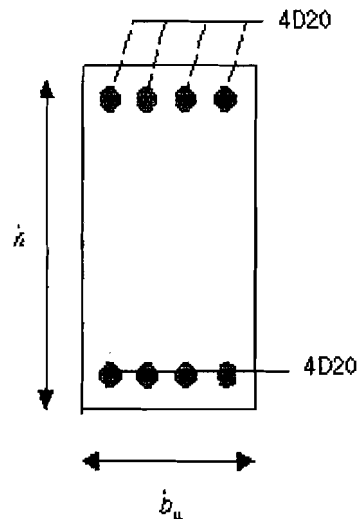
$$C_s = A_s'. f_s = 1256,6. 57,014. 10^{-3} = 71,644 \text{ kN}$$

$$C = C_c + C_s = (431.116 + 71,644) = 502,640 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s. f_y = 1256,6. 400. 10^{-3} = 502,640 \text{ kN}$$

Jadi momen nominal aktual yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} M_{nak}^+ &= C_c (d - 0,5.a) + C_s. (d - d') \\ &= 431,116.(540 - 0,5.56,35).10^{-3} + 71,644. (540 - 60). 10^{-3} \\ &= 255,045 \text{ kN.m.} \end{aligned}$$



Gambar 5.5 Asumsi penampang balok persegi dan tulangan terpasang.

- Momen nominal aktual negatif (asumsi balok tampang T),

diasumsikan pada masing sisi flens terdapat tulangan pelat 6D-10,

$$\rho'/\rho = 1256,6 / (1256,6 + 2.471,2) = 0,66$$

tulangan atas (A_s) = 2199,1 mm², tulangan bawah (A_s') = 1256,6 mm²,

dianggap tulangan baja desak telah luluh, $f_s' = f_y$,

$$C_s = A_s' \cdot f_y$$

$$= 1256,6 \cdot 400$$

$$= 502640 \text{ N,}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot a$$

$$= 7650 a$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= 2199,1 \cdot 400$$

$$= 879640 \text{ N.}$$

Nilai a didapatkan dari persamaan kesetimbangan

$$C_c + C_s = T_s$$

$$502640 + 7650 a = 879640$$

$$a = 49,28 \text{ mm}$$

$$c = a / 0,85 = 57,28 \text{ mm}$$

Kontrol tegangan tulangan baja

$$f_s' = 600 \cdot (57,28 - 60) / 57,28 = -28,492 \text{ MPa} < f_y$$

dengan demikian berarti anggapan yang digunakan salah.

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1) \cdot c^2 + (0,003 \cdot E_s \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - d' \cdot (0,003) \cdot E_s \cdot A_s' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 0,85) \cdot c^2 + (600 \cdot 1256,6 - 2199,1 \cdot 400) \cdot c - 60 \cdot 600 \cdot 1256,6 = 0$$

$$6502,5 \cdot c^2 - 125680 \cdot c - 45237600 = 0$$

$$c = 93,6 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot 93,6 = 79,56 \text{ mm}$$

Kontrol tegangan tulangan tekan

$$f_s' = 600 \cdot (93,6 - 60) / 93,6 = 215,38 \text{ MPa} < f_y$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = 0,85 \cdot 30 \cdot 300 \cdot 79,56 \cdot 10^{-3} = 608,98 \text{ kN}$$

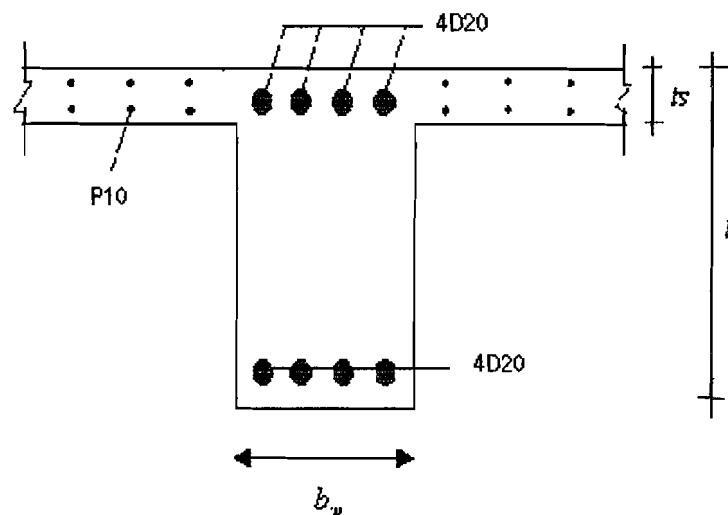
$$C_s = A_s' \cdot f_s' = 1256,6 \cdot 215,38 \cdot 10^{-3} = 270,66 \text{ kN}$$

$$C = C_c + C_s = (608,98 + 270,66) = 879,64 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y = 2199,1 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 879,64 \text{ kN}$$

Jadi momen nominal aktual negatif yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} M_{nak} &= C_c (d - 0,5 \cdot a) + C_s \cdot (d - d') \\ &= 608,98 \cdot (540 - 0,5 \cdot 79,56) + 270,66 \cdot (540 - 60) \\ &= 434.540 \text{ kN.m.} \end{aligned}$$



Gambar 5.6 Asumsi penampang balok T dan tulangan terpasang.

Tabel 5.6.a Tulangan dan momen nominal aktual balok penghubung dinding geser tinjauan jepit.

Balok Lantai	M^+	Tulangan Bawah		M	Tulangan Atas		M_{nak} (kN.m)	
		Perlu (mm^2)	Terpasang		Perlu (mm^2)	Terpasang	Pos.	Neg.
1	135.975	1023	4D-20	144.018	1023	4D-20	255.045	434.540
2	202.419	1494	5D-20	210.357	1494	5D-20	315.357	494.196
3	241.206	1769	6D-20	249.102	1769	6D-20	375.187	552.492
4	258.521	1892	6D-20	266.396	1892	6D-20	375.187	552.492
5	259.403	1898	6D-20	267.257	1898	6D-20	375.187	552.492
6	248.273	1819	6D-20	256.127	1819	6D-20	375.187	552.492
7	229.32	1684	6D-20	237.174	1684	6D-20	375.187	552.492
8	206.913	1525	5D-20	214.746	1525	5D-20	315.357	494.196
9	185.976	1376	5D-20	193.809	1376	5D-20	315.357	494.196
10	173.639	1373	5D-20	179.204	1373	5D-20	315.357	494.196

Tabel 5.6.b Tulangan dan momen nominal aktual balok penghubung dinding geser tinjauan jepit fleksibel.

Balok Lantai	M^+	Tulangan Bawah		M	Tulangan Atas		M_{nak} (kN.m)	
		Perlu (mm^2)	Terpasang		Perlu (mm^2)	Terpasang	Pos.	Neg.
1	98.763	758	3D-20	106.722	758	3D-20	194.370	374.817
2	121.968	923	3D-20	121.968	923	3D-20	194.370	374.817
3	134.558	1009	4D-20	129.885	1009	4D-20	254.986	434.511
4	137.687	1034	4D-20	134.558	1034	4D-20	254.986	434.511
5	134.558	1011	4D-20	142.034	1011	4D-20	254.986	434.511
6	126.588	955	4D-20	137.687	955	4D-20	254.986	434.511
7	115.574	877	3D-20	145.541	877	3D-20	194.370	374.817
8	103.467	791	3D-20	134.558	791	3D-20	194.370	374.817
9	92.547	713	3D-20	142.412	713	3D-20	194.370	374.817
10	86.772	656	3D-20	126.588	656	3D-20	194.370	374.817

Sedangkan gaya geser rencana balok penghubung dinding geser kopel disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7.a Gaya geser rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit.

Lantai	Balok	$M_{nak,b}$ (a)	$M_{nak,b}'$ (b)	$0,7 \cdot \phi_o \cdot \frac{a+b}{l_n}$	$1,05 \cdot Vg$	$V_{u,b}$	V_u terpakai
1	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	314.213
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	
2	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	366.737
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	
3	kiri-kanan	375.187	552.492	405.860	-12.558	393.302	418.418
	Kanan-kiri	552.492	375.187	405.860	12.558	418.418	
4	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	412.880
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	
5	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	412.880
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	
6	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	412.880
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	
7	kiri-kanan	375.187	539.834	400.322	-12.558	387.764	412.880
	Kanan-kiri	539.834	375.187	400.322	12.558	412.880	
8	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	366.737
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	
9	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	366.737
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	
10	kiri-kanan	315.357	494.196	354.179	-12.558	341.621	366.737
	Kanan-kiri	494.196	315.357	354.179	12.558	366.737	

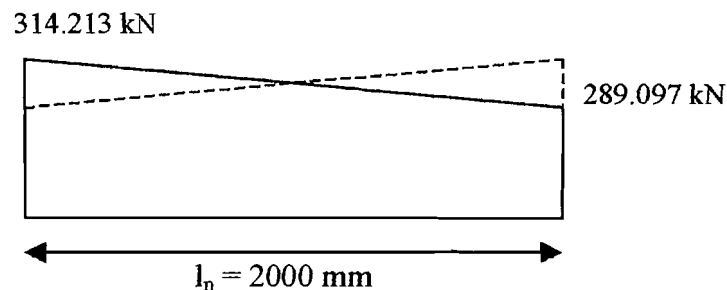
Tabel 5.7.b Gaya geser rencana balok penghubung struktur dinding geser dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	Balok	$M_{nak,b}$ (a)	$M_{nak,b}'$ (b)	$0,7 \cdot \phi_o \cdot \frac{a+b}{l_n}$	$1,05 \cdot Vg$	$V_{u,b}$	V_u terpakai
1	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	261.577
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	
2	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	261.577
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	
3	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	314.213
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	
4	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	314.213
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	
5	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	314.213
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	

Tabel 5.7.b (Lanjutan).

Lantai	Balok	$M_{nak,b}$ (a)	$M_{nak,b'}$ (b)	$0,7 \cdot \phi_o \cdot \frac{a+b}{l_n}$	$1,05 \cdot Vg$	$V_{u,b}$	V_u terpakai
6	kiri-kanan	254.986	434.511	301.655	-12.558	289.097	314.213
	Kanan-kiri	434.511	254.986	301.655	12.558	314.213	
7	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	261.577
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	
8	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	261.577
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	
9	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	261.577
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	
10	kiri-kanan	194.37	374.817	249.019	-12.558	236.461	261.577
	Kanan-kiri	374.817	194.37	249.019	12.558	261.577	

Perhitungan tulangan geser balok penghubung diambil contoh balok pada lantai 1 struktur dengan tinjauan dukungan jepit (dapat dilihat pada tabel 5.8).



Gambar 5.7 Gaya geser pada penampang balok.

Perencanaan penulangan geser ini tidak memperhitungkan kontribusi geser

pada beton ($V_c = 0$)
$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$V_u = \phi(V_c + V_s), \quad V_s = V_u / \phi = 314.213 / 0,6 = 523.588 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad S = \frac{2.78,5.400.550}{523,588.10^3}$$

dipakai sengkang D-10 mm ($A_v = 78.5 \text{ mm}^2$) dengan mutu baja $f_y = 400 \text{ MPa}$.

$$S = \frac{2.78,5.400.550}{523,588.10^3} = 65.955 \text{ mm} < d/4 = 137,5 \text{ mm}$$

digunakan sengkang D10–65 mm.

Tabel 5.8.a Penulangan geser balok penghubung dinding geser tinjauan jepit.

Lantai	V_u terpakai	V_s	S (mm)	Tul. geser	$V_u/\phi < V_c + V_s$
1	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
2	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000
3	418.418	697.363	49.529	D10-48	719.583
4	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
5	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
6	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
7	412.880	688.133	50.194	D10-50	690.800
8	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000
9	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000
10	366.737	611.228	56.509	D10-55	628.000

Tabel 5.8.b Penulangan geser balok penghubung dinding geser tinjauan jepit fleksibel.

Lantai	V_u terpakai	V_s	S (mm)	Tul. geser	$V_u/\phi < V_c + V_s$
1	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
2	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
3	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
4	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
5	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
6	314.213	523.688	65.955	D10-65	531.385
7	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
8	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
9	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533
10	261.577	435.962	79.227	D10-75	460.533

5.5 Gaya-Gaya Dalam Rencana Dinding Geser

5.5.1 Momen rencana dinding geser

Momen rencana dinding geser kopel dihitung berdasarkan 3 kombinasi pembebanan pada persamaan (3.22). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.9, yaitu:

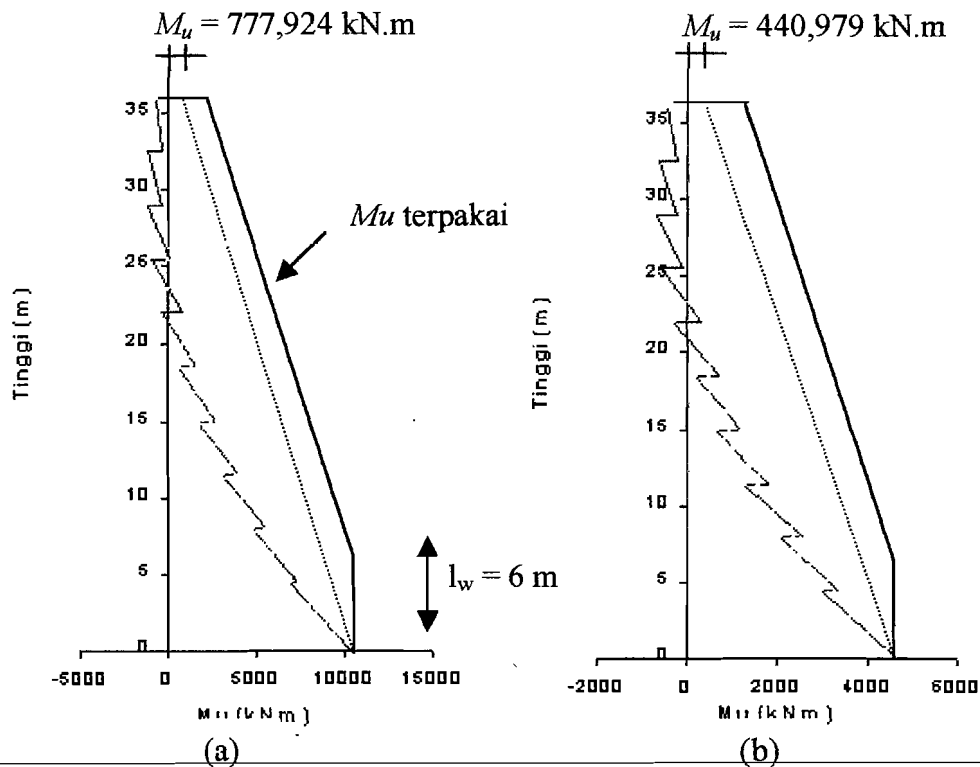
Tabel 5.9.a Momen rencana struktur dinding geser dengan dukungan jepit.

