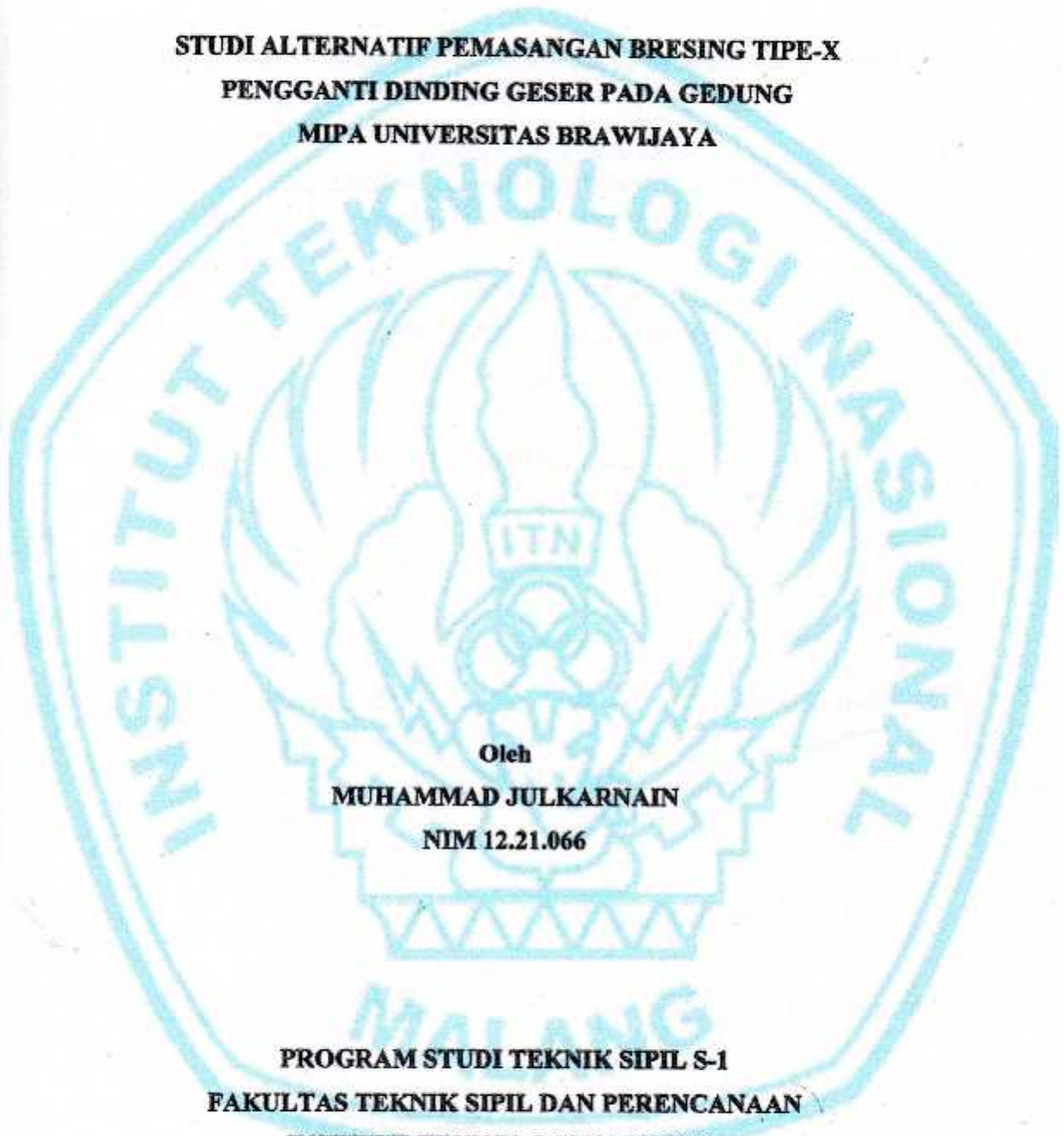


SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PEMASANGAN BRESING TIPE-X
PENGANTI DINDING GESER PADA GEDUNG
MIPA UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



Oleh

MUHAMMAD JULKARNAIN

NIM 12.21.066

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

MALANG

2016

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PEMASANGAN BRESING TIPE-X
PENGANTI DINDING GESER PADA GEDUNG
MIPA UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



Oleh

MUHAMMAD JULKARNAIN

NIM 12.21.066

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PEMASANGAN BRESING TIPE-X PENGGANTI DINDING
GESER PADA GEDUNG MIPA UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Dipertahankan di Hadapan Dewan Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Institut Teknologi Nasional Malang

pada Hari : Jum'at

Tanggal : 12 Agustus 2016

Dan Diterima untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh:

MUHAMMAD JULKARNAIN

12 21 066

Disahkan Oleh:

Ketua

Sekretaris

Ir. A. Agus Santosa, MT.

Ir. Munasih, MT.

Anggota Penguji:

Penguji I

Penguji II

Ir. Ester Priskasari, MT.

Ir. A. Agus Santosa, MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PEMASANGAN BRESING TIPE-X PENGGANTI DINDING
GESER PADA GEDUNG MIPA UNIVERSITAS BRAWIJAYA

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh:

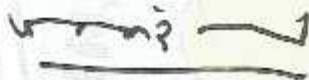
MUHAMMAD JULKARNAIN

12 21 066

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. H Sudirman Indra, Msc.



Mohammad Erfan, ST, MT.

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Ir. A. Agus Santosa, MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 51431 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Julkarnain
NIM : 12 21 066
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

STUDI ALTERNATIF PEMASANGAN BRESING TIPE-X
PENGANTI DINDING GESER PADA GEDUNG
MIPA UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini merupakan hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 09 September 2016

Yang Membuat Pernyataan,



Muhammad Julkarnain

ABSTRAKSI

Muhammad Julkarnain, (2016), “*Studi Alternatif Pemasangan Bresing Tipe-X Pengganti Dinding Geser Pada Gedung MIPA Universitas Brawijaya*”, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra, MSc., Dosen Pembimbing II : Mohammad Erfan, ST,MT.

Seiring perkembangan teknologi perencanaan bangunan gedung tahan gempa banyak bermunculan desain sistem struktur yang bervariasi. Sistem struktur frame murni (balok – kolom) sebagai penahan gempa tidak efisien untuk membatasi defleksi lateral akibat gaya gempa, karena dimensi frame murni (balok - kolom) akan bertambah besar jika kita merencanakan gedung bertingkat tinggi, Salah satu cara memperoleh kekakuan pada bangunan adalah dengan menambahkan elemen struktur tambahan diantaranya pengaku (*Bresing*)

Tugas akhir ini menganalisa perilaku penambahan sistem struktur pengaku menggunakan *Bracing Tipe-X* yang terbuat dari beton bertulang pada bangunan gedung Gedung MIPA Universitas Brawijaya Kota Malang ketika gedung tersebut menerima gaya lateral gempa. Pembebanan gempa dihitung dengan menggunakan analisis statik ekuivalen. Hasil dari analisis ini adalah simpangan antar tingkat, kemudian dari hasil tersebut dianalisis untuk mengontrol kinerja batas layan, kinerja batas ultimit dan untuk mengetahui perubahan *drift* yang terjadi.

Untuk merencanakan suatu struktur tahan gempa menggunakan pengaku bresing tipe-x perlu adanya kajian teoritis yang lebih detail dalam pemodelan atau penempatan bresing tipe-x pada struktur gedung.

Kata Kunci : X-Bracing, Gaya Lateral Gempa, Simpangan Horizontal (Drift)

DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PERNYATAAN

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR NOTASI

BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	1
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuann Penulisan	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kajian Teori	3
2.1.1 Bangunan Tahan Gempa	3
2.1.2 Sistem Struktur Gedung	4
2.1.3 Portal dengan Bresing	4
2.2 Konsep Dasar Perencanaan	8

2.2.1	Sistem Struktur	8
2.2.2	Daktilitas	8
2.2.3	Drift	9
2.3	Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan	11
2.3.1	Pembebanan	11
2.4	Kombinasi Pembebanan	12
2.4.1	Kekuatan Perlu	12
2.4.2	Kombinasi Beban Terfaktor dan Beban Layan	13
2.5	Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa	14
2.5.1	Pengaruh Beban Gempa	14
2.6	Perencanaan Ketahanan Gempa	15
2.6.1	Faktor Keutamaan dan Kategori struktur Bangunan	15
2.6.2	Prosedur Klasifikasi Situs untuk Desain Seismik	17
2.6.3	Wilayah Gempa dan Spektrum Respon	18
2.6.4	Periode Fundamental Pendekatan	21
2.6.5	Kombinasi Sistem Perangkai dalam Arah yang Berbeda	22
2.6.6	Pengaruh $P-\Delta$	26
2.7	Bagan Alir	27
BAB III. DATA PERENCANAAN		28
3.1	Dekripsi Gedung	28
3.2	Data-data Perencanaan	28
3.2.1	Data Bangunan	28
3.2.2	Data Material	29
3.2.3	Perencanaan Dimensi Balok	29

3.2.4	Perencanaan Dimensi Kolom	29
3.2.5	Perencanaan Dimensi Bresing Tipe-X	30
3.2.6	Data Gambar Perencanaan Struktur	30
BAB IV. PERHITUNGAN GEMPA		34
4.1	Pembebanan	34
4.1.1	Perhitungan Beban Mati	34
4.1.2	Perhitungan Beban Hidup	35
4.2	Beban Gempa	36
4.2.1	Perhitungan Beban Gempa dengan Statik Ekuivalen	36
4.3	Pengaruh Beban Gempa Vertikal	48
4.4	Kinerja Struktur Gedung	49
4.4.1	Kinerja Batas Layan	49
4.4.2	Kinerja Batas Ultimit	52
BAB V. PENULANGAN STRUKTUR		
5.1	Perhitungan Penulangan Balok	55
5.1.1	Perhitungan Penulangan Balok B308 Line K	55
5.2	Perhitungan Penulangan Kolom	88
5.2.1	Perhitungan Penulangan Lentur Kolom	88
5.2.2	Perhitungan Penulangan Geser Kolom	113
5.3	Perhitungan Penulangan Bresing I	119
5.3.1	Perhitungan Penulangan Lentur Bresing	119
5.3.2	Perhitungan Penulangan Geser Bresing	137
5.4	Perhitungan Penulangan Bresing II	142

5.4.1	Perhitungan Peulangan Lentur Bresing	142
5.4.2	Perhitungan Penulangan Geser Bresing	160
5.5	Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom	165
5.5.1	Pertemuan Balok-Kolom I	165
5.5.2	Pertemuan Balok-Kolom II	168

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1	Kesimpulan	172
6.2	Saran	173

DAFTAR TABEL

4.1	Beban hidup untuk gedung	35
4.2	Faktor reduksi beban hidup untuk gedung	36
4.3	Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	38
4.4	Faktor keutamaan gempa	39
4.5	Klasifikasi situs	39
4.6	Koefisien situs F_a	39
4.7	Koefisien situs F_v	40
4.8	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	41
4.9	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	41
4.10	Berat dan massa bangunan tiap lantai	42
4.11	Perhitungan beban total bangunan	44
4.12	Perhitungan beban gaya lateral ekuivalen (F_i)	45
4.13	Perhitungan beban gaya lateral ekuivalen untuk setiap arah	46
4.14	Perhitungan eksentrisitas (e_d) tiap lantai	47
4.15	Kinerja batas layan akibat simpangan gempa statik X	50
4.16	Kinerja batas layan akibat simpangan gempa statik Y	51
4.17	Kinerja batas layan akibat simpangan gempa static X	53
4.18	Kinerja batas layan akibat simpangan gempa statik Y	53
5.1	Desain tulangan longitudinal balok B308	86
5.2	Desain tulangan transversal balok B308	86

DAFTAR GAMBAR

2.1	Kestabilan struktur	4
2.2	Berbagi bentuk bresing	7
2.3	Jalur gaya	7
2.4	Batang bresing vertikal yang mengalami defleksi lateral tingkat	10
2.5	Faktor-faktor yang mendukung terjadinya defleksi lateral pada sistem bresing lateral	11
3.1	Denah struktur lantai 1	30
3.2	Denah struktur lantai 2 dan 3	30
3.3	Denah struktur lantai 4	30
3.4	Denah struktur lantai 5-7	31
3.5	Denah struktur lantai 8	31
3.6	Potongan A-A struktur	32
3.7	Potongan B-B struktur	33
4.1	Struktur gedung mipa universitas brawijaya	34
4.2	Letak gedung mipa universitas brawijaya	37
4.3	Respon spektra	38
4.4	Denah balok	42
4.5	Denah balok	43
4.6	Denah balok	44
5.1.1.1	Portal memanjang line k dan leta balok yang direncanakan	55
5.1.1.2	Penampang balok T	56
5.1.1.3	Penampang balok dan diagram tegangan momen negative tumpuan kiri	57

5.1.1.4	Penampang balok tumpuan kiri dan letak garis netral	61
5.1.1.5	Penampang balok dan diagram tegangan momen positif kiri yang sudah dihitung ulang	62
5.1.1.6	Penampang balok lapangan dan letak garis netral	66
5.1.1.7	Penampang balok dan diagram tegangan momen positif lapangan yang sudah dihitung ulang	67
5.1.1.8	Penampang balok dan diagram tegangan momen negatif tumpuan kanan ...	71
5.1.1.9	Penampang balok dan letak garis netral	74
5.1.1.10	Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang	75
5.1.1.11	Desain gaya geser balok	81
5.1.1.12	Gaya geser balok	82
5.1.1.13	Desain tulangan longitudinal dan transversal balok B308	86
5.1.1.14	Potongan A-A	87
5.1.1.15	Potongan B-B	87
5.2.1.1	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi seimbang	90
5.2.1.8	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi seimbang 1,25fy	94
5.2.1.17	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi patah desak	99
5.2.1.25	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi patah tarik	103
5.2.1.33	Diagram interaksi kolom no. C67	113
5.3.1.1	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi seimbang	121
5.3.1.6	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi seimbang 1,25 fy ...	124
5.3.1.11	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi patah tarik.....	127

5.3.1.16	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi patah desak	130
5.3.1.21	Diagram interaksi kolom D81	137
5.4.1.1	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi seimbang	144
5.4.1.6	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi seimbang 1,25 fy ...	147
5.4.1.11	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi patah tarik	150
5.4.1.16	Diagram tegangan dan regangan kolom dalam kondisi patah desak	153
5.4.1.21	Diagram interaksi bresing no D18	160
5.5.1	Pertemuan balok-kolom I	165
5.5.2	Pertemuan balok-kolom II	168

DAFTAR NOTASI

Notasi	Penjelasan
a	= tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
A_g	= luas bruto penampang, mm ²
A_s	= luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
A'_s	= luas tulangan tekan, mm ²
A_{s, min}	= luas minimum tulangan lentur, mm ²
A_v	= luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak s, mm ²
b_E	= Lebar efektif dari potongan flens, mm
b_w	= lebar badan balok, atau diameter dari penampang bulat, mm
c	= jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm
d	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
d'	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
D	= beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E	= pengaruh beban gempa, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
f'_c	= kuat tekan beton, Mpa
f'_s	= tegangan pada tulangan baja tekan, Mpa
f_y	= tegangan leleh baja tulangan yang diisyaratkan, Mpa
h	= tebal atau tinggi total komponen struktur, mm
l_a	= panjang penyaluran, mm
l_n	= panjang bentang bersih untuk yang diukur dari muka ke muka tumpuan

- Me⁻** = momen negatif rencana kiri bentang
- Mm⁺** = momen lapangan
- Mn** = kuat momen nominal pada penampang, N-mm
- Mu** = momen terfaktor pada penampang, N-mm
- Mpr** = kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka join dengan menggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum $1,25 f_y$ dan faktor reduksi kekuatan $\phi = 1$, N-mm
- Pn** = kuat nominal penampang yang mengalami tekan, N
- Po** = kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol, N
- Pu** = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu, N
- q_d** = beban mati
- q_l** = beban hidup
- q_u** = beban terfaktor
- s** = spasi tulangan geser pada arah sejajar tulangan longitudinal, mm
- s_o** = spasi maksimum tulangan transversal, mm
- s_x** = spasi longitudinal tulangan transversal dalam rentang panjang l_0 , mm
- v_c** = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- V_n** = kuat geser nominal
- V_s** = kuat geser normal yang disumbangkan oleh tulangan geser
- V_u** = kuat geser terfaktor pada penampang
- y_t** = jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, keserat tarik terluar, mm

ρ = rasio tulangan tarik non-prategang

ρ_g = rasio tulangan total terhadap luas penampang kolom

ϕ = faktor reduksi kekuatan

μ = koefisien friksi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zaman modern seperti saat ini perkembangan ilmu pengetahuan maupun teknologi semakin pesat, termasuk ilmu konstruksi yang akhirnya membuat munculnya beberapa jenis maupun model konstruksi yang ada pada saat ini. Hal ini dilakukan untuk memenuhi keinginan-keinginan yang ada dilapangan baik segi dari efisien, mutu, dan masih banyak lagi.

Dalam perencanaan struktur dibagi menjadi 2 diantaranya, struktur rangka atas dan struktur rangka bawah yang masing-masing berperan penting dalam pengaruh berdirinya suatu bangunan. Semakin tinggi suatu bangunan semakin kompleks pula struktur bangunan tersebut. Dalam perencanaan suatu gedung bertingkat perlu dipertimbangkan beberapa factor yang diantaranya fungsi bangunan tersebut maupun kekuatan bangunan tersebut. Ditinjau dari segi keamanan yang berkaitan dengan kekuatan bedung bertingkat harus mampu menahan gaya-gaya yang terjadi seperti gaya geser maupun gaya lateral.

Perencanaan pembangunan gedung bertingkat ini berada di Kota Malang termasuk wilayah yang terjadinya gempa di wilayah tersebut cukup sering. Gempa bumi termasuk beban dinamis dimana beban memiliki gaya dengan arah yang tidak bisa ditebak, faktor inipun mempengaruhi keutuhan dari struktur bangunan. Dengan permasalahan tersebut dalam pembangunan gedung bertingkat ini menggunakan bresing yang berguna untuk meningkatkan kekakuan dari bangunan tersebut sehingga mampu menahan beban gempa atau gaya dinamis yang terjadi akibat gempa bumi.

Pada penulisan tugas akhir ini penulis akan menganalisa perhitungan bresing, sehingga pada perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat ini mampu menahan gaya lateral akibat gempa, dengan judul “ STUDI ALTERNATIF PEMASANG BRESING TIPE-X PENGGANTI DINDING GESER PADA GEDUNG MIPA CENTER UNIVERSITAS BRAWIJAYA “

1.2 Identifikasi Masalah

Daerah kota Malang merupakan daerah rawan gempa, sehingga untuk meningkatkan kekakuan pada struktur gedung dimunculkan sebuah alternatif pengaku yaitu bresing tipe-x.

1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang ditinjau pada penulisan skripsi ini adalah :

1. Berapa besar dimensi penampang bresing tipe-x ?
2. Berapa tulangan yang dibutuhkan pada bresing tipe-x ?
3. Berapa besar simpangan horizontal yang terjadi jika sistem struktur penahan gaya lateral akibat gempa menggunakan bresing tipe-x ?
4. Bagaimana gambar penulangan sistem struktur menggunakan bresing tipe-x ?

1.4 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang diharapkan dari analisa pemasangan bresing tipe x struktur gedung ini :

1. Memperoleh besar dimensi penampang bresing tipe-x.
2. Memperoleh jumlah tulangan yang dibutuhkan bresing tipe-x.
3. Memperoleh simpangan horizontal yang terjadi dengan menerapkan sistem struktur menggunakan bresing tipe-x dengan kontrol drift.
4. Memperoleh gambar penulangan sistem struktur menggunakan bresing tipe-x.

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah ini dimaksudkan agar dalam pembahasan tidak melebar ke permasalahan lain, diantaranya :

1. Perencanaan penampang bresing tipe-x.
2. Analisa simpangan horizontal control (drift).
3. Analisa penulangan hanya pada bresing tipe-x dan elemen struktur yang diberi pengaku bresing-tipe x.
4. Peraturan yang digunakan SNI 2847:2013, *persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*, SNI 1726:2012, *tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, SNI 1727:2013, *beban minimum untuk perncangan untuk bangunan gedun dan struktur lain*, dan PPURG_1987, *pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Bangunan Tahan Gempa

Bangunan tahan gempa adalah suatu bangunan yang dirancang untuk tahan dan tetap berdiri jika terjadi gempa, perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu :

- Pada gempa kecil bangunan tidak boleh mengalami kerusakan.
- Pada gempa menengah komponen struktural tidak boleh rusak, namun komponen non-struktural diijinkan mengalami kerusakan.
- Pada gempa kuat komponen struktural boleh mengalami kerusakan, namun bangunan tidak boleh mengalami keruntuhan. (Daniel Rumbi Teruna, 2007)

Dalam perancangan suatu gedung beton tahan gempa setidaknya harus mengacu pada peraturan SNI 2847:2013 yaitu tata perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung, atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung dan SNI 1726:2012 yaitu tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Sifat khusus dari struktur yang menjadi syarat utama perencanaan bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut :

Kekuatan (*strength*)

Kekuatan dapat diartikan ketahanan dari struktur atau komponen atau bahan yang digunakan terhadap beban yang membebaninya. Perencanaan kekuatan suatu struktur tergantung pada maksud dan kegunaan struktur tersebut.

Kekakuan (*stiffnes*)

Deformasi akibat gaya lateral perlu dihitung dan dikontrol. Perhitungan yang dilakukan berhubungan dengan sifat kekakuan. Deformasi pada struktur dipengaruhi oleh besarnya beban yang bekerja. Hubungan ini merupakan prinsip dasar dari mekanika struktur, yaitu sifat geometrid an modulus elastisitas bahan. Kekakuan mempengaruhi besarnya simpangan pada saat terjadi gempa.

Daktilitas (*ductility*)

Kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastic yang besar secara berulang kali dan bolak balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama. Sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

2.1.2 Sistem Struktur Gedung

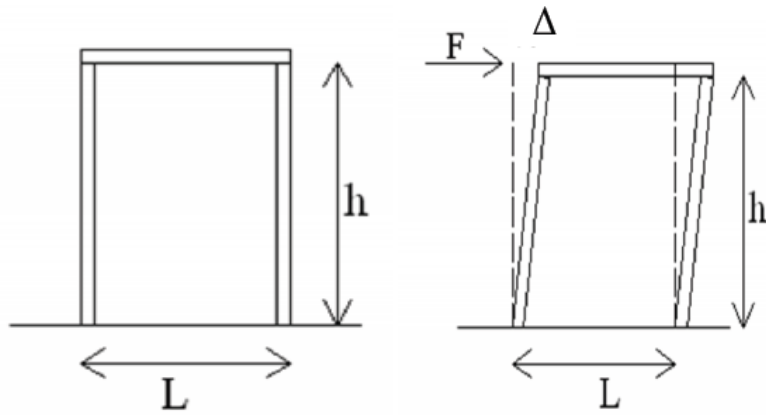
Sistem struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan gempa (terutama gaya tahan horizontal) dari gedung bertingkat banyak secara umum dibedakan atas :

1. Portal terbuka (*Open framers*)
2. Portal dinding (*Walled framers*)
3. Dinding geser (*shear walls*) dan portal dengan oengaku diagonal (*diagonally braced framers*)

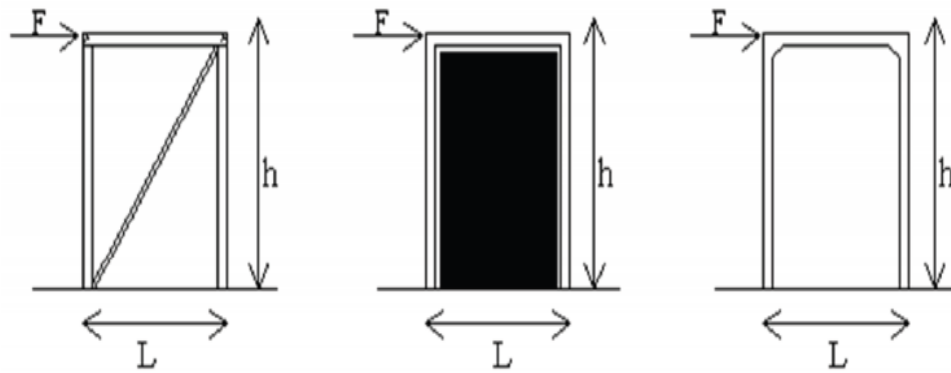
2.1.3 Portal dengan Bresing

Braced frame dapat diartikan sebagai portal yang dilengkapi dengan batang penopang (Bresing) yang bertujuan untuk mengurangi perpindahan lateral atau bertujuan untuk mengurangi perpindahan lateral atau untuk memperoleh stabilitas struktur. Charles G. Salmon dan Jhon E, jonson (1999) menyatakan bahwa pada dasarnya kerangka berpenopang lebih tepat didefinisikan sebagai kerangka dimana tekuk bergoyang (*sideway buckling*) dicegah oleh elemen-elemen topang struktur tersebut dan bukan oleh kerangka struktur itu sendiri.

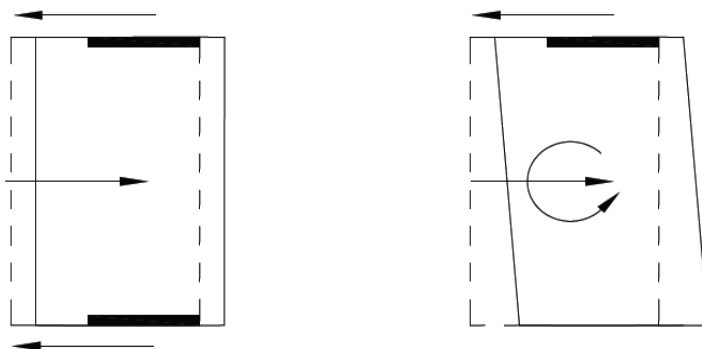
Stabilitas merupakan hal sulit didalam perencanaan struktur yang merupakan gabungan dari elemen-elemen. Untuk memperjelas mengenai kestabilan struktur akan diilustrasikan dalam gambar 2.1



- a. Susunan kolom dan balok
- b. Ketidakstabilan terhadap beban horizontal



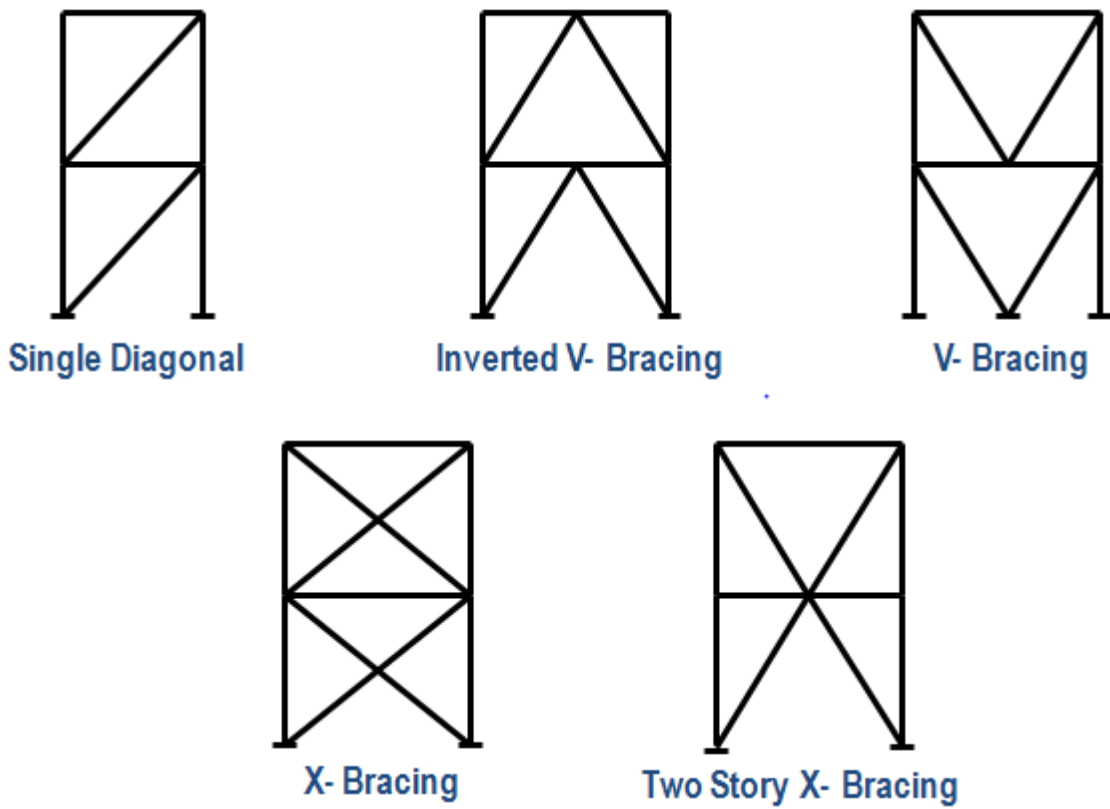
- c. Tiga metode dasar untuk menjamin kestabilan struktur sederhana meliputi : bresing diagonal, bidang geser, dan titik hubung kaku.