Lantai	Lokasi	M_D		M_L		M_E		$1,2 M_D + 1,6 M_L$		$0,9 (M_D + M_E)$		$1,05 (M_D + M_L + M_E)$		Momen Rencana	
		kiri	kanan	Kiri	kanan	Kiri	kanan	kiri	Kanan	kiri	Kanan	kiri	kanan	kiri	Kanan
1	bawah	-39.72	39.72	-7.44	7.44	-9844.8	-9844.8	-59.57	59.57	-8896.02	-8824.53	-10386.51	-10287.47	-10386.51	-10287.47
	Atas	-69.82	69.82	-13.7	13.7	-6518.1	-6518.1	-105.70	105.70	-5929.10	-5803.43	-6931.67	-6756.28	-7393.46	-7414.46
2	bawah	8.36	-8.36	1.64	-1.64	-7051.4	-7051.4	12.66	-12.66	-6338.73	-6353.78	-7393.46	-7414.46	-5543.21	-5610.73
	Atas	-51.27	51.27	-10.06	10.1	-4525.2	-4525.2	-77.62	77.68	-4118.78	-4026.49	-4815.80	-4686.97	-5543.21	-5610.73
3	bawah	26.87	-26.87	5.28	-5.28	-5311.4	-5311.4	40.69	-40.69	-4756.08	-4804.44	-5543.21	-5610.73	-3976.31	-4062.22
	Atas	-43.93	43.93	-8.61	8.61	-2893.9	-2893.9	-66.49	66.49	-2644.08	-2565.01	-3093.80	-2983.47	-3976.31	-4062.22
4	bawah	34.19	-34.19	6.72	-6.72	-3827.9	-3827.9	51.78	-51.78	-3414.31	-3475.85	-3976.31	-4062.22	-2648.37	-2741.51
	Atas	-41.06	41.06	-8.03	8.03	-1566.8	-1566.8	-62.12	62.12	-1447.06	-1373.15	-1696.66	-1593.57	-2648.37	-2741.51
5	bawah	37.05	-37.05	7.3	-7.3	-2566.6	-2566.6	56.14	-56.14	-2276.60	-2343.29	-2648.37	-2741.51	-1540.42	-1636.16
	Atas	-40.05	40.05	-7.8	7.8	-509.48	-509.48	-60.54	60.54	-494.58	-422.49	-585.20	-484.71	-1540.42	-1636.16
6	bawah	38.06	-38.06	7.53	-7.53	-1512.7	-1512.7	57.72	-57.72	-1327.14	-1395.65	-1540.42	-1636.16	-653.13	-749.33
	Atas	-39.94	39.94	-7.69	7.69	292.93	292.93	-60.23	60.23	227.69	299.58	257.57	357.59	-653.13	-749.33
7	bawah	38.17	-38.17	7.64	-7.64	-667.84	-667.84	58.03	-58.03	-566.70	-635.41	-653.13	-749.33	829.89	931.19
	Atas	-40.65	40.65	-7.59	7.59	838.61	838.61	-60.92	60.92	718.16	791.33	829.89	931.19	829.89	931.19
8	bawah	37.46	-37.46	7.74	-7.74	-49.95	-49.95	57.34	-57.34	-11.24	-78.67	-4.99	-99.91	1112.51	1218.01
	Atas	-42.81	42.81	-7.43	7.43	1109.77	1109.77	-63.26	63.26	960.26	1037.32	1112.51	1218.01	1112.51	1218.01
9	bawah	35.28	-35.28	7.9	-7.9	306.6	306.6	54.98	-54.98	307.69	244.19	367.27	276.59	1067.34	1183.86
	Atas	-48.44	48.44	-7.05	7.05	1072	1072	-69.41	69.41	921.20	1008.40	1067.34	1183.86	1067.34	1183.86
10	bawah	29.65	-29.65	8.28	-8.28	348.59	348.59	48.83	-48.83	340.42	287.05	405.85	326.19	633.47	777.92
	Atas	-62.68	62.68	-6.11	6.11	672.09	672.09	-84.99	84.99	548.47	661.29	633.47	777.92	633.47	777.92

Tabel 5.9.b Momen rencana struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	Lokasi	M_D		M_L		M_E		$1,2 M_D + 1,6 M_L$		$0,9 (M_D + M_E)$		$1,05 (M_D + M_L + M_E)$		Momen Rencana	
		kiri	kanan	Kiri	kanan	Kiri	kanan	kiri	Kanan	kiri	Kanan	kiri	kanan	kiri	Kanan
1	bawah	-2.49	2.49	-0.49	0.49	-4406.9	-4406.9	-3.77	3.77	-3968.41	-3963.92	-4630.32	-4624.06	-4630.32	-4624.06
	Atas	-59.25	59.25	-11.63	11.6	-2743.5	-2743.5	-89.71	89.66	-2522.48	-2415.83	-2955.11	-2806.29	-3280.58	-3326.93
2	bawah	18.9	-18.9	3.17	-3.17	-3146.4	-3146.4	27.75	-27.75	-2814.78	-2848.80	-3280.58	-3326.93	-2456.98	-2534.99
	Atas	-47.07	47.07	-9.23	9.23	-1883.3	-1883.3	-71.25	71.25	-1737.35	-1652.63	-2036.60	-1918.37	-1750.38	-1840.47
3	bawah	31.05	-31.05	6.1	-6.1	-2377.1	-2377.1	47.02	-47.02	-2111.47	-2167.36	-2456.98	-2534.99	-1144.08	-1238.85
	Atas	-42.26	42.26	-8.29	8.29	-1168.4	-1168.4	-63.98	63.98	-1089.59	-1013.53	-1279.90	-1173.74	-633.52	-729.91
4	bawah	35.85	-35.85	7.05	-7.05	-1709.9	-1709.9	54.30	-54.30	-1506.67	-1571.20	-1750.38	-1840.47	-222.98	-319.43
	Atas	-40.4	40.4	-7.91	7.91	-579.39	-579.39	-61.14	61.14	-557.81	-485.09	-659.09	-557.63	469.09	570.27
5	bawah	37.71	-37.71	7.42	-7.42	-1134.7	-1134.7	57.12	-57.12	-987.32	-1055.20	-1144.08	-1238.85	583.73	689.21
	Atas	-37.78	37.78	-7.75	7.75	-106.17	-106.17	-57.74	57.74	-129.56	-61.55	-159.29	-63.67	537.85	654.36
6	bawah	38.32	-38.32	7.58	-7.58	-649.25	-649.25	58.11	-58.11	-549.84	-618.81	-633.52	-729.91	296.52	440.98
	Atas	-39.84	39.84	-7.66	7.66	253.54	253.54	-60.06	60.06	192.33	264.04	216.34	316.09	296.52	440.98
7	bawah	38.27	-38.27	7.66	-7.66	-258.29	-258.29	58.18	-58.18	-198.02	-266.90	-222.98	-319.43	469.09	570.27
	Atas	-40.6	40.6	-7.58	7.58	494.93	494.93	-60.85	60.85	408.90	481.98	469.09	570.27	583.73	689.21
8	bawah	37.5	-37.5	7.75	-7.75	26.3	26.3	57.40	-57.40	57.42	-10.08	75.13	-19.90	537.85	654.36
	Atas	-42.8	42.8	-7.43	7.43	606.16	606.16	-63.25	63.25	507.02	584.06	583.73	689.21	537.85	654.36
9	bawah	35.3	-35.3	7.9	-7.9	185.02	185.02	55.00	-55.00	198.29	134.75	239.63	148.91	296.52	440.98
	Atas	-48.43	48.43	-7.05	7.05	567.72	567.72	-69.40	69.40	467.36	554.54	537.85	654.36	296.52	440.98
10	bawah	29.65	-29.65	8.28	-8.28	189.45	189.45	48.83	-48.83	197.19	143.82	238.75	159.10	296.52	440.98
	Atas	-62.68	62.68	-6.11	6.11	351.19	351.19	-84.99	84.99	259.66	372.48	296.52	440.98	296.52	440.98

Dari hasil kombinasi momen, momen rencana dinding geser yang dipakai dalam desain perencanaan dimodifikasi dan selanjutnya digunakan dalam menghitung kuat lentur perlu dinding geser (Gambar 5.8) dan hasilnya disajikan dalam Tabel 5.10).



Gambar 5.8 Momen rencana terpakai struktur dinding geser; (a)dukungan jepit
(b) dukungan jepit fleksibel

Tabel 5.10 Momen rencana struktur dinding geser yang digunakan dalam perencanaan.

Tingkat	Tinggi (m)	Momen (<i>fix</i>)		Momen (<i>flex</i>)	
		rencana	terpakai	rencana	Terpakai
1	0	-10386.5055	-10386.5055	-4630.3215	-4630.3215
	4.5	-6931.6695	-10386.5055	-2955.1095	-4630.3215
2	4.5	-7414.4595	-10386.5055	-3326.9250	-4630.3215
	8	-4815.8040	-9852.6997	-2036.6010	-4368.1816
3	8	-5610.7275	-9852.6997	-2534.9940	-4368.1816
	11.5	-3093.8040	-8918.5316	-1279.8975	-3909.4369

Tabel 5.10 (Lanjutan).

Tingkat	Tinggi (m)	Momen (<i>fix</i>)		Momen (<i>flex</i>)	
		rencana	terpakai	rencana	terpakai
4	11.5	-4062.2190	-8918.5316	-1840.4715	-3909.4369
	15	-1696.6635	-7984.3635	-659.0850	-3450.6922
5	15	-2741.5080	-7984.3635	-1238.8530	-3450.6922
	18.5	-585.1965	-7050.1954	-159.2850	-2991.9475
6	18.5	-1636.1625	-7050.1954	-729.9075	-2991.9475
	22	357.5880	-6116.0273	316.0920	-2533.2027
7	22	-749.3325	-6116.0273	-319.4310	-2533.2027
	25.5	931.1925	-5181.8593	570.2655	-2074.4580
8	25.5	-99.9075	-5181.8593	-75.1275	-2074.4580
	29	1218.0105	-4247.6912	689.2095	-1615.7133
9	29	367.2690	-4247.6912	239.6310	-1615.7133
	32.5	1183.8645	-3313.5231	654.3600	-1615.7133
10	32.5	405.8460	-3313.5231	238.7490	-1615.7133
	36	777.9240	-2379.3550	-440.9790	-698.2238

5.5.2 Aksial rencana dinding geser

Aksial rencana dinding geser kopel dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan, yakni :

$$N_{u,w} = 1,2 N_{D,w} + 1,6 N_{L,w},$$

$$N_{u,w} = 1,05 (N_{D,w} + N_{LR,w} + N_{E,w}), \text{ dan}$$

$$N_{u,w} = 0,9 (N_{D,w} + N_{E,w}).$$

Hasil-hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11.a Aksial rencana dinding geser dengan dukungan jepit.

Lantai	N_D		N_L		N_E		$1,2 N_{D,w} + 1,6 N_{L,w}$		$1,05(N_{D,w}+N_{L,w}+N_{E,w})$		$0,9 (N_{D,w} + N_{E,w})$		Aksial Rencana
	wall kiri	wall kanan	Wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	
1	-3921.6	-3922	-404.6	-404.6	2076.1	-2076.1	-5353.28	-5353.28	-2362.61	-6722.457	-1660.95	-5397.93	-6722.457
2	-3525.4	-3525	-361.6	-361.6	1942.8	-1942.8	-4809.04	-4809.04	-2041.39	-6121.251	-1424.34	-4921.38	-6121.251
3	-3129.2	-3129	-318.5	-318.5	1746.2	-1746.2	-4264.64	-4264.64	-1786.56	-5453.643	-1244.7	-4387.86	-5453.643
4	-2732.9	-2733	-275.5	-275.5	1512.8	-1512.8	-3720.28	-3720.28	-1570.52	-4747.29	-1098.09	-3821.13	-4747.290
5	-2336.8	-2337	-232.5	-232.5	1262.8	-1262.8	-3176.16	-3176.16	-1371.76	-4023.62	-966.6	-3239.64	-4023.620
6	-1940.6	-1941	-189.4	-189.4	1012	-1012	-2631.76	-2631.76	-1173.87	-3299.074	-835.74	-2657.34	-3299.074
7	-1544.4	-1544	-146.4	-146.4	771.81	-771.81	-2087.52	-2087.52	-964.864	-2585.665	-695.331	-2084.589	-2585.665
8	-1148.2	-1148	-103.3	-103.3	549.67	-549.67	-1543.12	-1543.152	-736.891	-1891.198	-538.677	-1528.083	-1891.198
9	-751.95	-752	-60.28	-60.28	348.87	-348.87	-998.788	-998.788	-486.532	-1219.159	-362.772	-990.738	-1219.159
10	-355.75	-355.8	-17.24	-17.24	168.02	-168.02	-454.484	-454.484	-215.215	-568.057	-168.957	-471.393	-568.057

Tabel 5.11.b Aksial rencana dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	N_D		N_L		N_E		$1,2 N_{D,w} + 1,6 N_{L,w}$		$1,05(N_{D,w} + N_{L,w} + N_{E,w})$		$0,9 (N_{D,w} + N_{E,w})$		Aksial Rencana
	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	wall kiri	wall kanan	
1	-3921.6	-3922	-404.6	-404.6	1166.9	-1166.9	-5353.28	-5353.328	-3317.24	-5767.818	-2479.19	-4579.65	-5767.818
2	-3525.4	-3525	-361.6	-361.6	1066.2	-1066.2	-4809.04	-4809.04	-2961.8	-5200.842	-2213.27	-4132.44	-5200.842
3	-3129.2	-3129	-318.5	-318.5	942.76	-942.76	-4264.64	-4264.704	-2630.2	-4609.999	-1967.8	-3664.764	-4609.999
4	-2732.9	-2733	-275.5	-275.5	807.37	-807.37	-3720.28	-3720.28	-2311.16	-4006.64	-1732.98	-3186.243	-4006.640
5	-2336.8	-2337	-232.5	-232.5	668.54	-668.54	-3176.16	-3176.16	-1995.73	-3399.66	-1501.43	-2704.806	-3399.660
6	-1940.6	-1941	-189.4	-189.4	532.77	-532.77	-2631.76	-2631.76	-1677.07	-2795.882	-1267.05	-2226.033	-2795.882
7	-1544.4	-1544	-146.4	-146.4	404.81	-404.81	-2087.52	-2087.472	-1350.21	-2200.31	-1025.63	-1754.289	-2200.310
8	-1148.2	-1148	-103.3	-103.3	287.65	-287.65	-1543.12	-1543.12	-1012.01	-1616.077	-774.495	-1292.265	-1616.077
9	-751.95	-752	-60.28	-60.28	182.37	-182.37	-998.788	-998.788	-661.357	-1044.334	-512.622	-840.888	-1044.334
10	-355.75	-355.8	-17.24	-17.24	87.5	-87.5	-454.484	-454.484	-299.761	-483.511	-241.425	-398.925	-483.511

5.5.3 Gaya geser rencana dinding geser

Gaya geser rencana dinding geser ($V_{u,w}$) yang dipakai dalam perencanaan adalah geser akibat dari gaya gempa (V_E) yang telah dimodifikasi, sehingga berjalan linier dari $V_{u,w maks}$ pada dasar sampai $0,5 V_{u,w maks}$ pada $1/3$ tinggi dinding geser, dan nilainya tetap sebesar $0,5 V_{u,w maks}$ sampai puncak dinding geser (lihat Gambar 5.9) dan hasilnya disajikan pada Tabel 5.12.