- d. *Setiap metode yang dipakai untuk menjamin kestabilan pada struktur harus dipasang secara simetris. Apabila tidak, dapat terjadi efek torsional pada structural. Gambar 2.1. kestabilan struktur portal*

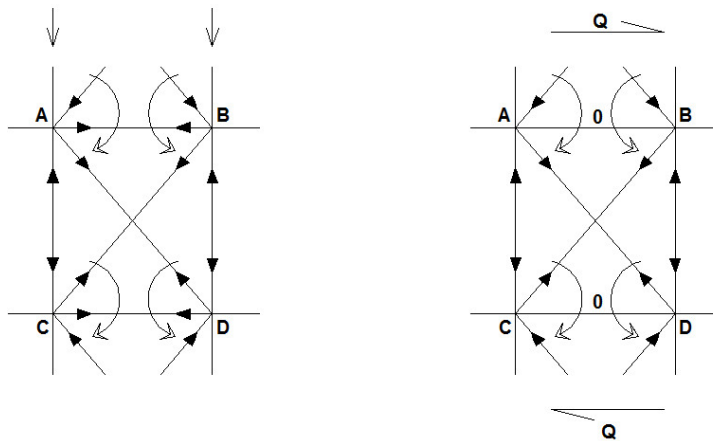
Pada gambar 2.1. (a) struktur stabil karena struktur belum mendapatkan gaya dari luar, apabila suatu struktur dikenakan gaya horisontal maka akan terjadi deformasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. (b). Hal ini disebabkan karena struktur tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menahan gaya horisontal dan struktur tidak mempunyai kemampuan untuk mengembalikan bentuk struktur ke bentuk semula apabila beban horisontal dihilangkan sehingga akan terjadi simpangan horisontal (*drift*) yang berlebihan yang dapat menyebabkan keruntuhan. Terdapat beberapa cara untuk menjamin kestabilan struktur seperti pada Gambar 2.1. (c) Cara pertama dengan menambahkan elemen struktur diagonal pada struktur, sehingga struktur tidak mengalami deformasi menjadi jajaran genjang seperti pada Gambar 2.1 (b). Hal ini disebabkan karena dengan menambahkan elemen struktur diagonal gaya-gaya yang dikenakan pada struktur akan disebarkan ke seluruh bagian termasuk ke elemen diagonal, gaya-gaya yang diterima masing-masing struktur akan berkurang sehingga simpangan yang dihasilkan lebih kecil. Cara kedua adalah dengan menggunakan dinding geser. Elemennya merupakan elemen permukaan bidang kaku, yang tentunya dapat menahan deformasi akibat beban horisontal dan simpangan horisontal yang akan dihasilkan akan lebih kecil. Cara ketiga adalah dengan mengubah hubungan antara elemen struktur sedemikian rupa sehingga perubahan sudut untuk suatu kondisi pembebanan tertentu. Hal ini dengan membuat titik hubung kaku diantara elemen struktur sebagai contoh, meja adalah struktur stabil karena adanya titik hubung kaku di antara setiap kaki meja dengan permukaan meja yang menjamin hubungan sudut konstan di antara elemen tersebut, sehingga struktur menjadi lebih kaku. Dalam menentukan letak bresing maupun dinding geser hendaknya simetris. Hal ini untuk menghindari efek torsional (**Schodek, 1999**).

Braced Frame dapat diartikan sebagai portal yang dilengkapi dengan batang penompang (bresing) yang bertujuan untuk mengurangi perpindahan lateral atau untuk memperoleh stabilitas struktur. Adapun ragam model pengaku yang berkembang diantaranya sebagai berikut :



Gambar 2.2 berbagai bentuk bresing

Uraian gaya yang diterima masing-masing elemen struktur (vertikal dan horizontal) menurut (**Stafford Smith, Bryan, 1991**)



2.3. jalur gaya yang diakibatkan beban vertikal (a) dan horizontal (b)

Penjelasan notasi pada uraian gaya :

1. Gaya tarik dan tekan $\longrightarrow \longleftarrow$
2. Gaya momen yang bekerja ada Bresing tipe x \curvearrowright
3. Gaya lateral gempa \Rightarrow
4. Gaya vertikal (berat sendiri, beban mati, beban hidup) \Downarrow

2.2 Konsep Dasar Perencanaan

2.2.1 Sistem Struktur

Kerangka kerja dalam merencanakan suatu sistem struktur bresing tipe x yang efektif menahan beban lateral dan termasuk ketahanannya terhadap gempa selain beban gravitasi adalah sebagai berikut :

- Memperoleh stabilitas struktur dengan sistem penambahan bresing tipe x
- Analisa beban lateral dengan analisa gempa dinamik.
- Analisa struktur terkonsentrasi pada sistem struktur atas

2.2.2 Daktilitas

Daktilitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam perencanaan struktur tahan gempa. Struktur harus direncanakan sedemikian rupa sehingga ketika struktur mengalami keruntuhan dapat berlaku daktail dan menimbulkan suatu tanda-tanda saat struktur tersebut mencapai deformasi maksimum. Daktilitas terbagi atas tiga jenis, yaitu :

1. Daktilitas Material

Daktilitas material adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi. Pada umumnya kemampuan deformasi ini merupakan perbandingan antara deformasi ultimit dan deformasi pelelehan pertama. Dalam struktur beton bertulang, material beton merupakan yang bersifat getas, sedangkan tulangan baja merupakan material yang bersifat daktial. Dengan demikian, kemampuan daktilitas material pada struktur beton bertulang lebih banyak dipengaruhi oleh tulangan baja.

2. Daktilitas Elemen

Daktilitas elemen adalah daktilitas kurvatur yang berupa perbandingan antara deformasi ultimit (ϕ_u) dengan deformasi pelelehan pertama (ϕ_y). Elemen yang daktail adalah elemen yang mampu mempertahankan sebagian besar momen kapasitas pada

saat mencapai daktilitas kurvatur yang diinginkan. Sebagai contoh yaitu pada diagram tegangan-regangan penampang beton persegi.

3. Daktilitas Struktur

Daktilitas suatu struktur adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami simpangan pasca-elastic yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi ambang keruntuhan.

Agar struktur gedung bertingkat tinggi memiliki daktilitas yang tinggi, harus diupayakan supaya sendi-sendi plastis yang terjadi akibat beban Gempa maksimum ada didalam balok dan tidak terjadi di kolom, kecuali pada kaki kolom yang paling bawah dan pada bagian atas kolom penyangga atap. Hal ini dapat dicapai bila kapasitas (momen leleh) kolom lebih tinggi dari pada kapasitas balok yang bertemu pada kolom tersebut (konsep kolom kuat-balok lemah). Faktor daktilitas dipengaruhi oleh simpangan struktur.

Kelakuan struktur berdasarkan asumsi simpangan struktur elastic dan elastoplastis mempunyai simpangan maksimum yang sama.

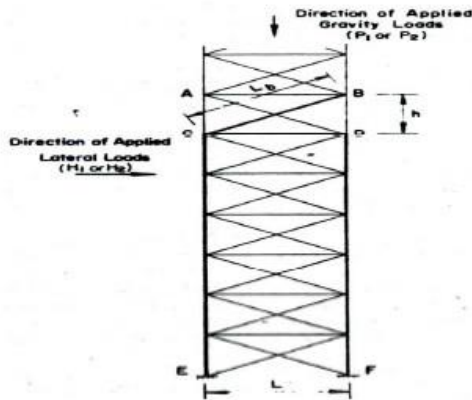
2.2.3 Drift

Dengan adanya beberapa macam fungsi batang dalam suatu portal tersebut dilakukan suatu analisa lebih lanjut mengenai gaya-gaya serta besaran-besaran yang terjadi dalam tiap-tiap elemen dari portal tersebut. Besarnya simpangan horizontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Yaitu kinerja batas layan struktur dan kinerja batas ultimit. Simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *Drift Indeks* (**Cormac, 1981**).

Perubahan simpangan horisontal (*drift*) dapat disebabkan karena kemampuan struktur bangunan menahan gaya gempa yang terjadi. Apabila struktur memiliki kekakuan yang besar untuk melawan gaya gempa maka struktur akan mengalami simpangan horisontal yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang tidak memiliki kekakuan yang cukup besar. Gempa bumi terjadi karena adanya kerusakan kerak bumi yang terjadi secara tiba-tiba yang umumnya diikuti dengan terjadinya sesar/patahan (*fault*). Timbulnya patahan atau sesar tersebut karena adanya gerakan plat-plat

tektonik/lapis kerak bumi yang saling bertubrukan, bergeser atau saling menyusup satu dengan yang lain (Widodod,2000).

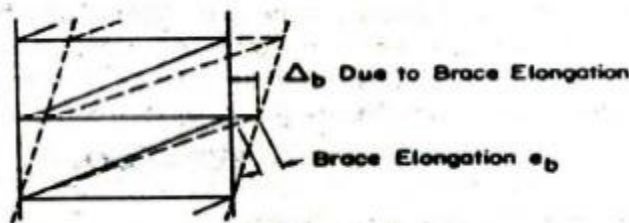
Besarnya *drift indeks* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar ula *drift indeks*. Besarnya drift indeks berkisar antara 0.01 sampai dengan 0.0016. Kebanyakan, besar nilai *drift indeks* yang digunakan antara 0.0025 sampai 0.002 (AISC, 2005)



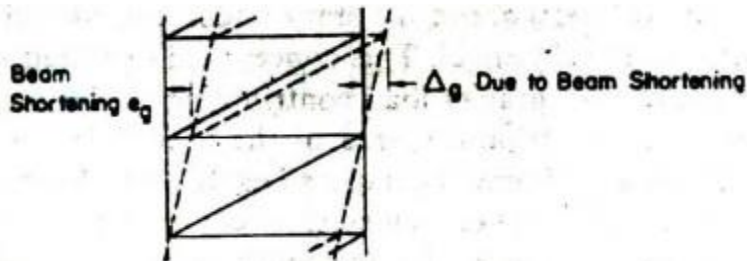
Gambar 2.4.batang bresing vertikal yang mengalami defleksi lateral tingkat

Defleksi lateral dari titik B relative terhadap titik D yang ditentukan dengan pemanjangan atau pemendekan yang hal ini dapat dilihat dengan garis tebal pada gambar tersebut .

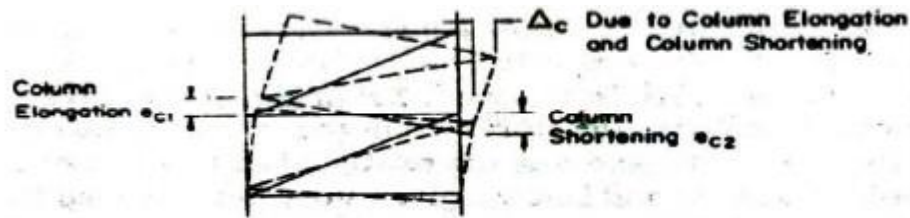
- a. Defleksi lateral pada rangka akibat pemanjangan bresing



- b. Defleksi lateral pada rangka akibat pemendekan bresing



- c. Defleksi lateral pada rangkap akibat pemanjangan dan pemendekan bresing



Gambar 2.5.factor-faktor yang mendukung terjadinya defleksi lateral pada sistem bresing lateral

2.3 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

2.3.1 Pembebanan

Jenis pembebanan yang dipakai dalam perencanaan struktur gedung MIPA Universitas Brawijaya Malang ini adalah:

1. Beban Vertikal

- a. Beban Mati (SNI 1727-2013 Ps. 3.1 hal 15)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

- b. Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati .

2. Beban Horisontal

- a. Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam psal ini mendefinisikan parameter dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam standar ini.

b. Beban Gempa

Perencanaan struktur tahan gempa dalam suatu perencanaan gedung harus diperhitungkan mampu memikul pengaruh beban rencana. Dalam suatu sistem yang terdiri dari kombinasi dinding geser dan rangka terbuka, beban geser dasar nominal akibat pengaruh gempa rencana yang dipikul oleh rangka – rangka terbuka harus mampu menahan paling sedikit 25% pada setiap tingkat.

Pada SNI 1726-2012 pembagian wilayah gempa di Indonesia tidak dibagi menjadi 6 zona lagi melainkan diberikannya peta – peta gerak tanah seismik dan koefisien resiko dari gempa maksimum yang dipertimbangkan. Peta – Peta yang tersedia ini meliputi Peta gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER) yaitu parameter – parameter gerak tanah SS dan S1 ,kelas situs SB. SS adalah parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCER risiko-tertarget pada perioda pendek. S1 adalah parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCER risiko-tertarget pada perioda 1 detik.

2.4 Kombinasi Pembebanan

2.4.1 Kekuatan perlu

Kekuatan perlu (U) harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan 1-7.

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + 1,0 (Lr \text{ atau } 0,5 W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 W$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Kecuali sebagai berikut :

- Faktor beban hidup pada beban hidup (L) pada persamaan 3 – 5 diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan public, dan semua luasan dimana L lebih besar dari $4,8 \text{ kN/m}^2$.

- b. Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, $1,6W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $1,0W$ dalam persamaan 4-6, dan $0,8W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $0,5W$ dalam persamaan 3.

2.4.2 Kombinasi beban terfaktor dan beban layan

A Kombinasi beban untuk metode ultimit

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengankombinasi-kombinasi sebagai berikut :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 0,5W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

B Kombinasi beban untuk metode tegangan izin

Beban dibawah ini harus ditinjau dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut untuk perencanaan struktur, komponen ele men struktur dan elemen-elemen fondasi berdasarkan metode tegangan izin :

1. D
2. $D + L$
3. $D + (Lr + R)$
4. $D + 0,75L + (Lr \text{ atau } R)$
5. $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
6. $D + 0,75(0,6W \text{ atau } 0,7E) + 0,75L + 0,75 (Lr + R)$
7. $0,6D + 0,6W$
8. $0,6D + 0,7E$

Bila beban air F bekerja pada struktur, maka keberadaannya harus diperhitungkan dengan nilai factor beban yang sama dengan factor beban yang sama dengan factor beban mati D pada kombinasi 1 sampai 6 dan 8.

Bila tanah H bekerja pada struktur, maka keberadaannya harus diperhitungkan sebagai berikut :

1. Bila adanya beban H memperkuat pengaruh variable beban utama, maka perhitungkan pengaruh H dengan factor beban = 1
2. Bila adanya beban H member perlawanan terhadap pengaruh variable beban utama, maka perhitungkan pengaruh H dengan factor beban = 6 (jika bebannya bersifat permanen) atau dengan factor beban = 0 (untuk kondisi lainnya).

Pengaruh yang paling menentukan dari beban-beban angin dan seismic harus ditinjau, namun kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan.

2.5 Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa

2.5.1 Pengaruh beban gempa

Pengaruh beban gempa (E), harus ditentukan sesuai dengan berikut ini :

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi 5 dalam kombinasi beban untuk metode ultimit atau kombinasi beban 5 dan 6 dalam kombinasi beban untuk metode tegangan izin, E harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = E_h + E_v$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 dalam kombinasi beban untuk metode ultimit atau kombinasi 8 dalam kombinasi bebann untuk metode tegangan izin, E harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$E = E_h - E_v$$

Keterangan :

E = pengaruh beban gempa

E_h = pengaruh beban gempa horizontal

E_v = pengaruh beban gempa vertical

A Pengaruh beban gempa horizontal

Pengaruh beban gempa horizontal, E_h , harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_h = \rho Q_E$$

Keterangan :

Q_E = pengaruh gaya gempa horizontal dari V dan F_p , jika disyaratkan dalam kategori desain seismic C dan kategori desain seismic D sampai F, pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain.