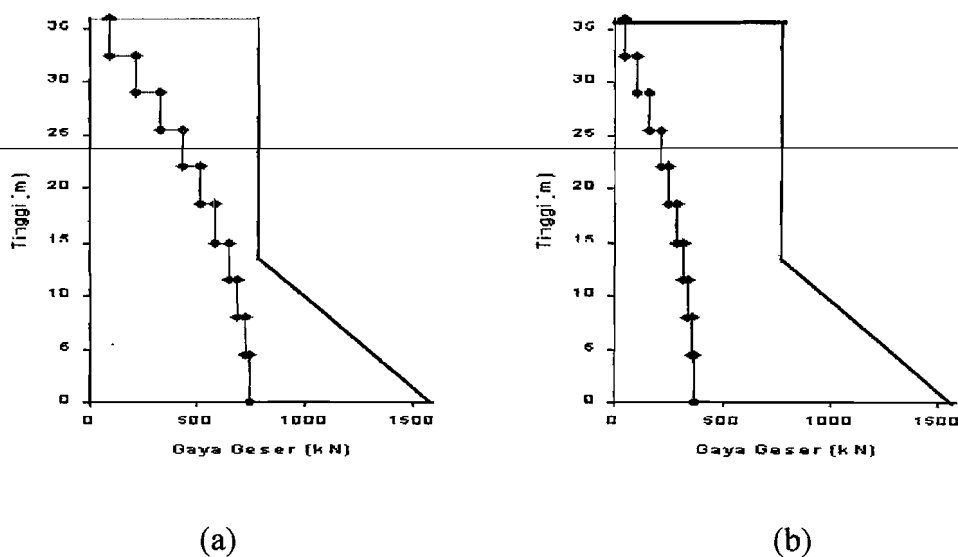
Perhitungan gaya geser dapat diperoleh dengan rumus

$$V_u = V_{wall} = \omega_N \cdot \phi_0 \cdot V_E,$$

dimana:

$$\omega_N = 1,4 + (10-5) \cdot (1,8 - 1,4) / 10 = 1,6$$

$$\begin{aligned} V_u = V_{wall} &= 1,6 \cdot 1,25 \cdot 739,26 \\ &= 1478,52 \text{ kN.} \end{aligned}$$



Gambar 5.9 Gaya geser rencana terpakai struktur dinding geser; (a)dukungan jepit (b) dukungan jepit fleksibel.

Tabel 5.12 Gaya geser rencana dinding geser.

Lantai	V_E		V_u	
	<i>Fix</i>	<i>flex</i>	<i>Fix</i>	<i>flex</i>
1	739.26	369.63	1478.52	739.26
2	721.78	360.89	1201.30	600.65
3	690.71	345.35	985.68	492.84
4	646.03	323.01	770.06	385.03
5	587.75	293.88	739.26	369.63
6	515.88	257.94	739.26	369.63
7	430.41	215.21	739.26	369.63
8	331.35	165.67	739.26	369.63
9	218.69	109.34	739.26	369.63
10	92.43	46.21	739.26	369.63

5.5.4 Desain dinding geser

1. Penulangan Lentur Dinding Geser

Tulangan lentur berfungsi menahan tegangan tarik yang terjadi akibat momen lentur. Tulangan lentur terdapat pada bagian kolom dinding geser. Pemasangan tulangan lentur harus memperhatikan besarnya beban dan kemampuan dalam menyerap energi bila terjadi sendi plastis.

Dalam perencanaan tulangan lentur untuk dinding geser dilakukan beberapa perhitungan sebagai berikut. Diambil contoh dinding geser lantai 1 pada struktur dengan dukungan jepit.

a. Data yang diperlukan,

$$f'_c = 30 \text{ MPa,}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa, dan}$$

hasil perhitungan kombinasi momen (Tabel 5.10)

$$M_u = 10386.5055 \text{ kN.m.}$$

b. Rasio penulangan,

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,03,$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,024,$$

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y = 1,4 / 400 = 0,0035,$$

dimana :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30}$$

$$= 15,686,$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{10386,5055 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 250 \cdot 6300^2}$$

$$= 1.308454 \text{ MPa},$$

sehingga

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right\} > \rho_{min}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 1,3085}{400}} \right\} > \rho_{min}$$

$$= 0,00336 < \rho_{min} = 0,0035$$

c. Menentukan luas tulangan tarik,

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{perlu} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 250 \cdot 6300$$

$$= 5292 \text{ mm}^2,$$

dipakai tulangan 14D22 untuk tiap sisi, $A_s \text{ terpakai} = 5321,4 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu}$.

d. Penulangan sengkang pada *boundary element*,

$$\rho_s = 0,12 \cdot \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

$$\rho_s = 0,3 \cdot \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \cdot \frac{f'_c}{f_y}$$

$$h_c = 600 - 2(40 + 10) = 500 \text{ mm}$$

$$b_c = 600 - 2(40 + 10) = 500 \text{ mm}$$

$$\rho_s = 0,3 \cdot \left(\frac{600 \cdot 600}{500 \cdot 500} - 1 \right) \cdot \frac{30}{400}$$

$$= 0,0099$$

$$\rho_s = 0,12 \cdot \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

$$\rho_s = 0,12 \cdot \left(\frac{30}{400} \right)$$

$$= 0,009$$

$$S_s = \frac{A_{\text{sengkang}}}{l_h \cdot \rho_s}$$

sengkang menggunakan tulangan D10, sehingga

$$\text{jarak tulangan } (l_x) = (600 - 40 \cdot 2 - 10 \cdot 2 - 4 \cdot 22) / 3 = 137 \text{ mm},$$

$$\text{jarak tulangan } (l_y) = (600 - 40 \cdot 2 - 10 \cdot 2 - 5 \cdot 22) / 4 = 130 \text{ mm},$$

$$S_{sx} = \frac{4.78,5}{137.0,0099} = 231,5 \text{ mm}$$

$$S_{sy} = \frac{5.78,5}{130.0,0099} = 304,97 \text{ mm, dengan syarat}$$

$$S_s < 24 \cdot D_s = 24 \cdot 10 = 240 \text{ mm,}$$

$$< 0,5 \cdot b_c = 300 \text{ mm, dan}$$

$$< 8 \cdot D_b = 8 \cdot 22 = 176 \text{ mm.}$$

Jadi tulangan sengkang yang digunakan adalah D10-175.

2. Penulangan geser

a. Gaya geser rencana (lihat Tabel 5.12),

$$V_u = V_{wall} = \omega_N \cdot \phi_0 \cdot V_E$$

$$\omega_N = 1,4 + (10 - 5) \cdot (1,8 - 1,4) / 10 = 1,6$$

$$V_u = V_{wall} = 1,6 \cdot 1,25 \cdot 739,26 = 1478,52 \text{ kN.}$$

Pada daerah plastis (ketinggian 0-6m) gaya geser beton tidak diperhitungkan

$$V_c = 0$$

$$V_{c1} = 0,25 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d + \left(\frac{N_u}{4 \cdot l_w} \right) = 0$$

$$V_{c2} = \left\{ \frac{f'_c}{20} + \frac{l_w \left(\sqrt{f'_c} + \frac{2 \cdot N_u}{l_w \cdot b_w} \right)}{10 \cdot \left(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} \right)} \right\} \cdot b_w \cdot d = 0$$

b. Menentukan tulangan geser horisontal.

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

$$\leq \phi (V_c + V_s)$$

$$V_u \leq \phi V_c + \phi \frac{A_v \cdot f'_c \cdot d}{S_2}, \text{ jadi}$$

$$\frac{A_v}{S_2} = \frac{(V_u - (\phi V_c))}{\phi \cdot f'_c \cdot d}$$

$$\frac{A_v}{S_2} = \frac{(1478520 - 0)}{0,6 \cdot 400 \cdot 6300} = 0,978 \text{ mm, dipakai } S_2 = 400 \text{ mm,}$$

$$A_v = 400 \cdot 0,978 = 391,2 \text{ mm}^2, \text{ maka dipakai tulangan 2D16,}$$

$$A_{v \text{ pakai}} = 2 \cdot 201,1 = 402,2 \text{ mm}^2 > 128,89 \text{ mm}^2.$$

Kontrol rasio tulangan horisontal.

$$\rho_h = \frac{A_v}{A_g} \geq \rho_{min}$$

$$= 402,2 / (250 \cdot 400) = 0,00402 > 0,0025.$$

c. Menentukan tulangan geser vertikal.

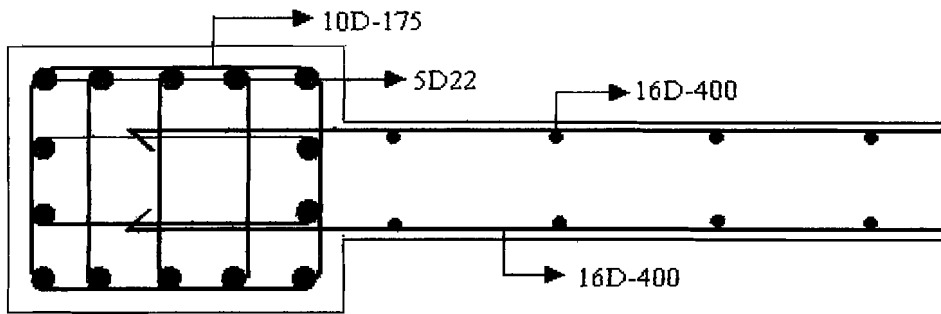
untuk penulangan geser dalam arah vertikal berlaku

$$\rho_n = 0,0025 + 0,5 \left[2,5 - (h_i / l_w) \right] (\rho_b - 0,0025) \geq \rho_{min}$$

$$= 0,0025 + 0,5 \cdot 2,5 - (4,5 / 6,6) (0,00402 - 0,0025)$$

$$= 0,00386 \geq 0,0025.$$

Jadi dengan menggunakan 2D16 – 400 memadai.



Gambar 5.10 Penempatan tulangan pada dinding geser

Tabel 5.13 Perhitungan tulangan lentur dinding geser untuk tiap tinjauan dukungan.

Tingkat	M_u	M_n	R_n	ρ perlu	A_s	Tul tiap	M_u	M_n	R_n	ρ perlu	A_s	Tul tiap
	(kN.m)	(kN.m)			(mm)	boundary	(kN.m)	(kN.m)			(mm)	boundary
	Dukungan jepit						Dukungan Jepit Fleksibel					
1	10386.5	12983.1	1.30845	0.00336	5292	14D22	4630.32	5787.9	0.58331	0.0025	3937.5	12D22
2	10386.5	12983.1	1.30845	0.00336	5291.47	14D22	4630.32	5787.9	0.58331	0.0025	3937.5	12D22
3	9852.7	12315.9	1.24121	0.00318	5012.36	14D22	4368.18	5460.23	0.55029	0.0025	3937.5	12D22
4	8918.53	11148.2	1.12352	0.00287	4525.88	12D22	3909.44	4886.8	0.4925	0.0025	3937.5	12D22
5	7984.36	9980.45	1.00584	0.00257	4041.85	12D22	3450.69	4313.37	0.43471	0.0025	3937.5	12D22
6	7050.2	8812.74	0.88816	0.0025	3937.5	12D22	2991.95	3739.93	0.37692	0.0025	3937.5	12D22
7	6116.03	7645.03	0.77048	0.0025	3937.5	12D22	2533.2	3166.5	0.31912	0.0025	3937.5	12D22
8	5181.86	6477.32	0.65279	0.0025	3937.5	12D22	2074.46	2593.07	0.26133	0.0025	3937.5	12D22
9	4247.69	5309.61	0.53511	0.0025	3937.5	12D22	1615.71	2019.64	0.20354	0.0025	3937.5	12D22
10	3313.52	4141.9	0.41743	0.0025	3937.5	12D22	1615.71	2019.64	0.20354	0.0025	3937.5	12D22

Tabel 5.14 Perhitungan tulangan geser dinding geser tinjauan dukungan jepit.

Lantai	Tinggi	V_u	M_u	N_u	$V_{c,1}$	$V_{c,2}$	$V_{c,terpakai}$	A_v/S_2	S_2	A_v	ρ_h	A_H	S_1	ρ_n
1	0,0	1478.52	10386.50	6722.46	0	0	0	0.978	400	402.2	0.0040	402	400	0.00386
	4.5	1201.30	10386.50	6722.46	0	0	0	0.795	400	402.2	0.0040	402	400	0.00386
2	4.5-6.0	1201.30	10386.50	6121.25	0	0	0	0.652	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	6.0-8.0	1078.08	9852.70	6121.25	2158.1	1439.34	1439.34	0.246	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
3	8,0	985.68	9852.70	5453.64	2158	1188.69	1188.694	0.220	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	11.5	770.06	8918.53	5453.64	2158	999.546	999.5464	0.142	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
4	11.5	770.06	8918.53	4747.29	2157.8	999.427	999.4272	0.142	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	15,0	739.26	7984.36	4747.29	2157.8	1081.64	1081.635	0.094	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
5	15,0	739.26	7984.36	4023.62	2157.6	1081.5	1081.5	0.094	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	18.5	739.26	7050.20	4023.62	2157.6	1259.89	1259.887	0.033	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
6	18.5	739.26	7050.20	3299.07	2157.4	1259.72	1259.723	0.033	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	22,0	739.26	6116.03	3299.07	2157.4	1533.5	1533.503	-0.059	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
7	22,0	739.26	6116.03	2585.66	2157.3	1533.3	1533.299	-0.059	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	25.5	739.26	5181.86	2585.66	2157.3	2006.97	2006.968	-0.214	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
8	25.5	739.26	5181.86	1991.20	2157.1	2006.74	2006.735	-0.214	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	29,0	739.26	4247.69	1991.20	2157.1	3025.25	2157.133	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
9	29,0	739.26	4247.69	1219.16	2156.9	3024.78	2156.949	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	32.5	739.26	3313.52	1219.16	2156.9	6801.74	2156.949	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
10	32.5	739.26	3313.52	568.057	2156.8	6800.8	2156.793	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321
	36,0	739.26	2379.36	568.057	2156.8	-18283	2156.793	-0.367	500	402.2	0.0032	402	500	0.00321

Tabel 5.15 Perhitungan tulangan geser dinding geser tinjauan dukungan jepit fleksibel.

Lantai	Tinggi	V_u	M_u	N_u	$V_{c,1}$	$V_{c,2}$	$V_{c,terpakai}$	A_v/S_2	S_2	A_H	ρ_h	A_v	S_1	ρ_n
1	0.0	739.26	4630.32	5767.81	0	0	0	0.488	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	4.5	600.65	4630.32	5767.82	0	0	0	0.477	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
2	4.5-6.0	600.65	4630.32	5200.84	0	0	0	0.456	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	6.0-8.0	539.02	4368.18	5200.84	2158.1	6029.13	2158.1	-0.174	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
3	8.0	492.84	4368.18	4610.00	2158	6028.38	2158	-0.174	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	11.5	385.03	3909.44	4610.00	2158	3781.46	2158	-0.169	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
4	11.5	385.03	3909.44	4006.64	2157.8	3780.99	2157.8	-0.169	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	15.0	369.63	3450.69	4006.64	2157.8	4937.12	2157.8	-0.224	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
5	15.0	369.63	3450.69	3399.66	2157.6	4936.49	2157.6	-0.224	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	18.5	369.63	2991.95	3399.66	2157.6	9540.73	2157.6	-0.321	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
6	18.5	369.63	2991.95	2795.88	2157.4	9539.48	2157.4	-0.321	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	22.0	369.63	2533.2	2795.88	2157.4	455746	2157.4	-0.486	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
7	22.0	369.63	2533.2	2200.31	2157.3	455686	2157.3	-0.485	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	25.5	369.63	2074.46	2200.31	2157.3	-9461.9	2157.3	-0.612	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
8	25.5	369.63	2074.46	1616.08	2157.1	-9460.7	2157.1	-0.612	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	29.0	369.63	1615.71	1616.08	2157.1	-4561.1	2157.1	-0.612	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
9	29.0	369.63	1615.71	1044.33	2156.9	-4560.5	2156.9	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	32.5	369.63	1156.97	1044.33	2156.9	-2950.4	2156.9	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
10	32.5	369.63	1156.97	483.511	2156.8	-2950	2156.8	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032
	36.0	369.63	698.224	483.511	2156.8	-2149.3	2156.8	-0.611	500	402.2	0.0032	402	500	0.0032

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari analisis, yang meliputi masalah umum, gaya geser dasar, simpangan, gaya-gaya dalam balok, gaya-gaya dalam dinding geser, dan tulangan dinding geser yang akan dijelaskan sebagai berikut.

6.1 Umum

Beban-beban yang bekerja pada struktur pada akhirnya akan disalurkan kedalam tanah. Untuk tujuan penyederhanaan kolom bangunan umumnya dianggap dijepit secara kaku oleh tanah dasar. Model analisis yang dipakai menjadi lebih sederhana karena gaya-gaya dalam yang bekerja pada ujung bawah kolom semuanya dianggap ditahan secara sempurna pada jepitan tanah. Namun demikian kedua anggapan tersebut tidaklah tepat. Tanah umumnya bukanlah material yang dapat menjepit secara kaku kolom struktur bangunan, sebab tanah tidak mampu menahan tegangan tarik dan akibatnya bila kolom bergoyang maka massa tanah disekitar kolom tidak dapat mengikatnya. Analisis struktur perlu memperhatikan pengaruh tanah yang mengakibatkan terjadinya rotasi pondasi.

Pada penelitian ini, kami mencoba membandingkan simpangan dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada dinding geser kopel simetris dengan dua tinjauan peneekangan, yaitu jepit dan jepit fleksibel.

6.2 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Gaya geser dasar untuk struktur dengan dukungan jepit ($T = 0,8344$ s) adalah 1478.526 kN, dan struktur dengan dukungan jepit fleksibel ($T = 2.6405$ s) adalah 739.263 kN. Perbedaan gaya geser dasar untuk struktur dengan dukungan jepit fleksibel sebesar 50 % lebih kecil dibanding dengan struktur dengan dukungan jepit. Hal ini terjadi karena struktur relatif kaku sehingga pengaruh fleksibilitas tanah terhadap rotasi pondasi menjadi signifikan. Pada struktur dengan dukungan jepit fleksibel yang menyebabkan rotasi pondasi mempunyai waktu getar struktur lebih besar dibandingkan pada struktur dengan dukungan jepit. Sesuai dengan teori bahwa rotasi pondasi akan mempengaruhi waktu getar struktur.

6.3 Simpangan Struktur

Simpangan struktur yang akan dibahas meliputi simpangan absolut, simpangan relatif, dan simpangan antar tingkat seperti berikut ini.

6.3.1 Simpangan absolut

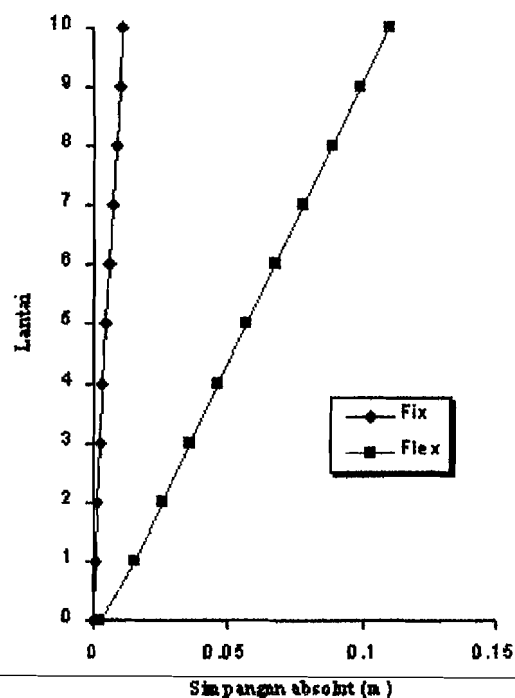
Simpangan absolut struktur dinding kopel ditunjukkan pada Tabel 6.1 dan disajikan pada Gambar 6.1.

Tabel 6.1 Simpangan absolut untuk berbagai macam tinjauan.

Tinggi	Simpangan Absolut		Tinggi
	mm	mm	
0	0	0.002504	
1	5.56E-04	0.015497	2787.23
2	0.001375	0.025771	1874.255
3	0.002427	0.036145	1489.287
4	0.003635	0.046585	1281.568

Tabel 6.1 (Lanjutan)

Lantai	Kondisi Pengekangan		flex / fix %
	Fix	Flex	
5	0.004933	0.057062	1156.74
6	0.006267	0.06755	1077.868
7	0.007594	0.07803	1027.522
8	0.008883	0.088489	996.1612
9	0.010117	0.098918	977.7404
10	0.011293	0.109316	967.9979



Gambar 6.1 Grafik simpangan absolut lawan lantai struktur.

Struktur dengan asumsi dukungan jepit fleksibel pada Gambar 6.1 menunjukkan simpangan absolut yang relatif besar dibandingkan dengan simpangan absolut pada kondisi jepit. Simpangan absolut untuk struktur dengan dukungan jepit fleksibel memiliki perbedaan 2787.23 % pada lantai 1 dan mengecil ketinggian atas terhadap struktur dengan dukungan jepit. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada struktur dengan dukungan jepit, struktur

dianggap benar-benar dikekang penuh oleh tanah yang menjadikan kekakuan struktur lebih kecil dari kekakuan tanah ($k_s = \sim$) sehingga struktur berperilaku menurut lentur, sedangkan struktur dengan dukungan jepit fleksibel nilai simpangan absolut lebih besar dikarena tanah yang memiliki sifat fleksibel yang memungkinkan penambahan simpangan, yaitu akibat deformasi pada dukungan.

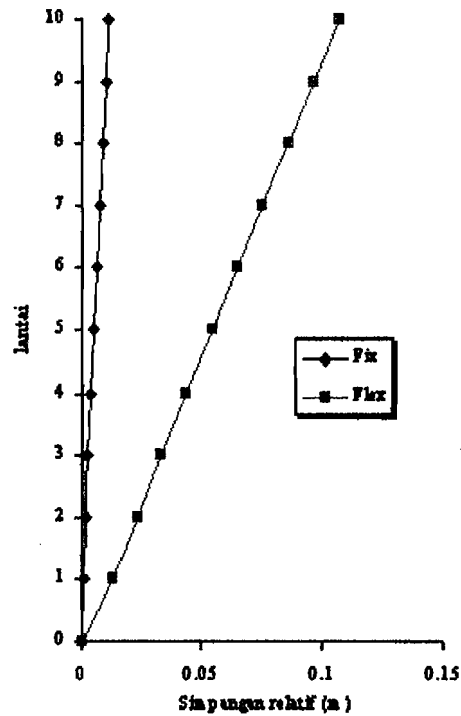
Simpangan absolut memiliki pengaruh terhadap kemungkinan terjadinya benturan antara bangunan yang berdekatan (*structural pounding*). *Structural pounding* ini dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada bangunan bahkan dapat menyebabkan kerusakan total, oleh karenanya *structural pounding* ini perlu diperhatikan agar dapat memaksimalkan penggunaan lahan.

6.3.1 Simpangan relatif

Simpangan relatif lantai ke- i didapat dari pengurangan simpangan absolut tiap lantai ke- i terhadap perpindahan dukungan akibat tanah ditunjukkan pada Tabel 6.1 dan disajikan pada Gambar 6.2.

Tabel 6.2 Simpangan relatif untuk berbagai macam tinjauan.

Lantai	Kondisi Pengawasan		flex. fix %
	FE	flex	
1	5.56E-04	0.012993	2336.87
2	0.001375	0.023267	1692.15
3	0.002427	0.033641	1386.12
4	0.003635	0.044081	1212.68
5	0.004933	0.054558	1105.98
6	0.006267	0.065046	1037.91
7	0.007594	0.075526	994.548
8	0.008883	0.085985	967.973
9	0.010117	0.096414	952.99
10	0.011293	0.106812	945.825



Gambar 6.2 Grafik simpangan relatif lawan lantai struktur.

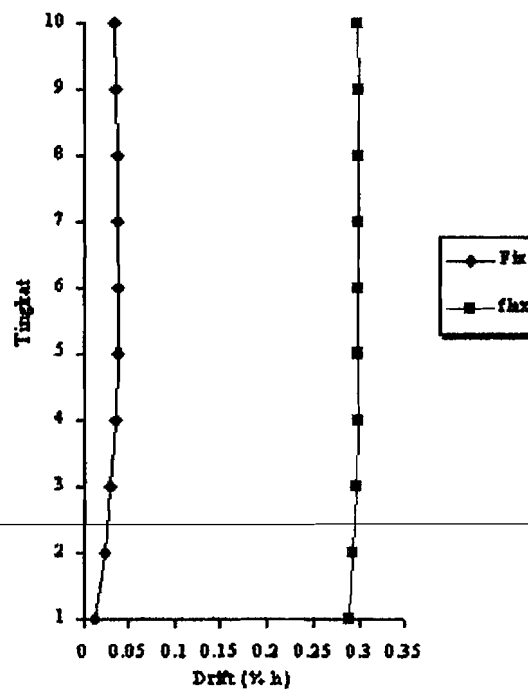
Struktur dengan dukungan jepit pada Gambar 6.2 menunjukkan bentuk simpangan relatif kantilever sehingga struktur berperilaku menurut lentur. Struktur dengan dukungan jepit fleksibel menunjukkan bentuk simpangan yang relatif linear, ini disebabkan pengekangan yang tidak penuh pada dukungan yang menjadikan kekakuan struktur lebih besar dari kekakuan dukungan.

6.3.1 Simpangan antar tingkat

Simpangan antar tingkat adalah simpangan yang terjadi pada tiap tingkat, simpangan ini dihitung dengan cara simpangan absolut lantai atas dikurangi simpangan absolut dibawahnya Simpangan antar tingkat yang terjadi pada masing-masing tinjauan ditunjukkan pada Tabel 6.3 dibawah ini dan disajikan pada Gambar 6.3.

Tabel 6.3 Simpangan Antar tingkat untuk berbagai macam tinjauan.

Lantai	Simpangan antar tingkat		$(\text{Drift} / h) \times 100 \%$	
	<i>Fix</i>	<i>Flex</i>	<i>Fix</i>	<i>Flex</i>
0-1	0.000556	0.012993	0.012356	0.288733
1-2	0.000819	0.010274	0.0234	0.293543
2-3	0.001052	0.010374	0.030057	0.2964
3-4	0.001208	0.01044	0.034514	0.298286
4-5	0.001298	0.010477	0.037086	0.299343
5-6	0.001334	0.010488	0.038114	0.299657
6-7	0.001327	0.01048	0.037914	0.299429
7-8	0.001289	0.010459	0.036829	0.298829
8-9	0.001234	0.010429	0.035257	0.297971
9-10	0.001176	0.010398	0.0336	0.297086

**Gambar 6.3** Grafik prosentase simpangan antar tingkat lawan tinggi tingkat.

Prosentase simpangan antar tingkat dibandingkan tinggi lantai yang terjadi masih memenuhi persyaratan pada Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung (PPTGIUG, 1983) yakni sebesar 0,5 %.

Simpangan antar tingkat struktur untuk dukungan jepit fleksibel memiliki perbedaan nilai yang besar jika dibandingkan dengan dukungan jepit. Pada struktur dengan dukungan jepit fleksibel, simpangan tiap tingkat stuktur yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh defleksi lentur seperti pada dukungan jepit, tetapi juga dipengaruhi oleh defleksi geser dan rotasi pondasi akibat gaya lateral gempa.

6.4 Gaya-Gaya Dalam Balok Penghubung (*Coupling Beam*)

Pada penelitian ini bertujuan membandingkan gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok penghubung hasil dari analisis.