ρ = adalah factor redundansi

B Pengaruh beban gempa vertical

Pengaruh beban vertical, E_v , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$E_v = 0,2S_{Ds}D$$

Keterangan :

S_{Ds} = parameter percepatan spectrum respons desain pada perioda pendek yang diperoleh dari

D = pengaruh beban mati

C Kombinasi beban gempa

Jika pengaruh gaya gempa yang ditetapkan, E , yang didefinisikan dalam pengaruh beban gempa, dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya seperti yang ditetapkan dalam pasal 4, kombinasi beban gempa berikut untuk struktur yang tidak dikenai beban banjir harus digunakan sebagai pengganti dari kombinasi beban gempa baik dalam kombinasi beban untuk metode ultimit maupun kombinasi beban untuk metode tegangan izin :

Kombinasi dasar untuk desain tegangan izin :

- $(1,0 + 0,14S_{Ds})D + H + F + 0,7\rho Q_E$
- $(1,0 + 0,10S_{Ds})D + H + F + 0,525\rho Q_E + 0,75L + 0,75(L_r \text{ atau } R)$
- $(0,6 - 0,14 S_{Ds})D + 0,7\rho Q_E + H$

2.6 Perencanaan Ketahanan Gempa

2.6.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Struktur Bangunan

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_s
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Faktor keutamaan gempa

2.6.2 Prosedur Klasifikasi Situs untuk Desain Seismik

Definisi kelas situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	N atau \bar{N}_{sh}	\bar{s}_v (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15sampai 50	50 sampai100

SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25 \text{ kPa}$		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3 \text{ m}$) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $\bar{s}_u < 50 \text{ kPa}$		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

2.6.3 Wilayah gempa dan Spektrum respon

A. Parameter percepatan gempa

➤ Parameter percepatan terpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada *pasal 14* dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04$ dan $S_s \leq 0,15g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A, dan cukup memenuhi persyaratan dalam persyaratan perancangan untuk kategori desain seismic A.

➤ Kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA , SB , SC , SD , SE , atau SF yang mengikuti **definisi kelas situs**. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF .

B. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Keterangan :

S_s = parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

Tabel Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,8	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

C. Parameter percepatan spectral desain

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_M$$

D. Spectrum respon desain

Bila spectrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spectrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu gambar dan mengikuti ketentuan dibawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spectrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil persamaan :

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS}
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , spectrum respon percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan :

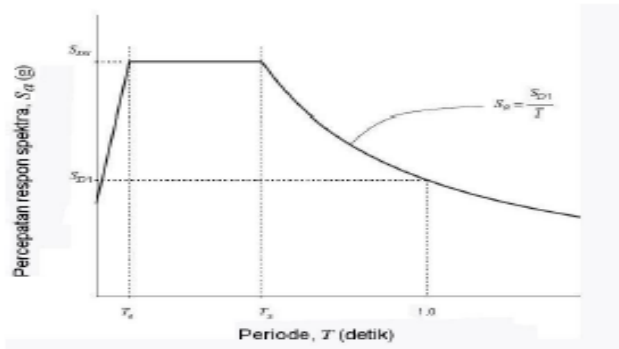
SDS = parameter respons spectral percepatan desain pada periode pendek

SD1 = parameter respons spectral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Spectrum respon desain

2.6.4 Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan sebagai berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan :

h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari :

Koefisien untuk batas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sebagai alternative, diijinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tingkat tinggi paling sedikit 3 m :

$$T_a = 0,1 N$$

Keterangan :

N = jumlah tingkat

2.6.5 Kombinasi Sistem Perangkai Dalam Arah yang Berbeda

Sistem peahen-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa diasing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R , C_A , Ω_0 harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termasuk dalam tabel.

Tabel factor R , C_A , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
A. Sistem dinding penumpu	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.1.4	7.1.5	7.1.6	7.1.7	7.1.8
1. Dinding geser beton bertulang khusus	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah	4	2½	4	TB	TB	12 ^x	12 ^x	12 ^x
6. Dinding geser pracetak biasa	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2¼	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1¼	TB	48	TI	TI	TI

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
12. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20

B.Sistem rangka bangunan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3¼	2	3¼	TB	TB	10'	10'	T'
4. Dinding geser beton bertulang khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Dinding geser pracetak menengah	5	2½	4½	TB	TB	12 ^x	12 ^x	12 ^x
9. Dinding geser pracetak biasa	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h/l}	TI ^h	TI ^l
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^f	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI ^{AK}
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa	4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk :								
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1¼	1¼	1¼	10	10	TI	TI ^{h,j}	TI ^{h,j}
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1¼	1½	10	10	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1¼	1	10	TI	TI	TI	TI
6. Rangka kayu	1½	1½	1½	10	10	10	TI	TI
H. Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

2.6.6 Pengaruh P-Δ

Pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (ϕ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10 :

$$\phi = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{xx} C_d}$$

Keterangan :

P_x = beban desain vertical total pada dan di atas tingkat x dinyatakan dalam kilo newton ; bila menghitung P_x factor beban individu tidak perlu melebihi 1,0

Δ = adalah simpangan antar tingkat

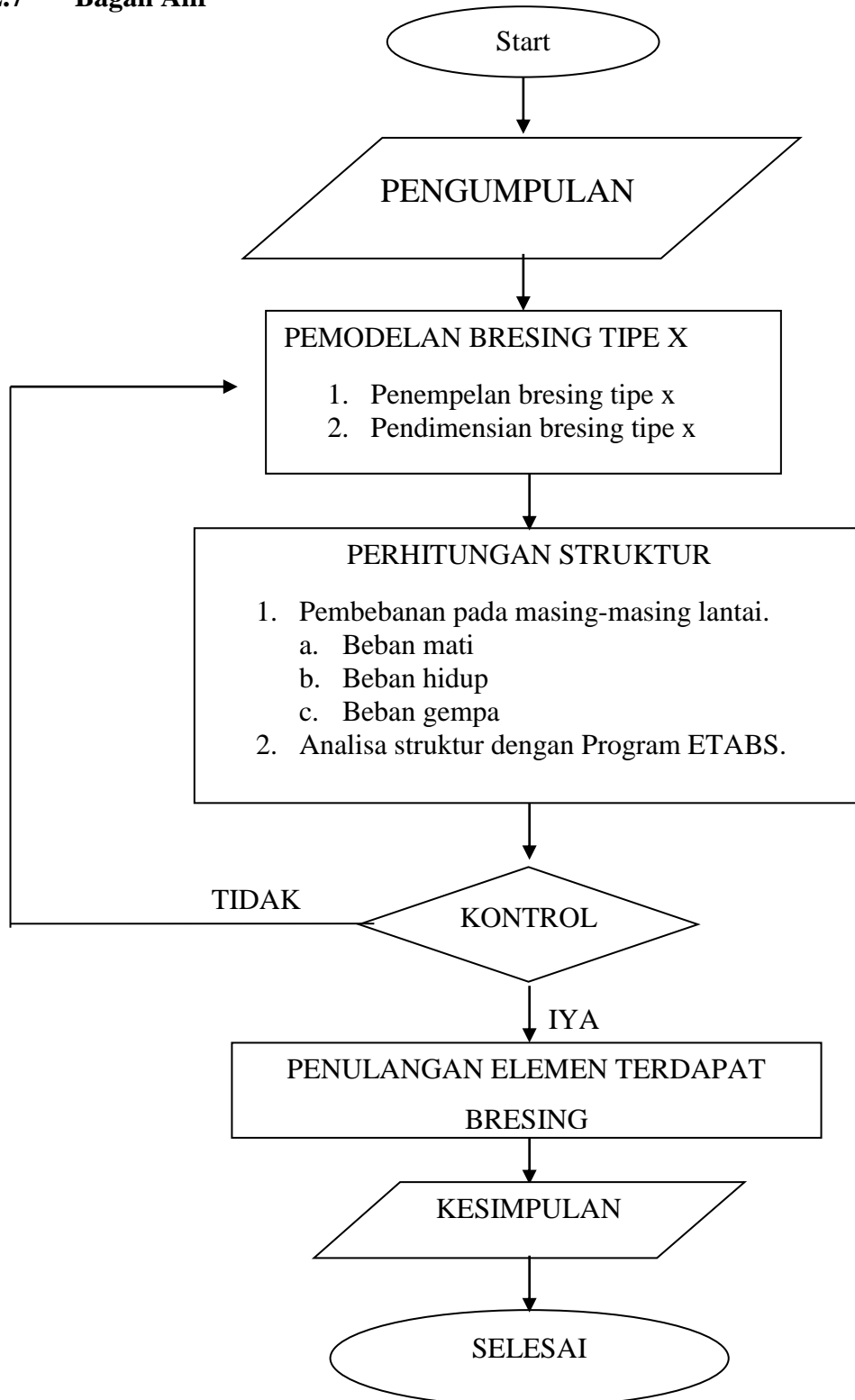
I_e = factor keutamaan gempa

V_x = gaya geser seismic yang bekerja antara tingkat x dan $x-1$ (kN)

h_{xx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x, dinyatakan dalam millimeter (mm)

C_d = factor pembesaran defleksi

2.7 Bagan Alir



BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1 Deskripsi Gedung

Struktur bangunan pada gedung Mipa Centre Fakultas Mipa Universitas Brawijaya Malang ini, dengan bentuk denah simetris memanjang sehingga jika terjadi gempa dari arah sumbu lemah maka akan kurang efektif jika hanya mengandalkan kolom saja, sehingga perlu didesain pengaku lain, dalam hal ini akan digunakan bresing tipe-x. Untuk penempatan kolom-kolom struktur pada gedung ini simetris dengan jarak antar kolom yang sama pula, namun fungsi dan interior dari gedung ini kurang teratur. Pada gedung ini terdapat 8 lantai utama.

3.2 Data-data Perencanaan

3.2.1 Data Bangunan

Data umum Pembangunan Gedung MIPA Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut :

- Nama Gedung : Mipa Centre Fakultas Mipa Universitas Brawijaya
- Lokasi Gedung : Jalan Veteran, Malang – Jawa Timur
- Fungsi Bangunan : Gedung Perkuliahan
- Jumlah Lantai : 8 lantai + atap
- Bentang Memanjang : 59,40 Meter
- Bentang Melintang : 27,60 Meter
- Tinggi Portal gedung : 36,40 meter
- Tinggi masing-masing lantai : 4,50 Meter
- Tebal plat lantai : 0,12 Meter
- Struktur : Beton Bertulang
- Struktur Pondasi : Pondasi Tiang Pancang

3.2.2 Data Material

Dalam perencanaan gedung perkuliahan ini mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Tegangan leleh tulangan ulir (f_y) = 400 Mpa
- Tegangan leleh tulangan polos (f_y) = 240 Mpa
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
- Modulus elastisitas beton

$$E = 4700 \times \sqrt{f_c}$$
$$= 4700 \times \sqrt{30}$$
$$E = 25743 \text{ Mpa}$$

3.2.3 Perencanaan Dimensi Balok

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.3 bahwa lebar balok (b) tidak boleh kurang 250 mm dan perbandingan lebar (b) terhadap tinggi (h) tidak boleh kurang dari 0,3.

Dimensi balok yang direncanakan ialah sebagai berikut :

Balok 1 untuk bentang 4.5 meter

Balok 2 untuk bentang 5.4 meter

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Balok 1} &= 1/12 \times \text{bentang} \\ &= 1/12 \times 4.5 \\ &= 0.75 \text{ m} = 75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Balok 2} &= 1/12 \times \text{bentang} \\ &= 1/12 \times 5.4 \\ &= 0.45 = 0.50 \text{ m} = 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Balok 1} &= \frac{1}{2} \times \text{tinggi balok} \\ &= \frac{1}{2} \times 0.75 \\ &= 0.375 = 0.4 \text{ m} = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Balok 2} &= \frac{1}{2} \times \text{tinggi balok} \\ &= \frac{1}{2} \times 50 \\ &= 25 = 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$b/h = 75/40 = 0.533 > 0.3 \text{ ok}$$

$$b/h = 30/50 = 0.6 > 0.3 \text{ ok}$$

Dipakai dengan ukuran balok induk 40/75 dan untuk balok anak 30/50.

3.2.4 Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.2 dan 26.6.1.2 bahwa ukuran penampang terkecil tidak boleh kurang dari 300 mm dan perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak boleh kurang dari 0,4.

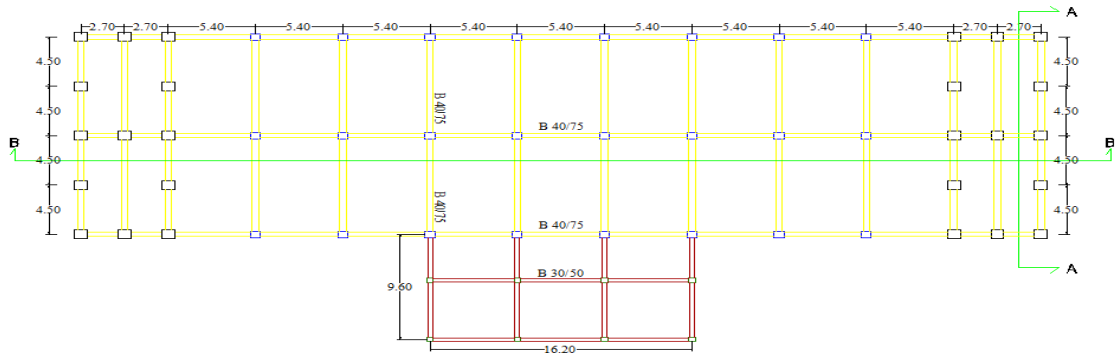
Dipakai kolom ukuran 80/80, 60/60 dan 40/40

3.2.5 Perencanaan Dimensi Bresing tipe-x

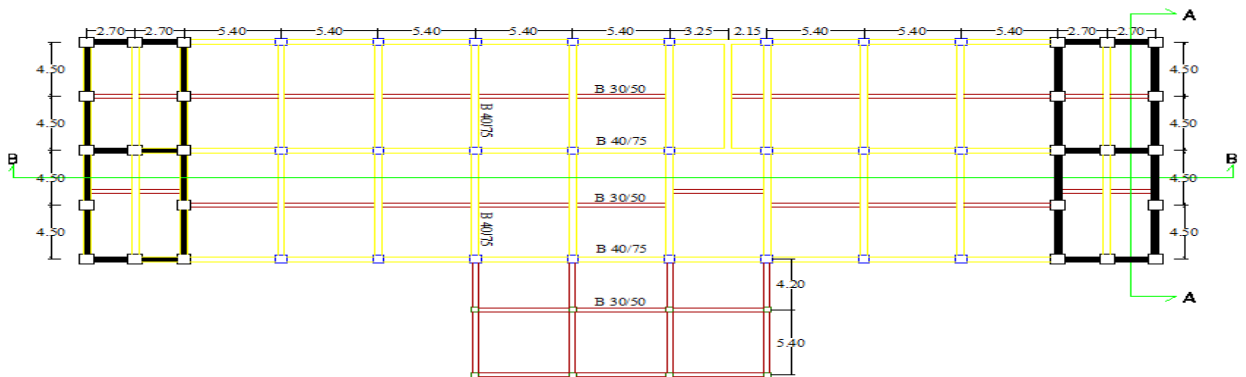
Perencanaan dimensi penampang dari bresing tipe-x yang direncanakan adalah 60/30 dan 50/35.

3.2.6 Data Gambar perencanaan Struktur

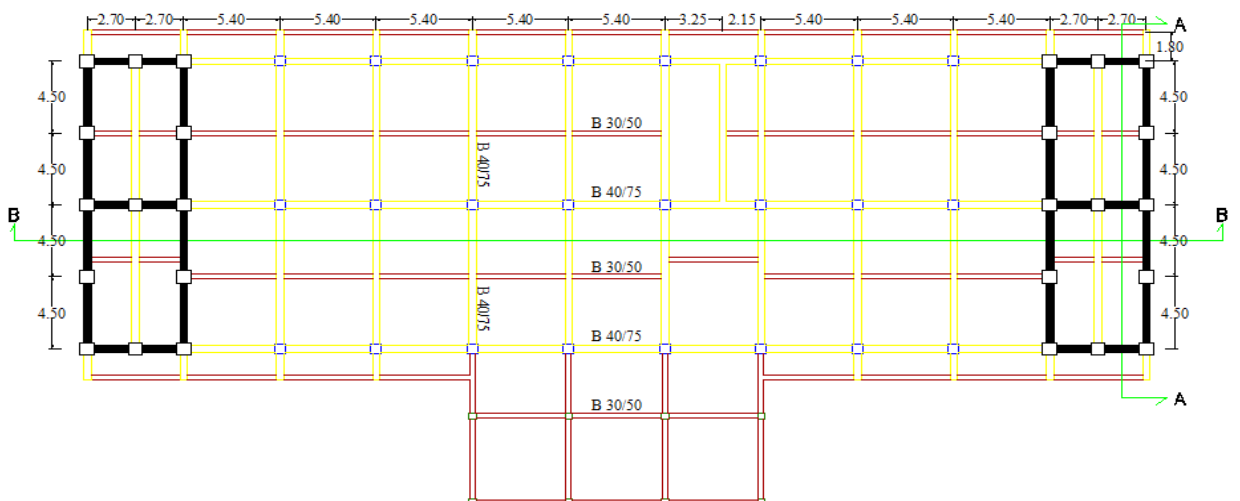
Gambar 3.1 Denah Struktur lantai 1



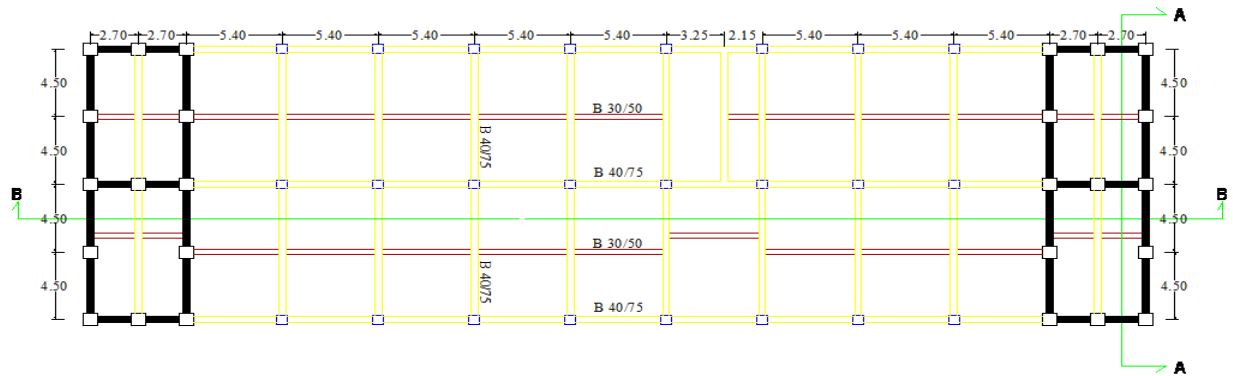
Gambar 3.2 Denah Struktur lantai 2 dan 3



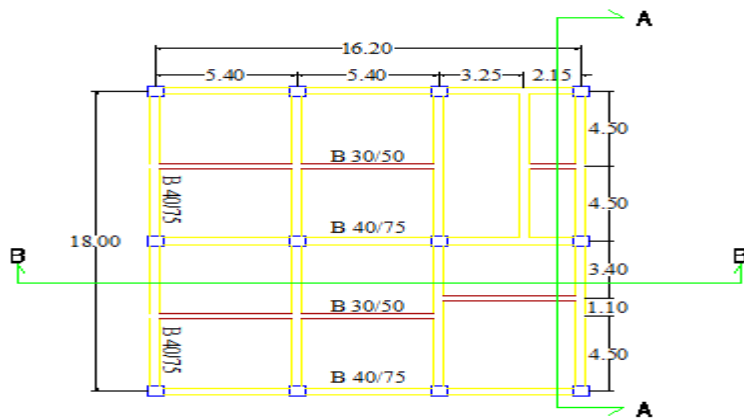
Gambar 3.3 Denah Struktur lantai 4



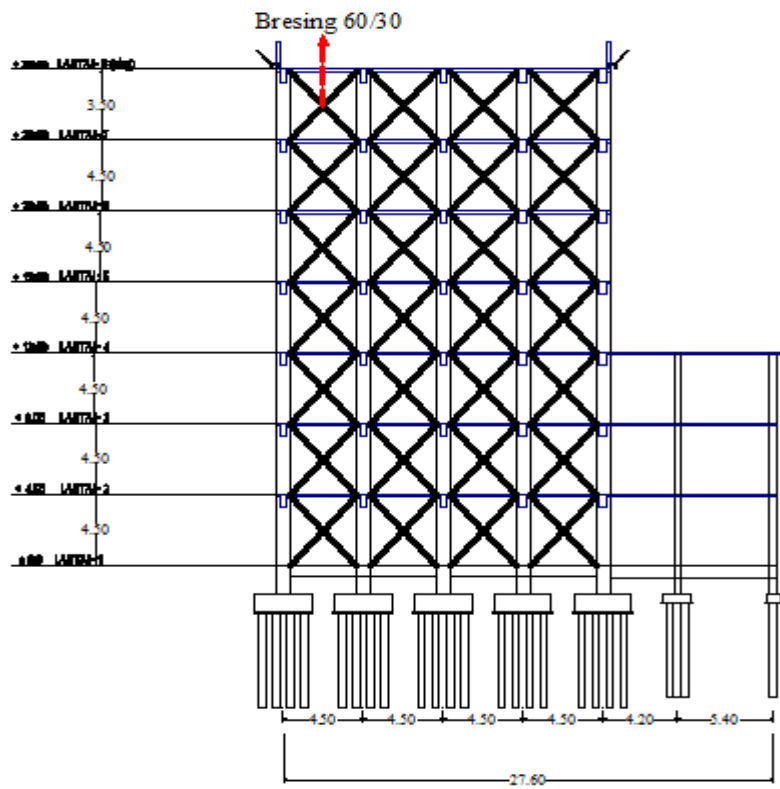
Gambar 3.4 Denah Struktur lantai 5 – 7



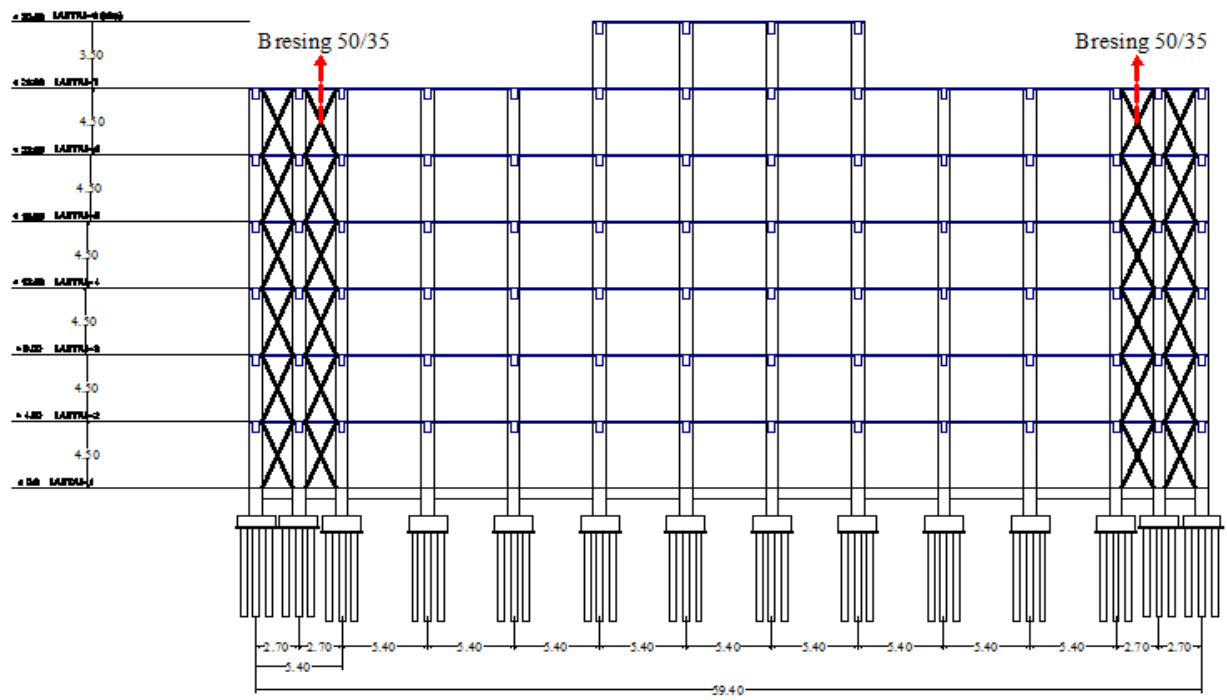
Gambar 3.5 Denah Struktur lantai 8



Gambar 3.6 Potongan A-A Struktur



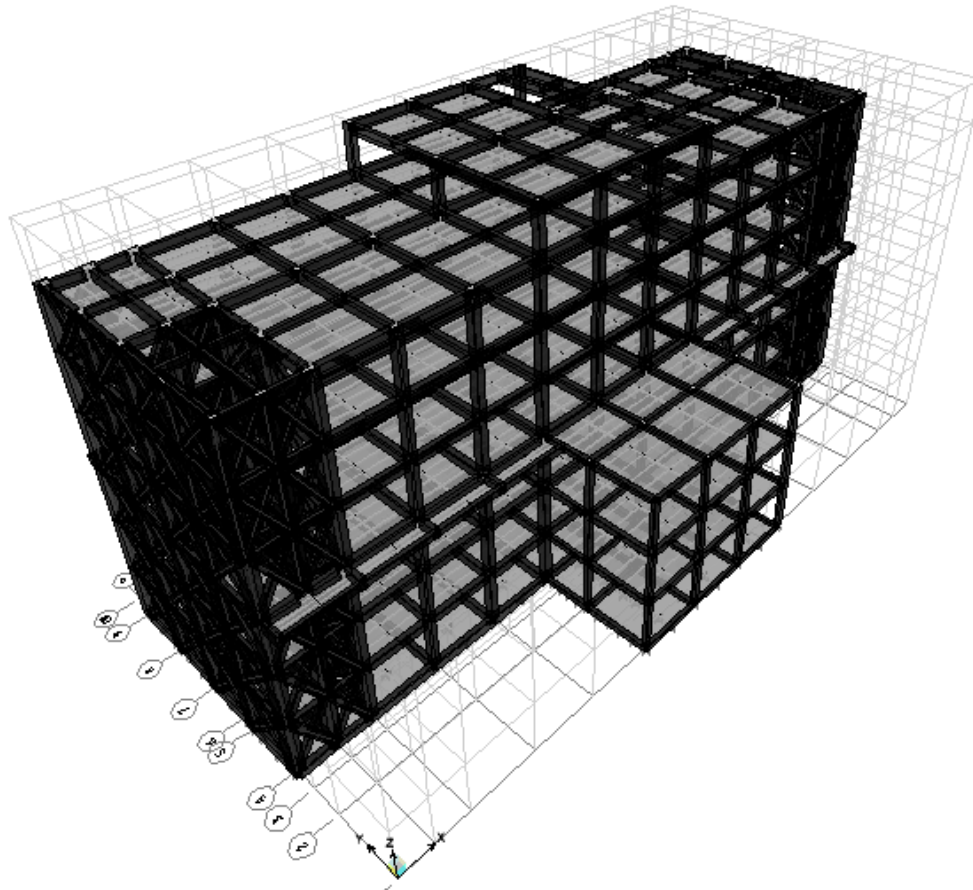
Gambar 3.7 Potongan B-B Struktur



BAB IV

PERHITUNGAN GEMPA

Gambar 4.1 Struktur Gedung Mipa Universitas Brawijaya



4.1 Pembebanan

Jenis beban yang bekerja pada gedung meliputi :

a. Beban mati sendiri elemen struktur (*self weight*)

Meliputi : berat balok, kolom, bresing, dan plat.

b. Beban mati elemen tambahan (*superimposed dead load*)

Meliputi : dinding, keramik, plesteran, plumbing, mechanical elektrik, dll.

c. Beban hidup (*live load*)

Berupa beban luasan yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan.

d. Beban gempa (*earthquake load*)

Ditinjau terhadap beban gempa static dan dinamik.

4.1.1 Perhitungan Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban dari semua elemen gedung yang bersifat permanen termasuk peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

Tinjauan dari peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1987 maka beban mati diatur sebagai berikut :

1. Beban mati yang bekerja pada plat lantai meliputi :

Beban pasir setebal 2 cm = 0.02 x 16	= 0.32 kN/m ²
Beban spesi setebal 3 cm = 0.03 x 22	= 0.66 kN/m ²
Beban keramik setebal 1 cm = 0.01 x 22	= 0.22 kN/m ²
Beban plafond + penggantung	= 0.2 kN/m ²
Beban instalasi ME	= <u>0.25 kN/m²</u>

Total beban mati pada plat lantai = 1.65 kN/m²

2. Beban mati yang bekerja pada plat atap meliputi :

Berat <i>waterproofing</i> dengan aspal tebal 2 cm = 0.02 x 14	= 0.28
Beban plafond + penggantung	= 0.2 kN/m ²
Beban instalasi ME	= <u>0.25 kN/m²</u>

Total beban mati pada plat atap = 0.73 kN/m²

3. Beban mati pada balok

Beban bata ringan	= 2.5 kN/m²
-------------------	-------------------------------

4.1.2 Perhitungan Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bekerja pada lantai bangunan tergantung dari fungsi ruang yang digunakan. Besarnya beban hidup pada lantai bangunan menurut tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung PPUG 1987 ditunjukkan pada tabel berikut :

BEBAN HIDUP UNTUK GEDUNG			
NO	JENIS BEBAN HIDUP	BEBAN	SATUAN
1	DAK ATAP BANGUNAN	1	kN/m ²
2	RUMAH TINGGAL	2	kN/m ²
3	KANTOR, SEKOLAH, HOTEL, PASAR, RUMAH SAKIT	2.5	kN/m ²
4	HALL, TANGGA, CORIDOR, BALKONY	3	kN/m ²
5	RUANG OLAHRAGA, PABRIK, BIOSKOP, BENGKEL, PERPUSTAKAAN, TEMPAT IBADAH, PARKIR, AULA	4	kN/m ²
6	PANGGUNG PENONTON	5	kN/m ²

Tabel 4.1 Beban Hidup untuk gedung

Reduksi beban dapat dilakukan dengan cara mengalikan beban hidup dengan koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan bangunan. Besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk perencanaan portal dan gempa ditentukan sebagai berikut :

NO	FUNGSI BANGUNAN	FAKTOR REDUKSI UNTUK PORTAL	FAKTOR REDUKSI UNTUK GEMPA
1	PERUMAHAN : RUMAH TINGGAL, ASRAMA HOTEL, RUMAH SAKIT	0.75	0.3
2	GEDUNG PENDIDIKAN : SEKOLAH RUANG KULIAH	0.9	0.5
3	TEMPAT PERTEMUAN UMUM, TEMPAT IBADAH, BIOSKOP, RESTORAN, RUANG DANCE, RUANG	0.9	0.5
4	KANTOR, BANK	0.6	0.3
5	GEDUNG PERDAGANGAN DAN RUANG PENYIMPANAN ; TOKO, TOSERBA, PASAR, GUDANG,	0.8	0.8
6	TEMPA KENDARAAN : GARASI, TEMPAT PARKIR	0.9	0.5
7	PABRIK, BENGKEL	1	0.9

Tabel 4.2 Faktor Reduksi Beban Hidup untuk Gedung

Dari tabel 4.2, beban hidup yang bekerja untuk gedung pendidikan adalah sebagai berikut :

- Beban hidup ruang = 2.5 kN/m²
- Beban hidup lantai atap = 1 kN/m²

4.2 Beban Gempa

Analisa beban gempa dilakukan dengan cara yaitu static ekuivalen.