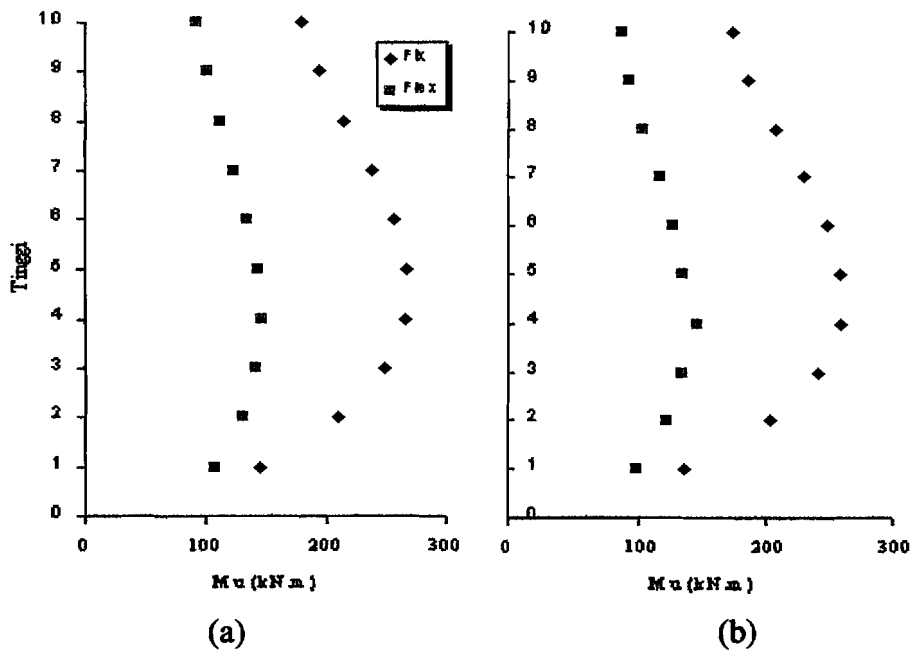
6.4.1 Momen rencana balok penghubung

Momen rencana yang digunakan dalam desain balok penghubung adalah momen maksimum hasil dari kombinasi pembebanan pada persamaan (3.14).

Hasil keseluruhan momen rencana balok penghubung dapat dilihat pada Tabel 6.4 dan disajikan pada Gambar 6.4.

Tabel 6.4 Momen rencana balok penghubung.

Lantai	kondisi pengekangan				<i>flex/fix</i> %	
	<i>Fix</i>		<i>Flex</i>		<i>M</i> ⁻	<i>M</i> ⁺
	<i>M</i> ⁻	<i>M</i> ⁺	<i>M</i> ⁻	<i>M</i> ⁺		
1	144.018	135.975	106.722	98.763	74.103	72.633
2	210.357	202.419	129.885	121.968	61.745	60.255
3	249.102	241.206	142.034	134.558	57.018	55.786
4	266.396	258.521	145.541	145.541	54.633	56.298
5	267.257	259.403	142.412	134.558	53.287	51.872
6	256.127	248.273	134.442	126.588	52.490	50.987
7	237.174	229.320	123.428	115.574	52.041	50.399
8	214.746	206.913	111.300	103.467	51.829	50.005
9	193.809	185.976	100.370	92.558	51.788	49.769
10	179.204	173.639	92.337	86.772	51.526	49.973



Gambar 6.4 Grafik perbandingan momen rencana balok tiap tingkat struktur
(a) Momen negatif, dan (b) Momen positif.

Momen rencana balok penghubung dinding geser pada kedua tinjauan kecil pada tingkat bawah, membesar sampai pada tingkat tengah, dan cenderung mengecil sampai pada tingkat atas. Perbandingan momen rencana balok penghubung struktur dengan dukungan jepit fleksibel lebih kecil dibanding dukungan jepit. Hal ini disebabkan besarnya momen balok dipengaruhi oleh gaya horisontal yang terjadi. Sesuai dengan teori bahwa makin besar gaya horisontal, pada ujung-ujung balok akan timbul momen yang lebih besar pula.

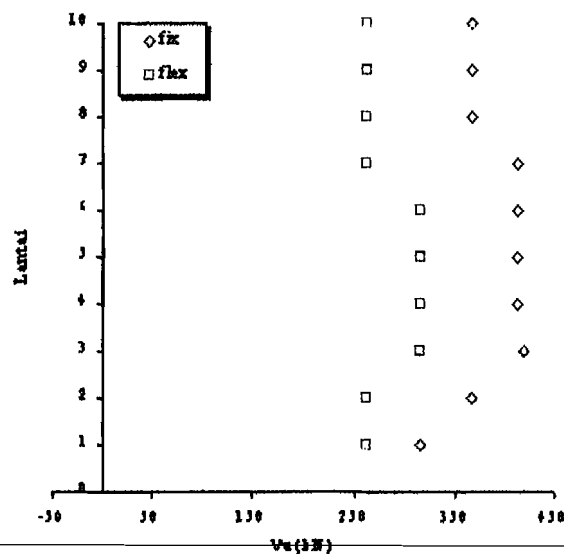
6.4.2 Gaya geser rencana balok penghubung

Perbandingan gaya geser rencana yang digunakan untuk rencana desain balok penghubung dinding geser adalah menurut persamaan (3.15).

Hasil keseluruhan gaya geser balok penghubung dapat dilihat pada Tabel 6.5 dan disajikan pada Gambar 6.5.

Tabel 6.5 Gaya geser rencana balok penghubung pada berbagai macam tinjauan.

Lantai	Kondisi Pengekangan		<i>flex / fix</i> %
	<i>Fix</i>	<i>Flex</i>	
1	314.213	261.577	83.2483
2	366.737	261.577	71.3255
3	418.418	314.213	75.0955
4	412.880	314.213	76.1027
5	412.880	314.213	76.1027
6	412.880	314.213	76.1027
7	412.880	261.577	63.3542
8	366.737	261.577	71.3255
9	366.737	261.577	71.3255
10	366.737	261.577	71.3255



Gambar 6.5 Grafik perbandingan gaya geser rencana balok penghubung.

Perbandingan gaya geser rencana balok penghubung dinding geser diatas menunjukkan bahwa, pada struktur dengan dukungan jepit fleksibel memiliki gaya geser rencana relatif lebih kecil dibanding balok penghubung pada struktur dengan dukungan jepit. Hal ini disebabkan gaya geser balok penghubung dipengaruhi oleh momen kapasitas balok pada tumpuan. Karena bentang balok penghubung relatif pendek maka gaya geser yang terjadi pada masing-masing ujung balok akan besar.

6.5 Gaya Dalam Dinding Geser Kopel

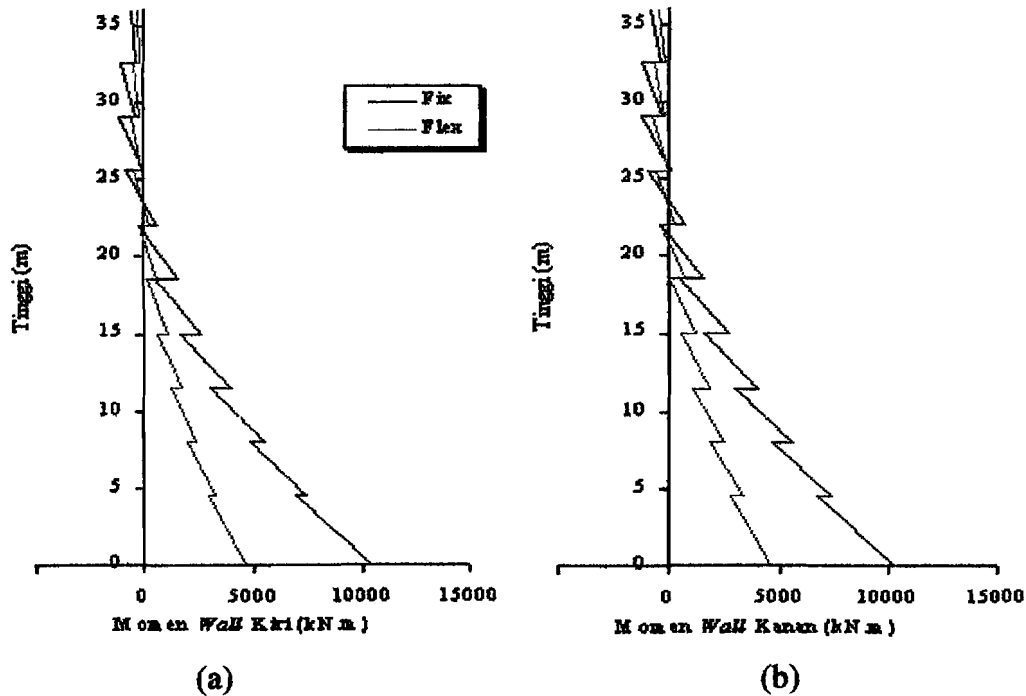
Pada penelitian ini bertujuan membandingkan gaya-gaya dalam yang terjadi pada dinding geser kopel hasil dari analisis

6.5.1 Momen dinding geser

Momen rencana dinding geser kopel didapat dari hasil kombinasi pembebanan menurut persamaan (3.22). Hasil kombinasi momen rencana dinding geser dapat dilihat pada Tabel 6.6 dan disajikan pada Gambar 6.6.

Tabel 6.6 Momen maksimum dinding geser pada kedua tinjauan.

Tingkat	Tinggi	Momen (<i>fix</i>)		Momen (<i>flex</i>)	
		<i>Wall</i> kiri	<i>Wall</i> kanan	<i>Wall</i> kiri	<i>Wall</i> kanan
1	0.0	-10386.51	-10287.47	-4630.32	-4624.06
	4.5	-6931.67	-6756.28	-2955.11	-2806.26
2	4.5	-7393.46	-7414.46	-3280.58	-3326.93
	8.0	-4815.80	-4687.01	-2036.60	-1918.37
3	8.0	-5543.21	-5610.73	-2456.98	-2534.99
	11.5	-3093.80	-2983.47	-1279.90	-1173.74
4	11.5	-3976.31	-4062.22	-1750.38	-1840.47
	15.0	-1696.66	-1593.57	-659.09	-557.63
5	15.0	-2648.37	-2741.51	-1144.08	-1238.85
	18.5	-585.20	-484.71	-159.29	-63.67
6	18.5	-1540.42	-1636.16	-633.52	-729.91
	22.0	257.57	357.59	216.34	316.09
7	22.0	-653.13	-749.33	-222.98	-319.43
	25.5	829.89	931.19	469.09	570.27
8	25.5	-4.99	-99.91	75.13	-19.90
	29.0	1112.51	1218.01	583.73	689.21
9	29.0	367.27	276.59	239.63	148.91
	32.5	1067.34	1183.86	537.85	654.36
10	32.5	405.85	326.19	238.75	159.10
	36.0	633.47	777.92	296.52	440.98



Gambar 6.6 Grafik Perbandingan momen dinding geser tiap tingkat; (a) dinding geser kiri, dan (b) dinding geser kanan.

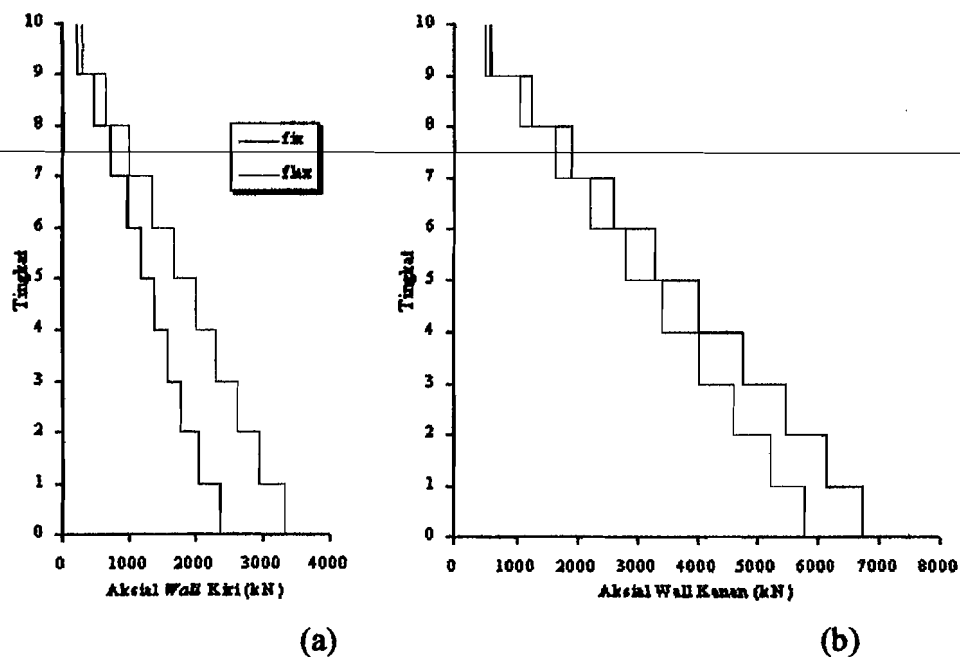
Perbandingan momen dinding geser diatas menunjukkan bahwa, pada struktur dengan dukungan jepit, momen yang terjadi lebih besar dibanding dengan momen yang terjadi pada struktur dengan dukungan jepit fleksibel. Hal ini terjadi karena gaya horisontal untuk tiap lantai struktur dengan dukungan jepit fleksibel lebih kecil daripada dukungan jepit. Sesuai dengan hipotesa awal bahwa semakin kaku suatu dukungan maka momen yang terjadi pada dinding geser akan semakin besar.

6.5.2 Gaya aksial dinding geser

Hasil kombinasi gaya aksial rencana dinding geser dapat dilihat pada Tabel 6.7 dan disajikan pada Gambar 6.7.

Tabel 6.7 Gaya aksial rencana dinding geser kopel.

Tingkat	Tinggi	Gaya Aksial (fix)		Gaya Aksial (flex)	
		Wall kiri	Wall kanan	Wall kiri	Wall kanan
1	0.0	2362.605	6722.457	3317.244	5767.818
	4.5	2362.605	6722.457	3317.244	5767.818
2	4.5	2041.392	6121.251	2961.801	5200.842
	8.0	2041.392	6121.251	2961.801	5200.842
3	8.0	1786.560	5453.643	2630.204	4610.000
	11.5	1786.560	5453.643	2630.204	4610.000
4	11.5	1570.515	4747.290	2311.164	4006.641
	15.0	1570.515	4747.290	2311.164	4006.641
5	15.0	1371.764	4023.623	1995.727	3399.661
	18.5	1371.764	4023.623	1995.727	3399.661
6	18.5	1173.874	3299.074	1677.065	2795.882
	22.0	1173.874	3299.074	1677.065	2795.882
7	22.0	964.864	2585.665	1350.214	2200.315
	25.5	964.864	2585.665	1350.214	2200.315
8	25.5	736.891	1891.198	1012.012	1616.077
	29.0	736.891	1891.198	1012.012	1616.077
9	29.0	486.532	1219.159	661.357	1044.334
	32.5	486.532	1219.159	661.357	1044.334
10	32.5	215.215	568.057	299.761	483.511
	36.0	215.215	568.057	299.761	483.511



Gambar 6.7 Grafik Perbandingan gaya aksial rencana struktur dinding geser; (a) dinding geser kiri, dan (b) dinding geser kanan.