4.2.1 Perhitungan Beban Gempa dengan Statik Ekuivalen

a. Waktu Getar Alami (T)

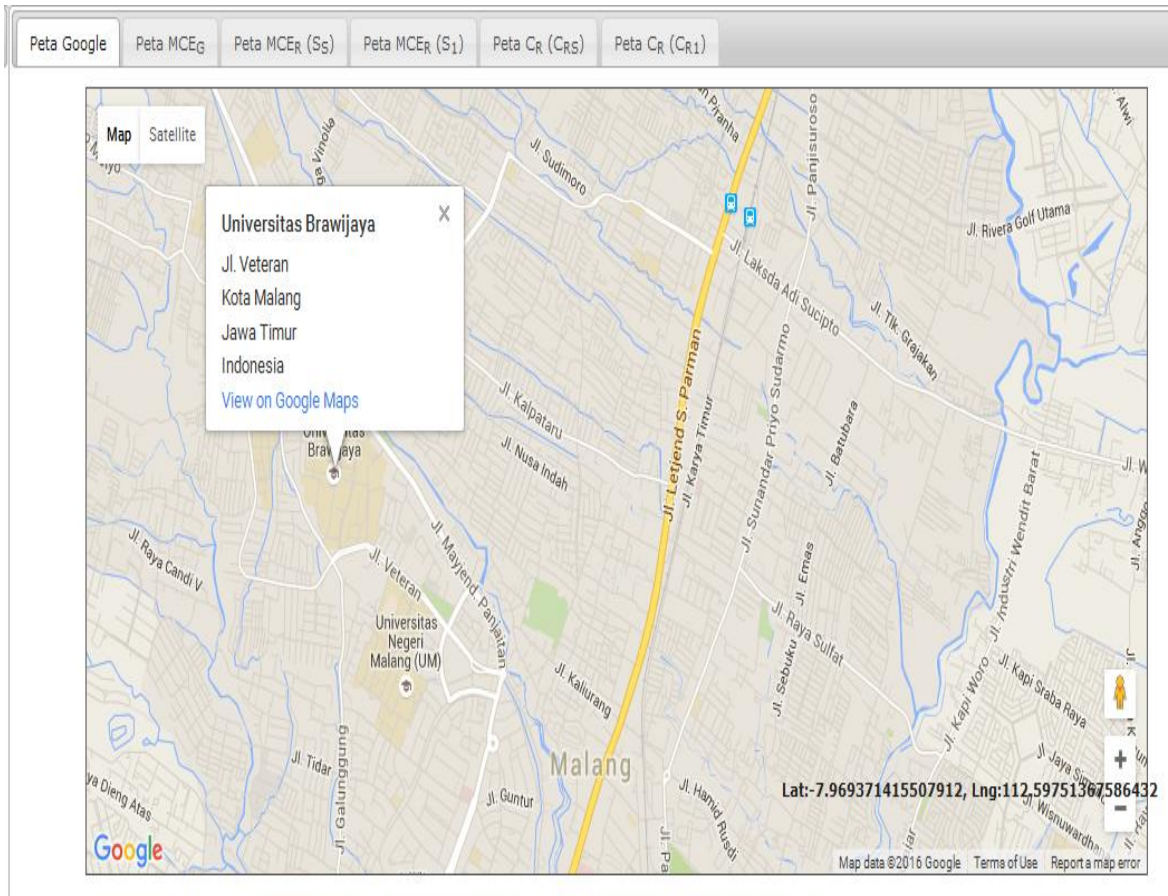
Pada ETABS waktu getar alami dapat diketahui secara otomatis dari hasil ragam getar atau *modal analysis* dengan cara *Run*, kemudian *Display – Show Mode Shapes*. Waktu getar analisis ETABS untuk mode 1 dan mode 2 ditunjukkan sebagai berikut :

- Waktu getar sktruktur *Mode 1* (T1) pada arah X adalah sebesar 0.4751 detik,
- Waktu getar sktruktur *Mode 2* (T2) pada arah Y adalah sebesar 0.2665 detik,

b. Penentuan Jenis Tanah

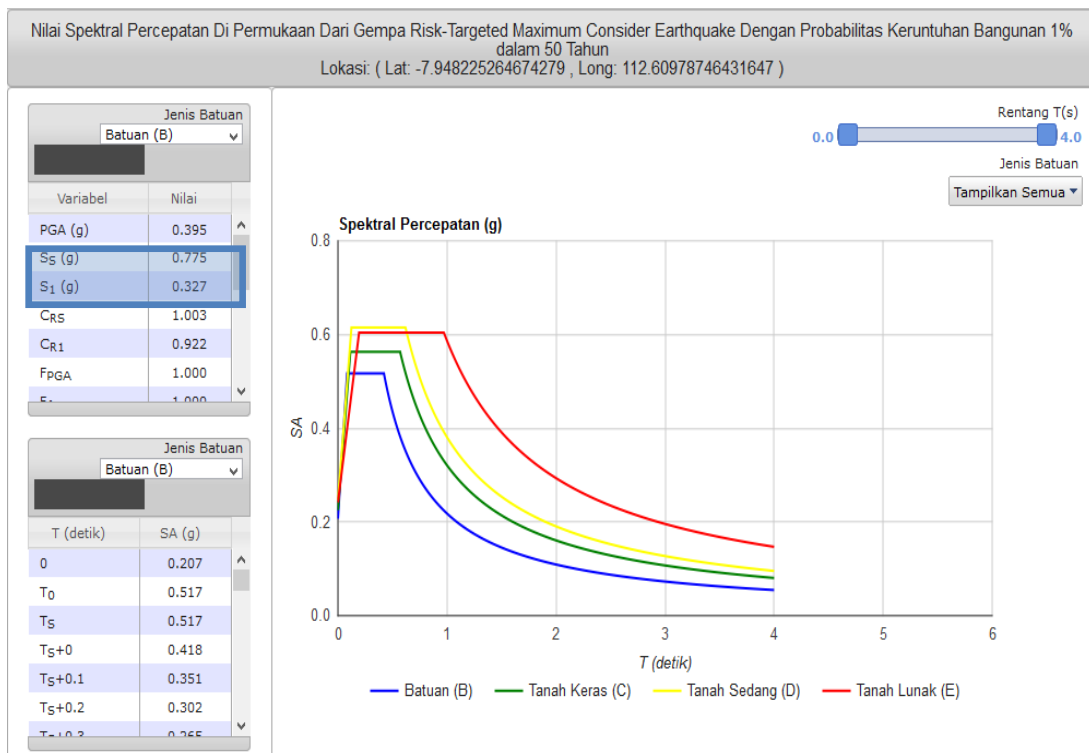
Gedung Mipa Centre Fakultas Mipa Universitas Brawijaya Malang ini terletak di Jl.Veteran Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Gambar 4.2 Letak Gedung Mipa Universitas Brawijaya



1. Menentukan nilai S_S (respon spectra percepatan 0.2 detik) dan S_1 (respon spectra percepatan 0.1 detik)
 - Lokasi Gedung : Universitas Brawijaya, Malang
 - Data didapat dari : puskim.pu.go.id

Gambar 4.3 Respon Spektra



Maka didapat $S_s(g) = 0.775$

$S_1(g) = 0.327$

2. Menentukan Kategori Resiko Bangunan dan Faktor

Tabel 4.3 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesenatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

Tabel 4.4 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_g
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

3. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	N atau \bar{N}_{ch}	$\bar{\sigma}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Tabel 4.5 klasifikasi situs

4. Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Untuk di Universitas Brawijaya = batuan (SB)

Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SC	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 4.6 koefisien situs F_a

- $0.775 S_s = F_a$
- $0.1 S_s = 1.0$
- $0.75 S_s = 1.0$

Maka untuk mencari nilai F_a pada menggunakan interpolasi

Untuk nilai $S_s = 0.775 \text{ g}$ maka didapat $F_a = 1.0$

Koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 4.7 koefisien situs F_v

- $0.327 S_1 = F_v$
- $0.4 S_1 = 1.0$
- $0.3 S_1 = 1.0$

Maka untuk mencari nilai F_v menggunakan cara interpolasi

Untuk nilai $S_1 = 0.327 \text{ g}$ maka didapat $F_v = 1.0$

Menentukan factor R , C_d dan Ω_0

Menurut pasal 7.2.2 SNI 1726 :2012 untuk bresing konsentris khusus dengan SRPMK

didapat faktor faktor antara lain

- R (Koefisien modifikasi Respons) = 6
- Ω_0 (Faktor Kuat lebih sistem) = 2,5
- C_d (Faktor kuat lebih sistem) = 5

Menentukan Nilai S_{DS} (kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek) dan S_{D1} (kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik)

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 F_a \cdot S_s \\ &= 2/3 \cdot 1.0 \cdot 0.775 \\ &= 0.517 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= 2/3 F_v \cdot S_1 \\ &= 2/3 \cdot 1.0 \cdot 0.327 \\ &= 0.218 \text{ g} \end{aligned}$$

Tabel 4.8 kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Untuk nilai $S_{DS} = 0.517$ maka termasuk kategori desain seismik **D**

Tabel 4.9 kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Untuk nilai $S_{D1} = 0.218$ maka termasuk kategori desain seismik **D**.

c. Perhitungan Beban Gempa Nominal

$$V = C_s \cdot W$$

dimana : C_s = koefisien respon seismic

W = Berat seismik efektif

$$C_s \text{ max} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$C_s \text{ x (Gempa Statik Arah X) } = \frac{0.218}{0.4751 \left(\frac{6}{1.5} \right)}$$

$$= \mathbf{0.11471}$$

$$C_s \text{ y (Gempa Statik Arah Y) } = \frac{0.218}{0.2665 \left(\frac{6}{1.5} \right)}$$

$$= \mathbf{0.2045}$$

Digunakan nilai C_s yang terkecil yakni C yang dipakai 0.09442

$$C_s \text{ min} = 0.2045 S_{DS} I_e \geq 0.01$$

$$= 0.2045 \times 0.517 \times 1.5 \geq 0.01$$

$$= 0.15849 \geq 0.01 \text{ (OK)}$$

Berat Bangunan Setiap Lantai

Berat bangunan setiap lantai dihitung menggunakan program bantu ETABS, maka diperoleh :

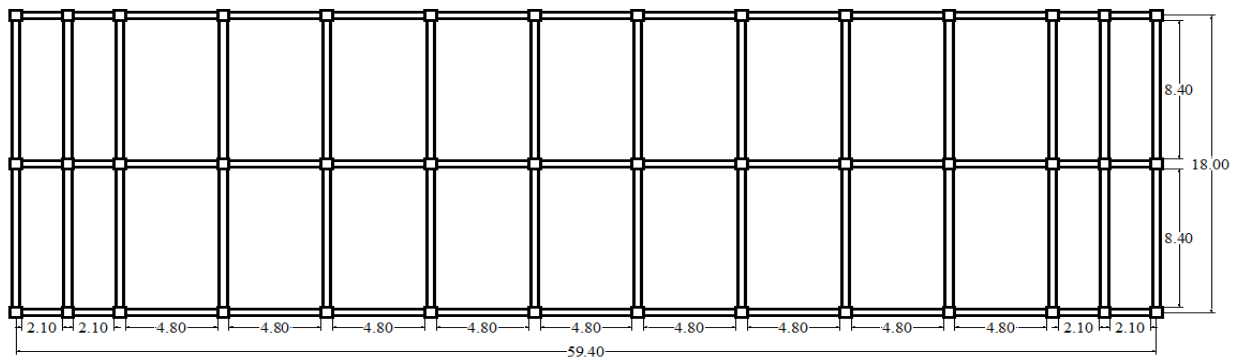
Tabel 4.10 Berat dan Massa Bangunan tiap lantai (*diinput dari ETABS*)

LANTAI	MASSA	BERAT (KN)	TOTAL MASSA X	TOTAL MASSA Y	TOTAL MASSA Z
1	688.238	6753.389	7268.6883	7268.6883	0
2	1031.9492	10126.082	688.238	688.238	0
3	1031.9492	10126.082	1031.9492	1031.9492	0
4	1143.6826	11222.475	1031.9492	1031.9492	0
5	957.1525	9392.134	1143.6826	1143.6826	0
6	957.1525	9392.134	957.1525	957.1525	0
7	957.1525	9392.134	957.1525	957.1525	0
8	183.889	1804.425	957.1525	957.1525	0

Perhitungan beban mati tambahan

Dalam perhitungan struktur dalam ETABS untuk beban mati yang meliputi dinding, keramik, plesteran, plumbing, mechanical elektrik, tidak terhitung secara otomatis dan dapat dihitung secara manual sebagai berikut.

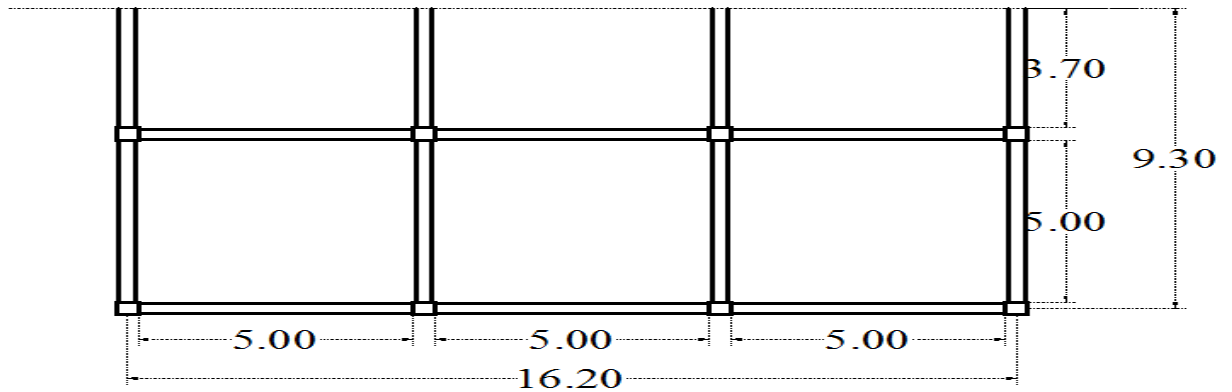
Gambar 4.4 Denah Balok Lantai 1a, 2a, 3a, 4a, 5, 6, 7 yang Menerima Beban Mati Tambahan.



- **Beban mati tambahan pada plat lantai 1a, 2a, 3a, 4a.**
(luas = $59.4 \times 18 = 1069.2 \text{ m}^2$ dan Panjang Balok = 390 m)

Pasir setebal 1 cm = 0.01 x 16 x 1069.2	= 171.07 kN
Spesi setebal 3 cm = 0.03 x 22 x 1069.2	= 705.67 kN
Keramik setebal 1 cm = 0.01 x 22 x 1069.2	= 235.22 kN
Berat plafond + penggantung = 0.2 x 1069.2	= 213.84 kN
Instalasi ME = 0.25 x 1069.2	= 267.3 kN
<u>Dinding bata ringan tinggi 4.5 m = 4.5 x 2.5 x 390</u>	<u>= 4387.5 kN</u>
Total beban mati tambahan	= 5980.6 kN

Gambar 4.5 Denah Balok Lantai 1b, 2b, 3b, 4b yang Menerima Beban Mati Tambahan.

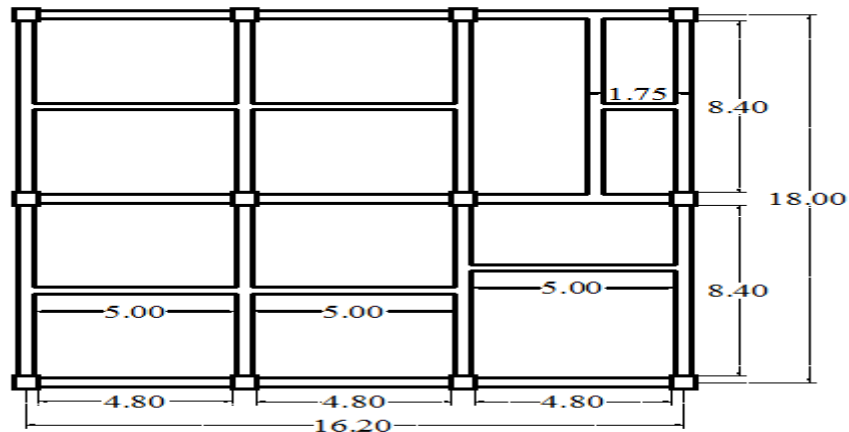


- **Beban mati tambahan pada plat lantai 1b, 2b, 3b, 4b**

(Luas = 16.2 x 9.3 = 150.66 m² dan Panjang Balok = 64.8 m)

Pasir setebal 1 cm = 0.01 x 16 x 150.66	= 24.106 kN
Spesi setebal 3 cm = 0.03 x 22 x 150.66	= 99.436 kN
Keramik setebal 1 cm = 0.01 x 22 x 150.66	= 33.145 kN
Berat plafond + penggantung = 0.2 x 150.66	= 30.132 kN
Instalasi ME = 0.25 x 150.66	= 37.665 kN
<u>Dinding bata ringan tinggi 4.5 m = 4.5 x 2.5 x 64.8</u>	<u>= 729 kN</u>
Total beban mati tambahan	= 953.48 kN

Gambar 4.6 Denah Balok Lantai 8 yang Menerima Beban Mati Tambahan.



• **Beban mati tambahan pada plat lantai 8**

(luas = $16.2 \times 18 = 291.6 \text{ m}^2$ dan Panjang Balok = 120.35)

Pasir setebal 1 cm = $0.01 \times 16 \times 291.6 = 46.656 \text{ kN}$

Spesi setebal 3 cm = $0.03 \times 22 \times 291.6 = 192.46 \text{ kN}$

Keramik setebal 1 cm = $0.01 \times 22 \times 291.6 = 64.152 \text{ kN}$

Berat plafond + penggantung = $0.2 \times 291.6 = 58.32 \text{ kN}$

Instalasi ME = $0.25 \times 291.6 = 72.9 \text{ kN}$

Dinding bata ringan tinggi 3.5 m = $3.5 \times 2.5 \times 120.35 = 1053.1 \text{ kN}$

Total beban mati tambahan = 1487.5 Kn

Tabel 4.11 Perhitungan Beban Total Bangunan

LANTAI	BEBAN MATI TAMBAHAN (KN)	BEBAN SENDIRI (KN)	BEBAN TOTAL (KN)
1	6934.0914	6753.389	13687.4804
2	6934.0914	10126.082	17060.1734
3	6934.0914	10126.082	17060.1734
4	6934.0914	11222.475	18156.5664
5	953.4834	9392.134	10345.6174
6	953.4834	9392.134	10345.6174
7	953.4834	9392.134	10345.6174
8	1487.5465	1804.425	3291.9715
TOTAL BEBAN			100293.2173

Maka nilai beban geser nominal ialah :

$$\begin{aligned}
 V_x &= C_s \times W \\
 &= 0,11471 \times 100293.2173 \\
 &= \mathbf{11504,9 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= C_s \times y \times W \\
 &= 0,2045 \times 100293.2173 \\
 &= \mathbf{20510,2 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

Besar perhitungan gaya lateral ekuivalen (F_i) setiap lantai dihitung sebagai berikut ;

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} \times V$$

Dimana : W_i : Berat lantai tingkat ke-i
 Z_i : Ketinggian lantai tingkat ke-i
 n : lantai paling atas
 V : Beban Geser Nominal

Fx untuk lantai 2

$$\begin{aligned}
 F_x &= \frac{W_2 Z_2}{\sum W_x Z} \times V_x \\
 &= \frac{17060.1734 \times 4.5}{1253469.058} \times 11504,9 \\
 &= 704,637 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_y &= \frac{W_2 Z_2}{\sum W_x Z} \times V_y \\
 &= \frac{17060.1734 \times 4.5}{1253469.058} \times 20510,2 \\
 &= 1256,18 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah tabel nilai F_i masing-masing lantai :

Tabel 4.12 Perhitungan Beban Gaya Lateral Ekuivalen (F_i)

Tingkat Lantai	Beban Total (KN)	Z (m)	W x Z (kNm)	Fx	Fy
1	13687.4804	0	0	0	0
2	17060.1734	4.5	76770.7803	704.637	1256.18
3	17060.1734	9	153541.5606	1409.27	2512.37
4	18156.5664	13.5	245113.6464	2249.76	4010.74
5	10345.6174	18	186221.1132	1709.22	3047.1
6	10345.6174	21.5	222430.7741	2041.57	3639.59
7	10345.6174	26	268986.0524	2468.88	4401.36
8	3291.9715	30.5	100405.1308	921.564	1642.91
	100293.2173		1253469.058		

Beban gempa masing-masing arah harus dianggap penuh (100%) untuk arah yang ditinjau dan 30% untuk arah tegak lurusnya.

Tabel 4.13 Perhitungan Beban Gaya Lateral Ekuivalen (F_i) Untuk Setiap Arah

Tingkat Lantai	Perhitungan Gempa 100% Arah yang ditinjau dan 30 % Arah Tegak Lurus			
	F_x (kN)	30% F_x (kN)	F_y (kN)	30% F_y (kN)
1	0	0	0	0
2	704.637	211.3910651	1256.18	376.8551408
3	1409.27	422.7821301	2512.37	753.7102815
4	2249.76	674.9291146	4010.74	1203.222598
5	1709.22	512.7664367	3047.1	914.1288333
6	2041.57	612.4710216	3639.59	1091.876106
7	2468.88	740.6626308	4401.36	1320.408315
8	921.564	276.4690869	1642.91	492.8722821

d. Eksentrisitas Rencana (e_d)

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana e_d . Apabila ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung pada tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan “b”, maka eksentrisitas rencana e_d harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk $0 < e \leq 0.3 b$, maka $e_d = 1.5 e + 0.05$ atau $e_d = e - 0.05 b$

Nilai dari keduanya dipilih yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur atau subsistem struktur gedung yang ditinjau, dimana eksentrisitas (e) adalah pengurangan antara pusat massa dengan posisi rotasi. Nilai pusat massa dan rotasi bangunan dicari menggunakan program ETABS.

Besarnya eksentrisitas rencana (e_d) tiap lantai dihitung pada table berikut

Tabel 4.14 Perhitungan Eksentrisitas dan Koordinat Pusat Massa pada Tiap Lantai

Lantai	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)		$ed = 1.5e + 0.05 b$		$ed = e - 0.05 b$		Koordinat Pusat Massa	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
2	1165.96	694.706	1169.31	729.354	-3.35	-34.648	-3.645	-49.002	-4.73	-37.618	1172.95	778.356
3	1165.96	694.706	1169.32	729.375	-3.364	-34.669	-3.666	-49.034	-4.744	-37.639	1172.99	778.409
4	1163.57	709.002	1169.22	728.885	-5.651	-19.883	-7.0065	-26.855	-7.121	-22.853	1176.22	755.74
5	1190.82	739.925	1170.52	729.36	20.305	10.565	31.3575	18.8175	19.405	7.595	1139.16	710.543
6	1190.82	739.925	1170.24	729.842	20.582	10.083	31.773	18.0945	19.682	7.113	1138.47	711.748
7	1185.73	740.136	1170.23	730.264	15.503	9.872	24.1545	17.778	14.603	6.902	1146.07	712.486
8	1152.97	736.69	1172.33	732.188	-19.356	4.502	-28.134	7.563	-20.256	3.692	1200.46	724.625

4.3 Pengaruh Beban Gempa Vertikal

Pengaruh beban vertikal, E_v , harus ditentukan sesuai persamaan sebagai berikut (SNI 1726:2012 pasal 8.3.1.2) :

$$E_v = 0,2S_{DS}D$$

Kombinasi pembebanan :

1. **1,4 D**
2. **1,2 D + 1,6 L**
3. **1,2 D + 1 L + 0,3 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) + 1 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**
4. **1,2 D + 1 L - 0,3 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) + 1 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**
5. **1,2 D + 1 L + 0,3 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) - 1 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**
6. **1,2 D + 1 L - 0,3 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) - 1 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**
7. **1,2 D + 1 L + 1 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) + 0,3 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**
8. **1,2 D + 1 L - 1 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) + 0,3 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**
9. **1,2 D + 1 L + 1 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) - 1 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**
10. **1,2 D + 1 L - 1 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) - 1 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)**

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 8.3.1 , maka kombinasi beban didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_v &= 0,2S_{DS}D \\ &= 0,2 \times 0,517 D \\ &= \mathbf{0,103333 D} \end{aligned}$$

Perhitungan untuk kombinasi 3 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &\mathbf{1,2 D + 1 L + 0,3 (1,3 Q_{ex} + 0,2 SDS D) + 1 (1,3 Q_{ey} + 0,2 SDS D)} \\ &= 1,2 + (0,3 \times 0,2SDS D) + (1 \times 0,2SDS D) + (0,3 \times 1,3 Q_{ex}) + (1 \times 1,3 Q_{ey}) \\ &= 1,2 + (0,3 \times 0,2 \times \mathbf{0,10333}) + (1 \times 0,2 \times \mathbf{0,10333}) + (0,3 \times 1,3 Q_{ex}) + (1 \times 1,3 Q_{ey}) \\ &= \mathbf{1,23 D + 1L + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}} \end{aligned}$$

Maka untuk kombinasi 3 didapat sebagai berikut :

$$1,23 D + 1L + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$$

Kombinasi selanjutnya dapat dilihat sebagai berikut :

1. **1,4 D**
2. **1,2 D + 1,6 L**
3. **1,23 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}**
4. **1,21 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}**
5. **1,19 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}**
6. **1,17 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}**
7. **1,23 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} + 0,3 Q_{ey}**
8. **1,19 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} + 0,3 Q_{ey}**
9. **1,21 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} - 0,3 Q_{ey}**
10. **1,17 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} - 0,3 Q_{ey}**

4.4 Kinerja Struktur gedung

4.4.1 Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya peretakan beton yang berlebihan, mencegah kerusakan non struktur dan ketidaknyaman penghuni.

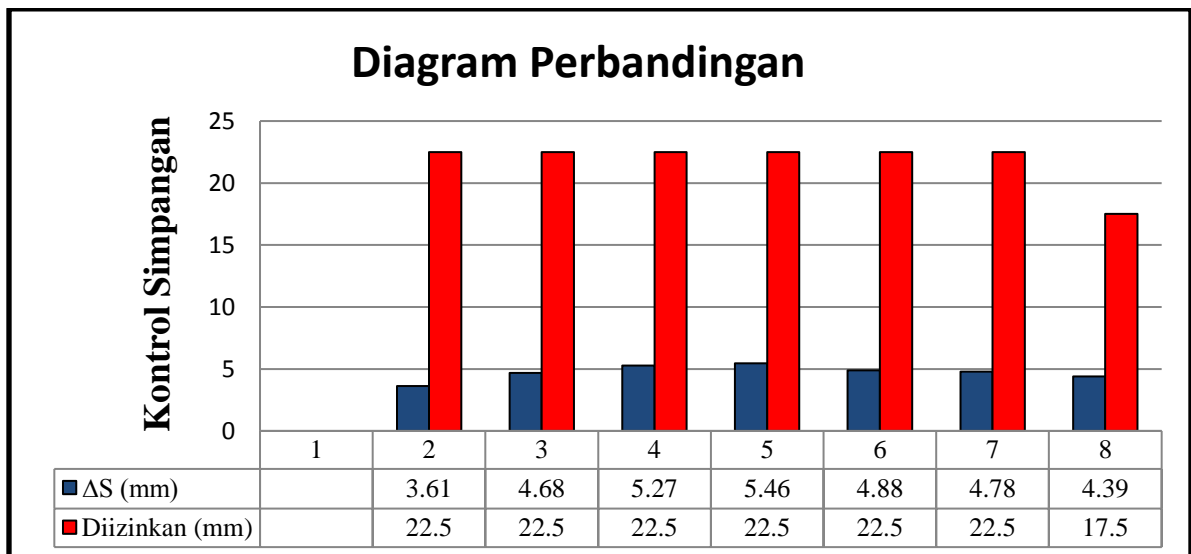
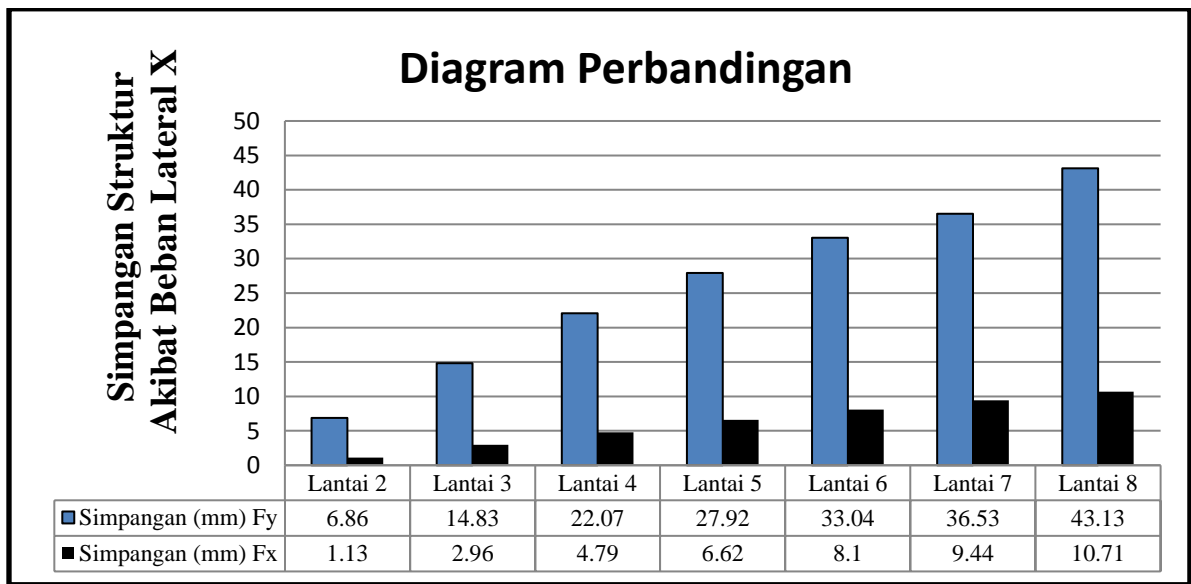
Simpangan antar tingkat yang diizinkan tidak boleh melampui $0.03/R \times$ tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm. diambil yang terkecil. Besarnya simpangan yang terjadi dapat diketahui melalui program ETABS.