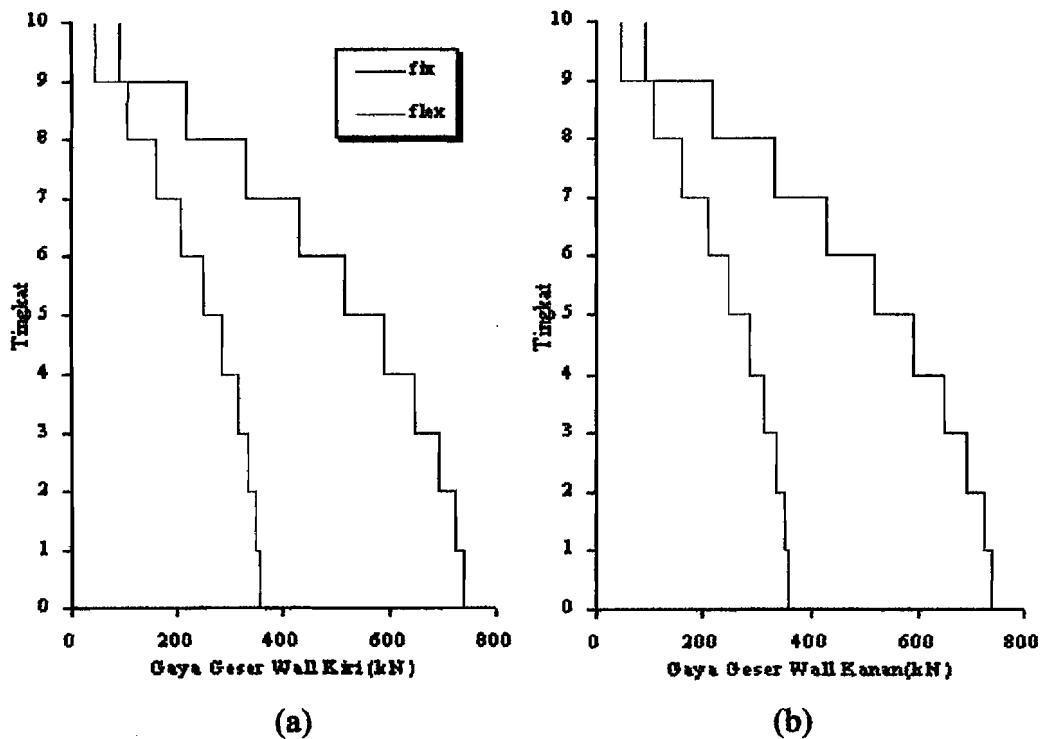
Gaya aksial dinding geser kiri yang terjadi lebih kecil dibanding dinding geser kanan untuk masing masing tinjauan. Hal ini disebabkan pengaruh gaya horisontal yang mengakibatkan gaya tarik vertikal pada dinding geser kiri, sehingga akan mengurangi gaya aksial akibat beban tetap, dan akibat yang diterima dinding geser kanan adalah penambahan gaya aksial. Untuk perencanaan diambil gaya aksial yang terbesar dari kedua dinding geser.

6.5.3 Gaya geser dinding geser

Perbandingan gaya geser rencana yang digunakan untuk desain dinding geser dapat dilihat pada Tabel 6.8 dan disajikan pada Gambar 6.8.

Tabel 6.8 Gaya geser rencana dinding geser kopel.

Tingkat	Tinggi	Gaya Geser (<i>fix</i>)		Gaya Geser (<i>flex</i>)	
		Wall kiri	Wall kanan	Wall kiri	Wall kanan
1	0.0	739.26	739.26	359.07	359.07
	4.5	739.26	739.26	359.07	359.07
2	4.5	721.78	721.78	350.58	350.58
	8.0	721.78	721.78	350.58	350.58
3	8.0	690.70	690.70	335.48	335.48
	11.5	690.70	690.70	335.48	335.48
4	11.5	646.03	646.03	313.78	313.78
	15.0	646.03	646.03	313.78	313.78
5	15.0	587.75	587.75	285.48	285.48
	18.5	587.75	587.75	285.48	285.48
6	18.5	515.88	515.88	250.57	250.57
	22.0	515.88	515.88	250.57	250.57
7	22.0	430.41	430.41	209.06	209.06
	25.5	430.41	430.41	209.06	209.06
8	25.5	331.35	331.35	160.94	160.94
	29.0	331.35	331.35	160.94	160.94
9	29.0	218.69	218.69	106.22	106.22
	32.5	218.69	218.69	106.22	106.22
10	32.5	92.43	92.43	44.89	44.89
	36.0	92.43	92.43	44.89	44.89



Gambar 6.8 Grafik Perbandingan gaya geser dinding geser tiap tingkat struktur; (a) dinding geser kiri, dan (b) dinding geser kanan.

Tampak pada gambar diatas bahwa gaya geser struktur dinding geser dengan dukungan jepit fleksibel lebih kecil dibanding struktur dengan dukungan jepit. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan waktu getar alami struktur yang mana semakin besar waktu getar alami tersebut maka akan semakin kecil koefisien gempa dasar.

6.6 Tulangan Dinding Geser

Penulangan pada dinding geser terdiri dari penulangan lentur dan penulangan geser.

Rekapitulasi penulangan dinding geser dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9 Rekapitulasi penulangan dinding geser pada kedua tinjauan dukungan.

Tingkat	<i>Boundary element</i>				Badan dinding geser			
	Tulangan lentur		Tulangan sengkang		Tulangan geser horizontal		Tulangan geser vertikal	
	<i>Fix</i>	<i>flex</i>	<i>fix</i>	<i>flex</i>	<i>fix</i>	<i>Flex</i>	<i>fix</i>	<i>flex</i>
1	14D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-400	D16-500	D16-400	D16-500
2	14D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
3	14D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
4	12D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
5	12D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
6	12D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
7	12D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
8	12D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
9	12D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500
10	12D22	12D22	D10-175	D10-175	D16-500	D16-500	D16-500	D16-500

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perbedaan untuk kedua tinjauan dukungan hanya terjadi pada jumlah tulangan lentur *boundary element* yaitu untuk tingkat satu, dua, dan tiga sedangkan untuk tulangan geser menunjukkan perbedaan pada tingkat pertama saja hal ini disebabkan rasio penulangan geser untuk tingkat yang lain masih lebih kecil dari rasio penulangan yang disyaratkan.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian beserta saran-saran yang dapat diajukan untuk dapat dilakukan penelitian lebih lanjut.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang studi komparasi dukungan jepit dan jepit fleksibel untuk analisis struktur 10 lantai dengan dinding geser kopel simetris maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Untuk struktur dengan tinjauan dukungan jepit fleksibel memiliki waktu getar alami struktur yang lebih besar dibandingkan tinjauan dukungan jepit hal ini terjadi karena pengaruh tanah ikut disertakan.
2. Simpangan absolut struktur dengan tinjauan dukungan jepit jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan tinjauan jepit fleksibel.
3. Untuk anggapan jepit fleksibel perlu lebih diperhatikan jarak antar bangunan karena rentan terhadap bahaya *structural pounding*.
4. Gaya geser lantai yang terjadi pada dinding geser dengan dukungan jepit lebih besar dibandingkan dukungan jepit fleksibel sehingga menyebabkan gaya-gaya dalam yang terjadi untuk tiap elemen lebih besar.

5. Analisis struktur dengan menyertakan pengaruh tanah akan menghasilkan gaya-gaya dalam yang kecil dibanding tanpa penyertaan pengaruh tanah, sehingga pada perencanaan akan lebih ekonomis.
6. Perencanaan penulangan belum mendapatkan hasil yang optimal. Hal ini disebabkan dimensi dinding geser yang terlalu besar serta struktur hanya ditinjau pada wilayah gempa III saja.

7.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hasil dari tugas akhir ini dan juga batasan-batasan dalam pengerjaan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut ini.

1. Dalam penelitian ini gaya geser dasar akibat gempa dihitung berdasarkan metode statik ekuivalen, sehingga perlu diteliti dengan menggunakan metode analisa dinamik.
2. Dalam penelitian ini tanah dianggap homogen, sehingga perlu diteliti dengan pemodelan tanah yang berlapis-lapis yang memiliki modulus elastis yang berbeda dan beban gempa yang digunakan berupa riwayat waktu (*time history*).
3. Struktur yang ditinjau pada penelitian ini adalah struktur dengan dinding geser kopel simetris, perlu diadakan penelitian dengan struktur dinding geser kopel asimetri.
4. Pada penelitian ini analisis struktur menggunakan 2 dimensi, dapat dikembangkan dengan analisis struktur 3 dimensi.

5. Perlu adanya penelitian dengan variasi tebal dan lebar dinding geser kopel untuk menentukan rasio tulangan yang optimal.
6. Pada penelitian ini tanah diasumsikan sebagai *spring* dengan nilai kekakuan tertentu, perlu diadakan penelitian dengan menggunakan metode *finite element*.

DAFTAR PUSTAKA

- Dowrick, D.J. 1987. **Earthquake Resistant Design**, John Wiley & Son, Ltd., Singapore.
- Haryono, A dan Husnadi. 1995. **Studi Komparatif Pemakaian Struktur Dinding Geser Pada Gedung Hotel Melia Rurasani Yogyakarta, Laporan Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Kusuma, G dan T. Andriono. 1993. **Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa**, Erlangga, Jakarta.
- Macleod, I.A. 1990. **Analytical Modelling of Structural Systems**, Ellis Horwood Limited, England.
- Park, R dan T. Paulay. 1975. **Reinforced Concrete Structures**, John Wiley and Son Inc., Canada.
- Penelis, G dan A.J. Kappos. 1997. **Earthquake-Resistant Concrete Structures**, E & FN SPON, UK.
- Sarwidi. 1999. **Teknik Gempa, Diktat Kuliah**, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sarwidi. 1999. **Penyusunan Proposal Penelitian**, disampaikan pada *Training Dasar-dasar Penelitian dan Metodologi Ilmiah yang diselenggarakan oleh LEM-UII pada tanggal 1 sampai 2 Juni 1999 di Kaliurang*.
- Scarlet, A.S. 1996. **Approximate Methods in Structural Seismic Design**, E & FN SPON, UK.
- Syamsudin, M dan A.S. Iryawan. 1999. **Analisis dan Desain Penulangan untuk Lentur dan Geser pada Struktur Dinding Geser, Laporan Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Wahana Komputer. 1998. **Analisis Struktur dengan SAP90**, Andi Offset, Yogyakarta.

- Widodo. 1998. **Teknik Gempa**, *Diktat Kuliah*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Widodo. 1999. **Model-model Analisis untuk Interaksi Antara Tanah dengan Struktur Bangunan Akibat Beban Gempa**, *Jurnal Teknologi* Edisi No. 2/Tahun XIII/Juni.
- Yayasan LPMB. 1991. **Standar SK SNI T – 15 – 1991 – 03 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, LPMB Dep. Pekerjaan Umum RI., Bandung.
- Yayasan LPMB. 1983 (a). **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**, LPMB Dep. Pekerjaan Umum RI., Bandung.
- Yayasan LPMB. 1983 (b). **Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1981**, LPMB Dep. Pekerjaan Umum RI., Bandung.

Lampiran 1

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX
SYSTEM

L=3

JOINTS

2 X=3.5 Y=0 Z=0
5 X=3.5 Y=0 Z=4.5
23 X=3.5 Y=0 Z=36 G=5,23,2
3 X=11.5 Y=0 Z=0
6 X=11.5 Y=0 Z=4.5
24 X=11.5 Y=0 Z=36 G=6,24,2

RESTRAINTS

1,24,1 R=0,1,0,1,0,1
2,3,1 R=1,1,1,1,1,1

CONSTRAINTS

6,24,2 C=5 I=2
3,3,0 C=2 I=0

FRAME

NM=3 NL=4 NSEC=3

C KOLOM

1 SH=I T=6.60,0.6,0.6,0.25,0.6,0.6 E=2.57E+7

C BALOK

2 SH=R T=0.6,0.3 E=2.57E+7

C BALOK PONDASI

3 SH=R T=2.0,1.0 E=2.57E+7

1 WG=0,0,-9.800 PLD=0,-298.200,0,8,-298.200,0

:MATI LANTAI

2 WG=0,0,-2.000 PLD=0,-36.000,0,8,-36.000,0

:HIDUP LANTAI

3 WG=0,0,-7.790 PLD=0,-88.320,0,8,-88.320,0

:MATI ATAP

4 WG=0,0,-0.784 PLD=0,-14.1,0,8,-14.1,0

:HIDUP ATAP

24 5 6 G=8,1,2,2 M=2 RE=3,3 LP=-2 NSL=1,2

33 23 24 M=2 RE=3,3 LP= 2 NSL=3,4

4 2 5 G=1,1,1,1 M=1 LP=-2

6 5 7 G=8,2,2,2 M=1 LP=-2

7 6 8 G=8,2,2,2 M=1 LP=-2

LOADS

5,5,0 F=34.9641 L=3

7,7,0 F=62.1584

9,9,0 F=89.3527

11,11,0 F=116.5471

13,13,0 F=143.7413

15,15,0 F=170.9356

17,17,0 F=198.13

19,19,0 F=225.3243

21,21,0 F=252.5186

23,23,0 F=184.854

SELECT

NT=5 ID=4,33,1

NT=1 ID=2,2,0

NT=1 ID=5,23,2

Lampiran 2

CSI / SAP90 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
 PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
24 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.19	
		4.0	.00		1.80	
		5.0	-9.97		-3.19	
2	.00					
		3.0	1.96		-.63	
		4.0	.00		.35	
		5.0	-1.96		-.63	
3	.00					
		3.0	-133.33		133.33	
		4.0	-133.33		.00	
		5.0	-133.33		-133.33	
25 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.15	
		4.0	.00		1.84	
		5.0	-9.97		-3.15	
2	.00					
		3.0	1.96		-.62	
		4.0	.00		.36	
		5.0	-1.96		-.62	
3	.00					
		3.0	-196.56		196.56	
		4.0	-196.56		.00	
		5.0	-196.56		-196.56	
26 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.13	
		4.0	.00		1.85	
		5.0	-9.97		-3.13	
2	.00					
		3.0	1.96		-.62	
		4.0	.00		.36	
		5.0	-1.96		-.62	
3	.00					
		3.0	-233.48		233.48	
		4.0	-233.48		.00	
		5.0	-233.48		-233.48	
27 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.13	
		4.0	.00		1.86	
		5.0	-9.97		-3.13	
2	.00					
		3.0	1.96		-.62	
		4.0	.00		.37	
		5.0	-1.96		-.62	
3	.00					
		3.0	-249.96		249.96	
		4.0	-249.96		.00	
		5.0	-249.96		-249.96	

CSI / SAP90 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2
 PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
28 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.12	
		4.0	.00		1.86	
		5.0	-9.97		-3.12	
2	.00					
		3.0	1.96		-.61	
		4.0	.00		.37	
		5.0	-1.96		-.61	
3	.00					
		3.0	-250.79		250.79	
		4.0	-250.79		.00	
		5.0	-250.79		-250.79	
29 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.12	
		4.0	.00		1.86	
		5.0	-9.97		-3.12	
2	.00					
		3.0	1.96		-.61	
		4.0	.00		.37	
		5.0	-1.96		-.61	
3	.00					
		3.0	-240.19		240.19	
		4.0	-240.19			
		5.0	-240.19		-240.19	
30 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.12	
		4.0	.00		1.87	
		5.0	-9.97		-3.12	
2	.00					
		3.0	1.96		-.61	
		4.0	.00		.37	
		5.0	-1.96		-.61	
3	.00					
		3.0	-222.14		222.14	
		4.0	-222.14			
		5.0	-222.14		-222.14	
31 -----						
1	.00					
		3.0	9.97		-3.11	
		4.0	.00		1.87	
		5.0	-9.97		-3.11	
2	.00					
		3.0	1.96		-.61	
		4.0	.00		.37	
		5.0	-1.96		-.61	
3	.00					
		3.0	-200.79		200.79	
		4.0	-200.79			
		5.0	-200.79		-200.79	

CSI / SAP90 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3
 PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

FRAME ELEMENT FORCES

ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE	1-3 PLANE	AXIAL		
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
32 -----								
1	.00							
			3.0	9.97	-3.10			
			4.0	.00	1.88			
			5.0	-9.97	-3.10			
2	.00							
			3.0	1.96	-.62			
			4.0	.00	.37			
			5.0	-1.96	-.62			
3	.00							
			3.0	-180.85	180.85			
			4.0	-180.85				
			5.0	-180.85	-180.85			
33 -----								
1	.00							
			3.0	8.03	-2.42			
			4.0	.00	1.59			
			5.0	-8.03	-2.42			
2	.00							
			3.0	.78	-.23			
			4.0	.00	.17			
			5.0	-.78	-.23			
3	.00							
			3.0	-168.02	168.02			
			4.0	-168.02				
			5.0	-168.02	-168.02			
4 -----								
1	2908.67							
			.0	-7.07	-37.82			
			2.3	-7.07	-53.73			
			4.5	-7.07	-69.63			
2	257.10							
			.0	-1.39	-7.44			
			2.3	-1.39	-10.57			
			4.5	-1.39	-13.70			
3	2076.12							
			.0	739.26	-9844.75			
			2.3	739.26	-8181.41			
			4.5	739.26	-6518.07			
6 -----								
1	2592.33							
			.0	-16.99	8.33			
			1.8	-16.99	-21.40			
			3.5	-16.99	-51.13			
2	229.75							
			.0	-3.34	1.64			
			1.8	-3.34	-4.21			
			3.5	-3.34	-10.06			
3	1942.79							
			.0	721.78	-7051.39			
			1.8	721.78	-5788.27			
			3.5	721.78	-4525.15			

CSI / SAP90 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4
 PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

FRAME ELEMENT FORCES

ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE	1-3 PLANE	AXIAL		
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
8 -----								
1		2275.98						
			.0	-20.17	26.80			
			1.8	-20.17	-8.51			
			3.5	-20.17	-43.81			
2		202.40						
			.0	-3.97	5.28			
			1.8	-3.97	-1.67			
			3.5	-3.97	-8.61			
3		1746.23						
			.0	690.70	-5311.40			
			1.8	690.70	-4102.67			
			3.5	690.70	-2893.94			
10 -----								
1		1959.64						
			.0	-21.44	34.10			
			1.8	-21.44	-3.43			
			3.5	-21.44	-40.95			
2		175.05						
			.0	-4.22	6.72			
			1.8	-4.22	-.66			
			3.5	-4.22	-8.03			
3		1512.75						
			.0	646.03	-3827.87			
			1.8	646.03	-2697.33			
			3.5	646.03	-1566.78			
12 -----								
1		1643.29						
			.0	-21.97	36.95			
			1.8	-21.97	-1.50			
			3.5	-21.97	-39.94			
2		147.70						
			.0	-4.31	7.30			
			1.8	-4.31	-.25			
			3.5	-4.31	-7.80			
3		1262.79						
			.0	587.75	-2566.61			
			1.8	587.75	-1538.05			
			3.5	587.75	-509.48			
14 -----								
1		1326.95						
			.0	-22.23	37.96			
			1.8	-22.23	-.94			
			3.5	-22.23	-39.84			
2		120.36						
			.0	-4.35	7.53			
			1.8	-4.35	-.08			
			3.5	-4.35	-7.69			
3		1012.00						
			.0	515.88	-1512.66			
			1.8	515.88	-609.87			
			3.5	515.88	292.93			

C S I / S A P 9 0 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5
 PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F
 ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
16 -----								
1		1010.60						
			.0	-22.46	38.06			
			1.8	-22.46	-1.24			
			3.5	-22.46	-40.55			
2		93.01						
			.0	-4.35	7.64			
			1.8	-4.35	.03			
			3.5	-4.35	-7.59			
3		771.81						
			.0	430.41	-667.84			
			1.8	430.41	85.38			
			3.5	430.41	838.61			
18 -----								
1		694.26						
			.0	-22.88	37.35			
			1.8	-22.88	-2.69			
			3.5	-22.88	-42.73			
2		65.66						
			.0	-4.33	7.74			
			1.8	-4.33	.16			
			3.5	-4.33	-7.43			
3		549.67						
			.0	331.35	-49.95			
			1.8	331.35	529.91			
			3.5	331.35	1109.77			
20 -----								
1		377.91						
			.0	-23.87	35.16			
			1.8	-23.87	-6.61			
			3.5	-23.87	-48.37			
2		38.31						
			.0	-4.27	7.90			
			1.8	-4.27	.43			
			3.5	-4.27	-7.05			
3		348.87						
			.0	218.69	306.60			
			1.8	218.69	689.30			
			3.5	218.69	1072.00			
22 -----								
1		61.57						
			.0	-26.34	29.50			
			1.7	-26.34	-16.59			
			3.5	-26.34	-62.68			
2		10.96						
			.0	-4.11	8.28			
			1.7	-4.11	1.09			
			3.5	-4.11	-6.11			
3		168.02						
			.0	92.43	348.59			
			1.7	92.43	510.34			
			3.5	92.43	672.09			

C S I / S A P 9 0 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6
PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD ID COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	AXIAL MOMENT TORQ
5 -----					
1	2908.67				
	.0	7.07	37.82		
	2.3	7.07	53.73		
	4.5	7.07	69.63		
2	257.10				
	.0	1.39	7.44		
	2.3	1.39	10.57		
	4.5	1.39	13.70		
3	-2076.12				
	.0	739.26	-9844.75		
	2.3	739.26	-8181.41		
	4.5	739.26	-6518.07		
7 -----					
1	2592.33				
	.0	16.99	-8.33		
	1.8	16.99	21.40		
	3.5	16.99	51.13		
2	229.75				
	.0	3.34	-1.64		
	1.8	3.34	4.21		
	3.5	3.34	10.06		
3	-1942.79				
	.0	721.78	-7051.39		
	1.8	721.78	-5788.27		
	3.5	721.78	-4525.15		
9 -----					
1	2275.98				
	.0	20.17	-26.80		
	1.8	20.17	8.51		
	3.5	20.17	43.81		
2	202.40				
	.0	3.97	-5.28		
	1.8	3.97	1.67		
	3.5	3.97	0.01		
3	-1746.23				
	.0	690.70	-5311.40		
	1.8	690.70	-4102.67		
	3.5	690.70	-2893.94		
11 -----					
1	1959.64				
	.0	21.44	-34.10		
	1.8	21.44	3.43		
	3.5	21.44	40.95		
2	175.05				
	.0	4.22	-6.72		
	1.8	4.22	.66		
	3.5	4.22	8.03		
3	-1512.75				
	.0	646.03	-3827.67		
	1.8	646.03	-2697.33		
	3.5	646.03	-1566.78		

CSI / SAP90 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7
 PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COND	AXIAL DIST FORCE ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	AXIAL MOMENT TORQ
13 -----					
1	1643.29				
	.0	21.97	-36.95		
	1.8	21.97	1.50		
	3.5	21.97	39.94		
2	147.70				
	.0	4.31	-7.30		
	1.8	4.31	.25		
	3.5	4.31	7.80		
3	-1262.79				
	.0	587.75	-2566.61		
	1.8	587.75	-1538.05		
	3.5	587.75	-509.48		
15 -----					
1	1326.95				
	.0	22.23	-37.96		
	1.8	22.23	.94		
	3.5	22.23	39.84		
2	120.36				
	.0	4.35	-7.53		
	1.8	4.35	.08		
	3.5	4.35	7.69		
3	-1012.00				
	.0	515.88	-1512.66		
	1.8	515.88	-609.87		
	3.5	515.88	292.93		
17 -----					
1	1010.60				
	.0	22.46	-38.06		
	1.8	22.46	1.24		
	3.5	22.46	40.55		
2	93.01				
	.0	4.35	-7.64		
	1.8	4.35	-.03		
	3.5	4.35	7.59		
3	-771.81				
	.0	430.41	-667.84		
	1.8	430.41	85.38		
	3.5	430.41	838.61		
19 -----					
1	694.26				
	.0	22.88	-37.35		
	1.8	22.88	2.69		
	3.5	22.88	42.73		
2	65.66				
	.0	4.33	-7.74		
	1.8	4.33	-.16		
	3.5	4.33	7.43		
3	-549.67				
	.0	331.35	-49.95		
	1.8	331.35	529.91		
	3.5	331.35	1109.77		

C S I / S A P 9 0 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8
PROGRAM:SAP90/FILE:dedi2.F3F

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FIX

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL DIST		1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
ID COND	FORCE ENDI		SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT TORQ
21 -----						
1	377.91					
		.0	23.87	-35.16		
		1.8	23.87	6.61		
		3.5	23.87	48.37		
2	38.31					
		.0	4.27	-7.90		
		1.8	4.27	-.43		
		3.5	4.27	7.05		
3	-348.87					
		.0	218.69	306.60		
		1.8	218.69	689.30		
		3.5	218.69	1072.00		
23 -----						
1	61.57					
		.0	26.34	-29.50		
		1.7	26.34	16.59		
		3.5	26.34	62.68		
2	10.96					
		.0	4.11	-8.28		
		1.7	4.11	-1.09		
		3.5	4.11	6.11		
3	-168.02					
		.0	92.43	348.59		
		1.7	92.43	510.34		
		3.5	92.43	672.09		

Lampiran 3

ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FLEX

C UNIT KN-M

SYSTEM

L=3

JOINTS

1 X=0 Y=0 Z=0
 2 X=3.5 Y=0 Z=0
 5 X=3.5 Y=0 Z=4.5
 23 X=3.5 Y=0 Z=36 G=5,23,2
 4 X=15 Y=0 Z=0
 3 X=11.5 Y=0 Z=0
 6 X=11.5 Y=0 Z=4.5
 24 X=11.5 Y=0 Z=36 G=6,24,2

RESTRAINTS

1,24,1 R=0,1,0,1,0,1
 1,4,1 R=0,1,0,1,0,1

SPRINGS

2,3,1 K=0,0,203138.87
 4,4,0 K=301247.41,0,0

CONSTRAINTS

6,24,2 C=5 I=2
 3,3,0 C=2 I=0

FRAME

NM=3 NL=4 NSEC=3

C KOLOM

1 SH=I T=6.60,0.6,0.6,0.25,0.6,0.6 E=2.57E+7

C BALOK

2 SH=R T=0.6,0.3 E=2.57E+7

C BALOK PONDASI

3 SH=R T=2.0,1.0 E=2.57E+7

1 WG=0,0,-9.800 PLD=0,-298.200,0,8,-298.200,0

:MATI LANTAI

2 WG=0,0,-2.000 PLD=0,-36.000,0,8,-36.000,0

:HIDUP LANTAI

3 WG=0,0,-7.790 PLD=0,-88.320,0,8,-88.320,0

:MATI ATAP

4 WG=0,0,-0.784 PLD=0,14.1,0,8,14.1,0

:HIDUP ATAP

1 1 2 M=3 RE=0,3 LP=1

3 3 4 M=3 RE=3,0 LP=1

2 2 3 M=3 RE=3,3 LP=1

24 5 6 G=8,1,2,2 M=2 RE=3,3 LP=-2 NSL=1,2

33 23 24 M=2 RE=3,3 LP=-2 NSL=3,4

4 2 5 G=1,1,1,1 M=1 LP=-2

6 5 7 G=8,2,2,2 M=1 LP=-2

7 6 8 G=8,2,2,2 M=1 LP=-2

LOADS

5,5,0 F=16.983 L=3

7,7,0 F=30.191

9,9,0 F=43.400

11,11,0 F=56.609

13,13,0 F=69.817

15,15,0 F=83.025

17,17,0 F=96.235

19,19,0 F=109.443

21,21,0 F=122.652

23,23,0 F=89.786

SELECT

NT=5 ID=4,33,1

NT=1 ID=2,2,0

NT=1 ID=5,23,2

Lampiran 4

C S I / S A P 9 0 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
 PROGRAM:SAP90/FILE:andi1.F3F
 ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FLEX