Perhitungan kinerja batas layan akibat simpangan arah X dan Y dapat dibaca dari grafik dan dihitung sebagai berikut :

- Perubahan simpangan, $\Delta S =$ simpangan lantai atas – simpangan lantai dibawahnya.
- Simpangan yang diizinkan = $\frac{0.03}{R} \times$ tinggi tingkat

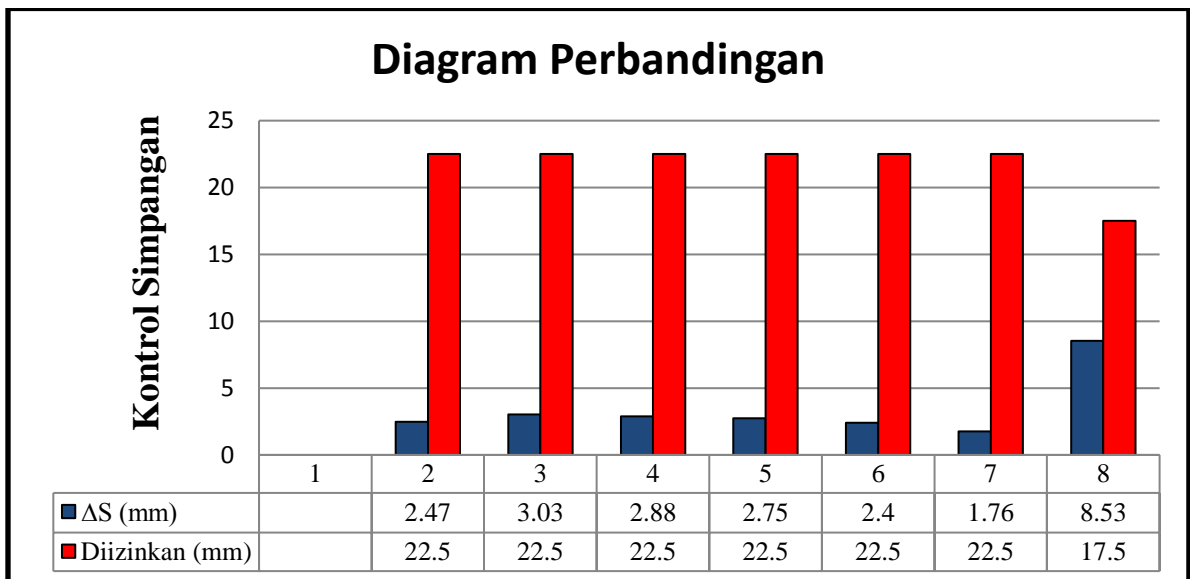
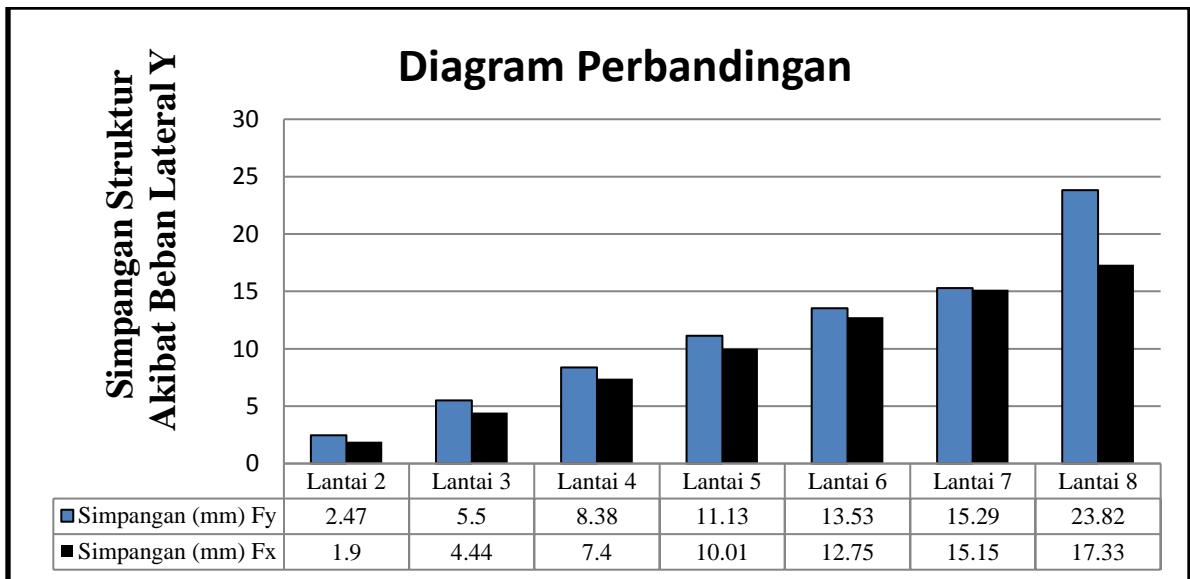
Tabel 4.15 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik X

No	Lantai	Tingkat Lantai (mm)	Simpangan (mm)		ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
			Fy	Fx			
1	Lantai 2	4500	6.86	1.13	6.86	22.5	ok
2	Lantai 3	4500	14.83	2.96	7.97	22.5	ok
3	Lantai 4	4500	22.07	4.79	7.24	22.5	ok
4	Lantai 5	4500	27.92	6.62	5.85	22.5	ok
5	Lantai 6	4500	33.04	8.1	5.12	22.5	ok
6	Lantai 7	4500	36.53	9.44	3.49	22.5	ok
7	Lantai 8	3500	43.13	10.71	6.6	17.5	ok



Tabel 4.16 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik Y

No	Lantai	Tingkat Lantai (mm)	Simpangan (mm)		ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
			Fy	Fx			
1	Lantai 2	4500	2.47	1.9	2.47	22.5	ok
2	Lantai 3	4500	5.5	4.44	3.03	22.5	ok
3	Lantai 4	4500	8.38	7.4	2.88	22.5	ok
4	Lantai 5	4500	11.13	10.01	2.75	22.5	ok
5	Lantai 6	4500	13.53	12.75	2.4	22.5	ok
6	Lantai 7	4500	15.29	15.15	1.76	22.5	ok
7	Lantai 8	3500	23.82	17.33	8.53	17.5	ok



4.4.2 Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela dilatasi).

Simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu factor pengali

$$\xi = 0.7 \times R.$$

Dalam SNI 1726:2012 pasal 7.12.1, disebutkan simpangan antar lantai desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin (Δ_a), seperti didapatkan dari tabel dibawah ini :

Tabel 4.16 Simpangan Antar Lantai Izin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{xx} ^c	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}	0,010 h_{xx}

^a h_{xx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

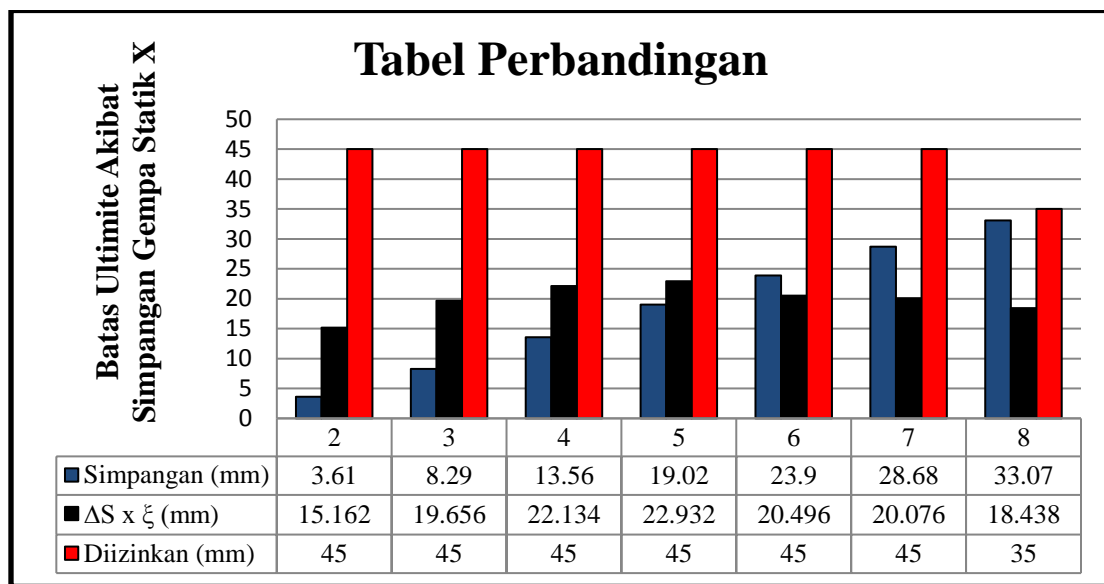
^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan 7.12.1.1.

Perhitungan simpangan untuk kinerja batas ultimit ditunjukkan sebagai berikut :

- ✓ Factor pengali, ξ = 0.7 x R
= 0.7 x 6
=
- ✓ Simpangan yang diizinkan, (Δ_a) = 0.010 h_x

Tabel 4.17 Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik X

No	Lantai	Tingkat Lantai (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S \times \xi$ (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
1	2	4500	3.61	15.162	45	ok
2	3	4500	8.29	19.656	45	ok
3	4	4500	13.56	22.134	45	ok
4	5	4500	19.02	22.932	45	ok
5	6	4500	23.9	20.496	45	ok
6	7	4500	28.68	20.076	45	ok
7	8	3500	33.07	18.438	35	ok

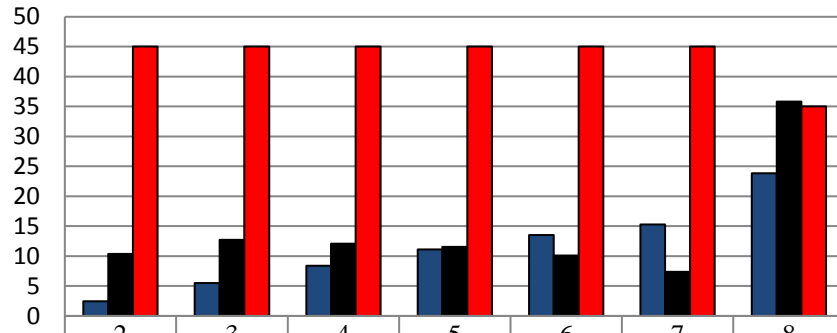


Tabel 4.18 Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik Y

No	Lantai	Tinggi Lantai (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
1	2	4500	2.47	10.374	45	ok
2	3	4500	5.5	12.726	45	ok
3	4	4500	8.38	12.096	45	ok
4	5	4500	11.13	11.55	45	ok
5	6	4500	13.53	10.08	45	ok
6	7	4500	15.29	7.392	45	ok
7	8	3500	23.82	35.826	35	ok

Tabel Perbandingan

Batas Ultimate Akibat
Simpangan Gempa Statik Y



■ Simpangan (mm)	2.47	5.5	8.38	11.13	13.53	15.29	23.82
■ ΔS (mm)	10.374	12.726	12.096	11.55	10.08	7.392	35.826
■ Diizinkan (mm)	45	45	45	45	45	45	35

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan penerapan sistem pengaku dengan menggunakan bresing tipe-x sebagai alternatif pengganti dinding geser pada gedung MIPA Universitas Brawijaya untuk menahan gaya gempa maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada analisa drift (simpangan) yang terjadi akibat beban gempa dengan bantuan program bantu ETABS, didapat :
 - Simpangan terbesar yang terjadi pada arah X berada pada lantai 5 sebesar 6,18 mm dan yang diizinkan sebesar 22,5 mm.
 - Simpangan terbesar yang terjadi pada arah Y berada pada lantai 3 sebesar 7,97 mm dan diizinkan sebesar 22,5 mm.
2. Berdasarkan hasil perhitungan maka didapat besar dimensi dan tulangan yang dibutuhkan pada bresing tipe-x dan portal struktur yang terdapat bresing, sebagai berikut :
 - a. Kolom
 - Dimensi = 800 x 800 mm
 - Tulangan longitudinal = 24 D 25 mm
 - Tulangan sengkang daerah sendi plastis = 6 ϕ 10 – 80 mm
 - Tulangan sengkang diluar sendi plastis = 6 ϕ 10 – 140 mm
 - b. Balok
 - Dimensi = 400 x 750 mm
 - Tulangan longitudinal tumpuan = 7 D 22 mm
 - Tulangan longitudinal lapangan = 6 D 22 mm
 - Tulangan sengkang daerah sendi plastis = 2 ϕ 10 – 100 mm
 - Tulangan sengkang diluar sendi plastis = 2 ϕ 10 – 140 mm
 - c. Bresing I
 - Dimensi = 300 x 600 mm
 - Tulangan longitudinal = 10 D 19 mm
 - Tulangan sengkang daerah sendi plastis = 4 ϕ 10 – 75 mm
 - Tulangan sengkang diluar sendi plastis = 4 ϕ 10 – 110 mm

d. Bresing II

- Dimensi = 350 x 500 mm
- Tulangan longitudinal = 10 D 19 mm
- Tulangan sengkang daerah sendi plastis = 4 ϕ 10 – 75 mm
- Tulangan sengkang diluar sendi plastis = 4 ϕ 10 – 110 mm

6.2 Saran

1. Bresing diasumsikan bersifat truss maka bresing sendiri diharapkan menerima momen yang tidak terlalu besar sehingga perlu adanya kajian teoritis yang lebih detail dalam pemodelan atau penempatan bresing tipe-x pada struktur gedung.
2. Perlu kajian teoritis dalam penggambaran tulangan bresing tipe-x, untuk menghindari gaya tarik pada tulangan bresing yang terlalu besar sehingga dapat merusak beton.
3. Memperhatikan hubungan bresing terhadap balok.

DAFTAR PUSTAKA

- (Anonim).Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- (Anonim).Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 1727Tata Cara Perencanaan Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta: BSN.
- (Anonim).Badan Standarisasi Nasional.2013.*SNI 2847 Tata Cara Perencanaan dan Pelaksanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung , atau Struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung*
- Nasution, Amriansyah. 2009. *Analisa dan Desain Struktur Beton Bertulang*.Bandung :ITB.
- Paulay,T., Priesly, M.J.N. 1992..*Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. United States of Amerika:A Wiley Interscience Publication.
- Tri Hatmoko, Bima NR. 2014..*Studi Alternatif Perencanaan Gedung Bertingkat Tinggi Dengan X-Bracing sebagai Penahan Gaya Lateral Gempa Pada Perencanaan Gedung Ijen Padjadjaran Hotel Residence-MALANG*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Nasution, Amrinsyah..*Analisa dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Penerbit ITB