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL DIST		1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
ID COND	FORCE ENDI		SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
24 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.17		
		4.0	.00	1.82		
		5.0	-10.00	-3.17		
2	.00					
		3.0	1.96	-.62		
		4.0	.00	.36		
		5.0	-1.96	-.62		
3	.00					
		3.0	-97.85	97.85		
		4.0	-97.85	.00		
		5.0	-97.85	-97.85		
25 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.15		
		4.0	.00	1.85		
		5.0	-10.00	-3.15		
2	.00					
		3.0	1.96	-.62		
		4.0	.00	.36		
		5.0	-1.96	-.62		
3	.00					
		3.0	-119.93	119.93		
		4.0	-119.93	.00		
		5.0	-119.93	-119.93		
26 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.14		
		4.0	.00	1.86		
		5.0	-10.00	-3.14		
2	.00					
		3.0	1.96	-.62		
		4.0	.00	.37		
		5.0	-1.96	-.62		
3	.00					
		3.0	-131.51	131.51		
		4.0	-131.51	.00		
		5.0	-131.51	-131.51		
27 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.13		
		4.0	.00	1.87		
		5.0	-10.00	-3.13		
2	.00					
		3.0	1.96	-.61		
		4.0	.00	.37		
		5.0	-1.96	-.61		
3	.00					
		3.0	-134.87	134.87		
		4.0	-134.87	.00		
		5.0	-134.87	-134.87		

CSI / SAP90 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2
 PROGRAM:SAP90/FILE:andi1.F3F
 ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FLEX

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL DIST		1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
ID COND	FORCE ENDI		SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
28 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.13		
		4.0	.00	1.87		
		5.0	-10.00	-3.13		
2	.00					
		3.0	1.96	-.61		
		4.0	.00	.37		
		5.0	1.96	-.61		
3	.00					
		3.0	-131.89	131.89		
		4.0	-131.89	.00		
		5.0	-131.89	-131.89		
29 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.13		
		4.0	.00	1.87		
		5.0	-10.00	-3.13		
2	.00					
		3.0	1.96	-.61		
		4.0	.00	.37		
		5.0	-1.96	-.61		
3	.00					
		3.0	-124.30	124.30		
		4.0	-124.30	.00		
		5.0	-124.30	-124.30		
30 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	3.13		
		4.0	.00	1.87		
		5.0	-10.00	-3.13		
2	.00					
		3.0	1.96	-.61		
		4.0	.00	.37		
		5.0	-1.96	-.61		
3	.00					
		3.0	-113.81	113.81		
		4.0	-113.81	.00		
		5.0	-113.81	-113.81		
31 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.12		
		4.0	.00	1.88		
		5.0	-10.00	-3.12		
2	.00					
		3.0	1.96	-.61		
		4.0	.00	.37		
		5.0	-1.96	-.61		
3	.00					
		3.0	-102.27	102.27		
		4.0	-102.27	.00		
		5.0	-102.27	-102.27		

C S I / S A P 9 0 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3
 PROGRAM:SAP90/FILE:andil.F3F
 ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FLEX

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT LOAD	AXIAL DIST		1-2 PLANE		1-3 PLANE	AXIAL
ID COND	FORCE ENDI		SHEAR	MOMENT	SHEAR	TORQ
32 -----						
1	.00					
		3.0	10.00	-3.11		
		4.0	.00	1.89		
		5.0	-10.00	-3.11		
2	.00					
		3.0	1.96	-.62		
		4.0	.00	.37		
		5.0	-1.96	-.62		
3	.00					
		3.0	-91.87	91.87		
		4.0	-91.87	.00		
		5.0	-91.87	-91.87		
33 -----						
1	.00					
		3.0	8.03	-2.42		
		4.0	.00	1.59		
		5.0	-8.03	-2.42		
2	.00					
		3.0	.78	-.23		
		4.0	.00	.17		
		5.0	-.78	-.23		
3	.00					
		3.0	-85.29	85.29		
		4.0	-85.29	.00		
		5.0	-85.29	-85.29		
4 -----						
1	2907.70					
		.0	-12.61	-2.49		
		2.3	-12.61	-30.87		
		4.5	-12.61	-59.25		
2	257.10					
		.0	-2.48	-.49		
		2.3	-2.48	-6.06		
		4.5	-2.48	-11.63		
3	1133.60					
		.0	359.07	-4280.94		
		2.3	359.07	-3473.03		
		4.5	359.07	-2665.12		
6 -----						
1	2591.46					
		.0	-18.85	18.90		
		1.8	-18.85	-14.09		
		3.5	-18.85	-47.07		
2	229.75					
		.0	-3.70	3.71		
		1.8	-3.70	-2.76		
		3.5	-3.70	-9.23		
3	1035.75					
		.0	350.58	-3056.53		
		1.8	350.58	-2443.02		
		3.5	350.58	-1829.51		

C S I / S A P 9 0 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4
 PROGRAM:SAP90/FILE:andi1.F3F
 ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FLEX

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

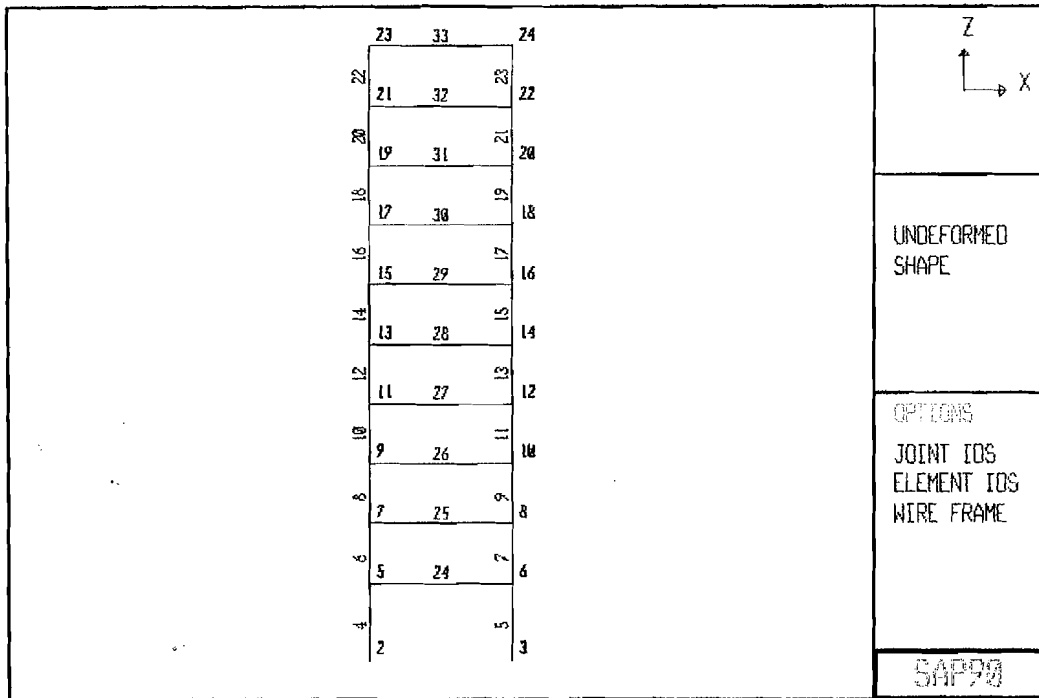
ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
8 -----						
1	2275.23	.0	-20.95	31.05		
		1.8	-20.95	-5.61		
		3.5	-20.95	-42.26		
2	202.40	.0	-4.11	6.10		
		1.8	-4.11	-1.09		
		3.5	-4.11	-0.29		
3	915.82	.0	335.48	-2309.21		
		1.8	335.48	-1722.11		
		3.5	335.48	-1135.02		
10 -----						
1	1958.99	.0	-21.79	35.85		
		1.8	-21.79	-2.28		
		3.5	-21.79	-40.40		
2	175.05	.0	-4.27	7.05		
		1.8	-4.27	-.43		
		3.5	-4.27	-7.91		
3	784.31	.0	313.78	-1661.08		
		1.8	313.78	-1111.95		
		3.5	313.78	-562.83		
12 -----						
1	1642.75	.0	-22.14	37.71		
		1.8	22.14	1.04		
		3.5	-22.14	-39.78		
2	147.70	.0	-4.33	7.42		
		1.8	-4.33	-.16		
		3.5	-4.33	-7.75		
3	649.44	.0	285.48	-1102.31		
		1.8	285.48	-602.72		
		3.5	285.48	-103.13		
14 -----						
1	1326.51	.0	-22.33	38.32		
		1.8	-22.33	-.76		
		3.5	-22.33	-39.84		
2	120.36	.0	-4.36	7.58		
		1.8	-4.36	-.04		
		3.5	-4.36	-7.66		
3	517.55	.0	250.57	-630.70		
		1.8	250.57	-192.20		
		3.5	250.57	246.30		

C S I / S A P 9 0 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5
PROGRAM:SAP90/FILE:andi1.F3F
ANALISA PORTAL EKIVALEN Dukungan FLEX

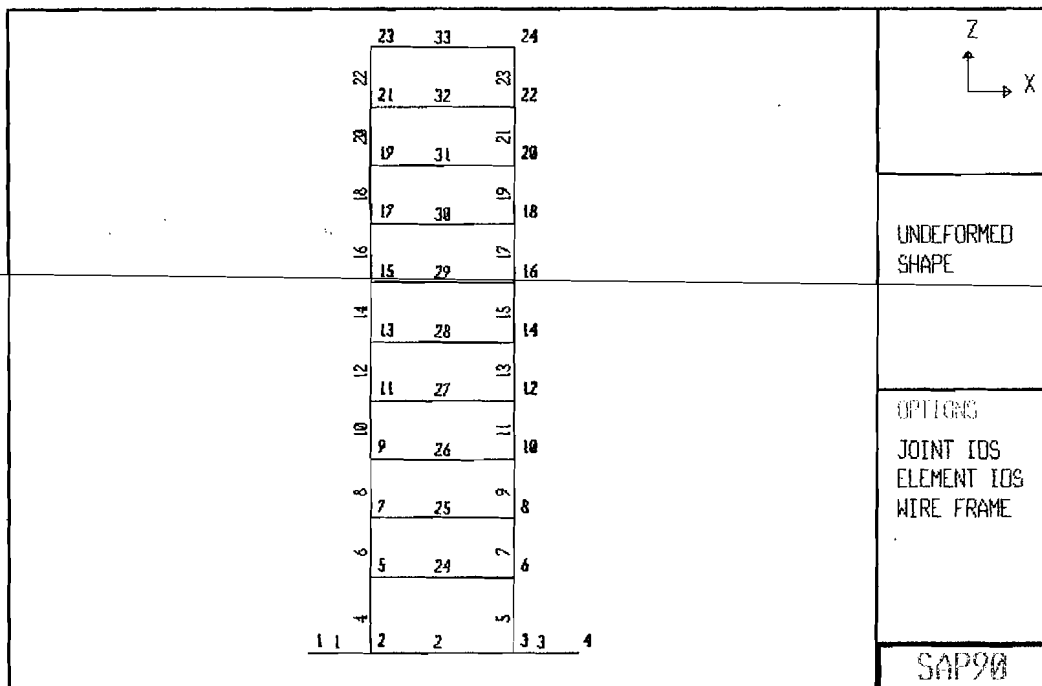
F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT	LOAD	AXIAL	DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID	COND	FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
16 -----								
1		1010.28						
			.0	-22.54	38.27			
			1.8	-22.54	-1.17			
			3.5	-22.54	-40.60			
2		93.01						
			.0	-4.36	7.66			
			1.8	-4.36	.04			
			3.5	-4.36	-7.58			
3		393.24						
			.0	209.06	-250.91			
			1.8	209.06	114.94			
			3.5	209.06	480.79			
18 -----								
1		694.04						
			.0	-22.94	37.50			
			1.8	-22.94	-2.65			
			3.5	-22.94	-42.80			
2		65.66						
			.0	-4.33	7.75			
			1.8	-4.33	.16			
			3.5	-4.33	-7.43			
3		279.43						
			.0	160.94	25.55			
			1.8	160.94	307.19			
			3.5	160.94	588.84			
20 -----								
1		377.80						
			.0	-23.92	35.30			
			1.8	-23.92	-6.57			
			3.5	-23.92	-48.43			
2		38.31						
			.0	-4.27	7.90			
			1.8	-4.27	.43			
			3.5	-4.27	-7.05			
3		177.16						
			.0	106.22	179.74			
			1.8	106.22	365.62			
			3.5	106.22	551.50			
22 -----								
1		61.57						
			.0	-26.38	29.65			
			1.7	-26.38	-16.51			
			3.5	-26.38	-62.68			
2		10.96						
			.0	-4.11	8.28			
			1.7	-4.11	1.09			
			3.5	-4.11	-6.11			
3		85.29						
			.0	44.89	184.03			
			1.7	44.89	262.60			
			3.5	44.89	341.16			

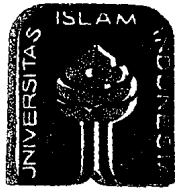
Lampiran 5



Gambar L 1 Portal ekuivalen struktur dengan dukungan jepit



Gambar L 2 Portal ekuivalen struktur dengan dukungan jepit fleksibel.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

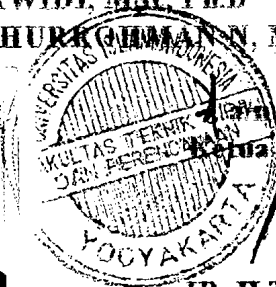
Proposal (1) 1/1
TA 3/11

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	ANDHI WICAKSONO	95 310 149		TSS
2	DEDIDARMAWAN	95 310 187		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :STUDI KOMPARASI STRUKTUR DINDING.....
GESER KOPEL AKIBAT PENGARUH JEPIT DAN JEPIT PLEKSIBEL
DENGAN VARIABEL BANYAK.





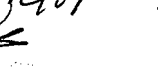



Dosen Pembimbing I : IR. HSARWIDI, MSc, Ph.D
Dosen Pembimbing II : IR. FATKHURRACHMAN, MT



Yogyakarta, 10 Mei 2000
Dekan,
Jurusan Teknik Sipil

IR. H.T ADJUDDIN BM ARIS, MS

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
01	01/05/2000	II	- Pembacaan juknis Spt Control yg ada untuk dihapus minor proposal → DP II dan untuk minor DP II 2000 Proposal. Siap disematkan Tulis. Landasan teori uraian rasional dan alasan mutlak. ushulul kaun hupotosis kesetiaan	  15/05 2000   02/07-2000
02	31/07/2000	III	- Buat perubahan dan perubahan Spt prinsip (pustaka)	
03	03/08/2000	IV	- Pembacaan hasil. Tesis? Termini ringkas, buat kesimpulan + Sma	
04	08/08/2000	V	- Pembacaan sedikit hasil ke DP II untuk paragraf berg sumber	 

Hutjari M. Kap dan M. Bayan
 Ketua dan Sekretaris